



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

# بوم‌شناسی جنگل‌های ایران (علمی)

ISSN 2423-7140

سال نهم، شماره ۱۷، بهار و تابستان ۱۴۰۰

## مندرجات

- ۱ معرفی دو گونه از قارچ‌های *Trametes Spp.* و ارتباط آنها با برخی ویژگی‌های درختی و عوامل رویشگاهی در استان لرستان
- ۱۰ بررسی الگوی مکانی خصوصیات شیمیایی خاک جنگل تحت‌تأثیر حضور دام با استفاده از زمین‌آمار (مطالعه موردی: جنگل بند پی شرقی) روجا مالاراده کنجی، سید محمد جنتی و مرتضی مدنی پور کرمانشاهی
- ۲۰ ارزیابی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر) محمد کریم معتمد و فاطمه قربانی بیرعلیدهی
- ۳۰ بررسی مدل‌های قطر و ارتفاع گونه راش در جنگل ناهمسال شمال ایران (مطالعه موردی: جنگل فریم) سیده کوثر حسینی، اصغر فلاج، محمود بیات و سید علی حسینی یکانی
- ۳۱ بررسی ظهور نهال حاصل از بذرقاری بلوط ایرانی، بنه و کبکم در شرایط طبیعی جنگل‌های دالاب ایلام احمد حسینی، مهدی پورهایمی و ایاد اعظمی
- ۳۹ اثر رهاسازی کوتاه مدت و بلندمدت از زراعت بر ترکیب پوشش گیاهی و بانک بذر خاک و مقایسه آن با جنگل کمتر دست‌خورده در ناحیه رویشی زاگرس نسیم زنتی، مهدی حیدری، مسعود بازگیر و بهرژاد کهرآذیان
- ۶۲ ساختار افقی و عمودی جنگل‌های زاگرس شمالی در ارتباط با شیوه جنگلداری سنتی (مطالعه موردی: جنگل‌های هواره‌خول، شهرستان بانه) سرور ذبیح‌اللهی، امید فتحی‌زاده، عباس جمشیدی باختر، نقی شهبانیان و منوچهر نیرانیان
- ۷۳ اثر شیوه‌سازی تفنن‌سخت تیروژن بر مشخصه‌های شیمیایی خاک در توده دست‌کاشت کاج رادیاتا (*Pinus radiata*) اعظم السادات نورانی، حمید چلیوند، سید محمد جنتی و سید جلیل علوی
- ۸۶ تحلیل زمانی - فضایی خشک‌سالی و خشکیدگی درختان بلوط جنگل‌های زاگرس در استان ایلام شمس‌اله عسگری، طیب رضینی، احمد حسینی و علی بخشی‌فر
- ۱۰۶ بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی بوم‌سازگان جنگلی در مقایسه با منطقه شهری رویا عابدی و لادن کاظمی‌راد
- ۱۱۳ نقش بوم‌شناختی ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های کمی توده‌های بلوط سیاه (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) در جنگل ارسباران میلاد صفری، کیویرت سفیدی احمد علیجانپور و محمدرضا الهیان
- ۱۱۴ ریزش‌داده‌ی گونه شاه‌بلوط (*Castanea sativa* Mill.) تحت تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در شرایط درون‌شیشه‌ای مهرسده تقفلی، سید محمد حسینی نصر، حمید چلیوند و محیا تقفلی
- ۱۲۳ نقش دانش بومی در اشتغال، درآمد افراد محلی و حفاظت از جنگل‌های هیرکانی از دیدگاه ساکنین منطقه واز، شهرستان نور فریدون آقاچلی تبار، مسعود طبری کوچکسرایبی و جلال محمودی
- ۱۳۳ بررسی صحت برآورد زی توده روی‌زمینی درختان صنوبر کبوده (*Populus alba*) با استفاده از معادلات آلومتریک ابوتر جلدی صفری کوچی، تیمور رستمی شاهرابی، رضا ابراهیمی آثانی و مقبوض ایران‌منش
- ۱۳۴ تغییرات ترسب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تپه‌های جنگلی زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل‌های استان لرستان) حمزه جعفری سرائی، بابک پله‌پور، کامبیز ابرازی واچاری و سیدمحمد واعظ موسوی
- ۱۵۲ تحلیل الگوی نقطه‌ای پراکنش گونه‌های چوبی در جنگل چهلتن دهبکری، استان کرمان میاد باکراد، تیمور رستمی شاهرابی و رضا ابراهیمی آثانی
- ۱۶۳ مقایسه عملکرد الگوریتم‌های *Fuzzy C-means* و *K-medoids* در مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی جنگل (مطالعه موردی: جنگل‌های سراوان، گیلان) شقایق ذوالقدری، مهرداد قدس‌خواه دریایی، کامران نصیراحمدی و اسماعیل فخر
- ۱۷۵ ارزش اقتصادی و سهم ذخیره کربن در اندام‌های اوکالیپتوس و اکاسیا در عرصه‌های پختن سیلاب ایستگاه کوثر محمد جواد روستا، مریم عنایتی، سید مسعود سلیمان‌پور و کورش کمالی
- ۱۸۵ ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه‌ها در حوزه پایلرود، مازندران راحله اسلامی، محمدرضا آذرویش، علی کیلاشکی و فرید کاظم‌زاد
- ۱۹۶ برآورد تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 ناصر میری و علی‌اصغر درویش‌صفت
- ۲۰۷ کمی‌سازی ساختار گونه قره‌تاج (*Anagyris foetida*) در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل کاسه‌کران گیلانغرب) علی رستمی، محسن جوانمیری‌پور، علی حسن‌زاده و سیروس پرویز
- ۲۱۹ بررسی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری چوبی جنگل‌های شرق استان مازندران سیمه شیرزادی لسنکو کلابه حمید امیرزاد و ساره حسینی

### «بسمه تعالی»

براساس مصوبه کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور طی نامه شماره ۳/۱۸/۵۲۰۲۱ مورخه ۱۳/۰۳/۱۳۹۶ ابلاغ شد، با اعطای اعتبار علمی- پژوهشی به نشریه بوم شناسی جنگل‌های ایران (از سال چهارم شماره ۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۵) موافقت به عمل آمد.

### «فراخوان»

با توجه به اخذ اعتبار علمی- پژوهشی " بوم شناسی جنگل‌های ایران " از متخصصان و محققان ارجمند دعوت به عمل می‌آید، مقالات مرتبط با عنوان نشریه را جهت انتشار به آدرس پایگاه مجلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (<http://ifej.sanru.ac.ir>) ارسال نمایند.

با تشکر  
مدیر مسوول



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

سال نهم، شماره ۱۷، بهار و تابستان ۱۴۰۰

مندرجات

- ۱ معرفی دو گونه از قارچ‌های *Trametes Spp.* و ارتباط آنها با برخی ویژگی‌های درختی و عوامل رویشگاهی در استان لرستان  
شهرام مهدی کریمی، اکرم احمدی، کامبیز ابراری واجاری، سعید علی موسی‌زاده و زینب بارانی بیرانوند
- ۱۰ بررسی مکانی خصوصیات شیمیایی خاک جنگل تحت تأثیر حضور دام با استفاده از زمین‌آمار (مطالعه موردی: جنگل بند پی شرقی)  
روجا ملازاده گنجی، سید محمد حجتی و مرتضی معدنی‌پور کرمانشاهی
- ۲۰ ارزیابی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر)  
محمد کریم معتمد و فاطمه قربانی پیرعلیدهی
- ۳۰ بررسی مدل‌های قطر و ارتفاع گونه راش در جنگل ناهمسال شمال ایران (مطالعه موردی: جنگل فریم)  
سیده کوثر حمیدی، اصغر فلاح، محمود بیات و سید علی حسینی یکانی
- ۴۱ بررسی ظهور نهال حاصل از بذرکاری بلوط ایرانی، بنه و کیکم در شرایط طبیعی جنگل‌های دالاب ایلام  
احمد حسینی، مهدی پوره‌اشمی و ایاد اعظمی
- ۴۹ اثر رهاسازی کوتاه مدت و بلندمدت از زراعت بر ترکیب پوشش گیاهی و بانک بذر خاک و مقایسه آن با جنگل کمتر دست‌خورده در ناحیه رویشی زاگرس  
نسیم زینلی، مهدی حیدری، مسعود بازگیر و مهرداد کهزادیان
- ۶۲ ساختار افقی و عمودی جنگل‌های زاگرس شمالی در ارتباط با شیوه جنگلداری سنتی (مطالعه موردی: جنگل‌های هواره‌خول، شهرستان بانه)  
سروش ذبیح‌اللهی، امید فتحی‌زاده، عباس جمشیدی باختر، نقی شعبانیان و منوچهر نمیرانیان
- ۷۴ اثر شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن بر مشخصه‌های شیمیایی خاک در توده دست‌کاشت کاج رادیاتا (*Pinus radiata*)  
اعظم السادات نورایی، حمید جلیوند، سید محمد حجتی و سید جلیل علوی
- ۸۶ تحلیل زمانی - فضایی خشک‌سالی و خشکیدگی درختان بلوط جنگل‌های زاگرس در استان ایلام  
شمس‌اله عسگری، طیب رضیئی، احمد حسینی و علی نجفی‌فر
- ۱۰۶ بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی بوم‌سازگان جنگلی در مقایسه با منطقه شهری  
رؤیا عابدی و لادن کاظمی‌راد
- ۱۱۳ نقش بوم‌شناختی ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های کمی توده‌های بلوط سیاه (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) در جنگل ارسباران  
میلاذ صفری، کیومرث سفیدی، احمد علیجانیور و محمدرضا الهیان
- ۱۱۴ ریزازدیادی گونه شاه‌بلوط (*Castanea sativa* Mill.) تحت تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در شرایط درون‌شیشه‌ای  
مهرسده تفضلی، سید محمد حسینی‌نصر، حمید جلیوند و محیا تفضلی
- ۱۲۳ نقش دانش بومی در اشتغال، درآمد افراد محلی و حفاظت از جنگل‌های هیرکانی از دیدگاه ساکنین منطقه واز، شهرستان نور  
فریدون آقاچان تبار، مسعود طبری کوچکسرای و جلال محمودی
- ۱۳۳ بررسی صحت برآورد زی توده روی‌زمینی درختان صنوبر کبوده (*Populus alba*) با استفاده از معادلات آلومتریکی  
ابوذر حیدری صفری کوچی، تیمور رستمی شاهراچی، رضا ابراهیمی آتانی و یعقوب ایران‌منش
- ۱۴۲ تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل‌های استان لرستان)  
حمزه جعفری سربابی، بابک پیلهور، کامبیز ابراری واجاری و سید محمد واعظ موسوی
- ۱۵۲ تحلیل الگوی نقطه‌ای پراکنش گونه‌های چوبی در جنگل چهلتن دهبکری، استان کرمان  
میعاد پاکزاد، تیمور رستمی شاهراچی و رضا ابراهیمی آتانی
- ۱۶۳ مقایسه عملکرد الگوریتم‌های Fuzzy C-means و K-medoids در مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی جنگل (مطالعه موردی: جنگل‌های سراوان، گیلان)  
شقایق ذوالقدری، مهرداد قدس‌خواه دریایی، کامران نصیراحمدی و اسماعیل قجبر
- ۱۷۵ ارزش اقتصادی و سهم ذخیره کربن در اندام‌های اوکالیپتوس و آکاسیا در عرصه‌های پخش سیلاب ایستگاه کوثر  
محمد جواد روستا، مریم عنایتی، سید مسعود سلیمان‌پور و کورش کمالی
- ۱۸۵ ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه‌ها در حوزه بابلرود، مازندران  
راحله اسلامی، محمدرضا آذرنوش، علی کیالاشکی و فرید کاظم‌نژاد
- ۱۹۶ برآورد تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره Landsat 8  
ناصح میری و علی‌اصغر درویش‌صفت
- ۲۰۷ کمی‌سازی ساختار گونه قره‌تاج (*Anagyris foetida*) در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل کاسه‌کران گیلانغرب)  
علی رستمی، محسن جوانمیری‌پور، علی حسن‌زاده و سیروس پرویز
- ۲۱۹ بررسی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری چوبی جنگل‌های شرق استان مازندران  
سمیه شیرزادی لسکوکلایه حمید امیرنژاد و ساره حسینی

## بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

سال نهم / شماره ۱۷

بهار و تابستان ۱۴۰۰

اسامی داوران مقالات در این شماره:

- دکتر حامد آقاجانی**  
دکتری جنگل‌داری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر فاطمه احمدلو**  
استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
- دکتر ایمان اسلامی**  
استادیار دانشگاه تربیت مدرس
- دکتر علیرضا اسلامی**  
دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت
- دکتر سعیده اسکندری**  
استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
- دکتر مسعود بازگیر**  
دانشیار دانشگاه ایلام
- دکتر حسن پوربابایی**  
استاد دانشگاه گیلان
- دکتر مرتضی پوررضا**  
استادیار دانشگاه رازی
- دکتر محیا تفضلی**  
دکتری جنگل‌داری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر مهرسده تفضلی**  
دکتری جنگل‌داری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر مصطفی جعفری**  
دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
- دکتر زینب جعفریان**  
استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر حمید جلیلود**  
استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر رقیه جهدی**  
استادیار دانشگاه محقق اردبیلی
- دکتر احمد حسینی**  
دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام
- دکتر ساره حسینی**  
دکتری جنگل‌داری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر سیده کوثر حمیدی**  
دکتری جنگل‌داری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر عبدالله رستم آبادی**  
دکتری جنگل‌شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر مهرداد زرافشار**  
استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
- دکتر سمیه شیرزادی**  
استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر عباس شفیعی بانج**  
دانشیار دانشگاه ارومیه
- دکتر علی صالحی**  
استادیار دانشگاه گیلان
- دکتر رویا عابدی**  
استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
- دکتر محمد نفی عادل**  
دکتری جنگل‌داری دانشگاه گیلان
- دکتر امید فتحی‌زاده**  
استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
- دکتر اصغر فلاح**  
دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر فرهاد قاسمی آقباش**  
استادیار دانشگاه ملایر
- دکتر مهرداد قدس خواه دریایی**  
دانشیار دانشگاه گیلان
- دکتر فاطمه قربانی پیرعلیدهی**  
استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- دکتر امید کرمی**  
مرئی دانشگاه ایلام
- دکتر یحیی کوچ**  
استادیار دانشگاه تربیت مدرس
- دکتر زهرا میرزادی**  
استادیار دانشگاه لرستان
- دکتر رامین نقدی**  
استاد دانشگاه گیلان
- دکتر حامد نقوی**  
استادیار دانشگاه لرستان

## بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

صاحب امتیاز: معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مدیر مسوول: اصغر فلاح

سر دبیر: حمید جلیلود

مدیر اجرایی مجلات علمی - پژوهشی دانشگاه: رحمت عباسی

هیئت تحریریه:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| دکتر اکبری‌نیا، مسلم     | دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس                      |
| دکتر پوربابایی، حسن      | استاد، دانشگاه گیلان                             |
| دکتر پورمجیدیان، محمدرضا | دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری |
| دکتر جلیلود، حمید        | استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری   |
| دکتر حجتی، سیدمحمد       | دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری |
| دکتر حسینی، سیدمحسن      | استاد، دانشگاه تربیت مدرس                        |
| دکتر ذوالفقاری، رقیه     | دانشیار، دانشگاه یاسوج                           |
| دکتر شتایی، شعبان        | استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  |
| دکتر طبری، مسعود         | استاد، دانشگاه تربیت مدرس                        |
| دکتر فلاح، اصغر          | دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری |

ویراستار علمی: دکتر حمید جلیلود

صفحه آرای: دفتر مجله - فاطمه اسماعیلی

تیراژ: ۱۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

نشانی: ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ص - پ ۵۷۸

تلفن و دورنگار: ۰۱۱-۳۳۶۸۷۴۳۷

پست الکترونیکی: journal@sanru.ac.ir

آدرس پایگاه: http://ifej.sanru.ac.ir

این نشریه دارای مجوز انتشار از وزارت ارشاد و فرهنگ اسلامی به شماره ۱۳۹۸/۱۰/۲ تاریخ ۸۶۰۱۸ است.  
این نشریه مسوول آرا و نظریات مندرج در مقالات نیست.  
مقالات دریافت شده برگردانده نمی‌شود.

نشریه در ویرایش مطالب آزاد است.

## به نام خدا

### راهنمای نگارش و تدوین مقالات در بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

#### ۱- اهداف

(۱) اشاعه و نشر نتایج تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در زمینه علوم جنگل،  
(۲) کمک به توسعه و اعتلای دانش در زمینه علوم جنگل و (۳) فراهم نمودن  
زمینه مناسب تبادل افکار و اطلاعات بین مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشور در  
زمینه علوم جنگل.

#### ۲- موضوع مقالات

بوم‌شناسی جنگل، جنگل‌شناسی، جنگل‌داری، اندازه‌گیری جنگل، مهندسی جنگل  
و سایر موضوعات مرتبط با مدیریت حوزه‌های جنگلی ایران.

#### ۳- شرایط بررسی مقالات

این نشریه مقالات دریافتی با ویژگی‌های زیر را برای چاپ مورد بررسی قرار  
می‌دهد:

- در راستای موضوعات تعیین شده بالا باشد.
- حاصل مطالعات، تجربه‌ها و پژوهش‌های نویسنده(گان) باشد.
- نتیجه مرور گسترده و تحلیل یافته‌های پیشین باشد.
- مقاله قبلاً در نشریه دیگری چاپ نشده و یا زیر چاپ نباشد. حق چاپ پس از پذیرش مقاله برای نشریه محفوظ است و نویسنده(گان) نباید مقالات خود را به مجلات علمی-پژوهشی یا ترویجی دیگری (چه به زبان فارسی یا سایر زبان‌ها) ارسال نمایند.
- مقاله‌های ارسالی مطابق با راهنمای نگارش مجله آماده شده باشد. در صورت عدم رعایت راهنمای نگارش مقاله به داوران جهت ارزیابی علمی ارسال نخواهد شد.

#### ۴- راهنمای نگارش

هیأت تحریریه بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، رعایت دقیق دستورالعمل زیر را به  
عنوان شرایط پذیرش مقاله ضروری می‌داند:

بخش‌های مختلف مقاله به ترتیب شامل ۱- عنوان، ۲- چکیده فارسی، ۳-  
واژه‌های کلیدی، ۴- مقدمه، ۵- مواد و روش‌ها، ۶- نتایج و بحث، ۷- تشکر و  
قدردانی، ۸- منابع و ۹- چکیده به زبان انگلیسی می‌باشد.

#### ۴-۱- عنوان

عنوان مقاله باید خلاصه و گویا بوده و از ۲۵ کلمه تجاوز نکند.

#### ۴-۲- چکیده

چکیده فارسی و انگلیسی مجموعه فشرده و گویایی از مقاله با تأکید بر هدف،  
روش تحقیق و نتایج بوده و در یک پاراگراف پیوسته و حداکثر ۳۰۰ کلمه باشد.  
چکیده انگلیسی برگردان جامعی از چکیده فارسی باشد.

#### ۴-۳- واژه‌های کلیدی

واژه‌های کلیدی شامل حداقل پنج و حداکثر هشت کلمه مجزا درباره موضوع  
پژوهش بوده که در صورت امکان شامل کلمات موجود در عنوان نباشد. واژه‌های  
کلیدی انگلیسی در زیر چکیده انگلیسی و به همان ترتیب واژه‌های کلیدی فارسی  
آورده شود.

#### ۴-۴- مقدمه

مقدمه در برگزیده بیان مسأله، معرفی و ضرورت تحقیق و اشاره به پژوهش‌های  
پیشین باشد و در آخر آن در یک جمله یا پاراگراف به هدف یا اهداف پژوهش  
انجام شده، اشاره شود.

#### ۴-۵- مواد و روش‌ها

به شرح کامل منطقه، محل و زمان اجراء، روش‌های نمونه‌گیری، مواد و وسایل  
بکار رفته، طرح آزمایش و روش‌های اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل آماری پرداخته  
شود.

#### ۴-۶- نتایج و بحث

تمام نتایج کمی و کیفی تحقیق با استناد به جدول و شکل (منحنی، نمودار، تصویر  
یا عکس، نقشه) در این بخش ارائه شود. در همین قسمت نتایج به دست آمده با  
توجه به اهداف تحقیق و یافته‌های دیگران مورد بحث قرار گیرد. توصیه و  
پیشنهادهای تحقیقاتی نیز در این بخش گنجانده شود.

#### ۴-۷- تشکر و قدردانی

نویسنده(گان) مقاله می‌توانند در این بخش از تأمین کنندگان بودجه و کمک  
کنندگان به انجام تحقیق سپاسگزاری نمایند (این بخش اختیاری است).

#### ۴-۸- منابع

– منابع مورد استفاده به صورت لاتین و به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی  
اولین نویسنده شماره‌گذاری شده و در انتهای مقاله آورده شود.

– در صورت وجود چند نویسنده، پس از نوشتن نام خانوادگی و حرف اول نام  
نویسنده اول، برای سایر نویسندگان ابتدا حرف اول نام و سپس نام خانوادگی هر  
یک از آنان آورده شود.

– به نام کامل مجلات اشاره شود. همچنین حرف اول هر کلمه در نام مجله به  
صورت بزرگ (Capital) باشد.

– مکان مناسب نقطه، ویرگول، کالن و فاصله مانند مثال‌های زیر مورد توجه قرار  
گیرد.

– تنها حرف اول نخستین کلمه در عنوان منابع به صورت حرف بزرگ  
(Capital) باشد.

– در متن مقاله، منابع مورد استفاده با ذکر شماره در داخل پرانتز معرفی شوند. بین  
شماره‌های منابع فاصله نباشد و فقط از کاما استفاده شود (۱۸،۴،۲).

– به هنگام استناد به نام نویسنده(گان) در متن مقاله، شماره منبع در داخل پرانتز  
جلو نام نویسنده(گان) آورده شود و از اشاره به سال خودداری شود (ابراهیمی و  
همکاران (۴) در تحقیقی دریافتند که ...)

– اگر نویسندگان منابع مورد استناد بیش از دو نفر باشند، در متن نام خانوادگی  
نویسنده اول را آورده و از کلمه "و همکاران" استفاده شود.

– برای کتب ترجمه شده، نوشتن منبع بر اساس نام خانوادگی و نام مترجمین  
باشد.

– در مورد کتاب به ترتیب: مؤلفین (مترجمین)، سال انتشار، عنوان کامل کتاب،  
شماره جلد، شماره ویرایش، ناشر، شهر و کشور ناشر و تعداد صفحات کتاب.

Newton, A.C. 2007. Forest ecology and conservation: a handbook of techniques. 1st edn., Oxford University Press, Oxford, UK. 454 pp.

– اگر فصلی از کتاب ویراستاری شده مورد استفاده قرار گرفت به ترتیب:  
نویسنده(گان) فصل، سال انتشار کتاب، عنوان فصل، رجوع به کتاب اصلی با کلمه  
In: ویراستار (ویراستاران) کتاب با ed. یا eds داخل پرانتز، عنوان کتاب، شماره  
صفحات فصل، ناشر، شهر و کشور ناشر.

Bouwman, A.F. and R. Leemans. 1995. The role of forest soils in the global carbon cycle. In: McFee, W. and J.M. Kelly. (eds.) Carbon forms and functions in forest soils. 503–525 pp., Soil Science Society American, Madison, USA.

– در مورد مقاله به ترتیب: نویسنده(گان)، سال انتشار مقاله، عنوان مقاله، عنوان  
مجله، شماره جلد، شماره مجله در داخل پرانتز و اولین و آخرین صفحات مقاله در  
مجله.

Pourbabaei, H., F. Asghari, A. Reif and R. Abedi. 2012. Effect of plantations on plant species diversity in the Darabkola, Mazandaran Province, North of Iran. Biodiversitas, 13(2): 72-78.

– در مورد مقالات کنفرانسی به ترتیب: نویسنده(گان)، سال انتشار، عنوان مقاله،  
عنوان کنفرانس، شماره صفحات، محل (شهر و کشور) برگزاری.

Ichihara, Y., H. Masuya, and T. Kubono. 2008. Pathogenicity of two fungi isolated from the decayed seeds of *Fagus crenata* in Japan. Abstracts of the 8th IUFRO International Beech Symposium, 165-168 pp., Japan.

– در مورد پایان نامه به ترتیب: نویسنده، سال، عنوان، مقطع پایان نامه (BSc, MSc, PhD)، دانشگاه، شهر، کشور، تعداد صفحات.

Zanganeh, Gh. 2013. Investigation of some ecological and silvicultural properties in non-harvesting and harvesting (shelterwood system) stands (Case study: Serie 2, Rezaeian forest plan, Aliabad Katol). MSc Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. 154 pp. (In Persian)

– تمام منابعی که به فارسی چاپ شده‌اند با نوشتن (In Persian) در انتها از منابع غیر فارسی متمایز شوند.

Hashemi, S.F., S.M. Hojati and S.M. Hosseini Nasr. 2012. Soil chemical properties, amount of litterfall and nutrients recycling into Caucasian elm, maple and ash plantation stands at Darabkola Experimental Forest Station. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 20 (4): 645-655. (In Persian)

– برای منابعی که توسط مؤسسه یا سازمان بدون ذکر نام افراد به چاپ رسیده می‌توان نام مؤسسه یا سازمان در ابتدا آورده شود یا این که از کلمه بی‌نام (Anonymous) استفاده شود.

– برای منابع اینترنتی آدرس کامل اینترنتی آن در انتهای منبع آورده شود.

– در صورت استفاده از منابعی که زیر چاپ هستند پس از نام نویسنده (گان) در داخل پرانتز از (In Persian) استفاده شود.

#### ۴-۹- شیوه نگارش

– مقاله حداکثر در ۱۲ صفحه با یک خط فاصله (یک سانتی‌متر) به صورت دو ستونه (روزنامه‌ای با پهنای هر ستون هفت سانتی‌متر) و حاشیه سه سانتی‌متر در نرم افزار Word 2007 آماده شود. قلم 2 Mitra 12 برای متن فارسی و برای کلمات انگلیسی داخل متن از قلم 10 Times New Roman استفاده گردد.

– برای سایر بخش‌های مقاله نوع و اندازه قلم‌های زیر استفاده شود: (۱) عنوان فارسی 2 Mitra 14 و برجسته (Bold)، (۲) نام نویسنده (گان) 2 Mitra 11 و برجسته (Bold)، (۳) وابستگی سازمانی نویسنده (گان) 2 Mitra 9، (۴) متن چکیده فارسی 2 Mitra 10 و برجسته (Bold) و کلمات انگلیسی داخل متن چکیده 8 Times New Roman و برجسته (Bold)، (۵) سرتیتر بخش‌ها 2 Mitra 12 و برجسته (Bold) و زیر تیتر هر بخش 2 Mitra 11 و برجسته (Bold) که شماره‌گذاری نشده باشد، (۶) در بخش چکیده انگلیسی عنوان مقاله 12 Times New Roman و برجسته (Bold)، اسامی نویسنده (گان) Times New Roman 11 و برجسته (Bold)، وابستگی سازمانی افراد Times New Roman

10 Roman. متن چکیده انگلیسی 11 Times New Roman، تیتر چکیده و واژه‌های کلیدی 11 Times New Roman و برجسته (Bold).

– جداول و شکل‌ها بعد از توضیحات مربوطه بصورت غیرستونی در متن آورده شود و عناوین فارسی جداول با اندازه قلم 2 Mitra 11 در بالای آنها و عناوین انگلیسی جداول با اندازه قلم 9 Times New Roman و هم چنین عناوین فارسی شکل‌ها با اندازه قلم 2 Mitra 11 و عناوین انگلیسی شکل‌ها با اندازه قلم 9 Times New Roman در پائین آنها ذکر شود. ذکر واحد (در سیستم متریک) و مقیاس برای جداول و شکل‌ها به زبان فارسی و انگلیسی ضروری است. جداول به صورت باز (تنها خطوط بالا و پایین آشکار باشند) طراحی شده و برای شکل‌ها کادر اطراف آن آورده نشود. تأکید می‌شود که مقیاس‌های عددی در محور افقی و عمودی شکل‌ها انگلیسی باشند.

– نام علمی گیاهان یا جانوران هم در متن و هم در منابع به صورت مورب (ایتالیک) باشد.

– معادل انگلیسی کلمات تخصصی به صورت زیرنویس در هر صفحه آورده شود. ۵- ارسال مقاله

– مقاله باید در دو نسخه مجزا یکی با نام نویسنده (گان) و دیگری بدون نام نویسنده (گان) از طریق پایگاه اینترنتی نشریه (<http://ifej.sanru.ac.ir>) ارسال شود. برای ارسال مقاله نخست فرم ثبت نام پایگاه را تکمیل و سپس به بخش ارسال مقاله مراجعه نمایید. همچنین فرم تعهدنامه را از سایت مجله دریافت و نسبت به تکمیل و ارسال آن اقدام فرمایید.

– ثبت نام و ارسال مقاله باید توسط مسوول مکاتبه مقاله انجام شود. مجله فقط به مسوول مکاتبه با مجله پاسخ‌گو خواهد بود.

– مشخصات مقاله شامل عنوان مقاله، نام نویسنده (گان)، مرتبه علمی و وابستگی سازمانی آنها به همراه پست الکترونیکی و شماره تماس نویسنده مسوول باشد.

– پس از ارسال مقاله به مجله هر گونه تغییر در تعداد نویسندگان آن باید توسط نویسنده مسوول کتبا به مجله اعلام شود.

– مقالات دریافت شده ابتدا توسط هیأت تحریریه مورد بررسی کمی و کیفی قرار می‌گیرد و در صورتی که مناسب تشخیص داده شود (به شرط رعایت نکاتی که در این راهنمای نگارش آمده است)، برای ارزیابی به حداقل سه نفر از داوران صاحب نظر و ناشناس برای نویسنده (گان) در رشته مربوطه ارسال می‌شود.

– پذیرش و چاپ مقاله منوط به انجام تمام ویرایش‌های خواسته شده از طرف دفتر مجله می‌باشد.

#### ۶- اشتراک مجله

– بهای اشتراک یک ساله جهت دو شماره از مجله با احتساب هزینه پستی ۲۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد. وجه اشتراک را به شماره ۹۶۸۰۸۳۲۸۷ بنام حساب درآمد پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واریز و فیش واریزی را به آدرس ایمیل مجله [journal\\_sanru@yahoo.com](mailto:journal_sanru@yahoo.com) ارسال نمایید.



## "مقاله پژوهشی"

# معرفی دو گونه از قارچ‌های *Trametes Spp.* و ارتباط آنها با برخی ویژگی‌های درختی و عوامل رویشگاهی در استان لرستان

شهرام مهدی کرمی<sup>۱</sup>، اکرم احمدی<sup>۲</sup>، کامبیز ابراری واجاری<sup>۳</sup>، سعید علی موسی‌زاده<sup>۴</sup> و زینب بارانی بیرانوند<sup>۵</sup>

۱- دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران  
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران،  
(نویسنده مسوول: ahmadi.1870@gmail.com)

۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران

۴- کارشناس ارشد پژوهشی و مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع پاسند - بهشهر، ایران

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه لرستان

تاریخ ارسال: ۹۶/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۱۳

صفحه: ۱ تا ۹

## چکیده

این تحقیق با هدف شناسایی قارچ‌های چوب‌زی و ارتباط آن‌ها با میزبان خود در زاگرس میانی انجام گرفت. برای انجام این تحقیق ابتدا موقعیت درختان مبتلا با دستگاه GPS ثبت شد، سپس، عوامل فیزیوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی)، فراوانی قارچ، جهت استقرار قارچ روی تنه، قطر برابر سینه درخت، پراکنش روی درختان سرپا یا افتاده، دانه‌زاد یا جست‌زاد بودن پایه و وضعیت خشکیدگی تاج درختان میزبان در امتداد رودخانه سراب ناوه‌کش برداشت شد. شناسایی قارچ چوب‌زی با استفاده از مطالعات و کلیدهای معتبر شناسایی صورت گرفت. نتایج حاکی از فراوانی دو گونه قارچ *Trametes trogii* و *Trametes versicolor* روی پایه‌های درخت بید سفید بود. همچنین، بررسی‌های قارچ *T. trogii* روی پایه‌های بید نشان داد که بیشترین فراوانی قارچ در طبقه قطری ۴۰-۲۰ سانتی‌متری، درختان سرپا، طبقه پوسیدگی چهارم و در خشکیدگی یک سوم تاج مشاهده شد. بیشترین درصد فراوانی قارچ *T. trogii* روی تنه درختان، در طبقه ارتفاعی زیر نیم‌متر بود. بررسی ارتباط پوسیدگی با برخی از عوامل رویشگاهی از رگرسیون لجستیک ترتیبی استفاده شد و مشخص شد متغیر خشکیدگی تاج بر روی طبقه پوسیدگی درختان اثر معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) دارد. استقرار قارچ‌های چوب‌زی روی درختان پوسیده و خشک‌دار و همچنین کنده‌های باقیمانده در جنگل می‌تواند به بهبود خاک کمک نماید؛ ولی در قسمت‌هایی که درختان جوان و سالم مبتلا می‌شوند نیاز به کنترل است. لذا برای حمایت از درختان کران رودی، نیاز به اجرای مدیریت صحیح حمایت و حفاظت است تا بتوان از گسترش و اپیدمی شدن قارچ *T. trogii* جلوگیری نمود.

واژه‌های کلیدی: استان لرستان، شناسایی، قارچ‌های چوب‌زی، *Trametes trogii*، *Trametes versicolor*

## مقدمه

طبیعی از جمله جنگل‌ها، حضور میزبان و تخریب درختان می‌باشند (۱۹،۱۴). گونه‌های *Trametes spp.* یکی از مهم‌ترین قارچ‌های طاقچه‌ای، نیز به‌صورت انگل و یا نیمه‌انگل سبب خسارت به درختان جنگلی و مقطوعات چوب می‌شوند و از طریق زخم به درخت نفوذ کرده و سبب تغییر رنگ، پوسیدگی و از بین رفتن درختان سرپا می‌شوند. بسته به این‌که قارچ به کدام قسمت از درخت آسیب وارد می‌کند پوسیدگی ریشه، ساقه، یا پوسیدگی تنه نامیده می‌شود (۲۴،۸). *Trametes spp.* جزء بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین گروه Polyporaceae در راسته Aphyllophorales می‌باشند. بیش از ۷۰۰ گونه در این خانواده وجود دارد که در ساختار میکروسکوپی، مخصوصاً پوسیدگی و واکنش رنگ‌آمیزی شیمیایی خیلی با هم فرق دارند. اندام در این گونه به‌صورت پوسته و صخره است. بازیدیوکارب‌ها ممکن است نرم و یا خم‌پذیر باشند ولی در موقع رسیدگی اغلب سفت، چرمی، پنبه‌ای، و یا چوبی می‌باشند (۲۴،۸). *Trametes versicolor* (*L.:Fr.*) قارچ رنگین کمان در ایران در سال توسط عادل و یخکشی گزارش شد. قارچ *Trametes versicolor* معمولاً روی چوب‌های قطع شده، قسمت‌های خراش خورده در درختان سرپا راش (*Fagus orientalis*)، ممرز

قارچ‌های چوب‌زی موجوداتی هستند که به‌علت نداشتن سبزینه قادر به انجام عمل کربن‌گیری برای تولید مواد آلی مورد نیاز خود نیستند و برای ادامه زندگی ناگزیر به استفاده از مواد چوبی ساخته شده توسط گیاهان چوبی می‌باشند (۱۵). قارچ‌های طاقچه‌ای زمانی که هوا مرطوب است قادر هستند آب را جذب کرده و اسپور پخش کنند ولی در شرایط خشکی انتشار اسپورها میسر ناست و شرایط مناسب برای رشد و تکثیر وجود ندارد (۲۴). قارچ‌های طاقچه‌ای بسته به نوع گونه، توانایی زیستن در تمامی فصول سال و یا برخی از فصول را دارند (۲۴). پراکنش این قارچ‌ها در جنگل‌ها به عوامل مختلفی مانند عوارض طبیعی، وجود شاخه و خرده چوب‌های افتاده و میزان کیفیت چوب‌های افتاده در کف جنگل، نوع میزبان، اثر نمونه‌برداری، شدت نور، مرحله پوسیدگی، اثرات متقابل این عوامل و دخالت‌های انسانی بستگی دارد (۱۴،۴،۹). گونه *T. trogii* متعلق به خانواده Polyporaceae که به‌صورت چوب‌زی است (۷). با توجه به گزارش‌های انجام گرفته اکثر گونه‌های این خانواده چوب‌زی هستند و در صورت وجود شرایط مساعد دارای پراکندگی گسترده‌ای هستند (۱۴). از جمله فاکتورهای مهم برای ظهور قارچ در اکوسیستم‌های

در جنگل زاگرس تراکم درختان به صورت افتاده (خشکه‌دارها) کم است و بیشتر درختان به صورت سرپا می‌باشند ولی درختان ضعیف، مسن، شکسته و افتاده نسبت به درختان زنده و سالم بیش‌تر در معرض آلودگی قارچ‌های چوب‌زی هستند، زیرا قدرت مقابله با قارچ‌ها را ندارند و راه نفوذ قارچ به آن‌ها راحت‌تر است. بنابراین تعداد درختان میزبان در طبقات انتهایی پوسیدگی نسبت به سایر طبقات همواره بیش‌تر است. از طرفی چوب‌های پوسیده‌تر بستر مناسب‌تری نسبت به چوب‌های سالم و محکم برای استقرار قارچ‌های چوب‌زی هستند و بیش‌تر گونه‌های قارچی می‌توانند روی این بستر زیست نمایند، به همین دلیل فراوانی قارچ‌ها روی این درختان هم زیاد است و در طبقات پوسیدگی اختلاف معنی‌داری در فراوانی قارچ‌های چوب‌زی مشاهده می‌گردد (۲۲،۱۱،۱۳).

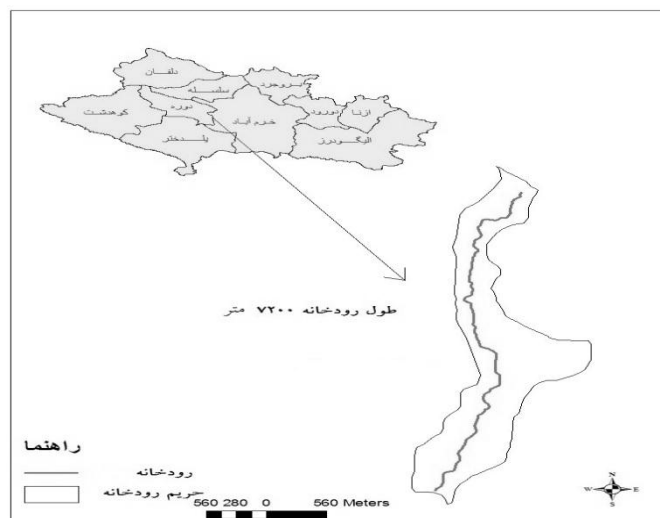
با توجه به آن‌که در زمینه قارچ‌های پوساننده در مناطق جنگلی غرب کشور خصوصاً استان لرستان تحقیقات چندانی صورت نگرفته است، شناسایی قارچ، نحوه پراکنش و مشخص شدن میزبان‌های این قارچ‌ها برای مدیریت به‌منظور توسعه پایدار جنگل و کنترل آن‌ها چه به‌صورت مکانیکی و یا به‌صورت بیولوژیکی دارای اهمیت است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سراب ناوه‌کش (به مساحت ۹ هکتار) با طول جغرافیایی ۳۳° و ۳۱° و ۴۸° و ۷ دقیقه عرض جغرافیایی، با ارتفاعی ۱۲۰۰ متر از سطح دریا که در ۲۵ کیلومتری غرب شهرستان خرم‌آباد در استان لرستان (جنگل‌های زاگرس میانی) قرار دارد، انجام گرفت. این منطقه دارای رودخانه دائمی است (شکل ۱). که وجود آب و رطوبت کافی زمینه را برای رویش درختی فراهم کرده است. در کنار این رودخانه بیشتر درختان بید مشاهده می‌شود و بندرت درختان بلوط و دیگر گونه‌ها علفی هستند.

(*Carpinus betulus*)، انجیلی (*Parrotia Persica*) و خشکه‌دارها درختان زبان گنجشک (*Fraxinus spp.*)، توت سفید (*Morus alba*)، افرا، سپیدار، مستقر می‌شوند و در شمال کشور انتشار می‌یابد (۶). یکی دیگر از گونه‌های مهم خانواده *Trametes spp.* (*Corioloopsis trogii*) Berk.Dom است. این قارچ روی درختان راش، توسکا، ممرز و چنار در شمال کشور پراکنش دارند که به‌صورت انگل و نیمه‌انگل روی درخت فعالیت می‌کند و پوسیدگی سفید را ایجاد می‌نماید (۶ و ۱۳). قارچ‌های عامل پوسیدگی با توجه به سرشت خود، روی گونه‌های درختی خاصی پراکنش دارند، به‌عنوان مثال *Trametes pubesce* روی درختان پهن برگ توسکا (*Alnus glutinosa*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، چنار (*Platanus orientalis*)، راش (*Fagus orientalis*) و سوزنی برگ سرو (*Cupressus spp.*) و کاج (*Pinus spp.*) پراکنش دارد (۱۰). رستمیان و همکاران به شناسایی قارچ‌های طاقچه‌ای و بررسی ویژگی‌های درختان میزبان آنها در سری یک جنگل شصت کلاته گرگان پرداختند. با توجه به نتایج ایشان، فراوان‌ترین گونه‌های قارچی در منطقه مورد مطالعه از دو خانواده polyporaceae و Ganodermataceae بودند که عمدتاً بر روی درختان راش و ممرز حضور یافتند (۱۷).

سولار و همکاران در بررسی قارچ‌های عامل پوسیدگی در درختان راش در کشور اسلوواکی توانستند قارچ *Trametes versicolor* را شناسایی کنند که در این تحقیق مشاهده کردند قارچ فوق روی درختان سرپا و خشکه‌دار پراکنش دارد (۲۰). هاتوری (۹) در تحقیقات خود در جنگل‌های مرکزی ژاپن برای شناسایی قارچ‌های عامل پوسیدگی با جنگل گردشی که انجام داد مشخص نمود که ۸۲ گونه پلی‌پور در مناطق فوق پراکنش دارند که بیشترین فراوانی قارچ مربوط به جنگل‌های راش با گونه‌های *Trametes versicolor* *Fomes fomentarius* بود که فقط در جنگل‌های راش پراکنش داشتند و کمترین تنوع گونه قارچی مربوط به جنگل‌های بلوط بود (۹).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. Geographic location of the study area



۳. درخت سرپا، سرشکسته، چوب کری نرم، تاج درخت شکسته.

۴. خشکه‌دار سرپا، چوب سست شده، پوست نرم، فاقد تاج.

۵. خشکه‌دار افتاده، خشکه‌دار ریز و درشت، کنده، شاخه ریز و درشت، چوب سست شده، پوست نرم.

پیوسته‌سازی متغیر جهت شیب با استفاده از فرمول Beers ارائه شده توسط هنری مکناب (۲۰۰۹) انجام گرفت:

$A' = (\cos 45 - A) + 1$  که در آن A، زاویه جهت (آزیموت) و

A' مقدار جهت بین دامنه ۲-۰ است (۱۸). برای بررسی

طبقات پوشیدگی درختان به‌عنوان متغیر پاسخ و عوامل طبقه

قطری درختان، شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا منطقه

مورد بررسی (عوامل فیزیوگرافی) به‌عنوان متغیرهای

پیش‌بینی در رگرسیون لجستیک ترتیبی وارد نرم‌افزار

Minitab 17 و آنالیز شدند و بررسی نیکویی برازش مدل

رگرسیونی انجام گرفت.

### نتایج و بحث

بررسی خصوصیات میکروسکوپی و ماکروسکوپی گونه

قارچی *Trametes versicolor* نشان داد که با کلیدهای

شناسایی مورفولوژیکی مطابقت دارد. گونه قارچی

*T. versicolor* از خانواده Polyporaceae در این منطقه از

روی یک پایه بید سفید جمع‌آوری گردید. اندام بارده، هاگ و

سطح منافذ قارچ *T. versicolor* در شکل شماره ۲، ۳ و ۴

نشان داده شده است. بررسی خصوصیات میکروسکوپی و

ماکروسکوپی گونه قارچی *Trametes trogii* (Berk.) Dom

نشان داد که با کلیدهای شناسایی مطابقت دارد که از روی

۲۹ پایه درخت بید سفید جمع‌آوری گردید. اندام بارده، هاگ و

سطح منافذ قارچ *T. Trametes trogii* در شکل شماره ۵، ۶

و ۷ نشان داده شده است. نتایج بررسی درصد فراوانی قارچ

روی درختان بید سفید نتایج نشان داد ۷۳٪ از درختان سرپا و

۲۷٪ درختان افتاده مبتلا به این قارچ بودند (شکل ۸).

همچنین بررسی‌ها نشان داد که قارچ *Trametes trogii* از

بین طبقات قطری ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰ >

روی طبقات قطری ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر

مشاهده شد. همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود

بیشترین درصد فراوانی قارچ در طبقه قطری ۲۰-۴۰

سانتی‌متر مشاهده شد و در طبقات قطری بالاتر از ۶۰

سانتی‌متر به‌دلیل عدم وجود طبقه قطری بالاتر در درختان،

قارچ مشاهده نشد.

در این تحقیق به‌منظور شناسایی، بررسی فراوانی قارچ‌های

طاقچه‌ای و همینطور بررسی میزبان‌های آن، عمل جنگل

گردشی در امتداد رودخانه ناوه‌کش صورت گرفت. گونه

درختی بید سفید (*Salix alba*)، که به‌عنوان رویش غالب

درختی در منطقه است به‌عنوان میزبان این قارچ شناسایی شد

و موقعیت ۳۰ درختی که قارچ‌های عامل پوشیدگی بر روی

آن‌ها استقرار دارد با GPS ثبت شد. سپس عوامل فیزیوگرافی

(ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی)، فراوانی قارچ،

جهت استقرار قارچ روی تنه، قطر برابر سینه درخت، پراکنش

روی درختان سرپا یا افتاده، دانه‌زاد یا جست‌زاد بودن پایه و

وضعیت خشکیدگی تاج روی میزبان برداشت شد (۱۳، ۱۶).

سپس شناسایی قارچ چوب‌زی روی درخت بید با استفاده از

مطالعات آزمایشگاهی و استفاده از کلیدهای معتبر شناسایی

(۱۸، ۱۰) صورت گرفت. به این صورت که از قارچ‌های

مشاهده شده در جنگل نمونه‌گیری و نمونه‌های جمع‌آوری

شده برای شناسایی به آزمایشگاه ایستگاه تحقیقات جنگل و

مرتع پاسند - به‌شهر انتقال یافتند و پس از بررسی

مشخصه‌های ماکروسکوپی (اندازه بازیدوکارپ، نحوه اتصال

قارچ به میزبان، ضخامت بازیدوکارپ، رنگ سطح زیرین و

رویی قارچ) و میکروسکوپی (بازیدوسپور، شکل هیف و منافذ و

لوله‌های قارچ) و همچنین با استفاده از کتاب معتبر

تاکسونومی قارچ‌های طاقچه‌ای (۱۸)، شناسایی قارچ صورت

گرفت. همچنین طبقه‌بندی قطر درختانی که قارچ بر روی آنها

پراکنش دارد براساس طبقه‌بندی آقاجانی و همکاران (۳)

۲۰-۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰ > انجام گرفت و

طبقه‌بندی ارتفاع براساس داده‌های جمع‌آوری شده صورت

گرفت (۳).

### بررسی درصد فراوانی قارچ چوب‌زی

n: تعداد کل درختان آلوده

ni: تعداد درختان آلوده شده به‌دست‌آمده از نوع خاص قارچ، p

درصد آلودگی است:

$$P = \frac{\sum ni}{n} \times 100$$

برای طبقه‌بندی خسارت به درختان بر اثر پوشیدگی قارچ‌ها،

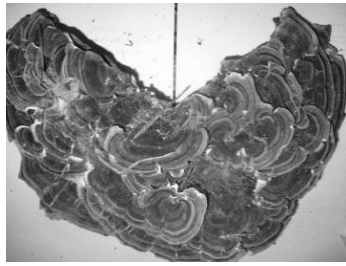
از طبقه‌بندی آقاجانی و همکاران (۱۳۹۴) استفاده شد (۲).

۱. درخت سالم و زنده، سرپا، چوب سخت، پوست سخت،

تاج سبز.

۲. درخت زنده، سر خشکیده، سرپا، چوب سخت، تاج

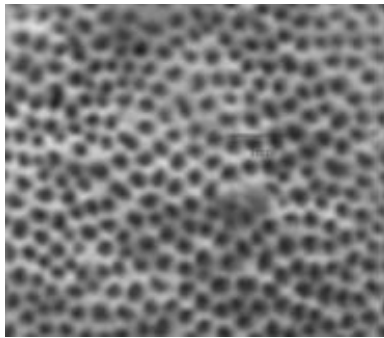
خشکیده.



شکل ۳- هاگ در قارچ *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat  
Figure 3. Spores in *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat

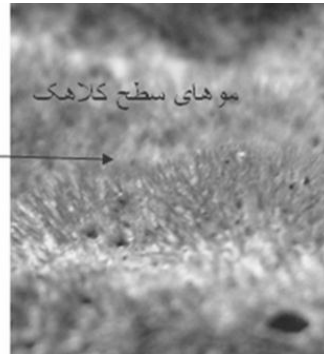


شکل ۲- اندام بارده قارچ *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat  
Figure 2. Fruiting body of *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat

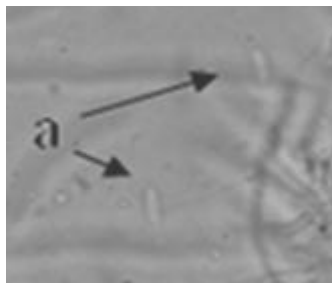


شکل ۴- سطح منافذ در قارچ *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat  
Figure 4. Pore Levels in *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat  
قارچ شناسایی شده:

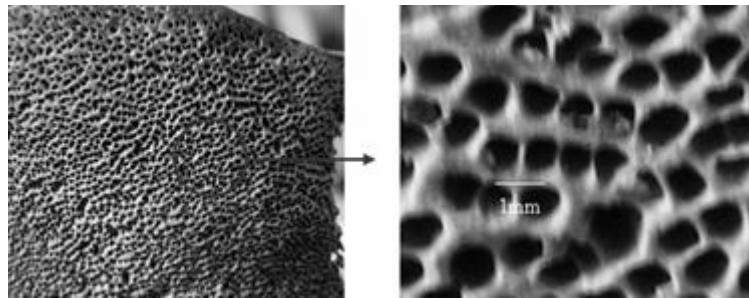
***Trametes trogii* (Berk.) Dom.**



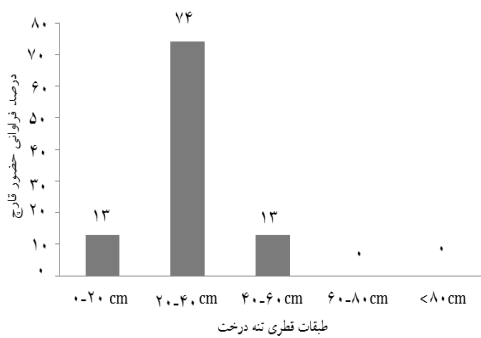
شکل ۵- اندام بارده *Trametes trogii* (Berk.) Dom.  
Figure 5. Fruiting body of *Trametes trogii* (Berk.) Dom.



شکل ۶- هاگ در قارچ *Trametes trogii* (Berk.) Dom.  
Figure 6. Spores in *Trametes trogii* (Berk.) Dom

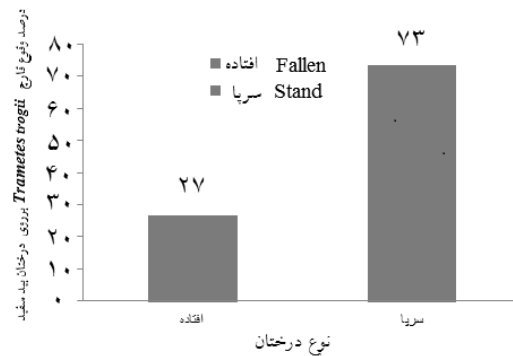


شکل ۷- سطح منافذ در قارچ *Trametes trogii* (Berk.) Dom.  
Figure 7. Pore Levels in (Berk.) Dom. *Trametes trogii*



شکل ۹- درصد فراوانی قارچ *Trametes trogii* روی طبقات قطری مختلف درختان بید سفید

Figure 9. Percentage of *Trametes trogii* occurrence on different diameter classes of White Willow Trees

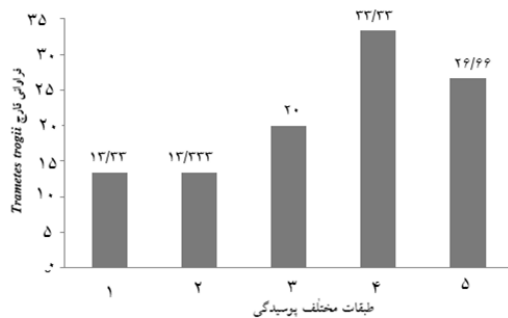


شکل ۸- درصد فراوانی قارچ *Trametes trogii* (Berk.) Dom روی درختان بید سفید

Figure 8. The presence of the fungus *Trametes trogii* (Berk.) Dom on the White Willow Trees

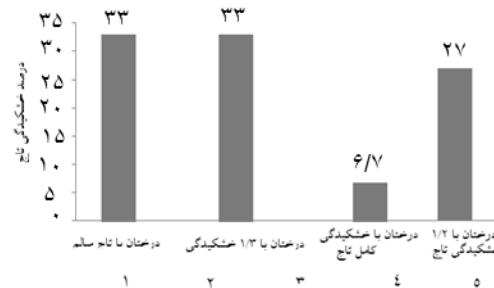
پارامترهای مورفولوژیک درختان بید، نتایج نشان داد که میانگین ارتفاع درخت و قطر در منطقه سراب ناوه‌کش به ترتیب  $۶/۴۸۲ \pm ۱/۵۴$  و  $۳۲/۹۳ \pm ۱۰/۱۶$  متر بود. در بررسی فراوانی قارچ بر روی درختان بید، نتایج حاکی از آن است که به‌طور میانگین  $۱/۹۳ \pm ۱/۳۳$  عدد قارچ *Trametes trogii* روی درختان بید وجود دارد.

هم‌چنین بررسی وضعیت خشکیدگی تاج درختان بید (شکل ۱۰) نشان داد که در خشکیدگی  $۱/۳$  ابتدای طول تاج و تاج سالم بیشترین فراوانی قارچ مشاهده شد (۳۳٪) و در خشکیدگی کامل درختان فراوانی قارچ کاهش یافت (۷٪). شکل ۱۱ نشان می‌دهد که درختان میزبان قارچ در پنج طبقه مختلف پوسیدگی وجود دارند که بیشترین خسارت در طبقه چهارم و کمترین در طبقه یک قرار دارد. در بررسی



شکل ۱۱- فراوانی قارچ *Trametes trogii* (Berk.) Dom در هر طبقه پوسیدگی درختان

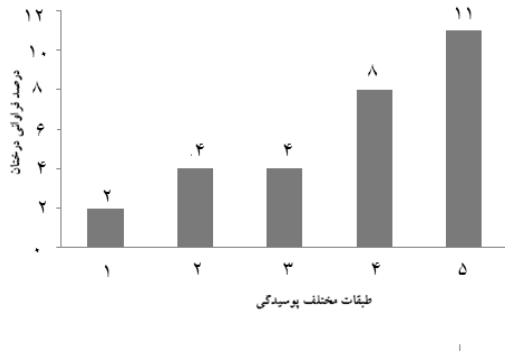
Figure 11. Frequency of *Trametes trogii* (Berk.) Dom in each class of tree decay



شکل ۱۰- فراوانی قارچ *Trametes trogii* (Berk.) Dom در طبقات مختلف خشکیدگی تاج

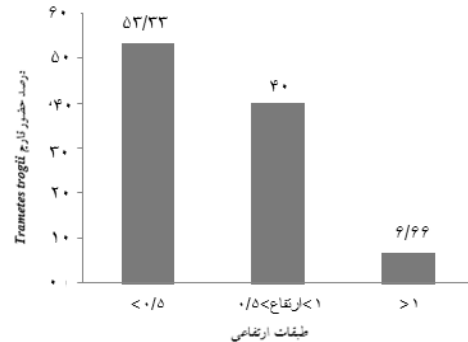
Figure 10. Presence of fungi *Trametes trogii* (Berk.) Dom in different classes of crown drying

سطح زمین، درصد فراوانی قارچ به دلیل تنه کوتاه درختان بید کاهش چشمگیری داشت (۷٪) (شکل ۱۲). در بررسی درصد فراوانی درختان در طبقات مختلف پوسیدگی مشخص شد که بیشترین فراوانی در طبقه پوسیدگی پنجم و کمترین فراوانی در طبقه پوسیدگی اول وجود داشت (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- درصد فراوانی درختان در طبقات مختلف پوسیدگی  
Figure 13. Percentage of trees in different decay classes

نتایج نشان داد که در بررسی فراوانی قارچ *Trametes trogii* در سه طبقه ارتفاعی <0.5 متر، <1 ارتفاع <0.5 متر و >1 متر طول تنه درخت از سطح زمین، بیشترین درصد فراوانی قارچ نامبرده در طبقه ارتفاعی زیر نیم‌متر زمین بوده است (۵۳٪) و در قسمت‌های بالای یک متر تنه درخت از



شکل ۱۲- بررسی درصد فراوانی قارچ *Trametes trogii* (Berk.) Dom در سه طبقه <0.5، <1 ارتفاع <0.5 و >1  
Figure 12. The presence percentage of *Trametes trogii* (Berk.) Dom in three classes: <0.5, 1> height 0.5 and 1<

خشکیدگی تاج)، متغیر خشکیدگی تاج بر روی طبقه پوسیدگی درختان اثر معنی‌دار داشته است. متغیر طبقه قطری اثرات معنی‌داری را نشان نداد ( $p \geq 0.05$ ).

در بررسی عوامل مؤثر بر پوسیدگی درختان بید در منطقه مورد مطالعه، نتایج داده‌های جدول ۱ با استفاده از آزمون لجستیک ترتیبی نشان داد که از بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده مورد بررسی در تحقیق (طبقه قطری، و

جدول ۱- آزمون لجستیک ترتیبی برای عوامل مؤثر بر پوسیدگی درختان بید سفید  
Table 1. Sequential logistic test for factors affecting the decay of White Willow trees

| سطح معنی‌داری | Z     | اشتباه معیار | ضریب تأثیر | متغیر پیش‌بینی‌کننده | ویژگی‌های درختی |
|---------------|-------|--------------|------------|----------------------|-----------------|
| ۰/۰۰۳         | -۲/۹۵ | ۰/۹۳۳        | -۲/۷۵۶۸۴   | خشکیدگی تاج          |                 |
| ۰/۱۷۰         | ۱/۳۷  | ۱/۳۰۶        | ۱/۷۹۱۷۴    | طبقه قطری (Cm)       |                 |

می‌توان ذکر کرد که با توجه به ضریب Pseudo R-square حاصل، نتایج حاکی از آن است که ۱۰۰ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل رگرسیون لجستیک تبیین می‌شود (جدول ۳).

نتایج آزمون پیرسون در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به میزان P در آزمون ( $p \geq 0.05$ ) داده‌های حاصل از آزمون نیکویی برازش رگرسیون لجستیک ترتیبی نشان داد که شواهد برای تطبیق مدل به داده‌ها مناسب بود. همچنین

جدول ۲- آزمون نیکویی برازش رگرسیون لجستیک ترتیبی  
Table 2. Fitness logistics regression test

| روش آزمون | کای دو | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
|-----------|--------|------------|---------------|
| پیرسون    | ۰/۵۷   | ۴۲         | ۱/۰۰          |

جدول ۳- ضریب Pseudo R-square  
Table 3. Pseudo R-square coefficient

| ضریب | Pseudo R-Square |
|------|-----------------|
| ۱/۰۰ |                 |

*Polyporales* در جنگل‌های مازندران-نکا (روی گونه‌های درختی متنوعی مانند افرا راش ممرز و انجیلی)، بیشترین تراکم در طبقه قطری ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر گزارش شده است

بیشترین فراوانی قارچ در طبقه قطری ۲۰-۴۰ سانتی‌متری مشاهده شد که در بررسی انجام گرفته توسط موسی‌زاده و همکاران (۱۴) در خصوص اکوسیستماتیک قارچ‌های

توسط متغیرهای مستقل رگرسیون لجستیک تبیین می‌شود ( $p \leq 0.01$ ). به طوری که نتایج بررسی عوامل مؤثر در خسارت به درختان توسط قارچ‌های چوب‌زی نشان داد که از بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده مورد بررسی در تحقیق (طبقه قطری، و خشکیدگی تاج)، متغیر خشکیدگی تاج بر روی طبقه پوسیدگی درختان اثر معنی‌دار داشته است. ولی طبقه قطری اثر معنی‌داری بر روی پوسیدگی درختان نداشت که این نتیجه مطابق با نتایج بررسی اسکوتلند و کوسرود (۲۱) در زمینه خسارت *Phyllinus nigrolimitatus* بر درختان جنگلی است. این محققین پی بردند که عوامل فیزیوگرافی، قطر درخت میزبان و نوع گونه درختی از جمله عوامل مؤثر در پوسیدگی چوب درختان نمی‌باشند و فقط در پراکنش قارچ تأثیر دارد (۲۱). بنابراین با شناسایی قارچ پوساننده و با توجه به حضور قارچ بر روی درختان سرپا و حضور در خشکیدگی تاج و ارتفاع استقرار قارچ (کمتر از نیم‌متر) و تراکم قارچ روی تنه درخت به صورت منفرد نشان از شیوع تازه این قارچ در منطقه مورد بررسی است که می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف مکانیکی، بیولوژیکی و شیمیایی با این قارچ عامل پوسیدگی مبارزه نمود (۱۳) و از انحطاط و نابودی این درختان در این منطقه جلوگیری کرد. حضور و تنوع قارچ‌های ماکروسکوپی روی درختان اهمیت ویژه‌ای در سلامت درختان در مراحل مختلف توالی از دیدگاه حمایت جنگل دارد و با توجه به اینکه قادر به فتوسنتز نیستند و از دیگر مواد آلی تغذیه می‌کنند، از اجزای مهم در اکوسیستم جنگل به شمار می‌روند (۱۴،۴). در مواردی که قارچ‌ها نقش مهمی در سلامت جنگل و بازیافت مواد بازی می‌کنند و با پوساندن خشکه‌دارها و تولید هوموس کیفیت خاک را بهبود می‌بخشند، تراکم قارچ‌ها می‌تواند مفید واقع شود ولی با شیوع این قارچ‌ها و تهدید سلامت درختان مبارزه با آن‌ها امری ضروری است (۱۲). لذا در این منطقه نیاز به اجرای یک مدیریت حمایت و حفاظت است تا با انجام عملیات درست حمایت و حفاظت که اساس آن اطلاع‌رسانی در زمینه اهمیت درختان کران رودی به‌عنوان یک اکوسیستم مهم و در صورت نیاز فرق کردن منطقه است.

(۱۴). وجود خشکه‌دارها، درختان مسن در طبقات قطری بالا، درختان ضعیف، مسن، شکسته و افتاده و همچنین، بستر مناسب‌تری نسبت به چوب‌های سالم و محکم برای استقرار قارچ‌های چوب‌زی هستند و بیش‌تر گونه‌های قارچی می‌توانند روی این بستر زیست نمایند، لذا، دلیل فراوانی قارچ‌ها روی این درختان هم زیاد است و در طبقات پوسیدگی اختلاف معنی‌داری در فراوانی قارچ‌های چوب‌زی مشاهده می‌گردد (۲۲،۱۱،۱۳) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. محل استقرار قارچ روی تنه درختان می‌تواند در خصوص مبارزه با عامل بیماری و حفظ درختان منطقه مورد توجه محققین و کارشناسان منابع طبیعی به‌خصوص در مناطق حفاظت‌شده و رو به تهدید قرار گیرد (۱۴،۱). همچنین، لازم به‌ذکر است که تمرکز بیشتر روی تنه درختان حاکی از شرایط مناسب رطوبتی برای استقرار قارچ است که با نتایج عباوی (۱) و آقاجانی و همکاران (۲) مطابقت دارد (۲،۱). طبقه ارتفاعی ذکر شده می‌تواند راهنمای خوبی جهت اعمال مدیریت جنگل در دستیابی به اهداف پرورش جنگل و همچنین حمایت جنگل باشد (۱۵،۱۴) که می‌تواند به‌خوبی با روش‌های مختلف مکانیکی، بیولوژیکی و شیمیایی با این قارچ مبارزه نمود و از به انحطاط رفتن گونه‌های با ارزش این منطقه جلوگیری نمود. شرایط رویشگاه (ارتفاع از سطح دریا، جهت دامنه، شیب و رطوبت) و نوع میزبان در استقرار قارچ طاقچه‌ای که سبب پوسیدگی در درختان می‌شوند، موثر هستند (۵،۲). در تحقیق حاضر با توجه به وسعت کم منطقه، شرایط رویشگاهی در نظر گرفته نشد. قارچ‌های چوب‌زی با تغذیه از بافت چوبی درختان جنگلی باعث خسارت به این درختان می‌شوند، به طوری که مصرف موادی مانند سلولز و لیگنین توسط قارچ‌های چوب‌زی باعث پوسیدگی چوب درختان می‌شود. در حالی که خسارت قارچ‌های چوب‌زی به درختان ناشی از پوسیدگی چوب درختان است. عوامل نام‌برده (درصد شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) بیش‌تر در پراکنش قارچ‌های چوب‌زی مؤثرند تا پوسیدگی چوب درختان (۲۴،۱،۲). با توجه به نتایج جدول آزمون نیکویی برازش رگرسیون لجستیک ترتیبی، تغییرات متغیر وابسته

## منابع

1. Abiavi, N. 2012. Study of macroscopic fungi of trunk rot in beech trees (*Fagus orientalis*) in the Fagetum association in north of Iran (case study: Kheyroud forest), M.Sc. thesis, Department of Forestry and forest economics, Faculty of Natural resources, University of Tehran, 88 p (In Persian).
2. Aghajani, H., M.R. Marvie Mohadjer, M.R. Asef and A. Shirvany. 2014. The relationship between wood-decay fungi abundance and some morphological features of hornbeam (Case study: Kheyroud forest, Noshahr), Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 12(1): 55-65 (In Persian).
3. Aghajani, H., M.R. MarvieMohadjer, M.R. Asef and A. Shirvany. 2015. Frequency of macroscopic fungi pathogenesis in wood rot in forest ecosystems with different management at Kheiroud forest, Noshahr. Journal of Research and Forest Development, 1(4): 295-305 (In Persian).
4. Aghajani, H., M.R. MarvieMohadjer, M.R. Asef and A. Shirvany. 2013. The relationship between abundance of wood macro-fungi on chestnut-leave Oak (*Quercus castaneifolia* C.A.M.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and physiographic factors (Case study: Kheyroud forest, Noshahr), Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources, 66(1): 1-12 (In Persian).
5. Annalliasa, S., S. Maari, M. Miko and J. Jukka. 2004. Pivestrr of polyporus fungi (polyporaceae) in northern Borel forestry: effects site type and logging intensity. Scandinavian Journal of forest research, 19: 152-163.

6. Behdad, E. 1987. Pests and diseases and trees and shrubs forest and ornamental plants Iran. Isfahan University Press, 807 p (In Persian).
7. Ershad, J. 2009. Iran Fungi. Publications of Plant Protection Research Institute, 540 pp (In Persian).
8. Gaper, G. 1998. A polyporaceae group as one of the most aggressive fungi, which Kill the urban trees. *Acta-faculatatis-Ecologiae-Z vlen*, 5: 101-105.
9. Hattori, U.T. 2005. Diversisty of wood inhabiting polyporaceae intemperate forest with different vegetation trpein japan-fungi *Diversity*, 18: 73-88.
10. Kirk, P.M., P.F. Cannon, D.W. Minter and J.A. Stalpers. 2008. Dictionary of the Fungi, 10th edition. CABI Publishing, UK.
11. Kuffer, N., F. Gillet, B. Senn-Irlet, M. Aragno and D. Job. 2008. Ecological determinants of fungal diversity on dead wood in European forests. *Fungal Diversity*, 30: 83-95.
12. Laeser, J.A. and D.L. Lindner. 2011. Use of fungal biosystematics and molecular genetics in detection and identification of wood-decay fungi for improved forest management. *Forest pathology*, 41: 341-348.
13. Mehdi karami, Sh. and M. Kavosi. 2012. Distribution seasons *Fomitopsis* spp, *polypor* spp, *Ganoderma* spp forest in northern Iran (Case Study Shst-Klath forest of Gorgan). Third International Conference on Climate Change and dendrochronology, 27 to 29 may, Sari, Iran (In Persian).
14. Mosazade, S. and M. Ghorbanali. 2009. Ecosystematic review Polyporales mushrooms in the forests of Mazandaran-Neka, M.Sc. thesis, Gorgan University Press, 217 p.
15. Namiranian, M. 2000. Important indices measure the Beech in Gorabon of Kheyroudkenar. *Iranian Journal of Natural Resources*, 53(1): 87-96.
16. Rostamian, M., M. Kavosi, Sh. Shataee and A. Mohammadalipoor. 2013. Relationship of trees decaying whit wood fungi and some of habitat factors in the Shastkolateh forest of Gorgan. *Wood and Forest Science and Technology*, 20(3) (In Persian).
17. Rostamian, M., M. Kavosi, Sh. Shataee and A. Mohammadalipoor. 2013. Identification of bracket fungi and characteristics of their host. *Iranian Forests Ecology*, 1(2): 27-40.
18. Ryvarden, L. and R.L. Gilbertson. 1993-1994. European Polypores. Part 1 & 2, *Fungiflora*, Oslo, Norway, 743 p.
19. Sadeghikhamenei Tabrizi, S. 2003. Fungi and bacteria and urban forest pests and diseases. Beyond Science Press, 220 p.
20. Solar, R.L. 2008. Selected properties of beech wood degraded by the white-rot fungus *Trametes versicolor*. *Wood Research (Bratislava)*, 53 (1).
21. Stokland, J. and H. Kauserud. 2004. *Phllinus nigrolimitatus*-a wood- decomposing fungus highly influenced by forestry. *Forest Ecology and Management*, 187: 333-343.
22. Yamashita, S., T. Hattori, T. Ohkubo and T. Nakashizuka. 2009. Spatial distribution of basidiocarps of aphylophoraceous fungi in a tropical rainforest on Borneo Island, Malaysia. *Journal of Mycology Research*, 113: 1200-1207.
23. Yang, X., A.K. Skidmore, D.R. Melick, Z. Zhou and J. Xu. 2006. Mapping non-wood forest product (matsutake mushrooms) using logistic regression and a GIS expert system. *Journal of Ecology*, 198: 208-218.
24. Zokaee, M. 1996. The biology of the fungus. University of Mashhad, 243 pp (In Persian).

## Introducing Two Fungi Species of *Trametes* spp. and Their Relationship with some of the tree Characteristics and Sites factors in Lorestan Province, Iran

Shahram Mehdi Karami<sup>1</sup>, Akram Ahmadi<sup>2</sup>, Kambiz Abrari Vajari<sup>3</sup>, Saeed Ali Mousazadeh<sup>4</sup>, Zeynab Barani Beyranvand<sup>5</sup>

---

1- Graduated Ph.D., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources University of Lorestan, Iran

2- Assistant prof. Research division of natural Resources, Golestan. Agriculture and natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran, (Corresponding author: ahmadi.1870@gmail.com)

3- Assistant prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources

4- M.Sc. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Mazandaran Province, Pasand Forest and Pasture Research Station, Behshahr, Iran

5- M.Sc., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources University of Lorestan

Received: December 25, 2017

Accepted: December 3, 2020

---

### Abstract

This study was carried out to introduce wood-inhabiting fungi and their relationship with hosts in forests of Middle Zagros, Lorestan province, Iran. For this study, at first, the location of the infected trees were recorded with GPS and then, following factors were recorded comprising physiographic factors (altitude, slope and aspect), the frequency of fungi, fungi establishment aspect on trunk, breast diameter height of tree, distribution on standing or fallen trees, seed or sprouted individual, crown dieback of host trees along Sarabe-Navehkish river. Then, identifying wood-inhabiting fungi was performed using studies and the use of valid keys. The results indicated the presence of two species of *Trametes trogii* and *Trametes versicolor* on willow trees. Also, investigations on *T. trogii* fungus on willow showed that the highest frequency of fungi was observed at a diameter of 20-40 cm, standing trees and die back at 1/3 of crown. In addition, the highest percentage of *T. trogii* presence was on <0.5m height class. Investigating the decay relationship with some of site factors, ordinal logistic regression was used and was determined that crown decay variable had significant effect on decay class of trees ( $p \leq 0.01$ ). The establishment of wood-inhabiting fungi on decayed trees, dead trees and remained stump in forest can contribute to soil improvement, but in areas where young and healthy trees are infected need to control. Therefore, in this area to protect river-side trees, good management of forest protection is necessary to protect and preserve in order to inhibiting *T. trogii* fungi distribution.

**Keywords:** Identification, Lorestan Province, *Trametes trogii*, *Trametes versicolor*, Wood-inhabiting fungi



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی مکانی خصوصیات شیمیایی خاک جنگل تحت تأثیر حضور دام با استفاده از زمین‌آمار (مطالعه موردی: جنگل بندپی شرقی)

روجا ملازاده گنجی<sup>۱</sup>، سید محمد حاجتی<sup>۲</sup> و مرتضی معدنی پور کرمانشاهی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،

(نویسنده مسوول: roja.ganji68@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استادیار گروه مهندسی جنگل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شستر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۶

صفحه: ۱۰ تا ۱۹

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات شیمیایی خاک در جنگل بندپی شرقی انجام شد. برای این منظور، پس از جنگل‌گردشی در منطقه افرابن، عرصه‌ای با حضور متمرکز دام مشخص شد. جهت بررسی متغیرهای شیمیایی، شبکه‌ای به ابعاد  $50 \times 50$  متر به صورت تصادفی - سیستماتیک در منطقه مورد مطالعه از منطقه دامسرا به سمت جنگل پیاده شد و سپس در مراکز شبکه نمونه‌برداری، ۷۳ نمونه خاک از عمق ده سانتی‌متری برداشت و جهت اندازه‌گیری متغیرهای واکنش خاک، کربن آلی، آهنک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به آزمایشگاه منتقل شدند. شش متغیر شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت و نقشه برآورد کریجینگ آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار GS+ نسخه ۹ ترسیم شد. نتایج نشان داد که تنها تغییرات واکنش خاک و نیتروژن در جهات مختلف همسان است و می‌توان از شبکه مربعی برای مطالعه آن‌ها استفاده نمود. آنالیز واریوگرافی ثابت نمود که متغیر واکنش خاک و نیتروژن دارای ساختار مکانی می‌باشند که با توجه به نسبت سقف به اثر قطعه‌ای به ترتیب  $0/90$  و  $0/83$ ، ساختار قوی به دست آمد. مقدار این دو متغیر در جهت‌های شرقی (منطقه دام‌سرا) دارای کمترین مقدار می‌باشند. دقت تخمین‌های انجام شده، میانگین مطلق خطا و مجذور مربعات میانگین خطا برای دو متغیر واکنش خاک و نیتروژن به ترتیب،  $0/163$ ،  $0/560$  و  $0/195$ ،  $0/221$  به دست آمد که نتایج حاکی از دقت بالای مقادیر تخمین واکنش خاک و نیتروژن بود.

واژه‌های کلیدی: حضور متمرکز دام، کریجینگ، نیتروژن، واریوگرام

### مقدمه

روش‌های زمین‌آمار در علوم خاک توسط محققین مختلفی به کار گرفته شده است. جعفریان و همکاران (۱۶) در بررسی توزیع مکانی خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین‌آمار در مراتع رینه نشان دادند که در این منطقه بین ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد بررسی، وابستگی مکانی وجود دارد، به طوری که، بیشترین این وابستگی مربوط به واکنش خاک و کمترین این وابستگی مربوط به پتاسیم بود. (۱۸)، در بررسی ساختار مکانی خصوصیات خاک در یک توده جنگلی راش با استفاده از روش زمین‌آمار، بیان نمودند که تنها واکنش خاک در سه عمق مورد بررسی دارای ساختار مکانی متوسط، نسبت کربن به نیتروژن خاک فاقد ساختار مکانی و ترسیب کربن در دو لایه بالایی دارای ساختار مکانی ضعیف و در لایه سوم دارای ساختار مکانی متوسط می‌باشد. مکی‌راتی و همکاران (۲۰)، با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، نظام اطلاعات جغرافیایی و فن سنجش‌ازدور برای مناطق وسیعی از استرالیا نقشه‌های جامع خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را تعیین کردند. قابلیت بافرینگ خاک در برابر تغییرات، روش‌های زمین‌آمار تکنیک‌هایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی خصوصیات خاک، مانند محتوای نیتروژن خاک را ارائه می‌دهد (۳۳) و این تکنیک‌ها امروزه به طور فزاینده‌ای به منظور اهداف مدیریتی خاص به کار گرفته می‌شوند (۲۰، ۷، ۱۰۶). چانگ و همکاران (۹) همچنین با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، تغییرپذیری مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک را در اطراف دریای زرد در چین

از جمله وظایف زیستی خاک می‌توان به توانایی آن در تولید ماده زنده از طریق تأمین عناصر غذایی، هوا، ذخیره آب، حمایت از استقرار و توسعه ریشه گیاهان اشاره کرد بالاین (۴). توانایی خودپالایی خاک، قابلیت بافرینگ در برابر تغییرات، تغییر شکل مواد افزوده شده به خاک و حفظ ذخایر ژنتیکی خاک از جمله مواردی است که نقش این ماده حیاتی را از جنبه‌های زیستی بارز و لزوم به‌کارگیری مدیریت‌های مناسب برای جلوگیری از تخریب آن‌ها را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (۴، ۱۸). نیتروژن در خاک بخصوص در لایه سطحی بیشتر به صورت ترکیبات آلی وجود دارد، بنابراین فرایند تجمع نیتروژن در خاک با تجمع مواد آلی رابطه نزدیک دارد (۲۶). ماده آلی به‌عنوان یک شاخص کلیدی در کیفیت خاک در نظر گرفته می‌شود (۲۲) و توزیع ماده آلی خاک می‌تواند تعیین کننده نیتروژن خاک باشد (۳). واکنش خاک با تحت تأثیر قرار دادن واکنش‌های شیمیایی موجب دسترسی گیاهان به عناصر غذایی خاک می‌شود و بنابراین به‌عنوان شاخص کلیدی در شیمی خاک محسوب می‌شود (۲۸). تغییرات مکانی و ناهمگنی پراکنش جغرافیایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های بوم‌سامانه‌های مختلف تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی و زیستی شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، ریزاقليم خاک، نظام‌های مختلف چرا و مدیریت گوناگون مراتع است که بسیاری از این عوامل دارای تغییرات نه تنها در مکان بلکه در واحد زمان نیز می‌باشند (۵، ۸). استفاده از



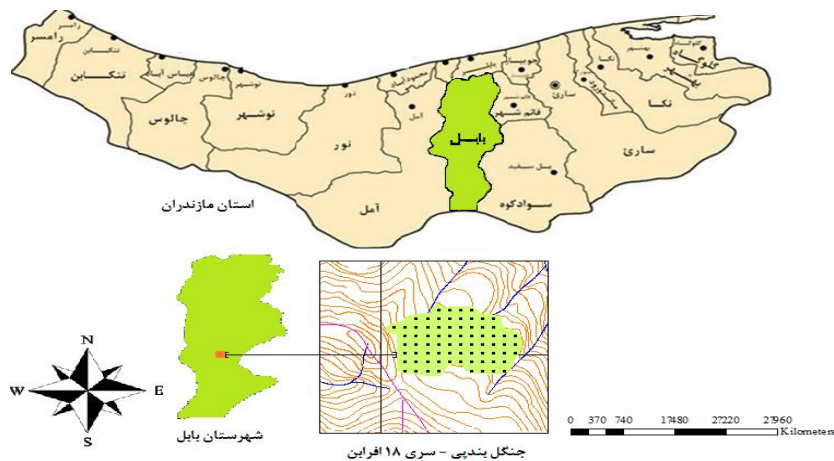
است که اشتباه در بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک باعث بروز خطا در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی مدیریت شده و برنامه‌های اصلاح و احیا پوشش گیاهی و همچنین مدیریت اراضی را با شکست مواجه خواهد کرد. با توجه به نکات ذکر شده و لزوم بررسی شدت یا ضعف ساختار مکانی خصوصیات خاک در اکوسیستم جنگل، این پژوهش با هدف مقایسه ساختار مکانی خصوصیات خاک در عمق صفر تا ده سانتی‌متر و بررسی رابطه بین تغییرات رخ داده در ساختار مکانی خصوصیات مورد بررسی در منطقه‌ای با حضور متمرکز دام انجام شد. علاوه بر این، کارایی روش زمین‌آماري کربجینگ در برآورد دقیق خصوصیات خاک مورد بررسی، در جنگل افراين بندپی‌شرقي شهرستان بابل مورد ارزیابی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

تحقیق مورد نظر در سال ۱۳۹۱ در منطقه‌ای در ۲۲ کیلومتری جنوب شهرستان بابل بین طول شرقی  $30^{\circ} 37' 52''$  تا  $30^{\circ} 40' 00''$  و عرض شمالی  $30^{\circ} 17' 36''$  تا  $30^{\circ} 20' 00''$  در سری ۱۸ جنگل افراين واقع شده است (شکل ۱). مساحت منطقه  $709,75$  هکتار که عرصه‌های خالی و گاوسرا  $33/6$  هکتار آن را شامل می‌شود. تعداد دام موجود در سطح سری  $1187$  واحد دامی بوده و تراکم دام نیز به‌طور متوسط در هر هکتار  $16/73$  واحد دامی می‌باشد. که حدود  $89/67$  درصد واحد دامی مستقر در واحدهای دامداری در سطح جنگل‌های سری را گاو تشکیل می‌دهد. بنابراین شکل اصلی دامداری در این سری از نوع گاوداری است. متوسط ارتفاع از سطح دریا  $480$  متر، منطقه دارای شیب  $60 - 0$  درصد و جزء عرصه‌های تخریب شده می‌باشد. متوسط دمای سالانه و متوسط بارندگی منطقه به ترتیب  $12$  درجه سانتی‌گراد و  $50$  میلی‌متر می‌باشد. تیپ خاک منطقه قهوه‌ای جنگلی با  $pH 7/7 - 6/9$  جزو خاک‌های قلیایی می‌باشد. طبق اقلیم نمای دومارتن منطقه مورد نظر جزو مناطق نیمه‌مرطوب می‌باشد. همچنین پوشش درختی غالب مناطق مورد مطالعه، گونه‌های کلهو (*Diospyrus lotus* L.) و ممرز (*Carpinus betulus* L.) می‌باشند (۲).

مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق گزارش کردند که دامنه وابستگی مکانی خصوصیات مختلف خاک از یکدیگر متفاوت است. علاوه بر این، بیان داشتند که ارزیابی مکانی خصوصياتی از خاک که دارای وابستگی مکانی قوی هستند می‌تواند در مدیریت حاصلخیزی و ارائه طرحی برای مدیریت دقیق اراضی مفید باشد.

فریمن و مویسن (۱۱) بیان نمودند که استفاده از کربجینگ برای بهبود دقت نقشه‌های برآوردی متغیر زیتوده مناسب نمی‌باشد. پاپندیکس (۲۳) از روش زمین‌آمار برای تعیین خصوصیات خاک مناطق مناسب برای احداث چراگاه در حوضه آمازون در کشور برزیل استفاده کرد. وبستر و اولیور (۳۲) در بررسی زمین‌آماري تغییرپذیری خصوصیات خاک تحت تأثیر شدت‌های چرای، کاهش کربن آلی خاک و از بین رفتن همگنی خصوصیات خاک را تحت چرای سنگین در مراتع استپی مونگولیا گزارش کردند. در پژوهشی دیگر پیری صحراگرد و چاهوکی (۲۵)، با بهره‌گیری از روش زمین‌آمار، نقشه خصوصیات خاک مؤثر در پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی را با استفاده از روش درون‌یابی کربجینگ تهیه کردند و توانستند نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه‌ها را با دقت قابل قبولی تهیه کنند. پی‌سری و همکاران (۲۴) در بررسی مقایسه برخی از روش‌های زمین‌آماري برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک، در دشت ارومیه در ارزیابی روش‌های کربجینگ و کوکربجینگ به این نتیجه رسیدند که روش کربجینگ با ضریب همبستگی  $0/98$  درصد و نیم تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. سالاردینی (۲۷) به‌منظور بهبود تخمین توزیع مکانی زیتوده جنگل با استفاده از زمین‌آمار در راندونیبای برزیل بیان داشتند که روش زمین‌آماري به‌کار برده شده در این تحقیق دقت تخمین‌های محلی در متغیر زیتوده را افزایش داده و میزان انحراف معیار در مناطقی که تعداد قطعات نمونه در آنها کم می‌باشد، بیشتر از سایر مناطق است. با توجه به اهمیت نقش ویژگی‌های خاک در استقرار و پراکنش پوشش گیاهی، شناخت صحیح از تغییرات مکانی خصوصیات خاک بر پراکنش گونه‌های گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. از سوی دیگر تهیه نقشه دقیق این عوامل با استفاده از روش‌های آمار مکانی پیش‌نیاز تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی و برنامه مدیریت و بهره‌برداری از اراضی است. بدیهی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در سری ۱۸ افرابن  
Figure 1. The location of the studied region in the series 18, Afrabon

نمونه برداری نشده استفاده می شود. تابع واریوگرام به صورت رابطه ۱ تعریف می شود واکرناکل (۳۱).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

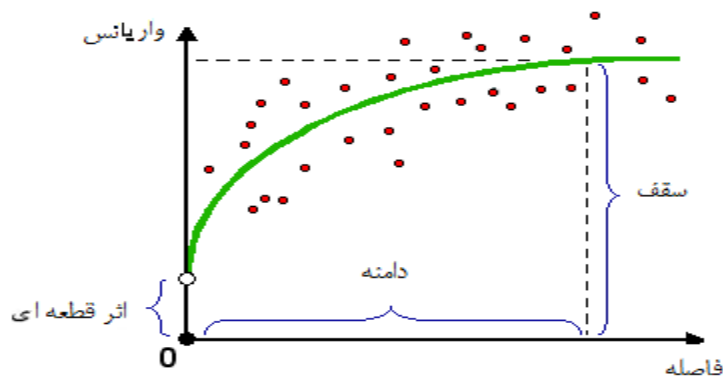
به طوری که  $\hat{\gamma}(h)$ : مقدار واریوگرام (semi - variance) برای  $N$ : جفت نمونه است که با فاصله  $h$  (گام و Leg) از یکدیگر جدا شده اند.  $z(x_i)$ : نیز ارزش متغیر  $x$  در نقطه  $i$  است.  $z(x)$ : متغیر ناحیه ای (regionalized variable) نامیده می شود. اگر تفاضل ارزش دو متغیر تصادفی، وابسته به فاصله آن ها از یکدیگر باشد، چنین متغیری را ناحیه ای می نامند که پایه و اساس زمین آمار را تشکیل می دهد. واریوگرام، رکن اصلی و قلب زمین آمار بوده و مقدار آن وابسته به فاصله بین دو متغیر ناحیه ای است. اگر این مقدار وابسته به جهت نیز باشد، واریوگرام، ناهمسانگرد (anisotropic) و در غیر این صورت، همسانگرد (isotropic) نامیده می شود. شکل ۲ یک مدل واریوگرام (نظری) را به همراه اجزای آن نشان می دهد:

### روش مطالعه

رویکرد مورد استفاده در این پژوهش برای تحلیل الگوی مکانی، مطالعه به وسیله شبکه آمار برداری می باشد. پس از نمونه برداری موقعیت جغرافیایی نقاط به کمک دستگاه موقعیت سنج جهانی (GPS; Garmin's 76 CSX) جهت انجام آنالیزهای زمین آماری ثبت شد. در حالی که انجام دقیق نرمال بودن داده ها به کمک تست نیکوئی برآزش Kolomogoroff-Smirnoff (تست K-S) صورت گرفت. نقشه های پراکنش با استفاده از بهترین مدل انتخابی ترسیم شد.

### تجزیه و تحلیل های زمین آماری

زمین آمار شامل مدل واریوگرافی و درون یابی کریجینگ است. در مدل واریوگرافی از واریوگرام یا واریانس وابسته به فاصله که ساختار ارتباط فضایی (مکانی) را در بین نمونه ها نشان می دهد، برای مدل سازی واریانس فضایی (مکانی) داده ها استفاده می شود. سپس در مرحله درون یابی کریجینگ از مدل به دست آمده برای برآورد متغیر مورد نظر در نقاط



شکل ۲- نمونه ای از واریوگرام به همراه مؤلفه ها  
Figure 2. A sample of Variogram

برابر صفر شود که از طریق روابط ۴ و ۵ قابل محاسبه می‌باشد.  
رابطه (۴)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z^{\wedge}(x_i) - Z(x_i)|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z^{xi} - Z(x_i)]^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آنها،  $Z^{\wedge}(x_i)$ : برآورد مقدار متغیر ناحیه‌ای x در نقطه  $i$ :  $Z(x_i)$ : مقدار واقعی متغیر ناحیه‌ای x در نقطه  $i$  می‌باشند.

### نتایج و بحث

#### پارامترهای آماری متغیرها خلاصه آماری داده‌ها

در پردازش‌های زمین آماری نرمال بودن داده‌ها باید مورد تأیید واقع شود تا بتوان سایر آنالیزها را انجام داد. در جدول ۱ خلاصه آماره‌های واکنش خاک و نیتروژن ارائه شده است. با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و پلات جعبه‌ای نرمال بودن داده‌ها آزمایش شد و مشخص شد که پراکنش داده‌ها برای هر شش متغیر شیمیایی خاک تقریباً نرمال است.

کریجینگ که شیوه برآورد یا تخمین در روش زمین آمار است، بهترین تخمین‌گر ناریب خطی (BLUE) است که می‌توان بدون اریبی و با حداقل واریانس، ارزش متغیرها را در نقاط نمونه‌برداری نشده، برآورد کند. تابع کریجینگ به صورت زیر تعریف می‌شود واکرناگل (۳۱).

$$Z^{\wedge}(X) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad \text{رابطه (۲)}$$

n: تعداد نمونه‌ها  $\lambda_i$ : وزن داده شده به هر نمونه به‌طوریکه:  
رابطه (۳)

$$E [Z^{\wedge}(X) - Z(X)] = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

$$E [Z^{\wedge}(X) - Z(X)]^2 = \min$$

در زمین‌آمار برای ارزیابی اعتبار مدل و برآوردها، از روشی به نام Validation Cross استفاده می‌شود. این روش شامل حذف به‌نوبت نمونه‌ها و برآورد مجدد آن‌ها به روش کریجینگ با استفاده از سایر نمونه‌ها و مدل برازش شده بر واریوگرام تجربی است. سپس از تفاضل مقادیر واقعی و برآورد شده برای ارزیابی برآوردها استفاده می‌شود و آن (۳۰). در نهایت با محاسبه دو آماره میانگین مطلق خطا و خطای برآورد درباره کیفیت برآورد کریجینگ قضاوت می‌شود. در حالتی که برآوردها صحیح و بدون اشتباه باشند، مقادیر این دو آماره باید

جدول ۱- خلاصه آماری داده‌ها

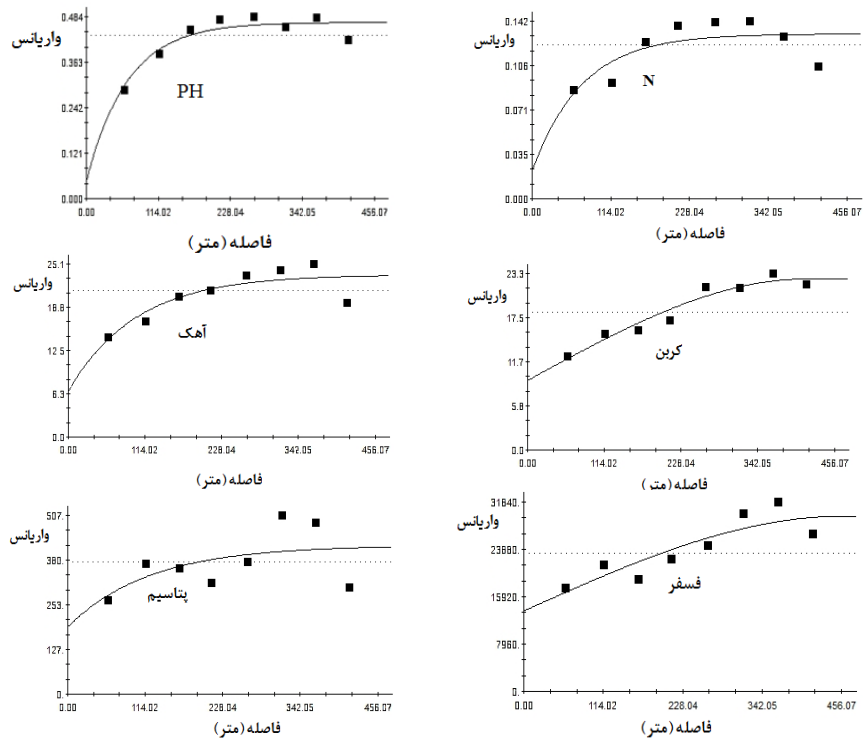
Table 1. Summary of statistics

| متغیر     | واحد اندازه‌گیری  | کمینه  | بیشینه | میانگین | انحراف معیار | کشدگی | چولگی | ضریب تغییرات |
|-----------|-------------------|--------|--------|---------|--------------|-------|-------|--------------|
| واکنش خاک | -                 | ۴/۷۴   | ۷/۴۸   | ۶/۳۸    | ۰/۶۵         | ۰/۲۱  | -۰/۶۵ | ۱۰/۱۸        |
| نیتروژن   | %                 | ۰/۱۸   | ۱/۴۰   | ۰/۵۸    | ۰/۳۴         | ۰/۰۸  | ۰/۹۲  | ۵۸/۶۲        |
| آهک       | %                 | ۰/۰۰   | ۴۲/۳۲  | ۵/۰۹    | ۱/۵۲         | ۵/۶۱  | ۲/۷۲  | ۲۹/۸۶        |
| کربن      | %                 | ۲/۵۳   | ۱۳/۴۶  | ۶/۶۲    | ۲/۹۰         | -۰/۱۱ | ۰/۹۳  | ۴۳/۸۰        |
| فسفر      | کیلوگرم/امیلی گرم | ۴/۰۰   | ۲۳/۰۰  | ۹/۷۰    | ۵/۹۱         | ۰/۱۶  | ۱/۲۱  | ۶۰/۹۲        |
| پتاسیم    | کیلوگرم/امیلی گرم | ۲۵۶/۰۰ | ۴۸۸/۰۰ | ۳۶۶/۸۱  | ۶۹/۶۴        | ۰/۲۷  | -۱/۱۰ | ۱۸/۹۸        |

واریوگرام مناسبی را نشان می‌دهد. جداول ۲، مدل واریوگرام‌های برازش شده و پارامترهای مربوط به شش متغیر اندازه‌گیری شده در منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهند. همانطور که در این جداول مشاهده می‌شود از بین مدل‌های مختلف واریوگرام (خطی، کروی، نمایی و گوسی) برای متغیرهای واکنش خاک، آهک و فسفر مدل نمایی و برای سایر متغیرهای مورد بررسی نیتروژن، کربن و پتاسیم مدل کروی برازش شد. پتاسیم خاک با  $458/00$  متر دارای بالاترین و واکنش خاک با  $196/50$  متر دارای کمترین دامنه تأثیر می‌باشند.

#### تغییر نمای خصوصیات شیمیایی خاک

به‌منظور واریوگرافی داده‌ها، ابتدا واریوگرام متغیرهای مورد بررسی در جهات ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه ترسیم شد. واریوگرام‌های سطحی متغیرهای مذکور نشان دادند که مقدار این واریوگرام‌ها در جهت‌های شمال-جنوب و شرق-غرب تقریباً یکسان می‌باشند. بنابراین با توجه به تقارن تغییر نمای سطحی، تمامی متغیرها همسانگرد در نظر گرفته شدند. مدل‌های تغییر نمای تجربی به همراه مدل‌های برازش داده شده به آنها در شکل ۲ به تفکیک در جداول ۲ ارائه شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، متغیرهای شیمیایی خاک مورد بررسی در منطقه با حضور متمرکز دام



شکل ۲- واریوگرام برازش داده شده به خصوصیات شیمیایی خاک خاک  
Figure 2. The fitted to the chemical properties

جدول ۲- پارامترهای تغییرنمای خصوصیات شیمیایی خاک

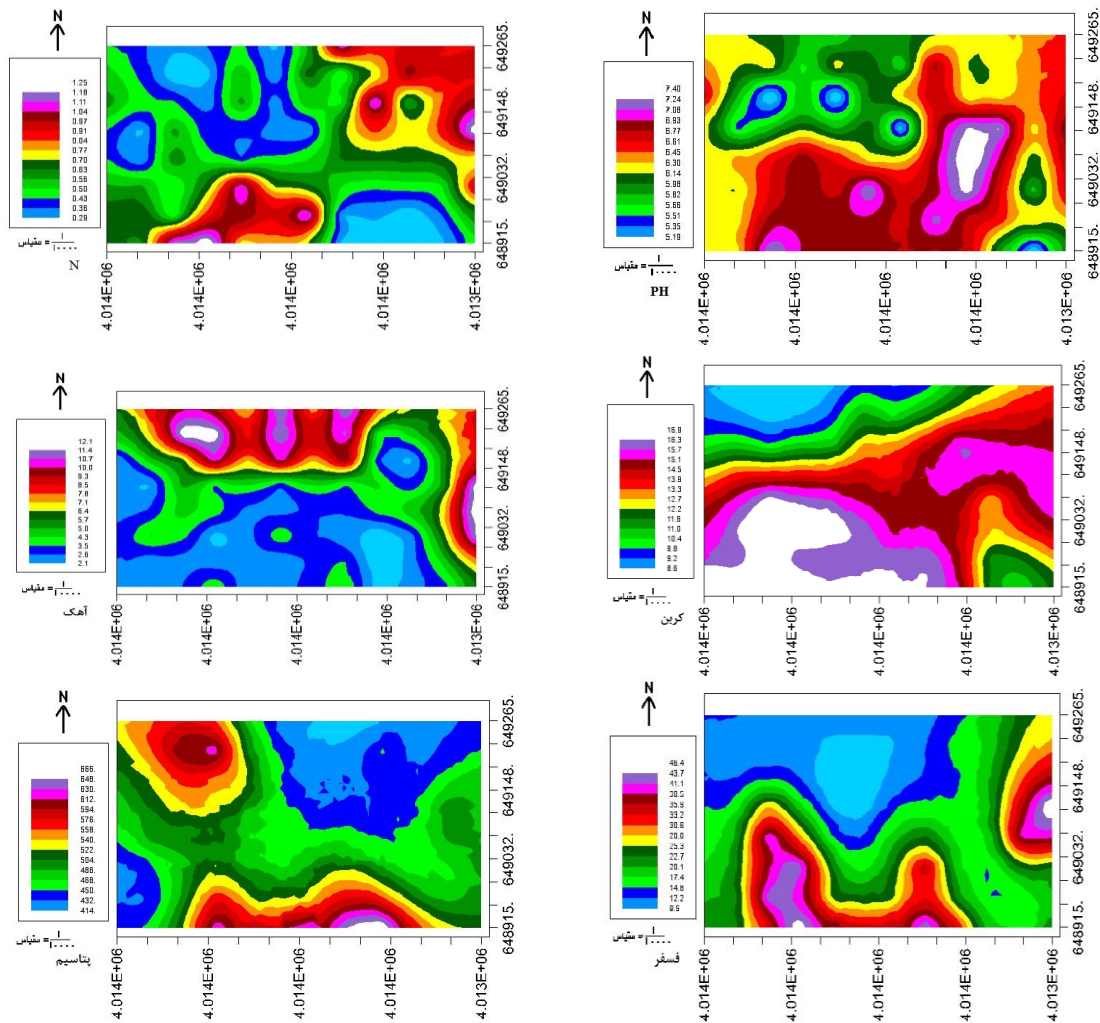
Table 2. Parameters of changing the chemical features of the soil

| متغیر     | مدل برازش شده | اثر قطعه‌ای | سقف      | دامنه تأثیر (متر) | نسبت اثر قطعه‌ای به سقف |
|-----------|---------------|-------------|----------|-------------------|-------------------------|
| واکنش خاک | نمایی         | ۰/۰۴        | -/۴۶     | ۱۹۶/۵۰            | -/۹۰                    |
| نیتروژن   | کروی          | ۰/۰۲        | -/۱۳     | ۲۱۷/۵۰            | -/۸۳                    |
| آهک       | نمایی         | ۶/۶۴        | ۲۳/۴۹    | ۳۰۳/۳۰            | -/۷۱                    |
| کربن      | کروی          | ۹/۱۷        | ۲۲/۵۸    | ۴۱۳/۱۰            | -/۵۹                    |
| فسفر      | نمایی         | ۱۹۰/۱۰      | ۴۲۳/۵۰   | ۳۶۳/۶۰            | -/۵۴                    |
| پتاسیم    | کروی          | ۱۳۵۳۰/۰۰    | ۲۹۴۴۰/۰۰ | ۴۵۸/۰۰            | -/۵۴                    |

متمركز دام می‌باشد. همان‌طوری که از نقشه‌ها مشخص است، مقدار متغیر واکنش خاک، در قسمت‌های نزدیک محل متمركز دام (دامسرا) که قسمت‌های شرقی نقشه‌ها را شامل می‌شود در کمترین میزان خود قرار دارد و با فاصله گرفتن از دامسرا از مقدار آن کاسته می‌شود شکل ۳. نیتروژن نیز در جهت جنوب شرقی دارای کمترین میزان در منطقه مورد مطالعه می‌باشد ولی در قسمت‌های شرقی (دامسرا) در بیشترین مقدار خود می‌باشد شکل ۳. در هر دو تصویر میزان واکنش خاک و نیتروژن در جهت‌های شمالی دارای کمترین میزان خود می‌باشد.

### کریجینگ متغیرها

کریجینگ برای درون‌یابی داده‌ها، پهنه‌بندی و پیش‌بینی امکان وقوع داده‌ها که دارای همبستگی هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۳ نقشه واکنش خاک، نیتروژن، آهک، کربن، فسفر و پتاسیم را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. تنها بررسی واکنش خاک و نیتروژن در این مطالعه، همسانگرد بوده و می‌توان از شبکه مربعی برای مطالعه تغییرات آن‌ها در عرصه خاک‌های جنگلی استفاده نمود. واکنش خاک و نیتروژن خاک دارای ساختار مکانی قوی بوده و مقدار اثر قطعه‌ای آن کم می‌باشد که حاکی از پیوستگی بالای توزیع این متغیر در خاک‌های منطقه جنگلی با حضور



شکل ۳- نقشه کریجینگ شش متغیر مورد مطالعه در منطقه  
Figure 3. The kreging map of six studied variables in the area

برآوردها برای دو متغیر واکنش خاک و نیتروژن خاک که مقادیر آنها با روش کریجینگ برآورد شد است، در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که ارزیابی صحت کریجینگ برای متغیرهای مورد بررسی نتایج قابل قبولی را نشان می‌دهد که این امر نشان می‌دهد که، کریجینگ توانسته بر اساس مدل برازش شده، برآورد صحیحی انجام دهد.

میانگین مطلق خطا و مجذور مربعات میانگین خطا میزان اریبی را نشان می‌دهد و در حالت ایده‌آل باید مساوی صفر باشد. مقادیر مثبت و یا منفی قابل توجه آن‌ها به ترتیب نشان‌دهنده برآورد بیشتر و یا کمتر از مقدار واقعی می‌باشند وان (۳۰) پیشنهاد کرد که میانگین مطلق خطا می‌تواند به عنوان معیاری که هر دو ویژگی انحراف و دقت روش را در بر دارد، برای مقایسه دقت روش‌ها به کار برد. نتایج ارزیابی

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت کریجینگ

Table 3. The results of investigating the - Kreging accuracy

| متغیر     | میانگین مطلق خطا | مجذور مربعات میانگین خطا |
|-----------|------------------|--------------------------|
| واکنش خاک | ۰/۱۶۳            | ۰/۵۶۰                    |
| نیتروژن   | ۰/۱۹۵            | ۰/۳۲۱                    |
| آهک       | ۰/۱۸۸            | ۳/۴۳۱                    |
| کربن      | ۰/۳۵۲            | ۳/۳۴۳                    |
| فسفر      | ۰/۲۲۹            | ۱۶/۵۰                    |
| پتاسیم    | ۰/۳۶۶            | ۱۴۸/۶۹                   |

و محمد شریف (۱۲). بر همین اساس واکنش خاک و نیتروژن در منطقه مورد مطالعه دارای ساختار مکانی قوی می‌باشند. در این بررسی مقدار دامنه تأثیر متغیر واکنش خاک و نیتروژن حشی و همکاران (۱۴) نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، گویای وجود ساختار مکانی قوی برای واکنش خاک و نسبتاً قوی برای ماده آلی در منطقه طرح بوده و دامنه تأثیر برای ماده آلی خاک در تحقیق وی ۴۶ متر و برای واکنش خاک ۸۷ متر به‌دست آمد. هر چه دامنه تأثیر واریوگرام یک متغیر بزرگ‌تر باشد، آن متغیر دارای همگنی بیشتری است. از آنجایی که معمولاً دو سوم طول دامنه تأثیر را به عنوان فاصله مناسب نمونه‌برداری در نظر گرفته می‌شود حسنی پاک (۱۵). بنابراین در عرصه‌های جنگلی مورد مطالعه، با توجه به همسانگردی مشاهده شده، ابعاد مناسب شبکه نمونه‌برداری برای متغیر واکنش خاک ۱۳۱ متر و برای نیتروژن خاک ۱۴۵ متر به صورت مربع پیشنهاد می‌شود. در این خصوص معدنی‌پور کرمانشاهی (۱۹) برای متغیرهای اداپیک و پوشش علفی، به ترتیب میانگین ابعاد شبکه ۱۷۰ و ۲۰۰ متر را پیشنهاد نمود. همچنین اخوان (۱) نیز ابعاد شبکه نمونه‌برداری برای متغیرهای رویه زمینی و ارتفاع کل درختان را به ترتیب حدود ۱۶۵ متر و ۳۵۰ متر پیشنهاد کرده‌اند. نتایج بررسی تحقیق حاضر بر این امر تأکید می‌نماید که تغییرپذیری مشخصات شیمیایی خاک بیش از آنکه به بعد مکانی و فواصل بستگی داشته باشد بیشتر تابع الگوی پراکنش متغیرهای تأثیرگذار است. به همین دلیل است که ساختار مکانی قوی برای اکثر مشخصات شیمیایی مورد بررسی خاک مشاهده نشد و با توجه به الگوی پراکنش مشخصه‌های مورد بررسی، خصوصیات خاک نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای را به نمایش گذاشته است. اگرچه تصور این موضوع برای لایه‌ی سطحی خاک دور از انتظار نبود. به هر حال در این تحقیق تلاش شد تا برخی پتانسیل‌ها و کاربردهای تکنیک زمین‌آمار در فرآیند نتیجه‌گیری دقیق از مطالعات خاک‌های جنگلی نشان داده شود. وجود آشفته‌گی‌ها و بی‌نظمی‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی منجر به تغییرپذیری مشخصه‌های خاک در سطح کوچک و یا زیاد می‌شود که از آن به‌عنوان تنوع خاک یاد می‌کنند که می‌توان آن را به‌عنوان یک ویژگی مهم جهت درک بهتر سیستم و چگونگی کارکردهای تکاملی و تحولی آن استفاده کرد.

در این بررسی واکنش خاک و نیتروژن در عرصه جنگلی با حضور متمرکز دام از نظر ساختار مکانی و برآورد به روش کریجینگ زمین‌آمار مورد بررسی قرار گرفتند. دو متغیر از خصوصیات شیمیایی خاک، ساختار مکانی همسانگرد و مناسی از خود نشان دادند که با نتایج تحقیق حشی و همکاران (۱۴) با بررسی کاربرد تکنیک زمین‌آمار در مطالعات خاک‌های جنگلی نتیجه گرفتند که دو متغیر واکنش خاک و ماده آلی خاک دارای ساختار مکانی می‌باشند و برآورد‌های انجام شده در مورد آنها از دقت زیادی برخوردار بود.

همچنین با نتایج مطالعه مشخصه‌های واکنش و ماده آلی خاک در راشتستان آمیخته جنگل شصت کلاته گرگان حشی (۱۳) همخوانی داشته، کوچ و حسینی (۱۷)، نیز در بررسی واکنش خاک در یک توده جنگلی راش در سه عمق (۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری) خاک به نتیجه مشابه‌ای دست یافتند. همچنین این محققین در بررسی ماده آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در هر سه عمق بالا بیان نمودند که درصد ساختار مکانی مشخصه‌های مورد بررسی تقریباً پایین است که مبین ساختار مکانی ضعیف در بین نمونه‌های برداشت شده در حد دامنه تأثیر و تغییرپذیری بسیار زیاد این دو مشخصه خاک در فواصل بسیار کم می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر کاملاً هماهنگ است.

اسچون هولتز و همکاران (۲۹) مدل نمایی را بهترین مدل برای برازش واکنش خاک و ماده آلی گزارش نمودند. در این تحقیق نیز مدل مناسب برای واکنش خاک مدل نمایی برازش شد. حشی (۱۳) تحقیق مشابه‌ای را در سطح مشخصی در راشتستان‌های آمیخته شصت کلاته گرگان انجام داده است که نتایج تحقیق وی حاکی از آن است، تغییر نمای مناسب به داده‌های واکنش خاک و ماده‌آلی خاک در عمق (۱۵-۰) سانتی‌متری این جنگل، مدل کروی می‌باشد. ایوبی و همکاران (۳) نیز برای مشخصه ماده آلی مدل کروی را گزارش نمودند. محمدی و همکاران (۲۱) نیز در تحقیق خود عنوان نمود که واریوگرام‌های دارای آستانه متداول‌ترین آن‌ها در ژئواستاتستیک است که رایج‌ترین واریوگرام‌های دارای سقف نیز از نوع کروی و نمایی اشاره شده است که چنین حالتی در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. اگر ساختار مکانی ۷۵ درصد و بیشتر باشد، نشان‌دهنده ساختار قوی، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد، نشان‌دهنده ساختار متوسط، و کمتر از ۲۵ درصد نشان‌دهنده ساختار ضعیف برای متغیر مورد بررسی است گاناوا

## منابع

1. Akhavan, R. 2004. Investigating the use of geo-statistics in estimating forest inventory in comparison with the classical method in the Caspian forests of northern Iran. Ph.D. dissertation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 64 pp.
2. Anonymous, the Forestry Plan of the 18<sup>th</sup> series, Afrabon, Bandpeye sharghi, Babol. 2004. Natural resources administration of Mazandaran province.
3. Ayyoubi, Sh., S. Mohammad Zamani and F. Khormali. 2007. Estimation of Nitrogen Levels Using Quantities of Organic Material Using Kriging, Co-kriging-Regression Methods in Part of Serkhankelate. *Natural resources and agriculture science*, 14(4): 78-87.
4. Ballayan, D. 2000. Soil Degradation. ESCAP Environment Statistics Courses. Chapter Biodiversity & Land Degradation. Rome: FAO.
5. Bauer, A., C.V. Cole and A.L. Black. 1987. Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems. *Soil Science Society America Journal*, 51: 176-182.
6. Baxter S.J., M.A. Oliver and J. Gaunt. 2003. A geostatistical analysis of the spatial variation of soil mineral nitrogen and potentially available nitrogen within an arable field, *Precision Agriculture*, 4: 213-226.
7. Baxter, S.J. and M.A. Oliver. 2005. The spatial prediction of soil mineral N and potentially available N using elevation, *Geoderma*, 128: 325-339.
8. Chaneton, E.J. and R.S. Lavado. 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in a Flooding Pama grassland. *Journal of Range Management on JSTOR*, 49: 182-187.
9. Chang, W.E., B.A. You, J.N. Yun, F. Zang and L.U. Xio. 2009. Spatial variability of soil chemical properties in the reclaiming marine foreland to Yellow sea of China. *Agricultural Sciences in China*, 8(9): 1103-1111.
10. Cheng X., S. An, J. Chen and B. Li. 2006. Spatial relationships among species above-ground biomass, N, P in degraded grassland in Ordos Plateau. *Journal of Arid Environment*, 30: 75-88.
11. Freeman, E.A. and G.G. Moisen. 2007. Evaluating kriging as a tool to improve moderate resolution maps of forest biomass. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128: 395-410.
12. Ganawa, E.S.M. and A.R. Mohammad Sharif. 2003. Spatial variability of total nitrogen and available phosphorus of large rice field in Sawah Sepadan Malaysia. *Science Asia Journal*, 29: 7-12.
13. Habashi, H. 2007. The Relationship between Soil Characteristics and the Pattern of Dispersion of Trees and Tree Groups in Shahid Kalateh beech tree community in Gorgan. Ph.D. Dissertation in Forestry, Tarbiat Modarres University, 139 pp.
14. Habashi, H., M. Hosseini, J. Mohammadi and R. Rahmani. 2006. Application of geo-statistics techniques in forest soil studies. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, Faculty of Natural Resources, Gorgan University, 14(1): 327-363.
15. Hasani-Pak, A.S. 1998. Geo-statistics. Tehran University Press, 314 pp.
16. Jafarian, Z., H. Arzani, M. Jafari, A. Kalarestagh, Gh. Zahedi and H. Azarnivand. 2009. Spatial distribution of soil properties using geostatistical methods in Rineh Rangelands. *Journal of Iranian Rangeland*, 3(1): 107-120 (In Persian).
17. Kooch, Y. and S.M. Hosseini. 2010. Response of earthworm's biomass and diversity to windthrow events and soil properties in Hyrcanian forests of Iran. *Folia Oecologica*, 37: 181-190.
18. Lu, D., M. Batistella, P. Mausel and E. Moran. 2007. Mapping and Monitoring Land Degradation Risks in the Western Brazilian Amazon Using Multitemporal Landsat TM/ETM+ Images. *Land Degrad. Develop.*, 18: 41-54.
19. Madanipour Kermanshahi, M. 2010. Determination of spatial structure of vegetative elements and forest ecosystem additive parameters using multivariate statistics and geo-statistics. Ph.D. Dissertation. Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, 128 pp.
20. McBratney, A.B., M.L. Mendonca and B. Minasny. 2003. On digital soil mapping, *Geoderma*, 117: 3-52.
21. Mohammadi, J., Sh. Shataei Joibari, H. Habashi and F. Yaghmaei. 2008. A Comparison of remote sensing and geo-statistics in estimating the number of trees per hectare in Balotloh forest of Gorgan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(1): 21-10.
22. Novak, P., J. Vopravil and J. Lagova. 2010. Assessment of the Soil Quality as a Complex of Productive and Environmental Soil Function Potentials. *Soil & Water Research*, 3: 113-119.
23. Papendick, R.I. 1991. International conference on the assessment and monitoring of soil quality. In: Schoenholtz, S.H., H. Van Miegroet and J.A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138: 335-356.
24. Pcerri, C.E., M. Bernoux and V. Chaplot. 2004. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon Pasture, *Geoderma*, 123: 51-68.
25. Piri sahragard, H. and M.A. Zare Chahouki. 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. *Ecological Modelling*, 309-310: 64-71.

26. Sakouti Oskoi, R., M.H. Mahdian, Sh. Mahmoudi and A. Ghahremani. 2007. A Comparison of the efficiency of some geo-statistical methods for predicting spatial distribution of soil salinity. A case study of Urmia Plain. Research and construction publication, 74: 90-98.
27. Salardini, A.A. 2005. Soil Fertility, Seventh Print, Tehran University Press, 434 pp.
28. Sales, M.H., C.M. Souza Jr, P.C. Kyriakidisb, D.A. Robertsb and D.E. Vidal. 2007. Improving spatial distribution estimation of forest biomass with geostatistics: A case study for Rond onia, Brazil. Ecological modeling, 205: 221-230.
29. Schoenholtz, S.H., H. VanMiegroet and J.A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and properties. For Ecology Managent, 138(2): 335-356.
30. Van Meirvenne, M. 1991. Characterization of soil spatial variation using geo-statistics. Ph.D Thesis University of Gent. Belgium, Academic Press, 168 pp.
31. Wakernagel, H. 2002. Multivariate geostatistics. Springer press, 387 pp.
32. Webster, R. and M.A. Oliver. 2000. Geo-statistics for environmental scientists. Wiley press, 271 pp.
33. Yaron, D.Ed. 1981. Salinity in Irrigation Water Resources, Dekker, New York, 448 pp.



## **Investigating the Spatial Pattern of Chemical Properties of Forest Soil under Livestock Presence through Geo-Statistics (A Case study: Eastern Bandpey Forest -Babol)**

**Roja Mollazadeh Ganji<sup>1</sup>, Seyed Mohammad Hodjati<sup>2</sup> and Morteza Madanipore Kermanshahi<sup>3</sup>**

---

1- Graduated M.Sc. Student, Sari of Agriculture Sciences and Natural Resources University,  
(Corresponding author: roja.ganji68@yahoo.com)

2- Associate Professor, Sari of Agriculture Sciences and Natural Resources University

3- Assistant Professor, Department of Forest Engineering, University of Shabestar

Received: February 24, 2019

Accepted: June 16, 2019

---

### **Abstract**

The present study was conducted to evaluate the spatial variability of forest soil chemical features in Bandpeye Sharghi forest in Babol. In order to conduct this study, after a field visit in the district of Afrabon, an area with a concentrated livestock presence was identified. In order to investigate the chemical variables, a network of 50×50 meters was selected in a randomized-systematic manner in our case area (livestock place) toward the forest; then, 73 samples from a depth of 0-10 cm were taken from the centers of network to study variables like soil PH, organic carbon, lime, nitrogen, phosphorus and potassium in the laboratory. Six soil chemical variables were investigated and a plot of their kriging estimation was drawn using GS+ software (version 9). The results showed that only changes in soil PH and nitrogen are the same in various directions and a square grid can be used to study them. The analysis of variogram revealed that the soil PH and nitrogen variables had a spatial pattern which led to a strong structure considering the ratio of ceiling to the component effect of 0/90 and 0/83, respectively. The amount of these two variables is of lowest value in the eastern direction (livestock place). The accuracy of the estimates, the mean absolute error and the squared mean of errors for the two variables of soil PH and nitrogen were calculated as 0/163, 0/560, 0/195 and 0/221 respectively; the results indicated a high accuracy of the estimates of soil PH and nitrogen.

**Keywords:** Concentrated livestock presence, Kriging, Nitrogen, Variogram



"مقاله پژوهشی"

ارزیابی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل  
(مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر)

محمد کریم معتمد<sup>۱</sup> و فاطمه قربانی پیرعلیده<sup>۲</sup>

۱- دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران (نویسنده مسوول: motamed@guilan.ac.ir)

۲- استادیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳

صفحه: ۲۰ تا ۲۹

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل در بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر استان گیلان صورت گرفت. تحقیق کمی حاضر که در سال ۱۳۹۷ به انجام رسید، از نظر جمع‌آوری اطلاعات توصیفی-پیمایشی است. روش نمونه‌گیری مورد استفاده در تحقیق نیز، طبقه‌ای تصادفی ساده است. به منظور ارزیابی طرح از پرسشنامه‌ای محقق ساخته استفاده شد که روایی آن با استفاده از گروه متخصصان و پایایی آن با ضریب تتا (۰/۸۷) تأیید شد. دو گروه مورد مطالعه نیز با کمک آزمون t مستقل و آزمون U مورد مقایسه قرار گرفتند. اولویت‌بندی شرایط و اثرات اجرای طرح نیز با نظرخواهی از خبرگان محلی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که از نظر ویژگی‌های فردی- حرفه‌ای، میزان درآمد، میزان تولید، ایجاد شغل دوم، اعتماد به مسوولان، احساس ناامیدی و اعتیاد تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد. اما سایر شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دو گروه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند. همچنین از دیدگاه شرکت‌کنندگان در طرح، دسترسی بیشتر به امکانات رفاهی بهداشتی، فراهم شدن شرایط مناسب آموزشی و ارتقای مشارکت مردمی اصلی‌ترین اثرات اجرای طرح هستند. با توجه به نتایج تحقیق، حمایت مالی، توسعه صنایع روستایی و مشاغل خانگی، ایجاد تشکلهای حفاظت از جنگل، برگزاری جلسات دوره‌ای بین ذی‌نفعان طرح و انجام فعالیت‌های فرهنگی- اجتماعی مختلف پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیست‌محیطی، تحلیل سلسله مراتبی، حوزه آبخیز چفرو، معیشت جنگل‌نشینان

مقدمه

اقتصادی دامداران در سال ۱۳۷۱ در جنگل‌های شمال کشور به مرحله‌ی اجرا درآمد (۲). بر اساس این طرح دامداران در داخل جنگل شناسایی می‌شوند و با توجه به توافق فی مابین، دامدار با پذیرش یکی از روش‌های فروش حقوقی ارتفاقی، انتخاب شغل جایگزین، واگذاری زمین کشاورزی و یا ادامه‌ی دامداری صنعتی در خارج از جنگل باید دام‌های خود را خارج کرده و عرصه‌ی آزاد شده بلافاصله نهال‌کاری شود (۱۵). ارزش اکولوژیکی و محیط‌زیستی جنگل‌ها به اندازه‌ای است که سود اقتصادی ناشی از پرورش دام در مقایسه با آن اندک است. بهره‌برداری نامناسب از جنگل‌ها در حالی صورت می‌گیرد که ایران با ۰/۲ هکتار میانگین سرانه‌ی جنگلی جزء کشورهای با پوشش جنگلی کم (کمتر از ده درصد وسعت کشور) محسوب می‌شود (۱۷). به اعتقاد محققان ۸۷ درصد از عوامل تخریب در منابع طبیعی کشور انسانی و تنها ۱۳ درصد عوامل طبیعی می‌باشند. در بین عوامل انسانی نیز چرای بی‌رویه و اثرات ناشی از تخریب توسط دامداران و جنگل-نشینان از مهم‌ترین عوامل تخریب جنگل‌های شمال کشور است (۳). به‌دنبال چنین مسائلی طرح ساماندهی و خروج دام از جنگل‌ها مطرح شد که این طرح به دنبال حفظ اصل سرمایه و بهره‌برداری مستمر از جنگل‌ها، افزایش کمی و کیفی رویش جنگل و استمرار تولید، استفاده‌ی حداکثر از توان تولید داخلی در جهت خودکفایی و کاهش خروج ارز و افزایش تولید دام است (۱۴).

در طرح خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان به‌منظور تشویق خانوارهای جنگل‌نشین، تسهیلاتی مانند

جنگل و محصولات آن اعم از محصولات چوبی و غیرچوبی نقش مهمی در اقتصاد خانوارهای روستایی جنگل‌نشین دارد، این محصولات راهی برای رشد اقتصادی و کاهش فقر در نواحی روستایی جنگلی محسوب می‌شود (۸). محققان مختلفی نیز بر این مهم تأکید کرده‌اند. به‌عنوان نمونه کیوان بهجو و قنبری (۱۱) ضمن اشاره به نقش محصولات فرعی جنگل‌های فندقلوی اردبیل در اقتصاد خانوار روستایی به ارزش‌گذاری اقتصادی چنین محصولاتی پرداختند. عبدالله‌پور و همکاران (۱) نیز با مقایسه‌ی سود خالص حاصل از محصولات جنگلی در مناطق مختلف، نقش این محصولات در معیشت جوامع محلی زاگرس شمالی را بررسی کردند. اما علی‌رغم اهمیت جنگل‌ها این منابع با ارزش به شدت تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی در حال تخریب هستند. حفظ و حراست از ذخایر جنگلی نیز بدون مشارکت مردمی حاصل نخواهد شد. مدیریت مشارکتی جنگل به عنوان الگویی برای توسعه‌ی پایدار جنگل مردم محلی را برای داشتن نقشی مؤثر در سرنوشت‌شان آماده می‌کند و آن‌ها را قادر می‌سازد تا در فرآیند توسعه‌ی پایدار جنگل مشارکت نمایند. برای مدیریت مشارکتی مناطق جنگلی حتی سازوکارهای ته‌جامی نیز توسط محققان پیشنهاد شده‌اند (۲۰). طرح ساماندهی جنگل‌نشینان و خروج دام از جنگل نیز از جمله طرح‌های پیشنهادی است که نیازمند مشارکت همه جانبه‌ی مردم محلی است.

طرح خروج دام از جنگل به‌عنوان طرح توسعه‌ی منطقه‌ای با هدف حفظ و احیای جنگل‌ها و بهبود وضعیت اجتماعی-

توانمندساز و رضایت‌بخش نزد کوچ‌کنندگان بوده و درآمد حاصل از اشتغال ایجاد شده برای خانواده‌ها نسبتاً مناسب است. پای‌بند نبودن دولت به وعده‌های خود به‌ویژه در ایجاد دامداری صنعتی و تعاونی روستایی و کم شدن زمین‌های کشاورزی و دام‌ها و از دست دادن خودکفایی نسبی جنگل‌نشینان در کنار برنامه‌ریزی نکردن برای اشتغال نسل دوم کوچ‌کنندگان و آسیب‌های اجتماعی به‌وجود آمده، از مهم‌ترین دلایل نارضایتی‌های موجود است (۷).

در بررسی طرح خروج دام از جنگل در شهرستان رضوانشهر محققان به این نتیجه رسیدند که گرچه دولت در ایجاد تسهیلات رفاهی مانند مدرسه، خانه‌ی بهداشت، آب آشامیدنی و برق موفق بود ولی ناتوانی در ایجاد شغل باعث به‌وجود آمدن نارضایتی گسترده میان روستائیان شد (۴). همچنین نتایج طرح خروج دام از جنگل در منطقه چפרود استان گیلان نیز نتایج نشان داد که طرح مذکور از لحاظ تأمین و ارائه‌ی خدمات عمومی برای جنگل‌نشینان در محل زندگی جدید تا حدودی موفق بوده اما از لحاظ تأمین اشتغال، تولید و درآمدزایی موفقیت‌چندانی را نداشته است. اکثر خانواده‌های مشمول طرح به‌دلیل نقل مکان، شغل اولیه خود را از دست داده‌اند و در مقابل در محل اسکان جدید اقدامات جدی برای اشتغال آن‌ها صورت نگرفته است از این رو منجر به نارضایتی بیشتر خانوارهای مشمول طرح شده است (۲۱).

محققان به‌منظور تحلیل اثرات طرح خروج دام از جنگل در بین مردم محلی روستای سیاه دره نهبوند از روش نظریه‌ی بنیانی استفاده کردند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که می‌توان اثرات طرح را در شش دسته‌ی (۱) تضعیف و رکود فعالیت‌های دامداری، (۲) اثرات مثبت و منفی طرح بر وضعیت مالی روستائیان، (۳) پیدایش معضلات اجتماعی در روستا، (۴) تضعیف روحیه‌ی مشارکتی روستائیان در حفظ جنگل و مراتع، (۵) عدم پایبندی سازمان‌های دولتی به تعهدات طرح، (۶) اثرات سوء روحی و روانی طبقه‌بندی کرد (۱۹).

در تحقیق حاضر علاوه‌بر ارزیابی اثرات اقتصادی و اجتماعی، مسائل زیست‌محیطی نیز مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین به‌منظور ارزیابی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل علاوه بر نظر شرکت‌کنندگان در طرح نظرات و دیدگاه‌های سایر جنگل‌نشینان بررسی شد تا تفاوت دیدگاه دو گروه بتواند ارزیابی دقیق‌تر و عمیق‌تری را از طرح مذکور ارائه بدهد.

در مجموع با توجه به نقش عوامل انسانی در تخریب جنگل‌ها و مراتع کشور طرح‌هایی همچون طرح خروج دام از جنگل به منظور کاهش قدرت تخریب عوامل انسانی پیشنهاد شده که علی‌رغم موفقیت‌های گسترده با چالش‌ها و مشکلاتی در صحنه‌ی عمل مواجه شده‌اند. به‌عنوان نمونه ناهماهنگی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور با دستگاه‌های اجرایی و قانون‌گذاری و نبود مطالعات اجتماعی و اقتصادی جامع، در اجرای طرح تجمیع جنگل‌نشینان از جمله این چالش‌ها است (۱۰). لذا بررسی و ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان در جهت موفقیت هرچه بیشتر این طرح می‌تواند مفید و مؤثر واقع شود. از نتایج این مطالعه انتظار می‌رود که

واگذاری زمین برای کشت علوفه و ساخت تأسیسات دامداری نیمه‌صنعتی، ایجاد مجتمع‌های مسکونی خارج از جنگل، ایجاد اشتغال در طرح‌های جنگلداری، خرید و واگذاری زمین‌های معوض و پرداخت مبلغ به ازای خروج دام از جنگل پیش‌بینی شده است (۱۲). همچنین پژوهشگران مختلفی طرح‌های خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان را در خارج و داخل کشور بررسی کرده‌اند. به عنوان نمونه محققان برگزاری کلاس‌های آموزشی برای جنگل‌نشینان و دامداران را جهت جلوگیری از تخریب جنگل‌ها ضروری می‌دانند زیرا جنگل‌نشینان و دامداران از تخریب دام‌ها و فعالیت کشاورزی خود نسبت به طبیعت بی‌اطلاع هستند (۳۳، ۱۶).

آثار اسکان مجدد در جنوب غربی اتیوپی در سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد که این‌گونه پروژه‌ها غالباً بر مبنای منافع سیاسی کوتاه‌مدت تعریف شدند و چون برنامه‌ای مدون و سازمان یافته در خصوص آن‌ها وجود نداشت نه تنها بهبودی در وضعیت زیست‌محیطی ایجاد نکردند، بلکه درگیری‌های قومی، جنگل‌زدایی و تخریب بیشتر محیط‌زیست را نیز به‌دنبال داشتند (۲۲). در بررسی آثار اقتصادی- اجتماعی طرح اسکان مجدد در دریاچه چاد نیجریه، مجریان طرح با تأکید بیش از حد بر زیرساخت‌هایی نظیر مدرسه، مرکز بهداشتی و درمانی، فروشگاه و مراکز تفریحی از نیازهای اصلی دیگر غفلت ورزیدند در حالی که مردم اسکان داده شده ترجیح می‌دادند به‌جای چنین امکاناتی، مسکن مناسب و راه مواصلاتی داشته باشند تا بتوانند مایحتاج زندگی خود را راحت‌تر به‌دست آورند. چنین مشکلاتی در کنار حاصل‌خیز نبودن زمین و معضلات ناشی از دوری از وطن به عذاب‌آورترین تجربه‌ی کوچ‌کنندگان تبدیل شد (۱۸).

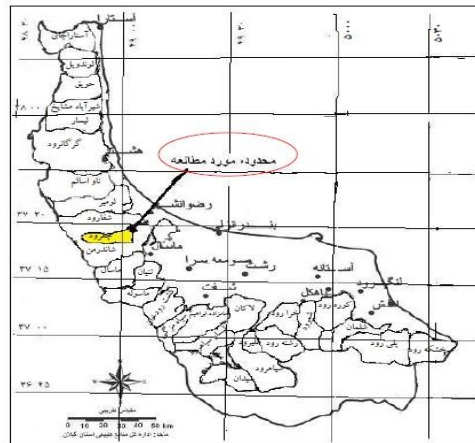
در ایران نیز مهم‌ترین نقاط ضعف طرح خروج دام از جنگل عبارتند از: توسعه‌ی اراضی زراعی در مناطق شیب‌دار و زراعت کم‌بازده، چرای دام در برخی از نقاط جنگلی و ادامه‌ی دامداری سنتی، نداشتن شغل دائمی و مستمر، از دست دادن شغل، پایین بودن میزان درآمد، کامل نشدن طرح از سویی دیگر محرومیت‌زدایی و وجود امکانات زیربنایی، خدمات آموزشی و بهداشتی از اصلی‌ترین نقاط قوت طرح خروج دام از جنگل است (۵).

ارزیابی وضعیت اقتصادی- اجتماعی طرح‌های ساماندهی و خروج دام از جنگل و تجمیع خانوارهای پراکنده‌ی جنگل‌نشین شهرستان مینودشت و گالیکش استان گلستان نشان داد که وضعیت پذیرندگان طرح نسبت به سایر روستائیان از لحاظ امکانات رفاهی زندگی بهبود یافته و آن‌ها از شرایط و امکانات رفاهی زندگی خود راضی بودند، این در حالی است که افراد طرح مابه‌ازاء مسکن نارضایتی خود را اعلام کرده‌اند. دلیل اصلی این نارضایتی شرایط شغلی آن‌ها است که کشاورزی خود را از دست داده و به کارگری روی آورده‌اند. همچنین همه‌ی گروه‌های کشاورزان منطقه، تمایل خود را برای مشارکت در حفاظت از عرصه‌های منابع طبیعی اعلام نمودند (۶). نتایج ارزیابی تأثیرات اجتماعی اجرای طرح خروج دام از جنگل در شهرستان گالیکش استان گلستان نشان داد که عرضه‌ی خدمات زیربنایی مهم‌ترین عامل

### مواد و روش‌ها منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه حوزه‌ی آبخیز جنگل چفروود وابسته به منطقه‌ی استحقاظی اداره منابع طبیعی شهرستان رضوانشهر است. حوزه‌ی آبخیز چفروود ۱۲۰۰۰ هکتار مساحت داشته و هفت سری طرح جنگل‌داری در این منطقه به انجام رسیده است. این منطقه حدود ۳۷۸۲ نفر (۵۹۴ خانوار) جمعیت دارد. پس از اجرای طرح خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان، ۱۸۰ خانوار منطقه در ازای تبدیل وضعیت حقوق خود با واگذاری عرصه‌های جنگلی مورد تصرف و دریافت امکانات و خدمات زیربنایی و روبنایی به خارج از جنگل و در مکان جلگه‌ای واقع در پایین‌دست حوزه در دهستانی به نام دهستان خوشابر روستای رودبارسرا از بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر انتقال یافته و اسکان داده شدند. منطقه‌ی مورد مطالعه و سایر حوزه‌های آبخیز استان گیلان در شکل ۱ مشخص شده است.

بتواند اطلاعاتی را در خصوص نحوه‌ی اجرای طرح مذکور به مسوولان و کارشناسان مربوطه ارائه بدهد و گامی هرچند کوچک در راستای بهبود اوضاع اقتصادی- اجتماعی جنگل‌نشینان و دامداران استان و حفظ و احیای جنگل‌های بارز استان گیلان و به‌خصوص منطقه‌ی چفروود شهرستان رضوانشهر برداشته شود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر به انجام رسید. برای دستیابی به این هدف کلی، اهداف اختصاصی از جمله: مقایسه‌ی ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای، شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و اولویت‌بندی شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی از دیدگاه دو گروه از جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح ساماندهی خروج دام از جنگل و سایر جنگل‌نشینان در نظر گرفته شدند.



شکل ۱- منطقه‌ی مورد مطالعه (حوزه آبخیز چفروود)  
Figure 1. Study area (Chafroud watershed)

قرار گرفتند و حجم نمونه نیز ۱۸۰ نفر گردید. جنگل‌نشینانی که در طرح شرکت نکرده بودند نیز ۴۱۴ خانوار بودند که با توجه به فرمول کوکران<sup>۱</sup> در خصوص داده‌های طبقه‌ای با حجم جامعه‌ی آماری مذکور و  $t=1/65$ ,  $p=0/50$  باید ۲۰۰ نفر مورد مطالعه قرار می‌گرفت. با توجه به حجم نمونه‌ی شرکت‌کنندگان در طرح از یک سو و قابل دسترس بودن جنگل‌نشینانی که در طرح شرکت نکرده بودند از سویی دیگر در نتیجه ۲۲۰ نفر از جمع جنگل‌نشینان شرکت نکرده در طرح نیز به‌صورت تصادفی انتخاب شدند.

به منظور ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح ساماندهی بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر پرسشنامه‌ای محقق ساخته تدوین شد که روایی آن از طریق گروهی از متخصصان (اساتید گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه گیلان و برخی از کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان گیلان) و پایایی آن با کمک ضریب تنای ترتیبی (۰/۸۷) تأیید شد. پرسشنامه از دو بخش مجزا تشکیل شده بود که بخش

### روش پژوهش

رویکرد کلی تحقیق کمی است و همچنین می‌توان تحقیق حاضر را از منظر جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی- پیمایشی برشمرد. جامعه‌ی آماری تحقیق را دو گروه از دامداران و روستائیان تشکیل می‌دهند. گروه نخست شرکت‌کنندگان در طرح خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان (۱۸۰ خانوار) و گروه دوم آن‌هایی که در این طرح شرکت نکرده‌اند (۴۱۴ خانوار) اما از نظر ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی همچون میزان درآمد، سطح تحصیلات، سن، شغل اصلی و جانبی به جنگل‌نشینان شرکت‌کننده‌ی طرح بسیار شباهت دارند. از هر دو گروه جامعه‌ی آماری با روش نمونه‌گیری طبقه‌ای تصادفی ساده<sup>۲</sup> افراد نمونه انتخاب شدند. از آن‌جایی که شرکت‌کنندگان در طرح ۱۸۰ خانوار بودند، از هر خانوار یک نفر و با کمک لیست اسامی موجود از آن‌ها به‌عنوان نمونه انتخاب شد و بنابراین به‌صورت سرشماری تمام خانوارهای شرکت‌کننده در طرح مورد مطالعه

1- Simple random stratified

2- Cochran formula

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - \sum R_2$$

در رابطه‌ی ۲:  $n_1$ : تعداد نمرات گروه اول،  $n_2$ : تعداد نمرات گروه دوم،  $\sum R_1$ : مجموع رتبه‌های گروه اول و  $\sum R_2$ : مجموع رتبه‌های گروه دوم هستند (۹).

به‌منظور اولویت‌بندی شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. روش سلسله مراتبی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۴</sup> است. روش تحلیل سلسله مراتبی به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا اولویت‌ها را بر پایه‌ی اهداف، دانش و تجربه‌ی خود تنظیم کنند و قضاوت‌ها و احساسات خود را نیز در نظر بگیرند (۱۳). ابتدا گروه ۳۰ نفره از خبرگان محلی (شامل کارشناسان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری استان گیلان و برخی از دامداران و جنگل‌نشینان) تشکیل شد. با توجه به ادبیات تحقیق و نظرخواهی از خبرگان محلی اصلی‌ترین پیامدهای طرح ساماندهی خروج دام از جنگل تدوین شد و با استفاده از روش میانگین‌گیری پرسشنامه‌ای پیامدهای مورد بررسی غربال‌سازی شدند. سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و انجام مقایسات زوجی پیامدهای شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی رتبه‌بندی شدند.

### نتایج و بحث

نتایج بررسی ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای در بین دو گروه جنگل‌نشین شرکت‌کننده در طرح ساماندهی خروج دام از جنگل و سایر جنگل‌نشینان نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه از افراد از نظر ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای مورد بررسی وجود ندارد (جدول ۱).

اول آن ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای همچون سن، سطح سواد، تجربه‌ی شغلی، جنسیت، تعداد اعضای خانوار و وضعیت تأهل را مورد بررسی قرار داد. در بخش دوم پرسشنامه ۲۵ گویه (چهار گویه شرایط اقتصادی، ۱۶ گویه شرایط اجتماعی و پنج گویه شرایط زیست‌محیطی) شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را مورد ارزیابی قرار دادند. از هر دو گروه جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح و سایر جنگل‌نشینان خواسته شد تا نظر خود را در شرایط فعلی با انتخاب گزینه‌های در قالب طیف لیکرت<sup>۱</sup> (خیلی ضعیف = ۱، ضعیف = ۲، متوسط = ۳، زیاد = ۴ و خیلی زیاد = ۵) اعلام کنند.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های پارامتری (شامل سن، تجربه‌ی شغلی، تعداد اعضای خانوار، شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) از آزمون t استیودنت با دو نمونه‌ی مستقل و در رابطه با داده‌های ناپارامتری (مقیاس اسمی/ ترتیبی مانند جنسیت، سطح سواد و وضعیت تأهل) از آزمون یومن-وایتنی<sup>۲</sup> (مقدار U) استفاده شد. رابطه‌ی ریاضی مربوط به آزمون t مستقل در رابطه‌ی ۱ و یومن وایتنی در رابطه‌ی ۲ آورده شده‌اند.

$$t = \frac{|\bar{u}_1 - \bar{u}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1-1) + S_2^2(n_2-1)}{n_1+n_2-2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه‌ی ۱:  $\bar{u}_1$ : میانگین گروه اول،  $\bar{u}_2$ : میانگین گروه دوم،  $S_1$ : انحراف استاندارد گروه اول،  $S_2$ : انحراف استاندارد گروه دوم،  $n_1$ : تعداد آزمودنی‌ها در گروه اول،  $n_2$ : تعداد آزمودنی‌ها در گروه دوم هستند.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - \sum R_1 \quad (\text{رابطه ۲})$$

جدول ۱- بررسی ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای افراد مورد مطالعه

| معنی‌داری          | مقدار U یا | سایر جنگل‌نشینان (n= ۲۲۰) |         |         | شرکت‌کنندگان در طرح (n= ۱۸۰) |         |         | گویه‌ها | متغیرها              |
|--------------------|------------|---------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|
|                    |            | درصد                      | فراوانی | میانگین | درصد                         | فراوانی | میانگین |         |                      |
| ۰/۳۵ <sup>ns</sup> | ۲۳/۹       | .....                     | .....   | ۴۸/۲    | .....                        | .....   | ۴۴/۵    | .....   | سن                   |
| ۰/۲۲ <sup>ns</sup> | ۱۶/۵       | .....                     | .....   | ۲۵/۹    | .....                        | .....   | ۲۴/۵    | .....   | تجربه‌ی شغلی         |
| ۰/۱۹ <sup>ns</sup> | ۱۱۵/۴۹     | ۱/۸                       | نفر ۴   | .....   | ۳/۳                          | نفر ۶   | .....   | .....   | زن                   |
|                    |            | ۹۸/۲                      | نفر ۲۱۶ | .....   | ۹۶/۷                         | نفر ۱۷۴ | .....   | .....   | مرد                  |
| ۰/۲۲ <sup>ns</sup> | ۴۰/۱۲      | ۶۵                        | نفر ۱۴۳ | .....   | ۵۶/۷                         | نفر ۱۰۲ | .....   | .....   | در حد خواندن و نوشتن |
|                    |            | ۲۶/۴                      | نفر ۵۸  | .....   | ۳۳/۹                         | نفر ۶۱  | .....   | .....   | راهنمائی             |
|                    |            | ۷/۳                       | نفر ۱۶  | .....   | ۸/۳                          | نفر ۱۵  | .....   | .....   | سطح سواد             |
|                    |            | ۱/۳                       | نفر ۳   | .....   | ۱/۱                          | نفر ۲   | .....   | .....   | دپلم                 |
| ۰/۱۲ <sup>ns</sup> | ۱۳/۹۵      | ۳۶/۸                      | نفر ۸۱  | .....   | ۳۲/۸                         | نفر ۵۹  | .....   | .....   | لیسانس و بالاتر      |
|                    |            | ۱۲/۷                      | نفر ۲۸  | .....   | ۱۱/۷                         | نفر ۲۱  | .....   | .....   | تا ۳ نفر             |
|                    |            | ۱۵                        | نفر ۳۳  | .....   | ۱۹/۴                         | نفر ۳۵  | .....   | .....   | ۴ نفر                |
| ۰/۱۶ <sup>ns</sup> | ۱۱۲/۶      | ۳۵/۵                      | نفر ۷۸  | .....   | ۳۶/۱                         | نفر ۶۵  | .....   | .....   | تعداد اعضای خانوار   |
|                    |            | ۱/۸                       | نفر ۴   | .....   | ۱/۷                          | نفر ۳   | .....   | .....   | ۵ نفر                |
| .....              | .....      | ۹۸/۲                      | نفر ۲۱۶ | .....   | ۹۸/۳                         | نفر ۱۷۷ | .....   | .....   | ۶ نفر و بیشتر        |
|                    |            | .....                     | .....   | .....   | .....                        | .....   | .....   | .....   | مجرد                 |
| .....              | .....      | .....                     | .....   | .....   | .....                        | .....   | .....   | .....   | وضعیت تأهل           |
| .....              | .....      | .....                     | .....   | .....   | .....                        | .....   | .....   | .....   | متأهل                |

ns = عدم معنی‌داری

پس از بررسی ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای، شرایط اقتصادی، جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح و سایر جنگل‌نشینان نیز اجتماعی و زیست‌محیطی در بین دو گروه از در قالب جداول جداگانه ۲، ۳ و ۴ مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۲- بررسی شرایط اقتصادی دو گروه از جنگل‌نشینان

Table 2. Study of economic conditions of two groups of foresters

| شرایط   | متغیرها  | شرکت‌کنندگان در طرح (n= ۱۸۰) |              | سایر جنگل‌نشینان (n= ۲۲۰) |              | مقدار t | معنی‌داری           |
|---------|--|------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------|---------------------|
|         |  | میانگین                      | اشتباه معیار | میانگین                   | اشتباه معیار |         |                     |
| اقتصادی | میزان درآمد (میلیون تومان)                     | ۲/۲                          | ۰/۶۳         | ۲/۴                       | ۰/۴۹         | ۱۱/۵    | ۰/۲۰ <sup>ns</sup>  |
|         | میزان تولید (کیلوگرم)                          | ۲/۹۵                         | ۰/۶۵         | ۲/۹                       | ۰/۶۵         | ۱۵/۹    | ۰/۱۵ <sup>ns</sup>  |
|         | ایجاد مشاغل جانبی                              | ۱/۴۰                         | ۰/۳۵         | ۱/۴۷                      | ۰/۳۵         | ۱۳/۷    | ۰/۲۵ <sup>ns</sup>  |
|         | میزان وابستگی اقتصادی به چوب و محصولات غیرچوبی | ۱/۱                          | ۰/۳۰         | ۳/۸                       | ۰/۴۹         | ۲۹/۶    | ۰/۰۰۴ <sup>**</sup> |

ns: عدم معنی‌داری، \*: سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ و \*\*: سطح احتمال کمتر از ۰/۰۱

جدول ۳- بررسی شرایط اجتماعی دو گروه از جنگل‌نشینان

Table 3. Study of social conditions of two groups of foresters

| شرایط                      | متغیرها                                      | شرکت‌کنندگان در طرح (n= ۱۸۰) |              | سایر جنگل‌نشینان (n= ۲۲۰) |              | مقدار t             | معنی‌داری           |
|----------------------------|--|------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------|---------------------|
|                            |  | میانگین                      | اشتباه معیار | میانگین                   | اشتباه معیار |                     |                     |
| اجتماعی                    | دسترسی به امکانات آموزشی فرزندان             | ۴/۱                          | ۰/۲۷         | ۲/۵                       | ۰/۳۲         | ۳۰/۳                | ۰/۰۰۱ <sup>**</sup> |
|                            | دسترسی به امکانات آموزشی خود دامداران        | ۴/۴                          | ۰/۲۴         | ۲/۸                       | ۰/۴۱         | ۳۰/۴                | ۰/۰۰۳ <sup>**</sup> |
|                            | منزلت اجتماعی                                | ۴/۰۲                         | ۰/۴۲         | ۳/۱                       | ۰/۴۲         | ۳۰/۵                | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
|                            | دسترسی به مروجان و دامپزشکان                 | ۴/۳                          | ۰/۱۳         | ۳/۳                       | ۰/۲۵         | ۳۲/۵                | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
|                            | مشارکت مردمی                                 | ۴/۲                          | ۰/۳۱         | ۳/۵                       | ۰/۲۵         | ۳۲/۱                | ۰/۰۰۱ <sup>**</sup> |
|                            | میزان قاچاق چوب در اثر اجرای طرح             | ۲/۸                          | ۰/۳۰         | ۳/۱                       | ۰/۳۴         | ۲۹/۷                | ۰/۰۰۳ <sup>**</sup> |
|                            | اعتماد نسبت به قول مسئولان                   | ۱/۵                          | ۰/۲۲         | ۲/۶                       | ۰/۲۹         | ۱۶/۲                | ۰/۳۳ <sup>ns</sup>  |
|                            | احساس سرخوردگی و ناامیدی                     | ۱/۱                          | ۰/۳۱         | ۱/۷                       | ۰/۲۵         | ۱۳/۹                | ۰/۲۳ <sup>ns</sup>  |
|                            | دسترسی به آب آشامیدنی کافی                   | ۴/۱                          | ۰/۵۹         | ۲/۴                       | ۰/۲۲         | ۳۲/۲                | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
|                            | دسترسی به امکانات بهداشتی- پزشکی             | ۴/۵                          | ۰/۲۲         | ۲/۱                       | ۰/۲۱         | ۳۲/۹                | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
|                            | دسترسی به امکانات رفاهی                      | ۴/۷                          | ۰/۱۳         | ۲/۱                       | ۰/۲۲         | ۳۴/۲                | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
|                            | احساس تولیدکننده بودن                        | ۳/۶                          | ۰/۴۱         | ۳/۱                       | ۰/۲۸         | ۲۲/۶                | ۰/۰۰۴ <sup>*</sup>  |
|                            | دسترسی به امکانات حمل و نقل                  | ۳/۹                          | ۰/۲۳         | ۲/۶                       | ۰/۲۵         | ۳۱/۵                | ۰/۰۰۱ <sup>**</sup> |
|                            | درگیری بین مجریان طرح‌های روستایی و دامداران | ۳/۵                          | ۰/۴۵         | ۲/۸                       | ۰/۴۱         | ۲۶/۴                | ۰/۰۰۳ <sup>**</sup> |
| دسترسی به رسانه‌های مجازی  | ۳/۷  | ۰/۴۱                         | ۲/۹          | ۰/۳۵                      | ۲۸/۱         | ۰/۰۰۵ <sup>**</sup> |                     |
| گسترش اعتیاد در بین جوانان | ۱/۸  | ۰/۲۹                         | ۱/۹          | ۰/۳۲                      | ۱۴/۱         | ۰/۳۳ <sup>ns</sup>  |                     |

ns: عدم معنی‌داری، \*: سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ و \*\*: سطح احتمال کمتر از ۰/۰۱

ضعف طرح ساماندهی نیز به این نتیجه رسیدند که طرح مذکور به دلیل ادامه‌ی فعالیت دامداری سنتی، ایجاد نکردن شغل دائمی، از دست دادن شغل فعلی و پایین آمدن میزان درآمد با مشکلاتی مواجه شده است. عظیمی و امیری لمر (۴)، فرامرزی (۶) و ستوده فومنی و محمدی لیمائی (۲۱) نیز معتقدند که طرح ساماندهی از نظر ایجاد شغل و درآمدزایی موفقیت‌چندانی را نداشته است. به اعتقاد برخی از محققان حاصل‌خیز نبودن مکان اسکان مجدد، واگذاری زمین کم و تعداد دام کمتر و عدم برنامه‌ریزی برای اشتغال نسل دوم موجب کاهش درآمد و عدم موفقیت طرح ساماندهی و اسکان مجدد شده است. مطالعه‌ی اوربونیو (۱۸) در بررسی اثرات اسکان مجدد دریاچه‌ی چاد نیجر به نشان داد که کوچ‌کنندگان با مشکلات روحی مختلف مانند معضلات دوری از وطن روبه‌رو شده‌اند. فاضلی و محمدی پارسا (۷) نیز آسیب‌های اجتماعی و پای‌بند نبودن دولت به وعده‌ها به‌ویژه در ایجاد دامداری صنعتی و تعاونی روستایی را از جمله دلایل نارضایتی جنگل‌نشینان از طرح ساماندهی عنوان کرده‌اند. رحیمیان و همکاران (۱۹) نیز در ارزیابی اثرات طرح به مواردی همچون تضعیف و رکود فعالیت‌های دامداری، اثرات مثبت و منفی طرح بر وضعیت مالی روستاییان، پیدایش معضلات اجتماعی در روستا، تضعیف روحیه‌ی مشارکتی روستاییان در حفظ

بر اساس نتایج ارائه شده در جداول ۲ و ۳ بین دو گروه شرکت‌کنندگان در طرح و سایر جنگل‌نشینان از نظر میزان درآمد، میزان تولید، ایجاد مشاغل جانبی، اعتماد نسبت به قول مسئولان، احساس سرخوردگی و ناامیدی، گسترش اعتیاد در بین جوانان و بهبود و تقویت آب‌های زیرزمینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اما از نظر سایر شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در بین دو گروه از افراد مورد مقایسه تفاوت دیده می‌شود. به عبارت دیگر طرح ساماندهی نتوانسته است که میزان درآمد و تولید را افزایش داده و مشاغل جانبی ایجاد کند. از نظر اجتماعی نیز طرح در افزایش اعتماد نسبت به قول مسئولین، کاهش احساس سرخوردگی و کاهش اعتیاد مؤثر نبوده است. همچنین طرح ساماندهی نقش مؤثری در تقویت آب‌های زیرزمینی نداشته است. البته ارتباط بین عوامل اقتصادی و اجتماعی کاملاً طبیعی و منطقی به نظر می‌رسد.

به عنوان مثال زمانی که درآمد و تولید جنگل‌نشینان به دنبال طرح افزایش پیدا نکند در نتیجه حس سرخوردگی و ناامیدی نیز افزایش یافته و مردم نسبت به قول و وعده‌های مسئولین که همانا افزایش درآمد و تولید و بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی جنگل‌نشینان شرکت‌کننده است، بی‌اعتماد می‌شوند. بدری‌فر و حق‌زاد (۵) در بررسی نقاط

غیرچوبی کاهش پیدا کرده است. از نظر شرایط اجتماعی نیز شرکت کنندگان در طرح ساماندهی خروج دام از جنگل، دسترسی بیشتری به امکانات آموزشی برای خود و فرزندان‌شان، منزلت اجتماعی بیشتر، دسترسی بیشتر به مروجان و دامپزشکان، مشارکت مردمی بیشتر، اعتقاد به میزان قاچاق چوب کمتر در اثر اجرای طرح، دسترسی بیشتر به آب آشامیدنی کافی، دسترسی بیشتر به امکانات بهداشتی- پزشکی، دسترسی به امکانات رفاهی، احساس قوی‌تر نسبت به تولید کننده بودن، دسترسی بیشتر به امکانات حمل و نقل، درگیری بیشتر با مجریان طرح‌های روستایی و دسترسی بیشتر به رسانه‌های مجازی دارند.

جنگل و مراتع، عدم پایداری سازمان‌های دولتی به تعهدات طرح و اثرات سوء روحی و روانی اشاره کرده‌اند. مقایسه‌ی میانگین رتبه‌های دو گروه جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح و سایر جنگل‌نشینان همچنین نشان داد که از دیدگاه شرکت‌کنندگان در طرح، طرح خروج دام از جنگل میزان وابستگی دامداران به چوب و محصولات غیر چوبی را کاهش داده است. میزان قاچاق چوب نیز از دیدگاه شرکت‌کنندگان کاهش پیدا کرده است. این نتایج قابل انتظار هستند چون که جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح به‌ازای خروج از جنگل از مزایایی برخوردار شده‌اند و وابستگی آن‌ها به محصولات جنگلی اعم از چوب و محصولات

جدول ۴- بررسی شرایط زیست‌محیطی دو گروه از جنگل‌نشینان

Table 4. Study of environmental conditions of two groups of foresters

| معنی‌داری          | مقدار t | سایر جنگل‌نشینان (n= ۲۲۰) |         | شرکت‌کنندگان در طرح (n= ۱۸۰) |         | متغیرها   | شرایط      |
|--------------------|---------|---------------------------|---------|------------------------------|---------|---|------------|
|                    |         | اشتباه معیار              | میانگین | اشتباه معیار                 | میانگین |   |            |
| ۰/۰۴*              | ۲۱/۴    | ۰/۳۰                      | ۲/۱     | ۰/۳۱                         | ۳/۵     | میزان تخریب جنگل و مراتع در پی فعالیت‌های دامداری       | زیست‌محیطی |
| ۰/۰۳*              | ۲۱/۲    | ۰/۳۲                      | ۲/۳     | ۰/۳۱                         | ۳       | میزان احیاء منابع جنگلی بعد از اجرای طرح                |            |
| ۰/۰۴*              | ۲۰/۶    | ۰/۳۲                      | ۲/۱     | ۰/۳۲                         | ۳/۱     | میزان فرسایش خاک در پی فعالیت‌های دامداری               |            |
| ۰/۲۱ <sup>ns</sup> | ۱۲/۷    | ۰/۲۲                      | ۱/۲۵    | ۰/۱۰                         | ۱/۲۸    | بهبود و تقویت آب‌های زیرزمینی پس از اجرای طرح           |            |
| ۰/۰۰۳**            | ۲۸/۴    | ۰/۳۵                      | ۲/۱     | ۰/۳۲                         | ۳/۳     | میزان تبدیل جنگل به زمین زراعی در پی فعالیت‌های دامداری |            |

ns: عدم معنی‌داری، \* سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ و \*\* سطح احتمال کمتر از ۰/۰۱

بودن، تخریب جنگل، مراتع و فرسایش خاک در پی فعالیت‌های دامداری و احیاء منابع جنگلی بعد از اجرای طرح تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد در بین دو گروه از شرکت‌کنندگان در طرح و سایر جنگل‌نشینان دیده می‌شود. به‌جز موارد اشاره شده در سایر موارد تفاوت بین دو گروه از افراد مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار شده‌اند.

پس از بررسی شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در بین دو گروه از جنگل‌نشینان و دامداران، اولویت‌بندی این شرایط از نظر خبرگان محلی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ابتدا از خبرگان مورد بررسی خواسته شد تا پیامدهای حاصل از اجرای طرح را عنوان کنند.

سپس فهرست پیامدهای عنوان‌شده توسط خبرگان در اختیار آن‌ها قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا در قالب طیف لیکرت (فوق‌العاده کم اهمیت=۱، خیلی کم اهمیت=۲، کم اهمیت=۳، اهمیت متوسط=۴، مهم=۵، خیلی مهم=۶، فوق‌العاده مهم=۷) به اثرات مطرح شده امتیاز بدهند. برای محاسبه‌ی میانگین هر پیامد، اعداد لیکرت را در اعداد مقابل هر پیامد ضرب نموده و سپس به‌صورت سطری اعداد را جمع کرده و حاصل آن را بر ۳۰ (تعداد خبرگان مشارکت‌کننده) تقسیم نموده تا میانگین هر پیامد به‌دست آید و پیامدهایی که وزن کمتری دارند، حذف شوند. نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

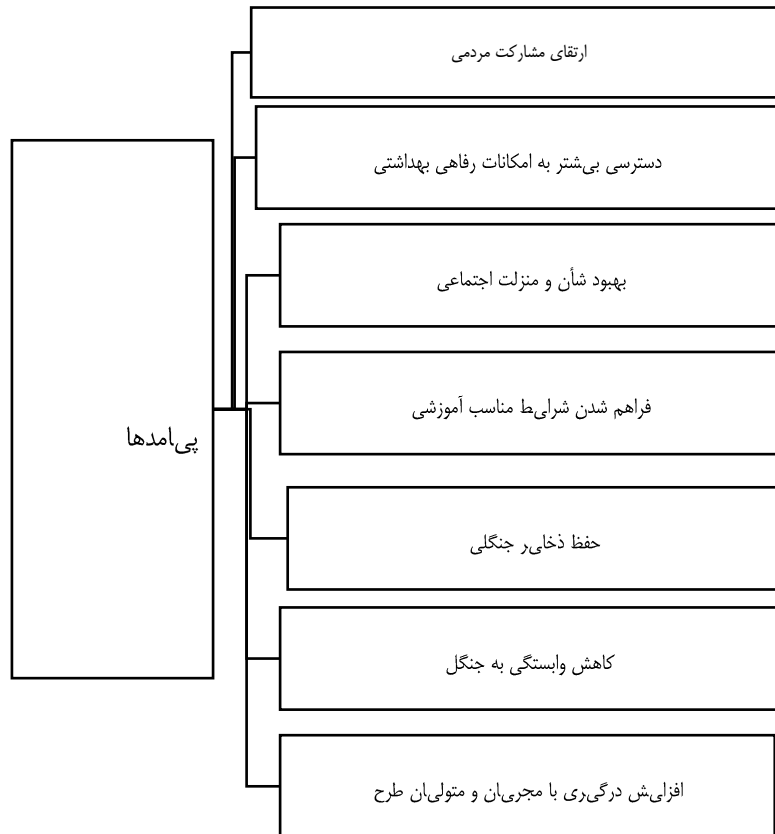
علاوه‌بر اثرات اقتصادی و اجتماعی طرح ساماندهی در بعد زیست‌محیطی نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴). در بین دو گروه افراد مورد مطالعه از نظر شاخص‌هایی همچون تخریب جنگل‌ها، مراتع، فرسایش خاک و احیاء منابع جنگلی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. از نظر میزان تبدیل جنگل به زمین زراعی در پی فعالیت‌های دامداری نیز تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین دو گروه دیده می‌شود. در بین شرایط زیست‌محیطی مورد بررسی، طرح ساماندهی تنها در یک مورد و آن هم در تقویت آب‌های زیرزمینی نقش مؤثری نداشته است. بنابراین به‌نظر می‌رسد که طرح ساماندهی خروج دام از جنگل در منطقه‌ی چفرود شهرستان رضوانشهر موجب بهبود شرایط زیست‌محیطی شده است. این یافته برخلاف مطالعه‌ی ووب (۲۲) در جنوب‌غربی اتیوپی است که در آن بر عدم بهبود وضعیت زیست‌محیطی در اثر اسکان مجدد تأکید شده است. به‌نظر می‌رسد که اصلی‌ترین دلیل این تفاوت یافته‌ها در شدت تخریب است. شدت تخریب در منطقه‌ی چفرود شهرستان رضوانشهر به‌حدی است که جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح ساماندهی و سایر جنگل‌نشینان بهبود شرایط زیست‌محیطی در اثر اجرای طرح ساماندهی خروج دام از جنگل را علی‌رغم وجود نقاط ضعف اقتصادی و اجتماعی به روشنی درک کردند. در بین شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل، احساس تولید کننده

جدول ۵- میانگین هر پیامد از طریق روش میانگین گیری پرسشنامه‌ای  
Table 5. Mean of each impacts through questionnaire averaging method

| میانگین | جمع | میزان اهمیت         |               |          |             |     |          | پیامدها |  |
|---------|-----|---------------------|---------------|----------|-------------|-----|----------|---------|--|
|         |     | فوق العاده کم اهمیت | خیلی کم اهمیت | کم اهمیت | اهمیت متوسط | مهم | خیلی مهم |         | فوق العاده مهم   |
| ۵/۵۳۳   | ۱۶۶ | .....               | ۱             | ۲        | ۳           | ۷   | ۸        | ۹       | ارتقای مشارکت مردمی                                    |
| ۵/۹۳۳   | ۱۷۸ | .....               | .....         | .....    | ۳           | ۸   | ۷        | ۱۲      | دسترسی بیشتر به امکانات رفاهی - بهداشتی                |
| ۵/۱     | ۱۵۳ | ۲                   | ۱             | ۲        | ۵           | ۵   | ۷        | ۸       | بهبود شأن و منزلت اجتماعی فراهم شدن شرایط مناسب آموزشی |
| ۵/۶۶۶   | ۱۷۰ | .....               | .....         | ۲        | ۴           | ۶   | ۸        | ۱۰      | حفظ ذخایر جنگلی  |
| ۵/۶     | ۱۶۸ | .....               | ۱             | ۱        | ۴           | ۶   | ۹        | ۹       | بهبود شرایط اقتصادی و مالی جنگل نشینان                 |
| ۲/۳     | ۶۹  | ۱۱                  | ۷             | ۵        | ۶           | ۱   | .....    | .....   | افزایش اعتماد و سرمایه‌ی اجتماعی                       |
| ۳/۳     | ۹۹  | ۵                   | ۵             | ۵        | ۹           | ۳   | ۳        | .....   | کاهش وابستگی به جنگل                                   |
| ۵/۵     | ۱۶۵ | .....               | ۱             | ۲        | ۴           | ۶   | ۸        | ۹       | افزایش مشکلات روحی و روانی ناشی از مهاجرت              |
| ۳/۲     | ۹۶  | ۲                   | ۶             | ۱۰       | ۸           | ۴   | .....    | .....   | افزایش درگیری با مجریان و متولیان طرح                  |
| ۵/۴     | ۱۶۲ | .....               | .....         | ۱        | ۹           | ۶   | ۵        | ۹       |  |

به منظور اولویت بندی شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ابتدا ساختار سلسله مراتبی آن‌ها در قالب شکل ۲ طراحی شد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۵، سه پیامد بهبود شرایط اقتصادی و مالی جنگل نشینان، افزایش اعتماد و سرمایه‌ی اجتماعی و افزایش مشکلات روحی و روانی ناشی از مهاجرت به دلیل نمره‌ی میانگین کمتر (وزن کمتر) حذف می‌شوند.



شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی طرح  
Figure 2. Hierarchical structure of economic, social and environmental conditions of the plan



بهبود یافته است.

حفظ ذخایر جنگلی، افزایش درگیری با مجریان و متولیان طرح و کاهش وابستگی به جنگل نیز از دیدگاه خبرگان مورد مطالعه از اثراتی هستند که اولویت پائینی را کسب کردند. به عبارت دیگر از دیدگاه خبرگان محلی هرچند طرح ساماندهی توانسته است امکانات خوب رفاهی، بهداشتی، آموزشی را فراهم کند و مشارکت‌های مردم را افزایش بدهد اما از وابستگی مردم به جنگل نکاسته و به همین جهت موجب حفظ ذخایر جنگلی به صورت قابل ملاحظه‌ای نشده است. در مجموع هرچند طرح ساماندهی با هدف بهبود وضعیت اقتصادی- اجتماعی مضمولین طرح انجام شد و امکانات رفاهی، پزشکی، بهداشتی خوبی ایجاد گردید اما در رسیدن به اهداف اقتصادی از جمله درآمد، تولید و اشتغال و غیره موفقیت چندانی کسب نکرد و رضایت عمومی بالایی را به دنبال نداشت. از نظر زیست‌محیطی نیز طرح ساماندهی نتایج قابل قبول و مثبتی را به جا گذاشت اما از آنجایی که نتایج فعالیت‌های حفظ محیط‌زیست در بلندمدت قابل رؤیت است، نیاز به ادامه‌ی توجه به آثار زیست‌محیطی طرح وجود دارد.

پس از تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی، هر یک از افراد شرکت‌کننده در تحقیق (خبرگان محلی) هفت پیامد مشخص شده را دو به دو و به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه کردند و پاسخ خود را بر اساس پرسشنامه‌ی ساعتی و مقیاس AHP مطرح ساختند. سپس هر یک از قضاوت‌های فردی با استفاده از میانگین هندسی و با کمک نرم‌افزار اکسل به قضاوت گروهی برای هر مقایسه‌ی زوجی تبدیل شد. ماتریس مقایسات زوجی، بردار وزن‌ها و نرخ ناسازگاری محاسبه شده در قالب جدول ۶ ارائه شده است. لازم به ذکر است که اعداد تا سه رقم اعشار در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۶، از دیدگاه خبرگان محلی دسترسی بیشتر به امکانات رفاهی بهداشتی، فراهم شدن شرایط مناسب آموزشی و ارتقای مشارکت مردمی سه مورد از مهم‌ترین اثرات اجرای طرح ساماندهی خروج دام از جنگل هستند. این یافته‌ها با مطالعات سایر پژوهشگران نیز مطابقت دارد. پژوهشگرانی همچون عظیمی و امیری لمر (۴)، بدری فر و حق‌زاد (۵)، فرامرزی (۶)، فاضلی و محمدی پارسا (۷) و ستوده فومنی و محمدی لیمائی (۲۱) معتقدند که پس از اسکان مجدد و اجرای طرح ساماندهی، ارائه‌ی امکانات مختلف مانند امکانات رفاهی، خدمات عمومی و امکانات بهداشتی- پزشکی نیز

جدول ۶- ماتریس مقایسات زوجی، وزن و اولویت‌بندی پیامدها

Table 6. Matrix of pairwise comparisons, weight and impacts prioritization

| اولویت‌بندی | وزن پیامدها | افزایش درگیری با مجریان و متولیان طرح | کاهش وابستگی به جنگل | حفظ ذخایر جنگلی | فراهم شدن شرایط مناسب آموزشی | بهبود شأن و منزلت اجتماعی | دسترسی بیشتر به امکانات رفاهی بهداشتی | ارتقای مشارکت مردمی | پیامدها                               |
|-------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| ۳           | ۰/۱۲۲       | ۴/۱۸۲                                 | ۳/۱۴۷                | ۲/۲۲۸           | ۰/۳۳۹                        | ۱/۰۲۳                     | ۰/۲۴۹                                 | ۱                   | ارتقای مشارکت مردمی                   |
| ۱           | ۳/۶۹۸       | ۵/۶۱۲                                 | ۶/۰۹۵                | ۵/۴۱۱           | ۲/۲۲۸                        | ۴/۷۸۴                     | ۱                                     | ۴/۰۱۲               | دسترسی بیشتر به امکانات رفاهی بهداشتی |
| ۴           | ۰/۰۷۱       | ۱/۰۹۶                                 | ۲/۲۸۹                | ۰/۵۱۶           | ۰/۲۰۱                        | ۱                         | ۰/۲۰۹                                 | ۰/۹۷۷               | بهبود شأن و منزلت اجتماعی             |
| ۲           | ۰/۲۶۵       | ۶/۸۲۲                                 | ۵/۴۱۸                | ۳/۲۷۰           | ۱                            | ۴/۹۷۹                     | ۰/۴۴۷                                 | ۲/۹۲۵               | فراهم شدن شرایط مناسب آموزشی          |
| ۵           | ۰/۰۷۱۲      | ۱/۲۳۱                                 | ۱/۱۱۱                | ۱               | ۰/۳۰۳                        | ۱/۹۳۲                     | ۰/۱۸۶                                 | ۰/۴۴۷               | حفظ ذخایر جنگلی                       |
| ۷           | ۰/۰۴۷       | ۱/۰۹۶                                 | ۱                    | ۰/۸۹۹           | ۰/۱۸۴                        | ۰/۴۷۰                     | ۰/۱۶۴                                 | ۰/۳۱۵               | کاهش وابستگی به جنگل                  |
| ۶           | ۰/۰۴۸       | ۱                                     | ۰/۹۱۱                | ۰/۸۱۲           | ۰/۱۴۴                        | ۰/۹۱۱                     | ۰/۱۸۰                                 | ۰/۲۳۹               | افزایش درگیری با مجریان و متولیان طرح |
|             |             |                                       |                      | ۰/۰۱۶۹          |                              |                           |                                       |                     | نرخ ناسازگاری                         |

شرکت‌کننده و سایر جنگل‌نشینان با نتایج، مشکلات و شرایط فعلی اجرای طرح ساماندهی؛

با توجه به نتایج تحقیق، احساس سرخوردگی و ناامیدی و اعتیاد از جمله مواردی هستند که با اجرای طرح ساماندهی کاهش پیدا نکرده و همچنان باقی مانده‌اند. لذا آگاهی‌رسانی در خصوص این مشکلات اجتماعی و روحی- روانی و انجام فعالیت‌های فرهنگی- اجتماعی مختلف مانند اجرای مراسم مذهبی با حضور جوانان، احداث کتابخانه و تشویق جوانان برای کتاب‌خوانی، حضور در مساجد و جلسات آشنایی جوانان با معضل اعتیاد و فعالیت‌هایی از این دست موجب بهبود شرایط اجتماعی و روحی- روانی جوانان می‌شود. عدم اعتماد به قول مسئولین و مشکلاتی این چنینی نیز از طریق مشارکت واقعی جنگل‌نشینان و دامداران در برنامه‌ریزی و اجرای طرح و جلسات حضوری با مسئولین جهت ارائه‌ی توضیحات مربوطه برطرف می‌گردد.

با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به‌وجود آمده پس از اجرای طرح ساماندهی برای شرکت‌کنندگان در طرح و سایر جنگل‌نشینان، پیشنهادهایی در راستای بهبود اجرای طرح ساماندهی خروج دام از جنگل ارائه می‌شود:

حمایت‌های مالی دولتی و حمایت از سرمایه‌گذاران بخش خصوصی جهت گسترش دامداری‌های صنعتی در مناطق اسکان مجدد جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح ساماندهی به منظور افزایش تولید و درآمدزایی؛

اشتغال‌زایی از طریق اعطای تسهیلات کم‌بهره و توسعه‌ی صنایع روستایی، کارگاه‌های تولیدی کوچک و مشاغل خانگی؛  
ایجاد تشکلهای حفاظت از جنگل با مشارکت واقعی جنگل‌نشینان شرکت‌کننده در طرح ساماندهی و سایر جنگل‌نشینان و واگذاری حفاظت و احیاء جنگل به این تشکلهای غیردولتی؛

برگزاری جلسات دوره‌ای جهت آشنایی همه‌ی ذی‌نفعان طرح ساماندهی از جمله کارشناسان دولتی، جنگل‌نشینان

## منابع

1. Abdollapour, J., H. Akbari, A. Valipour and M. Lotfalian. 2020. The role of forest products in the livelihoods of the local communities of North Zagros (case study: Kurdistan and west Azarbaijan provinces). *Ecology of Iranian Forest*, 7(14): 90-100( In Persian).
2. AmirNezhad, H. 2011. Investigate the effect of socio-economic factors for tend to livestock out of the Mazandaran forests (case study: forest Sari city). *Rangeland Journal*, 2: 229-239 (In Persian).
3. Ashouri, N.A. 2004. The effect of organizing livestock outflow on revitalization in Chefroud watershed. M.Sc., Department of natural resources, Guilan University, Rasht, Iran (In Persian).
4. Azimi, N. and M. AmiriLamr. 2008. Appraisal of executive effects organizing plan of livestock exit from forest on foresters in Guilan province (Case study central part of Rezvanshahr city). *Journal of Geographical Studies*, 40(63): 157-171 (In Persian).
5. Badrifar, M. and A. Haghzad. 2007. Geographical study of socioeconomic effects of livestock exit from forest plan in Kelardasht region (Chaloos city). *Geographic Territory Quarterly*, 4(3): 29-46(In Persian).
6. Faramarzi, H. 2015. Socio-economic appraisal of organizing plans and livestock exit from forest and aggregation of scattered households. *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 5(4): 77-94(In Persian).
7. Fazeli, M. and M.J. Mohammadi Parsa. 2014. Appraisal of social effects of plan implementation of livestock exit from forest. *Rural Research*, 5(3): 517-540 (In Persian).
8. Greene, S.M., A.L. Hammett and S. Kant. 2000. Non-timer forest products marketing systems and market players in southwest Virginia: crafts, medicinal, herbal and specially wood products. *Journal of Sustainable Forestry*, 11(3): 19-39.
9. Habib Poor, K. and R. Safari. 2013. Comprehensive manual for using SPSS in survey researches, fifth edition, Loyeh Publication, Tehran, Iran, 848 pp (In Persian).
10. Heidari, GH., S. Khaliliyan and H. Arzani. 2004. Study and analyzing socioeconomic problems of organizing plan of livestock exit from forest and consolidation of foresters in the northern forests (case study in LeforSavadkoo region). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Caspian Sea*, 1(4): 27-35 (In Persian).
11. Keyan Behjou, F. and S. Ghanbari. 2017. Economic valuation of non wood forest products of Ardebil Fanduglu forest ( Hazelnut fruit production) and its role in household economics. *Ecology of Iranian Forest*, 5(9): 56-62 (In Persian).
12. Mahmood poor, E. 2003. An overview of socio-economic issues of the northern forests of the country. Researches collections of KimiyayeSabz, Forest deputy of the organization of forests and pastures of the country, Tehran, Iran, 368 pp (In Persian).
13. Momeni, M. and A.R. Sharifi Salim. 2010. MADM models and softwares. Second edition, Moallef Publication, Tehran, Iran, 218 pp (In Persian).
14. Mortazavi, S.A., N. Nakhei and M.A. Navazi. 2007. Economic appraisal of livestock exit from forest plan and effect of plan implementation on livestock production. Proceedings of 6th Conference of Iranian Agriculture Economics, Mashhad (In Persian).
15. Natural Resources Organization of Mazandaran Province. 2010. Data and statistics sector (In Persian).
16. Nybakk, E., E. Crespell and A. Lunnan. 2009. Antecedents to forest owner innovativeness: an investigation of the non-timber forest products and services sector, *Forest Ecology and Management*, 257: 608-618.
17. Organization of environmental protection. 2015. Forests of Iran, values and threats. Available from <http://www.doe.ir/>. Accessed 31th December 2015(In Persian)
18. Oruonye, E. 2011. The socio- economic impact of lake Chad resettlement scheme, Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 238-245.
19. Rahimian, M., M. Farashi, S. Gholam Rezaei and A. Brakhas. 2018. Analyzing the effects of livestock exit plan from forest: case study of SiahDarrehNahavand village. *Journal of Rural and Development*, 21(3): 1-24 (In Persian).
20. Rezaei, J., H. Seidzadeh, M. Efati and A. Hosseini. 2018. The identification of challenges and the formulation of management participatory mechanisms using SWOT analysis in forest Bankoul area of Ilam. *Ecology of Iranian Forest*, 6(12): 50-61(In Persian).
21. SotodehFomani, B. and S. MohammadiLimaei. 2015. Socioeconomic effects appraisal of organizing plan of livestock exit from forest (case study: Chafrood area of Guilan province). Proceedings of the First National Conference on Geography, Tourism, Natural Resources and Sustainable Development, Tehran, Iranian Institute pole of scientific, planning and tourism sustainable development, Tehran University (In Persian).
22. Woube, M. 2005. Effects of resettlement schemes on the biophysical and human environments: the case of the Gambela region, Universal publishers Boca Raton, Florida, Ethiopia.
23. Wunder, S. 2001. Poverty alleviation and tropical forests: what scope for synergies? *World Development*, 29(11): 1817-1833.

## **Evaluation of Organizing Plan of Livestock Exit from Forest (Case Study: Central Part of Rezvanshahr City)**

**Mohammad Karim Motamed<sup>1</sup> and Fatemeh Ghorbani Piralidehi<sup>2</sup>**

---

1- Associate Professor, Department of Agricultural Economic, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan, University, Guilan, I.R. Iran (Corresponding author: motamed@guilan.ac.ir)

2- Assistant Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

Received: 24 February, 2019

Accepted: 13 September, 2020

---

### **Abstract**

This study was conducted with the aim of economic, social and environmental evaluation of organizing plan of livestock exit from forest in the central part of Rezvanshahr city of Guilan province. The present quantitative research that was conducted in 2018, in terms of collecting data is descriptive-survey. The sampling method used in the research is also a simple random stratified. In order to evaluate the plan, a researcher-made questionnaire was used, the validity of which was confirmed by a group of experts and its reliability was confirmed by theta coefficient (0.87). The two groups were compared using independent t-test and U-test. Prioritization of conditions and effects of the plan was done by consulting local experts and the Analytical Hierarchy Process (AHP). The results of the research showed that there are no significant differences between the two groups in terms of individual properties- professional, income rate, production rate, creation of second job, trust in authorities, feeling of frustration and addiction. But other economic, social and environmental conditions of the two groups are significantly different. Also, from the perspective of the participants in the plan, more access to health- welfare facilities, providing appropriate educational conditions and promoting public participation are the main effects of the project. According to the results of the research, financial support, the development of rural industries and home-based businesses, the establishment of forest conservation organizations, the holding of periodic meetings among beneficiaries of the plan and carrying out various cultural-social activities is suggested.

**Keywords:** Analytical Hierarchy, Chafroud Watershed, Environmental Effects, Livelihoods of Forest



"مقاله پژوهشی"

بررسی مدل‌های قطر و ارتفاع گونه راش در جنگل ناهمسال شمال ایران  
(مطالعه موردی: جنگل فریم)

سیده کوثر حمیدی<sup>۱</sup>، اصغر فلاح<sup>۲</sup>، محمود بیات<sup>۳</sup> و سید علی حسینی یکانی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسؤل: k.hamidi86@yahoo.com)  
۲- استاد، گروه جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۲  
صفحه: ۳۰ تا ۴۰

چکیده

مشخصه‌های قطر برابر سینه و ارتفاع درختان، از مهم‌ترین مولفه‌های مورد بررسی در آماربرداری جنگل هستند. اندازه‌گیری قطر درختان نسبت به ارتفاع درختان ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است، از این رو از معادلاتی برای پیش‌بینی ارتفاع از روی قطر درختان استفاده می‌شود. در پژوهش پیش‌رو قابلیت به‌کارگیری مدل‌های مختلف قطر- ارتفاع برای برآورد ارتفاع درختان راش (*Fagus Orientalis* Lipsky) در توده ناهمسال و آمیخته جنگل فریم بخش جوجاده بررسی شد. در این مطالعه از روش نمونه‌برداری منظم تصادفی با ابعاد شبکه آماربرداری  $200 \times 150$  متر و مساحت  $10$  آر استفاده و از داده‌های قطر و ارتفاع قطورترین و نزدیکترین درخت به مرکز قطعه نمونه،  $690$  پایه درخت راش از  $345$  قطعه نمونه دایره‌ای شکل انتخاب گردید. در این پژوهش  $70$  درصد از داده‌ها برای مدل‌سازی و  $30$  درصد برای ارزیابی مدل‌های برآوردی استفاده شد. با استفاده از  $20$  مدل رگرسیونی غیرخطی که شامل  $11$  مدل دو پارامتری و  $9$  مدل سه پارامتری است، ارتباط بین ارتفاع به‌عنوان متغیر وابسته و قطر به‌عنوان متغیر مستقل بررسی و تجزیه و تحلیل شد و به‌منظور ارزیابی مدل‌ها و انتخاب بهترین مدل با استفاده از معیارهای آماری مجذور میانگین مربعات خطا و اریبی اعتبار مدل‌های آماری ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که نتایج معیارهای ارزیابی مدل، تفاوت زیادی با هم نداشتند. مدل کورف، راتکوفسکی، نسلند و وایبول با مجذور میانگین مربعات خطای به ترتیب  $19/4$ ،  $21/4$ ،  $23/4$  و  $21/4$  و اریبی به ترتیب  $17/0$ ،  $38/0$ ،  $55/0$  و  $1/0$  - توانایی خوبی برای برآورد ارتفاع درختان راش با دقت مناسب دارند. با توجه به شرایط منطقه از این مدل‌ها می‌توان در برآورد ارتفاع درختان راش در جنگل پهن‌برگ و آمیخته شمال ایران استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آماربرداری، رگرسیون غیرخطی، مدل قطر - ارتفاع، مدل‌سازی

مقدمه

بومی جنگل‌های شمال ایران و جز مهم‌ترین و با ارزش‌ترین گونه‌های تجاری شمال محسوب می‌شود، به طوری که این گونه حدود  $17/5$  درصد سطح و  $30$  درصد حجم جنگل‌های شمال ایران را به‌خود اختصاص داده است (۹). بررسی ویژگی‌های کمی و ساختاری این درختان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند اطلاعات با ارزشی را برای آیندگان ارائه نماید. مدل‌های مختلفی از رابطه ارتفاع و قطر وجود دارد مانند نسلند، چپمن- ریچاردز، کورف، وایبول، پرودان، راتکوفسکی و غیره که در منابع مختلفی نیز استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به‌موارد زیر اشاره داشت. احمدی و همکاران (۱) در مطالعه‌ای از نوزده مدل غیرخطی ارتفاع و قطر برای داده‌های گونه راش در جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس واقع در صلاح‌الدین کلا استفاده کردند. با در نظر گرفتن نتایج مشخصه‌های آماری مدل‌ها، مدل‌های چپمن-ریچاردز، اسنوت، وایبول عملکرد قابل قبول‌تری داشتند که از بین آنها مدل چپمن-ریچاردز با توجه به کارایی بهتر در مقایسه با دو مدل دیگر، به‌عنوان مدل نهایی برای پیش‌بینی ارتفاع درخت راش در منطقه تحقیق پیشنهاد شد. بیات و همکاران (۵) از مدل‌های قطر و ارتفاع برای برآورد ارتفاع درختان راش در جنگل آموزشی پژوهشی خیرود در بخش گرازین استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که مدل پرودان نسبت به مدل‌های دیگر نتایج قابل قبول‌تری را

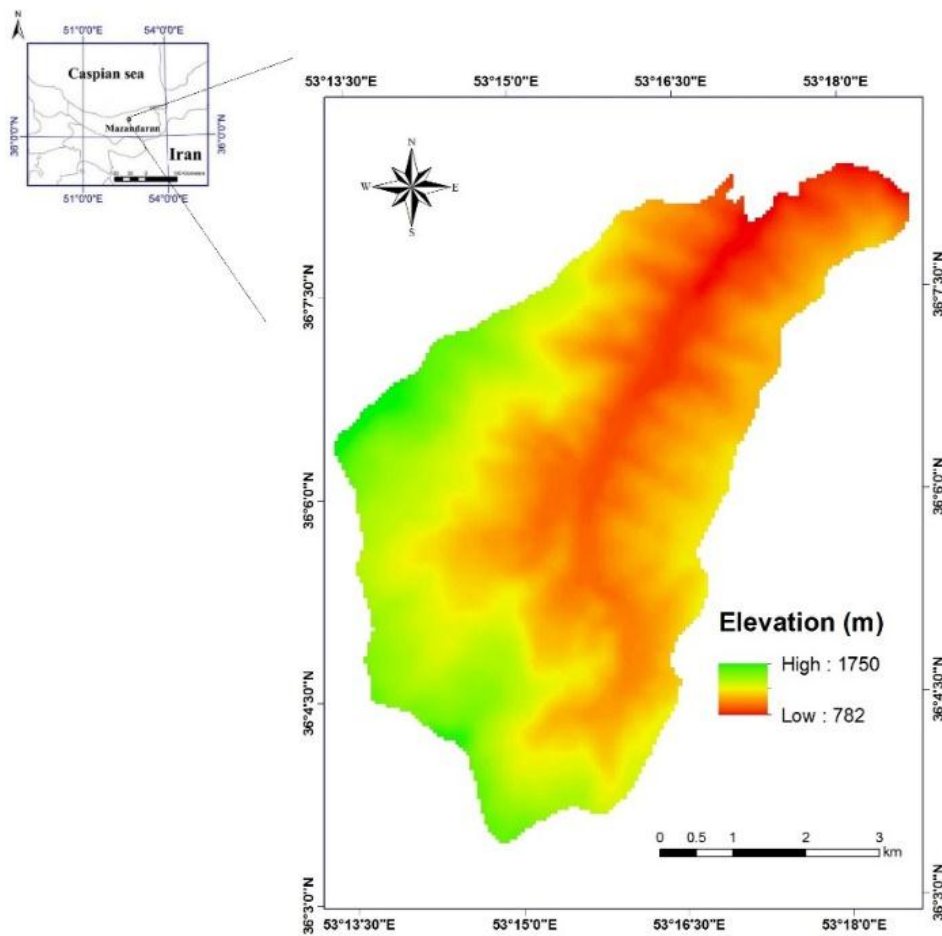
جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان تنها جنگل‌های تجاری ایران جز کامل‌ترین جوامع زیستی به‌حساب می‌آیند که در میان تمام اکوسیستم‌های طبیعی دارای بیشترین قابلیت خودتنظیمی و خودتجدیدی است و می‌تواند به‌عنوان نقطه شروعی برای تلاش درباره حفظ تعادل بوم‌شناختی در طبیعت در نظر گرفته شود، حتی به‌عنوان یک الگوی غیر قابل جایگزین در علوم جنگل برای روش‌های مختلف جنگل‌شناسی محسوب می‌شود (۲۰). با توجه به رویکرد جدید مدیریت جنگل‌های هیرکانی در سال‌های اخیر بر اساس اهداف جنگلداری چند منظوره، مدیران برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی رویش و محصول در راستای مدیریت پایدار این منابع، به روابط قطر- ارتفاع دقیق نیاز دارند، بنابراین مدل‌های قطر- ارتفاع برای درک بهتر روابط مختلف در طبیعت، توصیف و بررسی تفاوت‌ها و تاثیرگذاری در توسعه اکوسیستم‌های جنگلی ضروری هستند (۲۴، ۳۵) و دقت این مدل‌ها برای تهیه جداول حجم دقیق و پیش‌بینی هرچه دقیق‌تر مدل‌های رویش و محصول بسیار مهم است (۲۳). به‌همین دلیل مدیران جنگل برای برآورد ارتفاع صحیح و دقیق درختان، نیازمند آگاهی از رابطه صحیح بین قطر و ارتفاع درختان هستند و برای برآورد ارتفاع کل از مدل‌های ارتفاع و قطر برابر سینه استفاده می‌کنند. از طرفی گونه راش

نشان می‌دهد. محمدی و شتایی (۱۹)، در پژوهشی قابلیت به‌کارگیری مدل‌های مختلف قطر و ارتفاع برای برآورد دقیق ارتفاع درختان ممرز در توده‌های ناهمسال آمیخته نامنظم در بخشی از سری‌های یک و دو جنگل شصت‌کلاته گرگان ارزیابی کردند. با استفاده از ۱۸ مدل رگرسیونی غیرخطی، ارتباط بین ارتفاع به‌عنوان متغیر وابسته و قطر برابرسینه به‌عنوان متغیر مستقل بررسی شد. نتایج نشان‌داد چهار مدل رگرسیونی غیرخطی هایپربولیک، راتکوفسکی، چاپمن ریچارد و وایبول با درصد مجذور میانگین مربعات خطای به‌ترتیب ۱۲/۹۱، ۱۲/۹۲، ۱۳/۰۱ و ۱۳/۰۱ درصد نتایج مشابه و نزدیک به هم بوده و توانایی خوبی برای برآورد ارتفاع درختان ممرز داشتند. عالمی و همکاران (۲) در ارزیابی مدل‌های غیرخطی قطر- ارتفاع گونه توسکا در جنگل‌های هیرکانی رضاییان به این نتیجه دست یافتند که معیارهای ارزیابی مدل، تفاوت زیادی با یکدیگر نداشتند و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین مقادیر برآورد شده با استفاده از مدل‌های مختلف و مقادیر واقعی در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود نداشت. همچنین پنج مدل رگرسیونی غیرخطی هندسی، هندسی ۲، هایپربولیک ۳، مورگان-مرسر-فلودین و لگاریتمی با ضریب تبیین ۰/۸۸ و درصد مجذور میانگین مربعات خطای به‌ترتیب ۷/۸۱، ۷/۸۶، ۷/۸۸، ۷/۹۰ و ۷/۹۲ درصد، نتایج مشابه و نزدیک به هم داشتند و توانایی خوبی برای برآورد ارتفاع درختان جنگلی با دقت مناسب داشتند. ازل و همکاران (۲۲)، رابطه قطر و ارتفاع گونه راش شرقی را بررسی و مدل چاپمن-ریچاردز، را به‌عنوان مدل مناسب معرفی کردند. کاستانو و همکاران (۶)، روش‌های برآورد ارتفاع توده‌های ناهمسال شمال غرب اسپانیا را بررسی و تجزیه و تحلیل کردند و نتایج به‌دست آمده از تحقیق آنها نشان‌داد که مدل‌های با اثرات آمیخته، میزان میانگین مجذور مربعات خطا را در حدود ۲۲ درصد نسبت به مدل‌های غیرخطی کاهش داده‌اند. ژانگ و همکاران (۴۰)، شش مدل غیرخطی را برای رابطه قطر- ارتفاع درختان در جنگل‌های شمال غرب ایالات متحده آمریکا برازش دادند و نتایج مطالعه نشان داد که مدل وایبول بهتر توانسته ارتفاع درخت را برآورد کند. تمسژن و همکاران (۳۷)، مدل‌های قطر و ارتفاع را در جنگل آمیخته شمال شرق چین بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده از تحقیق نشان داد که میانگین مجذور خطای مدل‌های استفاده شده، بین دو تا چهار متر بود. لوری مهتالو و همکاران (۱۶)، در این مطالعه برای برآورد ارتفاع درختان از مدل‌های قطر و ارتفاع مختلف که طیف گسترده‌ای از گونه‌های درخت را شامل می‌شد، استفاده گردید. مجموعه داده‌هایی از اروپا، آسیا، آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی انتخاب شد. در حدود ۱۲۶ هزار درخت از ۳۷۱۷ قطعه نمونه انتخاب و نتایج این تحقیق نشان داد که مدل کورتیس و

نوسلند برای این داده‌ها نتایج قابل قبولی را ارائه داده است. آناکیکو و همکاران (۳) این مطالعه با هدف بررسی رابطه قطر و ارتفاع برای گونه *Alnus Japonica* در فیلیپین انجام شده است. شش مدل غیرخطی که در این مطالعه انتخاب شدند، عبارتست از چاپمن-ریچاردز، اسنوت، لجستیک اصلاح شده، کورف و وایبول نتایج نشان داد که هر شش مدل قادر به تعیین رابطه قطر و ارتفاع بودند و داده‌ها را به خوبی برآورد کردند. با استفاده از تجزیه و تحلیل رتبه ای، مدل وایبول دارای بهترین عملکرد در میان شش مدل غیرخطی داشته است. چای و همکاران (۷) ۱۶ مدل قطر-ارتفاع غیرخطی تعمیم‌یافته را برای یک درختان *Cryptomeria fortunei* در منطقه Pingba استان Guizhou، چین بررسی کردند. نتایج نشان داد که مدل‌های چاپمن-ریچاردز، وایبول و نوسلند به دلیل پیش‌بینی‌های رضایت‌بخش و تفسیرپذیری زیستی بهتر، برای کاشت گونه‌ی *Cryptomeria fortunei* توصیه می‌شود. جمع‌بندی و بررسی منابع موجود در مورد برازش مدل‌های مختلف قطر- ارتفاع نشان می‌دهد که نتایج با توجه به مناطق مورد مطالعه و توده‌های جنگلی مورد بررسی متفاوت بوده است. این مدل‌ها در رویشگاه‌ها و گونه‌های مختلف و حتی در موقعیت‌های متفاوت از جمله تراکم توده و موقعیت نسبی درختان ثابت نیستند. این مدل‌ها ابزاری برای اهداف مدیریتی در جنگل ناهمسال و پهن‌برگ هستند و استفاده از آنها امروزه رواج بیشتری دارد. با توجه به موارد گفته شده، هدف از این پژوهش به‌کارگیری مدل‌های مختلف قطر- ارتفاع و انتخاب بهترین مدل برای یکی از گونه‌های مهم و اقتصادی جنگل هیرکانی یعنی درخت راش است.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در بخش جوجاده با مساحت ۳۵۵۰/۲ هکتار، یکی از پنج بخش تحت پوشش طرح جنگلداری توسعه و عمران در استان مازندران منطقه فریم است که در جنوب شهرستان ساری و در دامنه و امتداد شمالی سلسله جبال البرز، در منطقه دودانگه واقع شده است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۷۸۲ متر و حداکثر آن ۱۷۵۰ متر است. اقلیم منطقه در طبقه مرطوب جنگلی و شرایط آب و هوایی مطلوب نشان از گذر اقلیم‌های مدیترانه‌ای از غرب و سیبری و خزری از شمال به منطقه طرح دارد. میزان بارندگی سالانه بر اساس داده‌های آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه (میانگین ۲۸ ساله)، میانگین بارش سالانه را ۸۳۲/۹ میلی‌متر نشان می‌دهد. همچنین درجه حرارت متوسط سالانه ۱۱/۲ سانتی‌گراد است (۴). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. Location of the study area

مطالعه از ۲۰ مدل غیرخطی استفاده شد که مدل‌های ۱ تا ۱۱ دو پارامتری و مدل‌های ۱۲ تا ۲۰ سه پارامتری هستند (جدول ۱).

#### برآورد پارامترها و مقایسه مدل‌ها

بیست مدل قطر و ارتفاع با استفاده از رگرسیون غیرخطی و روش حداقل مربعات در نرم‌افزار R برازش داده شد. به منظور ارزیابی مدل‌ها و انتخاب بهترین مدل با استفاده از معیارهای آماری مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و اریبی (BIAS) اعتبار مدل‌های آماری ارزیابی شد (۱۳، ۱).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (esti - obs_i)^2}{n}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (esti - obs_i)}{n} \quad (\text{رابطه ۲})$$

#### روش مطالعه

به منظور جمع‌آوری اطلاعات به کمک یک شبکه آماربرداری (مربع مستطیل ۲۰۰ × ۱۵۰ متر) الگوی اجرایی کشور (۴۱)، با شروع تصادفی تعداد ۳۴۵ قطعه نمونه دائمی دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰ آر، به طور منظم در سطح بخش پیاده شدند. از آنجا که هدف این پژوهش، بررسی رابطه قطر برابرسینه و ارتفاع گونه راش بوده است، تعداد ۶۹۰ درخت راش (قطرترین و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه نمونه) که قطر بیشتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر داشتند در منطقه بررسی و در قطعات نمونه اندازه‌گیری شدند. در پژوهش پیش‌رو به منظور ارزیابی و برازش مدل‌ها، ۳۰ درصد از داده‌ها به طور تصادفی انتخاب شدند و به عنوان مجموعه داده‌های ارزیابی از کلیه تجزیه و تحلیل کنار گذاشته شدند (۱۶)، بر این اساس ۴۸۰ پایه از درختان راش به منظور مدل‌سازی و ۲۱۰ پایه برای اعتبارسنجی ارائه شده است. مدل‌های بسیاری برای بررسی رابطه قطر و ارتفاع درختان توسعه یافته است، که در این

جدول ۱- مدل‌های قطر و ارتفاع مورد استفاده در پژوهش

| منبع   | عبارت جبری                                     | مدل               | شماره |
|--|--|-------------------|-------|
| Naslund (21), Peschel (26)                   | $H = 1.3 + \frac{d^2}{(a+bd)^2}$               | Naslund           | ۱     |
| Curtis (8)                                   | $H = 1.3 + a \left(\frac{d}{1+d}\right)^b$     | Curtis            | ۲     |
| Schumacher (31), Michailoff (18), Curtis (8) | $H = 1.3 + ae^{-bd^{-1}}$                      | Michailoff        | ۳     |
| Meyer (18), Curtis (8)                       | $H = 1.3 + a(1 - e^{-bd})$                     | Meyer             | ۴     |
| Stoffels and van Soest (36)                  | $H = 1.3 + ad^b$                               | Power             | ۵     |
| Mehtatalo (16)                               | $H = 1.3 + \frac{d^2}{(a+e^bd)^2}$             | Naslund2          | ۶     |
| Mehtatalo (15)                               | $H = 1.3 + \frac{d^2}{(e^a+bd)^2}$             | Naslund3          | ۷     |
| Mehtatalo (14) and Mehtatalo (15)            | $H = 1.3 + \frac{d^2}{(e^a+e^bd)^2}$           | Naslund4          | ۸     |
| Menten and Michaelis (15), Huang et al. (11) | $H = 1.3 + \left(\frac{ad}{b+d}\right)$        | Michaelis-Menten  | ۹     |
| Michaelis and Menten(18) and Mehtatalo, (16) | $H = 1.3 + \left(\frac{d}{a+bd+d^2}\right)$    | Michaelis-Menten2 | ۱۰    |
| Wykoff et al. (39)                           | $H = 1.3 + e^{(a+(b/d+1))}$                    | Wykoff            | ۱۱    |
| Curtis (8) and Prodan, (27)                  | $H = 1.3 + \left(\frac{d^2}{a+bd+cd^2}\right)$ | Prodan            | ۱۲    |
| Pearl and Reed (25), Huang et al. (11)       | $H = 1.3 + \left(\frac{a}{1+be^{-cd}}\right)$  | Logistic          | ۱۳    |
| Richards (29), Huang et al. (11)             | $H = 1.3 + a(1 - e^{-bd^c})$                   | Chapman-Richards  | ۱۴    |
| Weibull (38), Huang et al. (11)              | $H = 1.3 + a(1 - e^{-bd^c})$                   | Weibull           | ۱۵    |
| Gomperz (10), Huang et al. (11)              | $H = 1.3 + a \exp^{(-b \exp(-cd))}$            | Gomperz           | ۱۶    |
| Sibbesen (34), Huang et al. (11)             | $H = 1.3 + ad(bd)^{-c}$                        | Sibbesen          | ۱۷    |
| Flewelling and de Jong (10)                  | $H = 1.3 + a \exp(-bd^{-c})$                   | Korf              | ۱۸    |
| Ratkowsky (28), Huang et al. (11)            | $H = 1.3 + a \exp\left(\frac{-b}{d+c}\right)$  | Ratkowsky         | ۱۹    |
| Peschel (26)                                 | $H = 1.3 + \frac{a}{1+\frac{1}{bd^c}}$         | Hossfeldiv        | ۲۰    |

a, b, c ضرایب مدل، H ارتفاع درخت، d قطر برابر سینه

### نتایج و بحث

#### آماره‌های توصیفی قطر برابر سینه و ارتفاع درختان راش منطقه

شده است. بررسی آماره‌های توصیفی مشخصه‌های قطر برابر سینه و ارتفاع نشان می‌دهد که بین داده‌های به‌دست آمده از مدل و ارزیابی حاصل از داده‌های اصلی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف از معیار قطر برابر سینه و ارتفاع درختان راش منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ آورده

جدول ۲- آماره‌های توصیفی مشخصه‌های قطر برابر سینه و ارتفاع درختان راش

| ارتفاع (m) |      |      | قطر برابر سینه (cm) |       |      | آماره‌های توصیفی |
|------------|------|------|---------------------|-------|------|------------------|
| ارزیابی    | مدل  | کل   | ارزیابی             | مدل   | کل   |                  |
| ۲۵/۳۲      | ۲۶   | ۲۷   | ۲۶                  | ۲۵/۳۲ | ۶۵   | میانگین          |
| ۷/۵۱       | ۸    | ۸    | ۸                   | ۷/۵۱  | ۱۲/۵ | کمینه            |
| ۳۸/۲۳      | ۴۰/۵ | ۴۰/۵ | ۴۰/۵                | ۳۸/۲۳ | ۱۳۸  | بیشینه           |
| ۱/۲۸       | ۱/۴۵ | ۱/۶۱ | ۱/۴۵                | ۱/۲۸  | ۳/۷۲ | اشتباه معیار     |
| ۲۱۰        | ۴۸۰  | ۶۹۰  | ۴۸۰                 | ۲۱۰   | ۶۹۰  | تعداد            |

تا ۶۸ درصد از تغییرات کل در ارتفاع درخت را توجیه می‌کند (جدول ۴).

در جدول ۳ پارامترهای مدل به‌طور جداگانه برای مدل‌های دو و سه پارامتری ارائه شده است. مدل‌های استفاده شده ۶۱

جدول ۳- ضرایب رگرسیونی مدل‌های استفاده شده در مطالعه حاضر

Table 3. Regression coefficients of models used in the present study

| ضرایب مدل |        |      | مدل               | شماره |
|-----------|--------|------|-------------------|-------|
| a         | b      | c    |                   |       |
| ۲/۱۳      | ۰/۱۵   | -    | Naslund           | ۱     |
| ۳۸/۸۳     | ۱۷/۵۱  | -    | Curtis            | ۲     |
| ۳۷/۴۹     | ۱۸/۰۵  | -    | Michailoff        | ۳     |
| ۵۰/۹۶     | ۰/۰۱   | -    | Meyer             | ۴     |
| ۳/۷۰      | ۰/۴۷   | -    | Power             | ۵     |
| ۲/۱۳      | -۱/۸۶  | -    | Naslund2          | ۶     |
| ۰/۷۵      | ۰/۱۵   | -    | Naslund3          | ۷     |
| ۰/۷۵      | -۱/۸۶  | -    | Naslund4          | ۸     |
| ۴۵/۳۹     | ۴۱/۶۲  | -    | Michaelis-Menten  | ۹     |
| ۰/۹۱      | ۰/۰۲   | -    | Michaelis-Menten2 | ۱۰    |
| ۳/۶۲      | -۱۸/۰۵ | -    | Wykoff            | ۱۱    |
| ۸/۴۳      | ۰/۵۲   | ۰/۰۲ | Prodan            | ۱۲    |
| ۵۰/۹۶     | ۲/۶۵   | ۰/۰۱ | Logistic          | ۱۳    |
| ۳۱/۷۷     | ۰/۰۴   | ۱/۲۷ | Chapman-Richards  | ۱۴    |
| ۵۰/۹۶     | ۰/۰۵   | ۰/۶۵ | Weibull           | ۱۵    |
| ۵۰/۹۶     | ۱/۳۲   | ۰/۰۱ | Gomperz           | ۱۶    |
| ۰/۵       | ۱/۷۲   | ۰/۱۳ | Sibbesen          | ۱۷    |
| ۵۰/۹۶     | ۷/۴۵   | ۰/۶۱ | Korf              | ۱۸    |
| ۴۰/۲۷     | ۲۴/۶۳  | ۵    | Ratkowsky         | ۱۹    |
| ۵۰/۹۶     | ۰/۰۳   | ۰/۸۸ | Hossfeldiv        | ۲۰    |

مشخص شد که از مدل‌های دو پارامتره، مدل نسلند با مجذور میانگین مربعات خطا ۴/۲۱ و اریبی ۰/۵۵- و از مدل‌های سه پارامتره، مدل کورف، راتکوفسکی و وایبول با مجذور میانگین مربعات خطا به ترتیب ۴/۱۷، ۴/۱۹ و ۴/۲۳ و درصد اریبی به ترتیب ۰/۱۷، ۰/۳۸ و ۰/۱- بهتر توانسته‌اند مشخصه ارتفاع را برآورد کنند.

نتایج برازش بیست مدل غیرخطی از جمله ضریب تبیین، ضریب تبیین تعدیل یافته، مجذور میانگین مربعات خطا، اریبی و معیار اطلاعات آکائیک (AIC) داده‌های مدل‌سازی و اعتبارسنجی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج ضریب تبیین  $R^2$  و  $R^2_{adj}$  نشان می‌دهد که برای هر یک از مدل‌ها اختلاف چندانی دیده نمی‌شود. بیشترین مقدار را مدل ۱ و کمترین مقدار را مدل ۱۳ داشته‌اند. با توجه به نتایج بدست آمده

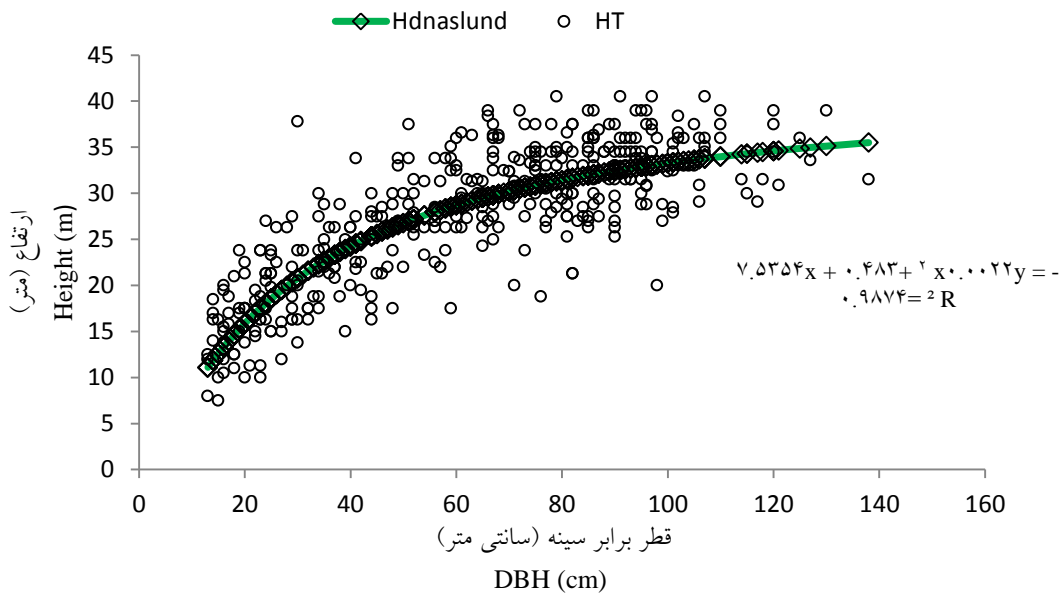
جدول ۴- مقادیر محاسبه شده ضریب تبیین، ضریب تبیین تعدیل یافته، مجذور میانگین مربعات خطا، اریبی و AIC برای مدل‌سازی و اعتبارسنجی ۲۰ مدل غیرخطی

Table 4. Calculated values of determination coefficient, modified determination coefficient, RMSE, BIAS and AIC for modeling and validation of 20 nonlinear models

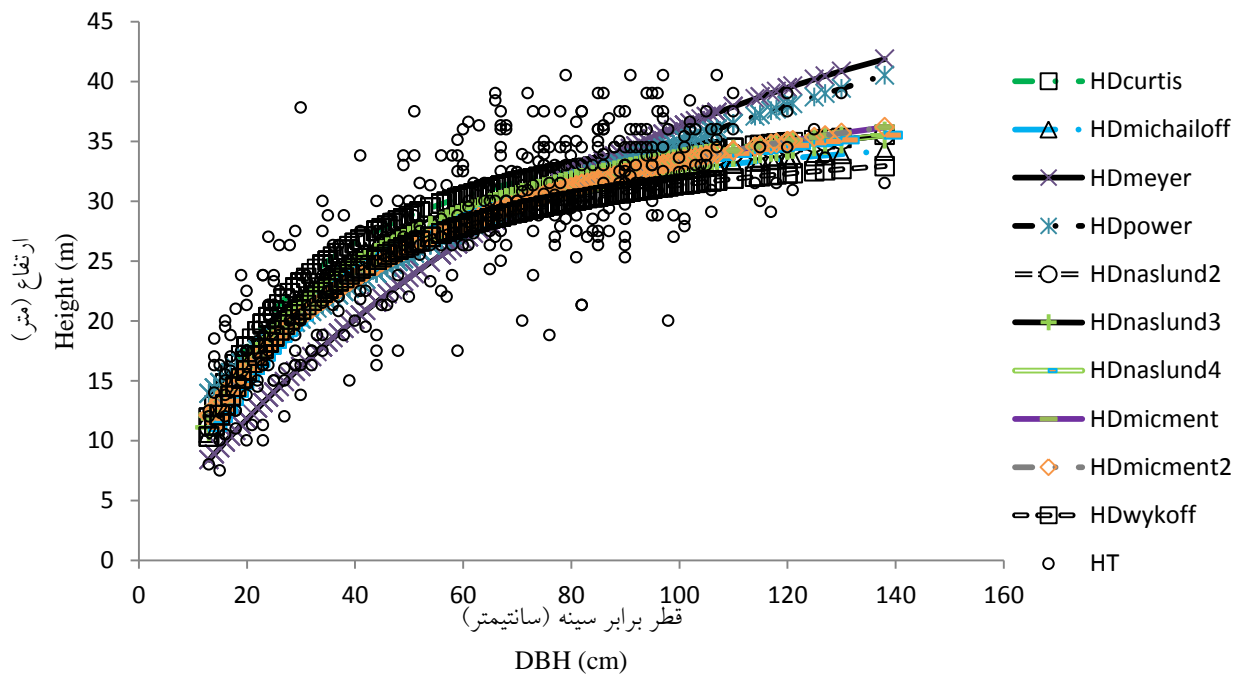
| اعتبارسنجی |       |      |             |         | مدل‌سازی |       |      |             |         | مدل               | شماره |
|------------|-------|------|-------------|---------|----------|-------|------|-------------|---------|-------------------|-------|
| AIC        | BIAS  | RMSE | $R^2_{adj}$ | $R^2$   | AIC      | BIAS  | RMSE | $R^2_{adj}$ | $R^2$   |                   |       |
| ۲۱۷/۴۱     | -۰/۵۰ | ۴/۱۱ | -۰/۶۷۹۸     | -۰/۶۸۰۷ | ۲۳۵/۵۰   | -۰/۵۵ | ۴/۲۱ | -۰/۶۸۰۲     | -۰/۶۸۱۱ | Naslund           | ۱     |
| ۲۲۷/۲۱     | -۰/۶  | ۴/۲۱ | -۰/۶۷۳۰     | -۰/۶۷۳۲ | ۲۴۰/۱۴   | -۰/۹  | ۴/۳۲ | -۰/۶۷۲۹     | -۰/۶۷۳۷ | Curtis            | ۲     |
| ۲۱۷/۴۳     | -۰/۳۲ | ۴/۱۵ | -۰/۶۷۵۱     | -۰/۶۷۵۴ | ۲۳۷/۶۲   | -۰/۴۱ | ۴/۲۴ | -۰/۶۷۳۱     | -۰/۶۷۴۲ | Michailoff        | ۳     |
| ۲۲۷/۸۶     | -۱/۲۱ | ۵/۲۰ | -۰/۶۶۶۱     | -۰/۶۶۷۳ | ۲۹۶/۷۳   | -۱/۵۵ | ۵/۳۱ | -۰/۶۶۳۴     | -۰/۶۶۴۲ | Meyer             | ۴     |
| ۲۲۸/۶۴     | -۰/۱۲ | ۴/۲۲ | -۰/۶۵۴۳     | -۰/۶۵۴۸ | ۲۴۰/۵۲   | -۰/۳۵ | ۴/۳۶ | -۰/۶۵۷۳     | -۰/۶۵۸۲ | Power             | ۵     |
| ۲۱۸/۱۲     | -۰/۵۲ | ۴/۱۵ | -۰/۶۷۹۳     | -۰/۶۸۰۵ | ۲۳۵/۵۱   | -۰/۵۵ | ۴/۲۱ | -۰/۶۸۰۲     | -۰/۶۸۱۱ | Naslund2          | ۶     |
| ۲۱۹/۶۷     | -۰/۵۴ | ۴/۱۶ | -۰/۶۷۹۱     | -۰/۶۸۰۴ | ۲۳۵/۵۳   | -۰/۵۶ | ۴/۲۲ | -۰/۶۸۰۱     | -۰/۶۸۱۰ | Naslund3          | ۷     |
| ۲۱۹/۶۷     | -۰/۵۶ | ۴/۱۶ | -۰/۶۷۹۳     | -۰/۶۸۰۵ | ۲۳۵/۵۴   | -۰/۵۵ | ۴/۲۲ | -۰/۶۸۰۲     | -۰/۶۸۱۱ | Naslund4          | ۸     |
| ۲۲۷/۳۲     | -۰/۶۴ | ۴/۲۰ | -۰/۶۷۳۰     | -۰/۶۷۳۳ | ۲۳۷/۴۰   | -۰/۷۷ | ۴/۲۴ | -۰/۶۷۱۹     | -۰/۶۷۲۱ | Michaelis-Menten  | ۹     |
| ۲۱۸/۲۵     | -۰/۷۱ | ۴/۱۵ | -۰/۶۷۳۰     | -۰/۶۷۳۳ | ۲۳۸/۴۲   | -۰/۷۶ | ۴/۲۵ | -۰/۶۷۱۹     | -۰/۶۷۲۰ | Michaelis-Menten2 | ۱۰    |
| ۲۳۶/۳۶     | -۱/۶۲ | ۴/۲۹ | -۰/۶۷۳۴     | -۰/۶۷۳۹ | ۲۵۴/۳۶   | -۱/۵  | ۴/۴۹ | -۰/۶۷۳۹     | -۰/۶۷۴۱ | Wykoff            | ۱۱    |
| ۲۱۹/۳۳     | -۰/۶۲ | ۴/۱۶ | -۰/۶۷۰۷     | -۰/۶۷۱۳ | ۲۳۸/۵۴   | -۰/۷۷ | ۴/۲۶ | -۰/۶۷۰۹     | -۰/۶۷۱۹ | Prodan            | ۱۲    |
| ۲۴۱/۱۱     | -۰/۱۷ | ۴/۳۶ | -۰/۶۱۴۴     | -۰/۶۱۴۸ | ۲۷۵/۳۲   | -۰/۱  | ۴/۵۶ | -۰/۶۱۷۸     | -۰/۶۱۹۱ | Logistic          | ۱۳    |
| ۲۲۲/۳۱     | -۰/۳۷ | ۴/۱۸ | -۰/۶۷۶۹     | -۰/۶۷۷۳ | ۲۳۷/۲۸   | -۰/۴  | ۴/۲۴ | -۰/۶۷۸۳     | -۰/۶۷۹۲ | Chapman-Richards  | ۱۴    |
| ۲۱۷/۸۵     | -۰/۰۹ | ۴/۱۶ | -۰/۶۷۹۴     | -۰/۶۸۰۵ | ۲۳۴/۲۶   | -۰/۱  | ۴/۲۱ | -۰/۶۸۰۲     | -۰/۶۸۱۱ | Weibull           | ۱۵    |
| ۲۳۲/۱۴     | -۰/۲۳ | ۴/۲۶ | -۰/۶۳۱۹     | -۰/۶۳۳۴ | ۲۵۵/۵۴   | -۰/۱۴ | ۴/۴۶ | -۰/۶۳۴۸     | -۰/۶۳۵۴ | Gomperz           | ۱۶    |
| ۲۲۶/۴۹     | -۰/۳۸ | ۴/۲۰ | -۰/۶۷۰۴     | -۰/۶۷۱۱ | ۲۳۵/۶۳   | -۰/۴۷ | ۴/۲۲ | -۰/۶۷۰۹     | -۰/۶۷۱۷ | Sibbesen          | ۱۷    |
| ۲۰۵/۶۱     | -۰/۱۲ | ۴/۰۷ | -۰/۶۸۰۷     | -۰/۶۸۱۱ | ۲۲۸/۲۸   | -۰/۱۷ | ۴/۱۷ | -۰/۶۸۰۸     | -۰/۶۸۱۶ | Korf              | ۱۸    |
| ۲۱۱/۵۲     | -۰/۳۶ | ۴/۱۰ | -۰/۶۸۰۱     | -۰/۶۸۰۹ | ۲۳۲/۳۴   | -۰/۳۸ | ۴/۱۹ | -۰/۶۷۰۳     | -۰/۶۸۱۲ | Ratkowsky         | ۱۹    |
| ۲۳۴/۸۷     | ۱/۱۵  | ۴/۱۹ | -۰/۶۶۲۱     | -۰/۶۶۲۶ | ۲۴۲/۱۲   | ۱/۲۳  | ۴/۳۹ | -۰/۶۶۴۱     | -۰/۶۶۵۳ | Hossfeldiv        | ۲۰    |



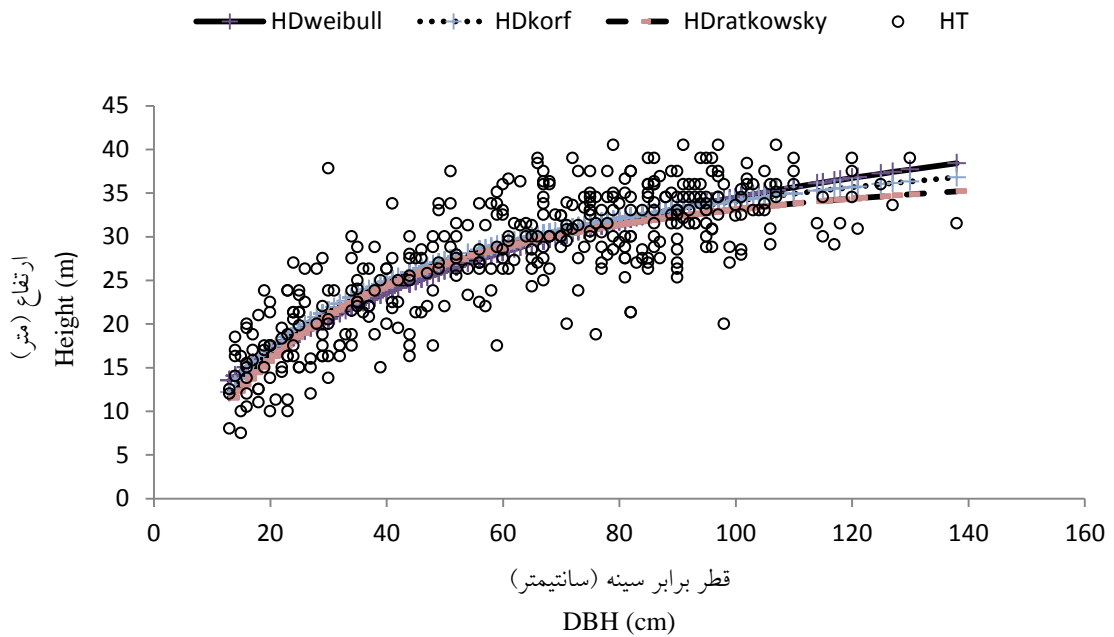
شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ منحنی قطر و ارتفاع مدل‌های دو و سه پارامتره منتخب و همچنین باقی مدل‌های برآورد شده را نشان می‌دهد.



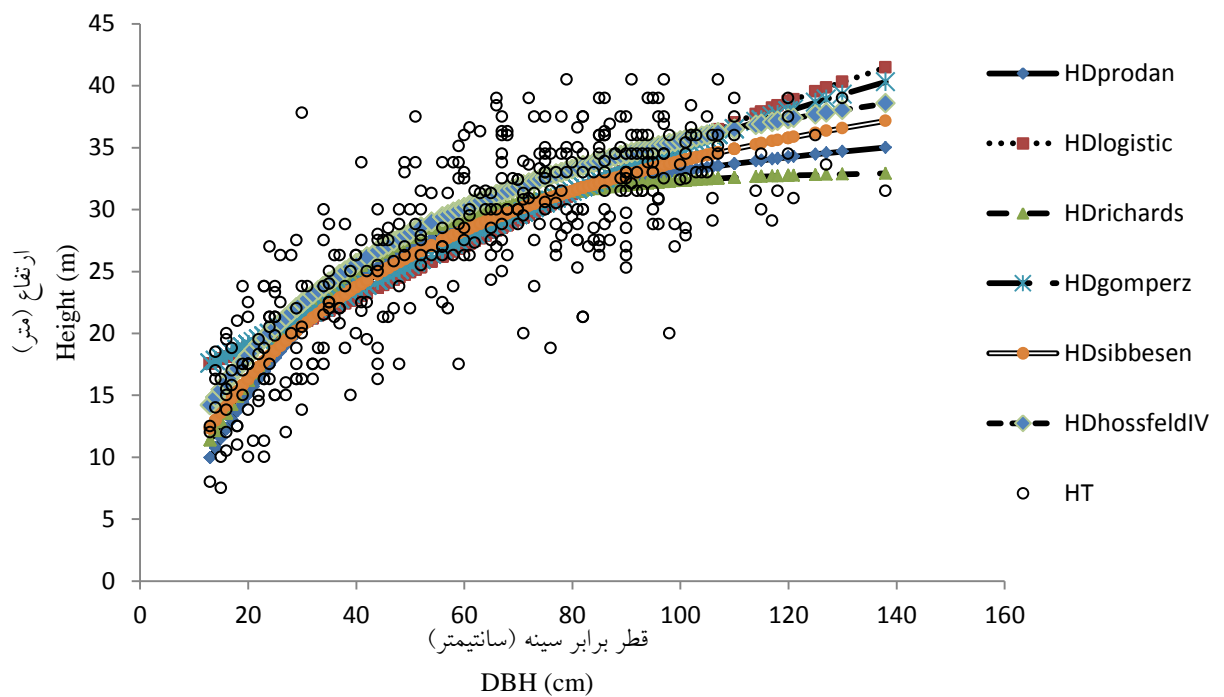
شکل ۲- منحنی قطر و ارتفاع مدل دو پارامتره انتخاب شده  
 Figure 2. Graph of diameter and height of the selected two- parameter model



شکل ۳- منحنی قطر و ارتفاع مابقی مدل‌های ۲ پارامتره  
 Figure 3. Graph of diameter and height of the remaining two- parameter models



شکل ۴- منحنی قطر و ارتفاع مدل‌های ۳ پارامتره انتخاب شده  
Figure 4. Graph of diameter and height of the selected three- parameter model



شکل ۵- منحنی قطر و ارتفاع مابقی مدل‌های ۳ پارامتره  
Figure 5. Graph of diameter and height of the remaining three-parameter models

نیازمند اطلاعات دقیق از کل منطقه است (۲). بر این اساس نتایج به دست آمده از آماره‌های توصیفی داده‌های زمینی قطر برابر سینه و ارتفاع درختان نشان می‌دهد که این داده‌ها از

هدف اصلی آماربرداری جنگل، آماده کردن اطلاعات دقیق و به‌هنگام برای برنامه‌ریزی، مدیریت منابع جنگلی، توسعه سیاست‌ها و برنامه‌های حفاظتی است که این تصمیم‌گیری‌ها

مدل‌ها با در نظر گرفتن تمامی جنبه‌های بررسی مدل نسبت به باقی مدل‌ها در پیش‌بینی ارتفاع درختان راش در شمال ایران در جنگل‌های پهن‌برگ و ناهمسال معرفی می‌شوند. مجذور میانگین مربعات خطا در حدود ۴ متر بود که با مطالعات محمدی و همکاران (۲۰)، احمدی و همکاران (۱)، تمسژن و همکاران (۳۷) همسو بوده است. همچنین این مطالعه با مهتالو و همکاران (۱۴)، ژانگ همکاران (۴۰) و مهتالو و همکاران (۱۵) از لحاظ نوع مدل انتخاب شده مشابه بوده است. مقایسه نتایج به‌دست آمده با دیگر پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد عواملی مانند ساختار توده، نوع توده و نوع مدل به‌کار گرفته‌شده در انتخاب نوع مدل بسیار اثرگذار است. هر چند مدل‌های کورف و راتکوفسکی، نسلند و وایبول دارای بهترین عملکرد نسبت به بقیه مدل‌ها در منطقه مورد بررسی دارد اما به‌دلیل تغییرات شرایط رویشگاهی و توده، رابطه قطر و ارتفاع در یک جنگل نیز ممکن است تغییر کند. بنابراین برای توسعه یک مدل ارتفاع و قطر برابر سینه به‌طور مجزا برای هر توده می‌توان از متغیرهای دیگر غیر از قطر درخت که شامل سطح مقطع توده، سن، تعداد در هکتار و غیره است، استفاده کرد ولی دو مسئله وجود دارد. مسئله اول زمان‌بر و پرهزینه است، در صورتی که مسئله دوم جنبه عملی دارد و برآوردهای دقیق‌تری از ارتفاع درخت را فراهم می‌کند (۱، ۳۰، ۳۳، ۴۰). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش رو، در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که مدل‌های رگرسیونی غیرخطی کورف، راتکوفسکی، نسلند و وایبول نتایج مشابه و نزدیک به یکدیگر داشته و توانایی خوبی در برآورد ارتفاع درختان با دقت مناسب داشتند، بنابراین این مدل‌ها می‌توانند در برآورد ارتفاع درختان جنگلی در صورت تأیید و تکرار این نتایج در مناطق جنگلی دیگر شمال ایران، در جنگل‌های پهن‌برگ استفاده شوند. همچنین در مطالعات بعدی پیشنهاد می‌شود علاوه بر مدل‌های مذکور از مدل‌های Mixed Model Effect نیز در برآورد ارتفاع درختان راش و دیگر گونه‌های جنگل‌های هیرکانی استفاده شود و بتوان این مدل‌ها را به‌صورت عملیاتی در برنامه‌ریزی جنگل به‌کار برد.

یک دامنه وسیع قطر برابر سینه ۱۲/۵ تا ۱۳۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ تا ۴۰/۵ متر انتخاب شده‌اند. این مساله بیانگر این است که به‌طور تقریب تمامی قطر و ارتفاع درختان راش در نظر گرفته‌شده. به‌منظور مدل‌سازی روابط قطر و ارتفاع درختان راش از بیست مدل غیرخطی استفاده شده است. عملکرد این مدل‌ها با استفاده از معیارهای مختلف از جمله ضریب تبیین، ضریب تبیین تعدیل‌یافته، مجذور میانگین مربعات خطا و ارزیابی ارزیابی شد (۱). نتایج نشان داد که از بین مدل‌های دو و سه پارامتره غیرخطی، مدل کورف (مدل ۱۸)، راتکوفسکی (مدل ۱۹)، نسلند (مدل ۱) و وایبول (مدل ۱۵)، با مجذور میانگین مربعات خطای به‌ترتیب ۴/۱۷، ۴/۱۹، ۴/۲۱ و ۴/۲۳ و ارزیابی به‌ترتیب ۰/۱۷، ۰/۳۸، ۰/۵۵ و ۰/۱ و ضریب تبیین ۰/۶۸۱۶، ۰/۶۸۱۲، ۰/۶۸۱۱ و ۰/۶۸۱۱ بهتر توانسته‌اند مشخصه ارتفاع درختان راش منطقه مورد مطالعه را برآورد کنند که با مطالعات (۱۶، ۳، ۱۹، ۳۷، ۴۰) همسو می‌باشد. لازم به ذکر است نتایج به‌دست آمده از مدل‌ها تفاوت زیادی با هم نداشتند که با نتایج عالمی و همکاران (۲) مطابقت دارد. شکل ۲ و ۳ منحنی قطر و ارتفاع مدل‌های ۲ پارامتره (گروه ۱) و شکل ۴ و ۵ منحنی قطر و ارتفاع مدل‌های ۳ پارامتره (گروه ۲) را نشان می‌دهد. مدل وایکوف در گروه ۱ برازش خوبی را نشان نمی‌دهد چرا که از قطر ۶۵ سانتی‌متر به بعد روند یکنواختی در پیش‌بینی ارتفاع درختان دارد (شکل ۳). مدل لجستیک در گروه ۲ مقدار ارتفاع در قطرهای پایین را بیشتر پیش‌بینی کرد و برای ۳ مدل پاور، مایر و میچایلو ف در گروه ۱ و مدل‌های گومپز و هاسفلد در گروه ۲ رفتار منحنی ارتفاع غیر واقع‌بینانه است زیرا ارتفاع از مدل‌های دیگر خیلی بیشتر پیش‌بینی شده است (شکل ۳ و ۵). اختلاف اصلی مدل‌های منتخب با مابقی مدل‌ها، به‌علت قطرهای بالاتر از ۱۰۰ سانتی‌متر است که خاصه جنگل‌های طبیعی شمال می‌باشد (۴). با مراجعه به شکل‌های مذکور در مدل ۲ پارامتر و مدل‌های ۳ پارامتر علت انتخاب مدل نسلند در گروه اول و مدل‌های وایبول، کورف و راتکوفسکی در گروه دوم در پیش‌بینی ارتفاع درختان قطور می‌باشد (شکل ۴، ۳، ۲). این

## منابع

1. Ahmadi, K., J. Alavi, M. Tabari and W. Aertsen. 2013. Non-linear height-diameter models for oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian forests, Iran. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment Journal*, 17(3): 431-440 (In Persian).
2. Alami, A., J. Oladi, A. Fallah and Y. Maghsodi. 2018. Evaluation of non-linear models of diameter - alder species in Hyrcanian forests (Case study: Rezaiean Forest), *Journal of natural ecosystems Iran*, 9(2): 1-12 (In Persian).
3. Anacioco, K., J. Gorio, M. Padsico, R. Lumbres, N. Doyog and Y. Lee. 2018. Fitting and evaluation of height-diameter models for *Alnus japonica* in La Trinidad, Benguet, Philippines, *Journal of Mountain Science*, 15: 2422-2432.
4. Anonymous. 2012. Forest Management Plan of Farim. Published by forest, Range and Watershed Management Organization, Farim Wood Company, 437 pp.
5. Bayat, M., M. Namiranian, M. Zobeiry and T. Pukkala. 2014. Growth Models using to Simulate and Investigate Different Forest Management Methods (Case Study: Gorazbon District in Kheyroud Forest, North of Iran). *Journal of Forest and Wood Products*, 67(4): 595-612 (In Persian).
6. Castano-Santamaria, J., F. Crecente-Campo, J.L. Fernandez-Martinez, M. Barrio-Anta and J.R. Obeso. 2013. Tree height prediction approaches for uneven-aged beech forests in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 307: 63-73.
7. Chai, Z., W. Tan, Y. Li, L. Y. H. Yuan and Zh. Li. 2019. Generalized nonlinear height-diameter models for a *Cryptomeria fortunei* plantation in the Pingba. *Web Ecology*, 18: 29-35.
8. Curtis, R.O. 1967. Height-diameter and height-diameter age equations for second growth Douglas fir. *Forest Science*, 13(4): 365-375.
9. Eslami, A., S.M.T. Hoseini and Kh. Sagheb-Talebi. 2016. Investigation stem number in the first diameter class for obtaining sustainable stands considering close to nature silviculture (case study: Shamushak forest, Golestan province), *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 23(2): 111-124.
10. Flewelling, J.W. and R. DeJong. 1994. Considerations in simultaneous curve fitting for repeated height-diameter measurements. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 1408-1414.
11. Huang, S., S.J. Titus and D.P. Wiens. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1297-1304.
12. Gompertz, B. 1832. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 123: 513-482.
13. Lumbres I.R.C., C.A. Abino, M.N. Pampolina, G.F. Calora Jr and Y.J. Lee. 2016. Comparison of stem taper models for the four tropical tree species in Mount Makiling, Philippines, *Journal of Mountain Science*, 13: 536-545.
14. Mehtatalo, L. 2004. A longitudinal height-diameter model for Norway spruce in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(1): 131-140.
15. Mehtatalo, L. 2005. Height-diameter models for Scots pine and birch in Finland. *Silva Fennica*, 39(1): 55-66.
16. Mehtatalo, L., S. de-Miguel and T.G. Gregoire. 2015. Modeling height-diameter curves for prediction, *Canadian Journal of Forest Research*, 45(7): 826-837.
17. Meyer, W. 1940. A mathematical expression for height curves. *Journal of Forestry*, 38: 415-420.
18. Michailoff, I. 1943. Zahlenm<sup>o</sup> assiges verfahren f<sup>u</sup> r die ausf<sup>u</sup> hrung der bestandshhenkurven. *Forstw. Clb U Thar. Forstl. Jahrb*, 6: 273-279.
19. Mohammadi, J. and Sh. Shataee. 2017. Investigation of Different Diameter-Height Models (*Carpinus betulus* L.) in the uneven forest masses of shast Kalateh in Gorgan, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 4: 700-712 (In Persian).
20. Mosaddegh, A. 2015. Silviculture. Tehran University Press, 496 pp (In Persian).
21. Naslund, M. 1937. Skogsf<sup>o</sup> rs<sup>o</sup> oksanstaltens gallringsf<sup>o</sup> rs<sup>o</sup> ok i tallskog (Forest research intitute's thinning experiments in Scots pine forests). *Meddelanden frstatens skogsf<sup>o</sup> rs<sup>o</sup> oksanstalt H<sup>o</sup> afte 29*. In Swedish.
22. Özel, H.B., U. Karadavut and M. Ertekin. 2010. The use of growth models in investigating oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) Natural juvenilities growth performance, *African Journal of Agricultural Research*, 5(18): 2544-2550.
23. Özçelik, R., M.J. Diamantopoulou, F. Crecente-Campo and F. Eler. 2013. Estimating Crimean juniper tree-height using nonlinear regression and artificial neural network models, *Forest Ecology and Management*, 306: 52-60.
24. Paulo, J.A., J. Tom<sup>e</sup> and M. Tom<sup>e</sup>. 2011. Nonlinear fixed and random generalized height-diameter models for Portuguese cork oak stands. *Annals of Forest Science*, 68: 295-309.
25. Pear, R. and L.J. Reed. 1920. on the rate of growth of the population of the united states since 1790 and its mathematical representation. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A*, 6: 276-288.

26. Pesche, W. 1938. Mathematical methods for growth studies of trees and forest stands and the results of their application. *Tharandter Forstliches Jahrbuch*, 89: 169-247.
27. Prodan, M. and S.H. Gardiner. 1968. *Forest Biometrics*. Pergamon Press, Oxford, 447 pp.
28. Ratkowsky, D.A. 1990. *Hand book of nonlinear regression*. Marcel Deccer inc., New York, USA.
29. Richards, F.J. 1959. A flexible growth functions for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, 10(29): 290-300.
30. Sáncheza, C.A.L., J.G. Varela, F.C. Doradoa, A.R. Alboreca, R.R. Soalleiro, J.G.A. Gonzalez and F.S. Rodriguez, 2003. A height–diameter model for *Pinus radiata* D.Don in Galicia (North-west Spain), *Annals of Forest Science*, 60: 237-245.
31. Schumacher, F.X. 1939. A new growth curve and its application to timber yield studies. *Journal of Forestry*, 37: 819-820.
32. Seyd, Z., M. Moayeri and J. Mohammadi. 2014. Introducing the Criteria and Indicators of Measuring Stand Structure in Sustainable Forest Management, *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 2(2): 25-38 (In Persian).
33. Sharma, M. and S.Y. Zhang. 2004. Height–diameter models using stand characteristics for *Pinus banksiana* and *Picea mariana*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19: 442-451.
34. Sibbesen, E. 1981. Some new equations to describe phosphate sorption by soils. *Journal of Soil Science*, 32: 67-74.
35. Sirkia, S., J. Heinonen, J. Miina and K. Eerikainen. 2014. Subject-specific prediction using a nonlinear mixed model: consequences of different approaches. *Forest Science*, 61(2): 205-212.
36. Stoffels, A. and J. van Soest. 1953. The main problems in sample plots. *Ned. Boschb. Tijdschr*, 25: 190-199.
37. Temesgen, H., C.H. Zhang and X.H. Zhao. 2014. Modelling tree height-diameter relationships in multi-species and multi-layered forests: A large observational study from northeast China. *Forest Ecology and Management*, 316: 78-89.
38. Weibull, W. 1951. A statistical distribution functions of wide applicability. *Journal of Applied. Mechanics*, 18(3): 293-297.
39. Wykoff, W.R., N.L. Crookston and A.R. Stage. 1982. *User’s guide to the stand prognosis model*. USDA Forest Service, General Technical Report (GTR), 133 pp.
40. Zhang, X., A. Duan, J. Zhang and C. Xiang. 2014. Estimating Tree Height-Diameter Models with the Bayesian Method, *Journal of Scientific World*, 240-249.
41. Zobeiry, M. 2009. *Forest Inventory*, Tehran university press, 401 pp.

## Investigating the Diameter and Height Models of Beech Trees in Uneven Age Forest of Northern Iran (Case study: Forest Farim)

Seyedeh Kosar Hamidi<sup>1</sup>, Asghar Fallah<sup>2</sup>, Mahmoud Bayat<sup>3</sup> and Seyed Ali Hosseini Yekani<sup>2</sup>

---

1- PhD Student, Sari Agriculture sciences and Natural Resource University, Sari, Mazandaran, Iran, (Corresponding author: k.hamidi86@yahoo.com)

2- Professor, Sari Agriculture sciences and Natural Resource University, Sari, Mazandaran, Iran

3- Assistant Professor, Forest Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).Tehran, Iran

Received: May 6, 2019

Accepted: June 12, 2019

---

### Abstract

Diameter at the breast and height of trees are the most important components in the forest inventory. Measuring the diameter of trees is simpler and less costly than height; hence, some equations are used to predict height by diameter of trees. In the present study, the ability to use different diameter-height models for estimating the height of beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) in uneven age and mixed stands in Hyrcanian forest, North of Iran. In this study, a systematic-randomly sampling method with 150 × 200m network (0.1 ha) was used. Diameter and height of the thickest and nearest trees (690 individuals) to the center of circular sample plots (345) was measured. 70% of the data was used for modeling and the remaining 30% was used for evaluating estimated models. Using 20 nonlinear regression models including 11 two-parameter models and 9 three-parameter models, the relationship between height as a dependent variable and diameter as an independent variable was considered and analyzed. In order to evaluate the models and select the best model, the validity of the statistical models was evaluated using RMSE and BIAS. The results of the model evaluation criteria did not differ significantly. Korf, Ratkowsky, Naslund and Weibull models with root mean square error of 4.17, 4.19, 4.21, and 4.23 and BIAS of 0.17, -0.38, -0.55 and -0.1, respectively had a good ability to accurately estimate the height of beech trees. According to the region conditions, these models can be used to estimate the height of beech trees in broadleaved and mixed forest of northern Iran.

**Keywords:** Diameter-Height Model, Inventory, Modelling, Nonlinear Regression



"مقاله پژوهشی"

بررسی ظهور نهال حاصل از بذرکاری  
بلوط ایرانی، بنه و کیکم در شرایط طبیعی جنگل‌های دالاب ایلام

احمد حسینی<sup>۱</sup>، مهدی پورهایمی<sup>۲</sup> و ایاد اعظمی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار، بخش تحقیقات جنگل، مرتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران (نویسنده مسؤل: ahmadphd@gmail.com)

۲- دانشیار تحقیقات، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- مربی پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مرتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰

صفحه: ۴۱ تا ۴۸

چکیده

امروزه احیای جنگل‌های زاگرس به دلیل حضور انسان و فعالیت‌های تخریب‌گرایانه آن بیش از پیش احساس می‌شود. تحقق این امر مستلزم رعایت اصول علمی جنگل‌شناسی است. از فعالیت‌های احیایی اساسی در این جنگل‌ها می‌توان به کاشت بذر گونه‌های بومی در محدوده مناطق گسترش آنها اشاره کرد. در این راستا پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی وضعیت جوانه‌زنی و سبز شدن بذور گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم کاشت شده در جنگل‌های دالاب ایلام در سال ۱۳۹۷ انجام شد. برای این منظور سه رویشگاه در دامنه شمالی و ارتفاع تقریباً یکسان ۱۳۸۰ تا ۱۴۱۰ متر از سطح دریا انتخاب شد. در هر رویشگاه سه درخت برای هر یک از گونه‌های بلوط، بنه و کیکم در نظر گرفته شد. در زیر هر درخت سه چاله در حد فاصل تنه تا انتهای تاج برای هر سمت تاج و در مجموع ۱۲ چاله حفر شد. در چاله‌های حفر شده زیر درختان، بذر متناظر آن‌ها در زمستان ۱۳۹۶ کاشت گردید. نتایج حاصل از آماربرداری در بهار ۱۳۹۷ نشان داد که بذور گونه بلوط بیشترین میزان ظهور نهال (۲۲٪) را داشتند. بذور گونه بنه دومین رتبه را از نظر میزان ظهور نهال (۱۸٪) کسب کردند. بذور گونه کیکم کمترین میزان ظهور نهال (۳٪) را داشته و تعداد نهال‌های سبز شده آنها انگشت‌شمار بود. بیشترین میزان ظهور نهال بلوط در سمت شمالی تاج درخت (۳۲٪) بود و در گونه بنه بیشترین میزان ظهور نهال در سمت‌های جنوبی (۳۲٪) و غربی (۳۰٪) تاج درخت بود. بیشترین میزان ظهور نهال بلوط (۴۸٪) و بنه (۵۱٪) در نزدیک‌ترین فاصله از تنه درخت یافت شد. با وجود کاشت بذور این سه گونه در شرایط یکسان از نظر توپوگرافی، موقعیت زیر تاج درخت و فاصله از تنه درخت، نتایج مشابهی به دست نیامد که می‌توان دلیل این امر را ناشی از خصوصیات بذور آنها مانند اندازه بذر و قوه نامیه دانست.

واژه‌های کلیدی: احیاء، بذرکاری، جوانه‌زنی، جنگل‌های زاگرس

مقدمه

احیای جنگل بر اساس اصول علمی جنگل‌شناسی از اقدامات اصلی مدیریت جنگل بوده و در هر جنگلی به دلیل ورود انسان و فعالیت‌های تخریب‌گرایانه آن لازم است. اهمیت احیای جنگل از جنبه‌های مختلف به‌ویژه از جنبه‌های اکولوژی و زیست‌محیطی بر کسی پوشیده نیست. جنگل‌های زاگرس از جمله مهم‌ترین جنگل‌های کشور است که متأسفانه به دلایل متعدد دچار تخریب شده و کماکان آثار و تبعات فعالیت‌های انسانی و حضور دام در جنگل چشم‌گیر است. خشکسالی‌های دهه اخیر و خشکیدگی‌های درختی گسترده متعاقب آن نیز بر وخامت اوضاع افزوده است. در حال حاضر وضعیت این جنگل‌ها طوری است که صرفاً بایستی به فکر احیای آنها بود و مدیریت آن بایستی متمرکز بر فعالیت‌ها و اقدامات احیایی باشد (۱۶، ۱۴، ۱۵).

از فعالیت‌های احیایی اساسی در این جنگل‌ها می‌توان به کاشت بذر یا نهال گونه‌های بومی در محدوده مناطق گسترش آنها اشاره کرد. با توجه به تنگ بودن جنگل‌های زاگرس و سرشت نورپسندی اکثر گونه‌های درختی و درختچه‌ای آن، معمولاً بهتر است بذرکاری انجام شود. بذرکاری در جنگل معمولاً از نظر هزینه و زمان مقرون به صرفه‌تر از روش نهال‌کاری است؛ به‌طوری‌که در برخی

مطالعات هزینه کاشت نهال حدود ۱/۵ تا ۲ برابر هزینه کاشت بذر برآورد شده است (۱۷، ۲۴، ۱۳، ۸، ۵). در عملیات بذرکاری معمولاً ضمن توجه به کیفیت بذر، بر اساس شناخت رابطه گونه و رویشگاه، بذرکاری با هر گونه را در محدوده مناطقی که خصوصیات اکولوژیکی رویشگاه با گونه هماهنگی و هم‌خوانی دارد، انجام می‌دهند تا میزان موفقیت بذرکاری و حصول نتایج افزایش یابد (۲). بنابراین در پژوهش حاضر سعی شده است که از گونه‌های درختی بومی شامل بلوط ایرانی، بنه و افرا کیکم بذر جمع‌آوری شده و در منطقه جمع‌آوری بذر اقدام به کاشت آنها شود. به عبارت دیگر به‌منظور انجام بذرکاری موفق‌تر و دست‌یابی به نتایج مطمئن‌تر سعی گردید که مسئله مبداء بذر رعایت شود. در پژوهش‌های متعددی به اهمیت مبداء بذر و ارتباط آن با جوانه‌زنی و ظهور نهال اشاره شده است (۱۸، ۲۱، ۲۶، ۲۷، ۱، ۱۱). افزون بر این در برخی پژوهش‌ها بیان شده است که بر اساس ارتباط مبداء بذر و صفات مورفولوژیک و جوانه‌زنی بذر، بذره‌های طبقات ارتفاعی پایین‌تر از نظر بنیه گیاهی و قوه نامیه بهتر هستند (۲۶، ۱). لذا در پژوهش حاضر بذر درختان مورد مطالعه از طبقات ارتفاعی پایین منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و در سایت‌های تحقیقاتی واقع در طبقات ارتفاعی پایین کاشت گردید.

۵۷ درصد و ۳۴ درصد بیشترین میزان بود، اما میزان زنده‌مانی نهال بلوط بعد از یکسال (۹۲ درصد) خیلی بیشتر از گونه کاج (۱۶ درصد) بود. نتیجه‌گیری شد که صرفاً گونه‌های با بذر بزرگ، مانند بلوط، بایستی برای احیای جنگل در شرایط کاشت مستقیم بذر استفاده شوند. طی تحقیقی پتری و همکاران (۲۲) بیان کرده‌اند که میزان ظهور نهال و استقرار آن در دمای مناسب (حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و بارندگی کافی و رطوبت بالای قابل دسترس نهال زیاد است و با افزایش بارندگی و رطوبت خاک میزان آن بیشتر می‌شود. همچنین بیان کردند که در اقلیم متغیر، افزایش دما و کاهش رطوبت قابل دسترس مانع پایداری جنگل از طریق محدود شدن فرآیند زادآوری می‌شود.

یکی از عواملی که در میزان جوانه‌زنی بذر تاثیر قابل توجهی دارد و در نتیجه‌گیری‌های برخی پژوهش‌ها به آن اشاره شده است، اندازه بذر است. اندازه بذر با میزان ذخیره غذایی بذر برای گیاهچه در زمان جوانه‌زنی ارتباط دارد. در تحقیقی در جنگل‌های هند کونیال و همکاران (۱۹) نتیجه گرفتند که صفتهای اندازه و وزن بذر با جوانه‌زنی و ظهور نهال همبستگی مثبت دارد. در تحقیقی دیگر لهتیلا و ارلن (۲۰) اندازه بذر را به‌عنوان شاخصی برای تعیین کیفیت بذر معرفی کرده‌اند.

با توجه به اهمیت احیای جنگل‌های زاگرس و اهمیت حفظ و حمایت گونه‌های درختی اصلی مانند بلوط ایرانی، بنه و افرا کیکم ضرورت کمک به تقویت زادآوری طبیعی این جنگل‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. در این تحقیق ضمن اهتمام در تحقق این امر و برداشتن گامی در جهت احیای این جنگل‌ها، سعی شده است که در بذرکاری‌ها از گونه‌های درختی بومی استفاده شده و از نحوه استقرار زادآوری طبیعی این جنگل‌ها تقلید شود تا بهتر و زودتر به نتیجه مطلوب نائل آید. در این راستا هدف تحقیق حاضر بررسی میزان ظهور نهال حاصل از کاشت بذر گونه‌های بلوط ایرانی، بنه و کیکم در شرایط واقعی جنگل و مقایسه بین گونه‌های نامبرده از این نظر است.

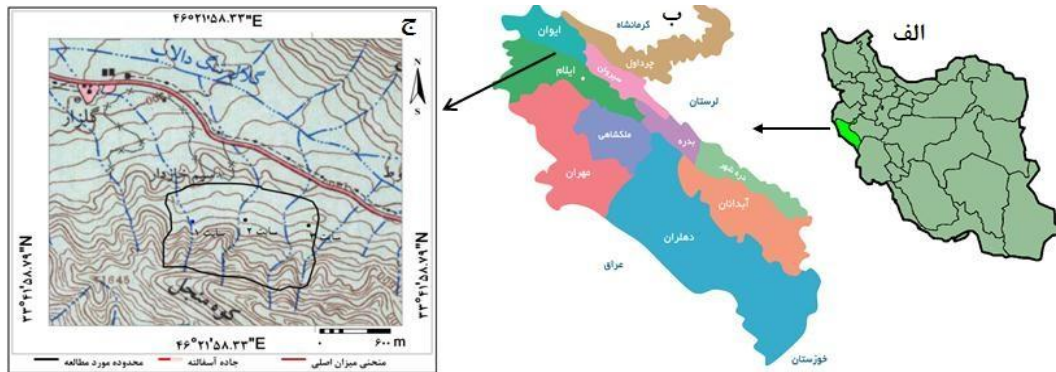
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

برای انجام این تحقیق بخشی از جنگل‌های حفاظت‌شده دالاب در نیمه شمالی استان ایلام در نظر گرفته شد (شکل ۱). در این منطقه کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۱۳۵۰ و ۱۶۰۰ متر از سطح دریا بوده و جهت‌های جغرافیایی غالب آن شمالی و جنوبی است. اما محدوده مورد مطالعه در بازه ارتفاعی ۱۳۸۰ تا ۱۴۱۰ متر از سطح دریا و در جهت جغرافیایی شمالی قرار دارد. متوسط میزان بارندگی سالیانه در منطقه دالاب حدود ۵۹۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه آن حدود ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد است. فصل خشک منطقه از اوایل تا اواسط اردیبهشت‌ماه شروع شده و تا اوایل یا اواخر مهرماه ادامه دارد (۱۶، ۱۵، ۱۴، ۳). گونه‌های درختی و درختچه‌ای همراه درخت بلوط ایرانی شامل بنه، کیکم، زالزالک، ارجن، سیاه‌ارجن و آلبالو می‌باشد (۱۵، ۱۴، ۱۶).

پژوهش‌های فراوانی در خصوص زادآوری مصنوعی و میزان موفقیت کاشت بذر گونه‌های درختی و درختچه‌ای در شرایط اکولوژیکی مختلف انجام شده است که همگی بر این امر دلالت دارند که میزان جوانه‌زنی بذر کاشت شده و ظهور نهال‌های حاصل از آنها بسته به نوع گونه و شرایط اکولوژیکی مختلف فرق می‌کند. در تحقیقی در جنگل‌های استان فارس حمزه‌پور و همکاران (۱۲) ضمن بررسی پتانسیل احیای جنگل‌های بنه از طریق کاشت مستقیم بذر و کاشت نهال نتیجه گرفتند که با توجه به وضعیت اقلیمی موجود از جمله بارندگی نسبتاً کم، عدم پراکنش منظم بارندگی، وجود فصل خشک طولانی، تبخیر زیاد و بروز تنش خشکی در طول فصل رویش گیاه، احیا و غنی‌سازی جنگل‌های بنه با استفاده از کاشت بذر و نهال از موفقیت‌چندانی برخوردار نبوده و این حالت در کاشت بذر چشم‌گیرتر است. همچنین بیان کردند که قطع و سر شاخه‌زنی درختان مادری، حضور دام در عرصه جنگل و تغذیه جوندگان از جمله خرگوش و جوجه‌تیغی خود عامل دیگری است که موجودیت نهال‌های تازه رویش یافته را در عرصه‌های جنگلی تهدید می‌نماید. در تحقیقی در کشور مکزیک کروز و همکاران (۶) به بررسی و مقایسه جوانه‌زنی و ظهور نهال چهار گونه بلوط در شرایط واقعی جنگل و در شرایط گلخانه پرداختند. نتایج نشان داد که بین گونه‌ها از نظر میزان جوانه‌زنی بذر و ظهور نهال تفاوت وجود دارد و چگونگی این تغییرات و تفاوت‌ها در محیط‌های جنگل واقعی و گلخانه یکسان نیست. همچنین در این تحقیق مشخص شد که وزن میوه بلوط در میزان جوانه‌زنی بذر و ظهور نهال تاثیر معنی‌دار ندارد. در تحقیقی در جنگل‌های آمریکا باک و کلیس (۴) ضمن بررسی الگوهای ظهور و زنده‌مانی نهال‌های نراد نتیجه گرفتند که میزان جوانه‌زنی نهال‌های نراد در توده‌های صنوبر نه برابر بیشتر از توده‌های آمیخته و توده‌های با غالبیت سوزنی‌برگ بیشتر بود. میزان جوانه‌زنی در پای درختان صنوبر دو برابر بیشتر از پای درختان نراد و نیز فواصل بین درختان بود. میزان جوانه‌زنی در سمت شمالی تاج درختان صنوبر بیشتر بود. به‌علاوه میزان رطوبت خاک در توده‌های با غالبیت صنوبر و نیز در پای درختان صنوبر بیشتر بود. نهال‌های نراد مستقر شده در مجاورت درختان صنوبر روابط آبی بهتر و میزان نیتروژن و فسفر برگ آنها بالاتر بود. در تحقیق دیگری در جنگل‌های آمریکا فیسیچلی و همکاران (۹) نتیجه گرفتند که نهال‌های یکساله در پاسخ به گرم شدن هوا رشد بهتری داشتند، اما در شرایط خشک‌تر یا مرطوب‌تر وضعیت نامطلوبی داشتند. همچنین بالا رفتن دمای هوا معمولاً میزان ظهور نهال‌ها را افزایش داد، اما زنده‌مانی آنها را کاهش داد. در تحقیقی در جنگل‌های کانادا اس‌تی-دنيس و همکاران (۲۵) ضمن مقایسه شش گونه درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ از نظر میزان ظهور و زنده‌مانی نهال حاصل از کاشت مستقیم بذر نتیجه گرفتند که میزان ظهور نهال گونه‌های *Larix* *Betula alleghaniensis* و *Betula papyrifera laricina* کمتر از ۱ درصد بوده و نرخ ظهور نهال گونه *Acer saccharum* حدود ۶ درصد بود. همچنین نرخ ظهور نهال گونه‌های *Pinus resinosa* و *Quercus rubra* به ترتیب با





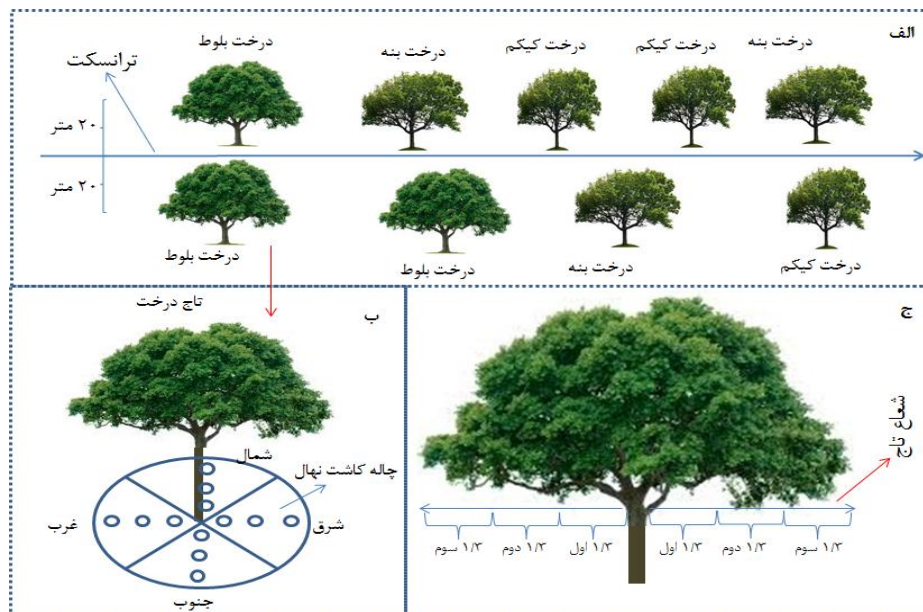
شکل ۱- الف- نقشه ایران و موقعیت استان ایلام روی آن، ب- نقشه استان ایلام، ج- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰

Figure 1. a) map of Iran and location of Ilam province on it b) map of Ilam province c) Location of the study area on topographic map 1: 50000

### روش تحقیق

در این تحقیق سه رویشگاه از جنگل‌های بلوط حفاظت شده منطقه دالاب در شرایط تقریباً یکسان از نظر توپوگرافی (در جهت شمالی و ارتفاع ۱۳۸۰-۱۴۱۰ متر از سطح دریا) انتخاب شد. در هر رویشگاه یک ترانسکت پایه به موازات خطوط میزان پیاده شد و در امتداد آن سه اصله درخت از هر یک از گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم انتخاب شد (شکل ۲- قسمت الف). سپس در زیر تاج هر یک از درختان منتخب ۱۲ چاله حفر شد (شکل ۲- قسمت ب). به این صورت که در هر یک از جهت‌های اصلی تاج درخت و در حد فاصل بین تنه درخت تا انتهای گستره تاج سه چاله در فاصله‌های مساوی حفر شد (شکل ۲- قسمت ج). در مرحله بعد بذر مورد نیاز جهت کاشت از درختان بلوط ایرانی، بنه و

کیکم منطقه دالاب در تابستان سال ۱۳۹۶ جمع‌آوری شد. سپس در زمستان همان سال چاله‌های حفر شده با بذور جمع‌آوری شده کاشت گردید. لازم به ذکر است که چاله‌های زیر تاج درختان هر گونه درختی با بذر همان گونه کاشت شد. با توجه به تداوم بارندگی‌های بهار تا اوایل خرداد ۱۳۹۷، شمارش نهال‌های حاصل از جوانه‌زنی بذرهای کاشته‌شده، در نیمه اول خرداد ۱۳۹۷ انجام شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها و واردسازی و مرتب کردن آن‌ها در نرم‌افزار EXCEL، به‌منظور بررسی اثر گونه درختی بر میزان ظهور نهال حاصل از کاشت بذر، تجزیه واریانس یک‌طرفه داده‌ها در نرم‌افزار SPSS انجام شد. همچنین میزان زادآوری مصنوعی در سمت‌های مختلف تاج درختان و در فواصل مختلف از تنه درخت مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.



شکل ۲- الف) پیاده کردن ترانسکت و انتخاب درختان بلوط ایرانی، بنه و کیکم بر روی آن ب) حفر چاله و کاشت بذر در سمت‌های اصلی تاج درخت ج) تقسیم شماتیک زیرتاج درخت به محدوده‌های مساوی برای کاشت بذر

Figure 2. a) transecting and selecting *Quercus persica*, *Pistacia atlantica* and *Acer cineracens* trees on it b) digging pits and seed planting on the main sides of tree canopy c) Schematic division of under tree crown into equal areas for seed planting.

## نتایج و بحث

مدیریت امروزی جنگل های زاگرس با توجه به شرایط نامطلوب اکوسیستم آن و وقوع تغییرات اقلیمی و خشکسالی های پی آید آن و به ویژه خشکیدگی های درختی گسترده بایستی مبتنی بر حفاظت و احیا باشد. یکی از اقدامات مدیریتی مهم در راستای احیای این جنگل ها تقویت زادآوری طبیعی آنها از طریق زادآوری دست کاشت و مطابق با الگوی استقرار زادآوری طبیعی است (۱۶، ۱۴، ۱۵). این امر موجب کمک به ماندگاری گونه های چوبی و علفی و به ویژه گونه های درختی مهم مانند بلوط ایرانی، بنه و کیکم و کمک به پویایی اکوسیستم آن است. تحقیق حاضر گامی در جهت تحقق این امر مهم بوده است.

### بررسی تاثیر گونه درختی بر میزان ظهور زادآوری دست کاشت

در این بررسی مقایسه بین گونه های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم از نظر تعداد چاله های دارای نهال و تعداد نهال های ظهور یافته انجام شد. نتایج نشان داد که اثر نوع گونه بر میزان جوانه زنی یا ظهور نهال معنی دار بوده است. نکته حائز اهمیت این است که تعداد چاله های دارای نهال در گونه بنه بیشتر از سایر گونه ها بود (جدول ۱)، اما تعداد کل نهال های سبز شده و ظهور یافته در گونه بلوط ایرانی بیشتر از سایر گونه ها بود (جدول ۱).

نتایج تحقیق حاضر به طور کلی نشان داد که ۳۶ درصد از کل چاله های کاشت شده منجر به ظهور نهال شده است که ۴۷ درصد از چاله های دارای نهال متعلق به بلوط ایرانی، ۵۲ درصد مربوط به گونه بنه و یک درصد مربوط به گونه کیکم بوده است. در بقیه چاله ها اصولاً نهالی دیده نشد. یکی از دلایل این امر به بارندگی های شدید زمستان ۹۶ و اوایل بهار ۹۷ برمی گردد که موجب رواناب شدید و فرسایش شدید خاک شد و بسیاری از چاله ها بدین ترتیب مملو از خاک شسته شده گردیده و بذور کاشته شده در داخل آنها خفه شده و فرصت جوانه زنی پیدا نکردند. برخی از چاله ها نیز در اثر فعالیت گرازهای منطقه تخریب شده و یا مملو از خاک شده بودند و عملاً امکان جوانه زنی و ظهور نهال در این چاله ها از بین رفت. برخی از چاله ها نیز به دلیل ضعف قوه نامیه گونه کیکم فاقد جوانه زنی بذر و ظهور نهال بودند. اگر چه حمزه پور و همکاران (۱۲) در تحقیق خود در جنگل های فارس نتیجه گرفتند که احیا و غنی سازی جنگل های بنه با استفاده از کاشت بذر و نهال از موفقیت چندانی برخوردار نبوده است، اما میزان موفقیت بذرکاری در پژوهش حاضر بیشتر بوده است. البته ایشان بیان کرده اند که تغذیه جوندگان از جمله خرگوش و جوجه تیغی موجودیت نهال ها را در عرصه های جنگلی تهدید می نماید. اس تی دنیس و همکاران (۲۵) نیز نتیجه گرفتند که میزان ظهور نهال گونه های درختی *Betula* *Larix laricina papyrifera* و *Betula alleghaniensis* کمتر از ۱ درصد بوده و نرخ ظهور نهال گونه *Acer saccharum* حدود ۶ درصد بود. اما نرخ ظهور نهال گونه های *Quercus rubra* و *Pinus resinosa* به ترتیب با ۵۷ درصد و ۳۴ درصد بیشترین میزان بود که البته میزان

زنده مانده نهال بلوط بعد از یکسال (۹۴ درصد) خیلی بیشتر از گونه کاج (۱۶ درصد) بود. بر این اساس نتیجه گیری کردند که برای موفقیت در احیای جنگل در شرایط کاشت مستقیم بذر صرفاً گونه های با بذر بزرگ، مانند بلوط استفاده شوند.

نتایج مقایسه بین گونه ها از نظر میزان ظهور نهال نشان داد بیشترین میزان ظهور نهال مربوط به گونه بلوط ایرانی است و گونه های بنه و کیکم به ترتیب ظهور نهال کمتری داشتند. یکی از دلایل این امر می تواند به اندازه بذر گونه ها ارتباط داشته باشد. بذر درختان بلوط ایرانی بزرگ تر از بذر بنه و بذر درختان بنه بزرگ تر از بذر کیکم است و به تناسب بزرگ تر بودن اندازه بذر آنها، مواد غذایی ذخیره بذر برای گیاهچه در زمان جوانه زنی و رشد آن بیشتر است و در موفقیت ظهور نهال آنها نقش مهمی دارد. لهتیلا و ارلن (۲۰) اندازه بذر را به عنوان شاخصی برای تعیین کیفیت بذر معرفی کرده اند. کونیال و همکاران (۱۹) نتیجه گرفتند که صفتهای اندازه و وزن بذر با جوانه زنی و ظهور نهال همبستگی مثبت دارد. کرووز و همکاران (۶) نشان دادند که بین گونه ها از نظر میزان جوانه زنی بذر و از نظر ظهور نهال تفاوت وجود دارد. اس تی دنیس و همکاران (۲۵) نیز با توجه به بالاتر بودن نرخ ظهور نهال گونه *Quercus rubra* نسبت به سایر گونه های مورد مطالعه اظهار داشتند که صرفاً گونه های با بذر بزرگ، مانند بلوط، بایستی برای احیای جنگل در شرایط کاشت مستقیم بذر استفاده شوند. دلیل دیگر می تواند به وجود سایه بیشتر تاج درختان بلوط نسبت به تاج درختان بنه و کیکم مربوط باشد. تاج درختان بلوط ایرانی سایه بیشتری داشته و میکروکلیمای زیر تاج این درختان خنک تر بوده و بالطبع رطوبت خاک در محدوده زیر تاج نسبت به درختانی مانند کیکم بیشتر است و در نتیجه فراوانی ظهور نهال بلوط بیشتر است. البته سایه تاج درختان بنه نیز نسبتاً خوب است و شاید به همین دلیل است که فراوانی ظهور نهال بنه به فاصله کمی نسبت به بلوط قرار دارد. باک و کلیبر (۴) نتیجه گرفتند که میزان جوانه زنی نهال های نراد در توده های صنوبر نه برابر بیشتر از توده های آمیخته و توده های با غالبیت سوزنی برگ است و دلیل این امر را ناشی از میزان بیشتر رطوبت خاک در توده های با غالبیت صنوبر و نیز در پای درختان صنوبر دانستند، چرا که دریافتند نهال های نراد مستقر شده در مجاورت درختان صنوبر روابط آبی بهتری دارند.

در پژوهش حاضر گونه کیکم پایین ترین میزان ظهور نهال داشت. برخی پژوهشگران در این خصوص یادآور شده اند که یکی از مشکلات و ضعف های جدی گونه کیکم پوکی غالب بذرها و قوه نامیه نامناسب آنها است که منجر به کاهش خیلی زیاد نهال آن در عرصه های جنگلی شده است و از این رو به دنبال روش های تکثیر جایگزین برای جبران کاهش آنها در جنگل مانند روش کشت جنین بذری و روش کشت بافت هستند (۲۳، ۷). در جنگل های دالاب علی رغم بذرافشانی های زیاد درختان کیکم، واقعا دیده شد که اکثریت میوه های کیکم پوک بوده و شمار اندکی از آنها دارای بذر بودند که با وجود جمع آوری و کاشت به موقع، فاقد جوانه زنی و ظهور نهال بودند که غالباً به دلیل ضعف قوه نامیه بوده و

تعدادی نیز به دلیل پرشدن چاله‌ها از خاک‌های شسته شده توسط باران فرصت جوانه‌زنی پیدا نکردند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تعداد کل و درصد چاله‌های داری نهال و تعداد کل نهال‌های ظهور یافته در منطقه مورد مطالعه  
Table 1. Results of analysis of variance of total number and percentage of holes with emerged seedlings and total number of emerged seedlings in the study area

| کیکم              | مقایسه میانگین‌ها  |                    |       | Sig.  | تجزیه واریانس |                           |     |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|---------------|---------------------------|-----|
|                   | بنه                | بلوط               | کیکم  |       | df            | Chi                       | صفت |
| ۱ <sup>b</sup>    | ۴۷ <sup>a</sup>    | ۴۳ <sup>a</sup>    | ۰/۰۴۸ | ۶/۷۴۶ | ۲             | تعداد چاله‌های دارای نهال |     |
| ۰/۹۳ <sup>b</sup> | ۴۳/۵۳ <sup>a</sup> | ۳۸/۸۹ <sup>a</sup> | ۰/۰۴۸ | ۶/۷۴۶ | ۲             | درصد چاله‌های دارای نهال  |     |
| ۰/۳۳ <sup>c</sup> | ۱۹/۶۷ <sup>b</sup> | ۳۴ <sup>a</sup>    | ۰/۰۴۵ | ۶/۹۵۱ | ۲             | تعداد نهال‌های ظهور یافته |     |

میزان جوانه‌زنی نهال‌ها در سمت شمالی تاج درختان صنوبر بیشتر بود. در سمت شمالی تاج درخت معمولاً میزان و مدت سایه بیشتر از سایر سمت‌ها بوده و رطوبت خاک در این نقاط بیشتر است. در نتیجه می‌توان گفت که تعداد بذر بیشتری از گونه بلوط ایرانی در این نقاط جوانه‌زنی کرده و تبدیل به نهال می‌شوند. اما در گونه بنه احتمالاً به دلیل تغییرات دمایی به سمت بهار و اینکه جوانه‌زنی بذور از اواخر زمستان شروع شده و در اوایل بهار تکمیل می‌شود، لذا دمای هوا هنوز پایین بوده و به نظر می‌رسد در این شرایط سمت‌های جنوبی و غربی تاج درخت که نور بیشتری دریافت می‌کنند، گرم‌تر بوده و نهال بیشتری ظهور می‌کنند. البته در این سمت‌ها به تدریج با افزایش دما به سمت تابستان، خشکی هوا و خاک بیشتر شده و تلفات نهال‌ها بیشتر شده و پایداری آنها زودتر به خطر می‌افتد. این نتیجه با نتایج فیسیچلی و همکاران (۹) تا حدودی هم‌خوانی دارد. چرا که ایشان در تحقیق خود نتیجه گرفتند که بالا رفتن دمای هوا میزان ظهور نهال‌ها را افزایش داد، اما زنده‌مانی آنها را کاهش داد. دلیل دیگر فراوانی بیشتر ظهور نهال بنه در سمت جنوبی و غربی تاج درختان را می‌توان ناشی از گرم‌پسندی بیشتر آن نسبت به گونه بلوط دانست. چون سمت‌های جنوبی و غربی معمولاً گرم‌تر از سمت‌های شمالی و شرقی هستند. پتری و همکاران (۲۲) نیز در تحقیق خود دمای مناسب حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد را در کنار بارندگی کافی و رطوبت بالای قابل دسترس از فاکتورهای لازم برای ظهور نهال و استقرار آن دانسته‌اند. بر این اساس شاید در سمت‌های شمالی تاج درختان بنه دمای هوا در فصل جوانه‌زنی پایین‌تر از حد لازم برای آن بوده و میزان ظهور نهال کمتری در این سمت نسبت به سمت‌های گرم‌تر تاج خود داشته است.

### بررسی اثر سمت تاج بر میزان ظهور زادآوری دست‌کاشت

در این بررسی مقایسه بین سمت‌های مختلف تاج درختان منتخب از نظر تعداد چاله‌های دارای نهال و نیز تعداد نهال‌های ظهور یافته انجام شد. نتایج نشان داد که اثر سمت تاج بر میزان جوانه‌زنی یا ظهور نهال در گونه‌های بلوط و بنه معنی‌دار بوده است. نکته حائز اهمیت این است که تعداد چاله‌های دارای نهال در گونه بلوط در سمت شمالی تاج بیشتر از بنه و در سایر سمت‌های تاج کمتر از بنه بود (جدول ۲)، اما تعداد کل نهال‌های سبز شده و ظهور یافته در گونه بلوط ایرانی در سمت شمالی و شرق تاج بیشتر از گونه بنه و در سایر سمت‌های تاج کمتر از بنه بود (جدول ۲).

در گونه بلوط ایرانی ۳۲ درصد از نهال‌ها در سمت شمالی تاج، ۲۶ درصد در سمت شرقی تاج، ۲۱ درصد در سمت جنوبی و ۲۱ درصد در سمت غربی تاج قرار داشت. در گونه بنه ۱۷ درصد از نهال‌ها در سمت شمالی تاج، ۲۰ درصد در سمت شرقی تاج، ۳۲ درصد در سمت جنوبی و ۳۱ درصد در سمت غربی تاج قرار داشتند. در گونه کیکم نیز صرفاً یک نهال مشاهده شد که در سمت غربی تاج درخت قرار داشت. نگاهی به وضعیت ظهور نهال‌های گونه‌ها در سمت‌های مختلف تاجی نشان می‌دهد که الگوی ظهور نهال آنها در سمت‌های مختلف تاجی با یکدیگر متفاوت است. به طوری که در گونه بلوط ایرانی بیشترین تعداد نهال در سمت‌های شمال و شرق وجود دارد، در صورتی که در گونه بنه بیشترین تعداد نهال در سمت‌های جنوبی و غربی تاج درخت قرار دارد و تنها نهال کیکم در سمت غربی تاج مستقر شده است. نتایج به‌دست آمده از گونه بلوط ایرانی با نتایج باک و کلیور (۴) هم‌خوانی دارد. ایشان در نتایج تحقیق خود ابراز داشتند که

جدول ۲- تعداد نهال‌های سبز شده و چاله‌های دارای نهال در سمت‌های مختلف تاج درخت

| مقایسه میانگین‌ها |                 |                 |                 | گونه | تعداد چاله‌ها |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|---------------|
| غرب               | شرق             | جنوب            | شمال            |      |               |
| ۹ <sup>b</sup>    | ۹ <sup>b</sup>  | ۹ <sup>b</sup>  | ۱۵ <sup>a</sup> | بلوط | تعداد چاله‌ها |
| ۱۶ <sup>a</sup>   | ۱۰ <sup>b</sup> | .               | ۷ <sup>b</sup>  | بنه  |               |
| ۱                 | .               | .               | .               | کیکم |               |
| ۱۵ <sup>b</sup>   | ۱۹ <sup>a</sup> | ۱۵ <sup>b</sup> | ۲۳ <sup>a</sup> | بلوط | تعداد نهال‌ها |
| ۱۸ <sup>a</sup>   | ۱۳ <sup>b</sup> | ۱۹ <sup>a</sup> | ۱۰ <sup>b</sup> | بنه  |               |
| ۱                 | .               | .               | .               | کیکم |               |

فاصله ۱:۳ شعاع تاج درخت بوده و در چاله‌های دورتر از تنه تعداد نهال کمتری یافت شد. تنها نهال گونه کیکم در فاصله ۲:۳ شعاع تاج درخت وجود داشت. دلیل فراوانی بیشتر ظهور نهال در چاله‌های نزدیک‌تر به تنه درختان به وجود سایه و رطوبت خاک نسبتاً بیشتر در این نقاط برمی‌گردد. چرا که وجود سایه بیشتر در نزدیکی تنه باعث می‌شود که رطوبت خاک این نقاط نسبت به چاله‌های دورتر از تنه دیرتر از دست رود و امکان جوانه‌زنی و ظهور نهال بیشتر شود. این نتیجه با نتایج تحقیق باک و کلیبر (۴) هم‌خوانی دارد. ایشان در بخشی از نتایج تحقیق خود بیان داشتند که میزان جوانه‌زنی و ظهور نهال در پای درختان صنوبر بیشتر از فواصل بین درختان بوده است، چون میزان رطوبت خاک در پای درختان صنوبر بیشتر است.

### بررسی اثر فاصله از تنه بر میزان ظهور زادآوری دست‌کاشت

در این بررسی مقایسه بین فواصل مختلف نهال‌های حاصل از کاشت بذر از تنه درختان منتخب از نظر تعداد چاله‌های دارای نهال و تعداد نهال‌های ظهور یافته انجام شد. نتایج نشان داد که اثر فاصله از تنه درخت بر میزان جوانه‌زنی یا ظهور نهال معنی‌دار بوده است. نکته حائز اهمیت این است که درصد چاله‌های دارای نهال در فواصل نزدیک‌تر به تنه در گونه بلوط بیشتر از گونه بنه بود (جدول ۳)، همچنین درصد نهال‌های سبز شده و ظهور یافته در فواصل نزدیک‌تر به تنه در گونه بلوط ایرانی بیشتر از سایر گونه‌ها بود (جدول ۳). به‌طور کلی بیشترین درصد ظهور نهال‌ها در فاصله نزدیک‌تر به تنه درختان یافت شد. در گونه بلوط ایرانی و بنه بیشترین درصد ظهور نهال‌ها (به‌ترتیب ۴۸ و ۵۱ درصد) در

جدول ۳- درصد نهال‌های ظهور یافته و چاله‌های دارای نهال در موقعیت‌های مختلف زیر تاج درخت

| مقایسه میانگین‌ها |                  |                 | گونه |
|-------------------|------------------|-----------------|------|
| ۲:۳               | ۲:۳              | ۱:۳             | بلوط |
| ۲۱ <sup>b</sup>   | ۳۴ <sup>ab</sup> | ۴۵ <sup>a</sup> |      |
| ۲۱ <sup>b</sup>   | ۳۳ <sup>ab</sup> | ۴۳ <sup>a</sup> |      |
| .                 | ۱۰۰              | .               | بنه  |
| ۱۷ <sup>b</sup>   | ۳۵ <sup>ab</sup> | ۴۸ <sup>a</sup> | کیکم |
| ۱۶ <sup>b</sup>   | ۳۳ <sup>ab</sup> | ۵۱ <sup>a</sup> |      |
| .                 | ۱۰۰              | .               |      |

رضایت‌بخش بود، می‌توان گفت که راهکار اصولی و موفقیت آمیز تقویت زادآوری طبیعی جنگل‌های زاگرس و احیای آنها، بذرکاری طبق شیوه استقرار زادآوری طبیعی این جنگل‌ها است. با توجه به میزان موفقیت نسبتاً بالای زادآوری دست‌کاشت بلوط ایرانی در پژوهش حاضر، می‌توان گفت به شرط رعایت نیاز اکولوژیک اولیه این گونه یعنی فراهم نمودن سایه برای نهال آن، استفاده از بذر گونه بلوط برای احیای نقاط تخریب‌یافته جنگل‌های زاگرس در شرایط کاشت مستقیم بذر بهتر بوده و نتایج مطلوب‌تری به‌همراه دارد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده فوق‌الذکر می‌توان گفت که هرچند کاشت بذور گونه‌های بلوط ایرانی، بنه و کیکم در شرایط یکسان از نظر توپوگرافی، موقعیت زیر تاج درخت و فاصله از تنه درخت انجام شد، اما در عین حال نتایج مشابهی به‌دست نیامد که در واقع می‌توان دلیل این را ناشی از خصوصیات تاج آنها و میکروکلیمای زیر آنها و نیز ویژگی‌های بذور آنها مانند اندازه بذر و قوه نامیه دانست. به‌رحال با عنایت به اینکه میزان موفقیت زادآوری دست‌کاشت در پژوهش حاضر در مورد گونه‌های بلوط و بنه

### منابع

- Alvaninejad, S., M. Tabari, K. Espahbodi, M. Taghvaei and M. Hamzepour. 2010. Morphology and germination characteristics of *Quercus brantii* Lindl. A corn in nursery. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(4): 523-533 (In Persian).
- Alvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera and A.C. Newton. 2004. Experimental Native Tree Seedling Establishment for the Restoration of a Mexican Cloud Forest. Restoration Ecology, 12(3): 412-418.
- Anonymous. 2017. Ilam Meteorological Station Information, National Meteorological Organization, 74 pp (In Persian).
- Buck, J.R. and S.B.S. Clair. 2014. Stand composition, proximity to over story trees and gradients of soil moisture influence patterns of subalpine fir seedling emergence and survival. Plant Soil, 381: 61-70.
- Bullard, S., J.D. Hodges, R.L. Johnson and T.J. Straka. 1992. Economics of direct seeding and planting for establishing oak stands on old-field sites in the south. Southern Journal of Applied Forestry, 16(1): 34-40.
- Cruz, Y.G.L., F. Lopez-Barrera and J.M. Ramos-Prado. 2016. Germination and seedling emergence of four endangered oak species. Madera y Bosques, 22(2): 77-87.
- Emam M., SH. Shahrzad, T.S. Naraghi, M. Khanhasani and Y. Hamzepoor. 2006. Regeneration of *Acer cinerascens* through Embryo culture. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 14(3): 170-174 (In Persian).

8. Engel, V.L. and J.A. Parrotta. 2001. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo State, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 152: 169-181.
9. Fisichelli, N., A. Wright, K. Rice, A. Mau, C. Buschena and P. Reich. 2014. First-year seedlings and climate change: species-specific responses of 15 North American tree species. *Oikos*, 1-10.
10. Garcia-De La Cruz, Y., F. Lopez-Barrera and J.M. Ramos-Prado. 2016. Germination and seedling emergence of four endangered oak species. *Madera y Bosques*, 22(2): 77-87.
11. Ginwal, H.S., S.S. Phartyal, P.S. Rawat and R.L. Srivastava. 2005. Seed Source Variation in Morphology, Germination and Seedling Growth of *Jatropha curcas* Linn. in Central India. *Silvae genetica*, 54: 76-80.
12. Hamzehpour, M., S.K. Bordbar, L. Joukar and A.R. Abbasi. 2006. The potential of rehabilitation of wild pistacio forests through straight seed sowing and seedling planting. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14(3): 207-220 (In Persian).
13. Hooper, E., R. Condit and P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, 12(6): 1626-1641.
14. Hosseini, A. and A. Aazami. 2018. Determining the natural establishment pattern of *Quercus persica* sexual regeneration in different site conditions to use in restoration of Zagros forests. *Geography and environmental sustainability*, 25: 53-63 (In Persian).
15. Hosseini, A. and J. Hoseinzadeh. 2018. Investigation on regeneration behavior of *Pistacia atlantica* and *Acer cineracens* species to recognize their natural establishment pattern in Zagros forests. *Applied Biology*, 31(3): 41-54 (In Persian).
16. Hosseini, A., M.R. Jafari, A. Najafi-far and J. Rezaei. 2017. Evaluating and Recognising the Status of Standard Regeneration of *Crataegus pontica*, *Cerasus microcarpa* and *Amigdalus orientalis* in the Central Zagros Forests (Case Study: Dalab Forests of Ilam Province). *Ecology of Iranian Forests*, 5(10): 42-52 (In Persian).
17. King, S.L. and B.D. Keeland. 1999. Evaluation of reforestation in the Lower Mississippi River Alluvial Valley. *Restoration Ecology*, 7: 348-359.
18. Kundu, S.K. and P.M.A. Tigerstedt. 1997. Geographical variation in seed and seedling traits of neem (*Azadirachta indica* A. JUSS.) among ten populations studied in growth chamber. *Silvae genetica*, 46: 129-137.
19. Kuniyal, C.P., V. Purohit, J.S. Butola and R.C. Sundriyal. 2013. Seed size correlates seedling emergence in *Terminalia bellerica*. *South African Journal of Botany*, 87: 92-94.
20. Lehtila, K. and J. Ehrlén. 2005. Seed size as an indicator of seed quality, a case study of *primula veris*. *Acta Oecologia*, 28: 207-212.
21. Masaka, K. 2003. Preliminary study of geographic trends in acorn mass and seedling emergence behavior of *Quercus dentate* in Hokkaido, Japan, Hokkaido forestry research institute, Hokkaido, Japan, 30 pp.
22. Petrie, M.D., A.M. Wildeman, J.B. Bradford, R.M. Hubbard and W.K. Lauenroth. 2016. A review of precipitation and temperature control on seedling emergence and establishment for ponderosa and lodgepole pine forest regeneration. *Forest Ecology and Management*, 361: 328-338.
23. Saeedi Heidari, A. and A. Safarnejad. 2015. Micropropagation of *Acer monospessulanum* through tissue culture. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 23(2): 237-246 (In Persian).
24. Sampaio, A.B., K.D. Holl and A. Scariot. 2007. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? *Restoration Ecology*, 15(3): 462-471.
25. St-Denis, A., C. Messier and D. Kneeshaw. 2013. Seed Size, the Only Factor Positively Affecting Direct Seeding Success in an Abandoned Field in Quebec, Canada. *Forests*, 4: 500-516.
26. Tabari, M., H. Yosef zadeh, K. Espahbodi and G.A. Jalali. 2006. Influence of source variation on early growth and biomass of *Acer velutinum* Boiss. in north of Iran. *Pajouhesh & Sazandegi*, 73: 189-194 (In Persian).
27. Tilki, F. and C.U. Alptekin. 2005. Variation in acorn characteristics in three provenances of *Quercus aucheri* (Jaub. et Spach) and provenance, temperature and storage effects on acorn germination. *Seed Science and Technology*, 33(2): 441-447.

## Investigation on Seedling Emergence from Direct Seeding of *Quercus Persica*, *Pistacia Atlantica* and *Acer Cineracens* in Natural Conditions of Ilam, Dalab Forests

Ahmad Hosseini<sup>1</sup>, Mehdi Pourhashemi<sup>2</sup> and Ayad Aazami<sup>3</sup>

1- Associate Professor, Department of Forest, Rangeland and Watershed Management, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran  
(Corresponding author: ahmadphd@gmail.com)

2- Associate Professor, Department of Forest Research, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran

3- Lecture, Department of Forest, Rangeland and Watershed Management, Ilam Agricultural and Natural resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran

Received: May 7, 2019      Accepted: February 29, 2020

### Abstract

Today, Zagros reforestation is more than ever felt due to human presence and its destructive activities. To do this requires observing the scientific principles of silviculture. Of essential restoration activities in these forests can be mentioned the seed planting of indigenous species within their range of development. In this regard, the present research was conducted with the aim of investigate the germination and emergence status of *Quercus persica*, *Pistacia atlantica* and *Acer cineracens* seeds planted in Dalab Ilam forests in 2018. For this, three sites on the northern slope and approximately the same height of 1380 to 1410 meters above sea level were selected. In each site, three trees were considered for each of *Q. persica*, *P. atlantica* and *A. cineracens* species. Under each tree, three holes were drilled between the trunk and the end of the crown for each crown side, and a total of 12 holes. In drilled holes under the trees, the corresponding seeds were planted in the winter 2017. The results of the sampling in the spring 2018 showed that the seeds of *Q. persica* had the highest emergence rates (22%). The seeds of *P. atlantica* gained the second rank in terms of germination and emergence (18%). The seeds of *A. cineracens* had the lowest amount of emergence (0.3%) and the number of emerged seedlings was rare. The highest occurrence rate of *Q. persica* seedlings was on the northern side of tree crown (32%) and in for *P. atlantica* was on the southern (32%) and western (30%) sides of the tree crown. The highest rate of seedling emergence of *Q. persica* (48%) and *P. atlantica* (51%) was found at nearest distance to tree trunk. Despite planting the seeds of these three tree species in the same conditions in terms of topography, position under the crown and distance from tree trunk, similar results were not obtained which the reason of this can be attributed to their seed characteristics such as seed size and seed vigor.

**Keywords:** Direct seeding, Reforestation, Seed germination and emergence, Zagros forests



## "مقاله پژوهشی"

## اثر رهاسازی کوتاه مدت و بلندمدت از زراعت بر ترکیب پوشش گیاهی و بانک بذر خاک و مقایسه آن با جنگل کمتر دست‌خورده در ناحیه رویشی زاگرس

نسیم زینلی<sup>۱</sup>، مهدی حیدری<sup>۲</sup>، مسعود بازگیر<sup>۳</sup> و مهرداد کهزادیان<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
۲- گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران (نویسنده مسوول: m.heidari@ilam.ac.ir; m\_hydari23@yahoo.com)

۳- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۴- کارشناس اداره کل منابع طبیعی استان ایلام، ایران

تاریخ ارسال: ۹۸/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۰۴

صفحه: ۴۹ تا ۶۱

## چکیده

تخریب اراضی و ناهمگنی محیطی از عوامل مؤثر بر بوم‌سامانه‌های جنگلی سراسر دنیا و خصوصیات آنها است. با وجود نقش مهم بانک بذر خاک در احیای جوامع گیاهی تخریب‌یافته، مطالعات فلورستیک در بسیاری از بوم‌سامانه‌های خشکی تنها بر پوشش گیاهی روزمینی متمرکز بوده است. این تحقیق با هدف بررسی اثر تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعت و رهاسازی کوتاه‌مدت و بلندمدت از این اختلال بر پوشش گیاهی روزمینی و بانک بذر خاک در پارک جنگلی چغاسبز شهرستان ایلام می‌باشد. در مجموع ۶۶ قطعه نمونه ۱ متر × ۱ متر به روش تصادفی سیستماتیک برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی مستقر شد. برای تحلیل بانک بذر خاک، در اطراف هر قطعه نمونه یک نمونه خاک در سطح ۲۰ سانتی‌متر × ۲۰ سانتی‌متری با عمق ۱۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی برداشت شد. روش پیدایش نهال (در گلخانه) و مقیاس فراوانی - پوشش براون بلانکه به ترتیب برای مطالعه بانک بذر خاک و پوشش استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر سه منطقه مورد مطالعه تعداد گونه‌های موجود در بانک بذر خاک نسبت به پوشش روزمینی کاهش پیدا کرده است. تروفیت‌ها شکل زیستی غالب در سه منطقه مورد مطالعه در هر دو پوشش روزمینی و بانک بذر خاک بودند. بررسی پراکنش جغرافیایی نیز در همه مناطق نشان داد که عناصر ایران-تورانی و ایران-توران - مدیترانه‌ای در پوشش سطحی و بانک بذر غالب هستند. تراکم بانک بذر خاک در کاربری زراعت بلندمدت کاهش معنی‌داری داشت. در طول محورهای تحلیل تطبیقی متعارف (DCA) بر اساس داده‌های بانک بذر و پوشش روزمینی دو ترکیب گیاهی مشخص در قالب دو گروه تفکیک شد. گروه اول شامل قطعات نمونه بانک بذر و پوشش روزمینی جنگل شاهد و منطقه رهاسازی بلندمدت و گروه دوم شامل قطعات نمونه بانک بذر و پوشش روزمینی رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت بودند. به نظر می‌رسد رهاسازی بلندمدت از زراعت با تکیه بر بانک بذر خاک می‌تواند در بازسازی و احیای پوشش گیاهی زیراشکوب و بازگشت به شرایط پیش از اختلال مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: بانک بذر خاک، جنگل، حفاظت، زاگرس، کشاورزی

## مقدمه

بذور خود به حالت کمون در داخل خاک و در نتیجه به تأخیر انداختن قسمتی از تجدید حیات خود، تشکیل بانک بذر خاک می‌دهند تا زمینه حضور آنها در یک رویشگاه پس از سپری شدن شرایط نامطلوب و یا تخریب فراهم شود (۱۵، ۲۴). بذور ذخیره‌شده در خاک بخش عمده‌ای از تنوع گونه‌ای هر منطقه را شامل می‌شوند که آگاهی از این منبع با ارزش و تغییرات آن پس از بروز تخریب در رابطه با پوشش گیاهی روزمینی به‌عنوان یکی از گزینه‌های اصلی حفاظت، احیا و مدیریت بوم‌سامانه‌های طبیعی مطرح است (۱۳، ۵۰).

امروزه محققان معتقدند که بازسازی مناطق جنگلی تخریب شده به زمان و سرمایه زیادی نیاز دارد و حتی گاهی شاید هرگز تنوع زیستی گذشته ایجاد نشود (۲۷). بذورهای داخل خاک نقش مهمی در روند جانشینی و احیای جوامع گیاهی و شناخت ترکیب گونه‌ای اولیه رویشگاه دارند (۳۱) و در نشان دادن واکنش گونه‌های گیاهی به تغییرات کاربری و تغییرات اقلیمی و حفاظت اهمیت قابل توجهی دارند (۱۵ و ۲۲). در سراسر دنیا و در تیپ‌های مختلف رویشی مطالعات متعددی در

جنگل‌های زاگرس با گونه غالب بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Linddl) با پنج میلیون هکتار وسعت (۴۰ درصد جنگل‌های ایران) از مهم‌ترین بوم‌سامانه‌های جنگلی کشور از نظر بوم‌شناسی و اقتصادی-اجتماعی هستند (۱۷ و ۳۹). وابستگی معیشتی مردم به این جنگل‌ها از دیرباز بواسطه چرای بی رویه دام، تغییر کاربری (به زراعت و باغداری)، تهیه علوفه، تأمین چوب سوخت و آتش‌سوزی‌های متعدد بروز کرده و موجب تغییر سیمای این جنگل‌ها و متعاقب آن تخریب خصوصیات خاک و پوشش گیاهی شده است (۱۸ و ۲۴). در چنین شرایطی بسیاری از گونه‌های گیاهی این ناحیه رویشی در خطر نابودی و یا تغییر ترکیب پوشش گیاهی و کاهش تنوع قرار دارند (۳۷، ۱۹). بانک بذر خاک، ذخایری از بذور جوانه نرزه و زیست پذیر موجود در داخل و یا روی سطح خاک است که برای پیش‌بینی عکس‌العمل پوشش گیاهی کنونی به اختلال و تخریب، کاربرد دارد (۲). گیاهان به‌طور طبیعی با نگهداری بخشی از

منابع طبیعی ایلام یا تمایل زراعت پس از بیش از دو دهه از زراعت رهاسازی شد.

### جمع‌آوری داده‌ها

چون هدف مشخص کردن خصوصیات کلی اکوسیستم نیست لذا برای مقایسه این مناطق، یک سطح مشابه واقع در مرکز هر توده با رعایت اصل توده معرف و به روش تصادفی سیستماتیک مطالعه شد (۴۴). برای افزایش دقت با در نظر گرفتن اصل توده معرف برای هر منطقه دو تکرار مد نظر قرار گرفت. در هر تکرار دو ترانسکت عمود برهم به طول ۳۰ متر با شروع تصادفی پیاده شد. در هر توده ۱۱ قطعه نمونه ۱ متر مربعی (۵ قطعه نمونه در طول هر ترانسکت و یکی در محل برخورد دو ترانسکت) در نظر گرفته شد که اولین قطعه نمونه به‌طور تصادفی پیاده شد (۴۴). در اردیبهشت و خرداد ۱۳۹۳ در هر قطعه نمونه درصد پوشش گونه‌های زیراشکوب بر اساس معیار براون بلانکه ثبت شد. شناسایی گونه‌های گیاهی با استفاده از فلور ایلام انجام شد (۳۳).

نمونه‌برداری از بانک بذر خاک در اوایل فصل رشد (اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳) هنگامی که تصور می‌رود اکثر بذور یکساله در خاک جوانه‌زده و بذریاشی سال جدید آغاز نشده انجام شد (۱۵). نمونه‌برداری از بانک بذر خاک در همان محل نمونه‌برداری پوشش علفی با استفاده از یک قطعه نمونه به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و در عمق صفر-۱۰ سانتی‌متری در ۲ تکرار به‌صورت تصادفی به‌عمل آمد (۲۲). نمونه‌های بانک بذر خاک پس از استخراج داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و پس از برچسب‌گذاری به سردخانه منتقل و به‌مدت ۲ الی ۳ ماه در دمای ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌ها پس از سرمادهی مصنوعی در محیط گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام (شرایط دمایی ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت کافی) منتقل شدند و به‌روش پیدایش نهال یا روش کشت گلخانه‌ای مطالعه بانک بذر آنها انجام شد (۴۶).

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی تغییرات ترکیب گونه‌ای بانک بذر خاک و پوشش رو زمینی در کاربری‌های مختلف از آنالیز تطبیقی قوس‌گیری شده یا DCA (Detrended Correspondence Analysis) بر مبنای ترکیب فلوربستیکی قطعات نمونه به‌عنوان یک تحلیل گرادیان غیر مستقیم در نرم‌افزار PC-Ord Ver. 4.17 استفاده شد. برای بررسی تشابه فلوربستیکی بانک بذر و پوشش گیاهی از ضریب تشابه جاکارد (رابطه ۱) استفاده شد.

$$ISj = [C / (C + A + B)] \quad (\text{رابطه ۱})$$

ISj = ضریب تشابه جاکارد، A: تعداد گونه‌هایی که فقط در پوشش گیاهی حضور دارند، B: تعداد گونه‌هایی که فقط در بانک بذر حضور دارند و C: تعداد گونه‌هایی که در هر دو بخش حضور دارند. بررسی اختلاف سه گروه مورد مطالعه از نظر ضریب تشابه جاکارد (بین بانک بذر و پوشش) و نیز تراکم بذر در خاک با تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن دانکن در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

زمینه بذور زنده و زیست‌پذیر داخل و سطح خاک (بانک بذر خاک) انجام شده است که بیشتر این مطالعات بر مقایسه ترکیب گیاهی بانک بذر خاک با پوشش گیاهی روزمینی و قابلیت بانک بذر در بازسازی پوشش گیاهی (تنوع و ترکیب) متمرکز بوده است (۴ و ۴۰). مطالعات مختلف نشان داده که تخریب می‌تواند درجه تشابه بانک بذر و پوشش گیاهی روزمینی را در رویشگاه‌های مختلف افزایش (۳۲ و ۴۸)، کاهش (۴۵) داده و یا گاهی بر آن اثری نداشته است (۳۵). افزایش شباهت بین ترکیب بانک بذر و پوشش رو زمینی پس از تخریب ممکن است به افزایش فراوانی نسبی گونه‌های یکساله در پوشش رو زمینی نسبت داده شده است (۴۸،۶). رهاسازی از تخریب به‌عنوان یک راهکار مدیریتی در جنگل می‌تواند بر روی خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و آینده بوم سامانه مؤثر باشد (۴۷،۹،۲۸). مطالعه خصوصیات مختلف پوشش گیاهی و بانک بذر خاک و ارتباط آن با خصوصیات خاک در جنگل‌های کمتر دست‌خورده و الگوگرفتن از آن می‌تواند در احیاء جنگل‌های تخریب‌یافته (مثلا در اثر تغییر کاربری) سودمند باشد. چنین مطالعاتی برای جنگل‌های زاگرس به‌دلیل اولویت طرح‌های حفاظتی و احیایی بسیار اهمیت دارد و مطالعات تلفیقی بانک بذر خاک و پوشش گیاهی روزمینی را رهنمون می‌سازد. در زمینه مطالعه بانک بذر خاک در جنگل‌های زاگرس مطالعات محدودی در زمینه خصوصیات جوانه‌زنی و تنوع بانک بذر خاک در جنگل‌های تخریب‌شده و مدیریت‌شده (۲۲)، اثر آتش‌سوزی کوتاه‌مدت بر ترکیب و تنوع بانک بذر خاک (۲۳) و اثر شدت آتش‌سوزی بر تنوع آلفا و بتای و مؤلفه‌های تنوع بتای بانک بذر خاک و پوشش گیاهی روزمینی (۲۳) انجام شده است. کاربرد بانک بذر خاک در احیا به‌شدت به این نکته وابسته است که کدام گونه‌ها و به چه میزان بذور خود را در شرایط تخریب حفظ می‌کنند (۵). بنابراین با تکیه بر بررسی‌های مناسب و پایه در هر منطقه می‌توان پتانسیل طبیعت در بازسازی خود را با صرف هزینه، زمان و خطر کمتر دنبال کرد. بر این اساس در تحقیق حاضر تغییرات ترکیب گیاهی، خصوصیات فلوربستیکی و شباهت پوشش گیاهی رو زمینی و بانک بذر خاک پس از رهاسازی از زراعت با قدمت‌های مختلف (کوتاه‌مدت و بلندمدت) در مقایسه با جنگل کمتر دست‌خورده در جنگل‌های بلوط زاگرس جنوبی بررسی شده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه سه منطقه جنگل کمتر دست‌خورده (شاهد)، رهاسازی بلندمدت از زراعت (بیش از ۱۵ سال) و رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت (حدود ۵ سال) در شرایط مشابه فیزیوگرافی با حداکثر اختلاف ارتفاع ۱۵۰ متر و با فاصله کمتر از ۳ کیلومتر در نظر گرفته شدند. مناطق مورد بررسی در گذشته جنگل پیوسته بلوط بوده‌اند که قسمت‌هایی از آن در اثر تغییر کاربری به زراعت (زراعت دیم با گندم و جو) تخریب شده است. بخش‌هایی از جنگل‌های تخریب‌شده (تغییر کاربری داده شده به زراعت) این منطقه نیز توسط اداره کل

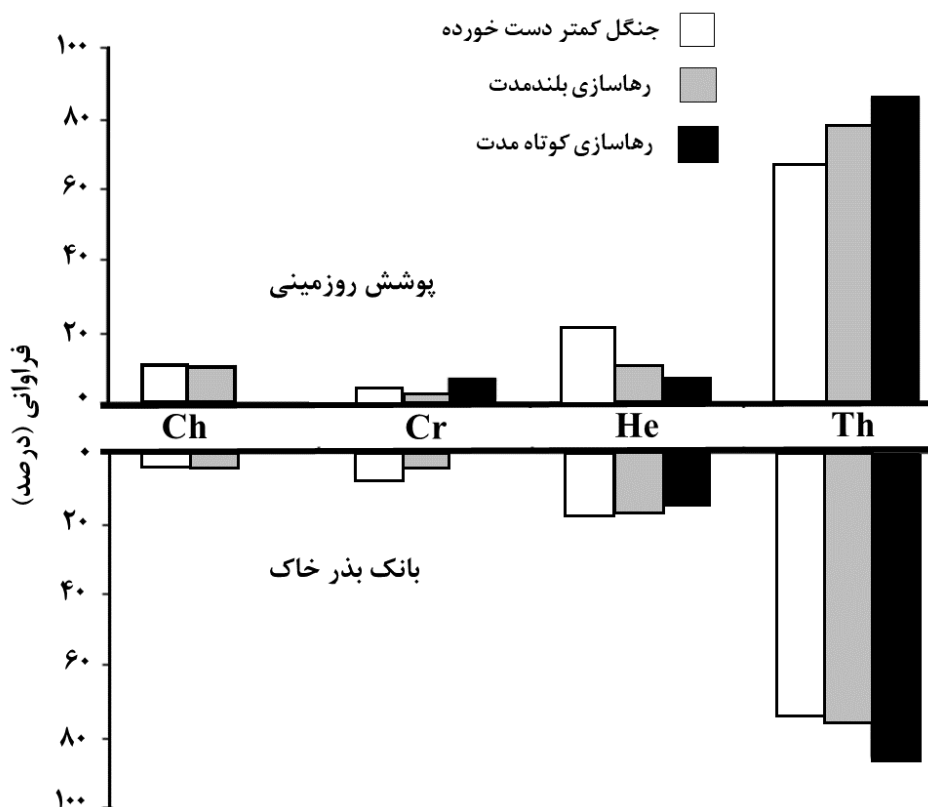


## نتایج و بحث

### نتایج تحلیل پوشش گیاهی روزمینی و بانک بذر خاک

در سه کاربری جنگل کمتر دست‌خورده (شاهد)، رهاسازی بلندمدت از زراعت و رهاسازی کوتاه‌مدت به ترتیب ۴۸، ۳۸ و ۱۴ گونه در بخش پوشش روزمینی و ۲۹، ۲۴ و ۷ گونه در بخش بانک بذر خاک وجود دارد. در پوشش روزمینی جنگل شاهد تعداد گونه‌های متعلق به خانواده‌های غالب (Asteraceae و Poaceae) به ترتیب ۱۳ و ۹، در منطقه‌ی رهاسازی بلندمدت (Poaceae، Asteraceae و Papilionaceae) به ترتیب ۱۰، ۶ و ۷، در رهاسازی کوتاه‌مدت (Brassicaceae و Poaceae) هر کدام با ۳ گونه بودند. در بانک بذر خاک در جنگل شاهد ۷، ۵ و ۵ گونه متعلق به خانواده‌های غالب یعنی Papilionaceae، Asteraceae و Poaceae، در رهاسازی بلندمدت از زراعت ۸ و ۴ گونه از خانواده‌های Poaceae و Asteraceae در

رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت، ۲ گونه از خانواده Asteraceae ثبت شد. در پوشش روزمینی جنگل شاهد تروفیت‌ها با ۳۱ گونه (۶۴/۵۸ درصد) و همی کریپتوفیت با ۱۰ گونه (۲۰/۸۳ درصد)، در منطقه رهاسازی بلندمدت از زراعت تروفیت‌ها با ۲۹ گونه (۷۶/۳۱ درصد)، همی کریپتوفیت‌ها با ۴ گونه (۱۰/۵۲ درصد) و در منطقه‌ی رهاسازی کوتاه‌مدت نیز تروفیت‌ها با ۱۲ گونه (۸۵/۷۱ درصد) شکل زیستی غالب بودند. از نظر شکل زیستی طبق روش رانکایر در بخش بانک بذر خاک در جنگل شاهد تروفیت‌ها با ۲۱ گونه (۷۲/۴۱ درصد) و همی کریپتوفیت‌ها با ۵ گونه (۱۷/۲۴ درصد)، در منطقه‌ی رهاسازی بلندمدت از زراعت نیز تروفیت‌ها با ۱۸ گونه (۷۵ درصد)، همی کریپتوفیت‌ها با ۴ گونه (۱۶/۶۶ درصد) و در رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت تروفیت‌ها با ۶ گونه غالب بودند (شکل ۲ و جدول ۱).

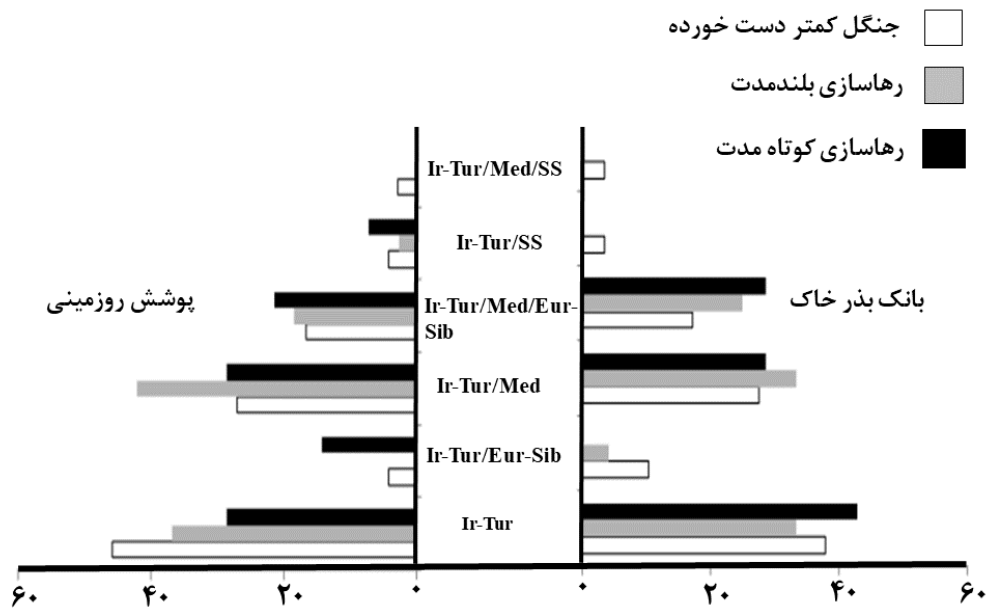


شکل ۲- شکل زیستی پوشش روزمینی و بانک بذر خاک، Th: تروفیت، He: همی کریپتوفیت، Cr: کریپتوفیت و Ch: کاموفیت  
Figure 2. Life form spectra of aboveground vegetation and soil seed bank, Th: Therophytes, He: Hemicryptophyte, Cr: Cryptophyte and Ch: chamophyte

عناصر ایران - تورانی (۳۷/۹۳) و در منطقه رهاسازی عناصر ایران - تورانی (۳۳/۳۳) و ایران - تورانی / مدیترانه ای (۳۳/۳۳) و در رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت گونه‌های ناحیه ایران - تورانی (۴۲/۸۵) حضور غالب داشتند (شکل ۳). در اثر زراعت افزایش عناصر ایران - تورانی نسبت به منطقه شاهد و حذف عناصر ایران - تورانی / اروپا سیبری از بانک بذر خاک مشهود است. همچنین در اثر زراعت عناصر ایران تورانی /

نتایج بررسی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی در پوشش روزمینی نشان داد که در جنگل شاهد عناصر ایران - تورانی (۴۵/۸۳)، در منطقه‌ی رهاسازی عناصر ایران - تورانی / مدیترانه‌ای (۴۲/۱۰) و در منطقه‌ی رهاسازی کوتاه مدت از زراعت عناصر ایران - تورانی (۲۸/۵۷) و ایران - تورانی / مدیترانه‌ای (۲۸/۵۷) درصد حضور بالایی دارند (شکل ۳). در بانک بذر خاک نیز در جنگل شاهد

صحارا سندی و ایران تورانی/مديترانه‌ای/ صحارا سندی از بانک بذر حذف شده و حتی پس از رهاسازی بلندمدت به فلور بازگشت نداشته‌اند (شکل ۳).

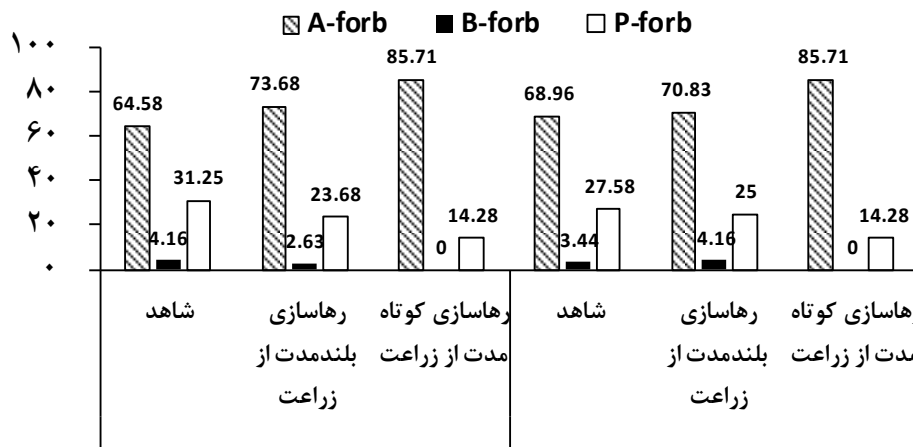


شکل ۳- پراکنش جغرافیایی بانک بذر خاک و پوشش روزمینی، IT: Irano-Turanian، Med :Mediterranean، Es: Euro-Siberian و Sahara Sindian :SS

Figure 3. The phytocory distribution of plant species in soil seed bank and aboveground vegetation; IT: Iran-Turanian, Med: Mediterranean, Es: Euro-Siberian and SS: Sahara Sindian

مشهود است که پس از رهاسازی کوتاه‌مدت دوباره به ترکیب بازگشتند. فرم رویشی علفی چندساله پس از علفی یکساله بیشترین فراوانی را در همه حالات مورد بررسی (بانک بذر و پوشش) به‌خود اختصاص داد ولی درصد فراوانی آن در بانک بذر و پوشش روزمینی رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت کاهش (تقریباً ۵۰ درصد شاهد و رهاسازده) نشان داد (شکل ۴).

فرم رویشی علفی یکساله در پوشش روزمینی و بانک بذر خاک هر سه منطقه مورد مطالعه بیشترین فراوانی را داشت و در هر دو بخش بانک بذر و پوشش روزمینی از منطقه شاهد به رهاسازی بلندمدت از زراعت و رهاسازی کوتاه مدت از زراعت روند افزایشی در ترکیب گیاهی داشت. در رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت باعث حذف فرم‌های رویشی علفی دوساله در هر دو بخش بانک بذر و پوشش روزمینی



شکل ۴- درصد فرم رویشی گونه‌های گیاهی در پوشش روزمینی و بانک بذر خاک؛ A-forb: علفی یکساله، B-forb: علفی دوساله و P-forb: علفی چندساله

Figure 4. Percentage of plant life form for aboveground vegetation and the soil seed bank; A-forb: Annual forb, B-forb: Biennial forb and P-forb: Perennial forb

**تشابه پوشش گیاهی روزمینی و بانک بذر خاک**  
نتایج نشان داد که بین مقادیر درجه تشابه گونه‌ای پوشش گیاهی روزمینی و بانک بذر خاک مناطق مختلف از نظر ضرایب تشابه جاکارد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

بیش‌ترین تشابه در منطقه شاهد و کمترین تشابه در رهاسازی کوتاه مدت ثبت شد و منطقه رهاسازی بلندمدت در حد واسط قرار داشت (جدول ۲).

جدول ۱- لیست فلورستیک منطقه مورد مطالعه

Table 1. Floristic list of the study area

| رهایساز | رهایساز بلند | رهایساز کوتاه مدت | رهایساز از زراعت | جنگل شاهد | کروتیب               | نام فارسی            | خانواده       | گونه   |
|---------|--------------|-------------------|------------------|-----------|----------------------|----------------------|---------------|--|
| بازرسی  | بازرسی       | بازرسی            | بازرسی           | بازرسی    |                      |                      |               |  |
| -       | -            | -                 | *                | *         | Ir-Tur               | -                    | Apiaceae      | <i>Ammi majus</i> L.                             |
| -       | -            | -                 | *                | *         | Med, Sah-Ara, Ir-Tur | بابونه معمولی        | Asteraceae    | <i>Anthemis pseudocotula</i> Boiss.              |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Med, Ir-Tur          | گندم نیای سه لایه    | Poaceae       | <i>Aegilops triuncialis</i> L.                   |
| *       | *            | -                 | *                | -         | Med, Ir-Tur          | یولاف بیابانی        | Poaceae       | <i>Avena wiestii</i> Steud.                      |
| -       | -            | *                 | -                | -         | Med, Ir-Tur          | گز خوانسار           | Papilionaceae | <i>Astragalus adscendens</i> Boiss.              |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur               | پیاز دشتی            | Liliaceae     | <i>Allium stamineum</i> Boiss.                   |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur               | قدومه                | Brassicaceae  | <i>Alyssum marginatum</i> Steud. ex Boiss.       |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Med, Ir-Tur          | جارو علفی هرز        | Poaceae       | <i>Bromus danthoniae</i> Trin.                   |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Med, Ir-Tur          | جارو علفی بامی       | Poaceae       | <i>Bromus tectorum</i> L.                        |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Med, Ir-Tur          | علف پشمکی نازا       | Poaceae       | <i>Bromus sterilis</i> L.                        |
| *       | -            | *                 | -                | *         | Med, Ir-Tur          | ازمک                 | Brassicaceae  | <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.                 |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur               | ریش قوش یکساله       | Asteraceae    | <i>Crepis katschyana</i> (Boiss.) Boiss.         |
| -       | -            | *                 | -                | -         | Ir-Tur               | سردار سر شکافته      | Dipsacaceae   | <i>Cephalaria syriaca</i> (L.) Schrad.           |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Med, Ir-Tur          | سیاه فندق            | Asteraceae    | <i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.         |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Ir-Tur, S-S          | زیبا سپر             | Rubiaceae     | <i>Callipeltis cucularia</i> (L.) Stev.          |
| -       | -            | -                 | *                | *         | Ir-Tur               | جعفر فرنگی کوهستانی  | Apiaceae      | <i>Chaerophyllum macropodium</i> Boiss.          |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Ir-Tur/Eur-Sib       | -                    | Asteraceae    | <i>Cymbolaena griffithii</i> (A. Gray) Wagenitz. |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Ir-Tur               | -                    | Asteraceae    | <i>Chardinia orientalis</i> (L.) O. Kuntze.      |
| *       | -            | *                 | -                | -         | Ir-Tur               | خار خرون             | Asteraceae    | <i>Carthamus oxyacantha</i> M. Bieb.             |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur/Med           | تاتاری عربی          | Asteraceae    | <i>Carduus arabicus</i> Jacq. ex Murray          |
| -       | -            | *                 | -                | -         | Ir-Tur/Med           | سردار سفید           | Dipsacaceae   | <i>Cephalaria dictyophora</i> Boiss.             |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur/Med           | یونجه باغی عقربی     | Papilionaceae | <i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J. Koch    |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Ir-Tur               | شکر تیغال قصر شیرینی | Asteraceae    | <i>Echinops mosulensis</i> Rech. F.              |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur               | چمن خاریشتی          | Poaceae       | <i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.             |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur/Med           | شاه تر بی کاسبرگ     | Fumariaceae   | <i>Fumaria asepala</i> Boiss.                    |
| *       | *            | -                 | *                | -         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib   | شاه تره برگه دار     | Fumariaceae   | <i>Fumaria bracteosa</i> Pommel                  |
| *       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib   | بی تی راخ            | Rubiaceae     | <i>Galium aparine</i> L.                         |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Ir-Tur               | گلابول مزرعه ای      | Iridaceae     | <i>Gladiolus segetum</i> Ker-Gawl.               |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur               | شمعدانی وحشی         | Geraniaceae   | <i>Geranium tuberosum</i> L.                     |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur/Med           | سوزن چوپان درخشان    | Geraniaceae   | <i>Geranium lucidum</i> L.                       |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur               | کنگر معمولی          | Asteraceae    | <i>Gundelia tournefortii</i> L.                  |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib   | دگر گل گندمی         | Poaceae       | <i>Heterantherium piliferum</i> L.               |
| -       | -            | -                 | -                | *         | Ir-Tur/ Eur-Sib      | دانه گنجشکی          | Cistaceae     | <i>Helianthemum salicifolium</i> (L.)            |
| *       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib   | جو پیاز دار          | Poaceae       | <i>Hordeum bulbosum</i> L.                       |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur/Med           | جو وحشی              | Poaceae       | <i>Hordeum spontaneum</i>                        |
| -       | -            | *                 | -                | *         | Ir-Tur               | تخم شربتی            | Lamiaceae     | <i>Lallemantia iberica</i> (Stev.)               |
| -       | -            | *                 | *                | *         | Ir-Tur/Med           | عدس شیرازی           | Papilionaceae | <i>Lens orientalis</i> (Boiss)                   |
| *       | -            | -                 | -                | -         | Ir-Tur/Med           | چمچمه ایرانی         | Poaceae       | <i>Lolium rigidum</i> Gaudin.                    |

T: ایران تورانی، M: مدیترانه‌ای، ES: اروپا سیبری، SS: صحارا سندی؛ \* حضور گونه

Continue of table 1. Floristic list of the study area

| رهایساری بلند<br>مدت از<br>زراعت | رهایساری کوتاه مدت از<br>زراعت | جنگل شاهد | کروتیپ             | نام فارسی             | خانواده         | گونه   |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------|--|
| *                                | *                              | *         | Ir-Tur/Med         | یونجه هلالی           | Papilionaceae   | <i>Medicago radiata</i> L.                     |
| -                                | -                              | *         | Ir-Tur             | شقایق صحرایی<br>جنگلی | Apiaceae        | <i>Malabala porphyrodiscus</i> Stapf & Wettst. |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur             | یونجه                 | Papilionaceae   | <i>Medicago rigidula</i> (L.)                  |
| *                                | *                              | *         | Ir-Tur/Med         | اجیل مزرعه            | Brassicaceae    | <i>Neslia apiculata</i> Fisch. ex Mey          |
| *                                | *                              | *         | Ir-Tur             | خشخاش هرز             | Papaveraceae    | <i>Papaver dobium</i> L.                       |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib | چمن پیازک دار         | Poaceae         | <i>Poa bulbosa</i> L.                          |
| *                                | *                              | -         | Ir-Tur/Med         | خار زردک              | Asteraceae      | <i>Picnoman acarna</i> (L.) Cass.              |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur, Med,SS     | پیام بهار             | Asteraceae      | <i>Senecio glaucus</i> L.                      |
| -                                | -                              | *         | Ir-Tur             | شنگ حلبی              | Asteraceae      | <i>Tragopogon longirostris</i> Bisch.          |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur             | گاو چاق کن            | Asteraceae      | <i>Scariola orientalis</i> (Boiss) sojak       |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur             | طوسکزیا               | Dipsacaceae     | <i>Scabiosa calocephala</i>                    |
| *                                | -                              | -         | Ir-Tur, SS         | شانه ونوس             | Apiaceae        | <i>Scandix ostan-veneris</i> L.                |
| *                                | *                              | -         | Ir-Tur,            | خردل بیابانی          | Brassicaceae    | <i>Sinapis arvensis</i> L.                     |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur,,Med        | ماستونک نازک<br>برگ   | Apiaceae        | <i>Torilis leptophylla</i> (L.)                |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib | گیس چسبک              | Apiaceae        | <i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.          |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur,            | شنگ                   | Asteraceae      | <i>Tragopogon buphthalmoides</i>               |
| -                                | -                              | *         | Ir-Tur,            | گل قاصد کوهی          | Asteraceae      | <i>Taraxacum montanum</i>                      |
| -                                | -                              | *         | Ir-Tur,            | شیدر زبر              | Papilionaceae   | <i>Trifolium scabrum</i> L.                    |
| -                                | *                              | *         | Ir-Tur,            | شنبلیله شیرازی        | Papilionaceae   | <i>Trigonella elliptica</i> Boiss              |
| -                                | *                              | -         | Ir-Tur,,Med        | گیسو چمن              | Poaceae         | <i>Taenatherum crinitum</i> (Schreb.) Nevski   |
| *                                | *                              | *         | Ir-Tur/Med/Eur-Sib | ماشک                  | Papilionaceae   | <i>Vicia sativa</i>                            |
| *                                | -                              | *         | Ir-Tur             | صابونک                | Caryophyllaceae | <i>Vaccaria grandiflora</i>                    |
| -                                | -                              | *         | Ir-Tur             | کاکوتی سرسان          | Lamiaceae       | <i>Ziziphora capitata</i> L.                   |

T: ایران تورانی، M: مدیترانه‌ای، ES: اروپا سبیری، SS: صحارا سندی؛ \* حضور گونه

جدول ۲- مقایسه ضریب تشابه جاکارد (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار) بین پوشش گیاهی رو زمینی و بانک بذر در کاربری‌های مختلف  
Table 2. Comparison of Jaccard's similarity index (mean  $\pm$  SE) between aboveground vegetation and soil seed bank in different land uses

| ضریب تشابه<br>جاکارد         | جنگل شاهد                    | رهایساری بلندمدت از زراعت    | رهایساری کوتاه مدت از زراعت | معنی داری |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------|
| ۵۳/۰۶ $\pm$ ۶/۴ <sup>a</sup> | ۳۶/۳۶ $\pm$ ۳/۴ <sup>b</sup> | ۳۰/۷۶ $\pm$ ۳/۷ <sup>c</sup> | ۰/۱۰۰ <sup>**</sup>         |           |

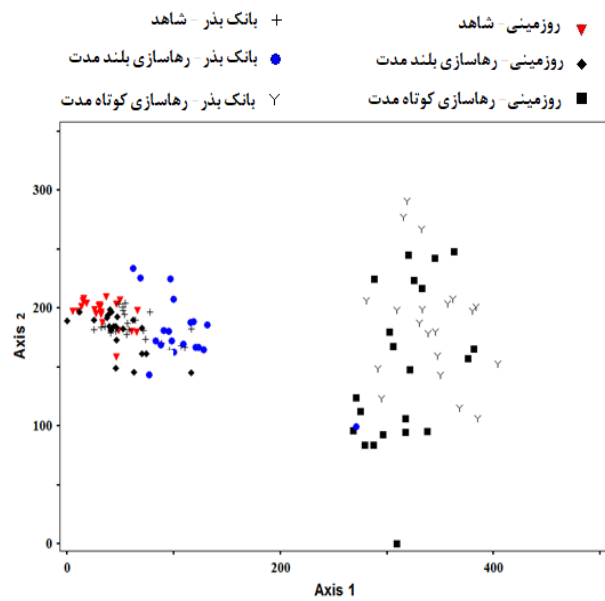
\*\*معنی داری در سطح ۰/۰۱، حروف متفاوت بیانگر اختلاف بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است

رج‌بندی DCA گونه‌های گیاهی و قطعات نمونه مناطق نشان می‌دهد که قطعات نمونه مناطق مورد بررسی بر اساس داده‌های تاج پوشش، پوشش گیاهی روزمینی و داده‌های بانک بذر خاک به‌طور کلی به دو گروه تفکیک شده‌اند. بر این اساس قطعات نمونه منطقه رهاسازی کوتاه مدت از زراعت بر اساس پوشش گیاهی روزمینی و نیز قطعات نمونه این منطقه بر اساس داده‌های بانک بذر خاک در کنار هم قرار گرفته‌اند. در مقابل قطعات نمونه مناطق شاهد و رهاسازی بلندمدت از زراعت بر اساس داده‌های پوشش گیاهی روزمینی و بانک بذر خاک در کنار هم قرار گرفته‌اند. هر چند یک تفکیک جزئی در قطعات نمونه منطقه رهاسازی بلند مدت از زراعت بر اساس داده‌های بانک بذر دیده می‌شود.

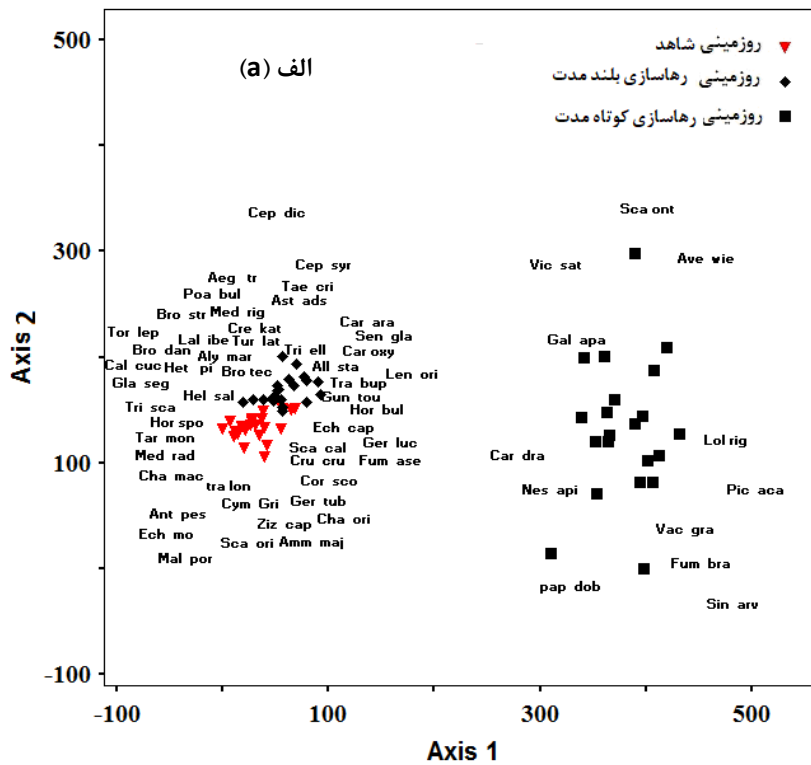
### واکنش ترکیب پوشش گیاهی رو زمینی و بانک بذر خاک به زراعت و قدمت رهاسازی

در این تجزیه و تحلیل فقط داده‌های پوشش تاجی و بانک بذر (دامنه صفر تا ۱۰۰) گونه‌های گیاهی به‌منظور تعیین‌گرادیان اصلی پوشش گیاهی و بانک بذر خاک مورد بررسی قرار گرفت.

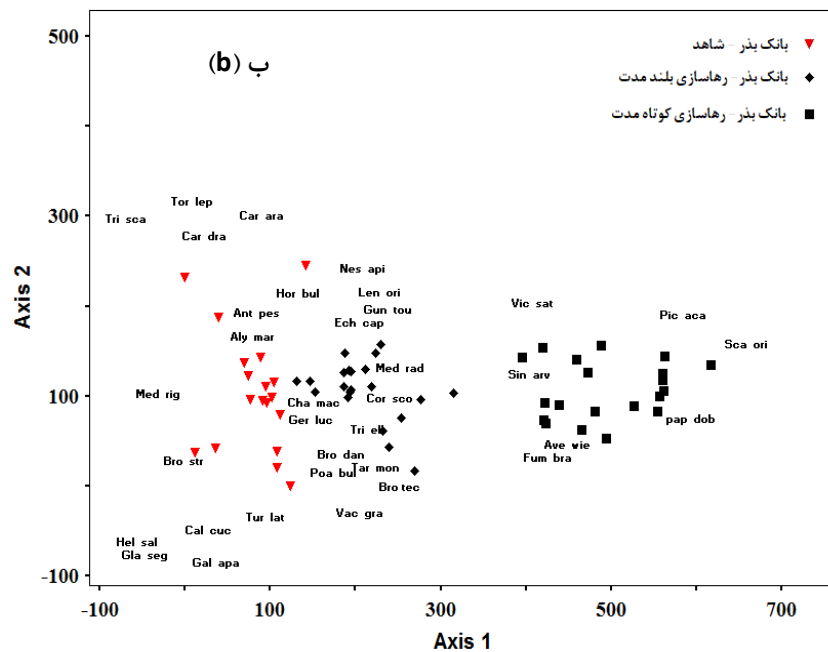
محور اول و دوم تجزیه و تحلیل DCA با مقادیر ویژه ۰/۶۴ و ۰/۲۵ به ترتیب ۲۲/۱ و ۱۲/۳ درصد از کل تغییرات در ترکیب گونه‌های گیاهی (بانک بذر و پوشش گیاهی روزمینی) را ارائه می‌کنند. نتایج این روش رج‌بندی در سه دیاگرام جداگانه یعنی نمایش قطعات نمونه (شکل ۵) و نمایش گونه‌های گیاهی روزمینی (شکل ۶ الف) و بانک بذر خاک (شکل ۶ ب) در دو بعد نشان داده شدند. دیاگرام



شکل ۵- رسته‌بندی تحلیل تطبیقی متعارف (DCA) برای داده‌های پوشش گیاهی روزمینی و بانک بذر خاک در کاربری‌های مختلف  
 Figure 5. Detrended correspondence analysis (DCA) ordination of aboveground vegetation and soil seed bank data in different land uses



شکل ۶- رسته‌بندی DCA گونه‌های گیاهی پوشش گیاهی روزمینی (الف) و بانک بذر خاک (ب)  
 Figure 6. DCA ordination of plant species for aboveground vegetation (a) and soil seed bank (b)



ادامه شکل ۶- رسته بندی DCA گونه های گیاهی پوشش گیاهی روزمینی (الف) و بانک بذر خاک (ب)  
Continuid Figure 6. DCA ordination of plant species for aboveground vegetation (a) and soil seed bank (b)

با ترکیب مشخص را به دست آورد. در گروه اول (رهاسازی کوتاه مدت) گونه های:

*Picnomon acarna* L., *Avena wiestii* Steud, *Fumaria bracteosa* pommel, *Scandix ontan-veneris* L., *Vicia sativa*, *Papaver dobium* L., *Sinapis arvensis* L.

و در گروه دوم (جنگل و رهاسازی بلندمدت از زراعت) گونه های زیر چون قابل تفکیک است:

*Bromus danthoniae* Trin, *Bromus sterilis* L., *Neslia apiculata* Fisch Ex, *Poa bulbosa* L., *Medicago rigidula* L. All, *Gladiolus segetum*, *Trifolium scabrum* L., *Torilis leptophylla* L., *Hordeum bulbosum* L., *Geranium lucidum* L., *Alyssum marginatum*, *Vaccaria grandiflora*, *Turgenia latifolia* L, *Echinaria capitata* L. Desf, *Anthemis pseudocotula* Boiss, *Lens orientalis* (Boiss).

#### اندازه بانک بذر خاک

بررسی میزان تراکم بانک بذر خاک (تعداد بذور در متر مربع) نشان داد که بین تراکم بذور در مناطق مختلف اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۳). منطقه شاهد و رهاسازی بلندمدت از زراعت، بیشترین تراکم را بدون اختلاف معنی داری دارند و کمترین تراکم بذر در متر مربع در منطقه رهاسازی کوتاه مدت از زراعت با اختلاف معنی دار با دو منطقه دیگر ثبت شد.

توزیع گونه های گیاهی پوشش روزمینی بر روی محور اول و دوم آنالیز DC نشان می دهد که در کاربری زراعت دایر بلندمدت گونه هایی چون زیر مشاهده می شود:

*Picnomon acarna* L., *Avena wiestii* Steud, *Galium aparine* L., *Neslia apiculata* Fisch Ex, *Vaccaria grandiflora*, *Scandix ontan-veneris* L., *Vicia sativa*, *Papaver dobium* L, *Lolium rigidum* Gaudin, *Cardaria draba* L Desv, *Fumaria bracteosa* pommel, *Sinapis arvensis* L.

در مقابل گروه فوق بر اساس انطباق بالای قطعات نمونه مناطق شاهد و رهاسازی بلندمدت می توان یک گروه دیگر از نظر ترکیب گیاهی در نظر گرفت که در آن گونه های زیر مشاهده می شود:

*Trigonella elliptica* Boiss, *Allium stamineum* Boiss., *Carduus arabicus* Jacq. ex. Murray, *Trifolium scabrum* L., *Callipeltis cucularia* L., *Helianthemum salicifolium*, *Hordeum spontaneum*, *Chaerophyllum macropodium* Boiss., *Echinops mosulensis* Rech, *Torilis leptophylla* L, *Malabala porphyrodiscus*, *Ammi majus* L., *Tragopogon longirostris* Bisch., *Bromus sterilis* L.

در بخش بانک بذر خاک نیز الگویی مشابه پوشش گیاهی روزمینی مشاهده می شود و می توان به وضوح تفکیک دو گروه

جدول ۳- تراکم بانک بذر خاک (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار) بین کاربری های مختلف

Table 3. Soil bank density (mean  $\pm$  SE) among different land uses

| متغیر                 | شاهد                        | رهاسازی بلند مدت از زراعت   | رهاسازی کوتاه مدت از زراعت  | F   | سطح معنی داری |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----|---------------|
| تراکم بذر در متر مربع | ۸۱/۷ $\pm$ ۵/۱ <sup>a</sup> | ۸۴/۲ $\pm$ ۵/۱ <sup>a</sup> | ۳۰/۱ $\pm$ ۳/۱ <sup>b</sup> | ۳۴۸ | ۰/۰۰۰**       |

\*\* معنی داری در سطح ۰/۰۱، حروف متفاوت بیانگر اختلاف بین میانگین ها بر اساس آزمون دانکن است.

### خصوصیات فلورستیک

بر اساس نتایج در جنگل شاهد، رهاسازی بلندمدت از زراعت و رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت تنها ۲۶، ۱۶ و ۴ گونه بین بانک بذر و پوشش گیاهی روزمینی مشترک بود. بنابراین در هر سه منطقه تعداد گونه‌های موجود در بانک بذر خاک نسبت به پوشش روزمینی کاهش پیدا کرده است. تمام گونه‌هایی که در بخش پوشش روزمینی وجود دارند قابلیت تشکیل بانک بذر را ندارند و از طرفی عامل یا عواملی (مانند فشرده‌شدن خاک) پس از حضور گونه در بانک بذر شرایط ظهور آنها را مختل کند (۲۲). بر این اساس می‌توان بیان کرد که درصد کاهش گونه‌های بانک بذر نسبت به پوشش روزمینی متناظر در زراعت بیش‌ترین مقدار بوده است. این مسئله با توجه به اثر منفی زراعت بر پوشش روزمینی به‌عنوان منبع بذور آینده بانک بذر خاک و تغییر خصوصیات خاک به‌خصوص کاهش نفوذپذیری آن قابل توجیه است (۲۶ و ۳۶). تخریب باعث نابودی بذر بسیاری از گونه‌ها می‌شود، که این مسئله باعث کاهش تنوع و غنای گونه‌ای بانک بذر نسبت به پوشش سطحی خواهد شد (۳۸). در پوشش روزمینی و بانک بذر جنگل شاهد، رهاسازی بلندمدت از زراعت و رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت خانواده‌های Asteraceae و Poaceae به‌عنوان خانواده‌های غالب حضور داشتند. در مطالعات دیگر نیز اشتراک خانواده‌های غالب، بین بانک بذر خاک و پوشش روزمینی تأیید شده است (۵۳). دلیل این موضوع این است که گونه‌های موجود در بانک بذر خاک و پوشش روزمینی مکمل هم هستند و در واقع بخش اعظم بذور بانک بذر از پوشش روزمینی همان عرصه تأمین می‌شود. این خانواده‌ها در سایر مطالعات در ناحیه رویشی زاگرس به‌عنوان خانواده گیاهی غالب معرفی شده‌اند (۲۳، ۱). وسعت دامنه تحمل گونه‌های این خانواده‌ها نسبت به شرایط اکولوژیکی نامساعد می‌تواند عامل حضور بالای آنها نسبت به سایر گونه‌ها باشد (۷). بررسی طیف زیستی به‌روشنی رانکایر نشان داد که تروفیت‌ها در سه منطقه (شاهد، رهاسازی بلندمدت و کوتاه‌مدت از زراعت) در بخش پوشش روزمینی و بانک بذر خاک بیش‌ترین درصد شکل زیستی را به‌خود اختصاص داده‌اند که با پژوهش نجفی‌تیره و همکاران (۳۴) و حیدری و همکاران (۲۲) مطابقت دارد. فراوانی تروفیت‌ها ممکن است به‌دلیل شرایط نامساعد رشد در زاگرس (دست کم ۶ ماه از سال خشک است) باشد. این گیاهان فصل نامساعد برای رشد را با سازوکار گریز از خشکی از راه خواب بذر پشت سر می‌گذارند و پس از مهیا شدن شرایط رشد، شروع به جوانه‌زنی و رشد می‌کنند و زهری (۵۵) عقیده دارد که این شکل زیستی با کمبود بارندگی و تداوم خشکی سازگاری (شرایط اقلیمی زاگرس) انطباق دارد. براساس نتایج این مطالعه تروفیت‌ها در بانک بذر خاک نسبت به سایر اشکال زیستی از درصد بیش‌تری برخوردار هستند که این امر به‌علت کوچک‌بودن و فراوانی بذر آنهاست که با آسیب‌پذیری کمتری مواجه می‌شوند و در نتیجه نسبت آنها در بانک بذر خاک در مقایسه با سایر گونه‌ها افزایش می‌یابد (۲۳). بررسی پراکنش جغرافیایی سه کاربری مورد مطالعه

نشان می‌دهد که عناصر ایران-تورانی و ایران-توران-مدیترانه‌ای در پوشش سطحی و بانک بذر غالب هستند. از آنجا که بخش وسیعی از زاگرس در منطقه ایران-تورانی قرار دارد لذا حضور غالب این کروتیپ در مطالعه حاضر قابل توجیه است (۱۲).

### ترکیب بانک بذر خاک و پوشش گیاهی روزمینی

در طول محورهای DCA بر اساس داده‌های بانک بذر و پوشش دو ترکیب گیاهی مشخص در قالب دو گروه تفکیک شد. گروه اول شامل بانک بذر و روزمینی جنگل شاهد و رهاسازی بلندمدت از زراعت و گروه دوم شامل قطعات نمونه بانک بذر و پوشش رهاسازی کوتاه مدت از زراعت بودند. فعالیت‌های تخریبی از قبیل شخم و چرای احشام روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثر داشته و به‌دنبال آن بانک بذر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵۲، ۲). با حذف یا کاهش حضور برخی گونه‌ها از پوشش روزمینی در اثر تغییر کاربری به زراعت، ظرفیت تولید بذر توسط آنها کاهش یافته و در نتیجه بانک بذر از حالت اولیه و واقعی خود فاصله می‌گیرد (۴۲، ۳۰) که نتایج ما نیز مؤید این مطلب در بوم سامانه جنگلی بلوط زاگرس است.

با مقایسه بانک بذر خاک جنگل رهاسازی‌شده بلندمدت از زراعت و رهاسازی کوتاه مدت از زراعت ملاحظه می‌شود که تعداد ۱۹ گونه در منطقه رهاسازی بلندمدت از زراعت وجود دارد که در منطقه رهاسازی کوتاه‌مدت موجود نیست. این مسئله نشان می‌دهد که رهاسازی بلندمدت از زراعت باعث بازسازی مناسب ترکیب گیاهی شده است (۳). گونه‌های علف هرزی مانند خشخاش هرز (*Papaver dobium* L.)، خارزردک (*Picnomon acarua* L.)، خردل بیابانی (*Sinapis arvensis* L.) و گاوچاق‌کن (*Scariola orientalis*) در بانک بذر منطقه رهاسازی بلندمدت از زراعت وجود نداشتند. این گونه‌ها بیشتر در رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت وجود دارند. وجود این گونه‌ها نشان‌دهنده سخت بودن شرایط زیست می‌باشد. لذا عدم حضور این گونه‌ها در بانک بذر خاک منطقه رهاسازی بلندمدت از زراعت می‌تواند بیانگر تأثیر مثبت این اقدام مدیریتی احیای بر ترکیب گیاهی این منطقه جنگلی باشد (۸).

در جنگل شاهد اختلاف بین تعداد گونه‌های موجود در بانک بذر خاک و پوشش سطحی ۱۹ گونه (۲۹ گونه در بانک بذر و ۴۸ گونه در پوشش سطحی)، در منطقه رهاسازی بلندمدت از زراعت ۱۴ گونه (۲۴ گونه در بانک بذر و ۳۸ گونه در پوشش سطحی) و در منطقه رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت تعداد ۷ گونه (۷ گونه در بانک بذر و ۱۴ گونه در پوشش سطحی) می‌باشد. این مسئله بیانگر عدم تشابه گونه‌ای بانک بذر خاک و پوشش گیاهی روزمینی است که با مطالعات متعددی مطابقت دارد (۱۵، ۲۰، ۲۹). دلیل وجود این عدم تشابه بین تعداد گونه‌های بانک بذر خاک و پوشش سطحی در میزان تولید بذر، قدرت انتشار بذر، میزان زنده‌مانی بذر و نرخ جوانه‌زنی بذور گونه‌های مختلف است (۲۱). شباهت بانک بذر و پوشش سطحی در رهاسازی کوتاه‌مدت از زراعت کمتر از جنگل شاهد و رهاسازی بلندمدت

پوشش روزمینی و بانک بذر خاک کاهش پیدا خواهد کرد (۵۴،۱۱،۴۱).

نتایج نشان داد که تراکم بانک بذر خاک به طور معنی داری در منطقه‌ی رهاسازی کوتاه مدت از زراعت کاهش یافته است. مطالعات نشان داده که نابودی مستقیم پوشش سطحی (۲۵)، فشردگی خاک در اثر فعالیت‌های انسانی و پدیده‌ای به نام جوانه‌زنی کشنده در عمق (۱۶ و ۵۱) و کاهش لاشبرگ در سطح خاک (۱۰) ذخیره بذر خاک را کاهش می‌دهد.

به طور کلی می‌توان بیان کرد که داده‌های بانک بذر و پوشش گیاهی رو زمینی قابلیت تفکیک مناطق مورد مطالعه با سوابق مختلف مدیریت و تخریب را دارند. این تمایز به خاطر تفاوت در ترکیب فلورستیکی ناشی از تغییرات خصوصیات محیطی آنهاست. شباهت ترکیب گیاهی منطقه رهاسازی بلندمدت از زراعت و جنگل شاهد نشان می‌دهد که رهاسازی بلندمدت به عنوان یک راهکار مدیریتی می‌تواند در بازسازی احیای پوشش گیاهی زیراشکوب و نزدیک شدن به شرایط پیش از تخریب کاملاً مؤثر باشد.

### تشکر و قدردانی

نگارندگان از زحمات کارشناسان گلخانه گروه باغبانی دانشگاه ایلام که در انجام مراحل گلخانه‌ای همکاری ارزشمندی داشتند و نیز دانشگاه ایلام برای تأمین هزینه‌های انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارند.

از زراعت بود. به عبارت دیگر، گونه‌هایی که در بانک بذر حضور داشتند در پوشش سطحی نبودند و برعکس. دلیل این مسئله این است که این گونه‌ها شرایط مناسبی برای جوانه‌زنی در شرایط رویشگاه نداشته‌اند (۴۹) و به تدریج دچار فرسایش بانک بذر شده‌اند. بررسی اثر اختلال بر بانک بذر خاک در جنوب بریتیش کلمبیا نشان داد که توده شاهد یا بدون تخریب دارای بانک بذر منحصربه‌فرد بوده و دخالت باعث ایجاد ناهمگنی در بانک بذر شده است و توده با اختلال کم از نظر ترکیب بانک بذر شباهت بیشتری به منطقه شاهد نشان داد (۴۳). البته همانطور که ذکر شد در مطالعه ما در اثر اختلال سهم گونه‌های یکساله نسبت به منطقه شاهد و رهاسازی بلند مدت از زراعت کاهش یافته بود. شباهت اندک ترکیب بانک بذر با پوشش روزمینی همچنان می‌تواند در اثر حضور گونه‌های مهاجم و مزرعه رست در پوشش روزمینی منطقه رهاسازی کوتاه مدت از زراعت باشد که در بانک بذر به علت قدرت جوانه‌زنی بالا غایب هستند و نیز به علت فشردگی بالای خاک، شانس برای استقرار در بانک بذر ندارند (۴۶). یکی از دلایل کاهش یا نبود برخی گونه‌ها در منطقه رهاسازی کوتاه مدت از زراعت مربوط به عوامل محدودکننده استقرار است. یعنی، در بانک بذر هستند و جوانه هم می‌زنند ولی به دلیل عوامل محدودکننده مثلاً رقابت با دیگر دانه رست‌ها و یا پوشش گیاهی مجاور حذف شده و لذا شباهت بین

### منابع

- Asri, Y. and M. Mehrnia. 2002. Introducing the flora of central part of the Sefid- Kouh Mountain protected Area. Iranian Journal of Natural Resources, 55(3): 363-376 (In Persian).
- Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakke and S. Schneider. 1977. Soil seed bank in European grasslands: does land use affect regeneration perspective? Journal of Applied Ecology, 34: 1293-1310.
- Bossuyt, B. and M. Hermy. 2001. Influence of Land Use History on Seed Banks in European Temperate Forest Ecosystems: A Review. Ecography, 24(2): 225-238.
- Bossuyt, B. and O. Honnay. 2008. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristic in European communities. Journal of Vegetation Science, 19: 875-884.
- Chaideftou, E., C.A. Thanos, E. Bergmire, A. Kallimanis and P. Dimopoulos. 2009. Seed bank composition and above- ground vegetation in response to grazing in sub- Mediterranean oak forests (NW Greece). Plant Ecology, 201: 255-265.
- Chambers, J.C. 1993. Seed and vegetation dynamics in an alpine herb field: effects of disturbance type. Canadian Journal of Botany, 71: 471-485.
- Coffey, M.F. and J. Breen. 1997. Seasonal variation in pollen and nectar sources of honeybees in Ireland. Journal of Apicultural Research, 36(2): 63-76.
- Davy, A.J. 2002. Establishment and manipulation of plant populations and communities in terrestrial systems. In: Perrow, M.R. and Davy A. J. (eds). Handbook of Ecological Restoration. Vol. 1. Principles of Restoration. Cambridge University Press, Cambridge, 223-241.
- Decocq, G., B. Valentin, B. Toussaint, F. Hendoux, R. Saguez and J. Bardat. 2004. Soil seed bank composition and diversity in a managed temperate deciduous forest. Biodiversity and Conservation, 13: 2485-2509.
- DeFalco, L.A., T.C. Esque, J.M. Kane and M.B. Nicklas. 2009. Seed banks in a degraded desert shrubland: Influence of soil surface condition and harvester ant activity on seed abundance. Journal of Arid Environments, 73: 885-893.
- Do Nascimento Oliveira, P.A., J.M.F.F. dos Santos, E. de Lima Araújo, D.M. dos Santos, A.M.M. Santos and K.A. da Silva. 2019. Natural regeneration of the vegetation of an abandoned agricultural field in a semi-arid region: a focus on seed bank and above-ground vegetation. Brazilian Journal of Botany, 42(1): 43-51.
- Dolatkahi, M., Y. Asri and A. Dolatkahi. 2011. Floristic study of Arjan-Parishan protected area in Fars province. Taxonomy and Biosystematics, 3(9): 31-46.



13. Douh, C., K. Dainou, J.J. Loumeto, J.M. Moutsambote, A. Fayolle, F. Tosso, E. Forni, S. Gourlet-Fleury and J.L. Doucet. 2018. Soil seed bank characteristics in two central African forest types and implications for forest restoration. *Forest ecology and management*, 409: 766-776.
14. Erfanzadeh, R., H. Hosseini Kahnouj and Gh. Dianti Tilki. 2011. Comparison of Seed Banks of grazed and ungrazed regions in Different Depths of Soil. *Arid Biome*, 4(1): 64-74 (In Persian).
15. Esmailzadeh, O., S.M. Hosseini, M. Mesdaghi and M. Tabari. 2009. Can soil seed bank floristic data describe above ground vegetation plant communities? *Environmental Sciences*, 7(2): 41-62 (In Persian).
16. Fenner, M. and K. Thompson. 2005. *The Ecology of Seeds*. New York: Cambridge University Press, 250 pp.
17. Gaderzadeh, S., Z. Shakeri, V. Hosseini and H. Maroofi. 2015. Determination of environmental factors affecting the distribution of plant species in northern Zagros forests (Case study: Armardeh Forest, Baneh). *Iranian Journal of Forest*, 7(3): 299-313 (In Persian).
18. Ghasemi Aghabash, F. and S. Falahi. 2016. Factors affecting destruction of oak forests in Oladghobad region of Koozdasht. *Zagros Forests Researches*, 3(2): 81-94 (In Persian).
19. Ghasemi Aghabash, F., A.A. Abdi and M. Heydari. 2018. Effects of forest roads on oak forest ecosystems in terms of understory vegetation diversity and physicochemical soil properties. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 6(12): 59-76 (In Persian).
20. Godefroid, S., S. Phatyal and N. Koedam. 2006. Depth distribution and composition of seed banks under different tree layers in a managed temperate forest ecosystem. *Acta oecologica*, 5: 1437-1443.
21. Harper, J.L. 1977. *The Population Biology of Plants*. Academic Press, London, 892 pp.
22. Heydari, M., H. Pourbabaei, O. Esmailzade, D. Pothier and A. Salehi. 2013. Germination characteristics and diversity of soil seed banks and above-ground vegetation in disturbed and undisturbed oak forests. *Forest Science and Practice*, 15(4): 286-301.
23. Heydari, M. and M. Faramarzi. 2014. The Short Term Effects of Fire Severity on Composition and Diversity of Soil Seed Bank in Zagros Forest Ecosystem, Servan County. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 3(9): 57-69 (In Persian).
24. Heydari, M., R. Omidipour, M. Abedi and C. Baskin. 2017. Effects of fire disturbance on alpha and beta diversity and on beta diversity components of soil seed banks and aboveground vegetation. *Plant Ecology and Evolution*, 150(3): 247-256.
25. Hoshino, A., Y. Yoshihara, T. Sasaki, T. Okayasu, U. Jamsran, T. Okuro and K. Takeuchi. 2009. Comparison of vegetation changes along grazing gradients with different numbers of livestock. *Journal of Arid Environment*, 73: 687-690.
26. Jakovac, C.C., F. Bongers, T.W. Kuyper, R.C. Mesquita and M. Peña-Claros. 2016. Land use as a filter for species composition in Amazonian secondary forests. *Journal of vegetation science*, 27(6): 1104-1116.
27. Kimball, S., M. Lulow, Q. Sorenson, K. Balazs, Y.C. Fang, S.J. Davis, M. O'Connell and T.E. Huxman. 2015. Cost-effective ecological restoration. *Restoration Ecology*, 23(6): 800-810.
28. Krzic, M., R.F. Newman and K. Broersma. 2003. Plant species diversity and soil quality in harvested and grazed boreal aspen stands of northeastern British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 182: 315-325.
29. Leckie, S.M. Vellend, G. Bell, M.J. Waterway and M.J. Lechowicz. 2000. The seed bank in oldgrowth, temperate deciduous forest. *Canadian Journal of Botany*, 78: 181-192.
30. Li, X., W. Liu and C.Q. Tang. 2010. The role of the soil seed and seedling bank in the regeneration of diverse plant communities in the subtropical Ailao Mountains. Southwest China. *Ecological Research*, 25(6): 1171-1182.
31. López-Mariño, A., E. Luis-Calabuig, F. Fillat and F.F. Bermúdez. 2000. Floristic composition of established vegetation and the soil seed bank in pasture communities under different traditional management regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78(3): 273-282.
32. Ma, M.J., X.H. Zhou and G.Z. Du. 2010. Role of soil seed bank along a disturbance gradient in an alpine meadow on the Tibet plateau. *Flora*, 205: 128-134.
33. Mozaffarian, V. 2008. *Flora of Ilam*. Farhang Moaser press, 936 pp (In Persian).
34. Najafi Tireh, K., N. Khorasani, A. Jalili, Z. Jamzad and Y. Asri. 2008. Investigation on similarity between standing vegetation and soil seed bank in Genu protected area. *Journal of Research and Construction*, 21: 171-182. (In Persian).
35. Osem Y., A. Perevolotsky and J. Kigel. 2006. Similarity between seed bank and vegetation in a semi-arid annual plant community: the role of productivity and grazing. *Journal of Vegetation Science*, 17: 29-36.
36. Plue J., J.L. Dupouey, K. Verheyen and M. Hermy. 2009. Forest seed banks along an intensity gradient of ancient agriculture. *Seed Science Research*, 19: 103-114.

37. Pourreza, M., S.M. Hosseini, A.A.S. Sinegani, M. Matinizadeh and S.J. Alavai. 2014. Herbaceous species diversity in relation to fire severity in Zagros oak forests, Iran. *Journal of Forestry Research*, 25(1): 113-120.
38. Pywell, R.F., J.M. Bullock, A. Hopkins, K.J. Walker, T.H. Sparks, M.J.W. Burke and S. Peel. 2002. Restoration of species-rich grassland on arable land: assessing the limiting processes using a multi-site experiment. *Journal of Applied Ecology*, 39(2): 294-309.
39. Sagheb-Talebi, Kh. T. Sajedi and M. Pourhashemi. 2013. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future* (Vol. 10). Springer Science and Business Media. 152 pp.
40. Sanou, L., P. Savadogo, D. Zida and A. Thiombiano. 2019. Contrasting land use systems influence soil seed bank composition and density in a rural landscape mosaic in West Africa. *Flora*, 250: 79-90.
41. Silva Matos, D.M. and A.R. Watkinson. 1998. The fecundity, seed and seedling ecology of the edible plam *Euterpe edulis* in southeastern Brazil. *Biotropica*, 30: 595-603.
42. Solomon, T.B., H.A. Snyman and G.N. Smit. 2006. Soil seed bank characteristics in relation to land use systems and distance from water in a semi-arid rangeland of southern Ethiopia. *South African Journal of Botany*, 72: 263-271.
43. Stark, K.E., A. Arsenault and G.E. Bradfield. 2008. Variation in soil seed bank species composition of a dry coniferous forest: spatial scale and sampling considerations. *Plant Ecology*, 197: 173-181.
44. Tarrega, C. and T. Marcos. 2007. Comparison of understory plant community composition and soil characteristics in *Quercus pyrenaica* stands with different human uses. *Forest Ecology and Management*, 241: 235-242.
45. Tessema, Z.K., W.F. de Boer, R.M.T. Baars and H.H.T. Prins. 2012. Influence of Grazing on Soil Seed Banks Determines the Restoration Potential of Aboveground Vegetation in a Semi-Arid Savanna of Ethiopia. *Biotropica*, 44(2): 211-219.
46. Thompson, K. and J.P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 67: 893-921.
47. Trujillo-Miranda, A.L., T. Toledo-Aceves, F. López-Barrera and P. Gerez-Fernández. 2018. Active versus passive restoration: recovery of cloud forest structure, diversity and soil condition in abandoned pastures. *Ecological Engineering*, 117: 50-61.
48. Ungar, I.A. and S.R.J. Woodell. 1996. Similarity of seed banks to aboveground vegetation in grazed and ungrazed saltmarsh communities on the Gower Peninsula, South Wales. *International Journal of Plant Sciences*, 157: 746-749.
49. Van der Valk, A.G. and C.B. Davis. 1976. The seed banks of prairie glacial marshes. *Canadian Journal of Botany*, 54: 1832-1838.
50. Weerasinghe, M., M.S. Ashton, E.R. Hooper and B.M. Singhakumara. 2019. Floristics of soil seed banks on agricultural and disturbed land cleared of tropical forests. *Restoration Ecology*, 27(1): 138-147.
51. Zabinski, C., T. Wojtowicz and D. Cole. 2000. The effects of recreational disturbance on subalpine seed banks in the Rocky Mountains of Montana. *Canadian Journal of Botany*, 78: 577-582.
52. Zermeño-Hernández, I., A. Pingarrón and M. Martínez-Ramos. 2016. Agricultural land-use diversity and forest regeneration potential in human-modified tropical landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230: 210-220.
53. Zhao, L.P., J.S. Su, G.L. Wu and F. Gillet. 2011. Long-term effects of grazing exclusion on aboveground and belowground plant species diversity in a steppe of the Loess Plateau, China. *Plant Ecology and Evolution*, 144(3): 313-320.
54. Zobel, M., R. Kalamees, K. Pussa, E. Roosalu and M. Moora. 2007. Soil seed bank and vegetation in mixed coniferous forest stand with different disturbance regimes. *Forest Ecology and Management*, 250: 71-76.
55. Zohary, M. 1973. *Geobotanical Foundations of the Middle East*. 2 vols. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

## **Influence of Short and Long Period Abandonment from Agriculture on Vegetation and Soil Seed Bank Composition Compared to Undisturbed Forest in Zagros Region**

**Nasim Zeynali<sup>1</sup>, Mehdi Heydari<sup>2</sup>, Masoud Bazgir<sup>3</sup> and Mehrdad Kohzadean<sup>4</sup>**

---

1- M.Sc. Student of forest sciences, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2- Department of forest sciences, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran  
(Corresponding author: m\_hydari23@yahoo.com; m.heidari@ilam.ac.ir)

3- Department of Soil Science, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

4- Natural Resource office of Ilam province

Received: May 25, 2019

Accepted: April 23, 2020

---

### **Abstract**

Land degradation and environmental heterogeneities are factors that affect forest ecosystems worldwide and their characteristics. Despite the significant role of soil seed bank to the rehabilitation of degraded plant communities, the floristic studies in many terrestrial ecosystems have focused only on aboveground vegetation. This study carried out to investigate the effect of land-use change from forest to agriculture and long-term and short-term abundance of this disturbance on aboveground vegetation and soil seed bank in Cheghasabz forest park in Ilam County. A total of 66 sample plots (1 m × 1 m) were established using a random systematic method to measure the aboveground vegetation. For soil seed bank, around each of the sample plots, a sample 20 cm × 20 cm area to a depth of 10 cm randomly collected. The seedling emergence method (in greenhouse) and the Braun-Blanquet cover-abundance scale was used to study of soil seed bank and vegetation, respectively. The results showed that in all three studied areas, the number of species in the soil seed bank decreased compared to aboveground vegetation. The dominant life form in the three studied areas were therophytes for both the soil seed bank and aboveground vegetation. The phytocorya distribution of plant species in all land uses also showed that the elements of Irano-Turanian and Iran-Touran-Mediterranean are dominant for both soil seed bank and aboveground vegetation. The density of soil seed bank decreased significantly in agricultural land use. Along DCA axes, based on soil seed bank and aboveground vegetation two distinct vegetation composition separated. The first group includes plots of the soil seed bank and aboveground vegetation in long-term abandoned lands and forest stands, and the second group consisted of seed bank and vegetation of short-term abandoned lands. Long-term abandonment from agriculture as a management measure and relying on the seed bank can be efficient in restoration of vegetation and returning to pre-disturbance conditions.

**Keywords:** Agriculture, Conservation, Forest, Soil seed bank, Zagros



"مقاله پژوهشی"

ساختار افقی و عمودی جنگل‌های زاگرس شمالی در ارتباط با شیوه جنگلداری سنتی  
(مطالعه موردی: جنگل‌های هواره‌خول، شهرستان بانه)

سروش ذبیح‌الهی<sup>۱</sup>، امید فتحی‌زاده<sup>۲</sup>، عباس جمشیدی باختر<sup>۳</sup>، نقی شعبانیان<sup>۴</sup> و منوچهر نمیرانیان<sup>۵</sup>

- ۱- دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ایلام، ایلام  
۲- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر (نویسنده مسوول: omid.fathizadeh@yahoo.com)  
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
۴- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج  
۵- استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۵

صفحه: ۶۲ تا ۷۴

چکیده

ساختار جنگل، که با چیدمان فیزیکی درختان و تاج‌پوشش آنها توصیف می‌شود، ویژگی اساسی بوم‌نظام‌های جنگلی است که ارزیابی آن می‌تواند به‌عنوان شاخص مدیریت بوم‌نظام در نظر گرفته شود. در مطالعه پیش‌رو، ساختار افقی و عمودی قسمتی از جنگل‌های زاگرس شمالی مورد مطالعه قرار گرفت. بدین‌منظور، جنگل‌های سامان عرفی روستای هواره‌خول در شهرستان بانه انتخاب و تعداد ۶۰ قطعه نمونه مربع شکل به ابعاد ۲۰ × ۲۰ متر مربع به‌روش منظم- تصادفی در شبکه آماربرداری ۳۰۰ × ۲۰۰ متر در عرصه‌ای به مساحت ۳۴۵ هکتار پیاده شد. در هر قطعه نمونه مشخصه‌های قطر برابر سینه تمامی درختان و جست‌های قطورتر از یک سانتی‌متر، ارتفاع درختان و جست‌ها، دو قطر بزرگ و کوچک تاج، طول تاج و مختصات مکانی درختان و جست‌گروه‌ها اندازه‌گیری شدند. جهت نمایش ساختار افقی و عمودی جنگل از نرم‌افزار SVS استفاده شد و شاخص‌های آماری توده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در طبقات ارتفاعی نشان داد که ساختار جنگل هواره‌خول دو تا سه آشکوبه بوده و درختان و جست‌گروه‌ها بیشترین فراوانی را در آشکوب میانی و کمترین فراوانی را در آشکوب فوقانی دارند. بیشترین پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در جنگل هواره‌خول در طبقه ارتفاعی ۴-۲ متر بوده و بیش از ۸۴ درصد پایه‌ها ارتفاعی کمتر از ۴ متر دارند. بیشتر درختان و جست‌گروه‌ها دارای قطر برابر سینه کمتر از ۱۰ سانتی‌متر بودند که بیانگر جوان بودن جنگل هواره‌خول با دامنه پراکنش قطری کم، و فراوانی کم پایه‌های قطور و مسن در جنگل می‌باشد. ساختار افقی جنگل نمایانگر لکه‌های خالی زیاد و عدم پیوستگی تاج پوشش در قسمت‌های نزدیک روستا بوده که میزان این لکه‌های خالی به تدریج و با نزدیک شدن به مرز سامان عرفی کاهش می‌یابد. نمایش ساختار عمودی جنگل نیز نشان می‌دهد که در مناطق نزدیک‌تر به مرکز روستا درختان و جست‌گروه‌ها بیشتر در آشکوب‌های میانی و تحتانی قرار گرفته‌اند و هر چه به فاصله از مرکز روستا افزوده می‌شود، حضور درختان در آشکوب فوقانی نیز بیشتر می‌شود. در مجموع ترسیم ساختار جنگل نشان داد که با فاصله گرفتن از مرکز روستا، مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و مساحت تاج پوشش درختان و جست‌گروه‌ها افزایش می‌یابند.

واژه‌های کلیدی: بانه، زاگرس شمالی، ساختار جنگل، سامان عرفی، نظام جنگلداری سنتی، هواره‌خول، SVS

مقدمه

از جنگل، ساختار توده‌های جنگلی تغییر کرده و بسیار آسیب‌پذیر شده است (۱۸). در روستای هواره‌خول سیستم جنگلداری سنتی به شکل شاخه‌زاد ناهمسال (روی زمین) است. بدین مفهوم که همگی جست‌های موجود در جست‌گروه را باقی می‌گذارند و هیچ جستی را قطع نمی‌کنند که این کار به شاخه‌زاد روی زمین یا شاخه‌زاد از پایین معروف است. هر چند این جست‌گروه‌ها به‌طور کامل از چرای دام در امان نمی‌مانند، اما به‌دلیل تجمع جست‌ها در جست‌گروه فرصتی برای رشد برخی جست‌ها (به‌ویژه جست‌های مرکزی جست‌گروه) به‌وجود می‌آید تا از افق چرای دام رها شود. جست‌هایی که از افق چرای دام (ارتفاع دو متر) خارج می‌شوند (۸) می‌توانند تهدید چرای دام را پشت سر گذاشته و در آینده به یک درخت تبدیل شوند.

توده جنگلی یا به‌طور کلی جنگل همانند یک ساختمان دارای اشکال متفاوتی در مقاطع مختلف طولی و عرضی است. برای شناخت، مطالعه و برنامه‌ریزی دقیق توده‌های جنگلی باید خصوصیات آن را از مقاطع مختلف بررسی کرد. مطالعه

جنگل‌های زاگرس علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های اجتماعی - اقتصادی ویژه، در حفظ منابع آبی، حفاظت خاک، تعدیل آب و هوا و حفظ ذخایر ژنتیکی اهمیت قابل توجهی دارند (۱،۵). زاگرس شمالی رویشگاه خاص گونه مازودار است که در قسمت‌هایی از این حوزه با گونه ویول یا برودار می‌آمیزد. این بخش از زاگرس استان‌های آذربایجان غربی، کردستان و قسمت‌هایی از کرمانشاه و لرستان را در بر می‌گیرد (۱۵). در جنگل‌های حوزه شهرستان بانه نوعی دانش بومی جنگلداری به‌وجود آمده است تا جامعه محلی را قادر سازد که با بهره‌برداری مستمر از منابع جنگلی، بقای خویش را استمرار بخشد. در این شکل از جنگلداری سنتی هر خانوار که به‌صورت عرفی جنگلی را در اختیار دارد، با به‌کارگیری ترکیبی از روش شاخه‌زاد همسال روی درخت (روی تنه و تاج) و شاخه‌زاد ناهمسال (روی زمین) علوفه دام‌ها و چوب هیزمی و ساختمانی مورد نیاز خود را تأمین می‌نماید (۸). در این جنگل‌ها با توجه به سابقه طولانی برداشت‌های سنتی و عرفی

شمالی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که ساختار جنگل در سه منطقه جنگلی ناهمسال و چند آشکوبه است و اختلاف معنی‌داری بین ساختار افقی و عمودی جنگل‌های سه منطقه مشاهده نشد. Paluch و همکاران (۱۹) ساختار افقی و عمودی جنگل مخلوط راش- پیسه را در جنگل‌های اروپای مرکزی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که پراکنش درختان در طبقات قطری دارای شکلی شبیه به J معکوس بوده که نشان دهنده فراوانی بیشتر درختان کم‌قطر و جوان بودن جنگل است. Ferreira و همکاران (۶) در پژوهشی ساختار جنگل را در جنگل‌های ساوپائولو در جنوب شرقی برزیل بررسی نمودند. طبق نتایج، بیشترین فراوانی قطری در کلاس قطری ۲۵-۲۰ سانتی‌متر بود و ساختار جنگل، ناهمسال و با پراکنش قطری زیاد ارزیابی شد. Valipour و همکاران (۲۵) مدیریت تلفیقی جنگل- دام به شیوه سنتی و اثرات آن را بر ساختار توده، زادآوری و ترکیب جنگل با مقایسه توده‌های گل‌زنی شده و دست نخورده مجاور هم در زاگرس شمالی مطالعه کردند. طبق نتایج، پراکنش قطری درختان در توده گل‌زنی شده تقریباً نرمال و چوله به راست و پراکنش قطری درختان در توده‌های دست نخورده، به شکل J معکوس بود.

شیوه‌های سنتی مدیریت جنگل با تأثیر بر تراکم توده، درصد تاج پوشش و شکل و دامنه پراکنش قطری، ساختار جنگل را مورد تأثیر قرار می‌دهند. با توجه به اهمیت شناخت ساختار جنگل و نقش آن در مدیریت پویا و به دلیل کمبود اطلاعات ساختار جنگل در جنگل‌های زاگرس شمالی، ضرورت دارد تحقیقات جامعی در این زمینه انجام شود. بنابراین هدف این پژوهش بررسی ساختار افقی و عمودی بخشی از جنگل‌های زاگرس شمالی در شهرستان بانه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، جنگل‌های روستای هواره‌خول واقع در ۱۳ کیلومتری شرق شهرستان بانه از استان کردستان است. روستای هواره‌خول در بخش نور و دهستان بوئین واقع است (شکل ۱). درسامان عرفی این روستا، جنگل ۳۴۵ هکتار وسعت داشته و در محدوده ارتفاعی ۱۵۸۰ تا ۲۲۵۰ متری از سطح دریا گسترش یافته است (۸).

### روش پژوهش

جهت انجام این تحقیق، پس از جنگل‌گردشی و تهیه نقشه منطقه مورد مطالعه، تعداد ۶۰ قطعه نمونه به روش نمونه‌برداری منظم- تصادفی در یک شبکه آماربرداری ۳۰۰×۲۰۰ متر پیاده شد. با توجه به شاخه‌زاد بودن جنگل هواره‌خول و تراکم زیاد جست‌ها، انتخاب شکل دایره برای قطعات با افزایش هزینه همراه می‌شد (۹)، بنابراین شکل قطعه‌نمونه‌ها برای تعیین ساختار افقی و عمودی جنگل به صورت مربع تعیین شد. همچنین مساحت قطعه‌نمونه‌ها نیز با توجه به شرایط ذکر شده‌ی حاکم بر جنگل و به دلیل کاهش خطا، چهار آر و به ابعاد ۲۰ × ۲۰ مترمربع انتخاب شد. در هر قطعه

نیم‌رخ توده جنگلی دارای اهمیت زیادی است و اطلاعات جامعی در مورد ساختار این جنگل‌ها به ما می‌دهد. ساختار عمودی جنگل، آشکوبندی درختان می‌باشد که بسته به ارتفاع و طرز قرار گرفتن درختان در یک توده جنگلی، طبقات یا آشکوب‌های مختلفی به وجود می‌آید و در مقابل، ساختار افقی، پراکنش سطحی درختان جنگلی روی زمین است که برای شناخت و تفکیک آنها می‌توان نقشه پراکنش درختان جنگلی را تهیه نمود (۱۷). به طور کلی آگاهی از وضعیت پراکنش تعداد در طبقات قطری و ارتفاعی (ساختار افقی و عمودی) به مدیران این امکان را می‌دهد که قبل از دخالت در توده، شناخت مناسبی از آن پیدا کند و با اطمینان بیشتری برای توده تصمیم‌گیری نماید تا در نهایت این اطلاعات به دست آمده از جنگل، در جهت بهبود وضعیت توده پیش‌رود (۱۶). شناخت ساختار جنگل، مطالعه الگوی مکانی ویژگی‌های ساختاری جنگل و به طور کلی بوم‌سازگان جنگلی، در تصمیم‌گیری و چگونگی حفظ، توسعه و هدایت بوم‌نظام به سوی اهداف ایده‌آل امری ضروریست (۲،۳). مدل‌های سه بعدی در مقیاس تک درخت و توده و همچنین در سطوح بزرگتر مانند چشم‌انداز برای کاربردهای مهم مختلفی استفاده می‌شوند (۲۳). اما به دلیل زمان‌بر و هزینه‌بر بودن مدل‌های تک درخت تنها تعداد کمی از آن‌ها در شبیه‌سازی استفاده می‌شود. از میان این مدل‌ها می‌توان به SVS، Capsis (۴) و SILVA (۲۰) اشاره کرد که استفاده از SVS با توجه به نوع داده‌های در دسترس در کشور ما مقرون به صرفه‌تر است.

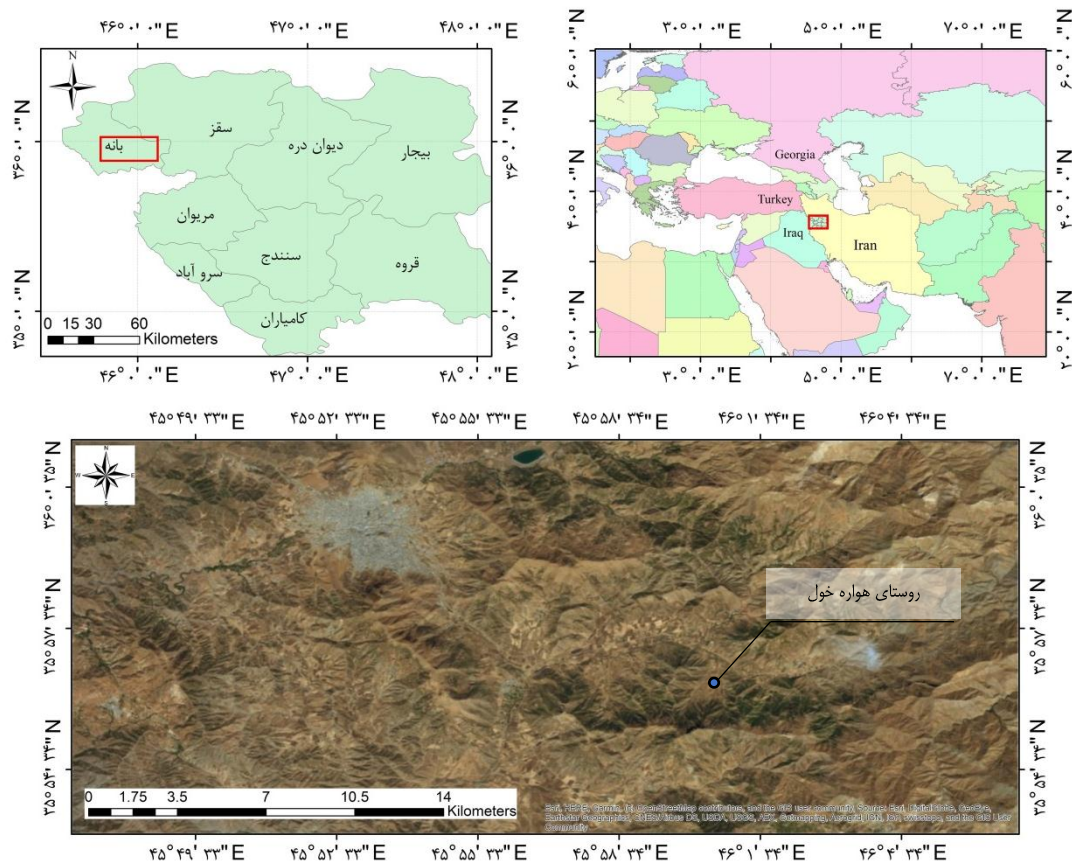
حیدری (۱۱) ساختار افقی و عمودی جنگل را در توده‌های کمتر دست‌خورده و بهره‌برداری شده بانه مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که ساختار جنگل در توده‌های کمتر دست‌خورده گرایش به ناهمسالی دارد و ترسیم ساختار افقی و عمودی جنگل بیانگر درصد تاج پوشش و تنوع ارتفاعی زیاد در توده‌های کمتر دست‌خورده می‌باشد. قهرمانی و همکاران (۷) ساختار جنگل‌های آرم‌ده را در شهرستان بانه مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج، میانگین قطر در جنگل‌های مورد بررسی ۲۰/۳ سانتی‌متر محاسبه شد و درختان ویول با متوسط ارتفاع ۷/۱ متر و درختان برودار با میانگین ارتفاع ۵/۴ متر به ترتیب مرتفع‌ترین و کم ارتفاع‌ترین درختان جنگل‌های مورد مطالعه و همچنین درختان ویول دارای بیشترین سطح تاج و درختان برودار دارای کمترین سطح تاج بودند. صالحیان (۲۲) ساختار جنگل را در سه توده تحت بهره‌برداری سنتی (گل‌زنی و چرای دام) با سه توده کمتر دست‌خورده در جنگل‌های زاگرس شمالی در منطقه بانه مقایسه نمود و به این نتیجه رسید بهره‌برداری‌های صورت گرفته و استفاده‌های سنتی رایج (گل‌زنی و چرای دام) عامل اصلی محدود بودن دامنه توزیع درختان در طبقات قطری در توده‌های تحت بهره‌برداری بانه می‌باشند. حیدری (۱۲) ساختار افقی و عمودی جنگل‌های بلک‌ه را در شهرستان بانه تعیین نمود. نتایج نشان داد که جنگل بلکه دو آشکوبه بوده و ساختار آن جنگل شاخه‌زاد ناهمسال مسن‌شده است. Youngblood و همکاران (۲۶) ساختار افقی و عمودی جنگل‌های کاج *Pinus ponderosa* را در سه منطقه حفاظت شده در کالیفرنیا

نمونه ویژگی‌های قطر برابر سینه تمامی درختان (تک‌پایه‌ها) و جست‌های قطورتر از یک سانتی‌متر (فقط جست‌گروه‌هایی که قطر بزرگترین جست آن بیشتر از یک سانتی‌متر و به ارتفاع برابر سینه رسیده بود اندازه‌گیری شدند و هر کدام از این جست‌گروه‌ها به‌عنوان یک پایه در نظر گرفته شدند)، ارتفاع درختان و جست‌گروه‌ها (تا دقت دسی‌متر)، دو قطر بزرگ و کوچک تاج جست‌گروه‌ها (تا دقت دسی‌متر)، طول تاج (جهت نمایش ساختار جنگل)، نوع گونه و مختصات مکانی درختان و جست‌گروه‌ها (تعیین مختصات آنها نسبت به گوشه قطعه نمونه به‌صورت X و Y) اندازه‌گیری شدند. به‌منظور بررسی پراکنش قطری و ارتفاعی درختان و جست‌گروه‌ها، طبقات قطری پنج سانتی‌متری (۱ تا ۴/۹۹ سانتی‌متر، ۵ تا ۹/۹۹ سانتی‌متر، ۱۰ تا ۱۴/۹۹ سانتی‌متر، ۱۵ تا ۱۹/۹۹ سانتی‌متر، ۲۰ تا ۲۴/۹۹ سانتی‌متر، ۲۵ تا ۲۹/۹۹ سانتی‌متر و ۳۰ تا ۳۴/۹۹ سانتی‌متر) و طبقات ارتفاعی دو متری به استثنای طبقه اول که شروع آن از ارتفاع ۱/۳ متری بود، در نظر گرفته شد (۱/۳ تا ۱/۹۹ متر، ۲ تا ۳/۹۹ متر، ۴ تا ۵/۹۹ متر، ۶ تا ۷/۹۹ متر و ۸ تا ۹/۹۹ متر).

لازم به ذکر است که فرم رویشی شاخه‌زاد فقط شامل جست‌گروه‌ها نمی‌شود، بلکه درختان تک‌پایه‌ای نیز وجود دارند که قبلاً قطع و پس از طی چندین سال به یک درخت شاخه‌زاد تبدیل شده‌اند. بنابراین درختان تک‌پایه نیز ممکن است دارای فرم شاخه‌زاد باشند و تفکیک فرم رویشی پایه‌ها بر اساس آثار و شواهد موجود در قسمت یقه و تنه پایه‌ها صورت گرفت.

با توجه به اینکه ساختار افقی و عمودی جنگل در قسمت‌های مختلف جنگل تفاوت‌هایی با هم داشتند و این تفاوت‌ها به نسبت فاصله از روستای هواره‌خول بسیار

در این پژوهش جهت نمایش ساختار افقی و عمودی جنگل از نرم‌افزار تخصصی SVS استفاده شد و شاخص‌های آماری توده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.



شکل ۱- موقعیت روستای هواره خول در ایران و استان کردستان  
Figure 1. Location of Havare-khol village in Iran and Kurdistan province

### نتایج و بحث

برداشت‌ها افزایش فراوانی درختان شاخه‌زاد در جنگل است. به مرور زمان فراوانی درختان دانه‌زاد در این جنگل به شدت کاهش یافته و درختانی که توان جست‌دهی ضعیفی داشته‌اند امروزه یا حذف شده‌اند و یا دیگر زادآوری نمی‌کنند (۹). طبق آمار موجود در جدول ۱، تاج پوشش جنگل ۲۳ درصد محاسبه شده که نشان می‌دهد این جنگل دارای تاج‌پوشش باز و تنک می‌باشد. همچنین این نتایج نشان‌دهنده این مسئله است که با وجود ۶۴۰ اصله در هکتار در این جنگل، میانگین رویه زمینی درختان و جست‌گروه‌ها ۳/۴۴ متر مربع در هکتار می‌باشد که نمایان‌گر جوان بودن و قطر اندک درختان است که می‌تواند ناشی از دخالت بی‌رویه در جنگل‌های منطقه باشد.

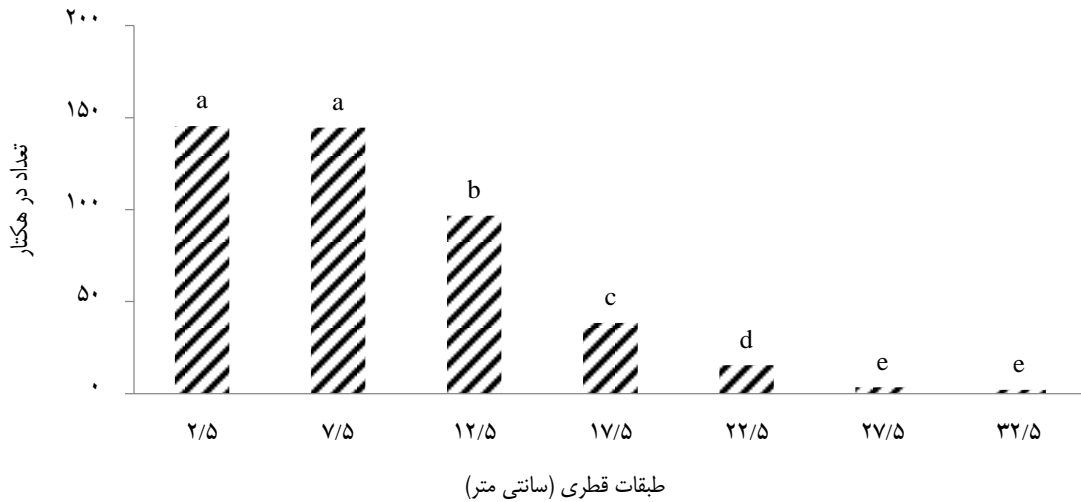
گونه غالب جنگل هواره خول ویول (۶۵/۴ درصد) است که در اکثر نقاط تیپ خالص ویول را تشکیل داده و در برخی نقاط گونه مازودار با آن همراه بوده و تیپ ویول- مازودار را تشکیل می‌دهند. دومین گونه غالب پس از ویول، گونه مازودار (۲۳/۲ درصد) می‌باشد. همچنین گونه برودار (۳/۲ درصد) به همراه سایر گونه‌ها (۸/۲ درصد) نظیر دافنه، زالزالک و کیکم به صورت پراکنده همراه با تیپ‌های مذکور ظاهر شدند. فرم رویشی شاخه‌زاد با ۹۷ درصد، فرم رویشی غالب این جنگل است و فرم دانه‌زاد نیز فقط سه درصد از فرم رویشی جنگل هواره خول را تشکیل می‌دهد. جنگل هواره خول از گذشته نسبتاً دوری در چهارچوب یک نظام بهره‌برداری سنتی مورد استفاده مردم بومی بوده است که یکی از آثار این

جدول ۱- شاخص‌های آماری ویژگی‌های درختان و جست‌گروه‌ها در جنگل هواره خول

| ویژگی                         | میانگین | خطای معیار (±) |
|-------------------------------|---------|----------------|
| قطر برابر سینه (سانتی‌متر)    | ۸/۲     | -/۱۷           |
| ارتفاع (متر)                  | ۲/۴۵    | -/۰۳           |
| سطح تاج (مترمربع در هکتار)    | ۲۲۹۳/۸۱ | ۱۶۱/۵          |
| رویه زمینی (مترمربع در هکتار) | ۳/۴۴    | -/۳۶           |
| درصد تاج پوشش (%)             | ۲۳      |                |
| تعداد در هکتار                | ۶۴۰     | ±۳۳            |

سینه‌ای کمتر از ۱۰ سانتی‌متر دارند و طبقات قطری بالاتر، تعداد پایه‌های کمتری را در خود جای داده‌اند که نشان‌دهنده محدود بودن دامنه پراکنش قطری و فراوانی کم پایه‌های قطور و مسن در جنگل می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است درختان و جست‌گروه‌ها بیشترین پراکنش را در طبقات قطری ۲/۵ و ۷/۵ سانتی‌متری و کمترین پراکنش را در طبقه قطری ۳۲/۵ سانتی‌متری دارا می‌باشند. این نمودار کم‌شونده نشان می‌دهد که بیشتر پایه‌های موجود در جنگل هواره‌خول، قطر برابر



شکل ۲- پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در طبقات قطری پنج سانتی‌متری. حروف مشابه در بالای ستون‌ها عدم معنی‌داری تفاوت تعداد در هکتار بین طبقات قطری را نشان می‌دهد (آزمون خی دو،  $\alpha=0/01$ )

Figure 2. Distribution of trees and coppices in five cm diameter classes. There is no significant difference observed between diameter classes denoted by same letter (Chi-square test,  $\alpha=0.01$ )

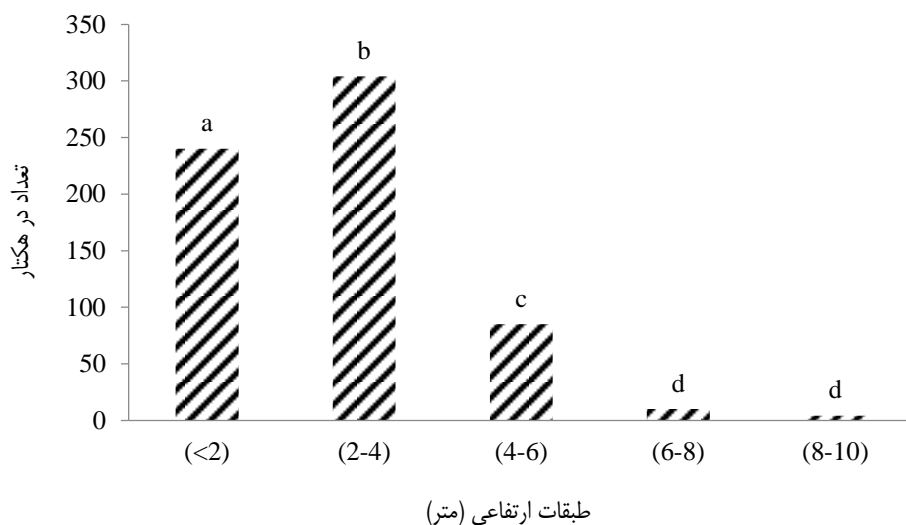
پایه‌ها از لحاظ ارتفاعی، تنوع زیادی ندارند و اکثر آنها در دو طبقه ارتفاعی حضور دارند (۸۵ درصد درختان در دو طبقه ارتفاعی کمتر از ۱/۹۹ و ۲ تا ۳/۹۹ متر بودند). طبقه ارتفاعی پنج متر نیز با توجه به فراوانی سایر طبقات، پراکنش متوسطی داشته (۱۳ درصد درختان) و می‌توان گفت که در مواردی همراه با دو طبقه ارتفاعی اول، طبقه ارتفاعی مجزایی را تشکیل می‌دهد. بنابراین طبق پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در طبقات ارتفاعی با توجه به اینکه ۸۵ درصد درختان در دو طبقه ارتفاعی قرار دارند (طبقات ارتفاعی اول و دوم)، می‌توان گفت که این جنگل دارای دو آشکوب اصلی می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه طبقه ارتفاعی سوم (طبقه ارتفاعی پنج متر)، ۱۳ درصد از پراکنش درختان را به‌خود اختصاص می‌دهد، نمی‌توان آن را به‌عنوان یک آشکوب مجزا در نظر گرفت، اما می‌توان آن را به‌عنوان آشکوب همراه با آشکوب اصلی در نظر گرفت. طبقات ارتفاعی چهارم و پنجم (طبقات هفت و نه متر) نیز با توجه به اینکه فقط دو درصد از پراکنش درختان را به‌خود اختصاص می‌دهند، نمی‌توانند دارای آشکوب مجزایی باشند و لذا می‌توان ساختار عمودی جنگل هواره‌خول را دو تا سه آشکوبه معرفی نمود (شکل ۳). نتایج پژوهش‌های حیدری (۱۱) و صالحیان (۲۲) نشان داده است که ممانعت از فعالیت جوانه انتهایی و حذف آن در اثر چرای دام و گلازنی، عامل اصلی کوتاه شدن ارتفاع درختان بلوط در جنگل‌های تحت بهره‌برداری سنتی در بانه هستند و نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کنند. طبق نتایج، ۳۷/۳۶ درصد از درختان و جست‌گروه‌های جنگل در طبقه ارتفاعی کمتر از دو متر حضور

به نظر می‌رسد که این جنگل با توجه به نحوه پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در طبقات قطری، مشکلی از لحاظ تجدید حیات از طریق زادآوری غیر جنسی (زادآوری شاخه‌زاد) نداشته باشد، اما مشکلی که وجود دارد کمبود درختان قطور و محدود بودن دامنه پراکنش قطری است. غضنفری (۶) عنوان می‌کند که در جنگل هواره‌خول درختان در قطر حدود ۳۰ سانتی‌متری، زودتر از پایان دیرزیستی خود و قبل از آنکه توسط آشفته‌گی‌های طبیعی بمیرند توسط جنگلداران سنتی از جنگل خارج می‌شوند، که نتیجه آن کاهش تنوع قطری، کاهش تعداد درختان قطور و افزایش تعداد درختان در طبقات قطری پایین است و نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کند. اندوخته‌گیری یکی از راه‌هایی است که می‌توان برای حل این مشکل عنوان نمود. همچنین در نظر گرفتن جایگزین‌هایی به‌منظور تأمین چوب سوخت جنگل‌نشینان نیز می‌تواند در کاهش قطع درختان قطور موثر باشد. این نتایج با نتایج مطالعات صالحیان (۲۰)، Paluch و همکاران (۱۹)، حیدری و همکاران (۱۳) و Valipour و همکاران (۲۵) در رابطه با توزیع درختان در طبقات قطری همخوانی دارد، اما با نتایج پژوهش‌های Ferreira و همکاران (۶)، حسنی و امانی (۱۰) و حسین‌زاده و همکاران (۱۴) همخوانی ندارد که دلیل تفاوت آن با تحقیق اخیر می‌تواند تفاوت در شیوه بهره‌برداری جنگل‌نشینان در دو منطقه مختلف از جنگل‌های زاگرس باشد. بیشترین پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در جنگل هواره‌خول در طبقه ارتفاعی سه متر بوده (۴۷ درصد درختان) و بیشتر آنها ارتفاعی کمتر از چهار متر دارند که نشان می‌دهد



برای مصون ماندن این درختان و جست‌گروه‌ها از چرای دام، محافظت فردی (پرچین) یکی از راه‌هایی است که می‌تواند مفید واقع شود. تفسیر نتایج مربوط به ویژگی‌های قطر و ارتفاع درختان در جنگل هواره‌خول نشان می‌دهد که ساختار جنگل تحت تأثیر فعالیت‌های جنگل‌نشینان می‌باشد و عمده این فعالیت‌ها به‌منظور تغذیه دام‌هایشان است. ولی‌پور و همکاران (۲۴) نیز عنوان می‌کنند که از ویژگی‌های مهم جنگل هواره‌خول این است که به‌دلیل برداشت درخت، دخالت در ساختار جنگل صورت می‌گیرد.

داشتند که مربوط به جست‌گروه‌هایی می‌باشد که در زیر افق چرای دام قرار دارند و خطر از بین رفتن آنها وجود دارد. افق چرای دام حداقل ارتفاعی است (حدود دو متر) که جست یا نهال از دسترس دام خارج شده و خطر سرچر شدن را پشت سر می‌گذارد (۹). با توجه به اینکه این درختان و جست‌گروه‌های با ارتفاع زیر دو متر بیش از یک‌سوم درختان جنگل را شامل می‌شوند، اگر قبل از خارج شدن از افق چرای دام مورد محافظت قرار نگیرند، عدم استقرار و تبدیل نشدن آنها به درخت می‌تواند آینده جنگل را با خطر مواجه نماید.



شکل ۳- پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در طبقات ارتفاعی دو متری. حروف مشابه در بالای ستون‌ها عدم معنی‌داری تفاوت تعداد در هکتار بین طبقات ارتفاعی را نشان می‌دهد (آزمون خی دو،  $\alpha=0.01$ )

Figure 3. Distribution of trees and coppices in 2 m height classes. There is no significant difference observed between height classes denoted by same letter (Chi-square test,  $\alpha=0.01$ )

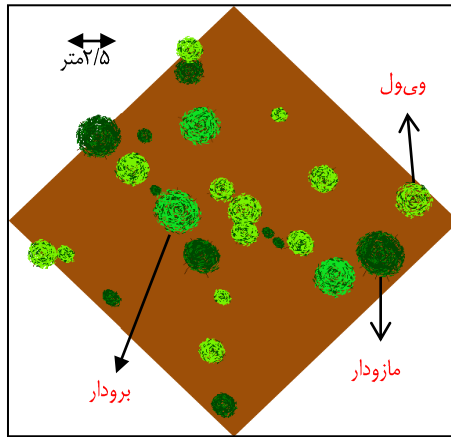
و ۵). بر اساس جدول ۲، در قطعه نمونه شماره ۱ با تعداد ۲۶ پایه در قطعه نمونه، میانگین ویژگی‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و سطح تاج درختان و جست‌گروه‌ها از میانگین این ویژگی‌ها در جنگل هواره‌خول کمتر می‌باشند.

**ساختارهای افقی و عمودی به دست آمده از نرم‌افزار SVS**  
 قطعه نمونه شماره ۱، ساختار افقی و عمودی جنگل را در نزدیکی مرکز روستا (فاصله ۳۰۰ متری) نشان می‌دهد که متشکل از جست‌گروه‌هایی کوتاه با مساحت تاج کم هستند و درختان تک‌پایه در آن به ندرت مشاهده می‌شود (شکل‌های ۴

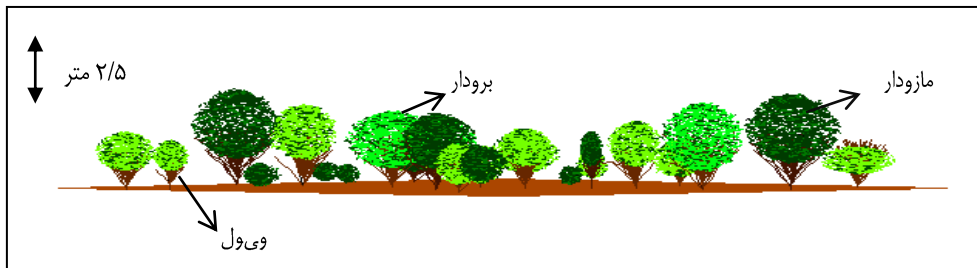
جدول ۲- مقادیر مربوط به ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در قطعه نمونه شماره ۱

Table 2. Amounts of the measured properties in the plot 1

| ویژگی                    | قطر برابر سینه (سانتی‌متر) | ارتفاع (متر)        | سطح تاج (متر مربع) |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|
| بیشینه                   | ۷                          | ۲/۸                 | ۸/۸                |
| کمینه                    | ۱                          | ۰/۸                 | ۰/۴۴               |
| میانگین (±اشتباه معیار)  | ۳/۲۶±۰/۷                   | ۱/۹۵±۰/۴            | ۳/۱۵±۰/۲           |
| تعداد پایه در قطعه نمونه | ۲۶                         | تعداد اصله در هکتار | ۶۵۰                |



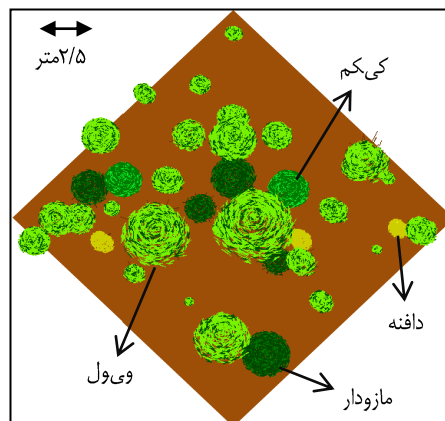
شکل ۴- ساختار افقی یک قطعه نمونه  $20 \times 20$  متری در فاصله ۳۰۰ متری از مرکز روستای هواره‌خول (قطعه نمونه شماره ۱)  
Figure 4. Horizontal structure of a  $20 \times 20$  m<sup>2</sup> plot at a distance of 300 m from the Havare-khol village center (plot 1)



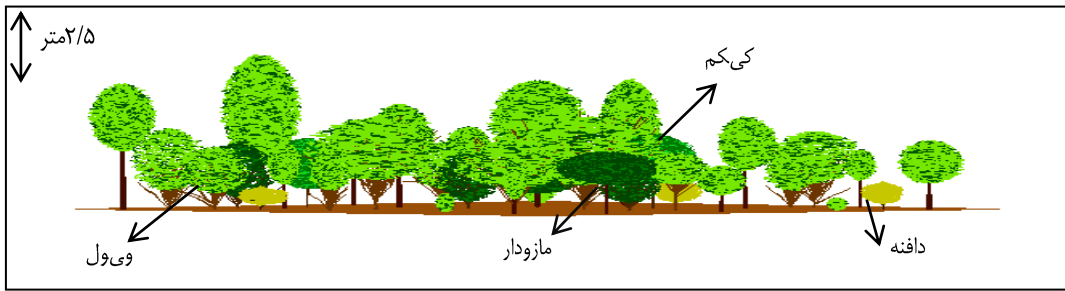
شکل ۵- ساختار عمودی یک قطعه نمونه  $20 \times 20$  متری در فاصله ۳۰۰ متری از مرکز روستای هواره‌خول (قطعه نمونه شماره ۱)  
Figure 5. Vertical structure of a  $20 \times 20$  m<sup>2</sup> plot at a distance of 300 m from the Havare-khol village center (plot 1)

(شکل‌های ۶ و ۷). تعداد پایه‌های موجود در این قطعه نمونه ۳۸ پایه می‌باشد (جدول ۳) و میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این جدول، نزدیک به میانگین مشخصات مشابه اندازه‌گیری شده در جنگل هواره‌خول است.

در قطعه نمونه شماره ۲ ساختار افقی و عمودی جنگل در فاصله ۹۰۰ متری از مرکز روستا و در میانه‌های سامان عرفی نشان داده شده است. جست‌گروه‌هایی با ارتفاع و سطح تاج بیشتر نسبت به قطعه نمونه شماره ۱ همراه با درختان تک‌پایه، ساختار این بخش از جنگل را تشکیل می‌دهند



شکل ۶- ساختار افقی یک قطعه نمونه  $20 \times 20$  متری در فاصله ۹۰۰ متری از مرکز روستای هواره‌خول (قطعه نمونه شماره ۲)  
Figure 6. Horizontal structure of  $20 \times 20$  m<sup>2</sup> plot at a distance of 900 m from the Havare-khol village center (plot 2)



شکل ۷- ساختار عمودی یک قطعه نمونه ۲۰ × ۲۰ متری در فاصله ۹۰۰ متری از مرکز روستای هواره‌خول (قطعه نمونه شماره ۲)  
 Figure 7. Vertical structure of 20×20 m<sup>2</sup> plot at a distance of 900 m from the Havare-khol village center (plot 2)

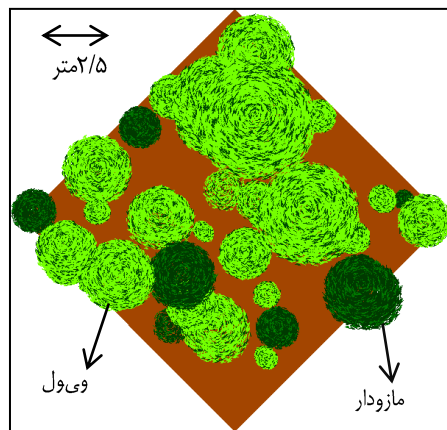
جدول ۳- مقادیر مربوط به ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در قطعه نمونه شماره ۲

Table 3. Amounts of the measured properties in the plot 2

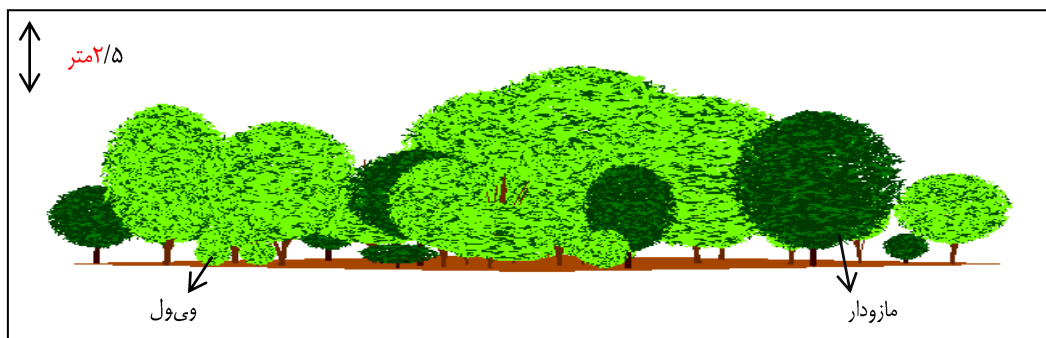
| ویژگی                    | قطر برابر سینه (سانتی‌متر) | ارتفاع (متر)        | سطح تاج (متر مربع) |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|
| بیشینه                   | ۱۹                         | ۴/۸                 | ۱۲/۵۶              |
| کمینه                    | ۲                          | ۰/۸                 | ۰/۸۶               |
| میانگین (± اشتباه معیار) | ۸/۳۱ (±۲/۸۴)               | ۲/۵ (±۰/۷)          | ۳/۷۵ (±۱/۲)        |
| تعداد پایه در قطعه نمونه | ۲۸                         | تعداد اصله در هکتار | ۹۵۰                |

جست زیاد به‌ندرت در این نوع ساختار وجود دارند (شکل‌های ۸ و ۹). بر اساس داده‌های جدول ۴، تعداد پایه در قطعه نمونه شماره ۳ حضور دارند و میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در آن نسبت به میانگین آنها در جنگل هواره‌خول مقادیر بیشتری را نشان می‌دهند.

قطعه نمونه شماره ۳ ساختار افقی و عمودی جنگل را در فاصله ۱۵۰۰ متری از مرکز روستا و در نزدیکی مرز سامان عرفی نشان می‌دهد. ساختار جنگل را در این بخش درختانی با قطر برابر سینه، ارتفاع و سطح تاج بیشتری نسبت به ساختار قطعات نمونه ۱ و ۲ تشکیل می‌دهند و جست‌گروه‌های با



شکل ۸- ساختار افقی یک قطعه نمونه ۲۰ × ۲۰ متری در فاصله ۱۵۰۰ متری از مرکز روستای هواره‌خول (قطعه نمونه شماره ۳)  
 Figure 8. Horizontal structure of 20×20 m<sup>2</sup> plot at a distance of 1500 m from the Havare-khol village center (plot 3)



شکل ۹- ساختار عمودی یک قطعه نمونه  $20 \times 20$  متری در فاصله ۱۵۰۰ متری از مرکز روستای هواره‌خول (قطعه نمونه شماره ۳)  
Figure 9. Vertical structure of  $20 \times 20$  m<sup>2</sup> plot at a distance of 1500 m from the Havare-khol village center (plot 3)

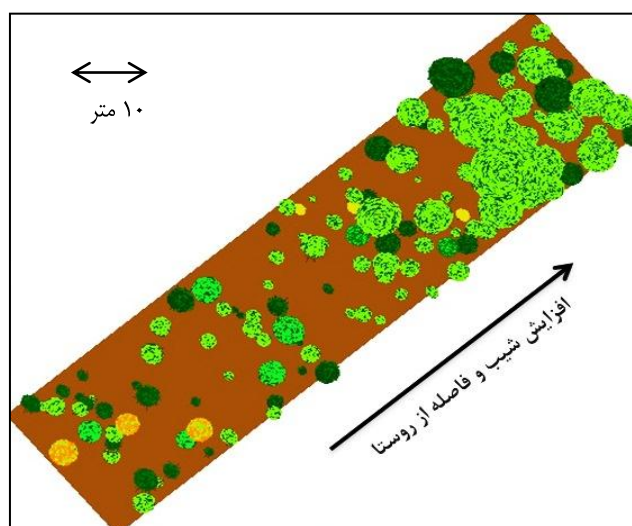
جدول ۴- مقادیر مربوط به ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در قطعه نمونه شماره ۳

Table 4. Amounts of the measured properties in the plot 3

| ویژگی                         | قطر برابر سینه (سانتی‌متر) | ارتفاع (متر)        | سطح تاج (متر مربع)  |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|
| بیشینه                        | ۲۳                         | ۷/۵                 | ۳۳/۱۶               |
| کمینه                         | ۲                          | ۱/۳                 | ۱/۲۲                |
| میانگین ( $\pm$ اشتباه معیار) | ۱۱/۶ ( $\pm ۳/۴۴$ )        | ۳/۷۵ ( $\pm ۲/۴$ )  | ۶/۴۸ ( $\pm ۲/۱۴$ ) |
| تعداد پایه در قطعه نمونه      | ۳۸                         | تعداد اصله در هکتار | ۹۵۰                 |

بوده که میزان این لکه‌های خالی به تدریج و با نزدیک شدن به مرز سامان عرفی (انتهای سامان عرفی هواره‌خول بر روی یال) کاهش می‌یابد. ساختار عمودی جنگل، دو تا سه آشکوبه بودن جنگل را تأیید کرده و نشان می‌دهد که در مناطق کم شیب و نزدیکتر به روستا درختان و جست‌گروه‌ها بیشتر در آشکوب‌های میانی و تحتانی قرار گرفته‌اند و هر چه به شیب و فاصله از روستا افزوده می‌شود حضور درختان در آشکوب فوقانی نیز بیشتر شده و در نقاطی هر سه آشکوب را می‌توان در این قسمت‌ها مشاهده نمود.

در قطعه نمونه شماره ۴ که ساختار افقی و عمودی جنگل هواره‌خول در یک نمای کلی با توجه به در نظر گرفتن وضعیت شیب و فاصله از روستا ترسیم شده است، مشاهده می‌شود که تفاوت زیادی بین نقاط مختلف جنگل از لحاظ ویژگی‌های مختلف وجود دارد به طوری که با افزایش فاصله از روستا، تراکم پایه‌ها در واحد سطح، ارتفاع و سطح تاج پوشش آنها افزایش می‌یابند (شکل‌های شماره ۱۰ و ۱۱، جدول ۵). ساختار افقی جنگل نشان‌دهنده لکه‌های خالی زیاد و عدم پیوستگی تاج پوشش در قسمت‌های نزدیک روستا و کم‌شیب



شکل ۱۰- ساختار افقی جنگل هواره‌خول در یک قطعه با ابعاد  $20 \times 80$  متری (قطعه نمونه شماره ۴)  
Figure 10. Horizontal structure of the Havare-khol forest in a  $20 \times 80$  m<sup>2</sup> plot (plot 4)



شکل ۱۱- ساختار عمودی جنگل هواره‌خول در یک قطعه با ابعاد ۲۰ × ۸۰ متری (قطعه نمونه شماره ۴)  
Figure 11. Vertical structure of the Havare-khol forest in a 20×80 m<sup>2</sup> plot (plot 4)

جدول ۵- مقادیر مربوط به ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در قطعه نمونه شماره ۴

Table 5. Amounts of the measured properties in the plot 4

| ویژگی                    | قطر برابر سینه (سانتی‌متر) | ارتفاع (متر)        | سطح تاج (متر مربع) |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|
| بیشینه                   | ۲۴                         | ۷/۵                 | ۳۳/۱۶              |
| کمینه                    | ۱                          | ۰/۵                 | ۰/۴۴               |
| میانگین (± اشتباه معیار) | ۷/۹۸ (±۴/۸)                | ۲/۶۳ (±۱/۳۸)        | ۴/۴ (±۱/۸۴)        |
| تعداد پایه در قطعه نمونه | ۱۳۰                        | تعداد اصله در هکتار | ۶۴۰                |

که از دسترس بهره‌برداران محلی و دام‌هایشان دور هستند و یا به‌ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا می‌توان وضعیت ساختار عمودی این قسمت‌ها را نسبت به سایر نقاط جنگل بهتر و نزدیکتر به ساختار ایده‌آل جنگل دانست. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که دو آشکوبه بودن جنگل هواره‌خول نشان می‌دهد که ساختار عمودی آن از فرم مناسب خود فاصله دارد و عواملی از جمله گلازنی و چرای دام باعث شده‌اند تا درختان پراکنش مناسبی در طبقات ارتفاعی مختلف نداشته باشند و دامنه پراکنش ارتفاعی درختان در این جنگل محدود باشد. این نتایج با نتایج تحقیق حیدری (۱۲) که ساختار جنگل بلکه (واقع در حوزه آرمرده بانه) را مسن و دو آشکوبه معرفی کرده است و قهرمانی و همکاران (۷) در مورد نتایج مربوط به میانگین قطر و ارتفاع درختان بلوط در جنگل‌های آرمرده، همخوانی ندارد. هر چند نتایج این تحقیق نشان‌دهنده دو آشکوبه بودن جنگل در بیشتر نقاط جنگل می‌باشد و طبق نتایج تحقیق صورت گرفته، ساختار عمودی در جنگل بلکه دو آشکوبه عنوان شده است، اما با توجه به باقی گذاشتن جست‌های روی زمین توسط بهره‌برداران جنگل هواره‌خول، و قطع این جست‌ها توسط بهره‌برداران جنگل بلکه می‌توان دو آشکوبه بودن در هر دو جنگل را متفاوت ارزیابی نمود. از مهمترین دلایل آن باید به شیوه متفاوت بهره‌برداری از جنگل در دو منطقه اشاره کرد. در جنگل‌های حوزه آرمرده بانه، که از نظام شاخه‌زاد همسال پیروی می‌کند، جست‌ها در کنار پایه‌های اصلی به دلیل وجود نوع خاصی از دام توسط چوپان‌ها قطع می‌شوند که مسن شدن جنگل را در پی خواهد داشت. اما در روستای هواره‌خول ترکیبی از دو شیوه جنگل‌شناسی شاخه‌زاد ناهمسال روی زمین و شاخه‌زاد همسال روی درخت اعمال می‌شود (۲۴) که باعث جوان شدن جنگل و بیشتر شدن تنوع ارتفاعی می‌شود. این نتایج با نتایج تحقیق حیدری و همکاران (۱۳) مطابقت دارد.

از دلایل تنک بودن جنگل در نزدیکی روستا، علاوه بر گلازنی و چرای دام، می‌توان به از بین بردن جنگل به‌منظور ایجاد اراضی کشاورزی و باغ‌ها نیز اشاره نمود. حیدری (۱۱)، صالحیان (۲۲) و Valipour و همکاران (۲۵) مساحت تاج پوشش را در توده‌های دست‌نخورده، بیشتر از توده‌های دست‌خورده عنوان می‌کنند. با توجه به روند افزایشی سطح تاج پوشش با افزایش فاصله نسبت به روستای هواره‌خول، مشخص می‌شود که دست‌خوردگی جنگل در نزدیکی روستا بیشتر بوده و در فواصل بیشتر از مرکز روستا به تدریج این دست‌خوردگی کاهش می‌یابد که نتایج کار محققان فوق‌الذکر نیز این موضوع را تأیید می‌کند. با توجه به اینکه ساختار عمودی جنگل (وضعیت آشکوب‌بندی درختان) عامل مهمی در برآورد مقاومت توده‌های جنگلی در برابر آشفستگی‌های طبیعی و غیرطبیعی است (۲۶)، می‌توان گفت که قسمت‌هایی از جنگل که سه آشکوبه هستند در برابر این آشفستگی‌ها مقاوم‌ترند. اما قسمت‌هایی از جنگل که ساختار عمودی آنها شامل سه آشکوب باشند، کمتر موجود می‌باشند و فقط در نقاطی از جنگل که دست‌نخورده و یا کمتر دست‌خورده هستند و یا در مناطق صعب‌العبور قرار دارند یافت می‌شوند. همانطور که در نتایج عنوان شد ساختار عمودی این جنگل شامل دو آشکوب اصلی می‌باشد (طبقات قطری یک و سه متر) که نشانگر دو آشکوبه بودن جنگل می‌باشند، اما یک طبقه ارتفاعی دیگر (طبقه ارتفاعی پنج متر) نیز وجود دارد که پراکنش کمتری نسبت به دو طبقه ارتفاعی اصلی دارا می‌باشد و در مواردی در ترکیب با دو آشکوب اصلی، خود یک طبقه ارتفاعی را تشکیل می‌دهد که البته با توجه به پراکنش ارتفاعی کمتر آن، نمی‌توان آن را به‌عنوان یک آشکوب متمایز در نظر گرفت، اما در نقاطی که این طبقه ارتفاعی ظاهر می‌شود، ساختار عمودی جنگل سه آشکوبه به‌نظر می‌آید. هر چند این حالت کمتر و در قسمت‌هایی از جنگل دیده می‌شود

### نتیجه‌گیری کلی

از جمله اجرای دامداری به شیوه صنعتی باشد که با اتخاذ این شیوه، حضور دام در جنگل کاهش می‌یابد و شاید روش خوبی به‌منظور کاهش تخریب ساختار جنگل و بهبود آن به خصوص در نقاط نزدیک روستا باشد. اما یکی از مهمترین اقدامات را می‌توان ایجاد فرصت‌های شغلی در منطقه عنوان نمود تا بتواند فشار حاصل از بهره‌برداری‌های بیش از توان جنگل را در این منطقه کاهش دهد. قطعاً تصمیمات یک‌طرفه مبنی بر استفاده نکردن مردم بومی از جنگل، بدون در نظر گرفتن نیازها و خواسته‌های آنان نه تنها به مردم محلی، بلکه به آینده جنگل‌های ما نیز کمکی نخواهد کرد. بنابراین عدم توسعه یافتگی را می‌توان یکی از مهمترین دلایل ایجاد ساختار افقی و عمودی جنگل به‌شکل کنونی دانست. شاید برطرف کردن موانع توسعه یافتگی، بتواند در عدم تخریب جنگل هواره‌خول موثر باشد.

از نتایج می‌توان دریافت که مردم محلی با اتخاذ شیوه‌های جنگلداری سنتی باعث به‌وجود آمدن ساختار جنگل به شکل کنونی شده‌اند و مشخص شد که اتخاذ این شیوه‌ها عمدتاً به‌منظور تغذیه دام‌هایشان (گلازنی و چرای دام) می‌باشد. با توجه به اینکه شغل اصلی مردم در روستای هواره‌خول دامداری است و معیشت آنها به‌شدت به جنگل وابسته است، نمی‌توان آنها را مجبور به انجام ندادن گلازنی و چرای دام برای حفظ جنگل‌ها نمود، بلکه باید این مسائل را با مدیریت صحیح و سازگار با بستر اجتماعی منطقه، تعدیل نمود. در واقع، مدیریت جنگل باید همگام با تأمین نیازهای جامعه‌ی محلی و مشارکت آنها صورت گیرد، ضمن اینکه باید دسترسی آنها به جنگل تعدیل شود و علاوه بر بهره‌برداری از جنگل، حفاظت از آن را نیز انجام دهند. شاید یکی از راه‌های مناسب می‌تواند ایجاد جایگزین‌های مناسبی برای نحوه دامداری آنها،

### منابع

1. Abdollapour, J., A. Valipour and M. Lotfalian. 2019. The role of forest products in the livelihoods of the local communities of north Zagros forests (study: Kurdistan and West Azarbaijan provinces). *Ecology of Iranian Forest*, 7(14): 90-100 (In Persian).
2. Ahmadiyan, Z., S. Gholami, E. Sayad and M. Taseh, M. 2015. Spatial evaluation of forest structural features in zagros forests (Gahvareh Forests, Kermanshah). *Ecology of Iranian Forest*, 3(6): 55-62 (In Persian).
3. Daneshvar, A. 2006. A study on horizontal and vertical variations of structure in a natural beech forest (Gorgan, Iran). MS thesis, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, 98 pp (In Persian).
4. Dufour-Kowalski, S., B. Courbaud, P. Dreyfus, C. Meredieu and F. De Coligny. 2012. Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of forest science*, 69(2): 221-233.
5. Fattahi, M. 2001. Zagros forests management. Research Institute of Forests and Rangelands, 471 pp (In Persian).
6. Ferreira de lima, R., A. Adalardo de oliveira, M.Z. Martini, D. Sampaio, V.C. Souza and R.R. Rodrigues. 2011. Structure, diversity and spatial pattern in a permanent plot of a Resting a forest in Southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica Journal*, 25(3): 633-645.
7. Ghahramani, L., P. Fatehi and H. Ghazanfari. 2007. Structure of Baneh Forests. Abstracts of the 2<sup>th</sup> regional conference on the results of the Agriculture and Natural Resources, Iran, 4-7 March (In Persian).
8. Ghazanfari, H. 2003. Investigation of growth and diameter distribution changes in *Quercus libani- Quercus infectoria* stands to offering forest regulation pattern in Baneh region (case study: Havareh-khol). Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 81 pp (In Persian).
9. Ghazanfari, H., M. Namiranian, H. Sobhani and M.R. Marvi Mohajer. 2005. An estimation of tree diameter growth of lebanon Oak (*Quercus libani*) in Northern Zagros Forest (Case Study: Havareh-Khole). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(4): 642-649 (In Persian).
10. Hassani, M. and M. Amani. 2010. Investigation on structure of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand at optimal stage in Sangdeh forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 163-176 (In Persian).
11. Heidari, B. 2005. Survey of the forest structure in natural and destroyed stands in Baneh region. MS thesis, Faculty of Natural Resources, University of Mazandaran, Sari, 75 pp (In Persian).
12. Heidari, M. 2011. The study of horizontal and vertical structure and determining the suitable inventory method in Norther forest (Case study: Balake forest). MSc thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 63 pp (In Persian).
13. Heidari, M., S. Zabiholahi, M. Namiranian, N. Mostafa Soltani, N. Shabani and L. Ghahraman. 2013. The effect of two traditional forest management practices on the vertical and horizontal forest structure in northern Zagros forest (Case study: Oak forest). *Journal of Biodiversity and Ecological Sciences*, 3(4): 177-186.
14. Hosseinzadeh, J., M. Namiranian, M. MarviMohajer and G.H. Zahedi Amiri. 2004. Investigation on Structure of less degraded oak forests in Ilam province (Southwest Iran). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(4): 75-90 (In Persian).
15. Jazirehi, M. and M. Ebrahimirostaghi. 2003. *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, 560 pp (In Persian).
16. Mattaji, A. and M. Namiranian. 2003. Investigating the structure and evolution process of beech forests natural stands in north of Iran (Case Study: Kheyrood-kenar, Noushahr). *Iranian Journal of Natural Resources*, 55(4): 531-541 (In Persian).
17. Mohajer, M. R. 2005. *Silviculture*. University of Tehran Press, 435 pp (In Persian).

18. Namiranian, M., A. Henareh Khalyani, G.H. Zahedi Amiri and H. Ghazanfari. 2007. Study of different and regeneration techniques in northern Zagros (Case Study: Armardeh oak forest, Baneh). Iranian Journal of Forest and poplar Research, 15(4): 386-397 (In Persian).
19. Paluch, J.G. 2007. The spatial pattern of a natural european beech (*Fagus sylvatica* L.) silver fir (*Abies alba* Mill.) forest: A patch - mosaic perspective. Forest Ecology and Management, 253(3): 161-170.
20. Pretzsch, H., P. Biber and J. Durský. 2002. The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. Forest ecology and management, 162(1): 3-21.
21. Sapkota, I.P., M. Tigabu and P.C. Oden. 2009. Spatial distribution, advanced regeneration and stand structure of Nepal Sal (*Shorea robusta*) forest subject to disturbances of different intensities. Forest Ecology and Management, 257(4): 1966-1975.
22. Salehian, M. 2009. Investigation and Comparison of forest structure in harvested and virgin forest stand in northern Zagros Forests. MSc thesis, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, 75 pp (In Persian).
23. Tang, L., X. Peng, C. Chen, H. Huang and D. Lin. 2019. Three-dimensional Forest growth simulation in virtual geographic environments. Earth Science Informatics, 12(1): 31-41.
24. Valipour, A., M. Namiranian, H. Ghazanfari and M. Mostaffa. 2008. Comparison of two forestry system in Havareh- Khole and Armardeh forest in Baneh region. Journal of Forest and Rangeland, 79(1): 32-37 (In Persian).
25. Valipour, A., T. Plieninger, Z. Shakeri, H. Ghazanfari, M. Namiranian and M.J. Lexer. 2014. Traditional silvopastoral management and its effects on forest stand structure in northern Zagros, Iran. Forest Ecology and Management, 327: 221-230.
26. Youngblood, A., T. Max and K. Coe. 2004. Stand structure eastside old-growth ponderosa pine forests of Oregon and northern California. Forest Ecology and Management J, 199(4): 191-217.

## **Horizontal and Vertical Structure of Northern Zagros Forests in Relation to Traditional Forestry System (Case study: Havare- Khol Forests)**

**Soroush Zabihollahi<sup>1</sup>, Omid Fathi Zadeh<sup>2</sup>, Abbas Jamshidi Bakhtar<sup>3</sup>, Naghi Shabanian<sup>4</sup> and Manouchehr Namiranian<sup>5</sup>**

1- Graduated PhD Student, in Forestry, Faculty of Natural Resources, Ilam University, Ilam

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Ahar (Corresponding author: [omid.fathizadeh@yahoo.com](mailto:omid.fathizadeh@yahoo.com))

3- Graduated M.Sc. Student of Forestry and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

4- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj

5- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Received: 27 December, 2019

Accepted: 26 July, 2020

### **Abstract**

Forest structure, as measured by the physical arrangement of trees and their crowns, is a fundamental attribute of forest ecosystems that its measurement can serve as indicators in ecosystem management. In this research, the horizontal and vertical structure of a part of the northern Zagros forests was studied. For this purpose, conventional region forests of Havare-khol village in Baneh city was selected and sixty 20×20 m<sup>2</sup> plots in a grid of 200×300 m<sup>2</sup> by randomized-systematic method were established in an area of about 345 ha. In each plot, diameter at breast height of all trees and coppices thicker than 1 cm, height of trees and coppices, two crown diameters, crown height and spatial locations of all trees and coppices were measured. SVS software was used to display the horizontal and vertical structure of the forest, and stand statistical indices were analyzed using SPSS software. Distribution of trees and coppices in the height classes showed a two-three storied forest structure in Havare-Khol with the highest abundance in the middle story and the lower abundance in the overstory. The highest distribution of trees and coppices in Havare-Khol forest were within 2-4 m height class and more than 84% of stems had less than 4 m height. Most trees and coppices were less than 10 cm in diameter, indicating a young forest for Havare-Khol with a low diameter distribution range, and a low abundance of thick and old stands in the forest. The horizontal structure of the forest showed large vacant patches and discontinuities of the canopy in the nearest villages that the amount of these empty spots is gradually diminishing as they approach the conventional region border. Also, the vertical structure of the forest shows that in the areas closer to the center of the village the trees and coppice shoots are more concentrated in the middle story and understory, and the greater the distance from the center of the village, the higher the presence of trees in the overstory. Overall, drawing the forest structure showed that with increasing distance from the center of the village, the diameter at breast height, height and area of canopy cover and coppice shoots increased.

**Keywords:** Baneh, Customary units, Northern Zagros, Forest structure, Havare-Khol, SVS, Traditional forestry system





"مقاله پژوهشی"

اثر شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن بر مشخصه‌های شیمیایی خاک  
در توده دست‌کاشت کاج رادیاتا (*Pinus radiata*)

اعظم السادات نورایی<sup>۱</sup>، حمید جلیوند<sup>۲</sup>، سید محمد حجتی<sup>۳</sup> و سید جلیل علوی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی (نویسنده مسؤل: hij\_458\_hj@yahoo.com)  
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
۴- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۳  
صفحه: ۷۵ تا ۸۵

چکیده

نیاز بشر به‌منظور تأمین غذا و انرژی منجر به تغییرات عمده در میزان دسترسی به نیتروژن فعال در بیوسفر شده است در این رابطه آزمایش‌های شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن یکی از سریع‌ترین روش‌ها به‌منظور بررسی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی در برابر نیتروژن اضافی است. هدف این پژوهش تعیین تاثیر ته‌نشست نیتروژن بر مشخصه‌های خاک در توده دست‌کاشت و وارداتی کاج رادیاتا (*Pinus radiata* D. Don.) بود. در این مطالعه تعداد سه تکرار و چهار تیمار به‌طور تصادفی در ۱۲ قطعه نمونه ۱۰×۲۰ متر در نظر گرفته شد. تیمارهای شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن شامل، صفر (شاهد)، (۵۰، کم)، (۱۰۰، متوسط) و (۱۵۰، زیاد) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال بود. نیتروژن به‌صورت محلول آمونیوم- نیترات ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) در هر قطعه نمونه به‌صورت دستی و ماهانه در طول یکسال اسپری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مشخصه‌های خاک در سطوح مختلف نیتروژن و فصول مختلف و اثر متقابل فصل و تیمار دارای اختلاف معنی‌داری ( $P_{\text{value}} < 0.01$ ) بوده است. در این ارتباط و در پایان دوره شبیه‌سازی، کمترین میزان تغییرات pH خاک، مربوط به تیمار زیاد ( $6.0 \pm 0.11$ ) و بیشترین میزان آن در تیمار شاهد ( $6.0 \pm 0.13$ ) مشاهده شد. در ارتباط با میزان نیتروژن کل بیشترین میزان در سطوح زیاد ( $0.2 \pm 0.05$ ) اضافه‌کردن نیتروژن بود. اما در رابطه با پتاسیم و فسفر تیمار شاهد به‌ترتیب با ( $3.3 \pm 0.368$ )، ( $1.7 \pm 0.12$ ) (میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین و سطوح بالای اضافه‌کردن نیتروژن ( $2.8 \pm 0.266$ ) ( $0.7 \pm 0.6$ ) (میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای کمترین پتاسیم و فسفر بود. در این مطالعه به‌دلیل افزایش میزان نیترات که با اضافه‌کردن نیترات آمونیوم در فرایند شبیه‌سازی نیتروژن حاصل می‌شود نیترات در خاک به حالت اشباع درآمده و در خاک متحرک شده و با اتصال به کاتیون‌های قلیایی آبشویی شده و کاهش pH خاک را به‌دنبال دارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، آمونیوم، کاج رادیاتا، نیترات

مقدمه

بسیاری از پژوهش‌ها به بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نیتروژن بر زیست‌شیمی خاک و ترکیب پوشش گیاهی در جنگل‌ها پرداخته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعات از تأثیرات بی‌شمار چرخه نیتروژن بر روی بوم سامانه‌ها اعم از: معدنی‌شدن و نیتریفیکاسیون (۱)، غنا و ترکیب گونه‌های گیاهی (۷) و فراوانی نسبی آنها (۱۸) نام برده‌اند. افزون بر آن، آبشویی نیتروژن خاک که به‌دلیل اشباع آن در خاک ایجاد می‌شود، موجب شسته‌شدن همزمان کاتیون‌های قلیایی شده (۱۳)، این امر تهدید بیشتری را برای تعادل مواد مغذی گیاهی به‌همراه دارد. همچنین مطالعات به‌بررسی تأثیر چرخه نیتروژن بر چرخه کربن زیرزمینی نیز اشاره نموده و بیان داشتند که میزان آن بستگی به نوع بوم‌نظام و طول مدتی است که آن بوم‌نظام در معرض افزایش غلظت نیتروژن قرار می‌گیرد دارد (۲۶). همانطور که بیان شد ته‌نشست نیتروژن و افزایش نیتروژن فعال اثرات متفاوتی بر مشخصه‌های مختلف بوم‌نظام جنگل می‌گذارد؛ بویژه در شمال کشور که تغییرات عمده کاربری، سوخت-های فسیلی، دامداری‌ها و کارخانجات تأثیرات زیادی بر چرخه نیتروژن داشته است. اما با تمام مسائل یادشده تاکنون تنها مطالعه تفصیلی و همکاران (۳۴) به‌بررسی تأثیر ته‌نشست نیتروژن در توده افرا پلت پرداخته است و این نشان می‌دهد که مطالعه

نیاز بشر به‌منظور تأمین غذا و انرژی منجر به تغییرات عمده در میزان دسترسی به نیتروژن واکنش‌پذیر<sup>۱</sup> در بیوسفر شده است. به‌دلیل فعالیت‌های انسانی میزان نیتروژن ورودی به زمین به ده برابر افزایش یافته و از ۱۵ در ۱۸۶۰ به ۱۵۶ ترا گرم نیتروژن در سال<sup>۲</sup> در اوایل ۱۹۹۰ رسیده است و پیش‌بینی می‌شود که تا میزان ۲۷۰ ترا گرم نیتروژن در سال در ۲۰۵۰ افزایش یابد (۱۷). این افزایش در میزان نیتروژن، بوم‌نظام‌های سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۴). امروزه یک اجماع نظر کلی در رابطه با افزایش ته‌نشست نیتروژن اتمسفر وجود دارد؛ و نیتروژن اضافی ناشی از فعالیت‌های انسانی منجر به‌ظهور یکی از جدی‌ترین مشکلات در رابطه با تغییرات جهانی شده است (۳۰). اما آنچه به اهمیت این مسأله می‌افزاید اثر قابل توجه ته‌نشست نیتروژن در بوم‌نظام‌های خاکی به‌ویژه در جنگل‌ها می‌باشد. ته‌نشست نیتروژن بخش‌هایی از جنگل از جمله پوشش گیاهی، خاک، حیوانات، قارچ‌ها و موجودات میکروبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با وجود اینکه ممکن است افزایش کوتاه‌مدت نیتروژن در بوم‌نظام‌های جنگلی یک اثر تقویت‌کننده بر روی بهره‌وری جنگل داشته باشد اما ورودی زیاد و بلندمدت آن اثرات مخربی بر بوم‌نظام جنگل خواهد داشت (۱۴).

زیراشکوب اسپری شد (۲۹). در هر قطعه نمونه سه عدد جمع‌آوری‌کننده بارش و سه عدد تله لاشبرگ نیز مستقر شد. نمونه‌برداری از تیمارها در چهار فصل سال در ماه‌های (آبان، بهمن، اردیبهشت و مرداد) انجام و فاکتورهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. روش نمونه‌برداری هر یک (تاج بارش، لاشبرگ و خاک) در زیر به تفکیک توضیح داده شده است.

#### اندازه‌گیری مشخصه‌های شیمیایی تاج بارش

به منظور اندازه‌گیری میزان و بررسی عناصر موجود در تاج بارش، بارندگی در طی هر بارش با استفاده از سه عدد جمع‌آوری‌کننده باران با قطر دهانه نه سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در هر قطعه نمونه جمع‌آوری شد. مقدار (حجم) بارندگی در طی هر بارش با استفاده از یک دستگاه استوانه مدرج، تا دقت یک میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری هر بارش، جمع‌آوری‌کننده‌ها بعد از تخلیه شدن آب و تمیز کردن آن‌ها از شاخ و برگ و نیز خشک کردن، در جای خود قرار دادند (۱۲،۲).

به منظور محاسبه عمق بارندگی جمع‌آوری‌شده توسط هر یک از جمع‌آوری‌کننده‌ها از رابطه بین حجم بارش ذخیره‌شده در هر جمع‌آوری‌کننده و سطح (مساحت دهانه ورودی جمع‌آوری‌کننده) آن استفاده شد (رابطه ۱).

$$D_{GR} = \frac{V_{GR}}{A_C} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در رابطه بالا:  $D_{GR}$ : عمق بارندگی؛  $V_{GR}$ : حجم بارندگی جمع‌آوری‌شده توسط جمع‌آوری‌کننده و  $A_C$ : مساحت دهانه ورودی جمع‌آوری‌کننده بارندگی می‌باشد. لازم به ذکر است که میانگین عمق بارندگی جمع‌آوری‌شده توسط باران سنخ، به عنوان متوسط حجم تاج بارش در طی هر رخداد در نظر گرفته شد.

#### اندازه‌گیری مشخصه‌های شیمیایی لاشبرگ

در هر قطعه نمونه سه عدد تله جمع‌آوری‌کننده لاشبرگ نیز نصب شد که میزان و ترکیب شیمیایی لاشبرگ اندازه‌گیری گردید. پس از اندازه‌گیری وزن لاشبرگ‌های موجود در سبد در هر ماه، نمونه‌ها برای بررسی مشخصه‌های شیمیایی لاشبرگ (شامل کربن، نیتروژن، پتاسیم و فسفر) در هر فصل جمع‌آوری و بعد از کدگذاری به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت اندازه‌گیری عناصر شیمیایی موجود در لاشبرگ نیتروژن کل با روش کج‌دال، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر و کربن به روش کوره (احتراق) اندازه‌گیری شد.

#### بررسی آزمایشگاهی

به منظور بررسی عناصر موجود در تاج بارش، مقدار واکنش خاک با pH متر و هدایت الکتریکی با EC متر قرائت شد. مقدار نیترات و فسفات موجود در تاج بارش با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی عناصر شیمیایی موجود در خاک در آزمایشگاه ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل واکنش خاک (pH) به روش پتانسیومتری هدایت الکتریکی

در زمینه بررسی میزان ته‌نشست در جنگل‌های شمال، عکس-العمل بوم‌نظام جنگلی شمال و گونه‌های مختلف در برابر ته‌نشست نیتروژن (اعم از خاک، میکروارگانیزم‌ها، سرعت تجزیه لاشبرگ) بسیار اندک بوده است؛ چه بسا بررسی عکس‌العمل گونه‌ها به‌ویژه گونه‌های جنگل‌کاری‌شده می‌تواند به شناخت و بررسی میزان بردباری گونه‌ها در برابر هر نوع از تغییرات اقلیمی بی‌انجامد و راهکارهای مدیریتی مناسب را در جهت شناخت گونه‌ها بیان نماید، به‌ویژه گونه‌های خارجی که بردباری کمتری در برابر شرایط اقلیمی از خود نشان داده و تمام مسائل یادشده لزوم انجام این تحقیق را بیان می‌نماید. هدف از این پژوهش بررسی میزان نیتروژن جوی حاصل از تاج بارش، ورودی لاشبرگ در توده کاج و اثرات نیتروژن شبیه‌سازی‌شده بر توده دست‌کاشت کاج رادیاتا بود.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در توده جنگل‌کاری کاج رادیاتا (*Pinus radiata* D. Don.) واقع در سری مهدشت جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران واقع در شهرستان ساری انجام شد. این سری که در فاصله حدود هفت کیلومتری شمال غربی مرکز اداری و مجتمع صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران و حدود شش کیلومتری جنوب غربی شهرستان ساری واقع شده و از شمال به زمین‌های زراعی منطقه، از جنوب به سری پرچینک، از شرق به جاده ساری-کیاسر و از غرب به سری افراتخت محدود می‌باشد. این توده در پارسل دو، سری چهار مهدشت و به‌صورت خالص و دست‌کاشت و در عرض شمالی (۳۱°، ۲۷' تا ۳۶°، ۳۱'، ۵۸" تا ۳۶°، ۳۱'، ۳۲") و طول شرقی (۱°، ۵۳' تا ۲°، ۰۵') واقع شده است؛ توده دارای میانگین سنی ۲۰ سال و دارای فاصله کاشت ۳×۳ بوده و در ارتفاع ۴۰۰ متری از سطح دریا با شیب پنج درصد استقرار دارد، متوسط دما در گرمترین ماه سال (مرداد ماه) ۳۱/۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط دما در سردترین ماه سال (دی ماه) ۲/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای سالیانه ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد ضمن اینکه کمینه و بیشینه دمای مطلق که به ترتیب به ماه‌های دی و خرداد تعلق دارد ۹- و ۴۴ درجه سانتی‌گراد است؛ مجموع باران سالیانه ۹۴۷/۴ میلی‌متر می‌باشد (۳).

##### روش نمونه‌برداری

##### آزمایش شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن

برای انجام این پژوهش، تعداد ۱۲ قطعه نمونه ۲۰×۱۰ متر با سه تکرار و چهار تیمار به‌طور تصادفی در منطقه مورد نظر پیاده شد. به منظور عدم تأثیر تیمارها بر یکدیگر، فاصله ده متر به عنوان بافر بین قطعات نمونه در نظر گرفته شد. برای پیاده‌سازی آزمایش ته‌نشست نیتروژن، از محلول  $NH_4NO_3$  (نیترات آمونیوم) در چهار سطح: صفر (شاهد)، کم (۵۰)؛ متوسط (۱۰۰) و زیاد (۱۵۰) برحسب کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال<sup>۱</sup> (۲۴) (۳۳) استفاده شد.  $NH_4NO_3$  با آب مخلوط شده و محلول مورد نظر هر ماه بروی سطح هر قطعه نمونه اسپری شد؛ در تیمار شاهد به همان اندازه آب به

فصول دیگر بود اما در سطوح مختلف تیمارهای تنه‌نشست نیتروژن اختلاف معنی‌داری در میزان تاج‌بارش مشاهده نشد. علاوه بر این نتایج نشان داد که تغییرات در میزان تاج‌بارش در فصول مختلف ورودی عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار داده است. در این ارتباط بیشترین میزان ورودی آمونیوم از طریق تاج‌بارش در زمستان و کمترین میزان در تابستان بوده است (شکل ۱). در ارتباط با ورودی نیتروژن که از طریق تاج‌بارش وارد می‌شود، زمستان بیشترین و تابستان و بهار کمترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند که به‌طور معنی‌داری ( $P_{\text{value}} < 0/01$ ) در این فصول افزایش یافته بود، ولی در این فصول کاهش یافت، (شکل ۲). همچنین کمترین میزان ورودی پتاسیم که از طریق تاج‌بارش مربوط به تابستان و بیشترین میزان آن مربوط به زمستان و پاییز است که به‌طور معنی‌داری ( $P_{\text{value}} < 0/01$ ) در این فصول افزایش یافته بود، ولی با وجود بارش بیشتر در زمستان و پاییز غلظت فسفات در تابستان و بهار بیشتر از پاییز و زمستان بوده است (شکل ۳). در این مطالعه میزان لاشبرگ ورودی و عناصر موجود در آن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت تا علاوه بر ورودی عناصر از طریق تاج‌بارش ورودی عناصر از طریق لاشبرگ نیز مورد محاسبه قرار گیرد. نتایج حاصل از این اندازه‌گیری نشان داد که بیشترین میزان لاشبرگ‌ریزی در پاییز و کمترین میزان آن در بهار بوده است (شکل ۵). نتایج حاصل از بررسی تأثیر تیمارهای تنه‌نشست نیتروژن بر روی میزان لاشبرگ‌ریزی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح اضافه‌کردن نیتروژن وجود نداشت ( $P_{\text{value}} > 0/05$ ). در این ارتباط بیشترین میزان کربن لاشبرگ مربوط به پاییز و بهار بوده است، ولی در رابطه با نیتروژن موجود در لاشبرگ تابستان بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. اگرچه این مسئله در رابطه با فسفر و پتاسیم نیز مشاهده شد و بیشترین میزان آن مربوط به بهار و تابستان بوده است. نتایج این بررسی نشان داد که تیمارهای نیتروژن تأثیری بر غلظت عناصر در لاشبرگ‌ریزی نداشته‌اند (جدول ۲).

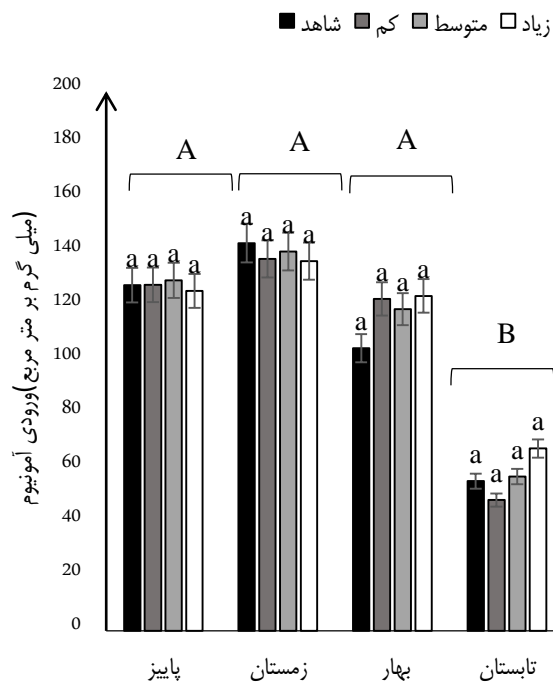
(EC) به‌روش هدایت‌سنجی، کربن آلی (OC) به‌روش والکی و بلاک، نیتروژن (N) به‌روش کج‌لدال، فسفر (P) قابل جذب با روش اولسن و پتاسیم (K) با روش عصاره‌گیری با استات آمونیم اندازه‌گیری شدند (۲۰،۴).

### تجزیه و مقایسه داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در هر تیمار (دوازده قطعه نمونه) انجام شد. در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلکس و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. برای بررسی اثرات متقابل فصل و تیمار از تجزیه واریانس دو طرفه و برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. کلیه تجزیه و مقایسه داده‌ها با نرم‌افزار SPSS v.22 انجام شد.

### نتایج و بحث

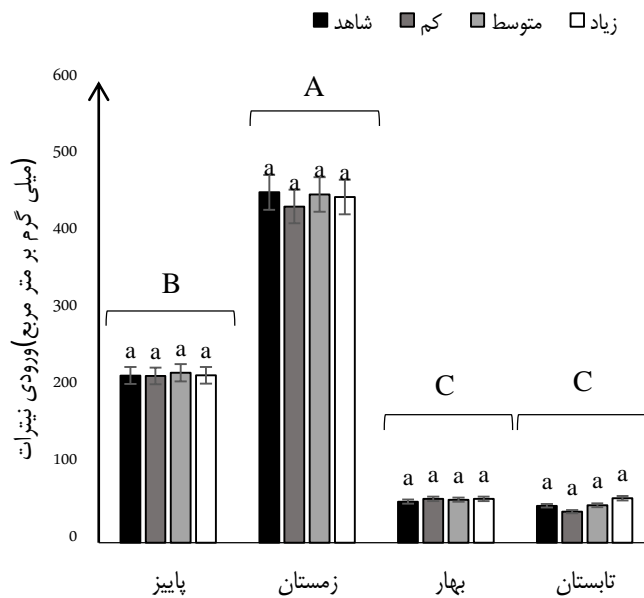
نتایج حاصل از تجزیه، مربوط به عناصر موجود در تاج‌بارش در توده کاج رادپاتا نشان داد که بیشترین تاج‌بارش مربوط به زمستان (بهمن‌ماه) و کمترین میزان تاج‌بارش با اختلاف معنی‌داری مربوط به تابستان (تیر و شهریورماه) بود. در ارتباط با میزان pH، در تابستان و بهار به‌طور معنی‌داری از پاییز و زمستان بیشتر بوده است، به‌لحاظ میزان EC تاج‌بارش میزان آن در پاییز و زمستان به‌طور معنی‌داری ( $P_{\text{value}} < 0/01$ ) از بهار و تابستان بیشتر می‌باشد. در ارتباط با غلظت نترات و آمونیوم، در تابستان و بهار بیشترین غلظت نترات و آمونیوم در تاج‌بارش وجود داشته که با دیگر فصول اختلاف معنی‌داری ( $P_{\text{value}} < 0/01$ ) داشته است. غلظت پتاسیم نیز به‌ترتیب در تابستان، پاییز و بهار بیشتر بوده است و در زمستان از غلظت پتاسیم موجود در تاج‌بارش کاسته شد. کمینه و بیشینه غلظت فسفات موجود در تاج‌بارش نیز مربوط به زمستان و تابستان بوده است (جدول ۱). مقایسه میزان تاج‌بارش در فصول مختلف نشان داد که تاج‌بارش در زمستان به‌طور معنی‌داری ( $P_{\text{value}} < 0/05$ ) بیشتر از



شکل ۱- میانگین ( $\pm$  اشتباه‌معیار) ورودی آمونیوم در تاج‌بارش (حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح اضافه‌کردن نیتروژن و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف می‌باشد (در سطح ۵ درصد))  
 Figure 1. Mean ( $\pm$ ED) of monthly ammonium fluxes in rainfall (different lowercase letters indicate significance ( $P < 0.05$ ) differences treatments of nitrogen addition and different capital letters indicate significant ( $P < 0.05$ ) differences among seasons)

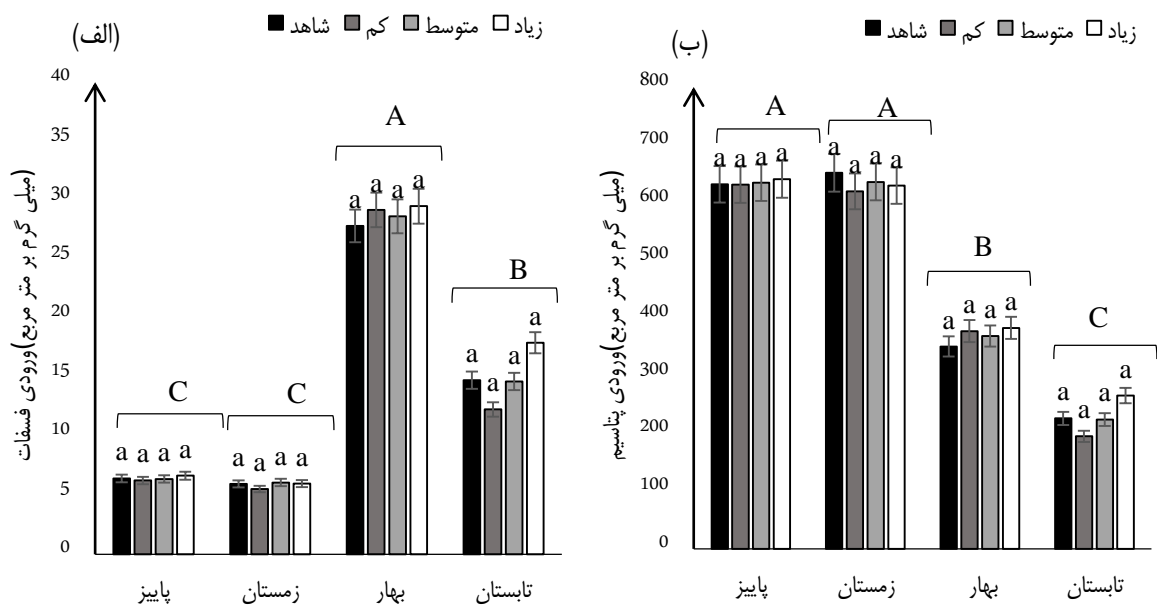
جدول ۱- میانگین تاج‌بارش (میانگین  $\pm$  اشتباه‌معیار) و غلظت عناصر موجود در تاج‌بارش در فصول مختلف در توده کاج رادیاتا  
 Table 1. Mean ( $\pm$ ED) of monthly precipitation and nutrient concentrations in rainfall in different season in *Pinus radiata* stand

| Sig   | F آماره | تابستان                     | بهار                         | زمستان                       | پاییز                        | عناصر شیمیایی               |
|-------|---------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| ./... | ۳۰۵۰/۹۷ | ۱۰ $\pm$ ۰/۸ <sup>d</sup>   | ۲۳ $\pm$ ۱ <sup>c</sup>      | ۹۷ $\pm$ ۰/۹ <sup>a</sup>    | ۷۱ $\pm$ ۱ <sup>b</sup>      | تاج‌بارش (میلی لیتر در ماه) |
| ./... | ۴۵۶/۸۳  | ۶/۹ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>a</sup> | ۶/۷ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>b</sup>  | ۵/۴ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>c</sup>  | ۵/۵ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>c</sup>  | pH                          |
| ./... | ۲۷۴/۸۲  | ۰/۳ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup> | ۰/۳۱ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>a</sup> | ۰/۱ $\pm$ ۰/۰۰ <sup>c</sup>  | ۰/۲ $\pm$ ۰/۰۰ <sup>b</sup>  | EC (دسی‌زیمنس بر متر)       |
| ./... | ۱۰۹/۹۲  | ۴/۷ $\pm$ ۰/۳ <sup>a</sup>  | ۲/۴ $\pm$ ۰/۱ <sup>c</sup>   | ۴/۶ $\pm$ ۰/۱۳ <sup>a</sup>  | ۳/۱ $\pm$ ۰/۱ <sup>b</sup>   | نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)   |
| ./... | ۵۰۹/۰۷  | ۵/۴ $\pm$ ۰/۱۱ <sup>a</sup> | ۵/۲ $\pm$ ۰/۱۱ <sup>b</sup>  | ۱/۴ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>d</sup>  | ۱/۸ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>c</sup>  | آمونیوم (میلی‌گرم بر لیتر)  |
| ./... | ۱۰۲۵/۳۱ | ۲۲/۱ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup> | ۱۶/۱ $\pm$ ۰/۳ <sup>b</sup>  | ۶/۵۵ $\pm$ ۰/۱ <sup>d</sup>  | ۹/۰۵ $\pm$ ۰/۱ <sup>c</sup>  | پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر)   |
| ./... | ۹۶۳/۷۰  | ۱/۴ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>a</sup> | ۱/۲۵ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>b</sup> | ۰/۰۶ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup> | ۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup> | فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)    |



شکل ۲- میانگین (± اشتباه‌معیار) ورودی نیترات در تاج‌بارش (حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح اضافه‌کردن نیتروژن و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف می‌باشد (در سطح ۵ درصد))

Figure 2. Mean (±ED) of monthly Nitrate in rainfall (different lowercase letters indicate significance (P<0.05) differences treatments of nitrogen addition and different capital letters indicate significant (P<0.05) differences among seasons)

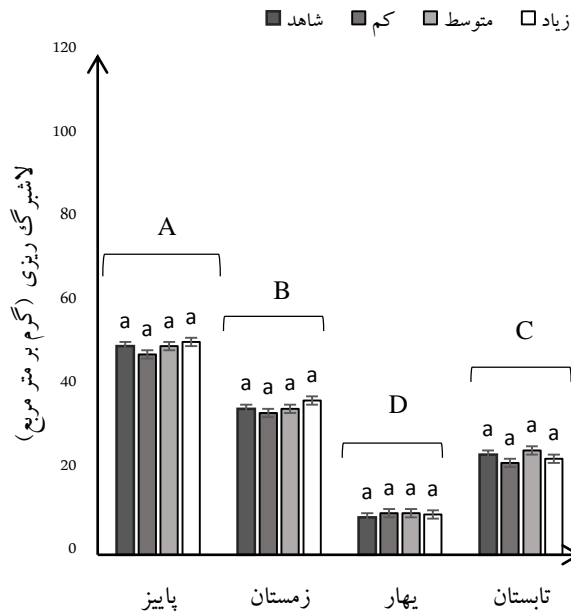


شکل ۳- میانگین (± اشتباه‌معیار) ورودی فسفات (الف) و پتاسیم (ب) در تاج‌بارش (حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح اضافه‌کردن نیتروژن و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف می‌باشد (در سطح ۵ درصد))

Figure 3. Mean (±ED) of monthly Phosphate and Potassium in rainfall (different lowercase letters indicate significance (P<0.05) differences treatments of nitrogen addition and different capital letters indicate significant (P<0.05) differences among seasons)

جدول ۲- غلظت عناصر ترکیب شیمیایی لاشبرگ‌ریزی (میانگین  $\pm$  اشتباه‌معیار) در فصول مختلف در توده کاج رادیاتا  
 Table 2. Elements in the chemical composition of the litterfall (Mean  $\pm$ ED) in different seasons in *Pinus radiata* stand

| Sig   | F       | آماره | تابستان                       | بهار                          | زمستان                        | پاییز                         | غلظت عناصر      |
|-------|---------|-------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| ./... | ۳۱/۴۳   |       | ۲۶/۲ $\pm$ ۰/۱ <sup>c</sup>   | ۳۵/۰ $\pm$ ۰/۱ <sup>a</sup>   | ۳۰/۱ $\pm$ ۰/۲ <sup>b</sup>   | ۳۶/۲ $\pm$ ۰/۳ <sup>d</sup>   | کربن آلی (درصد) |
| ./... | ۴۲۰/۵۶  |       | ۱/۴ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup>   | ۱/۳ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>b</sup>   | ۱/۱ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>d</sup>   | ۱/۲ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>   | نیتروژن (درصد)  |
| ./... | ۲۴/۱۸   |       | ۰/۰۵ $\pm$ ۰/۰۰۴ <sup>a</sup> | ۰/۰۷ $\pm$ ۰/۰۰۵ <sup>a</sup> | ۰/۰۴ $\pm$ ۰/۰۰۵ <sup>b</sup> | ۰/۰۴ $\pm$ ۰/۰۰۲ <sup>b</sup> | فسفر (درصد)     |
| ./... | ۱۴۲۹/۲۵ |       | ۴/۱ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>a</sup>   | ۲/۴ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>b</sup>   | ۱/۵ $\pm$ ۰/۰۲ <sup>d</sup>   | ۱/۶ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>c</sup>   | پتاسیم (درصد)   |



شکل ۵- میزان لاشبرگ‌ریزی در تیمارهای مختلف اضافه‌کردن نیتروژن در فصول مختلف  
 Figure 5. The rate of litterfall in different nitrogen deposition treatments and different seasons (similar letters indicate no significant differences ( $P>0.05$ ) between different nitrogen deposition treatments within each season).

شده است. در رابطه با EC خاک، میزان آن در تیمارهای زیاد و متوسط اضافه‌کردن نیتروژن بیشترین و در تیمار شاهد کمترین بوده است که در بهار و تابستان بر میزان آن افزوده شده بود. در ارتباط با میزان نیتروژن کل بیشترین میزان در بهار و تابستان و در سطوح متوسط و زیاد اضافه‌کردن نیتروژن بوده است. اما در رابطه با پتاسیم و فسفر، تیمار شاهد دارای بیشترین و سطوح بالای اضافه‌کردن نیتروژن دارای کمترین میزان پتاسیم و فسفر بوده است، پتاسیم در بهار و فسفر در تابستان بیشترین مقدار خود را داشته است. در ارتباط با بررسی میزان کربن خاک نیز روند افزایش کربن با افزایش میزان اضافه‌کردن نیتروژن مشاهده شده بود (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس عناصر خاک در سطوح مختلف اضافه‌کردن ته‌نشست نیتروژن و فصول مختلف نشان می‌دهد که فاکتورهای اندازه‌گیری شده در این مطالعه مانند pH، EC، نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کربن در فصول، تیمارهای مختلف اضافه‌کردن نیتروژن و اثر متقابل آنها دارای اختلاف معنی‌دار ( $P_{value}<0.01$ ) بوده است. نتایج حاصل از بررسی میزان عناصر و تأثیر تیمارهای مختلف ته‌نشست نیتروژن بر روی مشخصه‌های شیمیایی خاک نشان داد که کمترین میزان pH خاک مربوط به بهار و تابستان و در تیمارهای زیاد و متوسط اضافه‌کردن نیتروژن و بیشترین میزان در تیمار شاهد مشاهده

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عناصر خاک در سطوح مختلف اضافه‌کردن ته‌نشست نیتروژن (شاهد، کم، متوسط و زیاد) و فصول مختلف  
 Table 3. The results of soil nutrients concentrations ANOVA test in different nitrogen deposition treatments (low, medium and high) and deferent seasons in *Pinus radiata* stand.

| عناصر                        | آماره F     | Sig      |
|------------------------------|-------------|----------|
| pH                           | فصل         | ۹۱/۴۷۸   |
|                              | تیمار       | ۱۹۱/۴۲۰  |
|                              | فصل × تیمار | ۱۴/۶۴۱   |
| EC (دسی‌زیمنس بر متر)        | فصل         | ۳۱۳/۵۶۰  |
|                              | تیمار       | ۳۷/۶۴۲   |
|                              | فصل × تیمار | ۶/۱۱۵    |
| فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)   | فصل         | ۵۳۷/۴۷۲  |
|                              | تیمار       | ۱۰۱۳/۴۸۶ |
|                              | فصل × تیمار | ۶۶/۸۷۷   |
| نیتروژن (%)                  | فصل         | ۳۴۷/۳۹۵  |
|                              | تیمار       | ۴۰۷/۰۱۷  |
|                              | فصل × تیمار | ۴۵/۰۴۶   |
| پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | فصل         | ۱۱۲/۳۵۹  |
|                              | تیمار       | ۱۰۳/۳۰۸  |
|                              | فصل × تیمار | ۷/۸۲۹    |
| کربن آلی (%)                 | فصل         | ۹۳۸۰۶/۶  |
|                              | تیمار       | ۴/۸۰۷    |
|                              | فصل × تیمار | ۳/۷۲۴    |

جدول ۴- غلظت عناصر غذایی خاک (میانگین ± اشتباه معیار) در تیمارهای مختلف ته‌نشست نیتروژن در توده دست‌کاشت کاج رادیاتا  
 Table 4. The soil nutrients concentrations (± ED) on different nitrogen deposition treatments (Control, Low, Medium and High) in *Pinus radiata* stand

| Sig                          | F آماره | سطوح اضافه کردن نیتروژن |                         |                         |                        |         |
|------------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------|
|                              |         | زیاد                    | متوسط                   | کم                      | شاهد                   | فصل     |
| نیتروژن (%)                  | ۳۳/۱۴   | ۰/۳۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>  | ۰/۳۳±۰/۰۲ <sup>bc</sup> | ۰/۳±۰/۰۲ <sup>ab</sup>  | ۰/۲۸±۰/۰۲ <sup>b</sup> | پاییز   |
|                              | ۲۸/۵۴   | ۰/۳۷±۰/۰۳ <sup>a</sup>  | ۰/۳۶±۰/۰۱ <sup>ab</sup> | ۰/۳۵±۰/۰۳ <sup>b</sup>  | ۰/۳۰±۰/۰۳ <sup>b</sup> | زمستان  |
|                              | ۱۱۸/۲۹  | ۰/۴۶±۰/۰۳ <sup>a</sup>  | ۰/۴۱±۰/۰۲ <sup>ab</sup> | ۰/۳۷±۰/۰۳ <sup>ab</sup> | ۰/۳±۰/۰۲ <sup>b</sup>  | بهار    |
|                              | ۳۳۴/۶۹  | ۰/۵۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>  | ۰/۴۴±۰/۰۳ <sup>b</sup>  | ۰/۲۸±۰/۰۴ <sup>c</sup>  | ۰/۳۰±۰/۰۳ <sup>d</sup> | تابستان |
| pH                           | ۲۵/۹۲   | ۶/۴±۰/۰۲ <sup>b</sup>   | ۶/۵۴±۰/۰۳ <sup>b</sup>  | ۶/۵۵±۰/۰۴ <sup>b</sup>  | ۶/۸۵±۰/۰۲ <sup>a</sup> | پاییز   |
|                              | ۲۵/۴۲   | ۶/۱±۰/۰۳ <sup>c</sup>   | ۶/۴۵±۰/۰۲ <sup>b</sup>  | ۶/۹۵±۰/۰۲ <sup>a</sup>  | ۶/۹۸±۰/۰۱ <sup>a</sup> | زمستان  |
|                              | ۳۳/۹۲   | ۶/۰±۰/۰۵ <sup>b</sup>   | ۶/۱±۰/۰۶ <sup>ab</sup>  | ۶/۳±۰/۰۱ <sup>ab</sup>  | ۶/۴±۰/۰۱ <sup>a</sup>  | بهار    |
|                              | ۳۹/۸۲   | ۶/۰±۰/۰۱ <sup>b</sup>   | ۶/۵±۰/۰۲ <sup>ab</sup>  | ۶/۷±۰/۰۲ <sup>ab</sup>  | ۶/۸±۰/۰۳ <sup>a</sup>  | تابستان |
| EC                           | ۵/۲۶    | ۰/۳۹±۰/۰۲ <sup>a</sup>  | ۰/۳۸±۰/۰۱ <sup>ab</sup> | ۰/۳۶±۰/۰۱ <sup>ab</sup> | ۰/۳۵±۰/۰۷ <sup>b</sup> | پاییز   |
|                              | ۲/۵۲    | ۰/۵۸±۰/۰۲ <sup>a</sup>  | ۰/۵۶±۰/۰۲ <sup>ab</sup> | ۰/۵۳±۰/۰۱ <sup>b</sup>  | ۰/۵۲±۰/۰۱ <sup>b</sup> | زمستان  |
|                              | ۱۱/۸۶   | ۰/۶۹±۰/۰۲ <sup>a</sup>  | ۰/۶۶±۰/۰۲ <sup>ab</sup> | ۰/۶۳±۰/۰۱ <sup>ab</sup> | ۰/۵۰±۰/۰۱ <sup>b</sup> | بهار    |
|                              | ۲۴/۹۰   | ۰/۸۳±۰/۰۳ <sup>a</sup>  | ۰/۷۸±۰/۰۲ <sup>ab</sup> | ۰/۷۶±۰/۰۱ <sup>ab</sup> | ۰/۶۰±۰/۰۱ <sup>b</sup> | تابستان |
| فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)   | ۶۲/۱۳   | ۱۰/۷±۰/۱ <sup>c</sup>   | ۱۱/۴±۰/۳ <sup>bc</sup>  | ۱۲/۶±۰/۳ <sup>b</sup>   | ۱۳/۴±۰/۱ <sup>a</sup>  | پاییز   |
|                              | ۱۵۶/۷۷  | ۷/۳±۰/۱ <sup>d</sup>    | ۸/۲±۰/۳ <sup>c</sup>    | ۹/۱±۰/۲ <sup>b</sup>    | ۱۰±۰/۶ <sup>a</sup>    | زمستان  |
|                              | ۶۸۴/۹۲  | ۷/۲±۰/۷ <sup>b</sup>    | ۷/۷±۰/۶ <sup>b</sup>    | ۱۱/۸±۰/۴ <sup>a</sup>   | ۱۳/۳±۰/۳ <sup>a</sup>  | بهار    |
|                              | ۳۸۲/۰۳  | ۶/۶±۰/۷ <sup>c</sup>    | ۷/۲±۰/۶ <sup>c</sup>    | ۱۱±۰/۵ <sup>b</sup>     | ۱۲±۱/۶ <sup>a</sup>    | تابستان |
| پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | ۴۶/۱۴   | ۳۲۲±۲ <sup>b</sup>      | ۴۲۴±۷ <sup>ab</sup>     | ۴۳۴±۱۵ <sup>ab</sup>    | ۴۷۰±۵/۰۴ <sup>a</sup>  | پاییز   |
|                              | ۳۷/۶۹   | ۲۸۳±۳ <sup>b</sup>      | ۳۲۵±۳ <sup>ab</sup>     | ۳۴۰±۱۵ <sup>ab</sup>    | ۳۳۵±۳/۷ <sup>a</sup>   | زمستان  |
|                              | ۱۸/۵۸   | ۳۱۳±۳ <sup>b</sup>      | ۳۲۱±۳ <sup>ab</sup>     | ۳۶۵±۳/۵ <sup>ab</sup>   | ۳۹۰±۲/۱ <sup>a</sup>   | بهار    |
|                              | ۲۶/۹۹   | ۲۶۶±۳ <sup>b</sup>      | ۲۸۷±۳ <sup>ab</sup>     | ۳۶۰±۲/۵ <sup>ab</sup>   | ۳۶۸±۲/۷ <sup>a</sup>   | تابستان |
| کربن آلی (%)                 | ۴/۴۳    | ۵/۸۸±۱/۴ <sup>a</sup>   | ۴/۷۴±۱/۱۵ <sup>b</sup>  | ۵/۷۷±۱/۱ <sup>a</sup>   | ۶/۰۸±۱/۲۰ <sup>a</sup> | پاییز   |
|                              | ۵/۹۳    | ۵/۴۸±۱/۴ <sup>ab</sup>  | ۵/۰۴±۱/۱۵ <sup>c</sup>  | ۵/۳±۱/۱ <sup>bc</sup>   | ۵/۸±۱/۲۰ <sup>a</sup>  | زمستان  |
|                              | ۱/۳۲۹   | ۶/۸±۰/۵ <sup>a</sup>    | ۶/۶±۰/۴ <sup>a</sup>    | ۶/۵±۰/۵ <sup>a</sup>    | ۵±۰/۲ <sup>a</sup>     | بهار    |
|                              | ۴/۵۶    | ۴/۹±۰/۸ <sup>a</sup>    | ۴/۷±۰/۴ <sup>ab</sup>   | ۴/۵±۰/۳ <sup>bc</sup>   | ۴/۳±۰/۶ <sup>c</sup>   | تابستان |

گردد. نتایج حاصل از تجزیه مربوط به عناصر موجود در تاج بارش در توده کاج رادیاتا نشان می‌دهد که بیشترین تاج‌بارش مربوط به زمستان (بهمن‌ماه) و کمترین میزان تاج‌بارش با

در این مطالعه همزمان با شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن، ورودی عناصر موجود در تاج بارش و لاشه‌ریزی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت تا چرخه ورود عناصر به‌طور کامل بررسی

آزمایش شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن در این مطالعه می‌باشد. در این ارتباط نتایج مطالعه وانگ و همکاران (۳۵) با طول دوره طولانی‌تر نشان داد که ته‌نشست نیتروژن می‌تواند موجب افزایش ترکیب شیمیایی لاشبرگ شود.

هدف از این مطالعه بررسی نیتروژن ورودی و تأثیر شبیه‌سازی ته‌نشست نیتروژن بر روی خصوصیات شیمیایی خاک می‌باشد، نتایج حاصل از بررسی ترکیب شیمیایی خاک نشان داد که افزایش نیتروژن ورودی موجب افزایش نیتروژن کل و کاهش میزان pH و افزایش اسیدیته خاک می‌شود. بیشترین میزان pH در تیمار کنترل در فصل زمستان و پاییز (فصل خواب) در مقایسه با فصل تابستان و بهار (فصل رشد) به‌دست آمد. دلیل این مسئله را می‌توان این‌طور بیان کرد که افزایش pH در خاک در زمستان و پاییز به‌دلیل افزایش فعالیت بیولوژیکی غالب در طول فصل رشد است. pH خاک با افزایش افزودن N به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. نتایج مشابهی در بسیاری از مناطق اروپا، آمریکای شمالی و چین به‌دست آمد (۲۶، ۸، ۲۷). در این رابطه آمونیوم و نیتراتی که در فرآیند شبیه‌سازی به خاک اضافه می‌شوند نقش مهمی ایفا می‌کنند.  $\text{NH}_4^+$  به‌عنوان یک اسید باعث می‌شود که کاتیون‌های پایه از سطح خاک جابجا شده و سپس شسته شوند، بنابراین ظرفیت بافری خاک را کاهش می‌دهد (۲۸). همچنین، هنگامی که آمونیوم توسط گیاهان جذب می‌شود، یون  $\text{H}^+$  در محلول خاک آزاد می‌شود و باعث اسیدی شدن خاک می‌شود (۳۲). در حالی که آنیون‌های  $\text{NO}_3^-$  منجر به از بین رفتن کاتیون‌های پایه با شستشوی آنها برای حفظ تعادل بار خاک می‌شوند (۱۶). مطالعه زانگ و همکاران (۳۸) نشان داد که کاهش pH خاک که در اثر افزایش ته‌نشست نیتروژن اتفاق می‌افتد نه تنها موجب کاهش کاتیون‌های قلیایی خاک می‌شود بلکه جمعیت باکتری‌ها را نیز در خاک کاهش می‌دهد، و اینکه اسیدی شدن خاک که در طول سال‌های متمادی در اثر افزایش نیتروژن اضافی حاصل از فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود اثرات جبران ناپذیری را برای اکوسیستم خواهد داشت.

علاوه بر این افزایش نیتروژن ورودی میزان  $\text{K}^+$  را در خاک کاهش می‌دهد، که این نتایج با نتایج مطالعه (۱۹) همخوانی دارد. دلیل این امر نیز به‌دلیل افزایش میزان  $\text{NO}_3^-$  است که در فرآیند شبیه‌سازی نیتروژن به خاک اضافه می‌شود، در صورتی که نیترات به‌وسیله گیاه جذب نشود در خاک متحرک، و به‌وسیله کاتیون‌هایی مانند  $\text{Ca}^{+2}$ ،  $\text{P}$ ،  $\text{K}^+$  و مینیمم جذب شده و موجب می‌شود کاتیون‌های قلیایی به‌همراه نیترات آبشویی شود، که این امر نه تنها موجب افزایش اسیدیته خاک شده بلکه موجب کاهش کاتیون‌های قلیایی خاک نیز می‌شود.

در این مطالعه غلظت فسفر نیز در تیمارهای ته‌نشست نیتروژن به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. با افزایش نیتروژن ورودی، جذب فسفر توسط درختان افزایش می‌یابد و این امر می‌تواند دلیل کاهش فسفر در مواجهه با ته‌نشست نیتروژن باشد، زیرا منبع فسفر قابل جذب نسبت به کل فسفر خاک بسیار اندک است، که باعث ایجاد تغییرات نسبی

اختلاف معنی‌داری مربوط به تابستان (تیر و شهریورماه) می‌باشد. در ارتباط با میزان pH باران، میزان pH در تابستان و بهار به‌طور معنی‌داری از پاییز و زمستان بیشتر بوده است که نشان‌دهنده ظرفیت گونه‌های درختی به‌ویژه در فصل رشد در کم‌کردن اسیدیته باران می‌باشد که این مسئله با نتایج (۱۱، ۳۱) همخوانی دارد. به‌لحاظ میزان EC باران میزان آن در پاییز و زمستان به‌طور معنی‌داری از بهار و تابستان بیشتر بوده است. در رابطه با سایر عناصر موجود در تاج‌بارش نتایج نشان داد که میزان عناصر موجود در تاج‌بارش مانند نیترات، آمونیوم، پتاسیم و فسفات در فصل رشد (در بهار و تابستان) نسبت به سایر فصول بیشتر بوده است که نشان از ته‌نشست خشک عناصر به‌وسیله تاج‌بارش و تبادل آنها با سطوح برگ در فصل رشد می‌باشد که با نتایج کریستین و همکاران (۲۲) همخوانی داشته است.

مقایسه میزان تاج‌بارش در فصول مختلف نشان داد که تاج‌بارش در زمستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصول دیگر است و تاج‌بارش در تابستان بسیار اندک بوده است؛ و اگرچه غلظت عناصر غالباً در بهار و تابستان بیشتر از پاییز و زمستان بوده است ولی به‌دلیل میزان تاج‌بارش بیشتر در زمستان میزان ته‌نشست عناصری که از طریق تاج‌بارش وارد اکوسیستم می‌شوند بیشتر می‌باشد. به‌دلیل اینکه هدف اصلی از این مطالعه بررسی اثرات نیتروژن اضافی در بوم‌سازگان جنگل می‌باشد، برآورد میزان نیتروژن ورودی که از طریق تاج‌بارش وارد عرصه می‌شود از اهمیت زیادی برخوردار است. فرم‌های نیتروژن که در این مطالعه ارزیابی شد،  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{NH}_4^+$  بوده است که ورودی آن از طریق تاج‌بارش در این مطالعه به‌ترتیب ۲۲ و ۱۴ کیلوگرم در هکتار و در سال بود، که برطبق مطالعه بوبینک و هتلینگ (۷) میزان نیتروژن ورودی در جنگل‌های معتدله در حدود ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در سال می‌باشد، که از این حیث با این مطالعه همخوانی دارد. البته به‌دلیل اینکه منطقه مورد مطالعه در این پژوهش به‌صورت جنگل کاری بوده و در منطقه پایین‌دست و فاقد شیب بوده است و وجود زمین‌های کشاورزی (با مصرف کودهای نیتراته)، وجود دام‌سرها و نزدیکی به منطقه شهری (آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی) همگی موجب افزایش میزان ورودی نیتروژن در پژوهش حاضر بوده است؛ و واضح است که ورودی نیتروژن در جنگل‌های بکر شمال کشور از این میزان کمتر می‌باشد که می‌توان به مطالعه صالحی و همکاران (۳۱) اشاره نمود که ورودی نیتروژن را در توده آمیخته راش ۱۲ کیلوگرم در هکتار در سال برآورد نمود.

به‌لحاظ ترکیب شیمیایی لاشبرگ ریزی نیز میزان ورودی کلیه عناصر موجود در لاشبرگ در فصل بهار و تابستان بیشتر از زمستان و پاییز بوده است که این امر نیز به‌دلیل رویش درختان در این فصول بدیهی به نظر می‌رسد.

در این پژوهش تأثیر ته‌نشست نیتروژن بر روی ورودی لاشبرگ نیز مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد که ته‌نشست نیتروژن تأثیری بر روی میزان ورودی لاشبرگ و ترکیب شیمیایی آن ندارد. این نتایج با مطالعه (۳۶) همخوانی دارد. محتمل‌ترین دلیل برای این مسئله کوتاه‌بودن طول دوره



بوم‌سازگان را تغییر دهد. بررسی تهنشست نیتروژن و آزمایش شبیه‌سازی در این مطالعه در یک سال انجام شد و به‌نظر می‌آید به‌منظور دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر و نتایج بیشتر، این مطالعات به‌مدت طولانی‌تری ادامه یابد تا بتوان به اثرات هر چه بیشتر آلودگی‌های زیست‌محیطی پی برد. همچنین بیان این نکته نیز حائز اهمیت است که اگر آلودگی‌های زیست-محیطی با همین سرعت ادامه یابد اثرات مخربی برای پویایی اکوسیستم بویژه جنگل‌ها به‌همراه دارد و در پایان، با توجه به مطالب یاد شده و سرعت هر چه بیشتر فرآیندهای صنعتی‌شدن در کشور و به‌منظور دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر در زمینه سرشت گونه‌ها در برابر هر گونه تغییرات اقلیمی لزوم انجام مطالعات و کسب اطلاعات دقیق‌تر در رابطه با سایر گونه‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد.

سریع در میزان فسفر خاک می‌شود. به‌خصوص در خاک‌هایی که در دسترسی به فسفر محدود می‌باشد. نتایج مشابه توسط لو و همکاران، (۲۸) در توده بلوط (*Quercus acutissima*) در چین یافت شد، جایی که آنها نشان دادند که افزایش سطح نیتروژن موجب کاهش فسفر خاک در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود. علاوه‌براین کاهش تجزیه لاشبرگ در نتیجه شبیه‌سازی نیتروژن و آزاد سازی کمتر فسفر از لاشبرگ به خاک نیز می‌تواند فسفر خاک را کاهش دهد.

نتایج کلی از پژوهش حاضر نشان داد که ورودی نیتروژنی که از طریق تاج‌بارش وارد این توده می‌شود از میزان ورودی نیتروژن در جنگل‌های بالادست راش بیشتر بوده است که نشان‌دهنده این مسئله است که صنعتی‌شدن و استفاده از کودهای نیترا ته می‌تواند میزان نیتروژن ورودی یک

### منابع

1. Aber, J., W. McDowell, K. Nadelhoffer, A. Magill, G. Berntson and M. Kamakea. 1998. Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. *BioScience*, 921-934.
2. Ahmadi, M.T., P. Attarod, M.R. Marvi Mohadjer, R. Rahmani and J. Fathi. 2009. Partitioning rainfall into throughfall, stemflow and interception loss in an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest during the growing season. *Turk. J. Agric. For*, 33: 557-568. doi:10.3906/tar-0902-3.
3. Anonymous. 2011. Booklet of Mahdasht and Afrarakht forest plan. Wood and paper in Mazandaran (Sari).
4. APHA. 1998. Cadmium reduction method. In: Franson, M.A.H (Ed), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington, DC, 556 pp.
5. Asman, W.A., M.A. Sutton and J.K. Schjørring. 1998. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. *New phytologist*, 139: 27-48.
6. Bobbink, R. and J.P. Hettelingh. 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).
7. Bobbink, R. and J.P. Hettelingh. 2010. Review and revision of empirical critical loads and doseresponse relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM, 23-25.
8. Bowman, W.D., C.C. Cleveland, L. Halada, J. Hreško and J.S. Baron. 2008. Negative impact of nitrogen deposition on soil buffering capacity. *Nat. Geosci*, 1: 767-770.
9. Cape, J., Y. Tang, N. Van Dijk and L. Love. 2004. Sutton M, Palmer S. Concentrations of ammonia and nitrogen dioxide at roadside verges, and their contribution to nitrogen deposition. *Environmental Pollution*, 132: 469-478.
10. Chen, W., X. Zheng, Q. Chen, B. Wolf, K. Butterbach-Bahl, N. Brüggemann and S. Lin. 2013. Effects of increasing precipitation and nitrogen deposition on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes and ecosystem respiration in a degraded steppe in Inner Mongolia, China. *Geoderma*, 192: 335-340.
11. Devlaeminck, R., A. De Schrijver and M. Hermy. 2005. Variation in throughfall deposition across a deciduous beech (*Fagus sylvatica* L.) forest edge in Flanders. *Sci Total Environ*, 337: 241-252. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.07.005.
12. Dezzeo, N. and N. Chacón. 2006. Nutrient fluxes in incident rainfall, throughfall, and stemflow in adjacent primary and secondary forests of the Gran Sabana, southern Venezuela. *Forest Ecology and Management*, 234(1-3): 218-226.
13. Dobermann, A. and K.G. Cassman. 2005. Cereal area and nitrogen use efficiency are drivers of future nitrogen fertilizer consumption. *Science in China Series C: Life Sciences*, 48(2): 745-758.
14. Erisman, J.W., J.N. Galloway, S. Seitzinger, A. Bleeker, N.B. Dise and A.R. Petrescu. 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368: 20130116.
15. Frey, S.D., M. Knorr, J. Parrent and R.T. Simpson. 2004. Chronic nitrogen enrichment affects the structure and function of the soil microbial community in temperate hardwood and pine forests. *Forest Ecology and Management*, 196(1): 159-171.
16. Gundersen, P., I.K. Schmidt and K. Raulund-Rasmussen. 2006. Leaching of nitrate from temperate forests—effects of air pollution and forest management *Environmental Reviews*, 14 1-57.
17. Galloway, J.N., F.J. Dentener, D.G. Capone, E.W. Boyer, R.W. Howarth and S.P. Seitzinger. 2004. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, 70: 153-226.

18. Gilliam, F.S. 2006. Response of the herbaceous layer of forest ecosystems to excess nitrogen deposition. *Journal of Ecology*, 94(6): 1176-1191.
19. Gunderson, P., B. Berg, W.S. Currie, N.B. Dise, B.A. Emmett, V. Gauci, M. Holmberg, O.J. Kjonaas, J. Mol-Dijkstra, C. van der Salm and I.K. Schmidt. 2006. Carbon-Nitrogen Interactions in Forest Ecosystems-Final Report.
20. Jafarhaghighi, M. 2003. Sampling and analysis of important physical and chemical soil analysis. Neda Zoha Press. Tehran, Iran.
21. Kim, T.W., K. Lee, R. Duce and P. Liss. 2014. Impact of atmospheric nitrogen deposition on phytoplankton productivity in the South China Sea. *Geophysical Research Letters*, 41(9): 3156-3162.
22. Kristensen, H.L., P. Gundersen, I. Callesen and G.J. Reinds. 2004. Throughfall nitrogen deposition has different impacts on soil solution nitrate concentration in European coniferous and deciduous forests. *Ecosyst Ecosyst*, 7: 180-192. doi:10.1007/s10021-003-0216-y.
23. Kuperman, R.G. and C.A. Edwards. 1997. Effects of acidic deposition on soil invertebrates and microorganisms. In *Reviews of environmental contamination and toxicology*, Springer New York, pp. 35-138.
24. Li, H., Z. Xu, S. Yang, X. Li, E.M. Top, R. Wang, Y. Zhang, J. Cai, F. Yao, X. Han and Y. Jiang. 2016. Responses of Soil Bacterial Communities to Nitrogen Deposition and Precipitation Increment Are Closely Linked with Aboveground Community Variation. *Microbial ecology*, 71(4): 974-989.
25. Liu, L. and T.L. Greaver. 2010. A global perspective on belowground carbon dynamics under nitrogen enrichment. *Ecology Letters*, 13(7): 819-828.
26. Luo, Y., W. Guo, Y. Yuan, J. Liu, N. Du and R. Wang, 2014. Increased nitrogen deposition alleviated the competitive effects of the introduced invasive plant *Robinia pseudoacacia* on the native tree *Quercus acutissima*. *Plant and soil*, 385(1-2): 63-75.
27. Lu, X., Q. Mao, F.S. Gilliam, Y. Luo and J. Mo. 2014. Nitrogen deposition contributes to soil acidification in tropical ecosystems. *Global change biology*, 20(12): 3790-3801.
28. Matschonat G. and E. Matzner. 1996. Soil chemical properties affecting  $\text{NH}_4^+$  sorption in forest soils *Z. flanzenernahrung Bodenkunde*, 159: 505-11.
29. Mo, J., W.E.I. Zhang, W. Zhu, P.E.R. Gundersen, Y. Fang, D. Li and H.U.I. Wang. 2008. Nitrogen addition reduces soil respiration in a mature tropical forest in southern China. *Global Change Biology*, 14(2): 403-412.
30. Penuelas, J., B. Poulter, J. Sardans, P. Ciais, M. van der Velde, L. Bopp, O. Boucher, Y. Godderis, P. Hinsinger, J. Llusia and E. Nardin. 2013. Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nature Communications*, 4.
31. Salehi, M., G.Z. Amiri, P. Attarod, A. Salehi, I. Brunner, P. Schleppei and A. Thimonier. 2016. Seasonal variations of throughfall chemistry in pure and mixed stands of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian forests (Iran). *Annals of forest science*, 73(2): 371-380.
32. Smith, S.E. and D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis* (San Diego, CA: Academic).
33. Sun, T., L. Dong, Z. Wang, X. Lü and Z. Mao. 2016. Effects of long-term nitrogen deposition on fine root decomposition and its extracellular enzyme activities in temperate forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 93: 50-59.
34. Tafazoli, M., H. Jalilvand, M. Hojati and M. Lameresdorf. 2017. The effects of simulated nitrogen deposition on soil chemical properties in maple plantation stand. *Environmental Sciences*, 15(2): 39-54 (In Persian).
35. Wang, J.J., R.D. Bowden, K. Lajtha, S.R. Washko, S.J. Wurzbacher and M.J. Simpson. 2019. Long-term nitrogen addition suppresses microbial degradation, enhances soil carbon storage, and alters the molecular composition of soil organic matter. *Biogeochemistry*, 142(2): 299-313.
36. Zhang, H., Y. Liu, Z. Zhou and Y. Zhang. 2019. Inorganic Nitrogen Addition Affects Soil Respiration and Belowground Organic Carbon Fraction for a *Pinus tabuliformis* Forest. *Forests*, 10(5): 369.
37. Zhang, X. and X. Han. 2012. Nitrogen deposition alters soil chemical properties and bacterial communities in the Inner Mongolia grassland. *Journal of Environmental Sciences*, 24(8): 1483-1491.
38. Zhang, X., M. Xu, J. Liu, N. Sun, B. Wang and L. Wu. 2016. Greenhouse gas emissions and stocks of soil carbon and nitrogen from a 20-year fertilised wheat-maize intercropping system: A model approach. *Journal of Environmental Management*, 167: 105-114.

## Simulation of Nitrogen Deposition (Nitrogen Addition Experiments) Impact on Soil Properties in Pine Radiata Stands

Azam Sadat Nouraei<sup>1</sup>, Hamid Jalilvand<sup>2</sup>, Seyyed Mohammad Hojjati<sup>3</sup> and  
Seyyed Jalil Alavi<sup>4</sup>

---

1- Ph.D, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

2- Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

(Corresponding author: h.jalilvand@sanru.ac.ir)

3- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

4- Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I.R.

Received: May 26, 2019

Accepted: November 23, 2019

---

### Abstract

Human demand for food and energy has led to major changes in the level of active nitrogen (N) released to the atmosphere. N addition experiments are a reliable way for investigating the effect of extra N deposition on target ecosystems. The present study was carried out to investigate in the effects of an artificial N deposition on the soil biochemical properties of a 20-year-old oak (*Pinus radiata*) plantation in Hyrcanian forests in the north of Iran. Twelve plots of (20 m × 10 m) were established in the study area. Four N treatments were considered: zero (control), 50 (low), 100 (medium) and 150 (high) kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. N in the form of NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> solution was manually sprayed onto the plots monthly for one year. Analysis of variance showed that soil characteristics at nitrogen treatment and different seasons and interaction of season and treatment had significant differences ( $P_{\text{value}} < 0.01$ ). In this regard and at the end of the simulation period, the lowest soil pH was observed in high treatment (6±0.3) and highest in control treatment (6.8±0.3). The highest amount of total nitrogen was observed at high N treatment (0.55±0.02). But in relation to K and P concentrations, the control treatment (368±2.7) (12±1.6) had highest and high N treatment (266±3) (6.6±0.7) had lowest concentration of P and K, respectively. In this study, due to the increase in nitrate content obtained by adding ammonium nitrate in the nitrogen simulation process, nitrate becomes saturated in the soil and mobile in the soil, and then leaching with base cations and decreasing soil pH.

**Keywords:** Ammonium nitrate, *Pinus radiata*, Pollution



"مقاله پژوهشی"

## تحلیل زمانی - فضایی خشک‌سالی و خشکیدگی درختان بلوط جنگل‌های زاگرس در استان ایلام

شمس‌اله عسگری<sup>۱</sup>، طیب رضیعی<sup>۲</sup>، احمد حسینی<sup>۳</sup> و علی نجفی‌فر<sup>۴</sup>

۱- استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (نویسنده مسوول: Shamsasgari@yahoo.com)

۲- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- دانشیار بخش تحقیقات منابع طبیعی و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۳

صفحه: ۸۶ تا ۹۶

### چکیده

یکی از مسائل مهم جنگل‌های زاگرس ایلام، خشکیدگی درختان بلوط است و هدف از این تحقیق تحلیل زمانی- فضایی ارتباط خشکیدگی درختان بلوط با خشک‌سالی‌های رخ داده است. به‌منظور شناسایی نقاط خشکیده بلوط، با استفاده از روش تعیین نمونه‌های تعلیمی در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای MODIS استفاده شد و نقشه پراکنش خشکیدگی درختان بلوط به صورت رستری تهیه شد. جهت تحلیل زمانی و مکانی خشک‌سالی در استان ایلام از شاخص NDVI حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره آماری سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. برای تحلیل فضایی ارتباط خشکیدگی جنگل بلوط با خشک‌سالی‌ها، از مدل‌های توزیع الگوی فضایی مدل خودهمبستگی فضایی موران انتخاب شد. نتایج تلفیق پهنه‌بندی خشک‌سالی‌ها از شاخص NDVI با نقشه پراکنش خشکیدگی بلوط در دو سری زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ در تحلیل شاخص موران نشان داد که خشکیدگی بلوط از الگوی خوشه‌ای برخوردار است و خشکیدگی درختان بلوط به‌صورت توده‌ای در حال گسترش است. همچنین بین روند خشک‌سالی در ابعاد مکانی و زمانی و روند خشکیدگی بلوط در سال‌های اخیر در مناطق مختلف ایلام رابطه معنی‌داری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: ایلام، خشک‌سالی، خشکیدگی جنگل، شاخص موران، NDVI

### مقدمه

تحقیقی که کارایی کلروفیل گندم برای پایش خشک‌سالی با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) ارزیابی شد، نتایج نشان داد این شاخص در مقیاس‌های زمانی و مکانی بزرگ کاربرد مناسبی دارد (۸).

در تحقیقی که پایش خشک‌سالی با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و ارتباط آن با فاکتورهای اقلیمی جهت شدت خشک‌سالی و توزیع مکانی آن در مغولستان از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ در فصل رشد انجام شده است، نتایج نشان داد که مغولستان در طول ۱۷ سال خشک‌سالی خفیف تا شدید را تجربه کرده است. سال‌های بسیار آسیب‌دیده به‌ترتیب سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۶ بود که ۴۱٪ تا ۵۷٪ از کشور در شرایط خشک‌سالی خفیف و شدید قرار داشت. تجزیه و تحلیل همبستگی زمانی با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) با هر دو متغیر بارش و دما معنی‌دار بود، اما بارش ( $P < 0.005$ ,  $R = 0.46$ ) همبستگی بیشتری نسبت به درجه حرارت ( $P < 0.005$ ,  $R = -0.40$ ) با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) داشت و تجزیه و تحلیل ارتباط مکانی بین شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و دو متغیر بارش و دما با توجه به نوع پوشش زمین و محیط رشد گیاهان، متفاوت است (۹). نتایج تحقیقی در منطقه جنگلی استوایی در برزیل در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ نشان داد که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) براساس تصاویر سنجده مودیس برای تجزیه و تحلیل فضایی و زمانی وقایع خشک‌سالی و روند پوشش

پویایی بوم سازگان زاگرس به‌ویژه در استان ایلام به پوشش جنگل‌های بلوط وابسته است. بنابراین خشکیدگی این جنگل‌ها تعادل بوم سازگان را دچار اختلال خواهد کرد و بازگشت به شرایط مناسب بسیار مشکل خواهد بود. یکی از پدیده‌های خزنده و مؤثر در سال‌های اخیر پدیده خشک‌سالی و متعاقب آن خشکیدگی جنگل‌های منطقه زاگرس ایلام است که بنابر اهمیت درختان بلوط ضرورت دارد در این خصوص پژوهش‌هایی جهت چاره‌جویی انجام شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این مسئله مورد توجه پژوهش‌گران دنیا قرار دارد. همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش پوشش گیاهی به حساب می‌آید (۳).

تجزیه و تحلیل حساسیت شاخص‌های پوشش گیاهی به خشک‌سالی در دو منطقه دشت تالگراس در ایالات اوکالاها با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) نشان داد که تعداد روزهای با شاخص تنش آبی موج کوتاه (LSWI) کمتر از صفر در طول تابستان و طرح شدت خشک‌سالی مبتنی بر تنش آبی موج کوتاه می‌تواند شاخصی ساده، مؤثر و مکمل برای ارزیابی خشک‌سالی در مراتع و جنگل با وضوح مکانی ۵۰۰ متر باشد (۱۱). نتایج حاصل از تحقیقی در آمریکا که به بررسی رابطه تغییرات بارش و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از طیف سنجی تصاویر مختلف با وضوح متوسط (MODIS) پرداختند حاکی از آن بود که بین بارندگی و پوشش گیاهی ۷۳ درصد همبستگی دیده می‌شود (۴). در

در منطقه ایلام انجام شد، مشخص شد که در سطح استان ایلام و به‌ویژه جنگل‌های استان رخداد پدیده خشک‌سالی در اثر کاهش بارندگی از فراوانی قابل توجهی برخوردار است. شدیدترین خشک‌سالی‌ها طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است. بررسی روند زمانی سبزیگی درختان منطقه نشان داد که طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ از مقدار سبزیگی درختان به‌طور قابل توجهی کاسته شده است. این شرایط نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین پارامتر اقلیمی بارش با سبزیگی درختان منطقه است (۱۴).

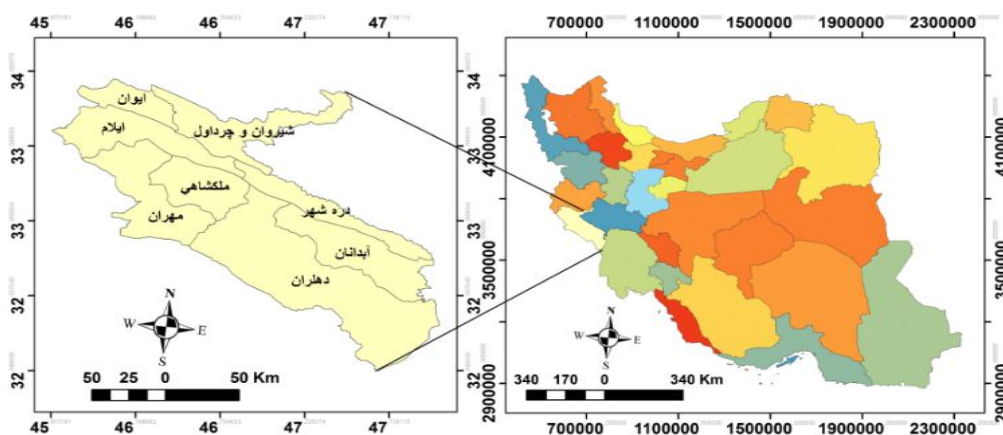
با توجه به اینکه در این تحقیق ارتباط بین دو داده خروجی پیکسلی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و داده پیکسلی نقاط خشکیده درختان بلوط در سطح استان ایلام بررسی شده است، لذا تحلیل رابطه فضایی و زمانی داده‌های پراکنده خشک‌سالی و خشکیدگی بلوط از شاخص موران، که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) توان تحلیل ارتباط هر پیکسل با پیکسل‌های همجوار خود را دارد، در سطح آماری معنی‌داری با دقت مناسبی استخراج شده است که این روش می‌تواند نوآوری برای این تحقیق داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

استان ایلام با مساحتی حدود ۱۹۹۷۵/۶۶ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان‌ها و استان ایلام را نشان می‌دهد.

گیاهی مناسب می‌باشد (۷). در تحقیقی که به‌منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی از شاخص بارش استاندارد شده و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد و همبستگی بین این دو شاخص در نواحی مختلف استان اصفهان سنجیده شد، نتایج نشان داد که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) می‌تواند جایگزین مناسب برای شاخص‌های اقلیمی در ارزیابی و پایش خشک‌سالی‌ها باشد (۵).

در تحقیقی اثر خشک‌سالی روی پوشش گیاهی استان کردستان طی دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۰ با استفاده تصاویر سنجنده مودیس بررسی شد. نتایج نشان داد که بین میانگین شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) همبستگی بالایی در سطح معناداری ۰/۰۱ وجود دارد و با کاهش تقریباً ۰/۲۰- از میزان شاخص بارش استاندارد شده (SPI) به‌طور متوسط ۱/۲ درصد سطح پوشش گیاهی ضعیف افزایش می‌یابد (۱۰). در تحقیقی خشکیدگی درختان جنگلی استان ایلام با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در یک دوره ۱۵ ساله بررسی شد. میزان تاثیرگذاری تغییرات بارش و ریزگردها در افزایش روند خشکیدگی درختان جنگلی استان ایلام، با انجام یک رگرسیون خطی دو متغیره بدست آمد که نتایج سهم ۶۲ درصدی تغییرات بارش و ۳۸ درصدی گردوخاک را نشان داد (۱۸). نتایج تحقیق تاثیر رطوبت خاک در خشکیدگی بلوط با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در استان ایلام نشان داد که در دوره ۷ ساله خشک‌سالی از ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ کاهش شدید رطوبت خاک رابطه معنی‌داری با خشکیدگی بلوط (ضریب ۰/۸۶) داشته که همزمان با خشک‌سالی و کاهش بارندگی بوده است (۴). در تحقیقی که به‌منظور پایش وضعیت خشکیدگی بلوط



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان‌ها و استان ایلام  
Figure 1. Geographical location of Ilam city and province.

(rNIR/rRED) حاصل می‌شود، این شاخص برای استاندارد کردن ارزش شاخص پوشش گیاهی که بین +۱ و -۱ قابل تغییر است طراحی شده و عدد صفر به معنی عدم پوشش گیاهی است. همچنین مقادیر منفی برای نشان دادن سطوحی

### روش پژوهش

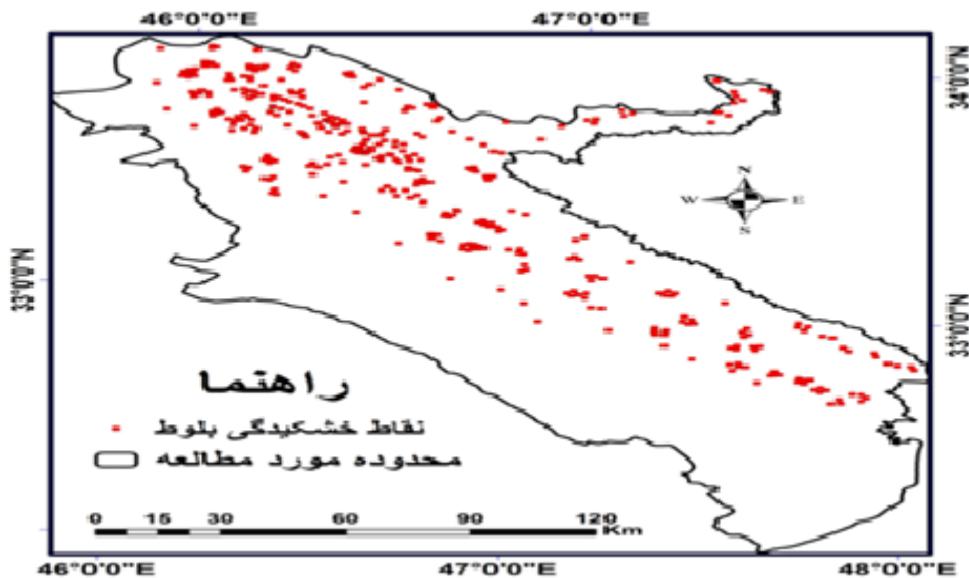
شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) تبدیل نرمال شده از نسبت قابلیت انعکاس بین امواج مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز (RED) می‌باشد که از رابطه

۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ یک لایه نهایی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استخراج شد. به منظور شناسایی نقاط خشکیدگی بلوط، از روش میدان، مختصات ۴۴۶ نقطه خشکیدگی با استفاده از سیستم موقیت یاب جهانی (GPS) برداشت شده و در هر نقطه تعداد درخت خشک شده ثبت گردید ابعاد هر نقطه جهت انطباق با هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای ۳۰ مترمربع در نظر گرفته شد که بعد از تجزیه و تحلیل به طور میانگین در هر نقطه تقریباً ۳ عدد درخت خشکیدگی محاسبه شد. با استفاده از روش تعیین نمونه‌های تعلیمی که از عملیات میدانی ثبت گردیده بود در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس نقشه پراکنش خشکیدگی درختان بلوط به صورت رستری تهیه شد. در نهایت پهنه‌بندی‌های خروجی مناطق خشک‌سالی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) با خروجی لایه خشکیدگی بلوط حاصل از عملیات میدانی برای سری‌های زمانی انتخاب شده تلفیق شد. از لحاظ بصری میزان انطباق کاهش سبزیگی با خشکیدگی درختان بلوط روی نقشه‌های تهیه شده قابل مشاهده است، اما جهت تحلیل فضایی و سطح معنی‌داری آماری ارتباط مناطق خشک‌سالی با خشکیدگی جنگلی بلوط از مدل خود همبستگی فضایی موران استفاده شد. شکل ۲ مربوط به نقشه نقاط خشکیدگی درختان بلوط است که در بعضی از مناطق به‌صورت توده خشکیدگی درآمده است.

به غیر از پوشش گیاهی مانند آب و برف کاربرد دارد (۱۲). از آنجایی که امروزه سنجنده‌های متعددی در مطالعات پایش خشک‌سالی به‌کار می‌روند، در مطالعه حاضر از اطلاعات سنجنده مودیس استفاده شد، زیرا در مقایسه با سنجنده‌های دیگر، با داشتن باندهای مختلف و طیف الکترومغناطیسی بالقوه برای نظارت بر خشک‌سالی مناسب‌تر است (۶). از سال ۲۰۰۰ پس از کسب اولین داده‌های ماهواره‌ای این سنجنده، اطلاعات آن به‌منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی مدنظر قرار گرفت. روند تغییرات پوشش گیاهی را می‌توان با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در منطقه نشان داد.

بنابراین در این تحقیق سری‌های زمانی سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر مودیس بین ۲۴ فوریه ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۹ (۴۶۰ تصویر) به دست آمد و برای تهیه نیم‌رخ‌های زمانی ۱۹ ساله شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) مورد استفاده قرار گرفت.

برای هر ماه یک تصویر و در نهایت میانگین تصاویر ۱۲ ماهه هر سال محاسبه شد و به یک تصویر تبدیل شد. یعنی به‌طور کلی برای هر سال یک تصویر و در مجموع از ۱۹ تصویر برای پایش سالیانه تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد. با اجرای دستور جبر و مقابله (ALgebra) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) از میانگین لایه‌های سری زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ یک لایه نهایی و از میانگین سری زمانی



شکل ۲- نقشه پراکنش نقاط خشکیدگی بلوط استان ایلام  
Figure 2. Map of the distribution of oak drying points in Ilam province

شده‌اند و آیا توزیع درختان خشکیدگی از الگوی خاصی پیروی می‌کند، روند داده‌ها چگونه است و به چه شکلی توزیع فضایی خشکیدگی بلوط با خشک‌سالی‌های اخیر در ارتباط است و...، همگی سؤالاتی هستند که برای پاسخگویی به آنها مدل‌های توزیع الگوی فضایی بررسی شده و با استفاده از بهترین مدل الگوی توزیع فضایی خشکیدگی درختان بلوط در سطح منطقه

### تحلیل فضایی خشکیدگی درختان بلوط در سطح استان ایلام

شناخت الگوها و کشف روابط متغیر وابسته خشکیدگی درختان جنگلی بلوط و روندهای موجود در داده‌های فضایی و متغیرهای مستقل از اهمیت زیادی در این تحقیق برخوردار است. اینکه درختان خشکیدگی چگونه در سطح منطقه توزیع

خشکیدگی بلوط با خشک‌سالی هواشناسی و گستره خشکیدگی بلوط در استان ایلام ناشی از خشک‌سالی با استفاده از مدل ذکر شده شناسایی شده و از لحاظ کمی با روند خشک‌سالی و خشکیدگی جنگلی بلوط در استان ایلام پیش‌بینی شده است.

### نتایج و بحث

#### تلفیق خشکیدگی جنگل بلوط با روند تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

معنادر بودن روندهای به‌دست آمده در سطح احتمال  $\alpha = 0.05$  نکته بسیار مهمی است که در بسیاری از مطالعات مربوط به روند تغییرات به آن توجه می‌شود. در این تحقیق نیز تمامی روندهای به‌دست آمده در سطح احتمال  $\alpha = 0.05$  مورد ارزیابی قرار گرفتند. در راستای پویایی پوشش گیاهی در محدوده مورد تحقیق، مقدار شیب روند تغییرات شاخص NDVI، به‌صورت بلندمدت برای دوره آماری ۱۹ ساله، با استفاده از روش پارامتری رگرسیون خطی کلاسیک، پیکسل به پیکسل، برای تمامی ۳۲۸۰۴۲ پیکسل واقع شده در محدوده استان ایلام محاسبه شدند. سپس مقادیر شیب روندهای به‌دست آمده در قالب نقشه معناداری شیب روند جهت تحلیل‌های فضایی تهیه شدند. شکل ۲ سری زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و شکل ۳ سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. با توجه به این نقشه‌ها به روشنی مشخص می‌شود که در سری زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ بیشترین روند شیب تغییرات در غرب و جنوب‌غربی که منطقه کم‌بارش و بیابانی استان است، مشاهده شده است و خشکیدگی درختان بلوط در این مناطق بیشتر به‌صورت توده‌ای می‌باشد. در سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ روند خشکیدگی جنگل بیشتر در مناطق شمال‌غربی و غرب استان ایلام به‌صورت بصری نمایان است. بررسی معناداری شیب تغییرات روند پوشش جنگلی در محدوده مورد تحقیق نشان می‌دهد که روند منفی و معنادار پوشش جنگلی (روند کاهشی در مقادیر شاخص NDVI) در گوشه جنوب‌غربی و شمال‌غربی استان ایلام متمرکز شده است. همچنین در چند نقطه شیب تغییرات روند در غرب استان ایلام منفی است. این امر بیان‌کننده این موضوع است که تخریب پوشش جنگلی در استان ایلام از سمت مرزهای غربی در حال پیشروی و در حال سرایت به مناطق مرکزی و شرقی استان است که باید مدیریت صحیح در جهت بهبود و احیاء مناطق آسیب دیده در دستور کار مدیران قرار گیرد. نقاط معنادار و منفی روندهای کاهشی در مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) بیشتر در جنوب غربی استان ایلام متمرکز شده که خود جزئی از شمال دشت خوزستان به‌حساب می‌آید. در مقابل روند مثبت و معنی‌دار شیب تغییرات پوشش جنگلی (روندهای نرمال در مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در محدوده استان ایلام در مرکز و شرق محدوده مورد تحقیق تمرکز یافته‌است که در نقشه معناداری با رنگ سبز نمایش داده شده‌اند. با تحلیل تحقیق (۸) در اجرای شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) قابل مقایسه است. در نهایت نقاط با روند تغییرات

شناسایی و معرفی شده است. به طور کلی الگوهای توزیع فضایی عبارتند از: متوسط نزدیکترین فاصله همسایگی، خوشه‌بندی زیاد و کم، خوشه‌بندی چندفاصله‌ای، خودهمبستگی فضایی (۱). الگوهای ذکر شده دارای معایب و محاسنی هستند که هر کدام در پژوهش‌های جغرافیایی جایگاه خاص خود را دارند. با اشراف بر کارایی مدل‌ها می‌توان بهترین ابزار آماری را برای الگویابی در ارتباط با موضوع تحقیقی خود انتخاب نمود، در این تحقیق بعد از تجزیه و تحلیل داده‌های خشکیدگی بلوط با داده‌های ضریب شاخص خشک‌سالی، بهترین مدل، خود همبستگی فضایی موران شناخته شده و به کمک آن با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGis) نتایج آنالیز شده و نشان داده شده است (۱).

#### تحلیل خود همبستگی فضایی موران

خودهمبستگی فضایی یکی از کاربردی‌ترین و مهم‌ترین ابزارهای تحلیلی برای تحقیق در مورد داده‌های فضایی است. این تحلیل الگوی توزیع عوارض در فضا را با ملاحظه همزمان موقعیت مکانی و خصیصه مورد نظر ارزیابی می‌کند. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده و یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند. این ابزار در حقیقت آماره و یا شاخص موران (Moran's index) را محاسبه می‌کند و با استفاده از امتیاز استاندارد (z) و سطح احتمال خطا (p-value) به ارزیابی و معنادر بودن شاخص محاسبه شده می‌پردازد (۱).

شاخص موران برای خودهمبستگی فضایی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j \omega_{ij} (x_{ij} - \bar{x}) w_{ij} z_{ij}}{sn \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در اینجا ( $z_i$ ) تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه  $i$  با میانگین آن ( $x_i - \bar{x}$ ) می‌باشد. ( $w_{ij}$ ) وزن فضایی بین عارضه ( $i$ ) و ( $j$ ) است، ( $n$ ) تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده بوده و ( $sn$ ) جمع کل وزن‌های فضایی می‌باشد. امتیاز استاندارد ( $Z$ ) برای آماره موران از طریق زیر محاسبه می‌شود:

(رابطه ۲)

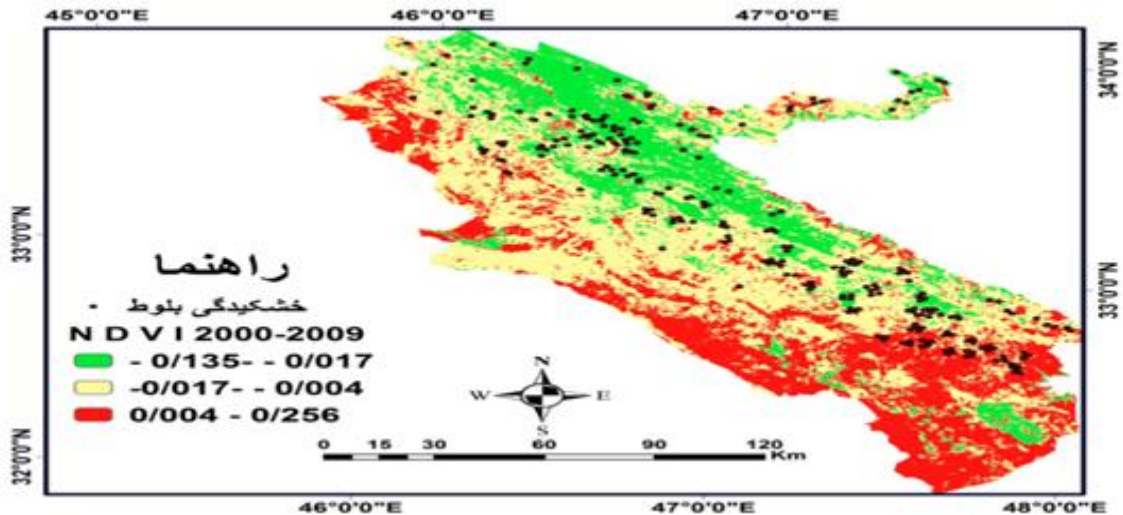
$$Sn = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_{ij} \quad ZI = \frac{1 - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad Z = \frac{E[I] - \frac{1}{n-1}}{\sqrt{V[I] = E[I^2] - E[I]^2}}$$

به طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک باشد، داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند. البته این مقدار از نظر معناداری آماری سنجیده می‌شود.

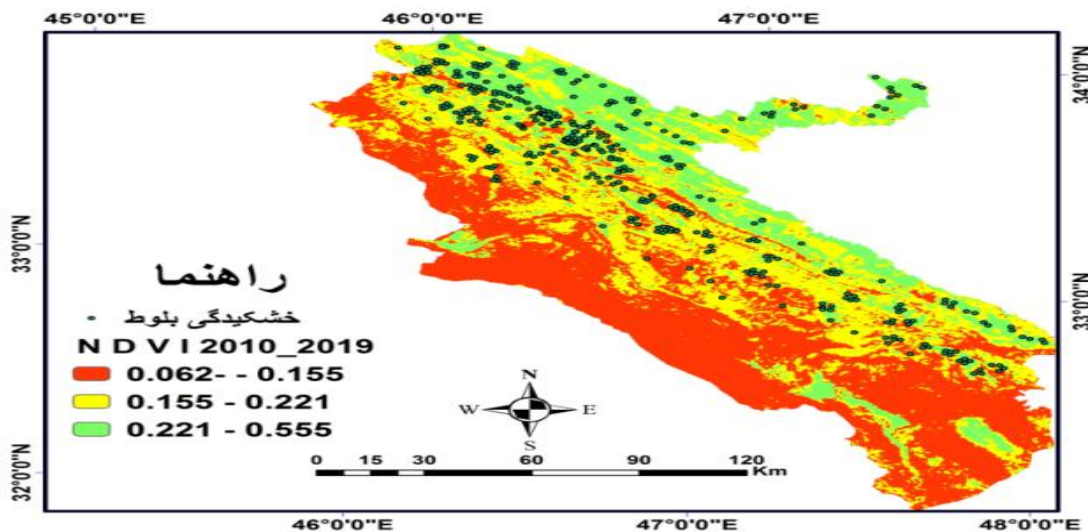
در نهایت کلاسه‌بندی استان از نظر تغییرات پوشش جنگلی ناشی از خشک‌سالی و خروجی مناطق خشک‌سالی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و خروجی لایه‌های خشکیدگی بلوط حاصل از عملیات میدانی برای دو سری زمانی انتخاب شده اجرا شد و سطح معناداری

منطبق هستند. در نقاطی که بر روند نرمال تغییرات پوشش جنگلی منطبق هستند، نشان‌دهنده توسعه خشکیدگی بلوط است که به صورت توده‌ای در حال پیشرفت است.

شیب کاهشی و خنثی با رنگ زرد نشان داده شده است. نقاط خشکیدگی بلوط که با استفاده از سیستم موقیت یاب جهانی (GPS) برداشت شده‌اند، کاملاً بر مناطق با روند کاهشی



شکل ۳- تلفیق خشکیدگی بلوط و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۹  
Figure 3 Combination of oak drought and normalized index of vegetation difference (NDVI) from 2000 to 2009

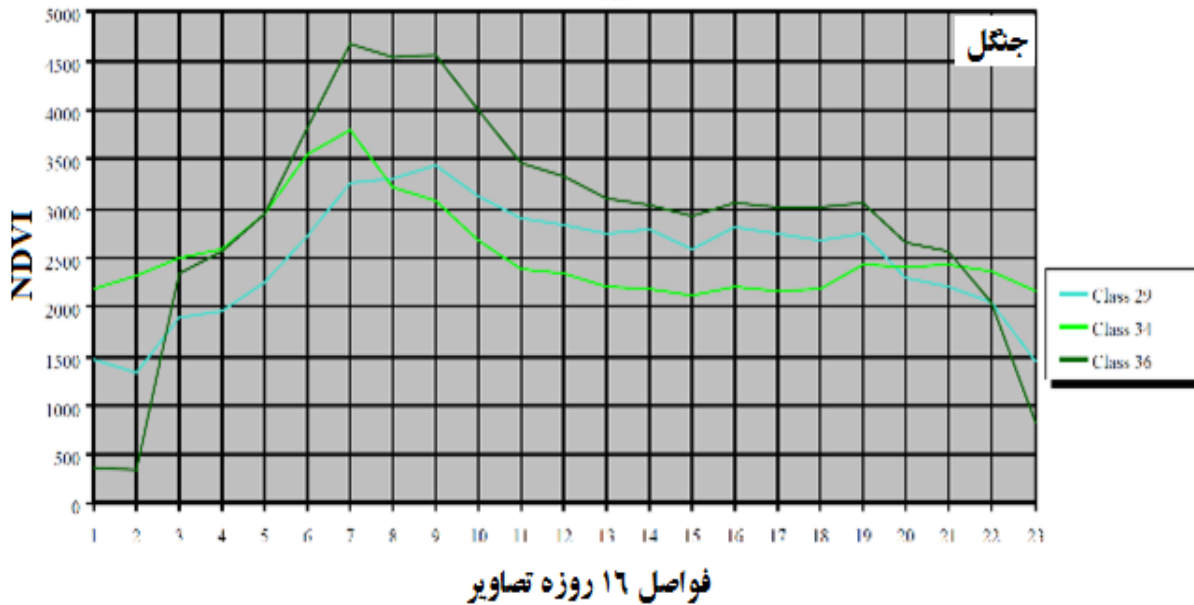


شکل ۴- تلفیق خشکیدگی بلوط و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۸  
Figure 4. Combination of oak drought and normalized index of vegetation difference (NDVI) from 2010 to 2018

شاخص میانگین تفکیک‌پذیری در کلاس ۴۵ سنجنده مودیس به اوج می‌رسد و همزمان شاخص حداقل تفکیک‌پذیری نیز از اوج نسبتاً متعادلی برخوردار است. از این رو کلاس ۴۵ مطلوب‌ترین تعداد کلاس برای تعیین کاربری اراضی و تفکیک جنگل‌های استان ایلام می‌باشد.

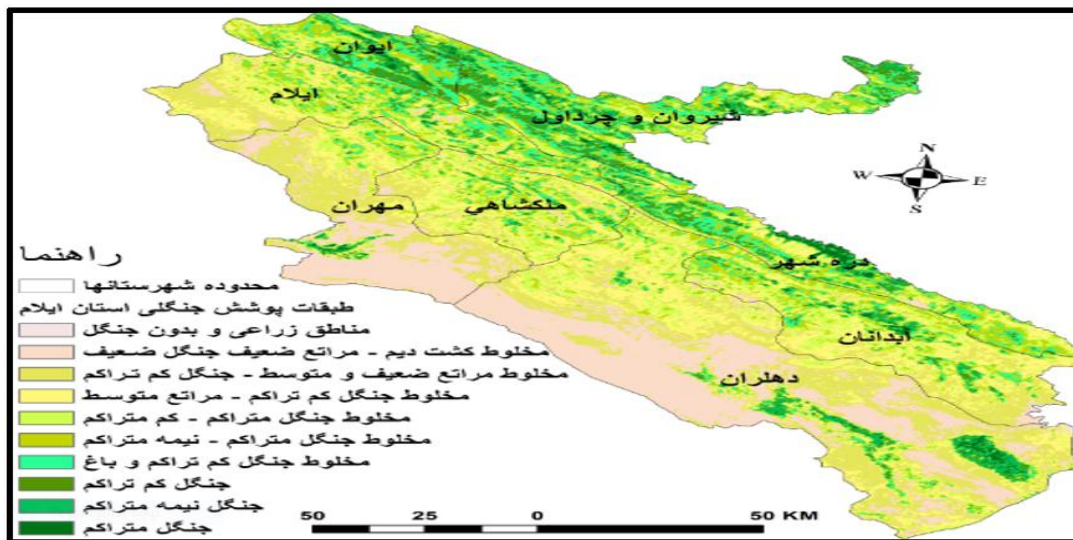
بر اساس نتایج حاصل از طبقه‌بندی ۱۰۰ کلاس، در نهایت دسته‌بندی به ۴۵ کلاس ماهواره مودیس منطقی‌ترین الگوی تشخیصی برای شناسایی انتخاب شد، چرا که این تعداد کلاس مقادیر کلاس‌ها را کمتر از ۱۰۰ نگه می‌دارد و انطباق مناسبی بین حداقل و میانگین کلاس‌ها وجود دارد. ارزش





شکل ۵- امضاءهای طیفی به تفکیک هر کلاس بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی تصاویر سنجنده مودیس  
Figure 5. Spectral signatures for each class based on the results obtained from the classification of MODIS sensor images

پس از رفع همپوشانی کلاس‌ها بر اساس نمودار طیفی حاصل از هر کلاس و همچنین تصاویر و نقاط کنترل زمینی نام‌گذاری شد. در آخر نقشه‌ی کلاس‌های جنگل برای استان ایلام تهیه گردید.



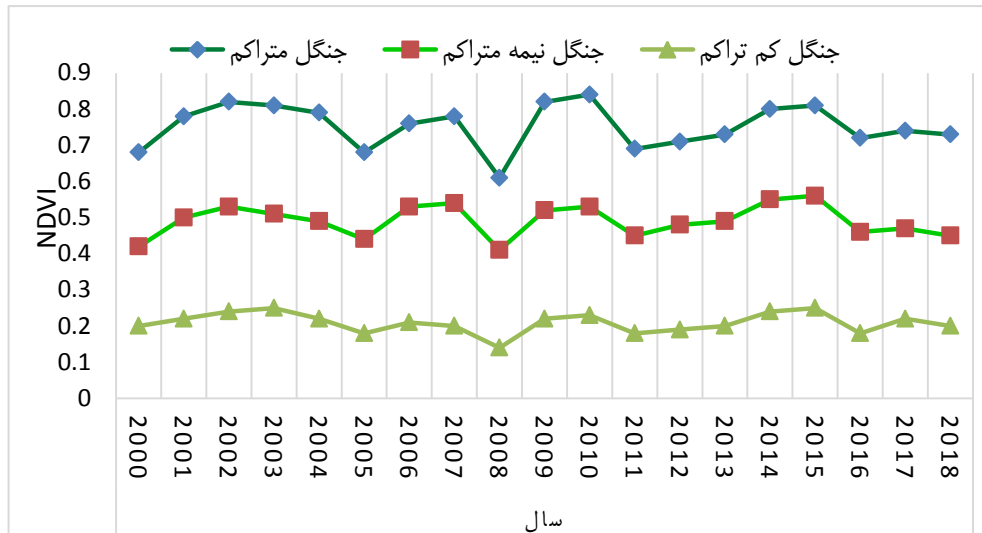
شکل ۶- طبقات پوشش جنگلی برای استان ایلام بر اساس تصاویر مودیس  
Figure 6. Forest cover classes for Ilam province based on Modis images

۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ کاهش قابل‌توجهی در میزان شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) جنگل‌های استان رخ داده است. این کاهش برای سال ۲۰۱۰ نسبت به سایر سال‌ها چشمگیرتر می‌باشد. طی این سال‌ها علاوه بر این که کاهش در زمان حداکثر سبزیگی یعنی اوایل اردیبهشت‌ماه رخ داده است در سایر ماه‌های سال نیز میزان

**بررسی روند سبزیگی جنگل‌های استان ایلام**  
پس از تعیین مناطق جنگلی استان ایلام، روند سبزیگی کلاس‌های جنگل استخراج‌شده طی دوره ۱۹ ساله (۲۰۱۸-۲۰۰۰) هر ۱۶ روز یک‌بار مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که بر روی نمودار مربوط به جنگل‌های کم تراکم، نیمه متراکم و متراکم قابل مشاهده است، طی سال‌های ۲۰۰۴،

۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ می‌باشد که نشان‌دهنده فراگیر بودن روند کاهش در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۷).

شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) پایین می‌باشد. بررسی و مقایسه پوشش‌های مختلف جنگل طی دوره آماری نیز بیانگر کاهش میزان شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸،



شکل ۷- روند سبزیگی سالانه جنگل‌های استان ایلام با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی ترا طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۰  
Figure 7. Annual greenery trend of forests in Ilam province using Terra satellite images during the period 2000-2018

جدول ۱- مساحت و درصد خشکیدگی طبقات جنگلی استخراج شده

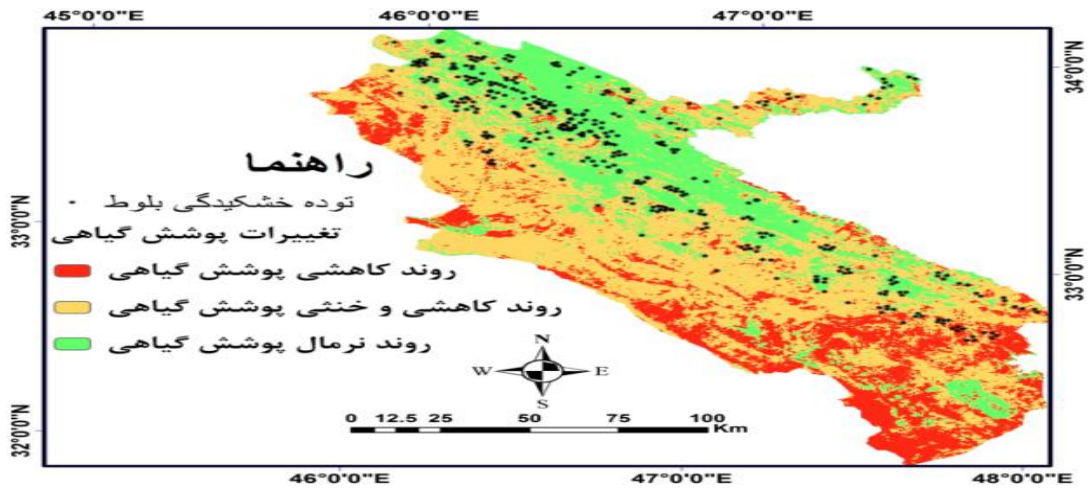
Table 1: Area and percentage of dry forest layers extracted

| درصد خشکیدگی | مساحت خشکیدگی (هکتار) | مساحت به هکتار | کلاس جنگل       |
|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| ۴/۷          | ۳۵۳۷                  | ۷۵۶۹۷          | جنگل تراکم      |
| ۲/۹          | ۲۲۶۱                  | ۷۸۲۴۱          | جنگل نیمه تراکم |
| ۴/۴          | ۷۲۸                   | ۱۶۲۸۷          | جنگل کم تراکم   |

است و سبزیگی به کمترین میزان خود رسیده است. در این مرحله نقشه‌های خروجی تصاویر مودیس و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ که از -۱ تا +۱ با توجه به شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تغییرات پوشش گیاهی تهیه شده‌اند در چهار طبقه مناطق بدون پوشش گیاهی، مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، مناطق با پوشش گیاهی تنک و مناطق با پوشش گیاهی نرمال کلاس‌بندی شده‌اند که با تحقیق تحلیل آماری فضایی خشک‌سالی در ایران همسو می‌باشد (۱۲). توده‌های خشکیدگی بلوط که با استفاده از عملیات زمینی با استفاده از سیستم موقیت یاب جهانی (GPS) برداشت شده بود با نقشه‌های خروجی MODIS-NDVI تلفیق شده که در این بخش نقشه‌های تلفیقی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کاملاً خشکیدگی بلوط و زوال بلوط در این سال‌ها با هم مقایسه شده و این روند یک روند خشکیدگی افزایشی را در توده‌های خشکیده بلوط نشان می‌دهد که در شکل ۸ نشان داده شده است.

### بررسی نتایج شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تصاویر مودیس در تغییرات پوشش گیاهی استان ایلام

مراحل مختلف شرح داده شده در روش تحقیق برای تجزیه و تحلیل سری شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تصاویر مودیس اجرا شد و سرانجام، مناطق تغییری به سه دسته روند صفر یا بدون تغییر، روند مثبت و روند منفی گروه بندی و بر روی منطقه مورد مطالعه اعمال شد (۱۵). نقشه‌های پوشش گیاهی حاصل از پردازش تصاویر سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۸ برای ۱۹ سال در منطقه مورد مطالعه تهیه شدند. در این تصاویر به روشی پویایی پوشش گیاهی در سال‌های مختلف قابل مشاهده است. با توجه به این تصاویر به طور کلی کاهش سبزیگی در طول بازه‌ی زمانی، در سراسر محدوده مورد مطالعه از سمت غرب به سمت شرق در حال پیشروی است. همان گونه که از تصاویر برداشت می‌شود در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ کاهش سبزیگی در غرب و به خصوص در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه شدیدتر بوده

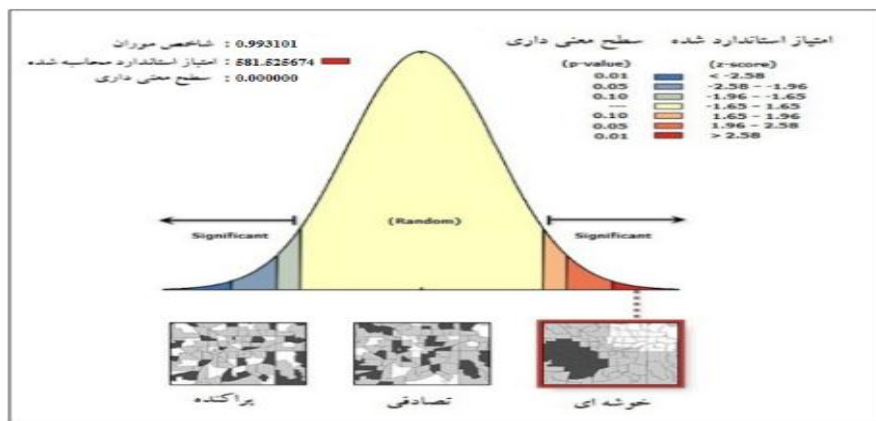


شکل ۸- تلفیق توده‌های خشکیدگی بلوط و تصاویر MODIS با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸  
 Figure 8. Combination of oak drying masses and MODIS images with normalized index of vegetation difference (NDVI) from 2000 to 2018

تهیه شده سری زمانی ۱۰ساله تلفیقی توده‌های خشکیدگی بلوط و پهنه‌بندی خشک‌سالی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ را جهت تحلیل خودهمبستگی فضایی انتخاب شد و با استفاده از شاخص (Moran I) نتایج تحلیل شد، توضیح اینکه تحلیل خود همبستگی فضایی دو نوع خروجی به صورت گرافیکی و عددی ارائه می‌نماید. خروجی گرافیکی نشان می‌دهد که آیا داده‌ها پراکنده و یا خوشه‌بندی شده هستند. به طور نمونه خروجی گرافیکی سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ در شکل ۶ و نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

#### نحوه اجرای تحلیل شاخص موران در سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGis)

برای اجرای این ابزار ابتدا از جعبه‌ابزارهای تحلیل‌های آماری فضایی (SST) انتخاب و سپس تحلیل الگوها بسط داده و آنگاه خود همبستگی فضایی را انتخاب می‌کنیم. در این ابزار هدفمان آن است که ببینیم آیا تعداد خشکیدگی‌های جنگلی بلوط در پهنه‌بندی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از خود همبستگی فضایی برخوردار است، توزیع خشکیدگی در پهنه‌ها چگونه است و آیا رابطه معنی‌داری از لحاظ آماره موران حاکم است. در قسمت ورود لایه کلاس‌بندی شده (Input Feature class) لایه‌های



شکل ۹- تحلیل موران از نقاط خشکیدگی بلوط ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸  
 Figure 9. Moran's analysis of oak drying points 2010 to 2018

جدول ۲- نتایج تحلیل خود همبستگی فضایی

| Table 2. Results of Spatial Correlation Analysis |            |
|--|------------|
| Global Moran's I Summary 2000-2009               |            |
| Moran's Index                                    | ۰/۹۸۶۳۴۴   |
| Expected Index                                   | -۰/۰۰۰۰۷۹  |
| Variance   | ۰/۰۰۰۰۰۳   |
| z-score  | ۵۳۲/۴۱۸۳۰۴ |
| p-value  | ۰/۰۰۰۰۰۱   |
| Global Moran's I Summary 2010-2018               |            |
| Moran's Index                                    | ۰/۹۹۳۱۰۱   |
| Expected Index                                   | -۰/۰۰۰۰۹۸  |
| Variance   | ۰/۰۰۰۰۰۲   |
| z-score  | ۵۸۱/۵۲۵۶۷۴ |
| p-value  | ۰/۰۰۰۰۰۰   |

فضایی می‌توان دریافت که آیا داده‌ها از نظر فضایی مستقل از یکدیگر می‌باشند و یا خیر. در صورتی که نتایج این تحلیل نشان‌دهنده وجود خود همبستگی فضایی بین داده‌ها باشد، در آن صورت نمی‌توان از روش‌های معمول مانند رگرسیون خطی برای بررسی روابط بین متغیرها استفاده نمود. در این تحقیق نتایج به‌طور خلاصه به شرحی آورده شده است:

ارتباط و تاثیر خشک‌سالی بر خشکیدگی با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و مدل تحلیل فضایی موران از رابطه معنی‌داری -۱ تا +۱ از لحاظ آماری در سطح معنی‌داری قابل قبول آماری، نوآوری است که رابطه دو متغیر وابسته و مستقل را با دقت پیکسلی و نقطه‌ای تحلیل فضایی نمود که این روش نوآوری جدید علمی، آماری و کمی است.

تهیه نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی و پراکنش خشکیدگی جنگلی بلوط و الگوهای پراکنش معرفی شده می‌توانند مکان‌های مختلف استان ایلام که در وضعیت بحران خشکیدگی بلوط می‌باشند را به منابع طبیعی معرفی نماید.

روند خشک‌سالی و خشکیدگی جنگلی بلوط در محدوده مورد تحقیق در دو سری زمانی نشان داده شده و توسعه روند خشکیدگی بلوط در جنگل‌های زاگرس در مناطق مختلف استان ایلام پیش‌بینی شده است.

ساماندهی مدیریت و اعمال محدودیت‌های زمانی و مکانی بر هر گونه بهره‌برداری از عرصه‌های مشخص شده، مؤثرترین و مهمترین راه برای کاهش فشار بر جنگل و تقویت بنیه اکولوژیک آن خواهد بود. استفاده از روش‌های ذخیره نزولات مثل چاله‌ها می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب در جهت حفظ این جنگل‌ها به‌کار گرفته شود به‌طور کلی اجرای طرح‌های آبخیزداری و عملیات بیومکانیکی راه‌کار مناسبی در جهت حفظ جنگل‌ها است.

به‌طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک (+۱) باشد داده‌ها دارای خود همبستگی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک (-۱) باشد آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند (۱). البته این مقدار از نظر معناداری آماری سنجیده می‌شود. در مورد این ابزار فرضیه صفر آن است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر خصیصه مرتبط با عوارض - جغرافیایی مورد نظر وجود ندارد که با تحقیق تحلیل فضایی رطوبت در ایران همسو است (۹). حال زمانیکه مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان قرار می‌گیرد) آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد اگر مقدار شاخص موران بزرگتر از صفر باشد، داده‌ها نوعی خوشه‌بندی فضایی را نشان می‌دهند. اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض مورد مطالعه دارای الگوی پراکنده می‌باشند که این نتایج با نتایج تحقیق بررسی تغییرات الگوهای خود همبستگی فضایی درون دهه‌ای بارش ایران طی نیم قرن اخیر همسو است (۵). در این تحلیل چنانچه ملاحظه می‌شود شاخص موران برای - سری‌های زمانی منتخب عدد ۰/۹۸۶۳۴۴ و ۰/۹۹۳۱۰۱ است و از آنجا که مقدار آن ثابت و نزدیک به یک است می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها دارای خود همبستگی فضایی هستند که با نتایج تحلیل فضایی خشک‌سالی اقلیمی شمال غرب ایران با استفاده از آماره خود همبستگی فضایی (۱۸) همسو است. اگر قرار بود این داده‌ها به‌طور نرمال در فضا پخش شده باشند شاخص باید مقدار منفی را اختیار می‌نمود همچنین با استناد به بالا بودن امتیاز استاندارد Z و بسیار کوچک بودن مقدار P-Value می‌توان فرضیه عدم وجود خود همبستگی فضایی بین داده‌ها را رد نمود (۱). تحلیل‌های رگرسیون خطی و بسیاری از تکنیک‌های آماری دیگر نیازمند آن هستند که مشاهدات مستقل از هم باشند با کمک ابزار خود همبستگی

## منابع

1. Alijani, B., M. Doostkamian, S. Ashrafi and F. Shakeri. 2015. Study of Changes in Spatial Solidarity Patterns within the Decades of Iranian Rainfall during the Last Half Century. *Geography and Urban Planning*, 14: 71-87 (In Persian).
2. Asgari, A. 2011. *Spatial Statistics Analysis with ARCGIS*. Publication Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization, 127 pp (In Persian).
3. Assal, T.J., P.J. Anderson and J. Sibold. 2016. Spatial and temporal trends of drought effects in a heterogeneous semi-arid forest ecosystem. *Forest Ecology and Management*, (365): 137-151.
4. Azami, A., R. Soleimani and R. Darahi. 2019. The effect of soil moisture on oak drying using Modis satellite images in Ilam province. Final Report of the Research Project, Research Institute of Soil Protection and Watershed Management, 76 pp (In Persian).
5. Baaghdeh, M., B. Alijani and P. Ziaian. 2011. Investigating the Possibility of Use of NDVI Index in Drought Analysis in Isfahan Province, *Geographical Studies of Aridlands*, (4): 1-16 (In Persian).
6. Bajgain, R., X. Xiao, P. Wagle, J. Basara and Y. Zhou. 2015. Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108: 151-160.
7. Birtwistle, A.N., M. Laituri, B. Bledsoe and J.M. Friedman. 2016. Using NDVI to measure precipitation in semi-arid landscapes. *Journal of Arid Environments*, 131: 15-24.
8. Ceccato, P., S. Flasse, S. Tarantola, S. Jacquemoud and J.M. Gregoire. 2001. Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. *Remote Sensing of Environment*, 77: 22-33.
9. Ricardo, E., F. Branco, A. Rosa, J. dos Santos, E.M. Pezzopane, A.B. dos Santos and M. Marks Melo. 2019. Space-time analysis of vegetation trends and drought occurrence in domain area of tropical forest. *Journal of Environmental Management*, 246: 384-396.
10. Fallah, G.A., M. Asadi and R.A. Dadashi. 2015. Spatial Analysis of Humidity Distribution in Iran, *Natural Geography Research*, Volume 47, Number, 4: 637-650 (In Persian).
11. Farajzadeh, M. and K. Ahmadian. 2014. Spatial and temporal analysis of drought using SPI index in Iran, *Journal of Environmental Hazards*, Third Year, 4: 76-93 (In Persian).
12. Fu, W.J., P.K. Jiang, G.M. Zhou and K.L. Zhao. 2014. Using Moran's, I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China. *Biogeosciences*, (11): 2401-2409.
13. Hejazizadeh, Z. and S. Joizadeh. 2019. Analysis of Spatial Statistics of Drought in Iran. *Applied Research in Geographical Sciences (GIS)*, 19(53): 251-277 (In Persian).
14. Leizhen, L., X. Yang, H. Zhou, S. Liu and W. Jianjun. 2018. Evaluating the utility of solar-induced chlorophyll fluorescence for drought monitoring by comparison with NDVI derived from wheat canopy. *Science of The Total Environment*, Volume, (625): 1208-1217.
15. Lkhagvadorj, N., J. Zhang, B. Tuvdendorj, M. Nabil and Y. Bai. 2019. NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016. *Journal of Arid Environments*, 164: 69-77.
16. Jacquin, A., D. Sheeren and J.P. Lacombe. 2010. Vegetation cover degradation assessment in Madagascar savanna based on trend analysis of MODIS NDVI time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12: S3-S10.
17. Nesajzavareh, M., R. Khanjanzadeh and I. Ghasemi. 2016. Combining Climate Data and Remote Sensing to Observe the Drought Oak Case of the Ilam Case Study. *Iranian Journal of Geographical Research*, *International Journal*, 14(51): 387-398 (In Persian).
18. Nikolaos, G., K. SilleosThomas, I. Alexandridis and K. Perakis. 2006. *Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years*. *Geocarto International*, 21(4): 21-28.
19. Mirmoosavi, H. and H. Karimi. 2013. Study of the effect of drought on vegetation using MODIS images, Case study Kordestan province. *Geography and development*, 31: 57-76 (In Persian).
20. Salah, B. and F. Mojtaba. 2018. Spatial Analysis of Climate Drought in Northwestern Iran Using Spatial Solidarity Statistics *Journal of Spatial Analysis of Environmental Risks*. Third Year, 3: 1-20 (In Persian).
21. Rostamnia, M. and M. Akhundzadeh Hanzaei. 2016. Investigating the Dangerous Drought of Forest Trees in Ilam Province Using Landsat Satellite Images. *Journal of Mapping Science and Technology*, 6(2): 131-144 (In Persian).

## Temporal-Spatial Analysis of drought and Oak Trees Dieback of Zagros Forests in Ilam Province

Shamsollah Asgari<sup>1</sup>, Tayeb Raziei<sup>2</sup>, Ahmad Hosini<sup>3</sup> and Ali najafifar<sup>4</sup>

1- Assistant Professor, Natural Resources and Watershed Management Research Department, Ilam agricultural and natural resources Research and Education, AREEO, Tehran, Iran (Corresponding author: Shamsasgari@yahoo.com)

2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Associate Professor, Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Tehran, Iran

Received: October 22, 2019

Accepted: December 3, 2020

### Abstract

One of the most important issues in the Zagros forests of Ilam is the dieback of oak trees, and the purpose of this research is to analyze the temporal-spatial analysis of the relationship between oak trees dieback and occurred droughts. In order to identify the dry areas of oak, using the method of determination of the training samples in geographic information system (GIS) and satellite images of modis were used. For temporal and spatial analysis of drought in Ilam province, NDVI index from MODIS satellite images in the statistical period of 2000 to 2018 was used. For spatially analysis of relationship between oak forest dieback and droughts, Moran spatial autocorrelation model, one of the spatial pattern distribution models, was selected. Coincidentally, a 30-square-meter GPS device was used to find the coordinates of the dried droplets and the number of dried oak trees at each point, and a map of oak tree dieback distribution was prepared using GIS software. The results of combining drought zoning from NDVI index with oak dieback distribution map in two time series from 2000 to 2009 and 2010 to 2018 in the analysis of Moran index showed that oak dieback has a cluster pattern and the decline of oak trees is spreading in a mass. Also there was a significant relationship between drought trend in spatial and temporal dimensions and oak dieback in recent years in different parts of Ilam.

**Keywords:** Drought, Ilam Province, Moran, NDVI, Oak Forest dieback



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی بوم‌سازگان جنگلی در مقایسه با منطقه شهری

## رؤیا عابدی<sup>۱</sup> و لادن کاظمی‌راد<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز (نویسنده مسؤل: royaabedi@tabrizu.ac.ir)

۲- عضو هیات علمی پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱۲

صفحه: ۹۷ تا ۱۰۵

### چکیده

جنگل‌ها با بیشترین ذخیره کربن در دنیا پتانسیل زیادی در تعدیل اقلیم جهانی بر عهده دارند، به طوری که هر نوع تهدید در این بوم‌سازگان یا هر تغییر کاربری، منجر به تغییراتی در ترکیب پوشش گیاهی، کاهش تنوع و خدمات این بوم‌سازگان در مقیاس محلی و منطقه‌ای تا جهانی خواهد شد. هدف مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در یک بوم‌سازگان جنگلی نسبت به یک منطقه شهری بود. از این رو پارامترهای کمینه و بیشینه دما، بارش و تابش تحت مدل LARS-WG برای دو دوره گذشته و آینده در منطقه جنگلی در ایستگاه کلیبر واقع در جنگل ارسباران و منطقه شهری در ایستگاه تبریز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمامی پارامترهای اقلیمی مورد بررسی در دوره زمان گذشته بین منطقه جنگلی ارسباران و منطقه شهری تبریز دارای اختلاف معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) بودند، به طوری که دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش در ایستگاه شهری تبریز با اختلاف معنی‌داری بیشتر از ایستگاه جنگلی ارسباران بود، اما میزان متوسط بارش در ایستگاه جنگل با اختلاف معنی‌داری بیشتر بود. همچنین بررسی پارامترهای مورد مطالعه در دوره آینده نیز نشان داد که به جز دمای کمینه سایر پارامترها دارای اختلاف معنی‌داری خواهند بود. مقایسه وضعیت آینده اقلیم در جنگل ارسباران نیز نشان داد که دمای کمینه و تابش با تفاوت معنی‌داری نسبت به گذشته افزایش خواهند یافت، اما دمای بیشینه و بارش علی‌رغم کاهش، تفاوت معنی‌داری نخواهند داشت. به طور کلی مطالعه حاضر نشان داد که روند تغییرات اقلیمی در بوم‌سازگان جنگلی نسبت به محیط شهری مورد مطالعه از شدت کمتری برخوردار است و این امر به مفهوم اثرات تعدیل‌کنندگی بوم‌سازگان جنگلی بر پارامترهای اقلیمی است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، شبیه‌سازی، مدل گردش عمومی جو، هواشناسی

### مقدمه

تخریب بوم‌سازگان یا هر نوع تغییر کاربری از جنگل به محیط‌های شهری اثرات منفی زیادی به ظرفیت بوم‌سازگان در مقیاس محلی و منطقه‌ای تا جهانی خواهد داشت. مطالعه در این زمینه می‌تواند تأکیدی بر اهمیت این موضوع و همچنین راه‌گشای مطالعات بعدی و فعالیت‌های مدیریتی باشد تا با درک هرگونه تغییر در این زمینه اقدامات بعدی بهتری انجام شود (۲۶).

جنگل‌های ارسباران در شمال غرب ایران با عنوان ذخیره‌گاه زیست کره به دلیل موقعیت جغرافیایی که از یک طرف توسط کوه‌های قفقاز و قره داغ احاطه شده است و از طرف دیگر محل تلاقی رشته کوه‌های البرز و زاگرس است که در کوه‌های آزارات به یکدیگر می‌پیوندند و سبب ایجاد عوامل فیزیوگرافی، خاکی و خرداقلیم‌های مختلف شده و این امر موجب حضور رویشگاه‌های طبیعی با تنوع زیستی منحصر به فرد در این منطقه شده است (۷). اقلیم منطقه نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب تا خیلی مرطوب گزارش شده است (۲۳). این جنگل‌های کوهستانی از مناطق رویشی مهم کشور است که بخش مهمی از فلور (۱۳۳۴ گونه گیاهی) کشور را در بر دارد (۱۸، ۸).

به منظور بررسی در زمینه شرایط اقلیمی حاکم در حال حاضر و همچنین پیش‌بینی وضعیت آینده از مدل‌های گردش عمومی و منطقه‌ای جو به عنوان ابزار اصلی پیش‌بینی اقلیم در آینده استفاده می‌شود که مدیران را قادر خواهد ساخت تا مکانیزم‌های تغییرات اقلیمی را با دقت بررسی کرده و اقدامات مقتضی را ارائه کنند. مدل‌های اقلیمی یا با استفاده از داده‌های هواشناسی و روش‌های ریاضی، آماری و سری‌های زمانی

بوم‌سازگان‌های جنگلی با جذب دی‌اکسیدکربن و ذخیره آن در پوشش گیاهی و خاک نقش کلیدی در تغییرات اقلیم به عهده دارند اما در چند دهه اخیر جنگل‌زدایی و تغییر کاربری اراضی تأثیر معنی‌داری در این تعادل به وجود آورده است (۱۱). به طوری که از مهم‌ترین عوامل عمده تغییر اقلیم کره زمین افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، شهرنشینی، جنگل‌زدایی و بیابان‌زایی بوده است. بنابراین تغییر کاربری جنگل و مرتع به مناطق شهری و اراضی کشاورزی به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در زمینه تخریب محیط‌زیست و تشدید تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است (۱۴). گزارشات نشان می‌دهند که جنگل‌های جهان ۸/۸ میلیارد تن در سال، دی‌اکسیدکربن جو را از اتمسفر جذب می‌کنند که این عدد در حدود یک سوم از کل سوخت‌های فسیلی ناشی از فعالیت‌های انسانی است (۱۹). تغییرات گرمایش جهانی در اغلب بوم‌سازگان‌ها از جمله بوم‌سازگان‌های جنگلی مشهود است. تغییر اقلیم بر خدمات این بوم‌سازگان مانند تولید چوب، ذخیره کربن و تنوع‌زیستی اثرات روز افزون خواهد داشت و سرعت این تغییرات اقلیمی در بوم‌سازگان جنگلی تحت تأثیر عوامل افزایشنده مانند رژیم‌های تخریب انسانی، نوع گونه و میزان تحمل به تنش‌های خشکی است (۵). جنگل‌ها با بیشترین ذخیره کربن در دنیا پتانسیل زیادی در تعدیل اقلیم جهانی بر عهده دارند به طوری که هر نوع تهدید با تغییر وسعت، مدیریت و تغییر محیط‌زیست این بوم‌سازگان برای اقلیم جهانی، ملی و منطقه‌ای، تغییر در ترکیب پوشش گیاهی، کاهش تنوع گونه و خدمات این بوم‌سازگان را به همراه خواهد داشت. بنابراین

عطارد و همکاران (۱) با هدف بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در ناحیه خزری شمال کشور از داده‌های سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸ استفاده کردند و نشان دادند که دمای هوا در این منطقه روند افزایشی معنی‌داری به‌مقدار ۰/۷۴ درجه سانتیگراد در ۲۰ سال اخیر داشته است. بوچارد و همکاران (۵) به‌منظور بررسی حساسیت ترکیب پوشش گیاهی تحت‌تأثیر تغییر اقلیم در مناطق جنگلی ایالت کبک کانادا، نشان دادند که ترکیب پوشش مناطق جنگلی تا سال ۲۱۰۰ میلادی با گرم‌تر و خشک‌تر شدن شرایط این بوم‌سازگان تغییر خواهد کرد و حساسیت پوشش گیاهی بیشتر خواهد شد که این موضوع می‌تواند اثرات نامطلوبی بر پراکنش گیاهان نیز داشته باشد. ژو و همکاران (۲۷) در بررسی کاربری زمین شامل زمین‌های کشاورزی، جنگلی و چمنزار و تغییرات اقلیمی بر مقدار کربن آلی خاک در شمال و شمال شرق چین در طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ نشان دادند که تغییر کاربری زمین تأثیر بسیار زیادی به ذخیره کربن خاک دارد و از دست دادن کربن بسیار قابل توجه بوده است و زمین‌های کشاورزی بیشترین پتانسیل از دست دادن کربن آلی تحت‌تأثیر تغییر اقلیم و کاربری زمین را داشتند.

به‌دلیل اهمیت موضوع تغییر اقلیم، ارزیابی آشکارسازی آن موضوع تحقیقات زیادی در جهان و ایران بوده است. اما تحقیق علمی به تفکیک بوم‌سازگان در کشور ارائه نشده است و مطالعه حاضر جزو اولین مطالعات تفکیک و مقایسه بوم‌سازگان جنگلی با محیط شهری در یک بازه زمانی است چرا که جنگل‌ها از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های درارتباط با تغییرات کربن در جهان هستند و شهرها نیز عامل اصلی تغییر کاربری اراضی و رابطه مستقیمی با افزایش جمعیت و کاهش سطح پوشش گیاهی دارند. از این‌رو هدف مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در یک منطقه جنگلی نسبت به یک منطقه شهری بود و پارامترهای کمینه و بیشینه دما، بارش و تابش تحت مدل LARS-WG برای دو دوره حال و آینده، به‌منظور درک بهتر تأثیر بوم‌سازگان جنگلی بر تغییرات این پارامترها مورد ارزیابی قرار گرفت.

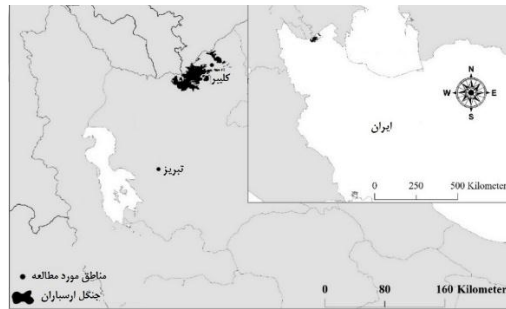
### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

در مطالعه حاضر از اطلاعات هواشناسی ثبت شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ از سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی و از دو ایستگاه سینوپتیک شامل ایستگاه شهر تبریز به‌عنوان نزدیک‌ترین کلان‌شهر به منطقه جنگلی و در عین حال پنجمین شهر وسیع کشور، یکی از مراکز صنعتی کشور و مرکز استان آذربایجان شرقی در مختصات جغرافیایی ۳۸° ۰۵' و ۴۶° ۱۷' و ارتفاع ۱۳۶۷ متر بالاتر از سطح دریا و ایستگاه سینوپتیک شهرستان کلیبر به‌عنوان ایستگاه واقع در منطقه جنگلی در مختصات جغرافیایی ۳۸° ۵۲' و ۴۷° ۰۱' و ارتفاع ۱۱۸۰ متر بالاتر از سطح دریا استفاده شد (شکل ۱).

پارامترها، بررسی و پیش‌بینی می‌شوند و یا از مدل‌های تغییر مقیاس با در نظر گرفتن شرایط جو و سناریوهای اقلیمی مشخص و خروجی مدل‌های گردش عمومی جو استفاده می‌شود (۲۲). پیش‌بینی بلندمدت متغیرهای اقلیمی برای اطلاع از میزان تغییرات و در نتیجه در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای تخفیف اثرات سوء ناشی از تغییر اقلیم، مورد توجه متخصصان مختلف در زمینه‌های اقلیم‌شناسی، کشاورزی، جنگلداری و حتی متخصصان علوم اجتماعی و اقتصادی قرار گرفته است. نظر به اهمیت موضوع، مدل‌های شبیه‌سازی داده‌های آب و هوایی به ابزاری قوی برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت تبدیل شده است. بارندگی، دما و تابش متغیرهای مهم اقلیمی هستند که در بررسی‌های تغییر اقلیم نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند (۱۳). به‌منظور شبیه‌سازی آنها برای دوره‌های آینده از مدل‌های اقلیمی گردش عمومی جو استفاده می‌شود. این مدل‌ها معتبرترین ابزارها برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم برای یک دوره طولانی‌مدت هستند که به‌این منظور (شبیه‌سازی) از سناریوهای انتشار استفاده می‌شود. این سناریوها چگونگی تغییرات و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با توجه به محرک‌هایی مانند میزان جمعیت، نرخ رشد اقتصادی و میزان اهمیت به محیط زیست برای دوره‌های آینده را ارائه می‌کنند (۱۶). یکی از این مدل‌های بر پایه روش‌های آماری، مدل LARS-WG است. LARS-WG یکی از مدل‌های تولید داده‌های تصادفی هواشناسی است. در این مدل برای تولید داده‌های بارش روزانه، تابش روزانه، دمای بیشینه روزانه و دمای کمینه روزانه یک ایستگاه در شرایط اقلیمی حاضر و آینده، با برقراری رابطه همبستگی بین سری زمانی متغیر مورد بررسی در سطح ایستگاه و متغیرهای بزرگ مقیاس جوی، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف انتشار، شبیه‌سازی می‌شود (۴). این مدل با دارا بودن سه بخش اصلی کالیبره کردن مدل، ارزیابی مدل و شبیه‌سازی داده‌ها توانمندی بالایی برای ارزیابی تغییر اقلیم دارد (۱۵).

مطالعات زیادی بر روی بررسی وضعیت اقلیمی تمرکز داشته‌اند از آن جمله جعفری (۱۱) عوامل اقلیمی را در طی ۵۰ سال گذشته در جنگل‌های منطقه خزری براساس کمینه، بیشینه و متوسط سالانه دما و میزان روزانه و سالانه بارندگی بررسی کرده و نتایج آنها نشان داد که در نیم قرن گذشته اقلیم جنگل‌های منطقه خزری گرم‌تر شده است و بیش از یک درجه افزایش دما گزارش شد. همچنین روند نزولات نیز از غرب (ایستگاه انزلی) به سمت شرق (ایستگاه گرگان) کاهش داشته است. خلیلی اقدم و سلطانی (۱۲) نیز تغییر اقلیم ارومیه را طی ۵۰ سال گذشته بررسی و پارامترهای دما، بارندگی و ساعات آفتابی را در این دوره مطالعه کرده و نشان دادند که کمینه و بیشینه دما در منطقه افزایش داشته، اما روند بارندگی و تشعشعات را بدون تغییرات معنی‌دار گزارش کردند.





شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه (۷)  
Figure 1. Location of the studied stations

مطالعه و همچنین وضعیت گذشته و آینده ایستگاه جنگل ارسباران، در محیط نرم‌افزار SPSS 16، آنالیز آماری شد.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که میانگین کمینه دما طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ در منطقه جنگلی برابر با  $۱/۰۸ \pm ۳/۸$  درجه سانتی‌گراد و در منطقه شهری برابر با  $۰/۱۶ \pm ۸/۱$  درجه سانتی‌گراد بود و به مفهوم افزایش معنی‌دار دمای کمینه ( $p \geq ۰/۰۵$ ) در منطقه شهری نسبت به جنگل بود. دمای بیشینه در منطقه جنگلی با میانگین  $۰/۵۶ \pm ۱۶/۲$  درجه سانتی‌گراد و منطقه شهری با میانگین  $۰/۲۰ \pm ۱۹/۷$  درجه سانتی‌گراد نیز دارای اختلاف معنی‌داری ( $p \geq ۰/۰۵$ ) بودند. این نتیجه به این مفهوم است در طی سال‌های گذشته دمای هوا در منطقه شهری گرم‌تر از منطقه جنگلی بوده است. میانگین بارندگی در دو ایستگاه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری ( $p \geq ۰/۰۵$ ) را نشان داد به طوری که در ایستگاه جنگل با  $۱۸/۹ \pm ۴۰/۱۶$  میلی‌متر و در ایستگاه شهری برابر با  $۱۱/۶ \pm ۲۴۳/۶$  میلی‌متر بود. میزان تابش روزانه در منطقه جنگلی برابر با  $۰/۱ \pm ۶/۶$  میلی‌ژول بر مترمربع و در منطقه شهری  $۰/۰۸ \pm ۷/۹$  بود که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین این دو منطقه در طی سال‌های گذشته بود (جدول ۱ و ۲). بنابراین به‌الطبع با افزایش بارندگی در منطقه جنگلی، تعداد روزهای ابری نیز در این منطقه بیشتر خواهد بود که این موضوع سبب اختلاف معنی‌دار مقدار تابش در دو منطقه شده است.

### روش پژوهش جمع‌آوری داده‌های اقلیمی

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل مقادیر روزانه بارش (میلی‌متر)، دمای کمینه روزانه (درجه سانتی‌گراد)، دمای بیشینه روزانه (درجه سانتی‌گراد) و تابش روزانه (میلی‌ژول بر مترمربع) در دوره ۱۷ ساله (سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ میلادی) از سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی تهیه شد.

### شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی

به منظور شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی از مدل LARS-WG استفاده شد. این مدل از سه بخش کالیبراسیون، ارزیابی و شبیه‌سازی تشکیل شده است که توانایی آن در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی با دقت بالا به اثبات رسیده است (۱۳). کالیبراسیون با استفاده از داده‌های آماری موجود در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ برای مشخص کردن رفتار اقلیمی در دوره گذشته و به‌عنوان دوره پایه استفاده شد. در بخش ارزیابی از طریق آماره‌های ضریب تغییرات و میانگین مربعات خطا به ارزیابی داده‌های تولید شده، اقدام شد و این داده‌ها با مقادیر دوره پایه، مقایسه شدند. در نهایت شبیه‌سازی داده‌ها برای دوره آینده از طریق ریز مقیاس کردن آنها تحت سناریوهای A1B، B1 و A2 انجام شد. در نهایت نتایج از طریق آزمون آماری t مستقل بر اساس پارامترهای اقلیمی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، به منظور مقایسه تغییرات دو ایستگاه مورد

جدول ۱- پارامترهای اقلیمی پایه (۲۰۰۰-۲۰۱۷ میلادی) در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 1. Basic climatic parameters (2000-2017) in the studied stations

| سال          | متوسط دمای کمینه |             | متوسط دمای بیشینه |             | مجموع بارش |             | متوسط تابش |
|--------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|------------|-------------|------------|
|              | منطقه شهری       | منطقه جنگلی | منطقه شهری        | منطقه جنگلی | منطقه شهری | منطقه جنگلی |            |
| ۲۰۰۰         | ۸/۷              | -۰/۶        | ۱۹/۷              | ۱۰/۲        | ۴۰۴/۹      | ۳۲۲/۹       | ۶/۹        |
| ۲۰۰۱         | ۸/۹              | ۸/۵         | ۲۰                | ۱۷/۸        | ۲۰۲/۷      | ۳۰۵/۳       | ۶/۹        |
| ۲۰۰۲         | ۷/۷              | ۷/۹         | ۱۸/۹              | ۱۶/۸        | ۳۰۲/۹      | ۴۱۴/۲       | ۶/۸        |
| ۲۰۰۳         | ۸/۴              | -۲/۰        | ۱۹/۲              | ۱۰/۰        | ۲۱۸/۹      | ۵۰۷/۸       | ۵/۷        |
| ۲۰۰۴         | ۸/۲              | -۲/۲        | ۱۹/۶              | ۱۶/۸        | ۲۸۴/۸      | ۴۳۳/۳       | ۶/۸        |
| ۲۰۰۵         | ۸/۳              | ۸/۲         | ۱۹/۱              | ۱۶/۶        | ۳۳۲/۳      | ۳۰۵/۴       | ۶/۵        |
| ۲۰۰۶         | ۸/۵              | -۰/۹        | ۱۹/۷              | ۱۷/۲        | ۳۰۵/۱      | ۲۹۸/۵       | ۷/۰        |
| ۲۰۰۷         | ۷/۲              | ۷/۸         | ۱۸/۹              | ۱۶/۶        | ۲۰۲/۰      | ۴۲۲/۵       | ۶/۵        |
| ۲۰۰۸         | ۷/۵              | ۷/۹         | ۱۹/۶              | ۱۶/۴        | ۱۷۱/۵      | ۳۵۹/۹       | ۶/۴        |
| ۲۰۰۹         | ۷/۷              | ۸/۰         | ۱۹/۳              | ۱۶/۶        | ۳۴۱/۹      | ۴۴۷/۶       | ۶/۱        |
| ۲۰۱۰         | ۹/۳              | -۰/۲        | ۲۱/۷              | ۱۸/۶        | ۱۸۳/۹      | ۴۱۸/۶       | ۶/۹        |
| ۲۰۱۱         | ۷/۰              | ۷/۰         | ۱۸/۵              | ۱۵/۱        | ۲۸۲/۲      | ۵۶۲/۰       | ۶/۱        |
| ۲۰۱۲         | ۸/۴              | ۲/۷         | ۲۰/۰              | ۱۶/۷        | ۲۱۷/۲      | ۳۹۳/۶       | ۶/۴        |
| ۲۰۱۳         | ۷/۴              | ۷/۹         | ۱۹/۳              | ۱۶/۹        | ۲۶۲/۵      | ۳۴۹/۵       | ۶/۹        |
| ۲۰۱۴         | ۸/۴              | -۱/۴        | ۲۰/۱              | ۱۶/۴        | ۳۱۱/۰      | ۴۸۴/۶       | ۶/۹        |
| ۲۰۱۵         | ۸/۳              | -۰/۹        | ۲۰/۰              | ۱۷/۲        | ۲۸۷/۱      | ۳۹۲/۴       | ۶/۹        |
| ۲۰۱۶         | ۷/۴              | -۲/۳        | ۲۰/۰              | ۱۶/۲        | ۲۹۱/۰      | ۴۲۲/۴       | ۶/۸        |
| ۲۰۱۷         | ۹/۰              | ۹/۲         | ۲۱/۶              | ۱۸/۹        | ۲۵۲/۱      | ۲۸۷/۲       | ۷/۵        |
| میانگین      | ۸/۱              | ۳/۸         | ۱۹/۷              | ۱۶/۲        | ۲۴۳/۶      | ۴۰۱/۶       | ۶/۶        |
| اشتباه معیار | ۰/۱۶             | ۱/۰۸        | ۰/۲۰              | ۰/۵۶        | ۱۱/۶       | ۱۸/۹        | ۰/۱        |

جدول ۲- نتایج آزمون آماری پارامترهای اقلیمی پایه (۲۰۱۷-۲۰۰۰) در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 2. Results of statistical analysis of basic climatic parameters (2000-2017) in the studied stations

| پارامتر     | t     | df | Sig    |
|-------------|-------|----|--------|
| دمای کمینه  | ۴/۰۰۴ | ۳۴ | ./۰۰۰* |
| دمای بیشینه | ۶/۰۳۰ | ۳۴ | ./۰۰۰* |
| بارش        | -۷/۲۱ | ۳۴ | ./۰۰۰* |
| تابش        | ۹/۷۱۳ | ۳۴ | ./۰۰۰* |

\*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

اقلیم صد سال گذشته در مطالعه آنها در جنگل‌های شمال شرق آمریکا و شرق کانادا نشان از گرم‌تر شدن و مرطوب‌تر شدن اقلیم این جنگل‌ها است که این موضوع می‌تواند زنگ خطری برای مشکلاتی همچون جابه‌جایی گونه‌ها باشد. به‌طوری‌که نشان دادند که از مهم‌ترین اثرات آن، کاهش زیستگاه گونه‌های درختان نوئل و نراد و افزایش جنگل‌های بلوط را به‌همراه داشته و تغییر در ترکیب و تنوع زیستی آنها اتفاق خواهد افتاد. این مسئله در جنگل‌های ارسباران نیز به‌دلیل حضور گسترده جنگل‌های بلوط می‌تواند اثرگذار باشد، از این رو باید مورد توجه جدی قرار گیرد. چرا که نتایج عزیزی و همکاران (۲) در واکاوی زوال جنگل‌های استان ایلام و ارتباط آن با تغییرات بارش نیز نشان داد که یکی از عوامل اصلی خشکیدگی و کاهش سبزیگی در جنگل‌ها، کاهش معنی‌دار بارش و ایجاد تنش خشکی در مقیاس سالانه و به‌ویژه فصل رشد بوده است. نتایج مطالعه هانتینگتون و همکاران (۱۰) در نیوانگلند آمریکا نیز نشان داده است که بارندگی به‌مقدار ۹۵ میلی‌متر (۹ درصد) در طی قرن گذشته افزایش داشته است. همچنین تأکید کردند که بررسی تغییر اقلیم و اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن بر بوم‌سازگان‌ها نقش مهمی در زمینه مدیریت و سیاست در اختیار قرار خواهد داد. عطارد و همکاران (۱) نیز بنابر نتیجه تحقیق خود که حاکی از افزایش میانگین دما در منطقه جنگلی خزری به‌میزان ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد بود، تأکید کردند که تغییرات پارامترهای اقلیمی بر فعالیت‌های بوم‌سازگان طبیعی و مصنوعی ناحیه رویشی خزری اثرگذار خواهد بود و مدیران باید در برنامه‌ریزی توسعه‌ای آینده این تغییرات را مدنظر قرار دهند.

نتایج شبیه‌سازی داده‌های آینده براساس مدل LARS-WG نیز نشان داد که طی سال‌های آینده (۲۰۱۸ تا ۲۰۳۰ میلادی) دمای بیشینه از مقدار میانگین  $۱۷/۲ \pm ۰/۱$  درجه سانتی‌گراد در منطقه جنگلی به  $۱۹/۸ \pm ۰/۰۷$  درجه سانتی‌گراد در شهر با تغییر معنی‌داری افزایش خواهد داشت. مقدار میانگین بارش در سال‌های آینده در منطقه جنگلی  $(۳۶۸/۰ \pm ۱۷/۴)$  میلی‌متر با تفاوت معنی‌داری بیشتر از منطقه شهری  $(۲۵۲/۲ \pm ۱۳/۸)$  میلی‌متر خواهد بود و از سویی دیگر میانگین تابش با تفاوت معنی‌داری در منطقه شهری  $(۱۶/۹ \pm ۰/۰۷)$  میلی‌ژول بر مترمربع بیشتر از منطقه جنگلی  $(۱۴/۸ \pm ۰/۰۷)$  میلی‌ژول بر مترمربع خواهد بود. اما میانگین دمای کمینه با مقدار  $۸/۲ \pm ۰/۰۵$  درجه سانتی‌گراد در منطقه جنگلی و  $۸/۳ \pm ۰/۰۷$  درجه سانتی‌گراد برای منطقه شهری تغییر معنی‌داری نخواهد داشت (جدول ۳ و ۴). این نتیجه ما را بر آن داشت که مقایسه‌ای بین وضعیت گذشته و آینده این پارامترها در ایستگاه جنگل نیز انجام شود. نتایج مقایسه میانگین‌های دما و بارش و تابش بین وضعیت حال و آینده در ایستگاه واقع در جنگل نشان داد که میانگین دمای کمینه طی سال‌های آینده به بیش از دو برابر افزایش خواهد یافت (از  $۳/۸ \pm ۱/۲$  به  $۸/۲ \pm ۰/۱$  درجه سانتی‌گراد) که این افزایش در سطح  $۰/۰۵$  تفاوت معنی‌داری را نشان داد. همچنین میزان تابش نیز در ایستگاه جنگل بین دو زمان حال و آینده با تفاوت معنی‌داری تقریباً به‌مقدار دو برابر خواهد رسید  $(۶/۶ \pm ۰/۱)$  به  $۱۴/۸ \pm ۰/۰۷$  میلی‌ژول بر مترمربع (جدول ۵). روستاد و همکاران (۲۱) این موضوع را نشان‌دهنده گرم‌تر شدن اقلیم جنگل دانسته‌اند. براساس نتایج بررسی و تحلیل

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های دمای کمینه و بیشینه، بارش و تابش در وضعیت آینده (پیش‌بینی شده) در ایستگاه‌های مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۳۰)  
Table 3. Means comparison test of minimum and maximum temperature, rainfall and radiation in the future (predicted) at the studied stations (2018-2030 AD)

| میانگین دمای کمینه  |       |       |            |       |       |              |
|---------------------|-------|-------|------------|-------|-------|--------------|
| منطقه جنگلی         |       |       | منطقه شهری |       |       | سال          |
| B1                  | A2    | A1B   | B1         | A2    | A1B   |              |
| ۸/۲                 | ۸/۱   | ۸/۰   | ۸/۴        | ۸/۴   | ۸/۳   | ۲۰۱۸         |
| ۸/۳                 | ۸/۶   | ۸/۵   | ۸/۳        | ۸/۳   | ۸/۲   | ۲۰۱۹         |
| ۸/۵                 | ۸/۳   | ۸/۲   | ۸/۱        | ۸/۲   | ۸/۱   | ۲۰۲۰         |
| ۸/۰                 | ۸/۱   | ۸/۰   | ۸/۶        | ۸/۶   | ۸/۶   | ۲۰۲۱         |
| ۸/۵                 | ۸/۰   | ۷/۹   | ۸/۴        | ۸/۴   | ۸/۴   | ۲۰۲۲         |
| ۸/۳                 | ۸/۷   | ۸/۷   | ۸/۲        | ۸/۲   | ۸/۱   | ۲۰۲۳         |
| ۸/۱                 | ۸/۲   | ۸/۱   | ۸/۳        | ۸/۳   | ۸/۳   | ۲۰۲۴         |
| ۸/۱                 | ۸/۴   | ۸/۳   | ۸/۱        | ۸/۱   | ۸/۰   | ۲۰۲۵         |
| ۸/۴                 | ۸/۱   | ۸/۰   | ۸/۰        | ۸/۰   | ۷/۹   | ۲۰۲۶         |
| ۸/۳                 | ۸/۳   | ۸/۲   | ۸/۰        | ۸/۰   | ۷/۹   | ۲۰۲۷         |
| ۸/۴                 | ۸/۳   | ۸/۲   | ۸/۲        | ۸/۲   | ۸/۱   | ۲۰۲۸         |
| ۷/۹                 | ۷/۹   | ۷/۹   | ۸/۱        | ۸/۱   | ۸/۰   | ۲۰۲۹         |
| ۸/۷                 | ۸/۵   | ۸/۴   | ۸/۴        | ۸/۵   | ۸/۴   | ۲۰۳۰         |
| ۸/۳                 | ۸/۳   | ۸/۲   | ۸/۲        | ۸/۳   | ۸/۲   | میانگین      |
| -۰/۰۶               | -۰/۰۷ | -۰/۰۷ | -۰/۰۵      | -۰/۰۵ | -۰/۰۶ | اشتباه معیار |
| میانگین دمای بیشینه |       |       |            |       |       |              |
| منطقه جنگلی         |       |       | منطقه شهری |       |       | سال          |
| B1                  | A2    | A1B   | B1         | A2    | A1B   |              |
| ۱۷/۶                | ۱۷/۲  | ۱۷/۱  | ۱۹/۹       | ۱۹/۹  | ۱۹/۹  | ۲۰۱۸         |
| ۱۷/۲                | ۱۷/۲  | ۱۷/۲  | ۱۹/۷       | ۱۹/۷  | ۱۹/۶  | ۲۰۱۹         |
| ۱۷/۵                | ۱۷/۲  | ۱۷/۱  | ۲۰/۱       | ۲۰/۱  | ۲۰/۰  | ۲۰۲۰         |
| ۱۶/۷                | ۱۶/۵  | ۱۶/۵  | ۲۰/۰       | ۲۰/۰  | ۱۹/۹  | ۲۰۲۱         |
| ۱۶/۹                | ۱۶/۹  | ۱۶/۸  | ۱۹/۶       | ۱۹/۶  | ۱۹/۵  | ۲۰۲۲         |
| ۱۷/۵                | ۱۷/۴  | ۱۷/۳  | ۲۰/۰       | ۲۰/۰  | ۱۹/۹  | ۲۰۲۳         |
| ۱۷/۰                | ۱۷/۶  | ۱۷/۵  | ۱۹/۷       | ۱۹/۷  | ۱۹/۶  | ۲۰۲۴         |
| ۱۷/۶                | ۱۷/۴  | ۱۷/۳  | ۱۹/۶       | ۱۹/۶  | ۱۹/۶  | ۲۰۲۵         |
| ۱۷/۰                | ۱۷/۲  | ۱۷/۲  | ۱۹/۱       | ۱۹/۱  | ۱۹/۰  | ۲۰۲۶         |
| ۱۷/۰                | ۱۷/۸  | ۱۷/۷  | ۱۹/۸       | ۱۹/۸  | ۱۹/۷  | ۲۰۲۷         |
| ۱۷/۰                | ۱۶/۶  | ۱۶/۵  | ۱۹/۷       | ۱۹/۷  | ۱۹/۶  | ۲۰۲۸         |
| ۱۷/۱                | ۱۶/۷  | ۱۶/۶  | ۱۹/۸       | ۱۹/۸  | ۱۹/۷  | ۲۰۲۹         |
| ۱۷/۳                | ۱۷/۶  | ۱۷/۵  | ۲۰/۱       | ۲۰/۱  | ۲۰/۰  | ۲۰۳۰         |
| ۱۷/۲                | ۱۷/۲  | ۱۷/۱  | ۱۹/۸       | ۱۹/۸  | ۱۹/۷  | میانگین      |
| -۰/۰۸               | -۰/۱  | -۰/۱  | -۰/۰۷      | -۰/۰۷ | -۰/۰۷ | اشتباه معیار |
| مجموع بارندگی       |       |       |            |       |       |              |
| منطقه جنگلی         |       |       | منطقه شهری |       |       | سال          |
| B1                  | A2    | A1B   | B1         | A2    | A1B   |              |
| ۲۴۶/۴               | ۳۱۰/۸ | ۳۱۲/۴ | ۱۹۲/۸      | ۱۹۱/۳ | ۱۹۲/۳ | ۲۰۱۸         |
| ۳۹۶/۴               | ۳۹۵/۴ | ۳۹۷/۴ | ۳۰۸/۷      | ۳۰۵/۳ | ۳۰۷/۶ | ۲۰۱۹         |
| ۴۲۸/۶               | ۳۹۸/۴ | ۳۹۹/۶ | ۳۳۱/۲      | ۳۳۸/۲ | ۳۳۹/۴ | ۲۰۲۰         |
| ۴۵۰/۵               | ۳۸۰/۱ | ۳۸۲/۴ | ۲۰۸/۱      | ۲۰۵/۴ | ۲۰۶/۳ | ۲۰۲۱         |
| ۴۱۳/۶               | ۴۳۴/۸ | ۴۳۴/۱ | ۳۳۴/۱      | ۳۰۹/۴ | ۳۱۱/۷ | ۲۰۲۲         |
| ۳۶۸/۷               | ۳۰۵/۱ | ۳۰۶/۲ | ۲۸۶/۹      | ۲۸۳/۲ | ۲۸۵/۰ | ۲۰۲۳         |
| ۳۷۹/۹               | ۳۵۳/۹ | ۳۵۷/۵ | ۲۲۶/۲      | ۲۲۳/۵ | ۲۲۵/۴ | ۲۰۲۴         |
| ۴۰۹/۴               | ۳۲۶/۸ | ۳۲۹/۴ | ۲۹۰/۷      | ۲۸۹/۳ | ۲۹۰/۷ | ۲۰۲۵         |
| ۴۰۵/۸               | ۳۰۹/۶ | ۳۱۱/۸ | ۲۷۴/۳      | ۲۷۱/۳ | ۲۷۱/۸ | ۲۰۲۶         |
| ۲۶۶/۷               | ۲۳۶/۳ | ۲۳۶/۶ | ۱۵۸/۳      | ۱۵۵/۶ | ۱۵۶/۳ | ۲۰۲۷         |
| ۳۷۹/۹               | ۴۰۵/۰ | ۴۰۷/۵ | ۲۲۴/۴      | ۲۲۱/۴ | ۲۲۱/۷ | ۲۰۲۸         |
| ۳۵۲/۹               | ۳۹۷/۸ | ۳۹۸/۷ | ۲۵۹/۵      | ۲۵۵/۷ | ۲۵۶/۸ | ۲۰۲۹         |
| ۴۰۱/۳               | ۳۶۳/۷ | ۳۶۵/۲ | ۳۱۵/۸      | ۳۱۰/۰ | ۳۱۱/۸ | ۲۰۳۰         |
| ۳۹۱/۵               | ۳۵۵/۲ | ۳۵۷/۳ | ۲۵۳/۹      | ۲۵۰/۷ | ۲۵۲/۱ | میانگین      |
| ۲۱/۴                | ۱۵/۳  | ۱۵/۴  | ۱۳/۹       | ۱۳/۷  | ۱۳/۸  | اشتباه معیار |
| متوسط تابش          |       |       |            |       |       |              |
| منطقه جنگلی         |       |       | منطقه شهری |       |       | سال          |
| B1                  | A2    | A1B   | B1         | A2    | A1B   |              |
| ۱۵/۴                | ۱۵/۱  | ۱۵/۱  | ۱۶/۹       | ۱۶/۹  | ۱۶/۹  | ۲۰۱۸         |
| ۱۴/۹                | ۱۵/۱  | ۱۵/۱  | ۱۶/۸       | ۱۶/۸  | ۱۶/۸  | ۲۰۱۹         |
| ۱۴/۴                | ۱۴/۳  | ۱۴/۳  | ۱۶/۸       | ۱۶/۸  | ۱۶/۸  | ۲۰۲۰         |
| ۱۴/۸                | ۱۴/۳  | ۱۴/۳  | ۱۶/۹       | ۱۶/۹  | ۱۶/۹  | ۲۰۲۱         |
| ۱۴/۷                | ۱۴/۹  | ۱۴/۹  | ۱۶/۸       | ۱۶/۸  | ۱۶/۸  | ۲۰۲۲         |
| ۱۴/۴                | ۱۵/۳  | ۱۵/۳  | ۱۶/۳       | ۱۶/۳  | ۱۶/۳  | ۲۰۲۳         |
| ۱۴/۴                | ۱۴/۴  | ۱۴/۴  | ۱۷/۰       | ۱۷/۰  | ۱۶/۹  | ۲۰۲۴         |
| ۱۵/۱                | ۱۵/۴  | ۱۵/۴  | ۱۷/۳       | ۱۷/۳  | ۱۷/۲  | ۲۰۲۵         |
| ۱۵/۲                | ۱۵/۴  | ۱۵/۴  | ۱۶/۷       | ۱۶/۷  | ۱۶/۷  | ۲۰۲۶         |
| ۱۴/۹                | ۱۵/۰  | ۱۵/۰  | ۱۷/۰       | ۱۷/۰  | ۱۷/۰  | ۲۰۲۷         |
| ۱۴/۴                | ۱۳/۶  | ۱۳/۶  | ۱۶/۹       | ۱۶/۹  | ۱۶/۹  | ۲۰۲۸         |
| ۱۴/۷                | ۱۵/۱  | ۱۵/۱  | ۱۷/۲       | ۱۷/۲  | ۱۷/۲  | ۲۰۲۹         |
| ۱۵/۲                | ۱۵/۲  | ۱۵/۲  | ۱۶/۶       | ۱۶/۶  | ۱۶/۶  | ۲۰۳۰         |
| ۱۴/۸                | ۱۴/۹  | ۱۴/۸  | ۱۶/۹       | ۱۶/۹  | ۱۶/۹  | میانگین      |
| -۰/۱                | -۰/۱  | -۰/۲  | -۰/۰۷      | -۰/۰۷ | -۰/۰۷ | اشتباه معیار |

جدول ۴- نتایج آزمون آماری پارامترهای اقلیمی آینده یا شبیه‌سازی شده (۲۰۱۸-۲۰۳۰) در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 4. Results of the statistical test of future climate or simulated parameters (2018-2030) at the studied stations

| Sig.                | df | t      | پارامتر     |
|---------------------|----|--------|-------------|
| ۰/۶۳۳ <sup>ns</sup> | ۷۶ | -۰/۴۸۰ | دمای کمینه  |
| ۰/۰۰۰ <sup>*</sup>  | ۷۶ | ۳۶/۴۴۱ | دمای بیشینه |
| ۰/۰۰۰ <sup>*</sup>  | ۷۶ | -۹/۰۱۱ | بارش        |
| ۰/۰۰۰ <sup>*</sup>  | ۷۶ | ۲۳/۸۲  | تابش        |

ns: بدون اختلاف معنی‌دار، \*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

یافت چوب و لاشبرگ خاک پتانسیل زیان‌خشی آن در جو را کاهش داده و در عین حال بیوماس را افزایش می‌دهند. این موضوع مطابق با نتایج حاصل از مطالعه حاضر بود که تفاوت معنی‌داری در دو پارامتر مهم شامل دمای بیشینه و بارش بین حال و آینده در جنگل مشاهده نشد. از سوی دیگر بنابر این نتیجه می‌توان گفت که با افزایش سطح جنگل‌ها و فضای سبز شهری می‌توان تا حد زیادی اثرات تغییرات اقلیمی را در شهرها کاهش داد.

همچنین، دمای بیشینه در ایستگاه جنگل، افزایش (از ۱۶/۲±۰/۰۹ به ۱۷/۲±۰/۰۹ درجه سانتی‌گراد) و میانگین بارش، کاهش (از ۴۰۱/۶±۱۸/۹ به ۳۶۸/۰۲±۱۵/۲ میلی‌متر) خواهند یافت (که این نتیجه هم‌سو با افزایش دو برابری تابش در این منطقه است)، اما تفاوت معنی‌داری بین حال و آینده وجود نخواهد داشت. واهکونن و پالکالن (۲۴) نیز گزارش کردند که جنگل‌ها تنظیم‌کننده و کاهنده اثرات شدید تغییرات اقلیمی هستند، زیرا با جذب دی‌اکسیدکربن و ذخیره آن در

جدول ۵- نتایج آزمون آماری پارامتر اقلیمی گذشته و آینده در ایستگاه جنگل

Table 5. Results of the statistical analysis of the past and future climate parameter at the forest station

| Sig.                | df | t      | پارامتر     |
|---------------------|----|--------|-------------|
| ۰/۰۰۱ <sup>*</sup>  | ۲۹ | -۴/۱۵۰ | دمای کمینه  |
| ۰/۰۹۵ <sup>ns</sup> | ۲۹ | -۱/۷۶۲ | دمای بیشینه |
| ۰/۲۰۳ <sup>ns</sup> | ۲۹ | ۱/۳۰۳  | بارش        |
| ۰/۰۰۰ <sup>*</sup>  | ۲۹ | -۵۳/۴۲ | تابش        |

ns: بدون اختلاف معنی‌دار، \*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

مطالعات تخصصی درباره مقایسه وضعیت اقلیم منطقه جنگلی و شهرها انجام نشده است، اما آنچه از نتایج تحقیق حاضر به‌دست آمد، آن است که جنگل‌ها قادرند که برخی پارامترهای اقلیمی را تخفیف دهند. به‌طوری‌که وتاس و بهاتا (۲۵) بیان کردند که پوشش درختان می‌تواند منطقه‌ای بافر برای زیراشکوب ایجاد کنند و با ایجاد سایه‌بان اثرات تابش را کاهش دهند. بنابراین بسیاری از تصمیمات مربوط به توسعه شهری نیازمند اطلاعات اقلیمی شهرها و خطرات تغییرات اقلیمی در شهرها است (۹). اگر تغییر اقلیم تدریجی و یکنواخت باشد احتمال سازگاری بوم‌سازگان‌ها با روند تدریجی بیشتر است در حالی‌که در تغییرات ناگهانی، امکان سازگاری ناچیز خواهد بود (۱).

مور و آلارد (۱۷) با تأکید بر این موضوع که اقلیم جهانی در حال تغییر است، در تحقیقی نشان دادند که درجه حرارت و سطح دی‌اکسیدکربن موجود در جو افزایش یافته است و همچنین تغییراتی در فراوانی و شدت بارندگی نیز ایجاد شده است. این تغییرات اثرات قابل توجهی بر بوم‌سازگان جهان علی‌الخصوص جنگل‌ها شامل افزایش فصل رویش، تأثیر بر رفتار آتش‌سوزی جنگل و غیره دارد. رطوبت موجود در جنگل‌ها نقش قوی و مهمی در تغییرات درجه حرارت و بارش خواهند داشت. درجه حرارت بالا منجر به کاهش آب از طریق تبخیر و تعرق شده و در نتیجه در کاهش آب در دسترس گیاه اثر خواهد داشت و تأثیر این فرآیند بر گیاهان جوان مثل نهال‌ها و نونهال‌ها و درختان دارای سیستم ریشه‌ای سطحی بیشتر است.

بررسی تغییرات اقلیمی ۵۵ ساله شهر تبریز در مطالعه کریمی کاخکی و سپهری (۱۲) کاهش بارندگی سالانه، رطوبت نسبی و همچنین افزایش دمای کمینه و بیشینه را نشان داده و گزارش شده است که اقلیم منطقه به‌سمت خشک‌تر شدن پیش رفته و اقلیم از نیمه‌خشک به خشک تغییر کرده است که این موضوع فضای سبز شهری و رشد و تولید محصولات کشاورزی را با تنش همراه خواهد کرد. بابائیان و همکاران (۳) در مطالعات خود گزارش کردند که استان آذربایجان شرقی در دهه ۲۰۲۰ جزو استان‌های با بیشترین افزایش دما خواهد بود که این نتایج مطابق با نتایج پژوهش حاضر است زیرا کلانشهر تبریز علی‌رغم نزدیکی به منطقه جنگلی ارسباران همچنان تحت تأثیر شدید تغییر اقلیم

اسکندری (۶) گزارش کرد که کشور ایران در زمره ۵۶ کشور فقیر از نظر پوشش جنگلی به‌شمار می‌رود. تغییر اقلیم به‌دلیل کاهش بارندگی و افزایش دمای روزانه عامل اصلی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها معرفی شد. عطارد و همکاران (۱) بیان کردند که همواره علت کاهش سطح جنگل‌ها تخریب و توسعه اراضی کشاورزی بوده و هیچ‌گاه اثر تغییر اقلیم بررسی نشده است. درحالی‌که افزایش دما سبب خشک شدن عرصه‌های خاکی شده و برای رشد بسیاری از گونه‌های درختی که به محیط‌های مرطوب احتیاج دارند نامناسب خواهد بود و حتی تحمل تنش‌های محیطی برای درختان کم شده و سریع‌تر در معرض نابودی خواهند بود.

همچنین افزایش سطح فضای سبز و جنگل‌های شهری در سطح کلان‌شهرها امکان تقلیل اثرات نامطلوب بهتر فراهم خواهد بود.

از آنجاکه مخاطرات ناشی از تغییر اقلیم در همه جا یکسان نیست از این‌رو ارزیابی اثرات فزاینده آن و میزان تأثیر آن بر انواع بوم‌سازگان‌های محیطی امری ضروری است. اقدامات مبتنی بر علم است که سبب موفقیت مقاومت در برابر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. براساس آنچه نتایج این تحقیق نشان داد در کلانشهر تبریز باید شروع به اقداماتی اجرایی برای مقابله با تغییر اقلیم شود چرا که جهان درحال وارد شدن به دوره جدیدی از شهرنشینی و تغییرات اقلیمی فزاینده است و تعامل مدیران شهر و متخصصان علمی از صرف هزینه‌های کلان در شرایط بحرانی جلوگیری خواهد کرد. شرایط ایده‌آل شامل حاکم ساختن شرایط محیطی طبیعی، کمک گرفتن از پتانسیل مجاورت با بوم‌سازگان جنگلی متنوعی همچون جنگل ارسباران در انتخاب گونه برای افزایش فضای سبز شهری و اقداماتی از این دست به شهرها کمک قابل توجهی خواهد کرد.

#### تشکر و قدردانی

اعتبار این پژوهش از محل پژوهانه طرح شماره ۵۴۴۹/ص مصوب ۹۷/۱۱/۳۰ معاونت پژوهشی دانشگاه تبریز تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

خواهد بود که تمهیداتی همچون طراحی شهری می‌تواند نقش مهمی در مواجهه با تغییر اقلیم باشد مانند استفاده از مواد ساختمانی و پوشش‌های بازتابنده در مدیریت گرمای ساختمان‌ها، افزایش پوشش گیاهی، افزایش سیستم‌های رواناب سطحی و رودخانه‌ای. نتیجه تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی ریسک تغییر اقلیم در محیط‌های شهری را چند برابر می‌کند. شناسایی میزان این تغییرات و پیش‌بینی‌ها در این زمینه کمک خواهد کرد که شهرها برای آینده‌ای پایدارتر آماده شوند. به این معنی که شهرها را در مورد مدیریت خطرات بلندمدت اقلیمی بیشتر آگاه کرده و در بهبود توانایی شهرها در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک مؤثری خواهد داشت (۲۰).

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که روند تغییرات اقلیمی شامل افزایش معنی‌دار پارامترهای دمای کمینه، بیشینه، بارش و تابش در بوم‌سازگان جنگلی نسبت به محیط شهری از شدت کمتری برخوردار است که نشان‌دهنده تأثیر تعدیل‌کنندگی بوم‌سازگان جنگلی است. بنابراین مشاهده شد که بررسی رابطه اقلیم با نوع بوم‌سازگانداری اهمیت زیادی است، زیرا اگر تغییرات پیش‌بینی شده توسط مدل‌های اقلیمی برای آینده، به واقعیت تبدیل شوند امکان مدیریت در مدت‌زمان بیشتری و قبل از تشدید تغییرات امکان‌پذیر خواهد بود و عملیات مدیریتی در بوم‌سازگان جنگلی از طریق افزایش کمی سطح جنگل‌ها و افزایش کیفیت توده‌های موجود و

#### منابع

- Attarod, P., F. Kheirkhah, S.K. Sigaroodi, S.M.M. Sadeghi, A. Dolatshahi and V. Bayramzadeh. 2017. Trend analysis of meteorological parameters and reference evapotranspiration in the Caspian region. *Iranian journal of Forest*, 9(2): 171-185 (In Persian).
- Azizi, Gh., M. Miri, H. Mohamadi and M. Pourhashemi. 2015. Analysis of relationship between forest decline and precipitation changes in Ilam Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 502-515 (In Persian).
- Babaeian, E., Z. Nagafineik, F. Zabolabasi, M. Habeibei, H. Adab and Sh. Malbisei. 2010. Climate change assessment over Iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO- G model. *Geography and Development Iranian Journal*, 7(16): 135-152 (In Persian).
- Bakhtiari, B., Sh. Purmusavi and N. Sayari. 2015. Impact of climate change on intensitydurationfrequency curves of precipitation (Case study: Babolsar station). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 4(8): 694-704 (In Persian).
- Bouchard, M., N. Aquilué, C. Périé and M.C. Lambert. 2019. Tree species persistence under warming conditions: A key driver of forest response to climate change. *Forest Ecology and Management*, 442: 96-104.
- Eskandari, S. 2015. Investigation on the relationship between climate change and fire in the forests of Golestan Province. *Iranian Journal of forest and Range protection Research*, 13(1): 1-10 (In Persian).
- Hajjarian, M., F. Khaledi Koure, O. Hoseinzadeh and A. Alijanpour. 2016. Strategic criteria affecting the development of community-based ecotourism in Arasbaran forests. *Forest Research and Development*, 2(2): 111-129 (In Persian).
- Hamzeh'ee, B. 2018. Plant associations of Arasbaran lowlands and its conservation significance. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 16(2): 190-206 (In Persian).
- Hunt, A. and P. Watkiss. 2011. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. *Climatic Change*, 104(1): 13-49.
- Huntington, T.G., A.D. Richardson, K.J. McGuire and K. Hayhoe. 2009. Climate and hydrological changes in the northeastern United States: recent trends and implications for forested and aquatic ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 39: 199-212.
- Jafari, M. 2008. Investigation and analysis of climate change factors in Caspian Zone forests for last fifty years. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(2): 314-326 (In Persian).

12. Karimi Kakhki, M. and A. Sepehri. 2011. Climate change trends during two periods in Hamedan and Tabriz. *Water and Soil Science*, 20(4): 143-155 (In Persian).
13. Khaliliqdam, N., A. Mosaedi, A. Soltani and B. Kamkar. 2013. Evaluation of ability of LARS-WG model for simulating some weather parameters in Sanandaj. *Journal of Water and Soil Conservation*, 19(4): 85-122 (In Persian).
14. Khaliliqdam, N. and A. Soltani. 2009. Assessment of climate change during last fifty years in Urmia. *Journal of Water and Soil Conservation*, 16(4): 141-151 (In Persian).
15. Kheirandish, M., N. Ghahreman and J. Bazrafshan. 2014. A Study of the Effects of Climate Change on Length of Growing Season in Several Climatic Regions of Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44(2): 143-150 (In Persian).
16. Massah Bavani, A. and R.S. Morid. 2006. Impact of climate change on the water resources of Zayandeh Rud basin. *Journal of Water and Soil Science*, 9(4):17-28 (In Persian).
17. Moore, B. and G. Allard. 2008. Climate change impacts on forest health. *Forestry forest health & biosecurity working papers FBS/34E*. Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, 38 pp.
18. Moradi, S., E. Ramezani, A. Alijanpour and A.B. Shafiei. 2016. Quantitative and qualitative characteristics and altitudinal zonation of Arasbaran forest protected area, northwestern Iran, *Iranian Journal of Forest and Poplar research*, 24(3): 529-540 (In Persian).
19. Morin, X., L. Fahse, H. Jactel, M.S. Lorenzen, R.G. Valdés and H. Bugmann. 2018. Long-term response of forest productivity to climate change is mostly driven by change in tree species composition. *Scientific Reports*, 8(5627): 1-12.
20. Rosenzweig C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, T. Bowman and S. Ali Ibrahim. 2015. ARC3.2 summary for city leaders. Urban climate change research network. Columbia University. New York.
21. Rustad, L., J. Campbell, J.S. Dukes, T. Huntington, K.F. Lambert, J. Mohan and N. Rodenhouse. 2011. *Changing Climate, Changing Forests: The Impacts of Climate Change on Forests of the Northeastern United States and Eastern Canada*. United States Department of Agriculture (USDA), General Technical Report NRS-99, 49 pp.
22. Samadi, S., M. Habibi Nokhandan and F. Zabol Abbasi. 2012. Using SDSM model to downscaling precipitation and temperature GCM data for study station climate predictions over Iran. *Journal of Climate Research*, 2(5&6): 57-68 (In Persian).
23. Sasanifar, S., A. Alijanpour, A. Banj Shafii, J. Eshaghi Rad, M. Molaei and H. Azadi. 2019. Forest protection policy: Lesson learned from Arasbaran biosphere reserve in Northwest Iran. *Land Use Policy*, 87: 1-8.
24. Vauhkonen, J. and T. Packalen. 2018. Uncertainties related to climate change and forest management with implications on climate regulation in Finland. *Ecosystem Services* (In Press).
25. Vetaas, O.R. and K.P. Bhatta. 2016. Does tree canopy closure moderate the effect of climate warming on plant species composition of temperate Himalayan oak forest? *Journal of Vegetation Science*, 27: 948-957.
26. Wan, J.Z., C.J. Wang, H. Qu, R. Liu and Z.X. Zhang. 2018. Vulnerability of forest vegetation to anthropogenic climate change in China. *Science of the Total Environment*, 621: 1633-1641.
27. Zhou, Y., A.E. Hartemink, Z. Shi, Z. Liang and Y. Lu. 2019. Land use and climate change effects on soil organic carbon in North and Northeast China. *Science of the Total Environment*, 647: 1230-1238.

## Investigation of Climate Change Parameters of Forest Ecosystem Compared to Urban Area

Roya Abedi<sup>1</sup> and Ladan Kazemi Rad<sup>2</sup>

---

1- Assistant Professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran (Corresponding author: royaabedi@tabrizu.ac.ir)

2- Academic Center for Education, Culture & Research, Iran

Received: June 22, 2019

Accepted: August 2, 2020

---

### Abstract

Forests have great potential for moderating climate changes and contain the most carbon storage in the world. Therefore, any kind of threat and change in this ecosystem may lead to changes in vegetation composition, reduced diversity, and ecosystems service on local, regional, and global scales. The main purpose of this study was to compare the climate parameters changes in a forest ecosystem vs urban area. The minimum and maximum temperature, precipitation, and radiation by using of LARS-WG model were evaluated for the past and the future periods in a forest climatic station at Kaleybar (settled in Arasbaran forest) and Tabriz as an urban station. The results of the study in the past period showed that all the climate parameters had a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) between forest and urban areas. The minimum temperature, maximum temperature, and radiation have a lower amount but the average rainfall has a significantly higher amount in the forest station ( $p \leq 0.05$ ). In addition, all climatic parameters will increase except the minimum temperature in the future. The comparison of the future climate condition in the Arasbaran forest showed that minimum temperature and radiation will increase significantly, but maximum temperature and precipitation will not show a significant difference. Eventually, the present study showed that the climate change trend of the forest ecosystem was less than the urban environment, and it refers to the role of forest ecosystem in climate change mitigation.

**Keywords:** Climate change, General Circulation Model (GCM), Meteorology, Simulation



## "مقاله پژوهشی"

# نقش بوم‌شناختی ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های کمی توده‌های بلوط سیاه (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) در جنگل ارسباران

میلاذ صفری<sup>۱</sup>، کیومرث سفیدی<sup>۲</sup>، احمد علیجانپور<sup>۳</sup> و محمدرضی الهیان<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران  
(نویسنده مسوول، safarimilad72@gmail.com)

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران

۴- کارشناس ارشد منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸

صفحه: ۱۰۶ تا ۱۱۳

### چکیده

ناحیه رویشی ارسباران در شمال غرب کشور منبع ارزشمند تنوع زیستی و یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره است که به دلیل تنوع ارتفاعی، تحت تأثیر اقلیم‌های مختلف بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که عامل ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از ویژگی‌های محیطی مؤثر بر زیستگاه گونه‌های گیاهی مطرح است این مطالعه با هدف بررسی نقش بوم‌شناختی ارتفاع از سطح دریا بر خصوصیات کمی درختان بلوط سیاه (*Q. macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) و تعیین بهترین دامنه ارتفاعی برای رویش طبیعی این گونه در جنگل‌های ارسباران انجام شد. سه توده با گونه غالب بلوط سیاه در سه طبقه ارتفاعی پایین (۱۴۰۰-۱۲۰۰ متر)، میانی (۱۶۰۰-۱۴۰۰ متر) و بالا (۱۸۰۰-۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) انتخاب شدند. در هر طبقه ارتفاعی، سه قطعه نمونه به مساحت یک هکتار پیاده و مشخصات کمی تمام درختان شامل قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر بزرگ و کوچک تاج اندازه‌گیری شدند. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تأیید و مقایسه میانگین‌های مشخصه‌های مورد نظر با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه در سطح احتمال ۰/۰۵ و با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان داد که از نظر قطر برابر سینه، ارتفاع درختان و سطح مقطع بین سه دامنه ارتفاعی اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما از نظر تراکم پایه‌ها در هکتار تنها بین دامنه ارتفاعی اول و دوم اختلاف معنی‌دار بود و همچنین از نظر تاج پوشش اختلاف معنی‌داری بین سه طبقه ارتفاعی حاصل نشد. طبقه میانی از نظر ویژگی‌های کمی مورد بررسی وضعیت مطلوب‌تری داشت. به این ترتیب نتایج نهایی این تحقیق نشان داد که طبقه ارتفاعی میانی (۱۶۰۰-۱۴۰۰ متر) رویشگاه مناسب‌تری برای گونه بلوط سیاه در شرایط جنگل‌های ارسباران است و حفاظت بیشتر از توده‌ها در این دامنه ارتفاعی می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد ذخیره‌گاه بذر برای تولید نهال‌های دانه‌زاد با کیفیت و جنگلکاری این گونه در منطقه باشد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، ارسباران، بلوط سیاه، تاج پوشش، سطح مقطع، قطر برابر سینه

### مقدمه

بررسی قرار گرفته‌اند. فلاح‌چای و مروی مهاجر (۳) اثر ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های سیاهکل در استان گیلان را بررسی کرده و نشان دادند که با افزایش ارتفاع از غنای گونه‌های کاسته و بر یکنواختی افزوده می‌شود و از نظر ویژگی‌های کمی همچون قطر برابر سینه و ارتفاع درختان با تغییر ارتفاع از سطح دریا تغییر منظمی وجود نداشت. قادری و همکاران (۴) به منظور بررسی مناسب‌ترین دامنه ارتفاعی برای جنگل‌کاری گونه بلوط وی‌ول در شهرستان مریوان در استان کردستان سه دامنه ارتفاعی شامل ۱۴۰۰-۱۶۰۰، ۱۶۰۰-۱۸۰۰، ۱۸۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا را بررسی کرده و نشان دادند که این سه منطقه از نظر رویش قطری تفاوت معنی‌داری دارند و دامنه میانی بیشترین رویش قطری را داشت. ویژگی‌های کیفی این گونه نیز در این طبقه میانی با وضعیت مناسب‌تری گزارش شده و رویشگاه دارای ارتفاع ۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریا را بهترین رویشگاه برای این گونه معرفی کردند. پوربائنی و حقگوی (۹) نیز در بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافیک بر تنوع گونه‌های درختی در پارک جنگلی کندلات در استان گیلان نشان دادند که اثر ارتفاع از سطح دریا بر تنوع و غنای گونه‌ها معنی‌دار بوده و

جنگل ارسباران در شمال غرب کشور و در ارتفاعات جنوبی حوضه رودخانه ارس با مساحت ۱۷۴۸۳۸ هکتار جزو محدودترین مناطق رویشی کشور محسوب می‌شود. به دلیل تنوع بالای گونه‌های گیاهی منطقه ارسباران به‌عنوان منبع ارزشمند تنوع زیستی و یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست کره تحت حفاظت قرار گرفته است (۱). در این منطقه دو گونه بلوط، شامل بلوط سفید (*Q. komarovii* A. Camus) و بلوط سیاه (*Q. macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) وجود دارد (۱۵). این ناحیه رویشی به دلیل تنوع ارتفاعی، تحت تأثیر اقلیم‌های مختلف بوده و به همین دلیل از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای نیز برخوردار است (۸). ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از عوامل مهم در مرغوبیت یا ضعف رویشگاه مطرح است. به طوری که این عامل می‌تواند بر روی برخی ویژگی‌های توده تأثیر مثبت و بر برخی دیگر اثرات منفی داشته باشد (۶). بنابراین، عامل ارتفاع از سطح دریا همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مهم محیطی مؤثر بر رویشگاه گونه‌های گیاهی، مورد توجه محققان مختلف بوده است و گونه‌های مختلف درختی از نظر این ویژگی مهم مورد



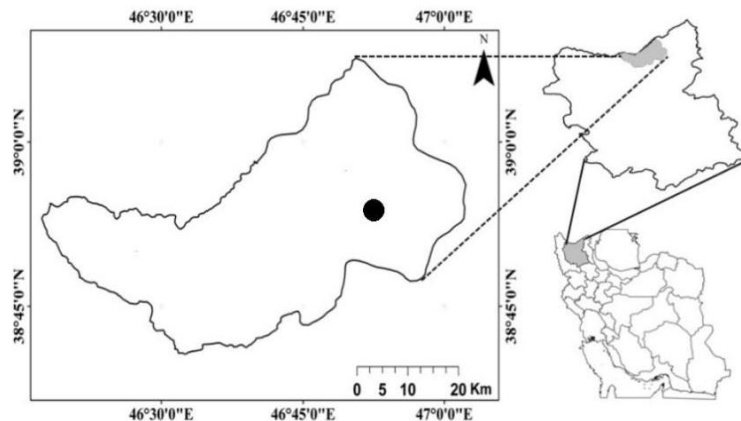
کشور چین را بررسی کرده و نشان دادند که قطر این درختان در ارتفاعات پایین کمتر است و نتیجه‌گیری کردند که در ارتفاعات بالاتر عوامل اقلیمی و دسترسی به آب کافی سبب بهبود ویژگی‌های درختان خواهد شد. سینها و همکاران (۱۳) در بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر شکل‌گیری ترکیب جنگل در شرق هیمالیا در کشور هند نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا با تغییر در عوامل آب و هوایی نقش به‌سزایی در تشکیل جوامع گیاهی مختلف جنگلی خواهد شد و همچنین غنای گونه‌ای ارتباط منفی با افزایش ارتفاع نشان داد.

به این ترتیب به دلیل اهمیت اکوسیستم منحصر به فرد جنگلی ارسباران که نیازمند حفاظت و احیای گونه‌های گیاهی است و یکی از راه‌های شناخته شده بدین‌منظور شناسایی خصوصیات بوم‌شناختی رویشگاهی در ارتباط با مهم‌ترین گونه‌های منطقه است. از این رو، هدف از این مطالعه بررسی عامل ارتفاع از سطح دریا بر خصوصیات کمی درختان بلوط سیاه و تعیین بهترین دامنه ارتفاعی برای رویش طبیعی این گونه در جنگل‌های ارسباران بود.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

منطقه ارسباران در شمال غرب کشور و شمال استان آذربایجان شرقی قرار دارد. عمده جنگل‌های منطقه ارسباران در چهار حوضه هیدرولوژیک کلیبرچای، ایلگنه چای، حاجیلرچای و سلن چای واقع شده است. منطقه مورد مطالعه این تحقیق در زیر حوضه کلیبرچای واقع شده بود (۵). آمار هواشناسی طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۰ ایستگاه هواشناسی کلیبر نشان می‌دهد که متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۴۰۵/۱ میلی‌متر در سال است. بالاترین و پایین‌ترین میانگین درجه حرارت سالیانه به ترتیب ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد و ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد بوده است و متوسط دمای سالیانه ۱۲/۲۲ سانتی‌گراد است. ضریب خشکی دومرتن نیز اقلیم مدیترانه‌ای را در منطقه نشان می‌دهد. از نظر زمین‌شناسی متعلق به دوران سوم بوده و قسمت عمده سنگ‌شناسی آن را واحدهای آهکی و آذرین تشکیل می‌دهند. به‌طورکلی خاک در نقاط جنگلی عمدتاً از نوع خاک قهوه‌ای جنگلی و خاک قهوه‌ای آهکی است (۷).

توده‌های مستقر در ارتفاعات بالاتر تنوع و غنای بیشتری داشتند. شیخکانلوی میلان و همکاران (۱۲) نیز خصوصیات کمی و کیفی گونه نمدار در جنگل‌های سفارود گیلان را در ارتباط با ارتفاع از سطح دریا بررسی کرده و نشان دادند که حداکثر تراکم این گونه در دامنه ارتفاعی بالا و در ارتفاع ۶۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا بود و بیشترین تراکم تاج پوشش نیز در ارتفاع‌های کمتر و میانی (به ترتیب کمتر از ۵۰۰ متر و ۵۰۰-۱۰۰۰ متر) به‌دست آمده است. به‌طور کلی، رویشگاه ارتفاع میانی را رویشگاهی مناسب برای نمدار تشخیص دادند. فلاح و همکاران (۲) به بررسی اثر تغییرات ارتفاع از سطح دریا بر خصوصیات کمی و کیفی و زیست محیطی توده جنگل‌کاری کاج بروسیا در منطقه قپان در شمال شرقی شهر کلاله واقع در استان گلستان پرداختند و توده‌های مستقر در سه طبقه ارتفاعی ۲۰۰-۴۰۰، ۴۰۰-۶۰۰، ۶۰۰-۸۰۰ متر از سطح دریا را از نظر ساختار قطری و ارتفاعی توده بررسی کردند و نشان دادند که توده‌های مستقر در ارتفاع ۶۰۰-۸۰۰ متر دارای حجم در هکتار بیشتری بودند و با افزایش ارتفاع از سطح دریا ویژگی‌های کیفی توده (شاقولی بودن تنه، شادابی تاج، تقارن تاج و انحنای تنه اصلی) کاهش یافت و به‌طور کلی بهترین توده‌های کاج بروسیا از لحاظ کیفیت و کمیّت در ارتفاعات بالا مستقر بودند. پوربائنی و همکاران (۱۰) در جنگل‌های قلازنگ استان همدان به مطالعه رابطه بین گروه گونه‌های بوم‌شناختی با عوامل محیطی پرداختند و نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا در کنار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از مهمترین عوامل تفکیک‌کننده گروه گونه‌های بوم‌شناختی بودند. پریمیسیا و همکاران (۱۱) جنگل‌های نوئل را در کشور رومانی از نظر اثرات تغییر آب و هوا در ارتفاع‌های مختلف بر رویش قطری و ارتفاعی این درختان بررسی کردند و نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از عوامل مهم مؤثر در درختان بوده به‌طوری که درختان مسن نسبت به تغییرات آب و هوایی در ارتفاعات حساس‌تر از درختان جوان بوده، اما رویش درختان در ارتفاعات بالا بیشتر است چرا که افزایش دما و خشکی بر درختان در ارتفاعات پایین اثرات منفی خواهد داشت. وو و همکاران (۱۴) نیز اثر ارتفاع از سطح دریا را بر تغییرات رویش درختان *Picea schrenkiana* در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. The location of the study area

### روش پژوهش

در ابتدا توده‌های طبیعی گونه بلوط سیاه (*Q. macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) در جنگل‌های ارسباران از حوضه کلیبرچای شناسایی و سه توده با گونه غالب از بلوط در سه طبقه ارتفاعی پایین (۱۴۰۰-۱۲۰۰ متر)، میانی (۱۶۰۰-۱۴۰۰ متر) و بالا (۱۸۰۰-۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) انتخاب شد. تمامی قطعات نمونه دارای شیب ۳۰ تا ۴۰ درصد بوده و در جهت جغرافیایی شمال شرقی قرار داشتند. در هر ارتفاع سه قطعه نمونه مربعی به ابعاد ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر و به مساحت یک هکتار پیاده شد و تمامی درختان از نظر مشخصات کمی قطر برابر سینه با استفاده از نوار قطرسنج، ارتفاع با استفاده از دستگاه شیب‌سنج سونتو، قطر بزرگ و کوچک تاج با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شدند.

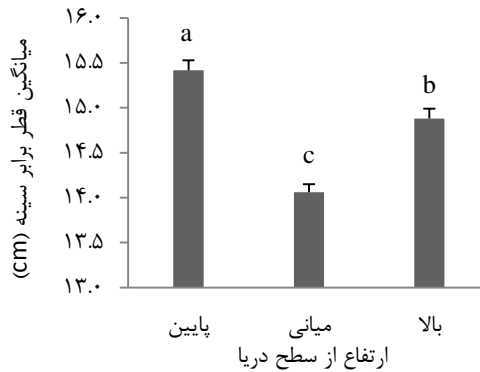
در بخش تحلیل داده‌ها، منحنی‌های مربوط به پراکنش طبقات قطری درختان، ارتباط طبقات قطری و ارتفاع درختان، محاسبه سطح مقطع، تراکم (تعداد پایه در هکتار)، مساحت

تاج پوشش و درصد تاج در قطعات نمونه در محیط نرم‌افزار Excel 2010 محاسبه شدند. نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تأیید شد و همچنین مقایسه میانگین‌های مشخصه‌های مورد نظر با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در سطح احتمال ۰/۰۵ و با استفاده از آزمون دانکن در محیط نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

### نتایج و بحث

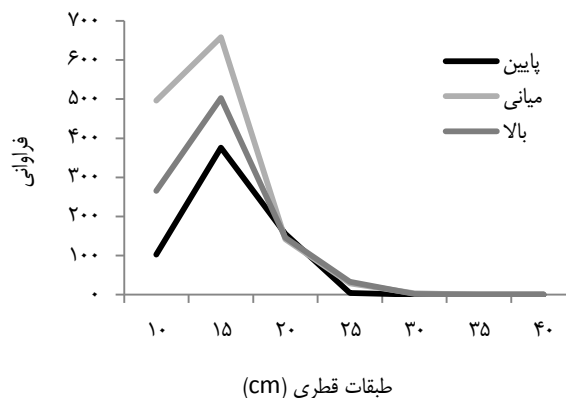
نتایج نشان داد که درختان طبقه ارتفاعی پایین دارای بیشترین میانگین قطر برابر سینه (۱۵/۴۲±۰/۱۱) و طبقه ارتفاع میانی کمترین قطر (۱۴/۰۶±۰/۰۹) را داشتند و بین سه دامنه ارتفاعی اختلاف معنی‌داری ( $p \geq 0/05$ ) وجود داشت (شکل ۲، جدول ۱).

منحنی پراکنش قطری درختان به تفکیک طبقات ارتفاعی نشان داد که در همه طبقات ارتفاع از سطح دریا، طبقه قطری ۱۵ سانتی‌متر دارای بیشترین فراوانی بود (شکل ۳، جدول ۱).



شکل ۲- میانگین قطر برابر سینه (سانتیمتر) در هر طبقه ارتفاع از سطح دریا پایین (۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر)، میانی (۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر) و بالا (۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر). حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح میانگین قطر برابر سینه با استفاده از آزمون دانکن است و میله‌ها نشان‌دهنده سطح میانگین قطر برابر سینه ± اشتباه معیار است.

Figure 2. The average DBH (cm) in each altitude ranges included low (1200-1400 m), middle (1400-1600 m) and high (1600-1800 m). The Latin letters indicate a significant difference in the mean DBH level using the Duncan test, and the bars indicate the average DBH level ± the standard error.

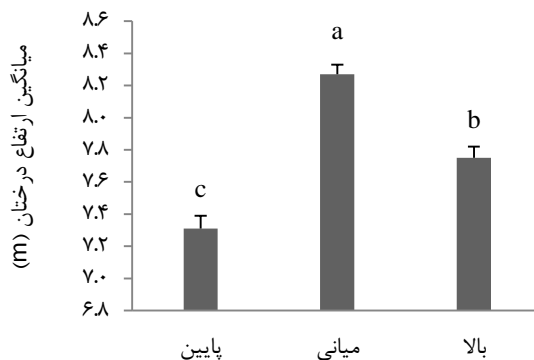


شکل ۳- منحنی پراکنش قطری درختان در هر طبقه ارتفاع از سطح دریا پایین (۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر)، میانی (۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر) و بالا (۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر)

Figure 3. Diameter distribution of trees in altitude ranges included low (1200-1400 m), middle (1400-1600 m) and high (1600-1800 m).

محاسبه تعداد درختان در هر هکتار (تراکم) نشان داد که ارتفاع میانی دارای بیشترین تراکم پایه در هکتار بود (۴۴۳) و ارتفاع اول کمترین تراکم (۳۱۳) را داشت. همچنین، از نظر این مشخصه طبقه ارتفاعی پایین و بالا و نیز میانی و بالا اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما بین ارتفاع پایین و میانی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۵، جدول ۱) ( $p \geq 0.05$ ).

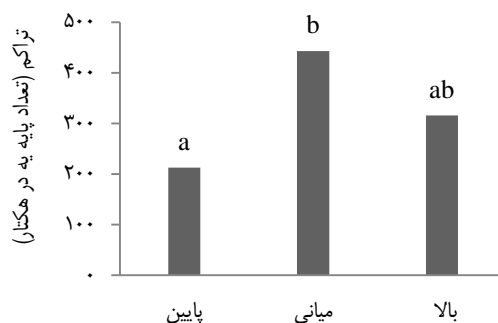
نتایج محاسبه ارتفاع درختان نشان داد که طبقه ارتفاعی میانی دارای بیشترین میانگین ارتفاع درختان ( $8/27 \pm 0/06$ ) و طبقه ارتفاعی پایین دارای درختان با ارتفاع کمتر ( $7/31 \pm 0/08$ ) بود. مقایسه ارتفاع درختان نشان داد اختلاف معنی‌داری از نظر این مشخصه بین سه ارتفاع وجود دارد (شکل ۴، جدول ۱) ( $p \geq 0.05$ ).



ارتفاع از سطح دریا

شکل ۴- میانگین ارتفاع درختان (متر) در هر طبقه ارتفاع از سطح دریا پایین (۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر)، میانی (۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر) و بالا (۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر). حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ارتفاع درختان با استفاده از آزمون دانکن است و میله‌ها نشان‌دهنده سطح ارتفاع درخت  $\pm$  اشتباه معیار است.

Figure 4. The average tree height (m) in each altitude ranges included low (1200-1400 m), middle (1400-1600 m) and high (1600-1800 m). The Latin letters indicate a significant difference in the mean tree height level using the Duncan test, and the bars indicate the average tree height level  $\pm$  the standard error



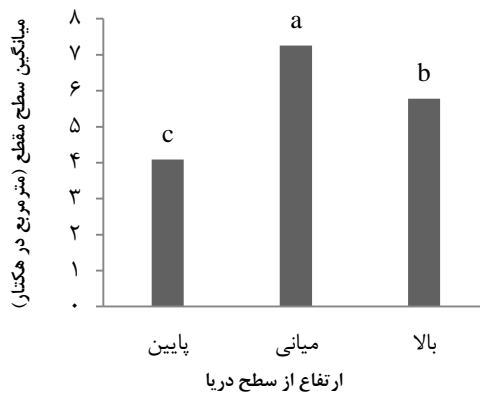
ارتفاع از سطح دریا

شکل ۵- میانگین تراکم درختان (پایه در هکتار) در هر طبقه ارتفاع از سطح دریا پایین (۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر)، میانی (۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر) و بالا (۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر). حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح تراکم درختان با استفاده از آزمون دانکن است و میله‌ها نشان‌دهنده سطح میانگین تراکم است.

Figure 5. The average density (number per hectare) in each altitude ranges included low (1200-1400 m), middle (1400-1600 m) and high (1600-1800 m). The Latin letters indicate a significant difference in the mean tree height level using the Duncan test, and the bars indicate the density (number per hectare).

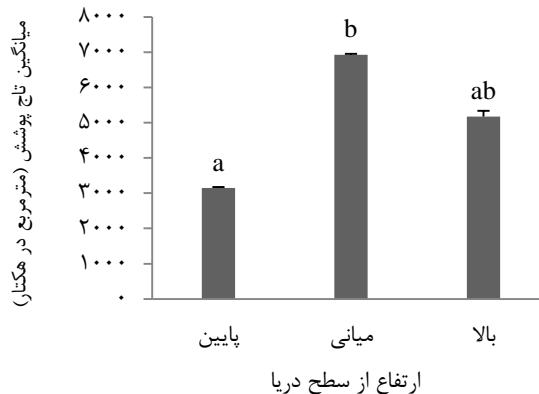
بیشترین و در ارتفاع اول کمترین مقدار بود (به ترتیب  $27/44 \pm$  و  $927/95$  و  $3136/03 \pm 27/85$  مترمربع در هکتار). مقایسه میانگین‌های این مشخصه نیز نشان داد که در ارتفاعات پایین و بالا و همچنین میانی و بالا اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما بین ارتفاع پایین و میانی اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۷، جدول ۱).

درختان در ارتفاع میانی دارای بیشترین سطح مقطع بودند ( $7/26$  مترمربع) و کمترین سطح مقطع در ارتفاع پایین بود ( $4/09$  مترمربع در هکتار). بررسی مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بین سه ارتفاع اختلاف معنی‌داری از نظر سطح مقطع درختان وجود دارد (شکل ۶، جدول ۱). میانگین سطح کل تاج پوشش در هکتار در ارتفاع میانی



شکل ۶- میانگین سطح مقطع (مترمربع در هکتار) در هر طبقه ارتفاع از سطح دریا پایین (۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر)، میانی (۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر) و بالا (۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر). حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح مقطع درختان با استفاده از آزمون دانکن است و میله‌ها نشان‌دهنده سطح میانگین سطح مقطع است.

Figure 6. The average basal area (m<sup>2</sup>/ha) in each altitude ranges included low (1200-1400 m), middle (1400-1600 m) and high (1600-1800 m). The Latin letters indicate a significant difference in the mean basal area level using the Duncan test, and the bars indicate the average basal area (m<sup>2</sup>/ha).



شکل ۷- میانگین سطح تاج پوشش (مترمربع در هکتار) در هر طبقه ارتفاع از سطح دریا پایین (۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر)، میانی (۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر) و بالا (۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر). حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح تاج پوشش درختان با استفاده از آزمون دانکن است و میله‌ها نشان‌دهنده سطح میانگین تاج پوشش است.

Figure 7. The average trees canopy coverage (m<sup>2</sup>/ha) in each altitude ranges included low (1200-1400 m), middle (1400-1600 m) and high (1600-1800 m). The Latin letters indicate a significant difference in the mean trees canopy coverage level using the Duncan test, and the bars indicate the average trees canopy coverage (m<sup>2</sup>/ha).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس یک طرفه مشخصات کمی درختان در طبقات ارتفاعی

| مشخصه کمی      | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره F | سطح معنی‌داری |
|----------------|--------------|------------|----------------|---------|---------------|
| قطر برابر سینه | ۸۸۸/۲۶       | ۲          | ۴۴۴/۱۳         | ۴۲/۶۹   | ۰/۰۰          |
| ارتفاع         | ۴۲۴/۹۵       | ۲          | ۲۱۲/۴۷         | ۴۶/۹۲   | ۰/۰۰          |
| تراکم          | ۷۹۸۴۴/۶۷     | ۲          | ۳۹۹۲۲/۳۳       | ۴/۳۸    | ۰/۰۷          |
| سطح مقطع       | ۰/۰۰۴        | ۲          | ۰/۰۰۲          | ۲۹/۳۶   | ۰/۰۰          |
| تاج پوشش       | ۲۱۴۹۲۸۱۴/۰۲۹ | ۲          | ۱۰۷۴۶۴۰۷/۱۴    | ۳/۸۱    | ۰/۰۹          |

معنی‌داری نیز بودند. بدین ترتیب، می‌توان بیان کرد که افزایش تراکم پایه‌های درختان سبب ایجاد رقابت نوری بین آنها شده و منجر به افزایش ارتفاع درختان در طبقه ارتفاعی میانی شده است. از طرف دیگر، عامل تراکم توده نقش مهمی در سایر عوامل محیطی دارد، به‌طوری که آب درون خاک و دمای خاک (خاک زیر تاج پوشش دمایی کمتری دارد) می‌تواند با تأثیر در مقدار فتوسنتز بر رویش درختان اثرگذار

بنابر نتایج حاصله، درختان در طبقه ارتفاعی پایین بیشترین قطر برابر سینه و کمترین ارتفاع را داشتند، در حالی که در طبقه ارتفاعی میانی کمترین قطر و بیشترین ارتفاع ثبت شد. این موضوع را می‌توان مرتبط با وضعیت تراکم درختان در توده دانست به‌طوری که نتایج تراکم پایه در هکتار نیز در این مطالعه نشان داد که طبقه ارتفاعی میانی بیشترین تراکم و طبقه ارتفاعی پایین، کمترین تراکم را داشتند که دارای تفاوت

بوده‌اند) به‌این تغییرات آب و هوایی که در اثر افزایش ارتفاع رخ می‌دهد حساس‌تر هستند. بنابراین، عامل ارتفاع از سطح دریا نقش مهمی در اثرگذاری بر حساسیت رویش درختان دارد. وو و همکاران (۱۴) در تحقیقات خود بر روی رویش درختان در کشور چین بر این نکته تأکید کردند که ارتفاع از سطح دریا با تأثیر بر دسترسی به آب کافی سبب بهبود ویژگی‌های درختان خواهد شد.

پایین بودن دما در ارتفاعات خیلی بالا عاملی بازدارنده در رویش قطری درختان خواهد بود (۴) و کاهش تراکم توده در ارتفاعات بالاتر عاملی مهم برای شروع فعالیت‌های رویش به‌ویژه با گرم شدن هوا در بهار است (۱۱).

بنابر نتایج حاصل از بررسی وضعیت تاج پوشش گونه بلوط سیاه در مطالعه حاضر، سطح تاج پوشش درختان بلوط به‌طور معنی‌داری در ارتفاع میانی و بالایی بیشتر از ارتفاع پایین بود، که این موضوع قطعاً به‌دلیل سرشاخه‌زنی درختان توسط افراد بومی برای تعلیف دام است (۶). بنابراین، می‌توان کاهش دخالت‌های انسانی با افزایش ارتفاع را دلیل افزایش میانگین سطح تاج پوشش درختان دانست (۱). هم‌چنین دلیل دیگر قابل تأمل در این مورد را می‌توان ناشی از غلبه تیپ‌های آمیخته در ارتفاعات میانی دانست (۱۲) به‌طوری که حضور سایر گونه‌های همراه همچون ممرز و کرب به‌دلیل شرایط مناسب‌تر ارتفاعات میانی منجر به افزایش سطح تاج پوشش در این ارتفاع از سطح دریا خواهد شد.

نتایج نهایی این تحقیق نشان داد که طبقه ارتفاعی میانی مورد بررسی، یعنی ارتفاع ۱۶۰۰ - ۱۴۰۰ متر از سطح دریا رویشگاه مناسب‌تری برای گونه بلوط سیاه در شرایط جنگل‌های ارسباران است. بنابراین، حفاظت بیشتر از توده‌ها در این دامنه ارتفاعی می‌تواند زمینه‌ساز فعالیت‌هایی همچون ایجاد ذخیره‌گاه بذر برای تولید نهال‌های دانه‌زاد با کیفیت و جنگلکاری گونه بلوط سیاه در این منطقه باشد. از این‌رو، برای دستیابی به چنین اهدافی پیشنهاد می‌شود که عوامل محیطی حاکم در این ارتفاع و مؤثر گونه بلوط سیاه شامل عوامل اقلیمی و خاکی مورد بررسی قرار گیرند.

باشند. قادری و همکاران (۴) نیز در تحقیقات خود پایین بودن دما در ارتفاعات بالا را عامل بازدارنده در رویش قطری درختان معرفی و هم‌چنین بیان کردند که رویش قطری درختان با میزان بارندگی رویشگاه رابطه همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. این موضوع توسط تحقیقات پریمسیا و همکاران (۱۱) نیز تأکید شده است که در جنگل‌های مناطق مرتفع، درختان از خشکی به‌ویژه در زمستان به‌دلیل یخ‌زدن برف‌ها و عدم دریافت رطوبت کافی رنج می‌برند که در صورت بروز چنین حالتی رویش درختان فقط در تابستان‌های گرم در مناطق مرتفع بیشتر خواهد بود. سینه‌ها و همکاران (۱۳) نیز در مطالعه جوامع گیاهی در هند نتیجه‌گیری کردند که ارتفاع از سطح دریا با تغییر در عوامل آب و هوایی نقش مهمی در تشکیل جوامع گیاهی مختلف جنگلی داشت.

ناورودی و قادری (۶) دلایل حضور متراکم گونه بلوط در ارتفاعات میانی را دسترسی اندک مردم به این رویشگاه و طالب بودن این گونه به این ارتفاعات دانسته‌اند. البته ذکر این نکته ضروری است که در مطالعه حاضر ارتفاع درختان در ارتفاع سوم به‌عنوان بالاترین ارتفاع از سطح دریا، مجدداً کاهش یافت که دلیل ارتفاع کم درختان بلوط وی‌ول در مطالعه آنها پراکنش نامناسب بارندگی و طولانی بودن دوره خشکی در طول فصل رویش در ارتفاعات مختلف بیان شده بود. هم‌چنین سطح مقطع گونه بلوط وی‌ول را در ارتفاع میانی ۳/۷۵ متر مربع در هکتار و در ارتفاع پایین ۳/۲۰ متر مربع در هکتار گزارش کردند که در مطالعه حاضر در ارتفاع میانی ۷/۲۶ و در ارتفاع پایین ۴/۰۹ متر مربع در هکتار بود که نشان از بالا بودن سطح مقطع گونه بلوط سیاه در رویشگاه ارسباران نسبت به گونه وی‌ول در جنگل غرب است. پریمسیا و همکاران (۱۱) نیز تأکید کردند که ارتفاع از سطح دریا یک گرادیان دمایی ایجاد می‌کند و بر رویش درختان اثر مستقیم دارد به‌طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت کاهش می‌یابد و درختانی که تحت استرس‌های محیطی بوده‌اند (مانند درختان مسن، درختانی که به‌صورت متراکم رویش کرده‌اند و درختانی که تحت رژیم‌های تخریب شدید

## منابع

1. Alijanpour, A., J. Eshaghi Rad and A. Banej Shafiei. 2011. Effect of physiographical factors on qualitative and quantitative characteristics of *Cornus mas* L. in Arasbaran forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(3): 407-396 (In Persian).
2. Fallah, A., Y. Kooch and A.A. Rostaghi. 2016. Effect of altitude changes on quantitative and qualitative characteristics and environmental afforestation stand of *Pinus brutia* ten. Journal of Environmental Science and Technology, 18(2): 127-143 (In Persian).
3. Fallahchay, M.M. and M.R. Marvie Mohadjer. 2005. Ecological role of altitude in diversity of tree species in Siahkal forests, north of Iran. Iranian Journal of Natural Resources, 58(1): 89-100 (In Persian).
4. Ghadery, I., I. Hassanzad Navroodi and J. Torkaman. 2014. Effect of Altitude on Annual Diameter Growth of *Quercus libani* Oliv in Kurdistan Province. Journal of Plant Research, 26(4): 434-443 (In Persian).
5. Ghrachorlou, A., H. Kia Daliri and A. Alijanpour. 2010. Study on quality and quantity of forested species in Arasbaran forests (Case study in Heresar and Kalaleh). Renewable Natural Resources Research, 1(1): 71-81 (In Persian).
6. Hassanzad Navroodi, I. and E. Ghaderi. 2017. Effects of altitude on the growth characteristics of lebanon oak (*Quercus libani* Olive.) in Kurdistan province. Ecology of Iranian Forest, 5(9): 1-7 (In Persian).
7. Safari, M., K. Sefidi, A. Alijanpour and M. Elahian. 2018. Study of natural regeneration in *Quercus macranthera* stands in different physiographic conditions in Arasbaran forests. Ecology of Iranian Forest, 6(12): 1-8 (In Persian).
8. Nikdel, M. and G. Niknam. 2015. Morphological and molecular characterization of a new isolate of entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) from the Arasbaran forests, Iran. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 8: 144-151.
9. Pourbabaei, H. and T. Haghgooy. 2013. Effect of physiographical factors on tree species diversity (case study: Kandelat Forest Park). Iranian Journal and Poplar research, 21(2): 243-255 (In Persian).
10. Pourbabaei, H., M. Heydari, A. Salehi. 2010. Plant ecological groups in relation to environmental factors, Gharangs forests, Ilam province. Iranian Journal of Biology, 23(4): 508-519 (In Persian).
11. Primicia, I., J.J. Camarero, P. Janda, C. Vojtch, R.C. Morrissey, V. Trotsiuk, R. Bace, M. Teodosiu and M. Svoboda. 2015. Age, competition, disturbance and elevation effects on tree and stand growth response of primary *Picea abies* forest to climate. Forest Ecology and Management, 354: 77-86.
12. Sheikhcanlu Milan, M., I. Hassan Zad Navroodi, M. Nazari Sendi and B. Bakhshandeh Navroud. 2014. Effect of elevation on quantitative and qualitative characteristics of Lime trees in Shafaroud basin of Guilan province. Journal of Forest and Wood Products, 67(2): 245-253 (In Persian).
13. Sinha, S., H.K. Badola, B. Chhetri, K.S. Gaira, J. Lepcha and P.P. Dhyani. 2018. Effect of altitude and climate in shaping the forest compositions of Singalila National Park in Khangchendzonga Landscape, Eastern Himalaya, India. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 11(2): 267-275.
14. Wu, G., X. Liu, T. Chen, G. Xu, W. Wang, X. Zeng and X. Zhang. 2015. Elevation dependent variations of tree growth and intrinsic water-use efficiency in Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) in the western Tianshan Mountains, China. Front Plant Science, 6: 309.
15. Yazdian, F. and M.R. Marvie Mohajer. 2001. A Study of oak forests in Arasbaran region. Iranian Journal of Natural Resources, 54(2): 153-164 (In Persian).

## Ecological Role of Altitude on Quantitative Characteristics of Caucasian Oak (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) Stands in Arasbaran Forest

Miald Safari<sup>1</sup>, Kiomars Sefidi<sup>2</sup>, Ahamd Alijanpour<sup>3</sup> and Mohammad Razi Elahian<sup>4</sup>

1- Graduated M.Sc. Student of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran  
(Corresponding author: safarimilad72@gmail.com)

2- Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Recourses, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran

3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Recourses, University of Urmia, Urmia, I.R. Iran

4- Senior Expert, Azarbayjan Province Department of Natural Resources, Tabriz, I.R. Iran

Received: June 24, 2019

Accepted: May 7, 2020

### Abstract

The Arasbaran vegetation community is an important source of biodiversity and one of the biosphere reserves in the northwest of Iran, which is influenced by different climates and special importance due to variations in altitude. Since an altitude is an environmental characteristic that affects the habitat of plant species, this study aimed to investigate the ecological role of altitude on the quantitative characteristics of caucasian oak trees (*Q. macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.) and determine the best range for the natural growth of this species in Arasbaran forests. Three oak stands were selected in three altitude ranges including low (1200-1400 m a.s.l.), middle (1400-1600 m a.s.l.) and high (1600-1800 m a.s.l.) altitude. At each altitude, three plots were sampled with one-hectare area, and the quantitative characteristics of all trees, including diameter at breast height, basal area and trees canopy diameter were measured. Normality of data was verified by the Kolmogorov-Smirnov test, and the comparison of the mean of the characteristics was done using one-way ANOVA at a probability level of 0.05 and Duncan's test. The results showed that there was a significant difference in diameter of the trees, the height of the trees and basal area per hectare among the three altitudes, but density per hectare had a significant difference between the first and second altitudes. In addition, the canopy coverage had no significant difference among the three altitude ranges. The middle altitude was more favorable condition stand in terms of its quantitative characteristics. Therefore, the results of this study indicated that the middle altitude (1400-1600 m a.s.l.) is a more suitable habitat for caucasian oak species in Arasbaran forests, and doing more protection of the stands in this altitude can be created a seed bank for the production of high quality seedlings and forest plantations in the region.

**Keywords:** Altitude, Arasbaran, Basal area, Caucasian oak, Canopy coverage, Diameter at breast height



"مقاله پژوهشی"

ریزازدیادی گونه شاه‌بلوط (*Castanea sativa* Mill.) تحت تأثیر  
تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در شرایط درون شیشه‌ای

مهرسده تفضلی<sup>۱</sup>، سید محمد حسینی نصر<sup>۲</sup>، حمید جلیوند<sup>۳</sup> و محیا تفضلی<sup>۱</sup>

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،  
نویسنده مسوول: (mehr\_tafazoli@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸

صفحه: ۱۱۴ تا ۱۲۲

چکیده

گونه شاه‌بلوط به‌عنوان یک گونه جنگلی بومی و ارزشمند در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان گیلان ظاهر می‌شود که به‌دلیل فقدان زادآوری طبیعی و وجود مشکلات اقتصادی- اجتماعی و همچنین بیماری‌های زنگ‌زدگی و سوختگی، مساحت توده‌های آن در حال کاهش است؛ لذا ازدیاد غیرجنسی آن از طریق روش‌های کشت بافت می‌تواند در حفاظت از این گونه مؤثر بوده و از انقراض آن جلوگیری نماید. مطالعه حاضر با هدف استفاده از روش ریزازدیادی جهت تولید گیاهچه کامل شاه‌بلوط و شناسایی بهترین ریزنمونه و تنظیم‌کننده رشد گیاهی انجام شد. بدین منظور ابتدا بذور از رویشگاه ویسرود جمع‌آوری، ضدعفونی و در آب جوش خیسانده شد و در محیط کشت B<sub>5</sub> کشت و پس از سبز شدن از بذور جوانه‌زده ریزنمونه تهیه شد. ریزنمونه‌های برگ، ساقه و ریشه از گیاهچه‌های درون شیشه‌ای شاه‌بلوط تحت القاء سیتوکینین‌ها (TDZ و BA) با غلظت‌های ۰/۲، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر و اکسین‌ها (IAA و NAA، IBA) با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر در محیط کشت B<sub>5</sub> قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بهترین واکنش از ریزنمونه‌ی برگ حاصل شده و TDZ (۰/۲ میلی‌گرم در لیتر) و IBA (۲ میلی‌گرم در لیتر) به‌ترتیب بیشترین درصد تولید کالوس- شاخه (۳۲/۴ درصد) و ریشه‌زایی (۸۰ درصد) را داشتند. زنده‌مانی گیاهچه‌های بدست آمده در محیط بیرون از آزمایشگاه ۸۰ درصد بود. با توجه به اهمیت گونه شاه‌بلوط از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی، نتایج این مطالعه می‌تواند در راستای کاربرد مدیریت احیایی جهت حفاظت، توسعه و جلوگیری از انقراض این گونه مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده رشد گیاهی، تولید کالوس- شاخه، ریزازدیادی، ریشه‌زایی شاه‌بلوط

مقدمه

می‌برد که در استان گیلان مشهود بوده (۱۶) و از مهم‌ترین معضلات این درختان محسوب می‌شود (۱۴). همچنین انعطاف‌پذیری پایین خصوصیات مورفولوژیک برگ در مقابل شرایط نوری می‌تواند از دلایل آسیب‌پذیری زیاد گونه شاه‌بلوط باشد (۴۳).

اغلب ازدیاد شاه‌بلوط، به‌عنوان یک گونه چوبی سرسخت، از طریق بذر یا تکثیر غیرجنسی مانند پیوند یا قلمه با مشکل مواجه می‌شود (۷، ۲۷). زخم ایجاد شده در اثر پیوند مدخل ورود عوامل بیماری‌زا است و مشکل ناسازگاری بین درخت پایه و پیوند نیز وجود دارد (۲۷). همچنین عدم ریشه‌زایی به‌دلیل وجود بازدارنده‌های رشد در قلمه گزارش شده است (۷). با توجه به اهمیت درختان شاه‌بلوط در تولید چوب و میوه (۲۳، ۵، ۲) و همچنین تولید بیوچار از میوه آن (۱۹)، ازدیاد غیرجنسی آن از طریق روش‌های کشت بافت می‌تواند در حفاظت و جلوگیری از انقراض این گونه مؤثر باشد.

موفقیت روش‌های کشت بافت برای گونه‌های شاه‌بلوط آمریکایی (*Castanea dentate* (Marsh.) Borkh.) (۲۸)، شاه‌بلوط ژاپنی (*Castanea crenata* Seib. et Zucc.) (۳۶) و همچنین هیبرید شاه‌بلوط (*C. sativa* × *Castanea crenata*) (۱۵) گزارش شده‌است. نراقی (۲۵) پس از برداشت جوانه‌های انتهایی گونه شاه‌بلوط در جنگل‌های شفارود استان گیلان، آنها را با تیمارهای متفاوت سترون‌سازی و در محیط‌های کشت QL، DKW<sup>۱</sup> و YMS<sup>۲</sup> (۲۴) کشت کرد و بهترین شاخه‌زایی در محیط کشت DKW با ترکیب ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA<sup>۳</sup> و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر IBA<sup>۴</sup> بدست

جنگل‌ها با داشتن ارزش‌های متعدد اقتصادی و زیست محیطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نظام‌های حیات‌بخش، جایگاه انکارناپذیری در تأمین رفاه و آسایش جوامع بشری دارند. با این حال، افزایش روز افزون تقاضای چوب منجر به افزایش نگرانی‌ها درباره سوءاستفاده از جنگل و کاهش تنوع زیستی می‌شود. جنگل‌کاری‌های فراوانی جهت جلوگیری از انقراض و تخریب جنگل‌های جهان صورت پذیرفته است که با توجه به زمان‌بر بودن رشد درختان، این میزان تلاش نمی‌تواند از انقراض برخی گونه‌ها جلوگیری به‌عمل آورد (۱۸). لذا تجهیز علوم جنگل به روش‌های جدید بخصوص علم زیست‌فناوری با فراهم نمودن ابزارهایی جهت انتخاب و اصلاح درختان برتر با سرعت و کارایی بیشتری نیاز است (۴۱، ۳۳، ۱).

شاه‌بلوط (*Castanea sativa* Mill.) گیاهی از جنس *Castanea*، از خانواده *Fagaceae* به‌عنوان یک گونه جنگلی بومی و ارزشمند در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان گیلان (ویسرود، سیاه مزگی، قلعه رودخان و شفارود) به‌طور طبیعی ظاهر می‌شود. رویشگاه‌های مذکور فاقد زادآوری طبیعی بوده و با وجود مشکلات اقتصادی- اجتماعی نظیر چرای دام در معرض تخریب هستند به‌طوری‌که مساحت توده‌های شاه‌بلوط رو به کاهش است (۱۶). این گونه از دو بیماری اصلی به نام‌های زنگ‌زدگی و سوختگی که به‌ترتیب در اثر قارچ‌های *Phytophthora ssp.* و *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. ایجاد می‌شوند (۳۱) رنج

1- Quoirin and Lepoivre  
4- Benzylaminopurine

2- Driverand Kuniyuki Walnut Medium  
5- indole-3-butryric acid

3- Murashige and Skoog Medium



۵/۵ کشت شدند. پس از کشت، شیشه‌های حاوی بذور به اتاقک رشد با دمای  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد انتقال داده شدند.

#### کشت ریزنمونه‌های حاصل از بذور

پس از جوانه‌زنی بذور در شرایط درون شیشه‌ای، ریزنمونه‌های برگ، ساقه و ریشه از گیاهچه‌ها تهیه و در محیط کشت تولید کالوس- شاخه یعنی B<sub>5</sub> حاوی سیتوکینین‌های BA و TDZ با غلظت‌های ۰/۲، ۰/۱، ۰/۲ و ۲ میلی‌گرم در لیتر کشت شدند. جهت ریشه‌دار شدن شاخه‌های تولید شده از بهترین ریزنمونه، این شاخه‌ها به محیط کشت ریشه‌زایی یعنی B<sub>5</sub> حاوی اکسین‌های IAA، IBA و NAA<sup>۱</sup> با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۱ و ۱ میلی‌گرم در لیتر منتقل شدند (۱۰ تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد). پس از ریشه‌زایی، گیاهچه‌ها از لوله‌های آزمایش خارج شده، محیط کشت باقی‌مانده بر روی ریشه با آب شسته شد. گیاهچه‌ها در گلدان‌های حاوی ترکیبی از خاک برگ، شن و خاک معمولی استریل، کاشته و در گلخانه با دمای ۲۸-۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل و یک روز در میان آبیاری شدند و در نهایت در محیط بیرون از گلخانه قرار داده شدند (۹).

#### صفات مورد بررسی

درصد کالوس- شاخه و درصد ریشه‌زایی با توجه به تعداد تکرارهایی که به تولید کالوس- شاخه و ریشه‌زایی پاسخ مثبت داشتند، به دست آمد. درصد کالوس- شاخه، درصد ریشه‌زایی و طول شاخه و ریشه (استفاده از خط‌کش و با دقت میلی‌متر) در تیمارهای مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی اندازه‌گیری شد.

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. در مرحله تولید کالوس- شاخه فاکتور اول نوع ریزنمونه در سه سطح (برگ، ساقه و ریشه) و فاکتور دوم غلظت سیتوکینین (TDZ و BA) در چهار سطح غلظتی (۰/۲، ۰/۱، ۰/۲، یک و دو میلی‌گرم در لیتر) و در مرحله ریشه‌زایی، فاکتور اول نوع اکسین در سه سطح (IAA، IBA و NAA) و فاکتور دوم غلظت آنها در چهار سطح (۰/۱، ۰/۲، یک و دو میلی‌گرم در لیتر) بود. کلیه داده‌ها شامل درصد کالوس- شاخه، درصد ریشه‌زایی و طول شاخه و ریشه در تیمارهای مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، با نرم‌افزار SAS آنالیز شدند. مقایسه گروهی میانگین‌ها با آزمون SNK انجام و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

#### نتایج و بحث

##### تأثیر سیتوکینین‌ها بر تولید کالوس- شاخه

جدول ۱ نشان می‌دهد که هر دو عامل نوع ریزنمونه و غلظت‌های TDZ و BA بر تولید کالوس- شاخه از قطعات برگ، ساقه و ریشه در سطح احتمال ۹۵ درصد تأثیر

آمد. بیشترین درصد ریشه‌زایی از طریق قرار دادن شاخه‌های به ارتفاع ۲ سانتی‌متر در ۵۰ میلی‌گرم در لیتر IBA سترون به مدت ۲۴ ساعت و بازگشت مجدد آنها در محیط کشت ۱/۳GD فاقد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و حاوی زغال فعال حاصل شد. در مطالعه‌ای دیگر ریزنمونه‌های گره از گیاهچه-های درون شیشه‌ای گونه شاه‌بلوط در محیط کشت ۱/۲MS حاوی ۵ سیتوکینین مختلف (FCF، BA، KIN<sup>۲</sup>، 2iP<sup>۳</sup>، TDZ<sup>۴</sup>) در سه غلظت متفاوت کشت شد که BA با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تعداد شاخه و گره و IAA<sup>۵</sup> با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی بهتری داشت (۲۹).

زمانی که یک گونه از بین می‌رود، نه تنها بر هم خوردن تعادل بوم‌نظام رخ می‌دهد بلکه گونه‌های وابسته با آن نیز از بین می‌روند، بنابراین تلاش جهت حفظ و توسعه درختان جنگلی امری ضروری است. از آنجایی که فنون کشت بافت به منظور باززایی و تولید تجاری انواع درختان، بخصوص آنهایی که بذر سرسخت دارند پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نموده است (۶)، این روش‌ها می‌توانند جایگزین اکثر شیوه‌های سنتی تکثیر شوند. لذا هدف از انجام این مطالعه، بررسی مناسب‌ترین ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در محیط کشت به منظور ازدیاد درون شیشه‌ای، تولید کالوس- شاخه، ریشه‌زایی از شاخه‌های تولید شده و در نهایت تولید گیاهچه کامل شاه‌بلوط با استفاده از روش ریزازدیادی به‌عنوان یکی از روش‌های کشت بافت، جهت کاربرد در برنامه‌های توسعه و حفاظت جنگل‌ها بود.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

بذور مورد استفاده در این مطالعه از رویشگاه ویسرود واقع در استان گیلان با مساحت ۳۵۰ هکتار با ارتفاع ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا، جمع‌آوری شدند. بدین منظور پس از جنگل‌گردشی پنج درخت سالم انتخاب و بذور از آنها تهیه شد. فاصله این رویشگاه تا شهرستان شفت ۱۰ کیلومتر و تا شهر رشت ۳۰ کیلومتر بوده و در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی در حوضه آبخیز شماره ۱۷ قرار دارد (۱۶).

##### ضدعفونی و کشت بذور

به‌منظور ضدعفونی بذور جهت کشت در شرایط درون شیشه‌ای، ابتدا بذور چندین بار با تیپول (ماده شوینده) و آب مقطر شستشو داده شدند تا گرد و غبار موجود در روی پوسته بذر گرفته شود. سپس به مدت ۹۰ ثانیه در اتانول ۷۰ درصد نگهداری و به مدت ۲۰ دقیقه در هیپوکلریت سدیم با غلظت چهار درصد قرار گرفتند. در هر مرحله پس از انجام عملیات ضدعفونی، بذور سه بار با آب مقطر سترون شسته شدند.

به‌منظور دستیابی به جوانه‌زنی بذور در محیط درون شیشه‌ای از تیمار خیساندن بذور در آب جوش (۲۶) و نگهداری در همان آب به مدت ۶ ساعت استفاده شد. خیساندن باعث جذب آب بیشتر توسط بذر (۱۱،۳۳)، کاهش بازدارنده‌های موجود در آن و افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود (۴،۳۰). سپس بذور در محیط کشت B<sub>5</sub><sup>۶</sup> (۱۲) با pH حدود

1- Forchlorfenuron  
5- Indole-3-acetic acid

2- Kinetin  
6- Gamborg's B<sub>5</sub>

3- Isopentyladenine  
7- Naphthylacetic Acid

4- Thidiazuron

معنی‌داری داشتند. همچنین اثر متقابل نوع ریزنمونه و غلظت سیتوکینین نیز معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نوع ریزنمونه و غلظت سیتوکینین‌ها بر درصد کالوس-شاخه

Table 1. Analysis of variance of explants type and cytokinins' concentration on the callus-shooting percentage

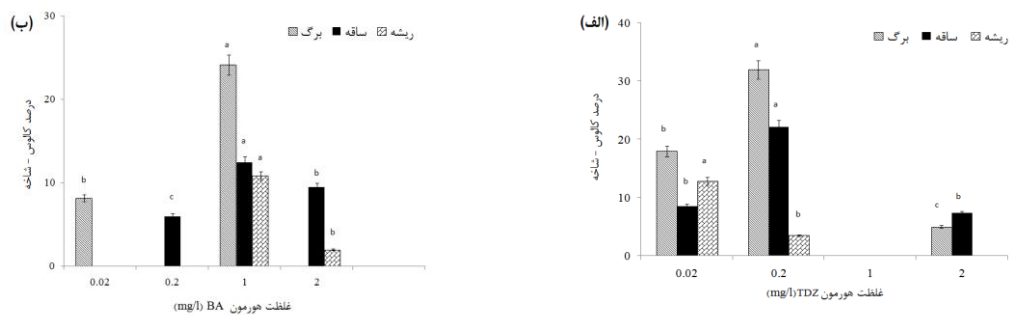
| مقدار F | میانگین مربعات | درجه آزادی | منبع تغییرات              | سیتوکینین |
|---------|----------------|------------|---------------------------|-----------|
| ۱۶۴/۰۹* | ۵۶۳/۴          | ۲          | نوع ریزنمونه              | TDZ       |
| ۳۹۵/۴*  | ۱۳۵۷/۵         | ۳          | غلظت سیتوکینین            |           |
| ۸۸/۷۳*  | ۳۰۴/۶۴         | ۶          | ریزنمونه × غلظت سیتوکینین |           |
| ۸۳/۱۴*  | ۱۵۷/۳          | ۲          | نوع ریزنمونه              | BA        |
| ۴۰۶/۳*  | ۷۶۸/۶          | ۳          | غلظت سیتوکینین            |           |
| ۹۰/۸*   | ۱۷۱/۸          | ۶          | ریزنمونه × غلظت سیتوکینین |           |

\*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

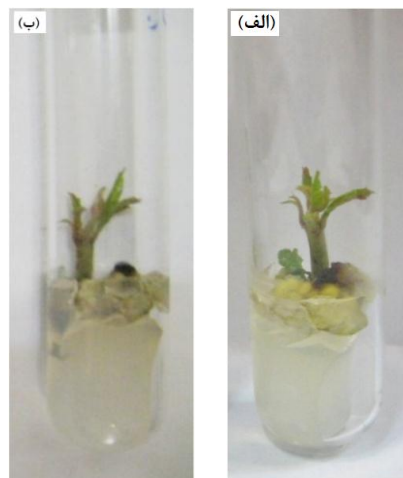
درصد کالوس-شاخه بیشتری (۲۴/۸ درصد) داشت. همچنین ریزنمونه‌های ساقه و ریشه در همین غلظت بیشترین تولید کالوس-شاخه (به ترتیب ۱۲/۵۲ و ۱۱/۲۱ درصد) را داشتند (اشکال ۱ ب و ۲ ب). سیتوکینین BA از طریق کاهش غالبیت رأسی در ریزنمونه باعث تحریک تقسیم سلولی، ازدیاد شاخه و شکل‌گیری جوانه جانبی می‌شود و از تشکیل ریشه جلوگیری می‌کند (۳۵). اختلاف درصد تولید کالوس-شاخه در غلظت‌های مختلف TDZ و BA در محیط کشت B<sub>5</sub> به قدرت یونی متفاوت این دو مربوط می‌شود (۴۲).

نتایج نشان داد که قطعات برگ در محیط کشت حاوی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ نسبت به سایر غلظت‌ها و همچنین نسبت به قطعات ساقه و ریشه درصد کالوس-شاخه (۳۲/۴ درصد) بیشتری داشت. قطعات ساقه در حضور ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ (۲۳/۳۳ درصد) و قطعات ریشه در حضور ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ (۱۳/۶۶ درصد) بیشترین تولید کالوس-شاخه را داشتند و در غلظت یک میلی‌گرم در لیتر، فقط کالوس تولید شد و شاخه مشاهده نشد (اشکال ۱ الف و ۲ الف).

قطعات برگ در محیط کشت حاوی یک میلی‌گرم در لیتر BA نسبت به سایر غلظت‌ها و نسبت به قطعات ساقه و ریشه



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف سیتوکینین بر درصد تولید کالوس-شاخه از ریزنمونه‌های مختلف (الف) TDZ، (ب) BA  
Figure 1. Effect of different concentrations of cytokinins on the callus-shooting percentage from different explants. (a) TDZ, (b) BA



شکل ۲- تولید کالوس-شاخه از برگ در محیط کشت B<sub>5</sub> (الف) ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ (ب) یک میلی‌گرم در لیتر BA  
Figure 2. Callus-shooting from leaf in B<sub>5</sub> medium with (a) 0.2 mg/l TDZ, (b) 1 mg/l BA

TDZ به‌واسطه فعالیت بیولوژیکی مشابه با سیتوکینین یا به‌واسطه القای سنتز و تجمع یک سیتوکینین درونی مستقیماً رشد را ترغیب می‌کند، در گونه‌های چوبی سطوح کم آن، ازدیاد جوانه‌های کناری را القاء می‌کند (۳۸)، اما سطوح زیادتر آن ممکن است از ازدیاد جوانه کناری جلوگیری کند، به‌عبارت دیگر سطوح زیاد TDZ کالوس‌زایی و تشکیل جنین سوماتیکی را تحریک می‌کند (۳۱) و از طول شدن شاخه جلوگیری به‌عمل می‌آورد (۲۲، ۲۱). ذبیحی و همکاران (۴۲) ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ را در شاخه‌زایی و باززایی گونه ملج (*Ulmus glabra* Hudson) مناسب دانستند.

#### تأثیر سیتوکینین‌ها بر رشد طولی شاخه

بین نوع ریزنمونه‌های مختلف از نظر طول شاخه‌های تولید شده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). غلظت‌های مختلف به‌کار رفته نیز دارای اثر معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) بر رشد طولی شاخه بودند (جدول ۲).

با مقایسه کالوس‌زایی و شاخه‌زایی ریزنمونه‌های برگ، ساقه و ریشه از گیاهچه‌های درون شیشه‌ای می‌توان بیان کرد که ریزنمونه برگ بیشترین درصد کالوس-شاخه را داشت. یکی از دلایل این امر می‌تواند بزرگتر بودن زخم ایجاد شده در هنگام کشت باشد، به‌طوری‌که برگ از چهار جهت خود دارای زخم بوده در حالی‌که ساقه و ریشه از دو جهت قابلیت ایجاد کالوس را داشتند. بنابراین افزایش سطح زخم منجر به جذب عناصر غذایی و تنظیم‌کننده‌های رشد شد (۳). همچنین از دلایل دیگر، وجود اختلافات فیزیولوژیکی و ساختار ژنتیکی سلول‌ها (۲۹) و پاسخ‌های متفاوت ریزنمونه‌های مختلف، نسبت‌های متفاوت تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی درون‌زای آنهاست (۴۰).

به‌طور کلی، TDZ نسبت به BA منجر به تولید بیشتر کالوس-شاخه شده است. TDZ از مشتقات تیدیاژول اوره می‌باشد که حدود ده‌هزار برابر از دی‌فنیل اوره و حتی از سیتوکینین‌های طبیعی نوع آدنین مانند زآتین فعال‌تر هستند.

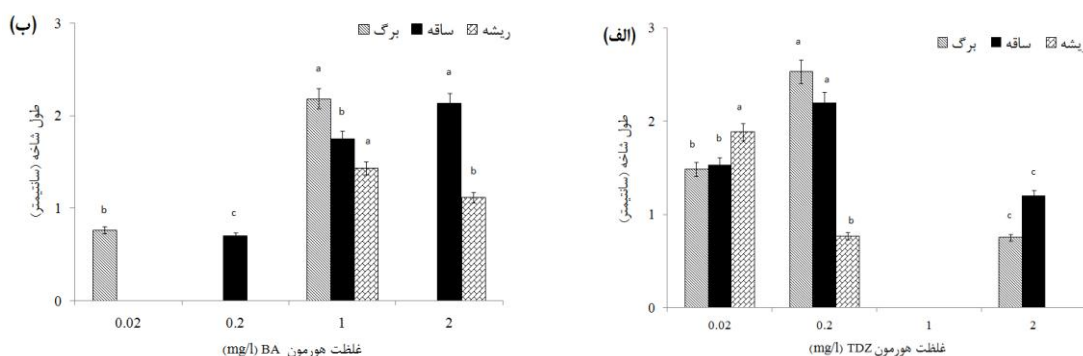
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع ریزنمونه و غلظت سیتوکینین‌ها بر طول شاخه

| مقدار F | میانگین مربعات | درجه آزادی | منبع تغییرات              | سیتوکینین |
|---------|----------------|------------|---------------------------|-----------|
| ۹۲/۸*   | ۲/۴۳           | ۲          | نوع ریزنمونه              | TDZ       |
| ۵۰۷/۳*  | ۱۳/۳           | ۳          | غلظت سیتوکینین            |           |
| ۶۸/۰۳*  | ۱/۸            | ۶          | ریزنمونه × غلظت سیتوکینین |           |
| ۳۸/۲۳*  | ۱/۷۴           | ۲          | نوع ریزنمونه              | BA        |
| ۲۲۰/۱*  | ۱۰/۰۱          | ۳          | غلظت سیتوکینین            |           |
| ۵۹/۳*   | ۲/۷            | ۶          | ریزنمونه × غلظت سیتوکینین |           |

\*. اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

قطعات برگ در غلظت یک میلی‌گرم در لیتر نسبت به سایر غلظت‌ها و همچنین نسبت به قطعات ساقه و ریشه بیشتر بوده است (۲/۱۳ سانتی‌متر). ریزنمونه‌های ساقه و ریشه به‌ترتیب در غلظت دو و یک میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین طول شاخه بودند (به‌ترتیب ۲/۰۹ و ۱/۵۱ سانتی‌متر) (شکل ۳ ب). به‌طور کلی، تولید کالوس-شاخه در محیط کشت حاوی TDZ بهتر از BA بود.

با توجه به شکل ۳ (الف)، طول شاخه‌های تولید شده از قطعات برگ در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ نسبت به سایر غلظت‌ها و همچنین نسبت به قطعات ساقه و ریشه بیشتر بوده است (۲/۵ سانتی‌متر). قطعات ساقه در حضور ۰/۲ و ریشه در حضور ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ دارای بیشترین طول شاخه بودند (به‌ترتیب ۲/۲۳ و ۱/۹۴ سانتی‌متر). در حضور یک میلی‌گرم در لیتر شاخه‌ای تولید نشد، بنابراین طولی برای آن موجود نبود. تأثیر BA بر طول شاخه حاصل از



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف سیتوکینین بر طول شاخه حاصل از ریزنمونه‌های مختلف (الف) TDZ، (ب) BA  
Figure 3. Effect of different concentrations of cytokinin on the shoot length from different explants. (a) TDZ, (b) BA

حاصل از ریزنمونه برگ گیاهچه‌های درون شیشه‌ای در محیط کشت حاوی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ استفاده شد. هر دو عامل نوع و غلظت اکسین و همچنین اثر متقابل آنها معنی‌دار شد (جدول ۳).

**تأثیر اکسین‌ها بر ریشه‌زایی قطعات شاخه**  
با توجه به اینکه در مرحله تولید کالوس- شاخه، برگ و TDZ به‌ترتیب به‌عنوان بهترین ریزنمونه و تنظیم‌کننده رشد گیاهی مشخص شدند، در مرحله ریشه‌زایی از شاخه‌های

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نوع و غلظت‌های مختلف اکسین‌ها بر ریشه‌زایی

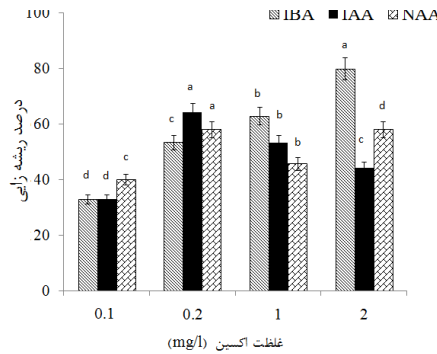
Table 3. Analysis of variance of type and different concentrations of auxins on rooting

| منبع تغییرات     | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار F  |
|------------------|------------|----------------|----------|
| نوع اکسین        | ۲          | ۹۷۳/۴          | ۱۰۷/۹۴** |
| غلظت اکسین       | ۳          | ۱۸۸۵/۸۱        | ۲۰۹/۲*   |
| نوع × غلظت اکسین | ۶          | ۱۰۱۴/۵۳        | ۱۱۲/۵۲*  |

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪؛ \* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

در غلظت دو میلی‌گرم در لیتر (۵۸/۴ درصد) و اکسین IAA در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر بیشترین درصد ریشه‌زایی را داشتند. در این راستا، نراقی (۲۵) و سانچز و همکاران (۳۲) به نتایج مشابهی دست یافتند. اکسین‌های IBA و NAA به دلیل ناپایداری، اغلب مؤثرتر از IAA هستند و اکسین IBA از دو اکسین دیگر فعال‌تر است (۱۳).

بررسی نتایج تأثیر اکسین‌های مختلف نشان‌داد که شاخه‌های کشت شده بدون ایجاد کالوس، ریشه تولید کردند. مطابق با شکل ۴، اکسین IBA نسبت به NAA و IAA تأثیر بیشتری بر ریشه‌زایی شاخه‌های تولید شده در مرحله قبل داشت. غلظت دو میلی‌گرم در لیتر آن بیشترین درصد ریشه‌زایی را حاصل نمود (۸۰ درصد). اکسین NAA در



شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف اکسین‌ها بر ریشه‌زایی شاخه‌های تولید شده از برگ  
Figure 4. Effect of different concentrations of auxins on rooting of shoots from explants

*grandis* Hill ex Maid. مؤثر بوده است. ویتز و ویتز (۳۷) در آزمایشی با ساقه‌های جانبی شاهبلوط دریافتند که IBA ریشه‌های بلندتر، ظریف‌تر و فیبری‌تری نسبت به NAA تولید کرد. جوشی و همکاران (۲۰) و هو و همکاران (۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. با پیدایش ریشه (شکل ۶) جهت ایجاد سازگاری تدریجی، گلدان‌ها به محیط بیرون منتقل شدند که ۸۰ درصد زنده‌مانی حاصل شد.

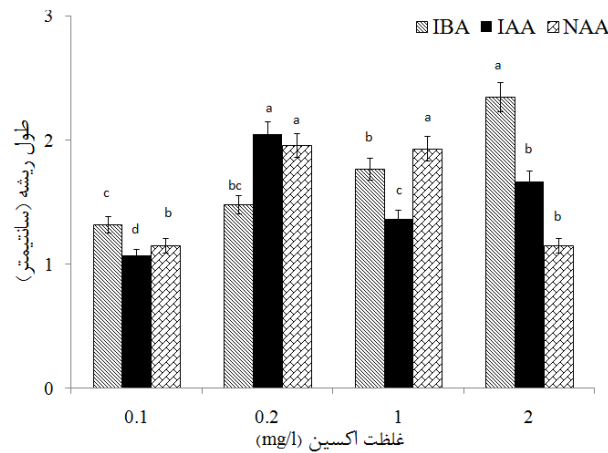
**تأثیر اکسین‌ها بر رشد طولی ریشه**  
همانطور که در جدول ۴ آمده است، نوع و غلظت اکسین و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر رشد طولی ریشه داشت ( $p < 0.05$ ). کوتاه‌ترین و بلندترین طول ریشه به‌ترتیب در غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر IAA و غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA بدست آمد (شکل ۵). وارانگ و همکاران (۳۹) بیان کردند استفاده از IBA در افزایش ریشه‌زایی شاخه‌ها و همچنین رشد طولی شاخه اکالیپتوس گردیس (*Eucalyptus*)

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر نوع و غلظت‌های مختلف اکسین‌ها بر طول ریشه

Table 4. Analysis of variance of type and different concentrations of auxins on root length

| منبع تغییرات     | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار F |
|------------------|------------|----------------|---------|
| نوع اکسین        | ۲          | ۰/۳            | ۴/۷*    |
| غلظت اکسین       | ۳          | ۱/۵۳           | ۲۵/۹*   |
| نوع × غلظت اکسین | ۶          | ۱/۰۲           | ۱۷/۲۴*  |

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪



شکل ۵- تأثیر غلظت‌های مختلف اکسین‌ها بر طول ریشه حاصل از شاخه‌های تولید شده  
Figure 5. Effect of different concentrations of auxins on root length obtained from shoots



شکل ۶- گیاهچه کامل شاه‌بلوط از ریزنمونه برگ در محیط کشت  $B_5$  ( $0.2$  میلی‌گرم در لیتر TDZ +  $2$  میلی‌گرم در لیتر IBA)  
Figure 6. Chestnut plantlet from leaf explant in  $B_5$  medium ( $0.2$  mg/l TDZ +  $2$  mg/l IBA)

ریشه، نسبت مساوی آن باعث تولید کالوس و نسبت بیشتر آن منجر به ریشه‌زایی می‌شود (۸).  
بر اساس نتایج به‌دست آمده، سیتوکینین TDZ نسبت به BA و همچنین اکسین IBA نسبت به NAA و IAA در اندام‌زایی ریزنمونه‌های مختلف از گیاهچه درون شیشه‌ای تأثیر بیشتری داشتند. با مقایسه نتایج حاصل از ریزنمونه‌ها، اندام برگ بهترین واکنش را نشان داد. با توجه به اهمیت گونه شاه‌بلوط از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی، روش ریزازدیادی با هدف تولید انبوه نهال‌های این گونه بدون محدودیت زمان و مکان، روشی مناسب در تکثیر این گونه محسوب می‌شود. از آنجا که تکثیر غیرجنسی شاه‌بلوط برای کاربرد مدیریت احیایی جهت حفاظت، توسعه و جلوگیری از انقراض این گونه با حداقل هزینه حائز اهمیت است، لذا پیشنهاد می‌شود که برای کشت بافت گونه شاه‌بلوط از اندام برگ گیاهچه‌های درون شیشه‌ای حاصل از بذر در محیط کشت  $B_5$  حاوی  $0.2$  میلی‌گرم در لیتر TDZ و دو میلی‌گرم در لیتر IBA استفاده شود.

در اکثر مطالعات کشت بافت گیاهی، ابتدا تولید کالوس-شاخه انجام می‌شود و سپس شاخه‌های تمایز یافته برای ریشه‌زایی به محیط کشت دیگری منتقل تا در نهایت گیاهچه کامل از آنها به‌دست آید. در این مطالعه نیز با کشت ریزنمونه‌های برگ، ساقه و ریشه در تیمارهای مختلف ابتدا کالوس تشکیل و سپس شاخه‌زایی غیرمستقیم شکل گرفت. انتخاب این قطعات به‌عنوان ریزنمونه به‌دلیل جوانی سلول‌ها و پتانسیل بالای آنها در تمایز یابی است. این بافت‌ها و اندام‌های نابالغ در کشت درون‌شیشه‌ای از نظر مورفولوژیکی و داشتن سلول‌های فعال میتوزی نسبت به بافت‌ها و اندام‌های بالغ انعطاف‌پذیرترند (۱۰). اندام‌زایی عمدتاً به منبع ریزنمونه بستگی دارد، اما می‌توان این فرایند را با دخالت در مواد تشکیل‌دهنده محیط کشت، به‌خصوص تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تا حدودی به‌صورت دلخواه هدایت نمود. اسکوگ و میلر (۳۴) حضور اکسین و سیتوکینین را در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های گیاهی کشت شده لازم دانستند به‌طوری‌که نسبت کم اکسین به سیتوکینین باعث شکل‌گیری

## منابع

1. Aldaghi, M., K. Espahbodi, A. Salimi and R. Khaksar. 2015. Selecting appropriate tissue sample and optimal maintenance conditions for enzymatic investigations on velvet Maple (*Acer velutinum* Boiss.). Ecology of Iranian Forests, 3(5): 11-19 (In Persian).
2. Arrobas, M., S. Afonso and M.A. Rodrigues. 2018. Diagnosing the nutritional condition of chestnut groves by soil and leaf analyses. Scientia Horticulturae, 228: 113-121.
3. Asnaashari, M. and M. ZokaeiKhosroshahi. 2010. Comprehensive guide to plant tissue culture. Bu-Ali Sina University Press, Hamedan, Iran. 467 pp (In Persian).
4. Baskin, C.C., S.E. Meyer and J.M. Baskin. 1995. Two type morphophysiological dormancy in seeds of two genera *Osmorhiza* and *Erythronium* with an Arcto-Tertiary distribution pattern. American Journal of Botany, 82: 293-298.
5. Bounous, G. 2005. The chestnut: a multipurpose resource for the millennium. Acta horticulturae, 693: 33-40.
6. Corredoira, E., A.M. Vieitez and A. Ballester. 2001. Somatic embryogenesis from leaf explants of chestnut. Abstract Cost G4, Monte Verita, Switzerland, 63 pp.
7. Dirr, M.A. and Jr. Heuser Charles. 1987. The reference manual of woody plant propagation, 239 pp.
8. Dodds, J.H. 1984. Experiments in plant tissue culture. Cambridge university press, 36-50.
9. Emam, M., A. Ghamarizare, K. Espahbodi, T.S. Naraghi and S.H. Shahrzad. 2012. Micropropagation of forest tree of *Sorbus aucuparia*.L by bud culture of mature plants. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 19(2): 263-273 (In Persian).
10. Farsi, M., J. Zolali. 2004. Principles of plant biotechnology. 1st edn, Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran, 554 pp.
11. Fathi, Gh and B. Esmailpour. 2001. Plant growth regulator, principles and application (translation). 1st edn., University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 228 pp.
12. Gamborg, O.L., R.A. Muller and K. Ojima. 1968. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cells. Experimental Cell Research. 50: 151-158
13. Gasper, T. and M. Coumans. 1987. Root formation. In: JM Bonga and DJ Durzan (eds) Cell and tissue culture in forestry. Vol 2, Specific principles and methods: Growth and developments, Martinus Nijhoff Publishers, 202-217.
14. Ghezi, E., S.A. Khodaparast and M. Niknejad Kazempoor. 2010. Study on the morphological and virulence variability of *Cryphonectria Parasitica* causal agent of chestnut blight in Guilan province. Iranian Journal of plant pathology, 1(45): 25-35 (In Persian).
15. Goncalves, J.C., G. Diogo and S. Amancio. 1998. In vitro propagation of chestnut (*Castanea sativa* × *C. crenata*): effects of rooting treatments on plant survival, peroxidase activity and anatomical changes during adventitious root formation. Scientia Horticulturae, 72: 265-275.
16. Hedayti, M.A. 2004. Investigation of Chestnut tree silviculture (*Castanea sativa* Mill.) on Guilan province and its propagation and cultivation. Ph.D. dissertation in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, 200 pp (In Persian).
17. Hou, J.W., S.J. Guo and G.Y. Wang. 2010. Effects of *in vitro* subculture on the physiological characteristics of adventitious root formation in microshoots of *Castanea mollissima* cv. 'yanshanhong'. Journal of Forestry Research, 21(2): 155-160.
18. Iranmanesh, Y., S. Aliahmad Korori, F. Emadian, D. Azadfar and K. Espahbodi. 2005. The role of biotechnology science in forestry management, conservation of forests in sustainable management conference, Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran.
19. Jiang, K. M., C.G. Cheng, M. Ran, M, Y.G. Lu and Q.L. Wu. 2018. Preparation of a biochar with a high calorific value from chestnut shells. New Carbon Materials, 33(2): 183-187.
20. Joshi, J., P. Bishit and K. Sharma. 2003. *In vitro* clonal propagation of mature *Eucalyptus grandis* \* *E. teriticornis*, Silvae Genetica, 52: 110-113.
21. Ledbetter, D.L. and J.E. Preece. 2004. Thidiazuron stimulates adventitious shoot production from *Hydrangea quercifolia* Bartr. leaf explants. Sci. Hortic, 101: 121-126
22. Lee, S.W. 2005. Thidiazuron in the improvement of bananamicropropagation. Acta Hortic, 692: 67-74.
23. Mota, M., T. Pinto, A. Vilela, T. Marques, A. Borges, J. Caço, J. Ferreira-Cardoso, F. Raimundo and J. Gomes-Laranjo. 2018. Irrigation positively affects the chestnut's quality: The chemical composition, fruit size and sensory attributes. Scientia Horticulturae, 238: 177-186.
24. Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures, Physiologia Plantarum, 15: 473-497
25. Naraghi, T.S. 2003. Micropropagation of Chestnut (*Castanea sativa*) by shoot culture. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 10(10): 69-89 (In Persian).
26. Norouzi Haroni, N. and M. Tabari Kouchsaraei. 2014. The effect of hydropriming, halopriming and boiling water on seed germination of black locust (*Robinia pseudoacasia* L.). Ecology of Iranian Forests, 2(3): 76-88 (In Persian).

27. Osterc, G., M. Zavrl Fras, T. Vodenik and Z. Luthar. 2005. The propagation of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) nodal explants. Acta agriculturae Slovenica, 85(2): 411-418.
28. Robichaud, R.L., V.C. Lessard and S.A. Merkle. 2004. Treatments affecting maturation and germination of American chestnut somatic embryos. Journal of plant physiology, 161(8): 957-969.
29. Roussos, P., A. Archimandriti and I. Beldekou. 2016. Improving in vitro multiplication of juvenile European chestnut (*Castanea sativa* Mill) explants by the use of growth retardants. Scientia Horticulturae, 198: 254-256.
30. Rowse, H.R. 1995. Drum priming - A non-osmotic method of priming seeds. Seed Sci. Technol, 24: 281-294.
31. San, B., M. Sezgin, H. Dumanoglu and A.I. Koksall. 2007. Somatic Embryogenesis from Immature Cotyledons of Some European Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Cultivars. Turk J Agric For, 31: 175-179.
32. Sanchez, M.C., M.C. San Jose, E. Ferro, A. Ballester and A.M. Vieitez. 1997. Improving micropropagation conditions for adult-phase shoots of chestnut. Journal of Horticultural Science, 72 (3): 433-443.
33. Singh, K., K.P. Singh and L. Susheel Kumar. 1984. Seedling growth and vigor responses of some Indian medical plants to certain physical and chemical treatments. Indian journal of plant physiology, 27: 295-299
34. Skoog, F. and C.O. Miller. 1967. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues culture *in vitro*. Symposia of the Society for Experimental Biology, 11: 118-140.
35. Sutter, E.G. 1996. General laboratory requirements, media and sterilization methods. In: Trigiano, R.N. and D.J. Gray. (eds.) plant tissue culture concepts and laboratory exercises. 11-25 pp. New York, USA.
36. Tetsumura, T. and K. Yamashita. 2004. Micropropagation of Japanese chestnut (*Castanea crenata* Seib. et Zucc.) seedlings. Hortscience, 39: 1684-1687.
37. Vieitez, A.M. and M.L. Vieitez. 1983. *Castanea sativa* plantlets proliferated from axillary buds cultivated *In vitro*. Scientia Horticulturae, 18(4): 343-35.
38. Wang, H.M., H.M. Liu, W.J. Wang and Y.G. Zu. 2008. Effects of Thidiazuron, basal medium and light quality on adventitious shoot regeneration from *in vitro* cultured stem of *Populus alba*-*P. berolinensis*. Journal of Forest Research, 19: 257-259.
39. Warrang, E.I., M.S. Lesney and D.L. Rockwood. 1990. Micropropagation of field tested superior *E. garndis* hybrids. New forests, 4: 67-79.
40. Williams, E. G. and G. Maheswaran. 1986. Somatic embryogenesis: factors influencing coordinated behavior of cell as an embryogenic group. Ann Bot, 57: 443-462
41. Wimp, G.M., W.P. Young, S.A. Woolbright, P. Keim and T.G. Whitham. 2004. Conserving plant genetic diversity for dependent animal communities. Ecology Letters, 7: 776-780.
42. Zabihi, H., S.M. Hosseini Nasr, N. Babaeyan Jelodar and H. Jalilvand. 2008. Tissue culture of *Ulmus glabra* Hudson: The effects of culture media, explants and their harvest times. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 15(4): 15-21 (In Persian).
43. Zarafshar, M., M. Akbarinia, A. Sattarian, H. Yousefzade and M. Taieby. 2017. Effect of light conditions on chestnut (*Castanea Sativa*) leaf morphology. Journal of Environmental sciences and technology, 18(2): 95-106 (In Persian).

## Micropropagation of Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Affected by Plant Growth Regulators under *In Vitro* Conditions

Mehrcedeh Tafazoli<sup>1</sup>, Seyed Mohammad Hosseini Nasr<sup>2</sup>, Hamid Jalilvand<sup>3</sup> and Mahya Tafazoli<sup>1</sup>

---

1- PhD, Department of Forest Sciences and Engineering, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University  
(Corresponding author: mehr\_tafazoli@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

3- Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Received: January 10, 2019 Accepted: March 9, 2019

---

### Abstract

Chestnut as an indigenous and valuable forest species exists in some forests of Guilan province, which the area of its stands is decreasing due to the lack of natural regeneration and socioeconomic problems as well as ink and blight diseases; therefore, chestnut's asexual propagation through tissue culture methods can be effective in protecting this species and preventing its extinction. The aim of this study was to use the micropropagation method in order to produce complete chestnut plantlets by identifying the best explants and plant growth regulators. For this purpose, seeds were collected from Visroud site, sterilized, soaked in boiling water and cultured on B<sub>5</sub> medium, and then explants were taken from germinated seeds. Leaf, stem and root explants from *in vitro* seedlings of chestnut were cultured on B<sub>5</sub> containing cytokinins (TDZ and BA) with concentrations of 0.02, 0.2, 1 and 2 mg/l and auxins (IBA, NAA, and IAA) with concentrations of 0.1, 0.2, 1 and 2 mg/l. Results showed that the best response was obtained from the leaf explants and TDZ (0.2 mg/l) and IBA (2 mg/l) had the highest percentage of callus- shooting (32.4%) and rooting (80%), respectively. The survival of seedlings outside the laboratory was 80%. Considering the importance of chestnut species in economic and environmental terms, the present study can be useful for the implementation of reclamation management to protect, develop and prevent extinction of this species.

**Keywords:** Callus- shooting, Chestnut, Micropropagation, Plant growth regulator, Rooting





"مقاله پژوهشی"

نقش دانش بومی در اشتغال، درآمد افراد محلی و حفاظت از جنگل‌های  
هیرکانی از دیدگاه ساکنین منطقه واز، شهرستان نور

فریدون آقاجان تبار<sup>۱</sup>، مسعود طبری کوچکسرای<sup>۲</sup> و جلال محمودی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس  
۲- استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسؤل: mtabari@modares.ac.ir)  
۳- دانشیار گروه مرتعداری و آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور  
تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۱۵  
صفحه: ۱۲۳ تا ۱۳۲

چکیده

دانش بومی به مجموعه‌ای از داشته‌ها، مهارت‌ها، ارزش‌ها، باورها و روش‌های یک گروه اجتماعی گفته می‌شود که در زمینه‌های مختلف زندگی از طریق تجارب و تأیید نسل‌های متمادی به ارث رسیده است. خیل عظیمی از روستاییان صدها سال است که در حاشیه جنگل‌های با ارزش هیرکانی در شمال ایران، زندگی می‌کنند. این تحقیق با هدف نقش دانش بومی در اشتغال و درآمد افراد محلی و حفاظت از عرصه‌های جنگلی، در منطقه واز شهرستان نور انجام شد. تحقیق به صورت پیمایشی و شیوه گردآوری اطلاعات اسنادی-میدانی و ابزار گردآوری اطلاعات به شکل پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری در منطقه بوده است. برای تعیین اعتبار (روایی) تحقیق از نظرات افراد متخصص و برای تعیین اعتماد آن از روش آلفای کرونباخ (به میزان ۰/۸) استفاده شد. جامعه آماری (شامل ساکنین منطقه، ۸۰۰ نفر) و حجم نمونه (۲۶۰ نفر) با فرمول کوکران و روش نمونه‌برداری تصادفی انجام شد. برای اثبات فرضیه‌ها از آمار استنباطی نظیر ضریب همبستگی اسپیرمن و آزمون کای مربع، رگرسیون خطی ساده و آزمون t مستقل تکنونه‌ای استفاده شد. نتایج یافته‌ها نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین "سطح تحصیلات، مدت حضور در منطقه، شغل، درآمد ماهیانه، نوع کسب درآمد" و آشنایی آنها از دانش بومی وجود داشت (p < ۰/۰۵). این، درحالی‌است که بین "جنس، سن، محل سکونت، زمان اشتغال و درآمد" با دانش بومی رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج همچنین آشکار کرد که آشنایی با دانش بومی سبب ایجاد اشتغال و درآمد و بهبود حفاظت جنگل‌های با ارزش منطقه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اشتغال، حفاظت جنگل، دانش بومی، درآمد

مقدمه

دانش بومی به مجموعه‌ای از داشته‌ها، مهارت‌ها، ارزش‌ها، باورها و روش‌های یک گروه اجتماعی یا ملتی گفته می‌شود که در زمینه‌های مختلف زندگی از طریق تجارب و تأیید نسل‌های متمادی به ارث رسیده و کاربرد صحیح آن، می‌تواند منجر به توسعه درون‌زا که در واقع توسعه منطبق با فرهنگ مردم و محیط آن جامعه است، شود (۱۱). به عبارت دیگر، دانش بومی در طول سالیان متمادی، سینه به سینه از نسلی به نسلی دیگر نقل می‌شود. این دانش در اثر برخورد انسان با محیط اجرایی و به‌ویژه مشکلاتی که با آن مواجه می‌شود، به دست می‌آید. خوشبختانه، این دانش کاملاً سازگار با طبیعت بوده و کمتر به آن آسیب می‌رساند. از این‌رو، دانش بومی بخشی از سرمایه ملی هر قوم است که باورها، ارزش‌ها، روش‌ها، ابزارها و آگاهی‌های محلی آنان را در بر می‌گیرد. تجربه نشان می‌دهد که دانش بومی نه تنها با دانش رسمی در تعارض و تناقض نیست، بلکه ویژگی‌های متفاوت آن مکمل خوبی برای دانش رسمی است (۱۱).

دانش بومی دارای پایداری خاصی است؛ چون زندگی بومی با انگاره‌های نهاده‌های بومی و نظم اجتماعی محلی عجین است. بنابراین برای توسعه سازوکارهای پایدار، مهم است آنچه را که مردم بومی می‌دانند و عمل می‌کنند به حساب

آورده و از آن تعلیم گرفته شود؛ تا بتوان تحقیقات علمی را با آن هماهنگ کرد (۳، ۲). از خصوصیات دانش بومی، قابلیت دسترسی، قابلیت فهم، ساده، کارآمد و ارزان بودن آن است؛ از طرفی، به مسائل به صورت کلی نگاه می‌کند و طریقه انتقال آن شفاهی است. این دانش پویا بوده و در طی زمان آیدیده شده و چون در بطن محیط طبیعی و اجتماعی تکامل یافته با شرایط بومی و منطقه‌ای کاملاً سازگار است (۷).

در بیانیه یونسکو و شورای بین‌المللی علوم (ICSU)<sup>۱</sup> در مبحث مدیریت از پایین، به اهمیت دانش بومی و نیاز به ترغیب و تشویق افراد برای استفاده از آن تصریح شده است. همچنین، در بیانیه شورای حقوق بشر سازمان ملل متحد (ژوئن ۲۰۰۶)، اهمیت دانش بومی، فرهنگ و شیوه‌های سنتی و کمک این روش به توسعه پایدار و عادلانه و مدیریت مناسب از محیط زیست به رسمیت شناخته شد و در به‌کارگیری آن تأکید جدی شده است (۲۴). در این اعلامیه، تصریح شد که می‌توان میلیارد‌ها مردم بومی را در بخش‌های کشاورزی، دامپروری، جنگلداری، شیلات، منابع آب و تولیدات منابع طبیعی در امرار معاش یاری کرد. از سال ۲۰۰۷، FAO مدیریت از پایین را در عرصه‌های منابع طبیعی مطرح و آنرا اجرایی نموده است. قطعاً در مدیریت از پایین با شناسایی دانش بومی منطقه و ایجاد زمینه برای تبلور آن می‌توان مردم

روستاهای دائمی واز عموماً جنگلی هستند که عبارتند از روستای جوربند (در حاشیه آبخیز واز، روستاهای واز علیا (بالا واز)، واز سفلی (پایین واز)، واز تنگه. روستاهای فصلی (عموماً مرتعی) شامل گزنه سر، کنگل چال، نوجمه، لُس کیتی و رودبارک می‌باشد. جمعیت روستای واز علیا (دهستان ناتل رستاق) ۴۰۰ نفر (۱۱۵ خانوار) و جمعیت روستای واز سفلی (دهستان ناتل رستاق) ۳۵۰ نفر (۹۷ خانوار) است که به شغل باغداری، کارگر معدن زغال سنگ و دامداری سنتی مشغولند. درختان مهم جنگلی منطقه عبارتند از راش، ممرز، توسکا، پلت، شیردار، گیلاس وحشی، سرخدار، شمشاد، نمدار. در ارتفاعات منطقه و حد فاصل بین جنگل و مرتع درختان ارس، بلوط اوری، لور، داغداغان، به‌همراه درختچه‌های تنگرس، و زرشک، به‌صورت پراکنده در نقاط صعب‌العبور و لابه‌لای صخره‌های سنگی به‌چشم می‌خورند. در جنگل‌های این حوزه، تنوع گیاهان اپی فیت به دارویش و تنوع گیاهان بالارونده به عشقه محدود می‌شود. فلور مراتع حوزه واز شامل ۱۳۵ گونه گیاهی از خانواده‌های مختلف است که بیشترین آنها را خانواده نعنائیان، گلسرخیان و بقولات تشکیل می‌دهند. ساختار تیپ‌ها عمدتاً به‌صورت بالشتکی-گراس است. ظرفیت مراتع حوزه برای یک دوره چرای معادل ۲۳۴۴ واحد دامی است لیکن هم‌اکنون با بیش از چهار برابر ظرفیت مورد چرا قرار می‌گیرد که یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب و سیر قهقیری مراتع به‌شمار می‌آید (۱۴).

#### روش تحقیق

تحقیق حاضر به‌شکل پیمایشی بود و شیوه گردآوری اطلاعات به‌صورت اسنادی-میدانی و با ثبت فرم‌های پرسشنامه‌ای (تعداد ۳۱ سوال) در بین ساکنین بومی در سال ۱۳۹۷ به‌دست آمد. پرسش‌نامه در قالب طیف لیکرت<sup>۱</sup> (با مقیاس پنج درجه‌ای خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) بود. برای تعیین اعتبار یا روایی<sup>۲</sup> از نظرات پنج نفر متخصص کشاورزی و منابع طبیعی و برای تعیین اعتماد یا پایایی<sup>۳</sup> علمی از روش آلفای کرونباخ با کمک نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) استفاده شد (۱۳) (آلفای بیش از ۰/۷۰ مبین پایایی خوب، ۰/۵-۰/۷ پایایی متوسط و کمتر از ۰/۵ فاقد پایایی. در این تحقیق، آلفا ۰/۷۵۹ به‌دست آمد که با پایایی خوب مطابقت داشت).

جامعه آماری شامل ساکنین منطقه واز به تعداد ۸۰۰ نفر بود که به‌لحاظ گستردگی جامعه آماری و محدودیت زمانی مطالعه، مبادرت به نمونه‌گیری به شیوه تصادفی از جامعه شد؛ طوری که با استفاده از روش نمونه‌گیری کوکران تعداد ۲۶۰ نفر به‌عنوان حجم نمونه تعیین شد. با استفاده از آمار توصیفی، فراوانی‌ها، میانگین، انحراف معیار داده‌ها و برای اثبات فرضیه‌ها با استفاده از آمار استنباطی نظیر ضریب همبستگی (اسپیرمن برای داده‌های کمی)، آزمون کای مربع و رگرسیون خطی ساده، به تجزیه و تحلیل داده‌ها و روابط بین متغیرها

را به‌طور مستقیم با طبیعت درگیر کرد و از میزان تعرض به مناطق جنگلی و مرتعی کاست (۲۴).

منطقه واز بخشی از جنگل‌ها و مراتع آن در ارتفاع ۳۳۷۰-۲۷۰ متر از سطح دریای خزر در حوزه شهرستان نور قرار دارد. نبود صنایع و کارگاه‌های مختلف در زمینه تولیدات صنعتی و سنتی سبب شده تا به‌دلیل محدودیت موقعیت‌های شغلی، میزان درآمد ساکنین این منطقه کم شود (۱۴). این امر باعث تشدید تعرض به حریم جنگل با قطع درختان و تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی و بالاصح ویلاسازی و قاچاق چوب شده است، طوری که با توجه به طبیعت و چشم‌اندازهای بسیار زیبای منطقه و تولیدات غیرچوبی جنگلی و مرتعی نظیر انواع میوه‌ها و گیاهان دارویی جنگلی، می‌توان با برنامه‌ریزی درست و منطقی و با ایجاد زمینه مناسب برای جذب گردشگر، علاوه بر ایجاد اشتغال و درآمدزایی به حفظ و حراست از عرصه‌های جنگلی این منطقه همّت گماشت (۱۴).

همانطور که قبلاً اشاره شد توجه به دانش بومی و کاربرد آن در زندگی روزمره از اهمیت بالایی برخوردار است و به‌دلیل پایین بودن هزینه و همخوانی با طبیعت، این دانش از طرف سازمان ملل برای مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی پیشنهاد شده است. نظر به این که تاکنون پژوهشی پیرامون دانش بومی و تأثیر آن بر ایجاد اشتغال، درآمدزایی و بهره‌برداری و حفاظت از عرصه‌های طبیعی در منطقه جنگلی واز انجام نشده، لذا ضرورت و اهمیت انجام تحقیق حاضر بیش از پیش احساس می‌شود. با توجه به مؤلفه‌هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد، دستاورد آن می‌تواند الگویی برای سایر مناطق به‌حساب آید. در حقیقت، این تحقیق به‌دنبال "تعیین ارتباط بین ویژگی‌های فردی مردم منطقه، ایجاد اشتغال و درآمد و حفاظت و حمایت از جنگل‌های منطقه" با "آشنایی افراد محلی با دانش بومی" است.

#### مواد و روش‌ها

##### موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه واز به مساحت ۱۴۱۰۲ هکتار در حوزه آبخیز ۴۹ البرز شمالی و در ارتفاعات جنوبی بخش چمستان، از توابع شهرستان نور، در طول شرقی "۱۲'۱۵" ۵۲° تا "۱۵' ۵۵" ۵۱° و شمالی "۳۰' ۳۰" ۳۶° تا "۳۰' ۱۲" ۳۶° قرار دارد. این حوزه با کاهش تدریجی ارتفاع به سمت شمال (نزدیک به روستای جوربند) به مناطق جلگه‌ای دریای خزر متصل می‌شود. حداقل ارتفاع منطقه ۲۷۰ متر و حداکثر آن ۳۳۵۰ متر بالاتر از سطح دریا است. حدود چهارگانه آن از شمال به جنگلکاری‌های دست کاشت و بخشی از اراضی روستای جوربند، از جنوب به مراتع بیلاقی روستاهای گزناسرا، رودبارک و نوجمه، از شرق به خط الراس غربی طرح جنگلداری غرب هراز و از غرب به خط الراس شرقی طرح جنگلداری لایوچ واقع است.

پرداخته شد. برای پاسخ‌گویی به پرسش‌ها از طیف لیکرت پنج درجه‌ای از یک (خیلی کم) تا پنج (خیلی زیاد) استفاده شد، بنابراین حد متوسط و میانگین فرضی آن یعنی عدد سه (مجموع اعداد یک تا پنج تقسیم بر پنج)، مبنای مقایسه برای استفاده از آزمون t مستقل تک نمونه‌ای قرار گرفت. اگر میانگین کل از سه بالاتر باشد، معرف تأثیر بالای آشنایی با دانش بومی بر مؤلفه مورد مطالعه و اگر این عدد از سه پایین‌تر باشد، بیانگر عدم تأثیر آشنایی با دانش بومی بر آن مؤلفه است (۱۳).

## نتایج و بحث

جدول ۱- توزیع پاسخگویان بر حسب نوع شغل، درآمد ماهیانه و نوع کسب درآمد

Table 1. Distribution of respondents by type of job, monthly income, and type of income

| درصد افراد | تعداد افراد |                          |
|------------|-------------|--------------------------|
| ۱۲/۳       | ۳۲          | کشاورز                   |
| ۱۳/۱       | ۳۴          | دامدار                   |
| ۴۵/۸       | ۱۱۹         | کشاورز-دامدار            |
| ۳/۱        | ۸           | کارمند                   |
| ۲۵/۸       | ۶۷          | سایر مشاغل               |
| ۱۴/۶       | ۳۸          | کمتر از ۰/۵ میلیون تومان |
| ۵۹/۲       | ۱۵۴         | ۰/۱-۵/۳ میلیون تومان     |
| ۲۳/۵       | ۶۱          | ۱/۵-۳ میلیون تومان       |
| ۲/۷        | ۷           | بیشتر از ۳ میلیون تومان  |
| ۷/۳        | ۱۹          | تولید عسل                |
| ۳/۱        | ۸           | محصولات کشاورزی          |
| ۷۷/۷       | ۲۰۲         | محصولات دامی             |
| ۳/۱        | ۸           | گیاهان دارویی            |
| ۵          | ۱۳          | محصولات فرعی جنگل        |
| ۳/۱        | ۸           | گردشگری                  |
| ۰/۸        | ۲           | سایر انواع کسب درآمد     |

ضرایب رگرسیونی متغیرهای مستقل این مولفه‌ها به‌دنبال

معنی‌داری (در سطح ۱ درصد)، وارد مدل رگرسیون شدند.

### رابطه آشنایی دانش بومی با ایجاد اشتغال، درآمد و حفاظت از جنگل‌ها

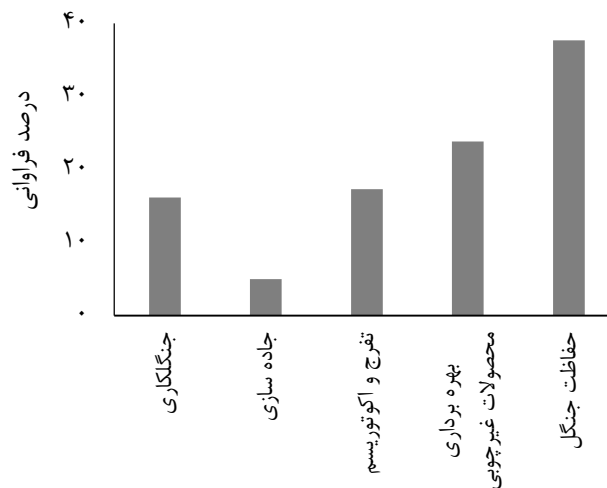
در سنجش مولفه ایجاد اشتغال از ۶ سوال، ایجاد درآمد از ۷ سوال، ایجاد همزمان اشتغال - درآمد از ۴ سوال و حفاظت از جنگل‌های منطقه از ۸ سوال، با مقیاس پنج درجه‌ای طیف لیکرت استفاده شد و توزیع فراوانی پاسخگویان در ارتباط با مولفه‌های مربوطه نشان داده شد (جدول ۴، ۵، ۶ و ۷). مطابق آزمون کای اسکور (جدول ۵)، همه مؤلفه‌های مربوط به تأثیر آشنایی با دانش بومی بر ایجاد اشتغال در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. به عبارتی آشنایی با دانش بومی بر تمامی مولفه‌های مربوط به بخش ایجاد اشتغال تأثیر داشته است. طوری که مولفه‌های "نقش آموزش و ترویج در حفظ و گسترش دانش بومی و اشتغال" دارای بیشترین میانگین (۳/۹) و "نقش دانش بومی در بهره‌برداری محصولات جنگلی دارای کمترین میانگین (۳) بودند. نتایج آزمون کای مربع (جدول ۵ و ۶) بیانگر تأثیر معنی‌دار آشنایی با دانش بومی بر مولفه‌های مربوط به "ایجاد درآمد" و ایجاد همزمان "اشتغال و درآمد" بود.

### توزیع درصد پاسخگویان با برخی فعالیت‌های جنگل

طبق نظر پاسخگویان (حدود ۳۸ درصد)، دانش بومی بیشترین اثر را بر حفاظت جنگل داشته و بهره‌برداری از محصولات غیرچوبی در رتبه بعدی قرار دارد. گزینه‌های تفرج و اکوتوریسم و جنگلکاری طبق نظر پاسخگویان با درصدی تقریباً مشابه از دانش بومی تأثیرپذیرند. جاده‌سازی آخرین فعالیت جنگلی متأثر از دانش بومی مطرح بوده است (شکل ۱).

### رابطه بین ویژگی‌های فردی مردم و آشنایی با دانش بومی

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن مبین همبستگی معنی‌دار بین سطح تحصیلات، مدت حضور در منطقه، شغل، درآمد ماهیانه و نوع کسب درآمد با آشنایی با دانش بومی است. اما برای ویژگی‌های فردی مانند جنسیت، سن، محل سکونت و زمان اشتغال و درآمد، عدم همبستگی بین این ویژگی‌ها با آشنایی با دانش بومی مشاهده شد (جدول ۲). نتایج تحلیل رگرسیون، معنی‌دار بودن ویژگی‌های سطح تحصیلات، مدت حضور در منطقه، شغل، درآمد ماهیانه و نوع کسب درآمد با آشنایی با دانش بومی را نشان داد (جدول ۳). بر این اساس،



شکل ۱- توزیع درصد پاسخگویان مرتبط با فعالیت‌های جنگل  
Figure 1. Distribution of percentage of respondents related to forest activities

جدول ۲- آزمون همبستگی اسپیرمن بین ویژگی‌های فردی و آشنایی با دانش بومی

Table 2. Spearman correlation between individual characteristics and familiarity of native knowledge

| ویژگی‌های فردی    | ضریب همبستگی | سطح معنی‌داری (P)   |
|-------------------|--------------|---------------------|
| جنسیت             | ۰/۰۷۴        | ۰/۲۳۷ <sup>NS</sup> |
| سن                | -۰/۱۲۰       | ۰/۰۵۳ <sup>NS</sup> |
| سطح تحصیلات       | ۰/۱۷۲        | ۰/۰۰۹ <sup>**</sup> |
| محل سکونت         | -۰/۱۱۹       | ۰/۰۵۵ <sup>NS</sup> |
| مدت حضور در منطقه | -۰/۳۵۲       | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| شغل               | -۰/۳۰۴       | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| درآمد ماهیانه     | -۰/۱۵۶       | ۰/۰۱۲ <sup>*</sup>  |
| نوع کسب درآمد     | -۰/۱۸۲       | ۰/۰۰۳ <sup>**</sup> |
| زمان اشتغال       | ۰/۰۱۰        | ۰/۸۷ <sup>NS</sup>  |

NS: عدم معنی‌داری، \*\*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، \*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

جدول ۳- تجزیه واریانس رگرسیون خطی، و ضرایب رگرسیون برخی ویژگی‌های فردی در ارتباط با میزان آشنایی با دانش بومی

Table 3. Analysis of linear regression variance, and regression coefficients of some individual characteristics related to the degree of familiarity with indigenous knowledge

| منبع تغییرات | df  | MS   | F                   | R <sup>2</sup> | مدل رگرسیون       | اشتباه معیار | t      | P value             |
|--------------|-----|------|---------------------|----------------|-------------------|--------------|--------|---------------------|
| خط رگرسیون   | ۱   | ۰/۱۳ | ۱/۸۵ <sup>**</sup>  |                | مقدار ثابت        | ۰/۰۴         | ۷۸/۴۹  | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| باقی‌مانده   | ۲۵۸ | ۰/۰۷ |                     | ۰/۶۷           | سطح تحصیلات       | ۰/۰۱         | ۱/۳۸   | ۰/۰۰۴ <sup>**</sup> |
| کل           | ۲۵۹ |      |                     |                | رابطه رگرسیونی    |              |        | Y=3.490+(0.017)X    |
| خط رگرسیون   | ۱   | ۲/۹۵ | ۴۸/۸۸ <sup>**</sup> |                | مقدار ثابت        | ۰/۰۳         | ۱۱۱/۵۱ | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| باقی‌مانده   | ۲۵۸ | ۰/۰۶ |                     | ۰/۱۵           | مدت حضور در منطقه | ۰/۰۱         | ۶/۹۹   | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| کل           | ۲۵۹ |      |                     |                | رابطه رگرسیونی    |              |        | Y=3.259+(0.107)X    |
| خط رگرسیون   | ۱   | ۲/۲۲ | ۳۵/۱۶ <sup>**</sup> |                | مقدار ثابت        | ۰/۰۴         | ۷۷/۳۷  | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| باقی‌مانده   | ۲۵۸ | ۰/۰۶ |                     | ۰/۱۲           | شغل               | ۰/۰۱         | ۵/۹۳   | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| کل           | ۲۵۹ |      |                     |                | رابطه رگرسیونی    |              |        | Y=3.206+(0.072)X    |
| خط رگرسیون   | ۱   | ۰/۶۲ | ۸/۱۲ <sup>**</sup>  |                | مقدار ثابت        | ۰/۰۵         | ۱۰۲/۶۱ | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| باقی‌مانده   | ۲۵۸ | ۰/۰۷ |                     | ۰/۴۳           | درآمد ماهیانه     | ۰/۰۲         | ۲/۹۸   | ۰/۰۰۳ <sup>**</sup> |
| کل           | ۲۵۹ |      |                     |                | رابطه رگرسیونی    |              |        | Y=3.281+(0.071)X    |
| خط رگرسیون   | ۱   | ۰/۴۹ | ۷/۰۹ <sup>**</sup>  |                | مقدار ثابت        | ۰/۰۵         | ۶۵/۷۳  | ۰/۰۰۰ <sup>**</sup> |
| باقی‌مانده   | ۲۵۸ | ۰/۰۷ |                     | ۰/۵۷           | نوع کسب درآمد     | ۰/۰۲         | -۲/۶۶  | ۰/۰۰۸ <sup>**</sup> |
| کل           | ۲۵۹ |      |                     |                | رابطه رگرسیونی    |              |        | Y=3.571+(-0.045)X   |

\*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ Y: متغیر وابسته و X: متغیر مستقل

جدول ۴- توزیع پاسخگویان به مولفه‌های اشتغال، و آزمون کای اسکور مرتب با اشتغال و آشنایی با دانش بومی  
Table 4. Distribution of respondents to employment components and Chi-square test related to employment and familiarity with indigenous knowledge

| مولفه   | درصد فراوانی پاسخگویان |      |       |      |           |                      |            |          |               |
|---|------------------------|------|-------|------|-----------|----------------------|------------|----------|---------------|
|   | خیلی کم                | کم   | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | میانگین پاسخ ۲۶۰ نفر | درجه آزادی | کای مربع | سطح معنی‌داری |
| نقش دانش بومی در اشتغال و درآمدزایی   | ۰                      | ۱۰/۸ | ۵۳/۵  | ۳۱/۹ | ۳/۸       | ۳/۳                  | ۳          | ۱۵۶/۸    | ۰/۰۰۰**       |
| نقش دانش بومی در بهره‌برداری از محصولات جنگلی                               | ۳/۵                    | ۰    | ۲۸/۱  | ۵۰   | ۱۸/۴      | ۳/۸                  | ۳          | ۱۱۸/۷    | ۰/۰۰۰**       |
| نقش دانش بومی در اشتغال روستاییان به‌واسطه بهره‌برداری از محصولات فرعی جنگل | ۱۰                     | ۲۲/۳ | ۲۹/۲  | ۳۳/۱ | ۵/۴       | ۳                    | ۷۴/۸       | ۰/۰۰۰**  |               |
| نقش حمایت ادارات دولتی در گسترش دانش بومی و تاثیر آن در اشتغال              | ۸/۵                    | ۱۵/۴ | ۶/۹   | ۲۶/۱ | ۴۳/۱      | ۳/۸                  | ۴          | ۱۱۶/۵    | ۰/۰۰۰**       |
| نقش تسهیلات در گسترش دانش بومی و تاثیر آن در اشتغال                         | ۴/۲                    | ۸/۵  | ۲۶/۹  | ۲۶/۹ | ۳۳/۴      | ۳/۸                  | ۴          | ۸۵/۶     | ۰/۰۰۰**       |
| نقش آموزش و ترویج در حفظ و گسترش دانش بومی و اشتغال                         | ۳/۱                    | ۸/۱  | ۲۰/۸  | ۳۴/۶ | ۳۳/۴      | ۳/۹                  | ۴          | ۱۰۷/۱    | ۰/۰۰۰**       |

جدول ۵- توزیع پاسخگویان به مولفه‌های درآمد، و آزمون کای اسکور مرتب با درآمد و آشنایی با دانش بومی  
Table 5. Distribution of respondents to income components, and Chi-square test related to income and familiarity with indigenous knowledge

| مولفه                                     | درصد فراوانی پاسخگویان |      |       |      |           |                      |            |          |               |
|---|------------------------|------|-------|------|-----------|----------------------|------------|----------|---------------|
|   | خیلی کم                | کم   | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | میانگین پاسخ ۲۶۰ نفر | درجه آزادی | کای مربع | سطح معنی‌داری |
| نقش دانش بومی در درآمدزایی                | ۱/۱                    | ۰/۸  | ۴۲/۳  | ۴۳/۱ | ۱۲/۷      | ۳/۶                  | ۴          | ۳۳۵/۲    | ۰/۰۰۰**       |
| نقش صنایع دستی سنتی بر معیشت              | ۱۵                     | ۳۳/۱ | ۲۹/۲  | ۱۷/۳ | ۵/۴       | ۲/۶                  | ۴          | ۶۵/۳     | ۰/۰۰۰**       |
| نقش دانش بومی بر رونق زندگی               | ۱۳/۸                   | ۳۳/۱ | ۲۱/۵  | ۱۷/۳ | ۱۴/۳      | ۲/۸                  | ۴          | ۳۲/۷     | ۰/۰۰۰**       |
| نقش تولید عسل در درآمد و اشتغال           | ۲/۳                    | ۵    | ۳۲/۵  | ۲۰/۸ | ۳۸/۴      | ۳/۹                  | ۴          | ۱۳۷/۹    | ۰/۰۰۰**       |
| نقش تولید گیاهان دارویی در درآمد و اشتغال | ۲/۷                    | ۲۱/۱ | ۲۰    | ۳۲/۳ | ۲۳/۹      | ۳/۵                  | ۴          | ۶۰/۷     | ۰/۰۰۰**       |
| نقش محصولات لبنی در درآمد و اشتغال        | ۳/۵                    | ۵/۴  | ۲۴/۲  | ۴۰/۸ | ۲۶/۱      | ۳/۸                  | ۴          | ۱۲۶/۶    | ۰/۰۰۰**       |
| نقش جشنواره ایجاد درآمد و اشتغال          | ۵/۸                    | ۱۴/۲ | ۳۴/۶  | ۳۰/۸ | ۱۴/۶      | ۳/۳                  | ۴          | ۷۷/۳     | ۰/۰۰۰**       |

۸). در حقیقت، میانگین کل مجموع سوال‌های ایجاد اشتغال، ایجاد درآمد، ایجاد اشتغال و درآمد و حفاظت از جنگل‌های منطقه تحت تاثیر آشنایی با دانش بومی از عدد حد واسط (۳) به ترتیب به مقدار ۰/۵۹، ۰/۳۸، ۰/۶۴ و ۰/۳۵ بیشتر بود. این نشان می‌دهد آشنایی با دانش بومی می‌تواند سبب ایجاد اشتغال، درآمد و حفاظت از جنگل‌های منطقه واز شود.  
- ارتباط ویژگی‌های فردی مردم و آشنایی با دانش بومی

نتایج پیش رو با استفاده از آزمون اسپیرمن نشان می‌دهد که همبستگی معنی‌داری بین سطح تحصیلات، مدت حضور در منطقه، شغل، درآمد ماهیانه و نوع کسب درآمد پاسخگویان با آشنایی با دانش بومی وجود دارد. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های محمودی (۱۶) و میرزایی و همکاران (۲۰) همسو است. در این راستا، حیدری و سعیدی گراغانی (۹) بیان می‌دارند، دانش بومی بهره‌برداران در بین اقشار سنتی سبب رویکرد مثبت آنها نسبت به شغل فعلی می‌شود. وانگ دن

مولفه‌های "نقش تولید عسل به شیوه سنتی در ایجاد درآمد و اشتغال" و "نقش جشنواره‌های مربوط به شناسایی شیوه سنتی در ایجاد درآمد و اشتغال" بیشترین (۳/۹) و کمترین (۳/۳) میانگین ثبت کردند (جدول ۶). مطابق نتایج آزمون کای اسکور "نقش شیوه سنتی در تولید عسل سبب حفاظت از جنگل می‌شود" بیشترین میانگین (۴/۰) و "نقش شیوه سنتی در تولید محصولات لبنی سبب حفاظت از جنگل می‌شود" کمترین میانگین (۲/۲) را بین مولفه‌های مربوط به تاثیر آشنایی با دانش بومی بر حفاظت از جنگل‌های منطقه ثبت کردند (جدول ۷).

از آنجایی که برای پاسخ‌گویی به سوال‌ها (مولفه‌ها) از طیف لیکرت ۵ درجه‌ای از ۱ (خیلی کم) تا ۵ (خیلی زیاد) استفاده شد، بنابراین، حد متوسط و میانگین فرضی آن یعنی عدد ۳ (مجموع اعداد ۱ تا ۵ تقسیم بر ۵)، مبنای مقایسه برای استفاده از آزمون t تک نمونه‌ای قرار گرفت که اختلاف با میانگین برای هر چهار شاخص ذکر شده معنی‌دار بود (جدول

می‌شود تا در تعامل با محیط اطراف خود بر دانش بومی اشراف یافته و بدین شکل میزان آگاهی آنها نسبت به دانش بومی بیشتر از افرادی باشد که به صورت فصلی در منطقه حضور دارند (۲۹،۲۸،۱۲). این امر را به ویژه می‌توان در زمینه شناخت گیاهان و نیز شناخت خواص دارویی گیاهان مشاهده نمود. همچنین شغل و در آمد ماهیانه افراد نیز در آشنایی آنها با دانش بومی رابطه معنی‌داری دارد. چنین نتایجی را می‌توان در گزارش پاسکالین و همکاران (۲۱) و کالا و آلمورا (۱۲) جستجو کرد. کشاورزان و دامداران به دلیل حضور دائم در منطقه، بیشتر با دانش بومی آشنایی دارند، اما افرادی که در سایر شغل‌ها مشغولند به دلیل عدم رابطه عمیق‌تر با طبیعت آشنایی کمتری با دانش بومی دارند. همچنین، نوع درآمد می‌تواند چنین تأثیری را بگذارد و کسانی که درآمد بیشتری دارند، قطعاً چه در زمینه کشاورزی و دامداری و یا تولیدات و فرآورده‌های مختلف، در تعامل بیشتر با محیط بوده و تسلط بیشتری بر دانش بومی دارند (۲۳،۳). این امر را می‌توان در نوع کسب و کار نیز مشاهده کرد. به طور مثال در زمینه تولید محصولات دامی که بیش از ۷۷ درصد کسب و کار منطقه را تشکیل می‌دهد با تکیه بر دانش بومی و با تاسی از روش‌های سنتی به تولید محصولات مشغول هستند. این امر را می‌توان در زمینه تولید عسل و گیاهان دارویی و محصولات فرعی جنگل نیز مشاهده کرد.

بوگ و همکاران (۲۷) نیز در تحقیق خود اظهار می‌کنند که کودکان و نوجوانان سورینام در کنار والدین به دلیل حضور در جنگل و محصولات جنگلی با دانش بومی آشنا می‌شوند. در بین سؤالات، گویه "حفاظت از جنگل‌های منطقه" بیشترین ضریب آلفای کرونباخ (۰/۸۵۰) و گویه "ایجاد اشتغال- درآمد" کمترین (۰/۷۰۶) آن را دارا بوده است. اصولاً، تحصیلات افراد، میزان دانش و آگاهی آنها را نشان می‌دهد. هر چه قدر افراد با سوادتر باشند دانش آنها نیز نسبت به شرایط محیط افزایش یافته و بدین شکل در تعامل با محیط اطراف، بهتر روابط موجود را درک نموده و برنامه درست و صحیح‌تری را انتخاب می‌نمایند (۲۴،۲۳،۵). نظر به اینکه در منطقه واز بیش از ۶۰ درصد سواد خواندن و نوشتن دارند، لذا می‌توان با آموزش، آنها را با دانش بومی آشنا کرد و این دانش را نهادینه کرد. مطالعات چای ترانگ و همکاران (۴) و لستاری و همکاران (۱۵) دلالت بر این دارد که سطح تحصیلات افراد محلی ارتباط تنگاتنگ با آشنایی آنها با دانش بومی دارد.

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، مدت حضور در منطقه نیز با میزان آشنایی افراد با دانش بومی رابطه معنی‌داری دارد. افرادی که به طور دائم در منطقه حضور دارند بیش از ۶۶/۵ درصد را به خود اختصاص می‌دهند. از آنجایی که این افراد تمام سال در منطقه حضور دارند لذا برای رفع نیاز خویش مجبور به استفاده از طبیعت اطراف هستند. این مهم سبب

جدول ۶- توزیع پاسخگویان به مؤلفه‌های اشتغال-درآمد، و آزمون کای مربع مرتبط با اشتغال-درآمد و آشنایی با دانش بومی

Table 6. Distribution of respondents to employment-income components, and Chi-square test related to employment income and familiarity with indigenous knowledge

| مؤلفه  | درصد فراوانی پاسخگویان |       |      |           | آماره                |            |          |
|--|------------------------|-------|------|-----------|----------------------|------------|----------|
|  | خیلی کم                | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | میانگین پاسخ ۲۶۰ نفر | درجه آزادی | کای مربع |
| نقش تولید عسل به شیوه سنتی در ایجاد درآمد و اشتغال                 | ۲/۳                    | ۵     | ۳۳/۵ | ۲۰/۸      | ۳۸/۵                 | ۴          | ۱۳۷/۹    |
| نقش تولید گیاهان دارویی به شیوه سنتی در ایجاد درآمد و اشتغال       | ۲/۷                    | ۲۱/۲  | ۲۰   | ۳۲/۳      | ۳۳/۹                 | ۴          | ۶۰/۷     |
| نقش محصولات لبنی به شیوه سنتی در ایجاد درآمد و اشتغال              | ۳/۵                    | ۵/۴   | ۲۴/۲ | ۴۰/۸      | ۲۶/۱                 | ۴          | ۱۲۶/۶    |
| نقش جشنواره‌های مربوط به شناسایی شیوه سنتی در ایجاد درآمد و اشتغال | ۵/۸                    | ۱۴/۲  | ۳۴/۶ | ۳۰/۸      | ۱۴/۶                 | ۴          | ۷۷/۳     |

جدول ۷- توزیع پاسخگویان به مؤلفه‌های حفاظت از جنگل‌ها، و آزمون کای مربع مرتبط با حفاظت از جنگل‌ها و آشنایی با دانش بومی  
Table 7. Distribution of respondents to conservation components, and Chi-square test related to forest conservation and familiarity with indigenous knowledge

| مؤلفه   | درصد فراوانی پاسخگویان |       |      | آماره    |            |               |
|---|------------------------|-------|------|----------|------------|---------------|
|   | خیلی کم                | متوسط | زیاد | کای مربع | درجه آزادی | سطح معنی داری |
| نقش دانش بومی در حفظ و حراست جنگل                                     | ۱۴/۲                   | ۲۶/۱  | ۱۹/۲ | ۲۳/۹     | ۴          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش زبان بهره برداری از محصولات فرعی جنگل روی کیفیت جنگل              | ۱۷/۳                   | ۱۵    | ۲۵   | ۱۶/۰     | ۴          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش دانش بومی در امر جنگلداری در حفاظت از جنگل                        | ۳/۸                    | ۷/۷   | ۳۶/۵ | ۱۱۷/۹    | ۴          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش شیوه سنتی در امر جنگلکاری در حفاظت از جنگل                        | ۰                      | ۵     | ۴۸/۱ | ۹۷/۵     | ۳          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش شیوه سنتی در بهره برداری محصولات غیر چوبی در حفاظت از جنگل        | ۳/۸                    | ۲۰/۸  | ۲۴/۲ | ۴۵/۶     | ۴          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش شیوه سنتی در امر تولید محصولات لبنی در حفاظت از جنگل              | ۴۴/۶                   | ۲۲/۳  | ۱۱/۹ | ۱۱۲/۲    | ۴          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش شیوه سنتی در امر تولید عسل در حفاظت از جنگل                       | ۷/۴                    | ۱/۹   | ۲۱/۹ | ۱۶۶/۵    | ۴          | ۰/۰۰۰**       |
| نقش شیوه سنتی در امر کاهش وابستگی روستاییان از جنگل و نیز حفاظت از آن | ۲۲/۷                   | ۵/۸   | ۲۰/۸ | ۳۶/۸     | ۴          | ۰/۰۰۰**       |

جدول ۸- آزمون t تک‌نمونه‌ای تاثیر آشنایی با دانش بومی بر ایجاد اشتغال، اشتغال و درآمد و حفاظت از جنگل‌های منطقه  
Table 8. Single-sample t-test of the impact of familiarity with indigenous knowledge on employment creation, employment and income and forest protection of the region

| مؤلفه                | میانگین | اشتباه معیار | df  | t      | سطح معنی داری | اختلاف از میانگین فرضی |
|----------------------|---------|--------------|-----|--------|---------------|------------------------|
| ایجاد اشتغال         | ۳/۵۹    | ۰/۰۳۰        | ۲۵۹ | ۱۹/۱۷۸ | ۰/۰۰۰**       | ۰/۵۹                   |
| ایجاد درآمد          | ۳/۳۸    | ۰/۰۲۴        | ۲۵۹ | ۱۵/۹۲۰ | ۰/۰۰۰**       | ۰/۳۸                   |
| ایجاد اشتغال و درآمد | ۳/۶۴    | ۰/۰۳۸        | ۲۵۹ | ۱۶/۸۲۳ | ۰/۰۰۰**       | ۰/۶۴                   |
| حفاظت از جنگل‌ها     | ۳/۳۵    | ۰/۰۲۸        | ۲۵۹ | ۱۲/۵۴۵ | ۰/۰۰۰**       | ۰/۳۵                   |

مردم با تکیه بر دانش بومی خویش می‌توانند از تولیدات متنوع با ارزش جنگلی استفاده کنند. همچنین هلند و همکاران (۱۰) معتقدند که گردشگری در نواحی روستایی، زمینه‌ساز رشد اقتصادی، متنوع سازی اقتصاد روستایی، ایجاد اشتغال و درآمد افراد بومی است.

در بین سؤالات این تحقیق، گویه تولید عسل به شیوه سنتی بیشترین امتیاز (۳۸/۴) و تولید صنایع دستی کمترین امتیاز (۵/۴) را دارا بود. اصولاً، یادگیری دانش بومی و انجام پژوهش‌هایی در زمینه داشته‌ها و دانسته‌ها و جوامع محلی می‌تواند درک شرایط محلی را بهبود بخشیده و زمینه را برای فعالیت‌های مختلف فراهم سازد و به عبارتی می‌توان اظهار داشت که دانش بومی می‌تواند سبب کارآفرینی شود (۲۶،۵). مردم بومی برای ادامه حیات مجبور به تعامل با محیط اطراف خویش هستند و باید از امکانات موجود در طبیعت بهره ببرند (۲۱). از آنجا که در منطقه هیچگونه امکاناتی جهت تولید اشتغال و درآمدزایی (نظیر صنایع، مراکز تجاری و گردشگری وجود ندارد) لذا روستائیان مجبورند با تکیه بر دانش بومی به شغل‌های سنتی نظیر تولیدات فرآورده‌های لبنی، عسل و گیاهان دارویی روی بیاورند. شغل‌هایی که تنها وابسته به طبیعت است و درآمد حاصل از آن می‌تواند تنها به چرخش زندگی و امرار معاش آنها کمک کند. شناسایی دقیق دانش

نتایج تحقیق حاضر (با استفاده از آزمون اسپیرمن) نشان می‌دهد که بین جنسیت، سن، محل سکونت و زمان اشتغال و با آشنایی با دانش بومی همبستگی وجود ندارد. از آنجایی که زنان دوشادوش مردان و همچنین جوانان به‌همراه بزرگسالان در حال کار در زمینه‌های کشاورزی، دامداری، تولید فرآورده‌های لبنی و تولید عسل می‌باشند لذا با توجه به استفاده از روش‌های سنتی در انجام امور یاد شده همه افراد از شناخت نسبی نسبت به دانش بومی برخوردارند. اگرچه، معمولاً مردها بیشتر از زنان در عرصه زندگی به‌کار مشغولند، عموماً افراد بزرگسال به‌دلیل سن زیاد و تعامل بیشتر با محیط اطراف از تجربه بیشتری برخوردار بوده و نسبت به دانش بومی تسلط بیشتری دارند (۲۵،۱۹). البته، یافته‌های ما از هر دو منظر تفاوتی را آشکار نکرد. شاید یکی از علت‌های نبود ارتباط سن با میزان آشنایی با دانش بومی، غیبت نمونه‌های مربوط به سنین زیر ۲۰ سال بوده باشد.

#### – ارتباط بین دانش بومی با ایجاد اشتغال و در آمد

همانند یافته‌های فیروزروز و همکاران (۸) بین آشنایی با دانش بومی و اشتغال و نیز درآمد افراد بومی منطقه رابطه معنی‌داری وجود دارد. کالا و آمورا (۱۲) نیز در تحقیق خویش به نتایج مشابه دست یافتند. به اعتقاد ایشان، منابع طبیعی بالادست جنگل‌ها نقش به‌سزایی در زندگی مردم بومی دارند و

از جنگل‌های منطقه واز با آشنایی با دانش بومی رابطه تنگاتنگی وجود دارد. شایان ذکر است که جنگل‌های واز از اکوسیستم‌های مهم جنگلی ایران محسوب بوده و حفظ و نگهداری آن ضروری است. روستاییان صدها سال است که در حاشیه این جنگل‌های با ارزش زندگی کرده و با توجه به دانش بومی که از پدران خود به ارث برده‌اند، برای امرار معاش از محصولات فرعی جنگل از قبیل گیاهان دارویی، میوه‌ها، پرورش زنبور عسل و غیره بهره جسته‌اند. این امر سبب گردیده است که جنگل‌ها به‌عنوان منبع اصلی حیات و تامین‌کننده نیازهای روستاییان حفظ گردد. از این رو، توجه به این دانش و اشاعه آن با اصول مدرن و مدیریت منطقی می‌تواند به نیازهای مردم پاسخ گفته و با ایجاد اشتغال و درآمدزایی سبب رونق اقتصادی شده و تعرض به عرصه‌های جنگلی به‌ویژه قلاچاق چوب را به حداقل ممکن رساند و در نهایت به حفاظت از این منابع با ارزش جامع عمل پوشانده شود. در این میان ارایه تسهیلات بانکی، حضور کارشناسان مبرز و ارایه طریق توسط بخش دولتی بسیار تاثیرگذار خواهد بود. بنابراین، بایستی کارشناسان، مروجین، مصلحین منابع طبیعی و سایر متخصصین به‌دنبال دانش روستایی رفته و آنها را شناسایی، گردآوری، دسته‌بندی، آنالیز، اصلاح و تدوین کرده و با دانش نوین تلفیق نموده و زمینه حفاظت بهتر، اشتغال و کارآفرینی در منطقه را فراهم آورند.

#### پیشنهادها

- ۱- ایجاد تسهیلات بانکی برای روستاییان به‌منظور ایجاد اشتغال و کارآفرینی،
- ۲- برگزاری کلاس‌های آموزشی ترویجی در زمینه تولید و نگهداری محصولات فرعی،
- ۳- برگزاری جشنواره‌های سنتی به‌منظور شناساندن منطقه واز
- ۴- ایجاد بوم گردی در منطقه واز به‌منظور جلب گردشگر،
- ۵- تأمین امنیت و امکانات لازم جهت جلب و استقرار گردشگر،
- ۶- ایجاد بازارچه‌های بومی برای عرضه و فروش محصولات غیر چوبی در منطقه واز و
- ۷- برنامه‌ریزی جهت ایجاد باغ کشت‌ها به‌منظور ایجاد درآمد و جذب گردشگر.

بومی در زمینه این محصولات، برگزاری دوره‌های آموزشی و ترویجی مربوطه، حمایت‌های بخش دولتی به‌ویژه اعطای وام و همچنین برگزاری جشنواره‌های مختلف مربوطه در طول سال می‌تواند علاوه بر احیاء این دانش نسبت به توسعه آن نیز تأثیر به‌سزایی داشته و بدین شکل سبب گسترش کارآفرینی شود (۴).

#### - ارتباط دانش بومی با حفاظت از جنگل‌های منطقه

همانند یافته‌های شجاعی و همکاران (۲۲) در تحقیق ما آشکار شد که بین آشنایی با دانش بومی و حفاظت از جنگل‌های منطقه رابطه معنی‌دار وجود دارد. در این راستا، مطالعات آذر و همکاران (۱) نیز مبین این است که دانش بومی علاوه بر ایجاد اشتغال و درآمد سبب حفاظت از عرصه‌های منابع طبیعی می‌گردد. اگر ارزش‌های اجتماعی-اقتصادی و فرهنگ بومی منطقه توسط تولید حفظ شود کمک شایانی در حفظ تنوع زیستی و کاهش آسیب به محیط زیست می‌گردد. اصولاً، دیدگاه مردم نسبت به حفظ و حراست از منابع طبیعی مثبت است؛ بنابراین، با افزایش سطح آگاهی و ترویج دانش بومی می‌توان زمینه حفاظت بهتر را فراهم ساخت (۱۸).

در تحقیق پیش رو، همچنین معلوم شد که شیوه سنتی در تولید عسل بیشترین (با امتیاز ۴۸/۱) و شیوه سنتی در تولید محصولات لبنی کمترین (با امتیاز ۸/۵) نقش را در حفاظت از جنگل‌های منطقه دارد (جدول ۷). این امر بدین علت است که زنبور عسل برای تولید محصول بیشتر به تنوع گیاهی وابسته است. اما در رابطه با تولید محصولات لبنی، از آنجایی که دام باید به‌طور مرتب در جنگل حضور داشته و از گیاهان، نهال‌ها و شاخ و برگ درختان استفاده کند، این امر باعث تخریب عرصه‌های جنگلی به‌خصوص زادآوری کف جنگل می‌شود (۱۹، ۱۷، ۶). تولید سایر فرآورده‌ها مانند گیاهان دارویی نیز مشابه محصولات لبنی است چرا که بهره‌برداران بایستی برای تهیه گیاهان دارویی وارد جنگل شده و گیاهان دارویی مورد نظر را برداشت نمایند. قطعاً اگر این برداشت براساس الگوی مناسبی انجام نشود تخریب جنگل‌های منطقه را به‌همراه خواهد داشت.

به‌طور کلی، یافته‌های این تحقیق آشکار ساخت که بین ویژگی‌های فردی مردم منطقه، اشتغال و درآمد و نیز حفاظت

#### منابع

1. Azar, F., J. Mahmoudi and Sh. Rastegar. 2016. The role of indigenous knowledge in creating employment (Case study: Polour, Mazandaran Province). Second National Congress on the Path of Agriculture and Natural Resources Development, May 2016, Gorgan, Iran. (In Persian).
2. Azizi, T. and D. Havati. 2006. The necessity of circuit interaction instead of circuit opposite altitude in integrating native and modern knowledge. Jihad Monthly, 224-238 (In Persian).
3. Barasa, B., D. Mfitumukiza, A. Egeru, M.S. Mbogga, J. Wokadala, A. Ahabwe, S. Kasajja, Z. Namususwa and C. Nabatta. 2020. The role of indigenous knowledge (IK) in adaptation to drought by agropastoral smallholder farmers in Uganda. Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK), 19(1): 44-52.
4. Chi Trung, T., X. Le Quynh and V. Van Hieu. 2007. The Role of Indigenous Knowledge in Sustainable Development: A Case study of the Vietnam Mountain regions. Relevance for Africa Emmanuel K. Boon and Luc Hens, Editors, 215-224.



5. Donovan, D.G. and R.K. Puri. 2004. Learning from traditional knowledge of non-timber forest products: Penan benalui and the autecology of aquilaria in Indonesian Borneo. *Journal Ecology and Society*, 9 (3): URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art3/>
6. Eftekhari Roknoddin, A.R. and N. Vazin. 2015. Differences in effectiveness of indigenous and modern knowledge to reduce vulnerabilities of rural communities to natural disaster (Case study: Rural communities of Khoresh-Rostam district, Khalkhal Township, Iran). *Human Geography Research*, 47(4): 727-742 (In Persian).
7. Emadi, M. and A. Abbasi. 1988. Indigenous knowledge and sustainable development of villages: An old perspective on modern zones. *Rural Development*, 2: 17-45 (In Persian).
8. Firuzruz, M., M. Ghorbani and R. Erfanzadeh. 2017. Indigenous knowledge and local traditions for sheep dairy products and management (Case study: Takor village, Noor city). *Journal of Range and Watershed Management*, 69(3): 661-667 (In Persian).
9. Hevdari, Gh. and H.R. Saeidi Geraghani. 2011. Ecotourism and sustainable development. First International Symposium of Tourism Management and Sustainable Development. Marvdasht Azad University. (In Persian).
10. Holland, J., M. Burian and L. Dixey. 2003. Tourism in poor rural areas: diversifying the product and expanding the benefits in rural Uganda and the Czech Republic. In: Pro-Poor Tourism Partnership (<http://www.propoortourism.org.uk>) PPT Working Paper No. 12.
11. Hezarjeribi, J. and R. Safari Shali. 2015. Application of grounded theory in recognition of indigenous knowledge. *Semiannual Journal of Indigeounus Knowledge*, 2(3): 37-65 (In Persian).
12. Kala, C.P. and K. Almora. 2005. Revitalizing traditional herbal by exploring medicinal plants: A case study of uttaranchal state in India. *Plant Institute of Himalayan Environment and Development*, 263-643.
13. Karimi, R. 2015. *Easv statistical analysis guide with SPSS*. Hengam Press. 318 pp (In Persian).
14. Khaleghi, P., H.R. Abbasi, M. Froohar, M. Hosseini and H. Ghelichnia. 1998. Profile of Hyrcanean forests (Vazrood Research Forest). *Institute Forest and Rangeland*, 380 pp (In Persian).
15. Lestaari, S., K. Kotani and M. Kakinaka. 2014. Enhancing voluntary participation in community collaborative forest management (A case of Central Java, Indonesia). *Journal of Environmental Management*, 150: 299-309.
16. Mahmoudi, J. 2006. *Introduction to natural resources recognition (with emphasis on forest and rangeland)*. Azad University Press. Noor Branch. 175 pp (In Persian).
17. Mahmoudi, J., Sh. Lotfi and S.Kh. Mahdavi. 2017. The role of indigenous knowledge in conservation, restoration and optimization of use of rangeland in the Khurtab Rudbar basin, Noor County. *Pajouhesh and Sazandegi*, 116: 53-60 (In Persian).
18. Makhura, M.N. 2004. Economic perspective to indigenous knowledge in rural development. *South Africa Rural Development*, 2(4): 39-43.
19. Malek Mirzaei, M. 2017. The Role of forest and rangeland by-products on the livelihood of villagers. *Village and Development*, 20(4): 17-28 (In Persian).
20. Mirzaei, M., S. Rahmani, M. Shokat Fadaei and A. Parhizkari. 2014. Analyzing the possibility of local and indigenous knowledge and information from the viewpoints of agricultural users (Case Study of Qazvin Province). *Journal of Agricultural and Natural Resources Research*, 18(3): 53-63 (In Persian).
21. Pascal C.L., S. Patric, T. Mulualem and O. Perchrister. 2011. Factors influencing people's participation in the forest management program in Burkina Faso, West Africa. *Forest Policy and Economics*, 13: 292-302.
22. Sadeghloo, T. and E. Azizi Demirchiloo. 2015. Evaluating the impact of native knowledge on sustainability of agricultural development (Case Study: Villages of Gogtepi Village of Bileshwar City). *Rural Research*, 6(2): 389-410 (In Persian).
23. Shingirai S. 2018. Adaptation measures to sustain indigenous practices and the use of indigenous knowledge system to adapt to climate change in Mutoko rural district of Zimbabwe. *Jamba*, 10(1): 388.
24. Shojaei, R., J. Mahmoudi and S.Kh. Mahdavi. 2015. A survey between indigenous science and tourism development in Lavidj watershed, Noor City. 1<sup>st</sup> International and 4<sup>th</sup> national Symposium of Tourism, Ghegraphy and Sustainable Environment, (In Persian).
25. Takovoh, E.C. 2007. Indigenous knowledge and sustainable development in Africa: Case Study on Central Africa. *Relevance for Africa Emmanuel K. Boon and Luc Hens, Editors*, 121-139.
26. Thorne, P.J., D.B. Subba, D.H. Walker, B. Thapa, C.D. Wood and F.L. Sinclair. 1999. The basis of indigenous knowledge of tree fodder quality and its implications for improving the use of tree fodder in developing countries. *Animal Feed Science and Technology*, 81: 119-131.
27. Tikai, P. and A. Kama. 2010. A study of indigenous knowledge and its role to sustainable agriculture in Samoa. *Ozean Journal of Social Sciences*, 3: 1.
28. Turi, J.A, M. Ahmad, M. Ibrahim, K. Haloul, A. Manand and M. Imran Arif. 2019. Role of indigenous knowledge in managing floods projects. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 6(9): 87-96.
29. Van den B., T. Van Andel and J. Bulkan. 2017. Indigenous children's knowledge about non-timber forest products in Suriname. *Economic Botany*, 71(4): 361-373.

## **The Role of Indigenous Knowledge in Employment, Income of Local People and Conservation of Hircanian Forests from the Viewpoint of Vaz Area Residents, Noor City**

**Fereydoon Aghajantabar<sup>1</sup>, Masoud Tabari Kouchaksaraei<sup>2</sup> and Jalal Mahmoudi<sup>3</sup>**

---

1- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

2- Professor of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran,

(Corresponding author: mtabari@modares.ac.ir)

3- Associated Professor of Watershed and Range Department, Islamic Azad University, Noor Branch, Iran

Received: September 8, 2019

Accepted: April 3, 2020

---

### **Abstract**

Indigenous knowledge refers to a set of skills, values, beliefs and methods of a social group that has been inherited in various areas of life through the experiences and approval of generations of generations. A great number of villagers have been living on the outskirts of the valuable Hircanian forests of northern Iran for hundreds of years. This research was carried out with the aim of the role of indigenous knowledge in employment, income of local people and conservation of forests of Vaz, city of Noor. The research was a survey and information gathering method in this documentary-field study and data gathering tool was questionnaire and interview. To determine the validity of the research, experts' opinions were used and to determine its reliability was applied the Cronbach's alpha (0.8) and SPSS software. The statistical population consisted of residents of the area of Vaz (800 people) and the sample size (260) was randomized using Cochran sampling method. In order to prove the hypotheses, inferential statistics such as Spearman Correlation Coefficient (for quantitative data), chi-square's test, one-variable regression and one-sample t-test were used. The results showed that there was a significant correlation between the educations, the duration of the presence in the area, the employment, monthly income and the type of income earned by the individuals in the area with native knowledge ( $p \leq 0.05$ ). This is while there was not a significant relation between of gender, age, place of residence, and the time of employment and income of individuals with indigenous knowledge. The results also revealed that familiarity with native knowledge creates employment and income and improves the protection of forests in the region.

**Keywords:** Employment, Forest Conservation, Income, Indigenous Knowledge



"مقاله پژوهشی"

بررسی صحت برآورد زی توده روی زمینی درختان صنوبر کبوده (*Populus alba*)  
با استفاده از معادلات آلومتریکی

ابوذر حیدری صفری کوچی<sup>۱</sup>، تیمور رستمی شاهراجی<sup>۲</sup>، رضا ابراهیمی آتانی<sup>۳</sup> و یعقوب ایران‌منش<sup>۴</sup>

۱- دانش‌آموخته دکتری، جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران  
(نویسنده مسوول: heidariabouzar@gmail.com)

۲- استاذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳- دانشیار، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۶

صفحه: ۱۳۳ تا ۱۴۱

چکیده

محاسبه زی توده درختان، به ایجاد درکی روشن از پتانسیل تولید رویشگاه‌های جنگلی طبیعی و دست‌کاشت منجر می‌شود. اندازه‌گیری زی توده درختان، با روش قطع مستقیم و روش‌های برآوردی امکان‌پذیر است. مطالعه حاضر به منظور بررسی صحت معادلات آلومتریکی در برآورد زی توده صنوبر کبوده (*Populus alba* L.) در روستای کران استان چهارمحال و بختیاری به انجام رسید. به این منظور ۳۰ اصله درخت در منطقه مورد مطالعه به صورت تصادفی انتخاب و مشخصات کمی آن‌ها از جمله قطر و ارتفاع درختان، اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس زی توده درختان انتخاب شده با استفاده از روابط آلومتریکی توانی و به کارگیری قطر برابر سینه محاسبه شد. سپس تمامی درختان منتخب، قطع، به اجزاء مختلف تقسیم، توزین و نمونه‌گیری شدند و با کسر درصد رطوبت محاسبه شده برای نمونه‌ها و تعمیم آن به کل هر بخش، زی توده اندام‌های مختلف درختان محاسبه و نتایج حاصل از روش قطع با زی توده برآورد شده از معادلات آلومتریکی مقایسه شد. نتایج آزمون t زوجی نشان داد که بیشترین زی توده درختان به ترتیب به تنه، شاخه، سرشاخه و برگ درختان اختصاص دارد. همچنین نتایج مقایسه دو روش نشان داد که میزان محاسبه شده زی توده تنه (P: +/۳۸۷)، شاخه (P: +/۰۹۳) و برگ (P: +/۰۸۲) درختان، بین دو روش اختلاف معنی‌داری ندارند. اما در مورد زی توده سرشاخه اختلاف دو روش معنی‌دار بود (P: +/۰۰۷). نتایج این مطالعه نشان داد که معادلات آلومتریکی توانی دقت بالایی (۹۰٪) در برآورد زی توده درختان صنوبر دارند و می‌توان در مطالعات مرتبط، از این روابط رگرسیونی به جای روش مخرب و هزینه‌بر قطع استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: چهارمحال و بختیاری، رگرسیون توانی، سپیدار، وزن خشک

مقدمه

در ارزیابی ساختار و شرایط جنگل، کاربرد فراوانی داشته و به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزش‌گذاری فرآیندهای اقتصادی و بوم‌شناختی توده‌های جنگلی طبیعی و دست‌کاشت محسوب می‌شود (۲۲). امروزه مطالعات مربوط به ذخیره و ترسیب کربن<sup>۱۰</sup> در اندام‌های گیاهی، بر مبنای اندازه‌گیری زی توده انجام می‌شود (۱۱). از طرفی مقدار زی توده در اندام‌های مختلف به‌عنوان شاخصی از تولید و یا وقوع آشفستگی در رویشگاه محسوب می‌شود (۱۴،۲۳). از سوی دیگر، بررسی زی توده درختان به منظور آگاهی از نرخ رویش درختان و ارزش‌گذاری آن‌ها به‌عنوان یک نوع زیست‌سوخت<sup>۱۱</sup> حائز اهمیت است (۱۸). تاکنون روش‌های متعددی برای محاسبه زی توده درختان ارائه شده است. دقیق‌ترین شیوه برای تخمین زی توده درختان، روشی است که در آن درخت را قطع و آن را به تفکیک اندام‌ها تقسیم، خشک و توزین می‌کنند (۱). این روش از نظر زیست‌محیطی، مخرب و از نظر اجرائی هزینه‌بر و پرزحمت است. روش دیگر، قطع جزئی است که شامل دو روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی (RBS)<sup>۱۲</sup> و زیرنمونه برداری<sup>۱۳</sup> است که هر دو روش باز هم دارای درصدی از تخریب بوده و دقت کمتری نسبت به روش قطع کامل دارند اما روش‌های برآوردی رایج شامل استفاده از عامل

درختان سریع‌الرشد صنوبر با داشتن ویژگی‌های منحصر به فردی چون خاصیت بادشکنی، سایه مطلوب، چوب مناسب برای ساختمان‌سازی و تولید علوفه همواره مورد توجه بشر قرار داشته‌اند (۱). بعد از انقلاب صنعتی، مناسب بودن چوب و الیاف صنوبر برای کاغذسازی، جنس صنوبر را زمره‌ی درختان پر اهمیت در دنیا قرار داده است؛ تا جایی که برای آن کمیسیون بین‌المللی<sup>۱</sup> نیز تشکیل شده است. ایران از سال ۱۳۳۴ شمسی عضو این کمیسیون می‌باشد. صنوبرها در رده‌بندی گیاهی در راسته مالپیگیالس<sup>۲</sup> و تیره بیدیان<sup>۳</sup> قرار می‌گیرند (۱۷) و رویش سالانه آن‌ها تا ۳۰ مترمکعب نیز گزارش شده است. گونه‌های جنس صنوبر با توجه به خصوصیات مورفولوژیک و قرابت نژادی به پنج بخش ایگروس<sup>۴</sup>، تورانگا<sup>۵</sup>، لوسه<sup>۶</sup>، لوکوئیدس<sup>۷</sup> و ایکن<sup>۸</sup> تقسیم‌بندی شده‌اند. گونه کبوده (*Populus alba* L.) یکی از گونه‌های مهم و پرمحصول بخش لوسه است که در بخش‌های غربی و مرکزی ایران به‌طور گسترده مورد استفاده کشاورزان و زارعین چوب قرار گرفته و تولید چوب مناسبی نیز داشته است (۱۷،۱۰). وزن خشک (بدون آب) اندام‌های گیاه (یا هر موجود زنده دیگری) را زی توده<sup>۹</sup> می‌نامند (۱۸). اندازه‌گیری زی توده

1- International Poplar Commission (IPC)

5- Turanga Bage

10- Carbon sequestration

6- Leuce

11- Bioenergy

2- Malpighiales

7- Leucoides spach

12- Randomized Branch Sampling

3- Salicaceae

8- Abaso Ecken

4- Aigeiros Duby

9- Biomass

13- Sub sampling

این قلمستان‌ها افزوده است. مطالعه حاضر بر آن است تا با مقایسه میزان برآورد زی توده اندام‌های مختلف روی زمینی گونه کبوده در استان چهارمحال و بختیاری، با استفاده از معادلات آلومتریک و مقایسه آن با روش قطع کامل، دقت این روابط رگرسیونی در برآورد زی توده گونه کبوده را مورد آزمون قرار دهد تا در صورت حصول دقت مناسب در مطالعات بعدی نیازی به قطع درخت وجود نداشته باشد. مزیت گونه صنوبر در این گونه مطالعات، عدم نیاز به اخذ مجوز قطع و جنبه زراعی این گونه است.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در قلمستان‌های صنوبر واقع در حاشیه روستای کران از توابع شهرستان فارس در استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفت. روستای کران در ۵ کیلومتری شهرکرد و در محدوده  $32^{\circ} 13' 8''$  عرض جغرافیایی شمالی قرار گرفته است. متوسط ارتفاع این روستا از سطح دریا  $2322$  متر، متوسط بارندگی سالانه آن  $489$  میلی‌متر، و متوسط دمای سالانه آن  $12$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خاک منطقه غالباً رسی (Clay) با بافت سنگین و دارای حدود  $10$  درصد سنگریزه است (شکل ۱) (۲۱). توده مورد بررسی صنوبر کاری  $8$  ساله انجام شده با گونه کبوده با فاصله کاشت  $1 \times 1$  متر می‌باشد.

### روش پژوهش

#### انتخاب درختان و برداشت داده

به منظور انجام مطالعه حاضر، ابتدا تعداد  $30$  اصله درخت صنوبر سالم و بدون خشکیدگی در منطقه مورد مطالعه به صورت تصادفی با ضرب عدد تصادفی ماشین حساب در  $100$  و شمارش درخت تعیین شده در هر ردیف قلمستان انجام شد. سپس درختان منتخب شماره‌گذاری شده و قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر یقه، ارتفاع شروع تاج و میانگین دو قطر عمود برهم تاج (قطر متوسط تاج) درختان منتخب اندازه‌گیری و در فرم‌های تهیه شده ثبت شد.

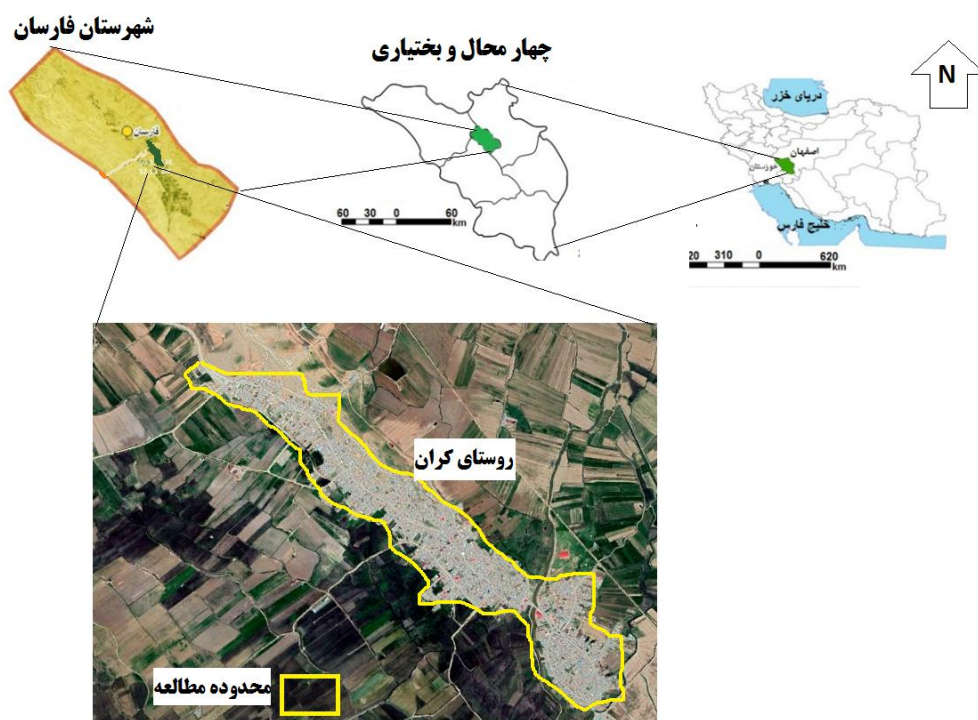
#### استفاده از معادلات آلومتریک

مطالعات انجام شده اثبات کرده‌اند که معادلات آلومتریک با تابع توانی، دقیق‌ترین معادلات در برآورد زی توده صنوبر هستند و از میان متغیرهای مستقل مورد استفاده در این معادلات نیز، متغیر قطر برابر سینه در کنار سهولت اندازه‌گیری، قوی‌ترین روابط را با زی توده این گونه ایجاد می‌کند.

بسط زی توده (BEF)<sup>۱</sup> و معادلات آلومتریک<sup>۲</sup> می‌باشند که امروزه استفاده از آن‌ها در مطالعات جنگلداری رو به گسترش است (۱۳، ۱۵). معادلات آلومتریک شامل روابط رگرسیونی است که حاصل کار محققان دیگر بوده و با استفاده از آن‌ها، بدون نیاز به قطع درخت می‌توان زی توده درخت را محاسبه نمود. کارکرد این معادلات به این نحو است که با دادن یک متغیر مستقل مانند قطر برابر سینه به آن، می‌توان متغیر وابسته (در این جا زی توده درخت) را محاسبه کرد (۶).

از مطالعات انجام شده در این زمینه در جهان می‌توان به مطالعه چاتورودی و راگوبانشی (۷) که به تخمین زی توده درختان چوبی کم‌قطر در جنگل‌های خشک استوایی پرداختند اشاره نمود. در معادلات آلومتریک ایجاد شده در مطالعه ایشان، قطر تنه به‌عنوان بهترین متغیر مستقل برای برآورد زی توده برگ و شاخه و متغیر چگالی چوب به‌عنوان بهترین متغیر مستقل برای برآورد زی توده کل درختان استوایی معرفی شد. در مطالعه‌ای دیگر الیویرا و همکاران (۱۵) تخصیص زی توده هوایی و زیر زمینی دوره‌های مختلف صنوبر را تحت شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای در اسپانیا مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که قطر یقه درختان مورد بررسی، بهترین معادلات آلومتریک را برای پیش‌بینی و برآورد زی توده و اندوخته کربن زیرزمینی (ریشه‌ها) درختان صنوبر ایجاد نموده است. همچنین برهونگاری و همکاران (۳) در مطالعه خود دریافتند که معادلات آلومتریک از جمله کارآمدترین روش‌های برآورد زی توده هوایی و زیرزمینی گونه صنوبر در بین روش‌های غیرمستقیم برآورد زی توده درختان به‌شمار می‌رود. در ایران نیز مطالعات مرتبط در مورد چند گونه درختی انجام شده است. از جمله بختیاروند بختیاری و سهرابی (۲) معادلات آلومتریک را برای مقایسه اندوخته کربن درختان سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مورد استفاده قرار دادند که این معادلات در مورد گونه‌های سوزنی‌برگ دقت مناسب‌تری را ارائه داد. حیدری صفری کوچی و همکاران (۱۲) معادلات آلومتریک مربوط به زی توده گونه صنوبر کبوده را در چهار فاصله کاشت مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که این معادلات با تغییر فواصل کاشت تغییرات محسوسی می‌یابند. طاهری آبکنار و همکاران (۲۰) معادلات آلومتریک را برای برآورد انتشار کربن از جنگلکاری‌های کاج تدا در اثر آتش‌سوزی مورد استفاده قرار دادند و مقدار آن را در لکه آتش‌سوزی  $52/47$  تن برآورد نمودند.

وجود بیش از  $7000$  هکتار صنوبر کاری در استان چهارمحال و بختیاری که غالباً با گونه صنوبر کبوده صورت گرفته است؛ بر اهمیت مطالعه در مورد میزان تولید و زی توده



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه  
Figure 1. Location of study area on the map

بنابراین در مطالعه حاضر، معادلات مورد استفاده از مطالعاتی که در آن‌ها از قطر برابر سینه برای برآورد زی توده صنوبر در قالب روابط رگرسیونی توانی استفاده شده است برای برآورد زی توده اندام‌های مختلف درختان منتخب استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- معادلات آلومتریک مورد استفاده برای برآورد زی توده اجزاء مختلف درختان منتخب

Table 1. Allometric equations used to estimate the biomass of different components of selected trees

| منبع | معادله آلومتریک مورد استفاده | بخش‌های مورد بررسی درخت   |
|------|------------------------------|---------------------------|
| (۱۲) | $Y = 0.0042d^{2.418}$        | برگ                       |
| (۱۲) | $Y = 0.021d^{1.972}$         | سرشاخه**                  |
| (۱۲) | $Y = 0.0031d^{2.768}$        | شاخه                      |
| (۱۲) | $Y = 0.1d^{2.013}$           | تنه                       |
| (۴)  | $Y = 0.1525d^{2.013}$        | کل زی توده روی زمینی درخت |

\*در جدول فوق Y: زی توده هر بخش از درخت و d: قطر برابر سینه درخت است \*\* در کل مطالعه شاخه‌های با قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر را سرشاخه می‌نامیم (Blujdea et al., 2012)

رطوبت هر یک از اندام‌های مورد بررسی با کسر وزن خشک از وزن تر نمونه‌ها محاسبه شد (۷).

#### محاسبه زی توده

در نهایت با استفاده از رابطه ۱ زی توده هر بخش از اجزاء درخت تعیین و با جمع کردن زی توده تمامی اندام‌های گیاهی، زی توده کل هر درخت محاسبه شد (۱۳).

$$WDC = \frac{WFC \times WDS}{WFS} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن WDC زی توده هر جز از درخت، WFC، وزن تر هر درخت، WDS وزن خشک هر نمونه، و WFS وزن تر هر کدام از نمونه‌هاست.

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

نرمال بودن داده‌های پژوهش با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون

#### قطع، توزین و نمونه‌گیری از درختان منتخب

پس از برآورد زی توده بخش‌های مختلف درختان منتخب به وسیله معادلات آلومتریک، تمامی ۳۰ درخت منتخب از سطح زمین قطع و در محل عرصه به برگ، سرشاخه، شاخه و تنه تقسیم‌بندی و داگانه با ترازوی دقیق دیجیتالی وزن‌کشی و وزن تر تمامی بخش‌ها ثبت شد (شکل ۲). پس از آن نمونه‌هایی شامل دو دیسک از تنه، چهار دیسک از شاخه‌ها و سرشاخه‌ها و ۱۰۰ عدد برگ از جهات مختلف تاج درختان برداشت و برای اندازه‌گیری درصد رطوبت اجزای مختلف درختان مورد بررسی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد انتقال داده شد (۱۱).

نمونه‌های برگ و سرشاخه به مدت ۲۴ ساعت و نمونه‌های شاخه و تنه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. و پس از خشک‌شدن نمونه‌ها، درصد

میانگین ریشه مجذورات خطا (RMSE) میزان انحراف برآورد زی توده درختان نسبت به میزان واقعی زی توده آن‌ها سنجیده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری و رسم نمودارهای پژوهش نیز در محیط نرم افزارهای (21) SPSS و Excel (2016) انجام شد.

سنجیده شد. با اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، میانگین زی توده هر یک از اندام‌های درختی در دو روش قطع مستقیم و میزان برآورد شده با معادلات آلومتریک، به صورت دو به دو با آزمون t زوجی مورد مقایسه قرار گرفت و معنی‌داری اختلاف آن‌ها سنجیده شد و با برآورد اریبی، اریبی نسبی و



شکل ۲- نمونه گیری از تنه (الف)، انتخاب درختان (ب)، دیسک تهیه شده از تنه (پ)، تقسیم قطعات (ت)، نمونه شاخه (ث) و توزین تنه (ج)  
Figure 2. Some steps of cutting, weighing and sampling stump trees

درختان منتخب ۱۰/۸۱ سانتی‌متر و میانگین ارتفاع آن‌ها ۱۵/۸۰ متر می‌باشد. کم‌قطرترین و قطورترین درختان مورد بررسی نیز به ترتیب ۷ و ۱۶/۳۰ سانتی‌متر قطر دارند (جدول ۲).

## نتایج و بحث

### خصوصیات کمی درختان مورد بررسی در مطالعه

نگاهی به وضعیت خصوصیات کمی درختان انتخاب شده برای بررسی نشان می‌دهد که میانگین قطر برابر سینه

جدول ۲- میانگین خصوصیات کمی درختان انتخاب شده

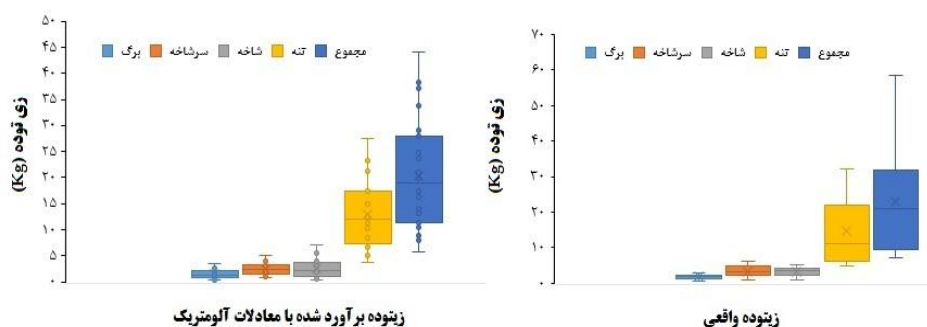
Table 2. Mean of quantitative characteristics of selected trees

| متغیر               | کمینه | بیشینه | میانگین | اشتباه معیار |
|---------------------|-------|--------|---------|--------------|
| قطر یقه (cm)        | ۸/۰۲  | ۱۹/۳۰  | ۱۲/۸۹   | ۰/۵۴         |
| قطر برابر سینه (cm) | ۷     | ۱۶/۳۰  | ۱۰/۸۱   | ۰/۴۹         |
| ارتفاع (m)          | ۹/۲۲  | ۱۵/۸۰  | ۱۲/۸۶   | ۰/۲۷         |
| قطر متوسط تاج (m)   | ۰/۵۸  | ۳/۷    | ۳/۲۰    | ۰/۱۹         |
| ارتفاع شروع تاج (m) | ۴/۶۷  | ۷/۹۰   | ۴/۶۷    | ۰/۲۹         |

برای هر درخت محاسبه شد. همچنین برآورد زی توده درختان مورد بررسی با استفاده از معادلات آلومتریک نشان داد که بیشترین زی توده درختان مربوط به تنه درخت بوده است و پس از آن سرشاخه‌ها و شاخه‌های درختان بیشترین زی توده را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین زی توده برآورد شده مربوط به برگ درختان مورد بررسی است. میانگین زی توده کل درختان در این روش ۲۰/۳۸ کیلوگرم برای هر درخت محاسبه شد (شکل ۳).

### سهم زی توده بخش‌های مختلف درختان مورد مطالعه

برآورد زی توده درختان مورد بررسی با استفاده از معادلات آلومتریک نشان داد که بیشترین زی توده درختان مربوط به تنه درخت بوده است و پس از آن شاخه‌ها و سرشاخه‌های درختان بیشترین زی توده را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین زی توده برآورد شده مربوط به برگ درختان مورد بررسی است. میانگین زی توده کل درختان در این روش ۲۲/۸۰ کیلوگرم



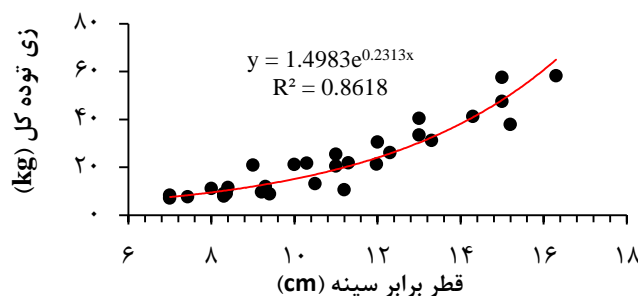
شکل ۳- تخصیص زی توده واقعی اندام‌های هوایی درختان مورد بررسی و زی توده برآورد شده با معادلات آلومتری  
Figure 3. Real above ground biomass allocation of studied trees and estimated biomass by allometric equations

صنوبر در ایجاد زی توده را در نواحی ساحلی کبک کانادا مورد بررسی قرار دادند. پس از شش سال رشد، حجم در هکتار و زی توده شاخه و برگ گونه‌های صنوبر مورد بررسی، به مراتب کمتر از تنه درختان و شاخه‌های آن‌ها بود و حجم تنه چوبی به ۲۳۷/۵ مترمکعب در هکتار رسید.

**تغییرات زی توده کل درختان با افزایش قطر برابر سینه**  
بررسی تغییرات زی توده کل درختان مورد بررسی حاصل از روش قطع کامل با افزایش قطر، نشان‌دهنده رابطه مثبت و مستقیم قطر برابر سینه درختان مورد بررسی با زی توده آن‌ها می‌باشد. زی توده قطورترین درختان مورد بررسی بالغ بر ۵۰ کیلوگرم می‌باشد (شکل ۴). این شکل از تغییرات زی توده در گونه‌های درختی، خود به تنهایی نشان‌دهنده سهم قابل توجه ساقه درخت در زی توده کل درخت می‌باشد چرا که زی توده تنه درخت به‌طور محسوسی با قطر درخت ارتباط دارد. مطالعات فانگ و همکاران (۸) نشان داده است که در صنوبرکاری‌های تولیدی و دارای نظم کاشت، درختان قد کشیده بوده و حجم تاج در آن‌ها محدود است. اما در مورد سایر گونه‌ها و برخی گونه‌های تاج باز صنوبر به‌ویژه درختانی که در فواصل زیاد کاشته شده‌اند وضعیت متفاوت بوده و زی توده تاج نقش چشم‌گیرتری در زی توده درخت خواهد داشت.

باتوجه به نتایج مطالعه حاضر بیشترین زی توده درختان مورد بررسی مربوط به تنه این درختان بوده و پس از آن شاخه‌ها، سرشاخه‌ها و برگ درختان به ترتیب بیشترین زی توده را به خود اختصاص داده‌اند. تخصیص زی توده به هر کدام از اندام‌های درختان به نوع گونه، شرایط اقلیمی و خاک بستر و نوع تکامل گونه بستگی دارد. برای مثال بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) به واسطه شرایط حاکم بر رویشگاه‌های این گونه در غرب ایران، دارای فرم ویژه و تاجی گسترده می‌باشد و تاج این گونه، بخش مهمی از زی توده روی زمینی آن را به خود اختصاص می‌دهد (۱۳). در مورد گونه‌های تند رشدی چون صنوبر به دلیل تنه کشیده و سیلندریک گیاه که حاصل خصوصیات ذاتی و هرس طبیعی آن در اثر تراکم کاشت بالا در جنگلکاری‌ها می‌باشد، بیشترین میزان زی توده به تنه درخت اختصاص داده می‌شود و اجزاء تاج درخت سهم کمتری از زی توده خواهند داشت. فانگ و همکاران (۸) با بررسی زی توده و اندوخته کربن گونه‌های مختلف صنوبر در کشور چین دریافته‌اند که در مورد تمام گونه‌های مورد بررسی تنه، شاخه و سرشاخه‌ها و نهایتاً برگ درختان صنوبر بیشترین زی توده این گونه را به خود اختصاص داده‌اند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

همچنین، فوریتیر و همکاران (۹) پتانسیل ۵ کلن هیبرید



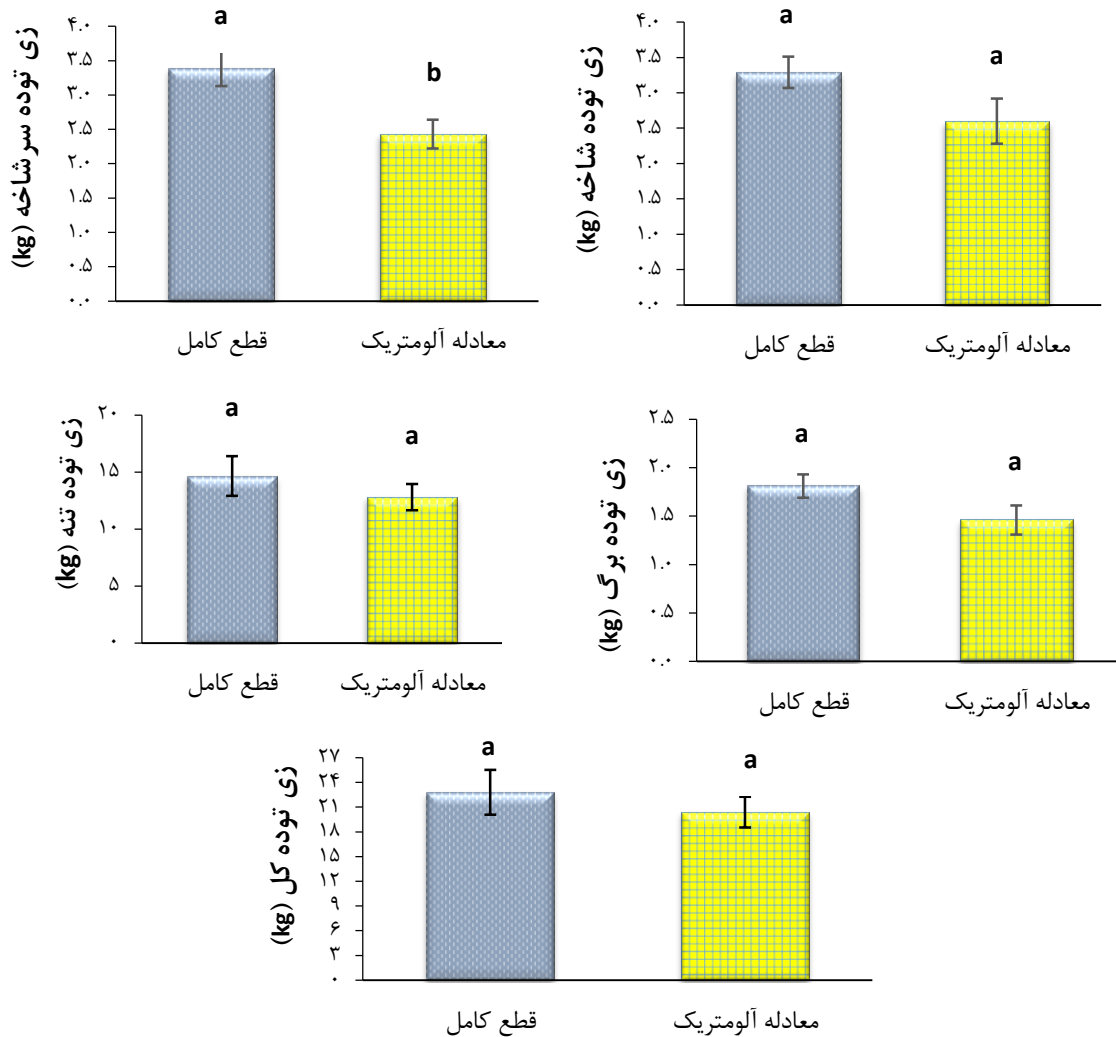
شکل ۴- تغییرات زی توده درختان صنوبر مقطوعه با افزایش قطر برابر سینه  
Figure 4. Changes in biomass of fallen poplar trees by increasing the diameter at breast height

زی توده واقعی برگ درختان مورد بررسی حاصل از روش قطع کامل (۱/۸۱ کیلوگرم) می‌باشد. همچنین نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین زی توده برآورد شده سرشاخه درختان با استفاده از معادلات آلومتری (۲/۴۳ کیلوگرم) در مقایسه با میانگین زی توده واقعی سرشاخه

**مقایسه زی توده اجزاء مختلف درختان به روش قطع کامل و معادلات آلومتری**  
نتایج آزمون t زوجی نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین زی توده برآورد شده برگ درختان با استفاده از معادلات آلومتری (۱/۴۶ کیلوگرم) در مقایسه با میانگین

معادلات آلومتریک (۱۲/۸۱ کیلوگرم) در مقایسه با میانگین زی توده واقعی تنه درختان مورد بررسی حاصل از روش قطع کامل (۱۴/۶۵ کیلوگرم) می باشد. در نهایت نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین ها نشان داد که اختلاف معنی داری بین میانگین زی توده برآورد شده کل درختان با استفاده از معادلات آلومتریک (۲۰/۳۸ کیلوگرم) در مقایسه با میانگین زی توده کل درختان مورد بررسی حاصل از روش قطع کامل (۲۲/۸۰ کیلوگرم) وجود ندارد (شکل ۵).

درختان مورد بررسی حاصل از روش قطع کامل (۳/۳۹ کیلوگرم) است. در مورد شاخه ها نیز نتایج نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین زی توده برآورد شده درختان با استفاده از معادلات آلومتریک (۲/۶۰ کیلوگرم) در مقایسه با میانگین زی توده واقعی شاخه درختان مورد بررسی حاصل از روش قطع کامل (۳/۲۹ کیلوگرم) می باشد. همچنین نتایج آزمون t زوجی نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین زی توده برآورد شده تنه درختان با استفاده از



شکل ۵- مقایسه میانگین زی توده واقعی بخش های مختلف درختان مورد بررسی با میزان برآورد شده بوسیله معادلات آلومتریک  
Figure 5. Comparison of the real average biomass of trees different components with the estimated amount by allometric equations

معادلات آلومتریک و زی توده واقعی این بخش مشاهده شد. دلیل این امر، وابستگی بیشتر این بخش های درخت به شرایط رویشگاه است. همانطور که در مطالعه سوچا و وزیک (۱۹) بررسی دقت معادلات آلومتریک در برآورد زی توده درختان کاج سیلوستریس (*Pinus sylvestris*) روشن ساخت که معادلات آلومتریک دقت بالایی در برآورد زی توده تنه و شاخه های اصلی این گونه داشته اند اما این معادلات در برآورد زی توده سرشاخه ها و سوزن های این گونه دقت لازم را

با توجه به نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، برآورد زی توده بخش هایی از گیاه که فرم ثابت تری داشته و نقش اسکلت گیاه را بازی می کنند (مانند تنه و شاخه ها) توسط معادلات آلومتریک با دقت بالاتری انجام شده است اما دقت برآورد زی توده اندام هایی از گیاه که فرم متغییری داشته و نوع پراکنش آن ها در گیاه کمتر قابل پیش بینی است (مانند برگ و سرشاخه ها) با دقت کمتری برآورد شده است و در مورد سرشاخه ها اختلاف معنی داری بین برآورد زی توده توسط



مختلف صنوبر داشته است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

#### اعتبارسنجی معادلات آلومتریکی

نتایج اعتبارسنجی معادلات آلومتریکی استفاده شده در مطالعه حاضر با محاسبه اریبی و استفاده از خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) در جدول (۳) خلاصه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین میزان خطای برآورد و اریبی مربوط به قسمت‌های غیر چوبی گیاه مانند برگ و سرشاخه‌ها است و میزان خطا در مورد شاخه‌ها و تنه درخت کاهش می‌یابد. کمترین میزان خطا و اریبی نیز مربوط به برآورد زی‌توده کل درختان است که نشان‌دهنده دقت مناسب معادلات آلومتریکی در برآورد زی‌توده درختان صنوبر کبوده است.

نداشتند که ایشان نیز دلیل آن را تغییرات عمده این اجزاء تحت شرایط رویشگاه عنوان نمودند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که معادلات آلومتریکی توانی، کارایی لازم را برای برآورد زی‌توده درختان صنوبر داشته‌اند به نحوی که معادلات مورد استفاده زی‌توده برگ، شاخه و تنه درختان را با دقت قابل قبولی برآورد نموده‌اند. در مطالعات مشابه نیز معادلات آلومتریکی توانی به‌عنوان مناسب‌ترین معادلات در برآورد زی‌توده گونه‌های مختلف گیاهی معرفی شده است. از جمله مطالعه پارساپور و همکاران (۱۶) با بررسی زی‌توده چهار گونه صنوبر پرکاربرد در صنوبرکاری‌های مرکز کشور دریافتند که معادلات آلومتریکی توانی به‌ویژه معادلاتی که در آن‌ها قطر برابر سینه به‌عنوان متغیر مستقل به کار برده شده است، بیشترین قابلیت را در برآورد زی‌توده گونه‌های

جدول ۳- میزان اریبی، اریبی نسبی و درصد RMSE در برآورد زی‌توده بخش‌های مختلف درختان با استفاده از معادلات آلومتریکی  
Table 3. Evaluation of Bias, Bias ratio and RMSE for biomass estimation of different parts of trees by allometric equations

| اندام گیاه | اریبی (Kg) | اریبی نسبی (%) | جذر میانگین مربعات خطا (%) |
|------------|------------|----------------|----------------------------|
| برگ        | -۰/۳۴      | -۱۸/۹۹         | ۳۹/۸۷                      |
| سرشاخه     | -۰/۹۶      | -۲۸/۳۲         | ۴۲/۵۸                      |
| شاخه       | -۰/۶۹      | -۲۱/۰۹         | ۳۷/۸۴                      |
| تنه        | -۱/۶۰      | -۹/۹۸          | ۲۶/۸۳                      |
| مجموع      | -۱/۳۵      | -۵/۹۴          | ۱۹/۳۶                      |

متفاوت بودن فرم رشد و شاخه‌دوانی درختان مورد مطالعه نسبت به درختان مورد استفاده برای تهیه معادلات مرجع مربوط دانست. عواملی چون حاصلخیزی خاک، شرایط نوری مناسب و بهبود شرایط اقلیمی در یک محل می‌تواند موجب افزایش رویش و شاخه‌دوانی گیاه شود که خود عامل افزایش زی‌توده واقعی گیاه نسبت به میزان برآورد شده بوسیله معادلات آلومتریکی می‌باشد (۴،۱۱). با توجه به فاصله کاشت درختان در منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۰۰۰۰ اصله درخت در هکتار در منطقه وجود دارد که با تعمیم میانگین زی‌توده محاسبه شده برای ۳۰ اصله درخت مورد بررسی به کل درختان، زی‌توده توده‌های صنوبرکاری منطقه مورد بررسی معادل ۲۲۸ تن در هکتار برآورد می‌شود که با نتایج مطالعه حیدری صفری کوچی و رستمی شاهرآجی (۱۱) در این استان مطابقت دارد. در مجموع، دستاوردهای این پژوهش نشان‌داد که معادلات آلومتریکی دقت قابل قبولی در برآورد زی‌توده گونه صنوبر دارد و می‌توان آن‌ها را برای تخمین زی‌توده گونه‌های صنوبر مورد استفاده قرار داد و از عملیات مخرب و پرهزینه قطع اجتناب نمود.

نتایج بررسی خطای برآورد زی‌توده درختان مورد بررسی نشان دهنده خطا و اریبی اندک برآورد زی‌توده کل درختان مورد بررسی نسبت به اندام‌های مختلف به‌صورت جداگانه است. ایران‌منش و همکاران (۱۳) نیز با برآورد زی‌توده بخش‌های مختلف درختان بلوط ایرانی دریافتند که خطای برآورد زی‌توده بخش‌های مختلف گیاه به‌مراتب بیشتر از زی‌توده کل درخت بوده و اریبی و اریبی نسبی برآورد زی‌توده کل نسبت به زی‌توده بخش‌های مختلف درختان حداقل است. در مطالعه حاضر میانگین زی‌توده کل درختان مورد بررسی به‌وسیله معادلات آلومتریکی ۲۰/۳۸ کیلوگرم به‌دست آمد که با مقایسه آن با میانگین زی‌توده کل به‌دست آمده از روش قطع کامل (۲۲/۸۰ کیلوگرم) در می‌یابیم که معادلات آلومتریکی مورد استفاده، زی‌توده درختان صنوبر کبوده را با دقت ۹۰ درصد برآورد کرده است که در مطالعات منابع طبیعی دقت بسیار قابل قبولی است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که معادلات آلومتریکی در مورد زی‌توده تمام بخش‌های درختان صنوبر، کم برآورد (Underestimate) است. دلیل کم برآورد بودن معادلات آلومتریکی استفاده شده برای تخمین زی‌توده بخش‌های مختلف گونه مورد مطالعه را می‌توان به

#### منابع

1. Abbasi, L., Z. Shakeri, N. Shabanian and G. Moreno. 2017. Branch and leaf biomass of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) and gall oak (*Q. infectoria* Oliv.) trees in different years after pollarding. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(1): 46-35 (In Persian).
2. Bakhtiarvand Bakhtiari, S. and H. Sohrabi. 2012. Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and coniferous trees. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 481-49 (In Persian).
3. Berhongaray, G., M.S. Verlinden, L.S. Broeckx and R. Ceulemans. 2015. Changes in belowground biomass after coppice in two populus genotypes. Forest Ecology and Management, 337: 1-10.

4. Blujdea, V.N.B., R. Pilli, I. Dutca and A.L. Liviu. 2012. Allometric biomass equations for young broadleaved trees in plantations in Romania. *Forest Ecology and Management*, 264(1): 172-184.
5. Calagari, M., R. Ghasemi, F. Asadi and R. Bagheri. 2018. Promotion of wood production of some poplar clones using sprouts management in Karaj. *Iranian Journal of Forest*, 10(1): 79-88 (In Persian).
6. Cerruto Ribeiro, S., L. Fehrmann, C. Pedro Boechat Soares, L. Antônio Gonçalves Jacovine, C. Kleinn and R. de Oliveira Gaspar. 2011. Above-and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, 262: 491-499.
7. Chaturvedi, R and A. Raghubanshi. 2013. Aboveground biomass estimation of small diameter woody species of tropical dry forest. *New Forests*, 44: 509-519.
8. Fang, S., J. Xue and L. Tang. 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. *Journal of Environmental Management*, 85(3): 672-679.
9. Fortier, J., D. Gagnon, B. Truax and F. Lambert. 2010. Biomass and volume yield after 6 years in multiclonal hybrid poplar riparian buffer strips. *Biomass and Bioenergy*, 34: 1028-1040.
10. Gholami, Gh., A. Modirrahmati, R. Ghasemi and S.Z. Mirkazemi. 2014. Adaptation and wood production of different closed-crown poplar clones in Gorgan. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(3): 473-484 (In Persian).
11. Heidari Safari Kouchi, A and T. Rostami shahraji. 2019. Poplar plantation and its role in carbon sequestration, Sepid Rood Press, Rasht, Iran, 180 pp (In Persian).
12. Heidari Safari Kouchi, A., T. Rostami Shahraji and Y. Iranmanesh. 2015. Comparison of allometric equations to estimate the above-ground biomass of species (Case study; poplar plantations in Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 13(3): 237-246 (In Persian).
13. Iranmanesh, Y., H. Sohrabi, KH. Sagheb-Talebi, S.M. Hosseini and A. Heidari Safari Kouchi. 2019. Biomass, Biomass Expansion Factor (BEF) and Carbon Stock for Brant's Oak (*Quercus brantii* Lindl.) Forests in West-Iran. *Annals of Silvicultural Research*, 43(1): 15-22.
14. Mateus, M.M., M. Vale, A. Rodrigues, J.C. Bordado, R.G. Dos Santos. 2017. Is biomass liquefaction an option for the viability of poplar short rotation coppices? A preliminary experimental approach. *Energy*, 124: 40-45.
15. Oliveira, N., R. Rodríguez-Soalleiro, C. Pérez-Cruzado, I. Cañellas, H. Sixto and R. Ceulemans. 2018. Above- and below-ground carbon accumulation and biomass allocation in poplar short rotation plantations under Mediterranean conditions. *Forest Ecology and Management*, 428: 57-65.
16. Parsapour, M.K., H. Sohrabi, A. Soltani and Y. Iranmanesh. 2013. Allometric equations for estimating biomass for four poplar species at Charmahal and Bakhtiari province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(3): 528-517 (In Persian).
17. Sabeti, H. 2003. *Forests, Trees and Shrubs of Iran*. Yazd University Press, Yazd, Iran, 806 pp (In Persian).
18. Štochlová, P., K. Novotná, M. Costa and A. Rodrigues. 2019. Biomass production of poplar short rotation coppice over five and six rotations and its aptitude as a fuel. *Biomass and Bioenergy*, 122: 183-192.
19. Socha, J. and P. Wezyk. 2007. Allometric equations for estimating the foliage biomass of Scots pine. *European Journal of Forest Research*, 126: 263-270.
20. Taheri Abkenar, K., A. Heidari Safari Kouchi, S. Dehghanzad, S. Mostahsanpour and F. Moradianfard. 2018. Estimation of carbon emissions from loblolly pine (*Pinus taeda* L.) forest plantations using Allometric equations. *Forest and Range Protection Researches*, 16(1): 88-101 (In Persian).
21. Talebi, M., A. Modir Rahmati, H. Jahanbazi Gojani and F. Haghghian. 2008. Final trial on adaptability of different poplar clones to introduce suitable ones for executive section. Final report of Research. Agricultural and Natural Resource Research Center of Chahar Mahal and Bakhtiari province, 43 pp (In Persian).
22. Veiskarami, Z., B. Pilehvar and A. Haghizadeh. 2018. Effects of Anthropogenic Disturbance on Diversity, Biomass and Storage of N and P Nutrients by Herbaceous Vegetation of Gall Oak Stands (Case Study: Shine Qellai Forests, Lorestan Province). *Ecology of Iranian Forest*, 6(12):18-29 (In Persian).
23. Zamani, M., M. Nikooy, H. Pourbabaei, R. Naghdi and L. Moradipour. 2017. Effect of Road Age on Identification of Ecological Species Groups and Environmental Factors Affecting them in Western Forests of Guilan Province. *Ecology of Iranian Forest*, 5(10): 22-31(In Persian).

## Investigation the Accuracy of Estimating the Biomass of Poplar (*Populus alba* L.) Trees using Allometric Equations

Abozar Heidari Safari Kouchi<sup>1</sup>, Teimour Rostami Shahraji<sup>2</sup>, Reza Ebrahimi Atani<sup>3</sup> and Yaghob Iranmanesh<sup>4</sup>

---

1- Graduated Ph.D. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, Iran (Corresponding author: heidariabouzar@gmail.com)

2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, Iran

3- Associate Professor, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran.

4- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

Received: September 18, 2019

Accepted: December 7, 2019

---

### Abstract

Computation of tree biomass, leads to a clear understanding of production potential of natural and artificial forest habitats. Measuring the biomass of trees is possible by direct-cutting and estimation methods. The present study was performed to evaluate the accuracy of allometric equations in estimation of poplar (*Populus alba* L.) biomass in Koran village of Chaharmahal and Bakhtiari province. For this purpose, 30 number of trees in the study area were randomly selected and their quantitative characteristics including diameter and height of trees were measured and recorded. Then, the biomass of selected trees was calculated by using allometric power equations and applying a diameter at breast height. Then, all selected trees were cut down, sectioned, weighted and sampled and by deducting the percentage of moisture calculated for the samples and extending it to the whole of each section, the biomass of the different organs of the trees was calculated and the results of the cutting method were compared with the estimated biomass of the allometric equations. The results of paired samples t-test showed that the highest biomass of the trees belonged to trunk, branch, twigs and leaf, respectively. Also, results of comparing the two methods showed that there were no significant differences between two methods in calculating the trunk biomass (P 0.387), shoots (P 0.093) and leaves (P 0.082). But for branch biomass, there was a significant difference between the two methods (P: 0.007). The results of this study showed that allometric equations have high accuracy (90%) in estimating the biomass of poplar trees and can be used in related studies instead of destructive and costly cutting off method.

**Keywords:** Chaharmahal and Bakhtiari, Dry weight, Power regression, Spruce



"مقاله پژوهشی"

## تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل‌های استان لرستان)

حمزه جعفری سرابی<sup>۱</sup>، بابک پیله‌ور<sup>۲</sup>، کامبیز ابراری واجاری<sup>۳</sup> و سید محمد واعظ موسوی<sup>۴</sup>

۱- دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران (pilehvar.b@lu.ac.ir) (نویسنده مسوول)  
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
۴- استادیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳  
صفحه: ۱۴۲ تا ۱۵۱

### چکیده

گونه‌های درختی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر ویژگی‌های خاک از طریق تولید لاشریزه بوده و نقش اساسی در چرخه کربن و آزادسازی عناصر غذایی خاک دارند. پژوهش حاضر به بررسی تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی، جنگل‌های استان لرستان، در ارتباط با گونه‌های درختی غالب منطقه می‌پردازد. در مطالعه حاضر برخی از ویژگی‌های زیستی درختان در تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی، دارمازو و گلابی وحشی با استفاده از ۲۴ قطعه نمونه ۵۰۰ متر مربعی تصادفی (۲۵×۲۰ متر) اندازه‌گیری شد. همچنین خاک زیراشکوب تیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از ۴۸ نمونه ترکیبی از عمق‌های ۱۰-۳۰ و ۰-۱۰ سانتی‌متری برداشت شد. پس از اندازه‌گیری متغیرهای مورد مطالعه، مقایسه آماری میانگین متغیرهای جنگل‌شناسی، خاکی و ترسیب کربن در تیپ‌های جنگلی با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام گرفت. نتایج نشان داد که تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه بدون اختلاف معنی‌دار در مقادیر درصد تاج‌پوشش، دارای اختلاف معنی‌داری در پارامترهای ارتفاع تاج‌پوشش و تراکم بودند. تیپ‌های جنگلی ضمن اختلاف معنی‌دار در مقادیر ترسیب کربن، بافت، نیتروژن، کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن، پتاسیم، pH و رطوبت اشباع عمق اول، فاقد اختلاف در مقادیر آهک، هدایت الکتریکی، کلسیم، وزن مخصوص ظاهری و رطوبت اشباع عمق دوم بودند. بدین معنی که بیشترین میزان رس، سیلت و pH خاک در تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و بلوط دارمازو و بیشترین مقادیر ترسیب کربن، شن، پتاسیم، نیتروژن، کربن آلی و رطوبت اشباع عمق اول در خاک جنگلی بلوط ایرانی مشاهده شد. در این رابطه ارتفاع تاج‌پوشش مهم‌ترین متغیری بود که با ترسیب کربن، نیتروژن، کربن آلی، پتاسیم، pH و رطوبت اشباع خاک همبستگی نشان داد. به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد که تغییرات ترسیب کربن و عناصر غذایی خاک در تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه بیشتر تحت‌تأثیر نوع تیپ جنگلی و ارتفاع تاج‌پوشش قرار می‌گیرد. لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات سنجش از دور جهت برآورد ترسیب کربن خاک جنگل‌های زاگرس از داده‌های لیدار که قابلیت اندازه‌گیری ارتفاع تاج‌پوشش را دارند استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: بلوط، ترسیب کربن خاک، تیپ جنگلی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

### مقدمه

حدود ۷۰ درصد ذخیره کربن آلی خاک کلیه بوم‌سازگان‌های خشکی را در خود ذخیره کرده‌اند (۱۸،۴۲). در این رابطه افق‌های بالایی خاک معدنی بیش از نیمی از کربن بوم‌سازگان‌های جنگلی را در خود جای داده است (۴۱). شایان ذکر است این میزان کربن عمدتاً در لایه‌های سطحی خاک تا عمق ۳۰ سانتیمتر انباشته شده است (۲۲). براساس تحقیقات، نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب فوقانی جنگل از طریق تأثیر بر ورودی کربن خاک می‌تواند مقدار ترسیب کربن خاک را تغییر دهند (۴۵). از طرفی هرگونه تغییر در فراوانی و ترکیب کربن خاک می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر چرخه کربن جهانی، پارامترهای اقلیمی، میزان تولید زی‌توده‌های گیاهی و پویایی جنگل تاثیرگذار باشد (۴،۳۶). به‌طور مشابه، تغییرات در اقلیم و کاربری زمین فراوانی و ترکیب کربن آلی خاک را تغییر خواهند داد (۴۶). در کنار این عوامل اختلالاتی مانند دخالت‌های انسانی به‌همراه بعضی از عوامل طبیعی مثل آتش‌سوزی و سیل با تغییر در میکروکلیم، پوشش گیاهی و تعادل چرخه آب باعث کاهش ورود کربن آلی به خاک می‌شود (۵۰). مجموع این نتایج نشان می‌دهد که ترسیب کربن در لایه‌های زیستی زمین به‌ویژه در زی‌توده و خاک

امروزه ترسیب کربن از مهم‌ترین رویدادهای طبیعی است که با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش گرمایش جهانی از اهمیت بیشتری نسبت به دیگر رویدادهای اکولوژیکی برخوردار است (۵۳). براساس مطالعات انجام شده، میزان دی‌اکسیدکربن موجود در چرخه طبیعت حدود ۲۰۰ میلیارد تن در سال برآورد شده که نتیجه جذب آن توسط گیاهان و اقیانوس‌ها، تعادل چرخه گازکربنیک در طبیعت را به‌دنبال دارد (۵۱). متأسفانه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌طور خاص دی‌اکسیدکربن با بهم‌زدن تعادل این چرخه باعث ایجاد گرمایش زمین و به‌دنبال آن تغییر اقلیم شده است (۳۷). در این رابطه بوم‌سازگان‌های جنگلی با سطحی معادل ۳/۴ میلیارد هکتار به‌علت داشتن پتانسیل زیاد جذب کربن از طریق فتوسنتز و ترسیب کربن اتمسفر در خاک به‌عنوان تنظیم‌کننده اصلی ذخیره کربن، نقش قابل‌توجهی در کنترل تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند (۱۶). چراکه پوشش گیاهی بوم‌سازگان‌های جنگلی حدود ۸۲ تا ۸۶ درصد کربن روی‌زمینی را به‌خود اختصاص داده است (۱۸). همچنین خاک بوم‌سازگان‌های جنگلی دو برابر کربن موجود در اتمسفر و

چم‌حصار دلفان در استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت. ذخیره‌گاه گلایی وحشی با مساحت ۱۰۰ هکتار دارای خاکی از رده اینسپتی‌سول، اقلیم نیمه مرطوب، ۴۶۸ میلی‌متر بارندگی سالانه بوده و در عرض جغرافیایی  $34^{\circ}02'42''$  تا  $34^{\circ}03'47''$  شمالی و طول جغرافیایی  $47^{\circ}35'39''$  شرقی واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریای این منطقه ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ متر است (۶). ذخیره‌گاه دارمازو شینه قلایی نیز با مساحت ۱۱۳ هکتار، در عرض جغرافیایی  $33^{\circ}34'$  تا  $33^{\circ}51'$  شمالی و طول جغرافیایی  $48^{\circ}12'$  تا  $48^{\circ}40'$  شرقی دارای خاکی جوان از رده‌های انتی‌سول و اینسپتی‌سول و ۶۶۵ میلی‌متر بارندگی در سال است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۱۲۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا است (۳۳). جنگل‌های بلوط ایرانی قلعه‌گل نیز با ۷۲۵ میلی‌متر بارندگی سالانه، ۹۴۹۱ هکتار مساحت و خاکی از رده اینسپتی‌سول در طول جغرافیایی  $48^{\circ}20'20''$  تا  $48^{\circ}38'20''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $33^{\circ}13'51''$  تا  $33^{\circ}19'41''$  شمالی واقع شده است. این منطقه با حداقل ۱۵۰۰ و حداکثر ۲۵۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. (۱۵).

#### نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک:

در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از جنگل‌گردشی‌های گسترده، مناطق رویشی همگن از نظر فیزیوگرافی در توده‌های معرف انتخاب گردید. سپس با استفاده از ۲۴ قطعه نمونه تصادفی ۵۰۰ مترمربعی (۲۵×۲۰ متر) مقادیر درصد تاج‌پوشش، تراکم درختی و ارتفاع تاج‌پوشش اشکوب درختی در سه تیپ جنگلی مورد بررسی اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری متغیرهای خاکی هر قطعه نمونه، با استفاده از مته اوگر یک نمونه خاک از عمق ۱۰-۱۰۰ سانتی‌متری و یک نمونه از عمق ۳۰-۱۰۰ سانتی‌متری برداشت شد (۳). برای به حداقل رساندن خطاها نمونه‌ها به‌صورت ترکیبی از چهارگوشه و مرکز قطعه‌نمونه برداشت شدند (۳۰). نمونه‌های خاک پس از خشک‌شدن در هوای آزاد، خرد کردن کلوخه‌ها، جداکردن ریشه‌ها، سنگ و دیگر ناخالصی‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس بافت خاک به‌روش هیدرومتری بایکاس، pH خاک با pH متر الکتریکی، هدایت الکتریکی توسط هدایت‌سنج الکتریکی، درصد کربن آلی به‌روش والکی بلک و نیتروژن به‌وسیله دستگاه کج‌لال اندازه‌گیری شد. پتاسیم و کلسیم با دستگاه جذب اتمی، وزن مخصوص به‌روش کلوخه، رطوبت اشباع به‌روش وزنی و درصد آهک به‌روش تیتراسیون برگشتی با استفاده از اسید کلریدریک اندازه‌گیری شد (۵۳). مقدار ترسیب کربن خاک نیز در واحد سطح (تن در هکتار) براساس رابطه ۱ محاسبه شد (۴۰):

(رابطه ۱)

$$SOC = [SOC] \times Bulk \text{ Density} \times Depth \times Coarse \text{ Fragments} \times 10$$

در این رابطه: SOC = مقدار ترسیب کربن آلی خاک  
 $[SOC]$ ،  $(Mg \ C \ ha^{-1})$  = غلظت کربن آلی خاک در حجم خاک برداشت‌شده  $(g \ C \ (kg \ soil)^{-1})$  Bulk Density =  
 وزن مخصوص ظاهری خاک  $(Mg \ m^{-3})$ ، Depth = عمق

بوم‌سازگان‌های جنگلی از مهم‌ترین، بهترین، ساده‌ترین، اقتصادی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌های کاهش خسارات بحران گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی است (۳۷،۴۹). از طرف دیگر شناخت ویژگی‌های خاک از مبانی اصولی مدیریت جنگل است (۱۱). چراکه برای ایجاد جنگلی پایدار حفظ عناصر غذایی خاک از اهمیت بسزایی برخوردار است (۳۸). در واقع خاک بوم‌سازگان‌های جنگلی نه تنها نقش قابل توجهی در رابطه با ذخایر کربن و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن دارد، بلکه نقش مستقیمی در رابطه با چرخه عناصر غذایی و به‌دنبال آن افزایش تولید ایفا می‌کند (۳۶). در این رابطه گونه‌های درختی بوم‌سازگان‌های جنگلی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییر ویژگی‌های خاک بوده (۵۲) که از طریق ویژگی‌های متفاوتشان در تولید لاشه‌ریزه و به تبع آن بازگرداندن عناصر غذایی و ترکیبات شیمیایی ویژه، نقش اساسی در چرخه کربن و عناصر غذایی بازی می‌کنند (۱۴،۳۴). مطالعات فراوانی اثر گونه‌های درختی بر ویژگی‌های خاک جنگلی را مورد بررسی قرار داده‌اند که نتایج آنها نشان‌دهنده اثر قابل توجه نوع گونه درختی آشکوب فوقانی بر حاصلخیزی خاک است (۸). لووت و همکاران (۳۲) بیان داشتند گونه‌های درختی می‌توانند از طریق تاج‌پوشش، چرخه کربن، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی، خاک را تحت تأثیر قرار دهند. جعفری و همکاران (۲۵) بیان داشتند که بالا بودن مقدار کربن لاشبرگ گونه بلوط ایرانی باعث افزایش مقدار کربن آلی خاک می‌شود. صالحی و همکاران (۴۴) افزایش درصد تاج‌پوشش درختی و به‌دنبال آن افزایش لاشبرگ را مهم‌ترین علت افزایش عناصر غذایی خاک مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم برشمردند. وستردال و همکاران (۵۲) ترکیب گونه‌ای و تیپ جنگلی را دو عامل بسیار مهم بر فرآیند ورودی اندوخته کربن در افق‌های آلی و معدنی خاک عنوان کرده و بیان داشتند که با تغییر گونه‌های درختی می‌توان مقدار اندوخته کربن خاک را ۴۰ تا ۵۰ درصد افزایش داد. ناد و همکاران (۳۵) بیان داشتند که مدیریت حفاظتی با افزایش پوشش گیاهی و توان تولید لاشبرگ، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات شیمیایی خاک می‌گذارد. از طرفی نتایج باده‌یان و همکاران (۵۶) نشان داد که بین مقدار ترسیب کربن خاک موجود در تیپ‌های مختلف خالص، آمیخته و طبیعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بدین معنی که مقدار ترسیب کربن خاک در تیپ‌های طبیعی بیشتر از سایر تیپ‌ها است.

به‌طورکلی و با توجه به نقش و اهمیت متفاوت تیپ‌های جنگلی در تغییرات ترسیب کربن و ویژگی‌های خاک، هدف از پژوهش حاضر بررسی و مقایسه اثرات اشکوب فوقانی غالب تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی بر مقادیر ترسیب کربن و برخی متغیرهای فیزیکی-شیمیایی خاک زیراشکوب است.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر خاک تیپ‌های جنگلی مدیریت شده بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در منطقه قلعه‌گل خرم‌آباد، دارمازو (*Quercus infectoria* Oliv.) منطقه شینه قلایی الشتر و گلایی وحشی (*Pyrus glabra* Boiss.)

نیترژن، کربن آلی و نسبت کربن به نیترژن) از طریق دانت‌تی‌تری بررسی شد. همبستگی داده‌ها نیز از طریق همبستگی پیرسون اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 22 انجام شد.

### نتایج و بحث

وضعیت بافت خاک برداشت‌شده از عمق‌های اول و دوم مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد که بر اساس مثلث بافت خاک، بافت خاک تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و دارمازو عمدتاً بافت Clay-loam هستند. ضمن اینکه بافت خاک در تیپ جنگلی بلوط ایرانی Sandy-loam و یا Sandy-clay-loam است (جدول ۱).

نمونه‌برداری (m)، ۱۰ ضریب تبدیل واحد به  $Mg C ha^{-1}$  و Coarse Fragments = ناخالصی و قطعات بزرگ (۱۰۰/درصد حجم قطعات بزرگ) است.

### تجزیه و تحلیل آماری:

در ابتدا بررسی نرمالیت داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس مقایسه میانگین متغیرهای خاکی تیپ‌های مختلف جنگلی با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام گرفت. همچنین پس از آزمون همگنی واریانس داده‌ها (آزمون Levene)، در صورت همگنی واریانس (داده‌های تاج‌پوشش، تراکم، ارتفاع تاج‌پوشش، رس، شن، سیلت، پتاسیم، pH، هدایت الکتریکی، کلسیم، رطوبت اشباع و وزن مخصوص) مقایسات چندگانه با آزمون دانکن و در صورت ناهمگنی واریانس (داده‌های آهک،

جدول ۱- بافت خاک عمق اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm) در تیپ‌های جنگلی

| پلات‌های برداشت شده در تیپ بلوط دارمازو |   |   |   |   |   |   |   |   |   | پلات‌های برداشت شده در تیپ گلابی وحشی |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------|---|---|---|
| ۸                                       | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | ۸ | ۷ | ۶                                     | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴                 | ۳ | ۲ | ۱ |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Loam              |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Clay-loam         |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Sandy-loam        |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Sandy-clay-loam   |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | طبقه بافت عمق دوم |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Clay-loam         |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Sandy-loam        |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Sandy-clay-loam   |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Clay              |   |   |   |
| *                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | *                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Silty-clay-loam   |   |   |   |

*glabra* در رویشگاه‌هایی با خاک لومی از رشد بهتری برخوردار است (۲۱). برعکس نتایج این تحقیق، خان حسنی و همکاران (۲۸) بیان داشتند که در زاگرس شمالی خاک‌های سنگین با سرشت گونه برودارو و خاک‌های سبک با سرشت گونه دارمازو سازگاری بهتری نشان می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های درختی آشکوب فوقانی نشان داد که تیپ‌های مورد نظر بدون اختلاف معنی‌دار در درصد تاج‌پوشش دارای اختلاف معنی‌داری در مقادیر ارتفاع تاج‌پوشش و میزان تراکم هستند (جدول ۲).

طبق نتایج، بیشترین میزان رس و سیلت دو عمق در خاک تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و بلوط دارمازو و بیشترین مقادیر شن در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی ثبت گردید. این امر باعث شده که بافت خاک در تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و بلوط دارمازو از بافت متوسط تا سنگین (loam و Clay-loam) به بافت سبک (Sandy-loam و Sandy-clay-loam) در تیپ جنگلی بلوط ایرانی تغییر کند (جدول ۱). در این راستا نتایج دیگر مطالعات نیز بافت خاک را در رویشگاه‌های دارمازو متوسط تا سنگین گزارش کرده‌اند (۳۳). همچنین نتایج مطالعه‌ای نشان داد که گونه *Pyrus*

جدول ۲- مقایسه میانگین و اشتباه معیار مشخصه‌های جنگل‌شناسی تیپ‌های جنگلی

| آماره F            | تیپ جنگلی              |                         |                          | متغیر                       |
|--------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                    | بلوط ایرانی            | بلوط دارمازو            | گلابی وحشی               |                             |
| ۲/۱ <sup>ns</sup>  | ۵۸/۸۱±۵/۱۹             | ۵۶/۸۴±۳/۶۶              | ۶۹/۰۶±۴/۵۷               | تاج‌پوشش (%)                |
| ۱۵/۳ <sup>**</sup> | ۷۸±۱۰/۸۶ <sup>b</sup>  | ۷۰/۱۲±۹/۶۳ <sup>b</sup> | ۱۴۲/۱۵±۹/۸۵ <sup>a</sup> | تراکم (تعداد در قطعه نمونه) |
| ۳۳/۴ <sup>**</sup> | ۶/۰۲±۰/۳۱ <sup>d</sup> | ۳/۸۴±۰/۱۸ <sup>a</sup>  | ۳/۴۸±۰/۱۹ <sup>a</sup>   | ارتفاع تاج‌پوشش (متر)       |

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ns بدون اختلاف معنی‌دار. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

نیترژن، پتاسیم، pH دو عمق و رطوبت اشباع عمق اول دارای اختلاف معنی‌داری هستند. بدین معنی که بیشترین مقادیر رس، سیلت و pH خاک در تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و بلوط دارمازو دیده می‌شود. ضمن اینکه بیشترین مقادیر شن، پتاسیم، نیترژن، کربن آلی و رطوبت اشباع عمق

همچنین نتایج مقایسه میانگین متغیرهای خاکی نشان می‌دهد که تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه فاقد اختلاف معنی‌داری در مقادیر آهک، هدایت الکتریکی، کلسیم و وزن مخصوص ظاهری دو عمق و رطوبت اشباع عمق دوم هستند. این در حالی است که تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه از نظر مقادیر رس، شن، سیلت، نیترژن، کربن آلی، نسبت کربن به

اول نیز در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین و اشتباه معیار متغیرهای خاکی عمق اول (۰-۱۰ cm) و عمق دوم (۱۰-۳۰ cm) در تیپ‌های جنگلی  
Table 3. Comparison of mean and standard error of edaphic factors of the first depth (0-10 cm) and second depth (10-30 cm) in forest types

| F آماره             | تیپ جنگلی                |                           |                           | متغیرهای عمق اول                 |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
|                     | بلوط ایرانی              | بلوط دارمازو              | گلایی وحشی                |                                  |
| ۷/۱۷                | ۱۸/۴۳±۱/۳۷ <sup>b</sup>  | ۲۶/۸۱±۲/۰۹ <sup>d</sup>   | ۲۸/۴۳±۲/۳۹ <sup>d</sup>   | Clay (%)                         |
| ۹/۱۹۴ <sup>**</sup> | ۷/۸۱±۰/۸۱ <sup>b</sup>   | ۲۹/۵±۱/۲۳ <sup>a</sup>    | ۳۰/۵۶±۱/۷۹ <sup>a</sup>   | Silt (%)                         |
| ۵۲/۷۹ <sup>**</sup> | ۷۳/۷۵±۱/۸۴ <sup>d</sup>  | ۴۳/۶۸±۲/۴۸ <sup>d</sup>   | ۴۱/۰±۳/۰۳ <sup>d</sup>    | Sand (%)                         |
| ۱/۱۴ <sup>ms</sup>  | ۱۴/۸۷±۳/۷۹               | ۱۸/۲۵±۲/۷۵                | ۱۲/۴۳±۰/۶۱                | T.N.V (%)                        |
| ۲۲/۸ <sup>**</sup>  | ۴۱/۵±۳۵/۴۹ <sup>a</sup>  | ۱۸۷/۷۵±۱۵/۲۷ <sup>d</sup> | ۱۷۴/۶۲±۲۸/۹۵ <sup>d</sup> | K (mg.kg <sup>-1</sup> )         |
| ۷۱/۸ <sup>**</sup>  | ۰/۴۵±۰/۰۴ <sup>a</sup>   | ۰/۰۳۲±۰/۰۰۷ <sup>d</sup>  | ۰/۰۳۹±۰/۰۰۷ <sup>d</sup>  | N (%)                            |
| ۱۱/۲۳ <sup>**</sup> | ۳/۳۶±۰/۱ <sup>a</sup>    | ۲/۱۸±۰/۲۹ <sup>b</sup>    | ۱/۸۸±۰/۲۵ <sup>b</sup>    | O.C (%)                          |
| ۸/۹ <sup>**</sup>   | ۷/۳۸±۰/۰۷ <sup>d</sup>   | ۷/۷±۰/۰۲۸ <sup>a</sup>    | ۷/۶۳±۰/۰۵۹ <sup>a</sup>   | pH                               |
| ۰/۲۶ <sup>ms</sup>  | ۰/۷۹۴±۰/۰۵۱              | ۰/۷۴۴±۰/۰۷۵               | ۰/۸۲۵±۰/۱۰۴               | E.C (dS.m <sup>-1</sup> )        |
| ۰/۹۴ <sup>ms</sup>  | ۴/۴۲±۰/۸۹                | ۵/۹±۰/۹۳                  | ۴/۷۷±۰/۴۵                 | Ca (meq.lit <sup>-1</sup> )      |
| ۱۲/۰۶ <sup>**</sup> | ۵۹/۱۲±۴/۴۹ <sup>d</sup>  | ۴۰/۶۲±۱/۴۹ <sup>d</sup>   | ۴۲±۱/۹۹ <sup>d</sup>      | SP (%)                           |
| ۰/۳ <sup>ms</sup>   | ۱/۲۹±۰/۰۷۵               | ۱/۳۵±۰/۰۶۲                | ۱/۳۴±۰/۰۹                 | B. density (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| ۱۱/۹۷ <sup>**</sup> | ۷/۹۵±۰/۷۲ <sup>d</sup>   | ۷۰/۴۲±۱۰/۲۶ <sup>d</sup>  | ۶۳/۴۱±۱۳/۴ <sup>d</sup>   | C/N                              |
| F آماره             | تیپ جنگلی                |                           |                           | متغیرهای عمق دوم                 |
|                     | بلوط ایرانی              | بلوط دارمازو              | گلایی وحشی                |                                  |
| ۱۲/۴۵ <sup>**</sup> | ۲۵/۱۸±۱/۸۹ <sup>d</sup>  | ۳۶/۰۲±۱/۱۶ <sup>d</sup>   | ۲۶±۲/۱۳ <sup>d</sup>      | Clay (%)                         |
| ۵۱/۴۷ <sup>**</sup> | ۱۰/۵±۱/۵۷ <sup>d</sup>   | ۳۵/۲۵±۱/۹ <sup>a</sup>    | ۳۰/۱۸±۱/۹۶ <sup>a</sup>   | Silt (%)                         |
| ۴۴/۴۸ <sup>**</sup> | ۶۴/۳۱±۳/۲۳ <sup>a</sup>  | ۲۸/۶۸±۲/۷ <sup>d</sup>    | ۳۳/۸۱±۲/۷ <sup>d</sup>    | Sand (%)                         |
| ۱/۸۳ <sup>ms</sup>  | ۱۶/۸۱±۳/۷۲               | ۲۰/۶۲±۲/۵۶                | ۱۳/۳۷±۱/۰۳                | T.N.V (%)                        |
| ۳۱/۱۴ <sup>**</sup> | ۳۷۷/۸۷±۲۹/۷ <sup>a</sup> | ۱۴۶/۳۷±۲۵/۲۸ <sup>d</sup> | ۱۵۲/۷۵±۱۲/۱۷ <sup>d</sup> | K (mg.kg <sup>-1</sup> )         |
| ۶۵/۹۵ <sup>**</sup> | ۰/۳۷۳±۰/۰۲۹ <sup>a</sup> | ۰/۰۲۸±۰/۰۰۷ <sup>d</sup>  | ۰/۰۲۲±۰/۰۰۳ <sup>d</sup>  | N (%)                            |
| ۶/۵۵ <sup>**</sup>  | ۲/۵۷±۰/۲۶ <sup>a</sup>   | ۱/۶۲±۰/۱۹ <sup>d</sup>    | ۱/۵۹±۰/۱۸ <sup>d</sup>    | O.C (%)                          |
| ۷/۴۵ <sup>**</sup>  | ۷/۳۷±۰/۰۷ <sup>d</sup>   | ۷/۸۸±۰/۱۰۵ <sup>a</sup>   | ۷/۶۵±۰/۱ <sup>a</sup>     | pH                               |
| ۰/۴۶ <sup>ms</sup>  | ۰/۶۶۸±۰/۰۳۵              | ۰/۸۲۳±۰/۱۲۲               | ۰/۷۸۱±۰/۱۵۸               | E.C (dS.m <sup>-1</sup> )        |
| ۰/۹۶ <sup>ms</sup>  | ۵/۰۵±۰/۸۲                | ۶/۳۴±۰/۶۸                 | ۵/۰۷±۰/۷۴                 | Ca (meq.lit <sup>-1</sup> )      |
| ۰/۷۷ <sup>ms</sup>  | ۴۷/۶۲±۱/۹۱               | ۴۴/۶۲±۱/۶۸                | ۴۶/۸۷±۱/۷۱                | SP (%)                           |
| ۰/۸ <sup>ms</sup>   | ۱/۲۹±۰/۰۷۷               | ۱/۴۴±۰/۰۹                 | ۱/۳۹±۰/۰۷۴                | B. density (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| ۱۶/۴۵ <sup>**</sup> | ۹/۶۱±۰/۴۵ <sup>a</sup>   | ۷۱/۸±۱۳/۰۳ <sup>d</sup>   | ۷۳/۶۲±۸/۴۸ <sup>d</sup>   | C/N                              |

=B. density, =SP رطوبت اشباع, =Ca کلسیم, =E.C هدایت الکتریکی, =O.C کربن آلی, =N نیتروژن, =K پتاسیم, =T.N.V شن, =Sand سیلت, =Silt رس, =Clay وزن مخصوص, \*\*: معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ms بدون اختلاف معنی‌دار. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

تاج‌پوشش همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد. به عبارتی این متغیرها با ارتفاع تاج‌پوشش و به تبع آن با میزان لاشریزه تولیدی همبستگی دارند. این در حالی است که همبستگی معنی‌داری بین مقادیر تراکم و متغیرهای خاکی اندازه‌گیری شده مشاهده نگردید (جدول ۴).

نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای خاکی با مشخصه‌های جنگل‌شناسی آشکوب فوقانی نشان داد که مقادیر نیتروژن، کربن آلی و پتاسیم دو عمق و رطوبت اشباع عمق اول با ارتفاع تاج‌پوشش همبستگی مثبت معنی‌داری نشان می‌دهد. حال آنکه مقادیر pH خاک دو عمق با ارتفاع

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های جنگل‌شناسی با برخی متغیرهای خاکی عمق‌های اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm)  
Table 4. Pearson correlation between silvicultural characteristics with some edaphic factors in first (0-10 cm) and second depths (10-30 cm)

| متغیر                       | متغیرهای خاکی عمق اول    |       |         |        |        | متغیرهای خاکی عمق دوم    |       |         |        |        |
|-----------------------------|--------------------------|-------|---------|--------|--------|--------------------------|-------|---------|--------|--------|
|                             | K (Mg.kg <sup>-1</sup> ) | N (%) | O.C (%) | pH (-) | SP (%) | K (Mg.kg <sup>-1</sup> ) | N (%) | O.C (%) | pH (-) | SP (%) |
| تراکم (تعداد در قطعه نمونه) | -۰/۳۴                    | -۰/۳۳ | -۰/۲۳   | ۰/۰۶   | -۰/۱۶  | -۰/۳۴                    | -۰/۳۷ | -۰/۳۶   | ۰/۲۲   | -۰/۳۱  |
| ارتفاع تاج‌پوشش (متر)       | -۰/۷۸                    | -۰/۸۵ | -۰/۶۷   | -۰/۴۷  | ۰/۱۱   | ۰/۸                      | ۰/۸۱  | ۰/۶۴    | -۰/۵۶  | ۰/۶۶   |

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد, \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

اکثر مناطق کوهستانی زاگرس روی تشکیلات آهکی شکل گرفته است، لذا دور از انتظار نبود که خاک تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه ضمن داشتن pH بالا، فاقد اختلاف معنی‌دار در مقادیر آهک و کلسیم خاک باشند (۵۵). در تأیید این نتایج اولیایی و همکاران (۳۹) در بررسی تأثیر گونه بلوط بر اسیدیته خاک بیان داشتند که حضور گونه بلوط ایرانی موجب کاهش معنی‌دار pH در افق‌های سطحی و زیرین خاک مناطق مورد مطالعه شده است. همچنین مهدی‌فر و همکاران (۳۳) در بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر

همان‌گونه که گفته شد تمامی قطعات نمونه در واحدهای رویشی نسبتاً همگنی برداشت شده‌اند لذا می‌توان گفت که نوع گونه آشکوب فوقانی و ویژگی‌های جنگل‌شناسی آن از مهمترین علل تغییرات در متغیرهای خاکی است (جدول ۲). بر این اساس و طبق نتایج اختلاف معنی‌داری در مقادیر pH خاک تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی مشاهده شد. به طوری که بیشترین میزان pH دو عمق در خاک تیپ‌های جنگلی گلایی وحشی و دارمازو و کمترین میزان بدین لحاظ در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی مشاهده شد. در واقع از آنجا که خاک‌های

به‌مراتب بیشتر از مقدار کربن آلی برگ دیگر گونه‌های زاگرس مرکزی است (۲۵). بدیهی است که این امر نیز نقش مهمی در بالا بودن کربن آلی خاک در تیپ بلوط ایرانی دارد. از طرفی دیگر غلظت نیتروژن خاک همبستگی مثبت بالایی با غلظت کربن آلی خاک داشته و الگوی غلظت آن به‌شدت تحت‌تأثیر غلظت ماده آلی ورودی به خاک قرار می‌گیرد (۹). به‌طوری‌که در اغلب بوم‌سازگان‌های طبیعی، تجزیه مواد آلی، بیش از ۹۰٪ عناصر غذایی (مثل نیتروژن و فسفر) مورد نیاز گیاهان را تولید می‌کند (۳۱). بر این اساس می‌توان گفت که به‌واسطه ارتفاع بیشتر تاج‌پوشش در تیپ بلوط ایرانی ماده آلی ورودی به خاک بیشتر و به‌دنبال آن غلظت نیتروژن در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی افزایش یافته است. بالا بودن میزان پتاسیم خاک در خاک تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی پیش از این نیز تأیید شده بود. به‌طوری‌که اولیایی و همکاران (۳۹) در مطالعه تأثیر درختان بلوط ایرانی بر برخی ویژگی‌های خاک بیان داشتند پتاسیم خاک تحت تأثیر پوشش درخت بلوط ایرانی افزایش معنی‌داری را در تمامی مناطق و تقریباً همه اعماق نشان می‌دهد. ایشان دلایل افزایش قابل ملاحظه پتاسیم در خاک رویشگاه‌های بلوط ایرانی را به آزاد شدن پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار یا آزاد شدن آن طی فرایند تجزیه لاشبرگ ارتباط داد. در واقع از آنجا که گونه‌های درختی می‌توانند میزان ورودی و خروجی عناصر غذایی خاک را تحت‌تأثیر قرار دهند (۴۳)، لذا به‌نظر می‌رسد بالا بودن میزان ماده آلی ورودی به خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی (به‌واسطه ارتفاع تاج‌پوشش بیشتر) مهمترین علت افزایش پتاسیم خاک این تیپ جنگلی باشد (۱۰). زیرا اقلیم و سنگ بستر تقریباً مشابه باعث شده آزاد شدن پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار تحت‌تأثیر هوازدگی در تیپ‌های مورد مطالعه کمتر دست‌خوش تغییر باشد. وجود همبستگی مثبت معنی‌دار مقدار پتاسیم خاک با ارتفاع تاج‌پوشش می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد. بررسی نتایج رطوبت اشباع خاک تیپ‌های جنگلی نیز حاکی از بالا بودن میزان این متغیر در تیپ جنگلی بلوط ایرانی بود. میزان رطوبت اشباع خاک بیانگر توان خاک در نگهداری رطوبت خاک به‌مدت طولانی و در اختیار گیاه گذاشتن آن در مواقع خشک است. بر اساس مطالعات، افزایش ماده آلی ورودی به خاک سبب افزایش رطوبت اشباع خاک می‌شود (۴۷). این امر نشان می‌دهد که بالا بودن میزان رطوبت اشباع خاک در تیپ جنگلی بلوط ایرانی در نتیجه بالا بودن ماده آلی ورودی به خاک این تیپ است.

در مطالعه حاضر تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه از نظر ترسیب کربن خاک نیز اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. بدین معنی که خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی نسبت به دو تیپ دیگر مقدار بیشتری از کربن را در عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک خود ترسیب کرده است (جدول ۵).

ویژگی‌های کمی دارمازو منطقه شینه قلائی بیان داشتند مهمترین جزء مواد خنثی شونده خاک‌های منطقه آهک است که مقدار آن در افق‌های سطحی کمتر از افق‌های زیرین است. جریان دی‌اکسید کربن خاک یا به اصطلاح تنفس خاک از مهم‌ترین فرایندهای چرخه کربن اکوسیستم است که در نتیجه تجزیه مواد آلی (معنی‌شدن)، تنفس ریشه و ریزوسفر یا تنفس میکروبی خاک ایجاد می‌گردد (۲). محققان گزارش کردند که حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از گاز  $CO_2$  رها شده در فرایند تنفس خاک از تنفس ریشه و بقیه آن از تنفس ریز جانداران خاکزی آزاد می‌شود (۱). بر این اساس به‌نظر می‌رسد که به‌واسطه بیشتر بودن ارتفاع تاج‌پوشش در تیپ جنگلی بلوط ایرانی، مقدار ماده آلی بیشتری به خاک بر می‌گردد. همچنین از آنجا که جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک شدیداً وابسته به مقدار کربن و ماده آلی خاک هستند (۱۸)، بنابراین در نتیجه این افزایش ماده آلی ورودی به خاک، فعالیت زی‌توده میکروبی در بوم‌سازگان‌های جنگلی افزایش و به‌دنبال آن میزان تولید دی‌اکسید کربن و اسیدکربنیک (تنفس میکروبی) بیشتر شده است (۲۷). نهایتاً این امر با افزایش حلالیت کربنات کلسیم خاک می‌تواند منجر به کاهش pH خاک در تیپ جنگلی بلوط ایرانی شده باشد. وجود همبستگی منفی بالا بین میزان pH خاک و ارتفاع تاج‌پوشش از یک طرف و همبستگی مثبت معنی‌دار بین میزان کربن آلی خاک و ارتفاع تاج‌پوشش از طرف دیگر، می‌تواند این موضوع را تأیید نماید. در این راستا هینسینگر و همکاران (۲۰) نیز بیان داشتند که تولید  $CO_2$  در نتیجه تنفس ریشه می‌تواند اسیدیته یک خاک آهکی را از ۸/۳ به ۶/۷ کاهش دهد.

از نظر عناصر غذایی خاک بیشترین میزان کربن آلی، نیتروژن و پتاسیم در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی و کمترین مقدار در خاک تیپ‌های گلابی وحشی و بلوط دارمازو مشاهده گردید. در تأیید این نتایج محققان در مطالعه تأثیر درختان بلوط ایرانی بر برخی ویژگی‌های خاک بیان داشتند که درختان بلوط ایرانی در اکثر موارد موجب افزایش معنی‌داری در مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم تبادل، هدایت الکتریکی، آهن، منگنز و روی خاک می‌شوند (۳۹). در این ارتباط واضح است که لاشبرگ و فرایند تجزیه آن مسیر اصلی انتقال عناصر غذایی و کربن آلی به خاک هستند (۷). از طرفی مرور منابع مختلف نشان می‌دهد تجمع ماده آلی در خاک تحت تأثیر نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب فوقانی جنگل (۴۵) و یا به‌عبارتی تحت‌تأثیر تیپ جنگل قرار می‌گیرد (۴۸). بر این اساس و با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار در مقادیر ارتفاع تاج‌پوشش و همچنین وجود همبستگی مثبت بین ارتفاع تاج‌پوشش و میزان کربن آلی خاک می‌توان گفت که بالا بودن کربن آلی در خاک تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی به‌واسطه ارتفاع بیشتر تاج‌پوشش بلوط ایرانی است. از طرفی مطالعات نشان داده که مقدار کربن آلی لاشبرگ بلوط ایرانی



جدول ۵- مقایسه میانگین و اشتباه معیار ترسیب کربن در عمق اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm) خاک تیپ‌های جنگلی  
Table 5. Comparison of mean and standard error of carbon sequestration in the first (0-10 cm) and second depth (10-30 cm) of forest types

| آماره F           | تیپ جنگلی               |                         |                         | ترسیب کربن<br>عمق اول (۰-۱۰ cm) |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|                   | بلوط ایرانی             | بلوط دارمازو            | گلابی وحشی              |                                 |
| ۵/۳۰*             | ۳۷۳۰۶±۱۸۴۴ <sup>a</sup> | ۲۶۰۳۸±۴۶۳۵ <sup>b</sup> | ۲۰۸۹۳±۳۸۶۹ <sup>b</sup> |                                 |
| ۵/۱۳ <sup>c</sup> | ۵۴۶۷۰±۷۶۷۶ <sup>a</sup> | ۳۳۳۶۵±۴۴۱۳ <sup>d</sup> | ۳۰۷۵۱±۴۷۰۷ <sup>d</sup> | عمق دوم (۱۰-۳۰ cm)              |

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

نتایج همبستگی پیرسون بین مقادیر ترسیب کربن با مشخصه‌های جنگل‌شناسی آشکوب فوقانی و متغیرهای خاکی نشان داد که ترسیب کربن عمق‌های اول و دوم با مقادیر رس

و سیلت همبستگی منفی و با مقادیر شن، رطوبت اشباع خاک، کربن آلی، نیتروژن، پتاسیم و ارتفاع تاج‌پوشش همبستگی مثبت دارد (جدول ۶).

جدول ۶- همبستگی پیرسون بین ترسیب کربن عمق‌های اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm) با مشخصه‌های آشکوب فوقانی و متغیرهای خاکی  
Table 6. Pearson correlation between carbon sequestration of first (0-10 cm) and second depths (10-30 cm) with silvicultural characteristics and edaphic factors

| ترسیب کربن         | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) | SP (%) | pH (-) | O.C (%) | N (%)  | K (Mg.kg <sup>-1</sup> ) | تراکم (پلات/تعداد) | ارتفاع تاج‌پوشش (m) |
|--------------------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|--------|--------------------------|--------------------|---------------------|
| عمق اول (۰-۱۰ cm)  | -۰/۲۷    | -۰/۴۹*   | ۰/۴۵*    | ۰/۴۵*  | -۰/۱۵  | ۰/۹۱**  | ۰/۵۱*  | ۰/۴۵*                    | -۰/۳۰              | ۰/۴۷*               |
| ترسیب کربن         | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) | SP (%) | pH (-) | O.C (%) | N (%)  | K (Mg.kg <sup>-1</sup> ) | تراکم (پلات/تعداد) | ارتفاع تاج‌پوشش (m) |
| عمق دوم (۱۰-۳۰ cm) | -۰/۴۹*   | -۰/۶۳**  | ۰/۶۲**   | ۰/۴۳*  | -۰/۱۰  | ۰/۹۴**  | ۰/۷۰** | ۰/۷۴**                   | -۰/۲۹              | ۰/۵۸**              |

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

تجزیه و در نتیجه باعث افزایش ذخیره کربن خاک می‌شود (۲۶). در این مطالعه نیز همانگونه که گفته شد بیشترین میزان همبستگی بین مقادیر ترسیب کربن با نیتروژن و کربن آلی خاک مشاهده گردید. همچنین در مرور منابع مشاهده می‌شود که بین کربن آلی و رس خاک‌های جنگلی همبستگی مثبتی وجود دارد، بدین معنا که با افزایش درصد رس میزان کربن آلی و به دنبال آن میزان ترسیب کربن خاک افزایش می‌یابد (۱۷). بر عکس در این مطالعه ترسیب کربن با مقادیر رس و سیلت همبستگی منفی و با شن همبستگی مثبت داشت (جدول ۶). در تأیید این نتیجه مطالعه کوچ و همکاران (۲۹) نیز نشان دادند که با افزایش درصد شن بر مقدار ذخیره کربن خاک افزوده می‌شود (همبستگی مثبت) و با افزایش میزان رس و آهک میزان ترسیب کربن کاهش می‌یابد (همبستگی منفی). در مطالعه دیگری بایرامزاده (۵) نیز نشان داد که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک رابطه مثبت و قوی بین ذخیره کربن خاک و درصد شن وجود دارد.

به‌طورکلی نتایج نشان داد در زاگرس میانی خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی نسبت به دو تیپ دیگر از بافت سبک‌تری برخوردار است. همچنین تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه گرچه از نظر ارتفاع تاج‌پوشش آشکوب فوقانی و تراکم دارای اختلاف معنی‌داری بودند، اما ارتفاع تاج‌پوشش و نوع گونه آشکوب فوقانی مهمترین عواملی هستند که با تغییرات عناصر غذایی (نیتروژن، پتاسیم و کربن آلی)، رطوبت اشباع و ترسیب کربن خاک همبستگی مثبت و با pH خاک همبستگی منفی نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در نتیجه ارتفاع بیشتر تاج‌پوشش جست‌گروه‌ها و به دنبال آن لاشه‌ریزی بیشتر، خاک تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی نسبت به خاک تیپ‌های جنگلی گلابی

همانند دیگر متغیرهای معنی‌دار میزان ترسیب کربن خاک در عمق‌های اول و دوم تیپ بلوط ایرانی به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیپ دیگر است. از آنجاکه تمامی قطعات نمونه در واحدهای رویشی نسبتاً همگنی برداشت شده‌اند لذا می‌توان گفت که نوع و ویژگی‌های جنگل‌شناسی گونه آشکوب فوقانی از مهمترین علل تغییرات در مقدار ترسیب کربن خاک است. بر اساس مطالعات تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد (۱۳). از آنجا که درصد تاج‌پوشش مناطق مورد مطالعه تقریباً یکسان بود لذا به‌نظر می‌رسد به‌واسطه ارتفاع تاج‌پوشش بیشتر در تیپ بلوط ایرانی مقدار ورودی ماده آلی به خاک افزایش یافته و این امر با افزایش کربن آلی خاک باعث افزایش ترسیب کربن خاک شده است. همبستگی مثبت بین ارتفاع تاج‌پوشش با مقادیر کربن آلی و ترسیب کربن می‌تواند گواهی بر این ادعا باشد (جدول ۴ و ۶). همچنین بالا بودن مقدار کربن آلی لاشبرگ بلوط ایرانی نسبت به لاشبرگ دیگر گونه‌های زاگرس مرکزی می‌تواند دیگر عامل توجیه‌کننده این امر باشد (۲۵). این موضوع به‌وضوح نشان می‌دهد که گونه بلوط ایرانی به‌واسطه داشتن ارتفاع تاج‌پوشش بیشتر و کربن آلی بیشتر لاشبرگ، گونه بهتری برای ترسیب کربن پایدار در خاک معدنی است. از طرف دیگر در مطالعه حاضر ترسیب کربن خاک بیشترین همبستگی مثبت معنی‌دار را با مقادیر شیمیایی کربن آلی، نیتروژن و پتاسیم نشان داد (جدول ۶). در این راستا هنگل و همکاران (۱۹) نیز مهمترین عامل مؤثر در نوسان ترسیب کربن خاک‌های جنگلی را میزان نیتروژن خاک بیان کرد. چرا که لاشبرگ‌هایی با میزان بالای نیتروژن سبب افزایش نرخ

درختان بلندتر در ایجاد چرخه بزرگتر از درخت- لاشبرگ- عناصر غذایی خاک تأیید شده است (۲۳). بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی جنگل‌های زاگرس میانی، نقش ارتفاع تاج‌پوشش آشکوب فوقانی در بررسی‌های چرخه عناصر غذایی و ترسیب کربن مورد توجه قرار گیرد. به عبارتی در مطالعات سنجش از دور به‌منظور برآورد دقیقتر مقدار ترسیب کربن خاک جنگل‌های زاگرس میانی از داده‌های لیدار که قابلیت اندازه‌گیری ارتفاع تاج‌پوشش را دارند استفاده شود.

وحشی و بلوط دارمازو از نظر عناصر غذایی حاصلخیزتر، از نظر ترسیب کربن و رطوبت اشباع خاک در سطح بالاتر و از نظر pH در سطح پایین‌تری است. به عبارتی با توجه به تأثیرات مثبت تأییدشده تیپ جنگلی بلوط ایرانی بر خاک می‌توان گفت که این گونه به‌واسطه ارتفاع تاج‌پوشش بیشتر و همچنین کربن بیشتر لاشبرگ گونه موثری برای تغییر در مقادیر ترسیب کربن خاک و بهبود ویژگی‌های کیفی خاک‌های جنگلی زاگرس میانی است. چنانچه قبلاً توانایی

## منابع

1. Andrews, J.A., K.G. Harisson, R. Matamala and W.H. Schlesinger. 2000. Separation of root respiration from total soil respiration 13C labeling during Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE). Soil Science Society of America Journal, 63(5): 1429-1435.
2. Ball, B.C., A. Scott and J.P. Parker. 1999. Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage Compaction and soil quality in Scotland. Soil and Tillage Research, 53: 29-39.
3. Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton and S.H. Spurr. 1998. Forest ecology. John Wiley and Sons, Inc, New York, US, 774 pp.
4. Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. European Journal of Soil Science, 47(2): 151-163.
5. Bayramzadeh, V. 2014. Does tree species composition control the soil carbon stocks of the Hyrcanian forest in the Northern Iran? (A case study in Guilan province, Iran). Journal of Forestry Research, 25(1): 143-146.
6. Beiranvand, R., B. Shirzad, A. Azizian and A. A. Bozorgi. 2004. Chmhsar reservoir project of Delfan. Forest Rangeland and Watershed country, 105 pp (In Persian).
7. Berg, B. and C. McClaugherty. 2008. Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 338 pp.
8. Boley, J.D., P. Allan, A.P. Drew, E. Richard and R.E. Andrus. 2009. Effects of active pasture. Teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica. Forest Ecology and Management, 257(11): 2254-2261.
9. Breuer, L., J.A. Huisman, T. Keller and H.G. Frede. 2006. Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related properties: analysis of a 60 year Chrono sequence. Geoderma, 133(2): 6-18.
10. Camping, T.J., R.A. Dahlgren, K.W. Tate and W.R. Horwat. 2002. Changes in soil due to grazing and oak tree removal in California blue oak woodland. In: Sandiford, R.B., McCreary, D and Purcell, k.l. Oaks in California Changing Landscape. Berkeley, CA: USDA Forest Service General Technical Report, 184: 75-85.
11. Chen, C.R., Z.H. Xu and N.J. Mathers. 2004. Soil carbon pools in adjacent natural and plantation forests of subtropical Australia. Soil Science Society of America Journal, 68(1): 282-291.
12. Defen, K., D. Roobroeck, M.C. Wadu, P. Lootens and P. Boeckx. 2009. Microbial community composition and rhizodeposit-carbon assimilation in differently managed temperate grassland soils. Soil Biology and Biochemistry, 41(1): 144-153.
13. Dinakaran, J. and N.S. Krishnaya. 2008. Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. Current Science, 94(9): 1144-1150.
14. Durak, T. 2012. Changes in diversity of the mountain beech forest herb layer as a function of the forest management method. Forest Ecology and Management, 276: 154-164.
15. Farhadi, P., J. Soosani, K. Adeli and V. Alijani. 2014. Analysis of Zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehgor forest, Khorramabad). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2): 294-306 (In Persian).
16. Gelman, V., V. Hukkonen, R. Kantola, M. Nousianen, V. Nousianen and M. Poku-Marboah. 2013. Impact of Forest Management Practices on Forest Carbon, Interdisciplinary Approach to Forests and Climate Change. University of Helsinki, Helsinki, 20 pp.
17. Grüneberg, E., I. Schöning, D. Hessenmöller, E.D. Schulze and W.W. Weisser. 2013. Organic layer and clay content control soil organic carbon stocks in density fractions of differently managed German beech forests. Forest Ecology and Management, 303: 1-10.
18. Han, G., X. Hao, M. Zhao, M. Wang, B.H. Ellert, W. Willms and M. Wang. 2008. Effects of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 125(1): 21-32.
19. Hengl, T., G.B.M. Heuvelink and D.G. Rossiter. 2007. About Regression-Kriging: From equations to case studies. Computers and Geosciences, 33(10): 1301-1315.
20. Hinsinger, P., C. Plassard, C. Tang and B. Jaillard. 2003. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. Plant and Soil, 248: 43-59.

21. Huxley, A. 1992. The new RHS Dictionary of Gardening. MacMillan Press, 33-53.
22. IPCC. 2007. Climate Change 2007. Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.
23. Isichei, A.O. and J.I. Muoghalu. 1992. The Effects of Tree Canopy Cover on Soil Fertility in a Nigerian Savanna. *Journal of Tropical Ecology*, 8(3): 329-338.
24. Jafari Sarabi, H., B. Pilehvar, K. Abrari and S.M. Waez-Mousavi. 2018. Investigation on changes in vegetation by effects of environmental factors using conservatism species. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(4): 706-718 (In Persian).
25. Jafari Sarabi, H., B. Pilehvar, K. Abrari and S.M. Waez-Mousavi. 2019. Effects of tree species diversity on leaf litter decomposition and recognizing the humus forms in the central Zagros forests, Iran. Ph.D. thesis, Lorestan University, Khoramabad, IRAN, 230 pp (In Persian).
26. Jandel, R., M. Lindner, B. Bauwens, R. Baritz, F. Hageclorn, D.W. Johnson, K. Minkinen and K.A. Byrne. 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration. *Geoderma*, 137(3): 253-268.
27. Kara, O. and I. Bolat. 2007. The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Barton Province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2): 281-288.
28. Khanhasani, M., Kh. Sagheb-Talebi, R. Akhavan and Z.h. Vardanyan. 2015. The effect of environmental factors on distribution of three oak species (*Q. brantii* Lindl. *Q. libani* Oliv and *Q. infectoria* Oliv.) In northern Zagros forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 549-561 (In Persian).
29. Kooch, Y., S.M. Hosseini, C. Zaccone, H. Jalilvand and S.M. Hojjati. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: The Darab Kola forest (north of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(9): 2438-2446 (In Persian).
30. Koorem, K. and M. Moora. 2010. Positive association between understory species richness and a dominant shrub species (*Corylus avellana*) in a boreonemoral spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 260(8): 1407-1413.
31. Lambers, H., J.A. Raven, G.R. Shaver and S.E. Smith. 2008. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(2): 95-103.
32. Lovett, G.M., K.C. Weathers and M.A. Arthur. 2002. Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. *Ecosystems*, 5(7): 712-718.
33. Mehdiyar, D., R. Karamian, Kh. Sagheb-Talebi and M. Sepahvand. 2015. Effects of some physical and chemical soil properties on quantitative characteristics of *Quercus infectoria* Oliv at Shine Forest of Lorestan Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(2): 234-245 (In Persian).
34. Moslemi Seyed Mahalle, S.M., S.G. Jalali, S.M. Hojjati and Y. Kooch. 2020. The Effect of Different Forest Types on Soil Properties and Biodiversity of Grassland Cover and Regeneration in Central Hyrcanian Forests (Case Study: Seri-Alandan-Sari). *Ecology of Iranian Forests*, 7(14): 10-21 (In Persian).
35. Nadi, H., V. Hosseini and K. Mohammadi Samani. 2018. The Effect of pear tree vegetation of chamhesar, Lorestan on Some Chemical Soil Properties. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 25(1): 167-179 (In Persian).
36. Nave, L.E., E.D. Vance, C.W. Swanston and P.S. Curtis. 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 857-866.
37. Nijnik, M., G. Pajot, A.J. Moffat and B. Slee. 2013. An economic analysis of the establishment of forest plantations in the United Kingdom to mitigate climatic change. *Forest Policy and Economics*, 26: 34-42.
38. Onyekwelu, J.C., R. Mosandl and B. Stimm. 2006. Productivity, site evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves. *Nigeria Forest and Ecology and Management*, 229(3): 214-227.
39. Owliaie, H.R., E. Adhami, H. Faraji and P. Fayyaz. 2011. Influence of Oak (*Quercus brantii* Lindl.) on selected soil properties of oak forests in Yasouj Region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Water and Soil Science*, 15(56): 193-207 (In Persian).
40. Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, Th. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner. 2003. Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, Japan, 590 pp.
41. Powers, R.F., M.D. Busse, K.J. McFarlane, J. Zhang and D.H. Young. 2013. Long-term effects of silviculture on soil carbon storage: does vegetation control make a difference? *Journal of Forestry*, 86(1): 47-58.
42. Prentice, I.C. 2001. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide, Climate Change 2001. The Scientific Basis IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
43. Quingkui, W., W. Silong and H. Yu. 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management*, 255(3): 1210-1218.

44. Salehi, A., A. Mohammadi and A. Safari. 2011. Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 81-89 (In Persian).
45. Schulp, C.J.E., G.J. Naburus, P.H. Verburg and R.W. Waal. 2008. Effect of tree species on carbon stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(3): 482-490.
46. Schulp, C.J.E., G. Nabuurs and P.H. Verburg. 2008. Future carbon sequestration in Europe -effects of land use change. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 127(2): 251-264.
47. Silveria, M.L., N.B. Comerford, K.R. Reddy, J. Prenger and W.F. DeBusk. 2010. Influence of military land uses on soil carbon dynamics in forest ecosystems of Georgia, USA. *Ecological Indicators*, 10(4): 905-909.
48. Thorn, M.S., C.W. Swanston, C.C. Castanha and S.E. Trumbore. 2009. Storage and turnover of natural organic matter in soil: 219-273. In: Senesi, N., Xing, B. and Ming Huang, P. (Eds.). *Biophysico-chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental System*. Published by Lawrence Berkeley National Laboratory, USA, 784 pp.
49. Abedi, T., S. Mohammadi Limaee, A. Eslam Bonyad and J. Torkaman. 2020. Determination of Optimum Rotation Age of *Populus Deltoides* Plantation in Regard to Economic Value of Carbon Sequestration. *Ecology of Iranian Forests*, 8(15): 22-31(In Persian).
50. Toriyama, J., M. Hak, A. Imayaa, K. Hiraia and Y. Kiyono. 2015. Effects of forest type and environmental factors on the soil organic carbon pool and its density fractions in a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 335: 147-155.
51. Turner, D.P., G.J. Koerper, M.E. Harmon and J.J. Lee. 1995. Carbon sequestration by forests of the United States-current status and projections to the year 2040. *Tellus*, 47(1): 232-239.
52. Vesterdal, L., N. Clarke, B.D. Sigurdsson and P. Gundersen. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management*, 309: 4-18.
53. Wamelink, G.W.W., H.F. van Dobben, J.P. Mol- Dijkstra, E.P.A.G. Schouwenberg, J. Kros, W. de Vries and F. Berendse. 2009. Effect of nitrogen deposition reduction on biodiversity and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 258(8): 1774-1779.
54. Zarrinkafsh, M.K. 1993. *Applied soil science, soil survey and soil-plant-water analysis*. Tehran University Publication, Tehran, IRAN, 342 pp (In Persian).
55. Zarrinkafsh, M.K. 2002. *Forestry Soil (Interaction of Soil and Plants Regarding Ecological Factors Forests Ecosystems)*, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, IRAN, 361 pp (In Persian).
56. Bادهیان, ز., م. Mansoori, م. Foshat and S.M. Hosseini. 2016. Investigation on the soil carbon sequestration in natural forest and different plantation types (case study: Chamestan forest, Mazandaran). *Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources)*, 69(3): 523-534 (In Persian).

## Changes in Carbon Sequestration and some Edaphic Traits in Forest Types of Central Zagros (Case Study: The forests of Lorestan Province)

Hamzeh Jafari Sarabi<sup>1</sup>, Babak Pilehvar<sup>2</sup>, Kambiz Abrari<sup>3</sup> and  
Seyed Mohammad Waez-Mousavi<sup>4</sup>

---

1- Ph.D. of silviculture and Forest Ecology, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

2- Associate Professor, Department of Forestry, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran  
(Corresponding author: pilehvar.b@lu.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forestry, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

4- Assistant Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,  
Gorgan, I.R. Iran

Received: 13 January, 2020

Accepted: 13 September, 2020

---

### Abstract

Tree species through litter fall have the most important effect on soil properties and play a fundamental role in the carbon cycle and nutrient release. This study aimed to investigate the correlation between tree species and changes in carbon sequestration and some soil properties in the forest types of central Zagros. The tree species features in the Persian oak, Aleppo oak, and Wild pear forest types were measured by 24 plots of 500 m<sup>2</sup> (20×25 m) and soil properties were determined (at two depths of 0-10 & 10-30 cm) by 48 combined samples. Data on tree features, soil properties, and carbon sequestration variables were analyzed and compared by one-way ANOVA. Based on the results, unlike crown height and tree density, canopy area showed no significant difference. Significant differences among forest types were also observed in carbon sequestration, soil texture, N, OC, K, pH, and saturated humidity in the 1st sampling depth but the T.N.V, C/N ratio, EC, Ca, bulk density, and saturated humidity showed no significant differences in the 2nd sampling depth. The most values of clay, silt, and pH, were seen in both Wild Pear and Aleppo oak forest types while Persian oak forest type had the most values of carbon sequestration, sand, K, N, OC, and saturated humidity in the 1st sampling depth. The crown height was the most important variable that showed significant correlation with the changes of carbon sequestration, K, pH, and saturated humidity. It is concluded that the changes in carbon sequestration and soil nutrients in Zagros forest types is mostly affected by forest types and crown height. It is suggested that to estimate carbon sequestration by remote sensing in Zagros forest, the Lidar data that able to measure crown height be applied.

**Keywords:** Forest type, Oak, Soil carbon sequestration, Soil physiochemical properties



"مقاله پژوهشی"

تحلیل الگوی نقطه ای پراکنش گونه‌های چوبی در جنگل چهلتن دهبکری، استان کرمان

میعاد پاکزاد<sup>۱</sup>، تیمور رستمی شاهراجی<sup>۲</sup> و رضا ابراهیمی آتانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه گیلان، (نویسنده مسوول: miadpak@yahoo.com)

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۳- دانشیار دانشکده فنی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۰۹

صفحه: ۱۵۲ تا ۱۶۲

چکیده

الگوی پراکنش مکانی یکی از خصوصیات مهم جوامع جنگلی است. درک فرآیندهای نهفته در الگوی مکانی جوامع درختی یک هدف مهم در بوم‌شناسی جنگل است. الگوی پراکنش مکانی گونه‌های مختلف جنگل بر فرآیندهای اکولوژیک اکوسیستم‌های جنگلی تأثیر می‌گذارد و در شناخت پویایی بوم‌سازگان جنگل اهمیت دارد. این پژوهش باهدف تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای بنه، کیکم، بادام‌کوهی، دافنه، زرشک، شیرخشت و کیش در رویشگاه جنگلی چهلتن دهبکری شهرستان بم در استان کرمان انجام شد. برای این منظور موقعیت مکانی و نوع گونه تمامی درختان و درختچه‌ها در یک قطعه ۱۵ هکتاری ثبت شد. سپس الگوی پراکنش مکانی هر یک از گونه‌ها به تفکیک و نیز کل درختان و درختچه‌ها با سه روش نزدیک‌ترین همسایه، تابع k رایبلی و تابع O-ring تعیین شد. نتایج نشان داد الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در این ناحیه کپه‌ای است، اگرچه شدت کپه‌ای بودن پراکنش گونه‌ها متفاوت بود. بر اساس نتایج نزدیک‌ترین همسایه، از بین گونه‌های مورد بررسی، الگوی پراکنش گونه زرشک تصادفی و الگوی پراکنش سایر گونه‌ها کپه‌ای بود. نتایج این پژوهش بیانگر توانمندی شاخص‌های بررسی شده در تعیین الگوی مکانی گونه‌های چوبی در منطقه مورد مطالعه است و می‌تواند اطلاعات مفیدی به‌منظور تشریح پایداری این اکوسیستم با ارزش و پایش اقدامات حفاظتی و احیایی ارائه دهد. با توجه به هدف و امکانات قابل‌دسترسی، از هر کدام از شاخص‌ها می‌توان در مطالعات آینده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش مکانی، تابع O-ring، تابع k رایبلی، دهبکری، نزدیک‌ترین همسایه

مقدمه

یکی از آشکارترین جنبه‌های ساختاری یک توده جنگلی، الگوی پراکنش مکانی یا نحوه توزیع درختان در آن است (۲۰). الگوی پراکنش بر نحوه اختصاص مکان یا توزیع افراد دلالت دارد که گویای نحوه قرارگیری افراد در فضای افقی است (۳۰). گیاهان در هر منطقه جغرافیایی یا در هر رویشگاه به‌صورت تصادفی یا غیر تصادفی پراکنده شده‌اند که پراکنش غیر تصادفی به دو شکل یکنواخت (منظم) و تجمعی (کپه‌ای، خوشه‌ای) تقسیم می‌شوند (۱۳). الگوهای تصادفی به همگنی محیطی و یا به الگوهای رفتاری گزینش نشده اشاره می‌کند. از طرف دیگر، الگوهای غیر تصادفی (کپه‌ای و منظم) بیانگر وجود برخی محدودیت‌ها در جمعیت است (۷). الگوی کپه‌ای بیان می‌کند که افراد در قسمت‌های مساعدتر رویشگاه جمع می‌شوند، درحالی‌که الگوی منظم از کنش‌های متقابل منفی مانند رقابت برای غذا یا فضا بین افراد به‌دست می‌آید (۷). بررسی الگوی پراکنش از نخستین مشاهده‌هایی است که در بررسی هر جامعه‌ای صورت می‌گیرد و نقش مهمی در تعیین روش‌های مناسب برای اندازه‌گیری خصوصیات کمی مانند پراکنش و تراکم دارد. همچنین در ارزیابی یکنواختی و نبود یکنواختی محیطی، نوع تکثیر و تولیدمثل و الگوهای رفتاری گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند (۱۶). الگوی پراکنش مکانی یک‌گونه توسط فرآیندهای متعددی تعیین می‌شود و فرآیندهای کلیدی تعیین‌کننده برحسب گونه متفاوت‌اند (۱۴). لو و همکاران (۲۳) اشاره می‌نمایند که نحوه زادآوری، موقعیت مکانی یک‌گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. داله (۶) بیان

می‌دارد عوامل مورفولوژیکی، عوامل جامعه‌شناسی گیاهی (اثر متقابل بین‌گونه‌ای) و عوامل محیطی ازجمله عوامل مؤثر در ایجاد الگوی یک‌گونه می‌باشند. وجود اجتماعات گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ناشی از فرآیندهای مختلفی چون اثر تسهیل‌کنندگی یک گیاه بر استقرار گیاه دیگر، نوع پراکنش بذر و یا ناهمگنی‌های محیطی است. ممکن است تشکیل اجتماعات به‌وجود آمده از گیاهان یک‌گونه به کنش‌های متقابل درون‌گونه‌ای مربوط باشد که باعث ایفای نقش پرستار در گیاهان بزرگ‌تر برای گیاهان کوچک‌تر از همان‌گونه می‌شود. در زیر تاج گیاه پرستار شرایط برای استقرار و رشد گیاهان کوچک‌تر فراهم است و بدین ترتیب اجتماعاتی از گیاهان شکل می‌گیرند (۳۲). روش‌ها و شاخص‌های متعددی برای تفسیر توزیع‌های مکانی ارائه شده است که این روش‌ها بر اساس نوع داده موردنیاز به سه گروه عمده روش کوادرات، روش نزدیک‌ترین فاصله و روش داده‌های نقشه‌برداری شده طبقه‌بندی می‌گردند (۲). در بین روش‌های برداشت داده، روش نقشه‌کش تمامی افراد مورد مطالعه کامل‌تر است و تحلیل داده‌ها با استفاده از شاخص‌هایی مانند تابع k رایبلی است (۳۰). برای مطالعه نحوه پراکنش گیاهان در یک عرصه و همچنین بررسی کنش‌های متقابل درون‌گونه‌ای آن‌ها تنها استفاده از یک آماره اختصاری کافی نیست و باید مجموعه‌ای مناسب از آن‌ها را بکار برد (۱۵). در این مطالعه از روش داده‌های نقشه‌برداری شده، استفاده شده است. به‌این صورت که مختصات هر نقطه (درخت و درختچه) ثبت شد. این اطلاعات برای تعیین الگوی

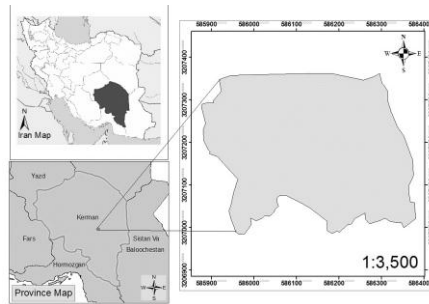
این صورت که گونه بلوط ایرانی با افزایش فاصله از درختان الگوی مکانی از کپهای به تصادفی و گونه بنه از تصادفی به یکنواخت تغییر می‌کند. مطالعات صورت گرفته در خارج از کشور بسیار زیاد بوده و می‌توان به تعدادی از آن‌ها اشاره داشت. الگوهای پراکنش درختان نوئل و نراد در شمال شرق ایالات متحده آمریکا با استفاده از روش‌های نزدیک‌ترین همسایه، تابع  $k$  رایبلی و تابع همبستگی جفتی بررسی شده‌اند (۲۲). ونگ و همکاران (۳۱) با استفاده از تابع همبستگی زوجی الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری ۱۵ گونه درختی را در جنگل‌های پیش رسته معتدله در شمال شرقی چین، مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تمامی گونه‌های مورد مطالعه دارای الگوی کپهای می‌باشند. پژوهش‌های انجام شده در مورد تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در استان کرمان بسیار محدود است. آگاهی از الگوی پراکنش مکانی و اثرات متقابل گونه‌های جنگلی می‌تواند یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های دستیابی به توان رویشگاه، نحوه بازسازی و احیاء و همچنین انتخاب روش‌های مناسب آماربرداری و مدیریتی باشد. تحلیل الگوی پراکنش مکانی عناصر جنگل موجب می‌شود که شناخت عمیق‌تری از ساختار و رشد افراد به‌دست‌آمده و مشکلات نحوه تخصیص مکان به جنگل‌کاری و بهره‌برداری از جنگل حل شود (۱۲). بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در جنگل طبیعی و کمتر دست‌خورده منطقه چهل‌تن دهبکری در استان کرمان است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه جنگلی چهل‌تن دهبکری در ۱۸۰ کیلومتری جنوب شرقی مرکز استان کرمان و در ۶۰ کیلومتری غرب شهرستان بم در مسیر جیرفت در رشته‌کوه جبال بارز و در مجاورت روستای دهبکری قرار گرفته است. این منطقه حداثه ۵۳/۹۳° ۱۶/۵۹ تا ۲۸° ۲۹/۳۵ ۵۹° ۲۸° عرض شمالی و ۵۳/۶۶° ۵۲° ۵۷° تا ۱۲/۲۸ ۵۳° ۵۷° طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بررسی‌های انجام گرفته و مطابق آمار بلندمدت نزدیک‌ترین ایستگاه کلیماتولوژی، میزان بارش ۱۷۶/۲ میلی‌متر در سال است. منطقه مورد مطالعه بر اساس روش دومارتن جزو اقلیم خشک محسوب می‌شود. این منطقه از نظر تنوع یک رویشگاه منحصربه‌فرد در استان کرمان است، به‌طوری‌که درختان سوزنی و پهن‌برگ و درختچه‌های متعدد (مانند ارس، بنه، کیکم، دافنه، بادام، زرشک، تمشک، کیش، شیرخشت) مجموعه‌ای از پوشش گیاهی را فراهم کرده است.

مکانی با استفاده از روش‌های نزدیک‌ترین همسایه، تابع  $k$  رایبلی و تابع  $O$ -ring مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات متعددی در کشور ایران در رابطه با تحلیل الگوی مکانی گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های بالا صورت گرفته است که به تعدادی از آن‌ها که در راستای این پژوهش است، می‌توان اشاره داشت. اخوان و همکاران (۲) الگوی مکانی درختان را طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش با استفاده از تابع  $k$  رایبلی بررسی نمودند نتایج این پژوهش نشان داد در مراحل تحولی توده‌ها از مراحل اولیه به سمت پوسیدگی در مقطعی، الگوی پراکنش از به‌شدت کپهای به سمت تصادفی میل می‌کند. اخوان و همکاران (۱) الگوی پراکنش ارس در مراحل رویشی مختلف با استفاده از آماره اورینگ در جنگل‌های لاین استان خراسان رضوی بررسی نمودند که نتایج نشان‌داد الگوی پراکنش پایه‌های ارس در بیشتر موارد تا فاصله ۲۵ متری کپهای است و پس‌از آن با بزرگ شدن مقیاس بررسی، به سمت تصادفی میل می‌کند. فلاح چای و خوش‌منظر (۹) الگوی پراکنش گونه افرا پلت را در سری دو ناو اسالم بررسی کردند، نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های مختلف پراکنش، الگوی مکانی برای این گونه را در دو توده بالا و پایین ۸۰۰ متر از سطح دریا به شکل یکنواخت، حداکثر یکنواختی تا تصادفی نشان‌داد. علی‌جانی و فقهی (۳) با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی ساختار مکانی گونه ملج در جنگل خیرود نوشهر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که گونه ملج دارای الگوی مکانی تصادفی متمایل به کپهای است. نوری و همکاران (۲۵) با استفاده از تابع  $k$  رایبلی و مقایسه آن با شاخص نزدیک‌ترین همسایه نشان دادند که الگوی مکانی گونه‌های راش، ممرز، پلت و توسکا در جنگل خیرود از نوع کپهای است. در تحقیق دیگری، الگوی پراکنش مکانی گونه برودار در زاگرس با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه بررسی و یکنواخت تعیین شد (۷). الگوی مکانی سه گونه بلوط (ایرانی، وی‌ول و دارمازو) در جنگل‌های چناره مریوان توسط پوربابایی و همکاران (۲۷) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد هر سه گونه الگوی تصادفی دارند. در پژوهشی دیگر الگوی پراکنش درختی برودار یا بلوط ایرانی، مازودار، وی‌ول و زالزالک در جنگل‌های قلمی مریوان توسط بصیری و همکاران (۴) بررسی شده است. در این تحلیل الگوی پراکنش مکانی کپهای برای گونه‌های مورد بررسی گزارش شد. کریمی و فلاح (۱۷) با استفاده از تابع  $K2$  گونه‌های بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه را بررسی کردند، نتایج نشان داد که این گونه‌ها دارای الگوی مختلط هستند به



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه از جنگل چهل تن دهبکری در استان کرمان  
Figure 1. Geographical location of the study area of Chel-tan Dehbakri forest in Kerman province

نقطه معین تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش را در نظر می‌گیرد، در روش رایبلی فاصله‌های بین تمام جفت نقاط موجود در سطح مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود (۲۴). این تابع برای یک الگوی نقطه‌ای مشخص به صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱).

$$k(r) = \frac{\bar{n}(r)}{\rho} \quad (\text{رابطه ۱})$$

به طوری که  $\bar{n}(r)$ : میانگین تعداد درختان همسایه‌ای است که به شعاع  $r$  از یک درخت قرار گرفته‌اند و  $\rho$  تراکم (تعداد در واحد سطح) است. در یک الگوی کاملاً تصادفی با تراکم  $\rho$ ، رابطه  $k_r = \pi r^2$  برقرار است؛ بنابراین در الگوی تجمعی که در آن تعداد همسایه‌ها بیش‌تر از حالت تصادفی است،  $k_r > \pi r^2$ . امروزه به جای تابع  $k$  رایبلی از شکل اصلاح‌شده آن یعنی تابع  $L$  که توسط بساگ (۵) ارائه شد استفاده می‌شود که حالت خطی تابع  $k$  بوده و نیز واریانس  $k$  را تثبیت می‌نماید. همچنین نمایش و تفسیر تابع  $L$  نسبت به  $k$  ساده‌تر است (رابطه ۲). رابطه این تابع به صورت زیر است:

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N K(i, j)}{\pi N(N-1)}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن،  $A$ : مساحت منطقه مورد مطالعه (مترمربع).  $N$ : تعداد نقاط (درختان)،  $d$ : فاصله (متر) و  $K(I, j)$ : فاکتور وزن است که اگر فاصله بین دو درخت  $I$  و  $J$  کوچک‌تر یا مساوی  $d$  باشد برابر یک و اگر بیشتر باشد برابر صفر است. در روش  $k$  رایبلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده شده با الگوی تصادفی (فرض صفر) حدود اعتماد با استفاده از آزمون مونت کارلو محاسبه و ترسیم می‌گردد، به طوری که اگر تابع  $L$  در داخل این محدوده قرار گیرد، الگوی پراکنش مشاهده شده با الگوی تصادفی تفاوت معنی‌داری نخواهد داشت اما اگر تابع  $L$  بالاتر از این محدوده قرار گیرد، نشانه وجود الگوی کپه‌ای و اگر پایین‌تر از این محدوده واقع شود، نشان‌دهنده الگوی منظم است (۲۳).

تابع  $O$ -ring: این تابع با تابع  $k$  رایبلی و تابع روابط جفتی  $g$  ارتباط دارد که به جای اندازه‌گیری تعداد نقاط در دایره‌های با شعاع  $r$  نقاط داخل حلقه‌ای با عرض معین، شعاع  $r$  و مرکز تصادفی شمارش می‌شوند (رابطه ۳).

$$O(r) = \lambda g(r) \quad (\text{رابطه ۳})$$

## روش پژوهش

در این منطقه مساحتی به وسعت ۱۵ هکتار تعیین شد و مختصات مکان همه گونه‌های چوبی موجود در این منطقه آماربرداری صد درصد شدند. برای تعیین محل پایه‌ها مختصات جغرافیایی  $(X, Y)$  پایه‌های درختی با قطر برابر سینه بزرگ‌تر از پنج سانتی‌متر و همچنین نقطه وسط تاج درختچه‌ها و درختان چند شاخه یا جست‌گروه به‌عنوان مکان درخت ثبت شد. مختصات جغرافیایی در سیستم مختصات UTM به‌وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی GPS تعیین شد. کلیه اطلاعات در محیط نرم‌افزار ArcGIS وارد شد و در نهایت اطلاعات ثبت‌شده به یک لایه‌ی نقطه‌ای تبدیل شد. در مورد جست‌گروه‌ها مرکز جست‌گروه (و نه هر یک از جست‌ها) به‌عنوان مکان و کل جست‌گروه یک فرد در نظر گرفته شد. همچنین درختان شاخه‌زاد که مانند درخت دانه‌زاد به‌صورت تک‌پایه بودند، به‌عنوان یک فرد در نظر گرفته شد. برای بررسی الگوی پراکنش در این تحقیق از سه روش نزدیک‌ترین همسایه، تابع  $k$  رایبلی و تابع  $O$ -ring استفاده گردید.

شاخص نزدیک‌ترین همسایه: این روش مبتنی بر اندازه‌گیری فاصله تک‌تک درختان تا نزدیک‌ترین همسایه‌شان بوده و در تعیین هم‌گرایی و واگرایی گونه‌های مختلف نیز کاربرد دارد. در این روش شاخص نزدیک‌ترین همسایه بر اساس میانگین فاصله هر درخت تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش محاسبه می‌شود. فرض صفر این است که درختان به‌صورت تصادفی پراکنده شده‌اند. شاخص نزدیک‌ترین همسایه به‌صورت نسبت میانگین فاصله مشاهده‌شده به فاصله مورد انتظار بیان می‌شود. فاصله مورد انتظار در واقع میانگین فواصل درختان در حالت پراکنش کاملاً تصادفی است. اگر شاخص محاسبه‌شده کمتر از یک باشد الگو کپه‌ای است، اگر بیشتر از یک باشد یکنواخت و اگر برابر یک باشد الگو تصادفی است. در این روش در نتیجه تجزیه و تحلیل کمیت  $Z$  به دست می‌آید که اگر مقدار آن بین  $+1/96$  و  $-1/96$  باشد، اختلاف معنی‌داری بین توزیع مشاهده شده و توزیع تصادفی وجود ندارد. در غیر این صورت توزیع تجمعی یا یکنواخت خواهد بود (۲۱).

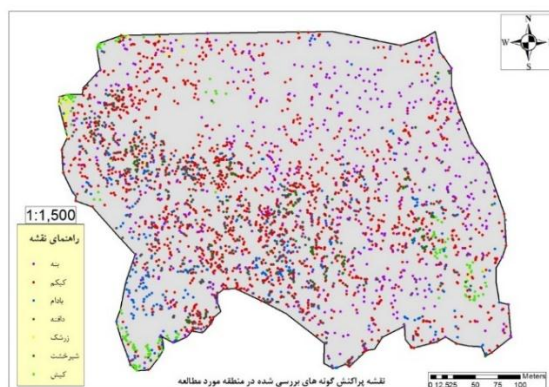
تابع  $k$  رایبلی: این تابع بر اساس تعداد نقاط موجود در یک شعاع مشخص ( $r$ ) به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. برخلاف روش نزدیک‌ترین همسایه که فقط فاصله از یک



پس از بررسی محدوده ۱۵ هکتاری منطقه پژوهش در مجموع ۹ گونه چوبی مشاهده شد، گونه ارس و تمشک به دلیل فراوانی کم از تحلیل‌ها کنار گذاشته شدند. در مجموع ۳۴۴۰ پایه شامل گونه‌های بنه، کیکم، بادام‌کوهی، دافنه، زرشک، کیش و شیرخشت برداشت و الگوی مکانی آن‌ها بررسی شد (شکل ۲). در بین گونه‌های درختی، بیشترین تراکم در هکتار مربوط به کیکم بود. در بین گونه‌های درختچه‌ای، دافنه بیشترین و زرشک کمترین فراوانی را داشتند (جدول ۱).

در این رابطه  $\lambda$ : تراکم نقاط در الگوی مورد بررسی است. مقدار این تابع برای یک الگوی تصادفی برابر تراکم نقاط  $\lambda$  است. بیشتر بودن این تابع از تراکم بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای و کمتر بودن آن نشان‌دهنده الگوی مکانی یکنواخت است. تحلیل الگوی پراکنش مکانی برای هر یک از گونه‌های درختی و درختچه‌ای و همچنین کل گونه‌ها با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و تابع  $k$  رایلی در نرم‌افزار PAST و تابع O-ring در نرم‌افزار Programita 2010 انجام شد.

## نتایج و بحث



شکل ۲- نقشه موقعیت مکانی گونه‌های بررسی شده در منطقه مورد مطالعه  
Figure 2. Location map of investigated species in the study area

جدول ۱- فراوانی و تعداد پایه در هکتار گونه‌های چوبی منطقه مورد مطالعه

| Table 1. Frequency per hectare of woody species in the study area |                               |                                     |                                  |   |                                   |                               | کل درختچه‌ها | کل درختان | کل عناصر چوبی |                     |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------|---------------|---------------------|
| شیرخشت<br><i>Cotoneaster Kotschy</i>                              | کیش<br><i>Nerium oleander</i> | زرشک<br><i>Berberis integerrima</i> | دافنه<br><i>Daphne mucronata</i> | بادام‌کوهی<br><i>Amygdalus scoparia</i> | کیکم<br><i>Acer monspesulanum</i> | بنه<br><i>Pistacia mutica</i> |              |           |               |                     |
| ۱۲۰   | ۱۴۴                           | ۴۷                                  | ۷۵۲                              | ۲۸۰                                     | ۱۳۷۴                              | ۷۲۳                           | ۱۳۴۳         | ۲۰۹۷      | ۳۴۴۰          | فراوانی مطلق        |
| ۳/۴۹  | ۴/۱۹                          | ۱/۳۷                                | ۲۱/۸۶                            | ۸/۱۴                                    | ۳۹/۹۴                             | ۲۱/۰۲                         | ۳۹/۰۴        | ۶۰/۹۶     | ۱۰۰           | درصد فراوانی        |
| ۸   | ۹/۶                           | ۳/۱۳                                | ۵۰/۱۳                            | ۱۸/۶۷                                   | ۹۱/۰۶                             | ۴۸/۲                          | ۸۹/۵۳        | ۱۳۹/۸     | ۲۲۹/۲۳        | تعداد پایه در هکتار |

لرستان نشان دادند که بر اساس شاخص نزدیک‌ترین همسایه، الگوی پراکنش همه گونه‌های موجود در منطقه (بلوط، کیکم، زالزالک، گلابی، شن و بادام‌کوهی) از الگوی کپه‌ای برخوردار بوده که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در پژوهشی دیگر، پیلهور و همکاران (۲۶) با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه نشان دادند که الگوی پراکنش گونه‌های زالزالک و کیکم به صورت کپه‌ای است که همسو با نتایج پژوهش حاضر است.

شاخص نزدیک‌ترین همسایه: مقادیر  $T$  برای همه گونه‌های چوبی به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده از این شاخص همه گونه‌های مورد مطالعه الگوی پراکنش کپه‌ای دارند به جز گونه زرشک که دارای الگوی پراکنش تصادفی است (جدول ۲). عرفانی فرد و مهدیان (۸) در جنگل‌های بنه استان فارس بیان کردند که الگوی پراکنش درختان بنه بر اساس شاخص مذکور، کپه‌ای بوده که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. فرهادی و همکاران (۱۰) در منطقه پرک قلعه گل استان

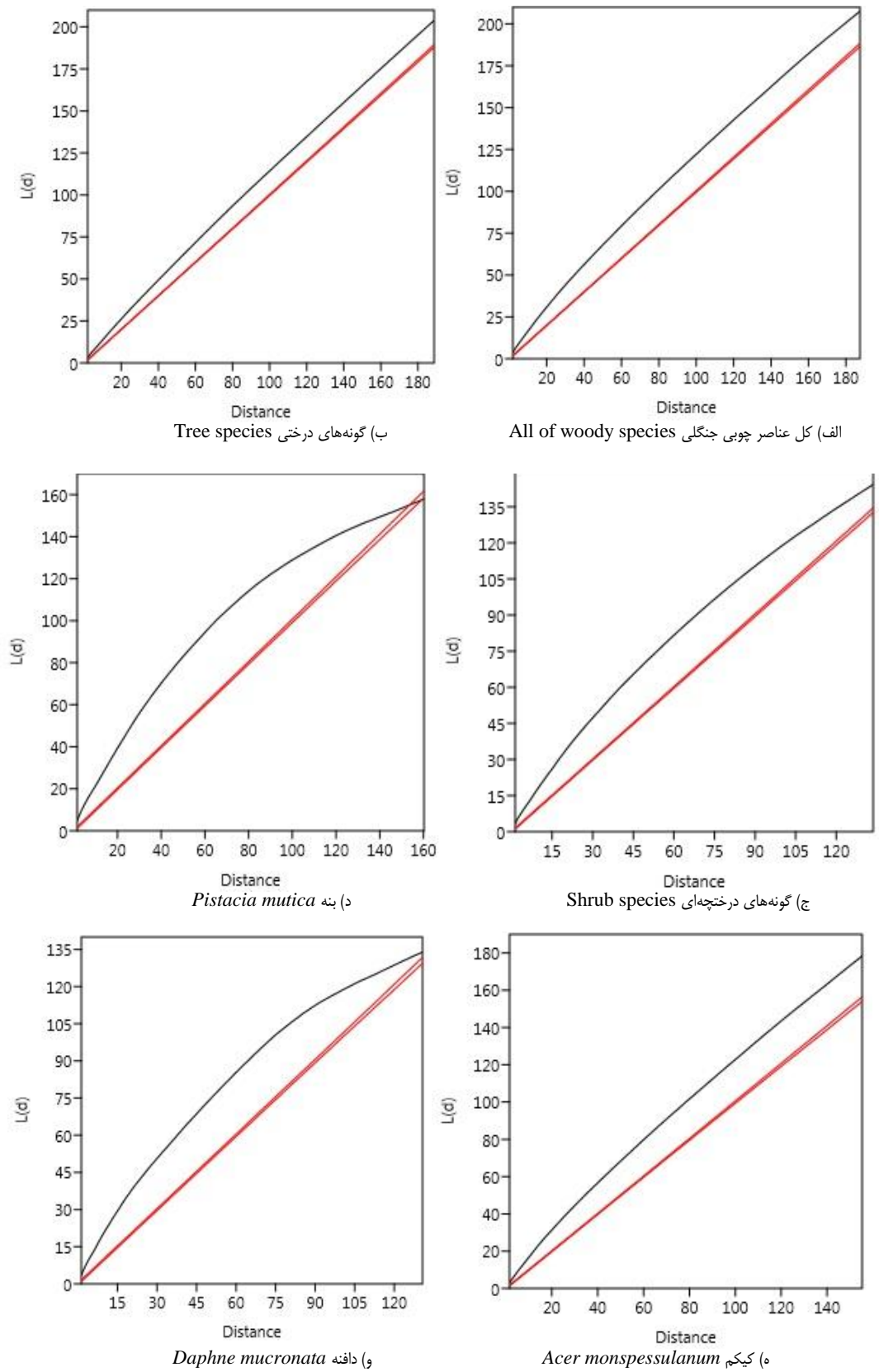
جدول ۲- نتایج حاصل از شاخص نزدیک‌ترین همسایه برای گونه‌های موردنظر در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Results of the nearest neighbor index for the species in the study area

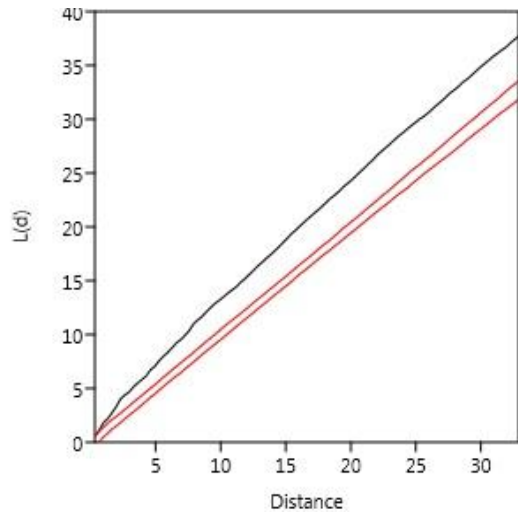
| نوع الگوی مکانی<br>Spatial pattern | مقدار z<br>z amount | مقدار r<br>r amount | میانگین فاصله مورد انتظار<br>Average expected distance | میانگین فاصله مشاهده شده<br>Average observed distance | گونه<br>specie                           |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|--|---|--|
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۲۹/۲۱              | ۰/۷۳                | ۲/۴۶   | ۲/۵۶  | کل گونه‌های چوبی<br>All of woody species |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۲۸/۴۰              | ۰/۶۷                | ۴  | ۲/۷   | گونه‌های درختی<br>Tree species           |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۳۲/۴۱              | ۰/۵۳                | ۴/۴۲   | ۲/۳۷  | گونه‌های درختچه‌ای<br>Shrub species      |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۱۹/۵۱              | ۰/۷۵                | ۳/۸  | ۲/۷۵  | کیکم<br><i>Acer monspessulanum</i>       |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۲۵/۹۵              | ۰/۴۹                | ۵/۲۸   | ۲/۶۱  | بنه<br><i>Pistacia mutica</i>            |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۹/۶۱               | ۰/۶۹                | ۳/۴۲   | ۲/۳۹  | بادام کوهی<br><i>Amygdalus scoparia</i>  |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۲۶/۸۲              | ۰/۴۸                | ۴/۸۱   | ۲/۳۵  | دافنه<br><i>Daphne mucronata</i>         |
| تصادفی<br>Random                   | ۰/۵۲                | ۱/۰۴                | ۱/۷۵   | ۱/۸۲  | زرشک<br><i>Berberis integerrima</i>      |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۳/۶۴               | ۰/۸۴                | ۲/۳  | ۱/۹۳  | کیش<br><i>Nerium oleander</i>            |
| کپه‌ای<br>Clumped                  | -۴/۲۶               | ۰/۷۹                | ۴/۱۴   | ۳/۳   | شیرخشت<br><i>Cotoneaster Kotschyi</i>    |

شاخص مذکور از نوع کپه‌ای بیان می‌کنند که همسو با نتایج پژوهش حاضر است. سهرابی (۳۰) از تابع k رایبیلی به‌منظور بررسی الگوی پراکنش ۱۲ گونه درختی و درختچه‌ای (برودار، بنه، زالزالک، ارس، محلب، کیکم، زبان گنجشک، بادام، شن، شیرخشت، راناس و دافنه) در جنگل‌های چهارطاق اردل استفاده کردند و نشان دادند که الگوی همه گونه‌های درختی و درختچه‌ای از الگوی کپه‌ای برخوردار بوده که همسو با نتایج این پژوهش است. کریمی و فلاح (۱۷) با استفاده از تابع K2 به بررسی الگوی پراکنش گونه بنه در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه پرداختند و بیان کردند الگوی پراکنش این گونه از تصادفی به یکنواخت تغییر می‌کند که به‌دلیل متفاوت بودن نوع شاخص‌های مورد استفاده با نتایج پژوهش پیشرو همخوانی ندارد. همچنین از دیگر دلایل تفاوت نتایج، تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای و تراکم گونه بنه در دو منطقه است؛ به‌طوری‌که در پژوهش حاضر فراوانی گونه بنه ۷۲۳ اصله (۳۴/۴۷ درصد گونه‌های درختی) بود درحالی‌که در پژوهش کریمی و فلاح (۱۷) فراوانی گونه بنه برابر ۳۱۳ اصله (۹/۷ درصد گونه‌های درختی) بود.

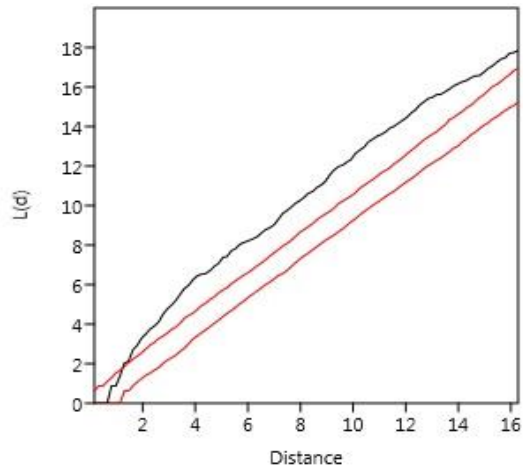
تابع k رایبیلی: در گونه‌های چوبی مورد مطالعه مقدار L(d) محاسبه شد. با توجه به حدود مونت کارلو نوع الگوی پراکنش مشخص شد (شکل ۳). گونه زرشک در فاصله کمتر از دو متر بر اساس حدود مونت کارلو، اختلافی بین الگوی تصادفی و الگوی پراکنش زرشک وجود ندارد، اما با افزایش فاصله الگو به کپه‌ای شدن میل می‌کند (شکل ۳-ز). در مورد گونه بنه ابتدا با افزایش فاصله، پراکنش کپه‌ای‌تر می‌شود، در فاصله ۷۰ متری به بیشترین مقدار خود می‌رسد، اما این روند کاملاً معکوس شده و با افزایش فاصله، الگو به سمت تصادفی شدن میل می‌کند و در فاصله بالاتر از ۱۵۰ متر بر اساس حدود مونت کارلو، اختلافی بین الگوی تصادفی و الگوی پراکنش بنه وجود ندارد (شکل ۳ د). تحلیل الگوی پراکنش گونه دافنه در فواصل زیاد به الگوی کپه‌ای نزدیک می‌شود (شکل ۳-و). عرفانی‌فرد و مهدیان (۸) به‌منظور تعیین الگوی پراکنش گونه بنه در جنگل‌های استان فارس از شاخص k رایبیلی استفاده کردند و نشان دادند که الگوی گونه بنه، کپه‌ای است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. پوررضا و همکاران (۲۸) الگوی پراکنش گونه بنه در جنگل‌های کرمانشاه را بر اساس



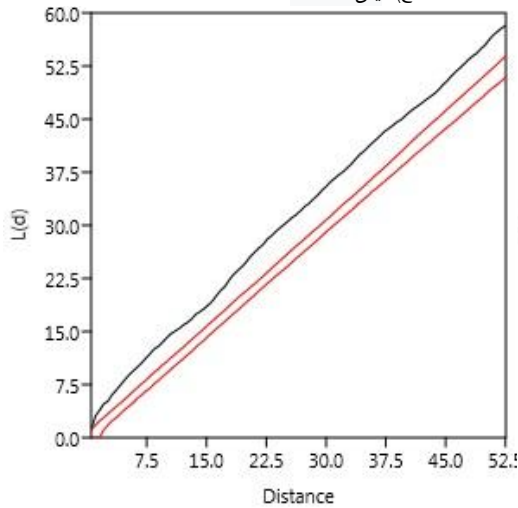
شکل ۳- مقدار تابع  $L(d)$  و حدود اطمینان مونت کارلو  
 Figure 3. Amount of function  $L(d)$  and Monte Carlo confidence limits



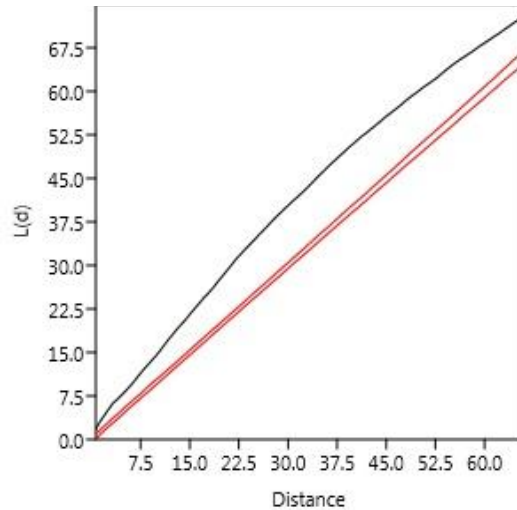
ح) کیش *Nerium oleander*



ز) زرشک *Berberis integerrima*



ی) شیرخشت *Cotoneaster Kotschy*



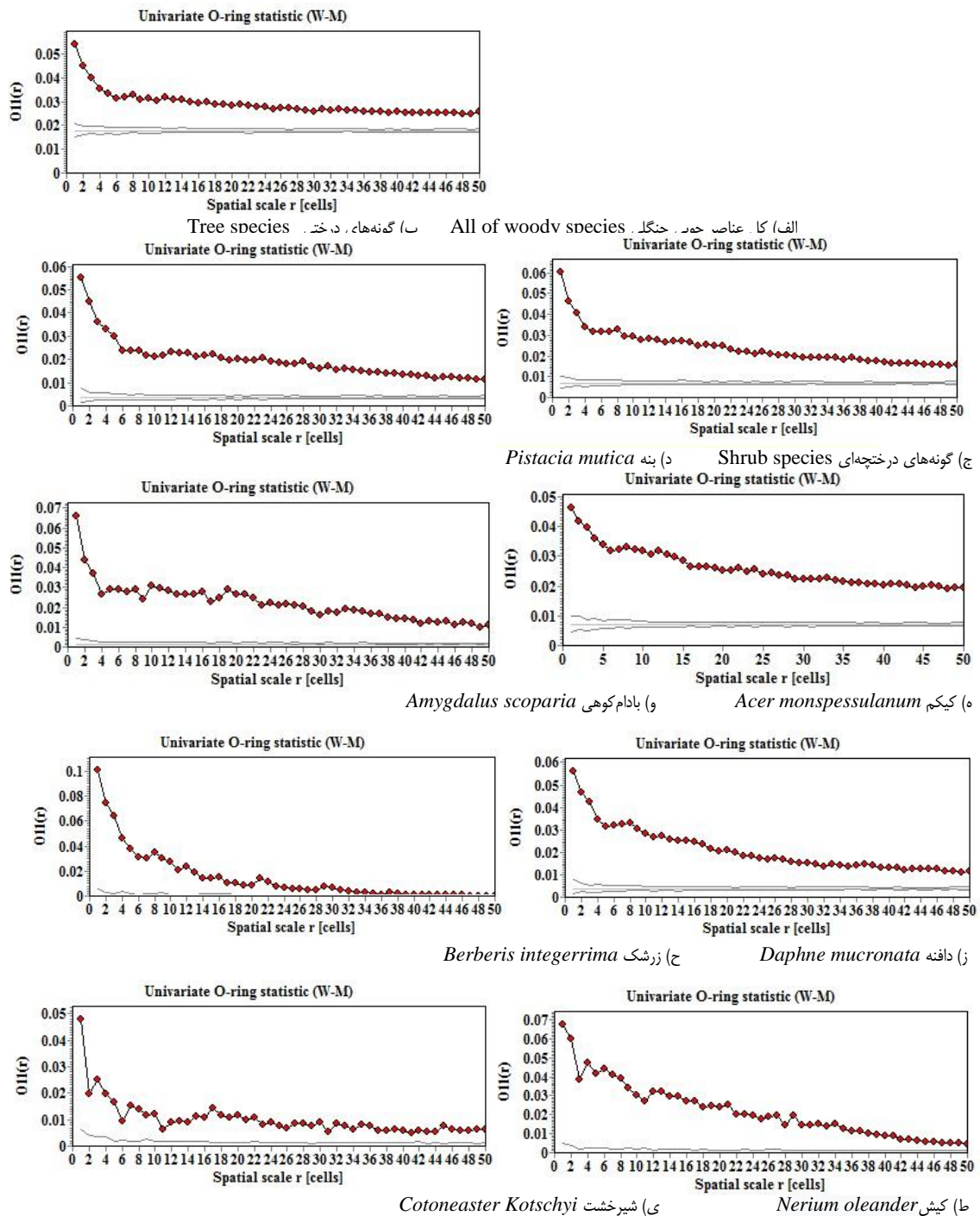
ط) بادام کوهی *Amygdalus scoparia*

ادامه شکل ۳- مقدار تابع  $L(d)$  و حدود اطمینان مونت کارلو

Continued Figure 3. Amount of function  $L(d)$  and Monte Carlo confidence limits

یکنواخت معرفی می‌کنند که با نتایج پژوهش پیشرو همخوانی ندارد. از دلایل تفاوت نتایج علاوه بر تراکم متفاوت گونه بانه در دو پژوهش، می‌توان به دخالت‌های انجام‌شده در سطح دو منطقه و همچنین میزان تخریب مناطق مورد مطالعه اشاره کرد؛ به طوری که منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، جنگلی طبیعی بوده که فاقد طرح جنگلداری و دارای کمترین میزان تخریب است در حالی که درختان بانه در جنگل‌های زاگرس برای مصارف مختلفی توسط روستائیان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

آماره تک متغیره O-ring: در گونه‌های چوبی مورد مطالعه مقدار تابع O-ring محاسبه شد و با توجه به حدود مونت کارلو با ۹۹ شبیه‌سازی نوع الگوی پراکنش مشخص شد (شکل ۴). نتایج نشان داد در گونه زرشک با افزایش فاصله الگوی پراکنش به سمت تصادفی شدن میل می‌کند (شکل ۴-ح). در مورد سایر گونه‌های مورد بررسی با توجه به بالاتر قرار گرفتن آماره محاسبه‌شده O-ring از حدود مونت کارلو الگوی پراکنش آن‌ها به صورت کپه‌ای است. کریمی و همکاران (۱۸) بر اساس تابع O-ring، الگوی پراکنش درختان بانه در جنگل‌های باینگان کرمانشاه را الگوی تصادفی متمایل به



شکل ۴- مقدار تابع O-ring و حدود اطمینان مونت کارلو  
 Figure 4. Amount of function O-ring and Monte Carlo confidence limits

الگوی منظم نبود و الگوی تصادفی نیز به‌ندرت و تنها در فاصله‌های معینی رخ می‌داد. کینت و همکاران (۱۹) بیان می‌دارند توزیع تصادفی در جنگل به‌ندرت اتفاق می‌افتد. در تحقیق حاضر نیز به‌جز گونه زرشک در سایر گونه‌ها توزیع تصادفی مشاهده نشد. توزیع بذر در برخی گیاهان ممکن است اجتماعات گیاهی را تشکیل دهند. به‌عنوان مثال، درختان بنه به‌علت سنگینی بذر و افتادن آن در پای درختان تشکیل

در این پژوهش الگوی پراکنش مکانی درختان و درختچه‌های منطقه جنگلی چهل‌تن دهبکری با استفاده از سه روش مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج می‌توان بیان نمود که پراکنش کپه‌ای، الگوی غالب در این منطقه است. هی و همکاران (۱۴) بیان می‌کنند که در یک مقیاس معین، الگوی کپه‌ای بسیار عمومی‌تر از الگوهای یکنواخت و تصادفی است. این قاعده کلی در این پژوهش نیز صادق بود؛ زیرا هیچ

که بر استقرار، رویش، رقابت، تجدید حیات، مرگ‌ومیر، استفاده از منابع، ایجاد روشنه و درنهایت توسعه زیراشکوب جنگل تأثیرگذار است. در این پژوهش از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه، تابع  $k$  رایلی و تابع O-ring به منظور بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای رویشگاه جنگلی چهلتن دهبکری استفاده شد که نتایج همه شاخص‌ها نشان داد الگوی پراکنش همه گونه‌های درختی و درختچه‌ای به استثنای گونه زرشک (الگوی تصادفی) از الگوی پراکنش کپه‌ای برخوردار هستند. نتایج این تحقیق حاوی نکته‌ای مهم برای مدیران بخش احیای جنگل در سازمان‌های اجرایی است. این پژوهش تأکید می‌کند که طرح‌های موفق احیا یا جنگل‌کاری از الگوهای طبیعی که عموماً کپه‌ای است پیروی کنند. به‌طور کلی نتایج نشان داد که شاخص‌های بررسی‌شده در این پژوهش به‌منظور تعیین الگوی مکانی گونه‌های چوبی، از کارایی لازم برخوردار هستند و نتایج یکسانی را ارائه کردند.

کپه‌هایی را در درخت‌زارهای خشک و نیمه‌خشک زاگرس می‌دهند (۲۹). از طرفی دیگر، ناهمگنی‌های محیطی ناشی از عامل‌های خارجی نیز ممکن است منجر به توزیع ناهمگن گیاهان در مناطق خشک شود. اگر عامل‌های محیطی (به‌عنوان مثال رطوبت و یا مواد مغذی خاک) در برخی نقاط منطقه برای گیاه موردنظر مطلوب باشد، گیاهان تمایل به تشکیل گروه‌هایی پیدا می‌کنند که نتیجه آن، الگوی مکانی کپه‌ای می‌شود (۱۲). لو و همکاران (۲۳) نیز بیان می‌کنند که الگوی کپه‌ای عمومی‌ترین الگوی پراکنش در جوامع گیاهی است. در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که عموماً الگوی پراکنش مکانی در جنگل‌های مناطق نیمه‌خشک و خشک کپه‌ای است.

### نتیجه‌گیری کلی

درختان در جنگل روابط متقابل دارند و این رابطه متقابل در ساختار مکانی جنگل تأثیر می‌گذارد. الگوی مکانی درختان جنگل ویژگی مهمی در درک پویایی اکوسیستم جنگل است

### منابع

1. Akhavan, R., T. Momeni Moghaddam, M. Akbarinia and S.M. Hoseini. 2017. Spatial patterns and intra-specific competition of Juniper tree in different life stages using O-ring statistic in Layen Forests, Iran. *Forest and Wood Products*, 70(1): 303-314 (In Persian).
2. Akhavan, R., Kh. Sagheb Talebi, M. Hassani and P. Parhizkar. 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 322-336 (In Persian).
3. Alijani, V. and J. Fegghi. 2011. Investigation on the Elm (*Ulmus glabra* Hudson) Spatial Structure to Apply for Sustainable Management (Case Study: Gorazbon district, Kheirud Forest). *Journal of Environmental Studied*, 60: 35-44 (In Persian).
4. Basiri, R., H. Sohrabi and M. Mozayan. 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of trees species in Ghamisheleh Marivan Region, Iran. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 59(3): 579-588 (In Persian).
5. Besag, J. 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. *Journals of the Royal Statistical Society*, 39(2): 193-195.
6. Dale, M.R.T. 1998. *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Cambridge University Press, UK, 326 pp.
7. Erfani fard, S.Y., J. Fegghi, M. Zobeiri and M. Namiranian. 2008. Comparison of two distance methods for forest spatial analysis (case study: Zagros forests of Iran). *Journal of Applied Sciences*, 8(1): 152-157.
8. Erfanifard, Y. and F. Mahdian. 2012. Comparative investigation on the methods of true spatial pattern analysis of trees in forests, Case study: Wild pistachio research forest, Fars province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(1): 62-73.
9. FallahChai, M. and S. Khoshmanzar. 2019. Determination of Spatial Distribution Pattern Analysis of *Acer Velutinum* Species in two Elevation Classes using Distance Sampling Methods (Case Study: Asalem Nav Forests, Series No.2) *Ecology of Iranian Forests*, 7(13): 83-90 (In Persian).
10. Farhadi, P., J. Soosani, K. Adeli and V. Alijani. 2014. Analysis of Zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehghol forest, Khorramabad). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(2): 294-306.
11. Ferrante, D., G.E. Oliva and R.J. Fernandez. 2014. Soil water dynamics, root systems, and plant responses in a semiarid grassland of Southern Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 104: 52-58.
12. Gangying, H, L.I. Li, Z.H.A.O. Zhonghua and D. Puxing. 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 27(11): 4717-4728.
13. Goreaud, F., B. Courbaud and F. Collinet. 1997. Spatial structure analysis applied to modeling forest dynamics: a few examples. *Novas Technologies*, 1: 155-172.
14. He, F., P. Legendre and J.V. LaFrankie. 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 8(1): 105-114.
15. Illian, J., A. Penttinen, H. Stoyan and D. Stoyan. 2008. *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*. John Wiley & Sons Inc., England, 534 pp.

16. Jannat Rostami, M., M.A. Zare Chahoki, H. Azarnivand and Kh. Ebrahimi Dorcheh. 2009. Survey and analysis of spatial pattern of plant species in marginal rangelands Hoz-e-Soltan Qom. Watershed Management Researches (Pajouhesh and Sazandegi), 84(3): 72-80 (In Persian).
17. Karimi, M. and A. Fallah. 2017. Spatial Pattern and Interaction Analysis of *Quercus Brantii* Lindl. and *Pistacia Atlantica* Desf. In Qalajeh Forests of Kermanshah using K2 Function. Ecology of Iranian Forests, 5(9): 9-16 (In Persian).
18. Karimi, M., M.R. PorMajidian, H. Jalilvand and A. Safari. 2012. Preliminary study for application of *O-ring* function in determination of small-scale spatial pattern and interaction species (Case study: Bayangan forests, Kermanshah). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 608-621 (In Persian).
19. Kint, V., N. Lust, R. Ferris and A.F.M. Olsthoorn. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests. Forest system, 1: 147-163.
20. Kint, V., D.W. Robert and L. Noel. 2004. Evaluation of sampling methods for estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modeling, 180(4): 461-476.
21. Lee, J and D.W.S. Wong. 2001. Statistical Analysis with ArcView GIS. John Wiley and Sons, Inc., USA, 192 pp.
22. Li, F. and L. Zhang. 2007. Comparison of point pattern analysis methods for classifying the spatial distributions of spruce-fir stands in the north-east USA. Forestry, 80(3): 337-349.
23. Lou, Zh., B. Ding, X. Mi, J. Yu, and Y. Wu. 2009. Distribution patterns of tree species in an evergreen broadleaved forest in eastern china. Frontiers of Biology in China, 4(1): 531-538.
24. Moeur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem- mapped data. Forest science, 39(4): 756-775.
25. Nouri, Z., M. Zobeiri, J. Fegghi and M.R. Marvi Mohajer. 2012. Investigation on the forest structure and trees spatial pattern in *Fagus orientalis* stands of Hyrcanian forests of Iran (Case Study: Gorazbon district of Kheyroud forest). Journal of Natural Environment, 66(1): 113-125 (In Persian).
26. Pilehvar, B., Z. Mirazadi, V. Alijani, H. Jafari Sarabi. 2015. Investigation of Hawthorn and Maple's Stands Structures of Zagros Forest Using Nearest Neighbors Indices. Journal of Zagros Forests Research, 1(2): 1-14.
27. Pourbabaei, H., Sh. Zandi Navgaran and M.N. Adel. 2012. Spatial pattern of three oak species in Chenareforest of Marivan, Kordestan. Journal of Natural Environment, 65(3): 329-339.
28. Pourreza, M., S.M. Hosseini, A.A. Zohrevandi. 2012. Spatial variations of diameter of *Pistacia atlantica* (Desf.) trees in Zagros area (Case Study: Pirkashan, Kermanshah). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 1-19.
29. Safari, A., N. Shabaniyan, R.H. Heidari, S.Y. Erfanifard and M. Pourreza. 2010. Investigation of spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan Forests, Kermanshah). Iranian Journal of Forest, 2(2): 177-185 (In Persian).
30. Sohrabi, H. 2014. Spatial pattern of woody species in Chartagh forest reserve, Ardal. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(1): 27-38 (In Persian).
31. Wang, X., J. Ye, B. Li, J. Zhang, F. Lin and Z. Hao. 2010. Spatial distributions of species in an old-growth temperate forest, northeastern China. Canadian Journal of Forest Research, 40(6): 1011-1019.
32. Xu, G., D. Yu, J. Xie, L. Tang and Y. Li. 2014. What makes *Haloxylon persicum* grow on sand dunes while *H. ammodendron* grows on interdune lowlands: a proof from reciprocal transplant experiments. Journal of Arid Land, 6(5): 581-591.

## Determination of Spatial Pattern of Woody Species using Point Pattern Analysis (Case Study: Chehel-tan Dehbakri Forest, Kerman Province)

Miad Pakzad<sup>1</sup>, Timur Rostami Shahraji<sup>2</sup> and Reza Ebrahimi Atani<sup>3</sup>

1- PhD student in forestry, Guilan University, (Corresponding author: miadpak@yahoo.com)

2- Professor of the Faculty of Natural Resources, University of Guilan

3- Associate Professor, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Guilan University

Received: October 12, 2019      Accepted: December 29, 2020

### Abstract

The spatial distribution pattern is an important attribute of forest communities. Comprehending latent processes in the spatial pattern of tree communities is an important aim in forest ecology. Ecological processes in forest ecosystems directly affect the spatial pattern of various forest species. The spatial distribution pattern of species of different forest species affects ecological processes of forest ecosystems and plays an important role in comprehending forest ecosystem dynamics. This study aims to determine the spatial pattern of trees and shrubs, *Pistacia mutica*, *Acer monspessulanum*, *Amygdalus scoparia*, *Cotoneaster Kotschyi* Klotz, *Daphne mucronata*, *Berberis integerrima*, *Nerium oleander* in forest habitat of Cheltan Dehbakri in Bam county, Kerman province. The attributes recorded in the field includes: species type and geographic position for individual trees and shrubs within a 15 ha area. We used three methods, Nearest Neighbor, Ripley's K function and O-ring function for determination of species-specific spatial distribution pattern as well as the spatial pattern of total woody species across the study. Despite existing differences in the intensity of aggregation, the results showed that all woody species are distributed in an aggregated pattern. According to the results of the nearest neighbor method, the distribution pattern of *Berberis integerrima* species is random, but other species are aggregated. Results of this study proved the ability of mentioned indices to determine the true spatial pattern of woody species in the study area and can provide useful information for describing the sustainability of this valuable ecosystem and monitoring conservation and restoration activities. Regarding the goal and available circumstances, can be applied from each one of indices in future studies.

**Keywords:** Dehbakri, Nearest Neighbor, *O-ring* function, Ripley's *K* function, Spatial distribution pattern





## "مقاله پژوهشی"

# مقایسه عملکرد الگوریتم‌های Fuzzy C-means و K-medoids در مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی جنگل (مطالعه موردی: جنگل‌های سراوان، گیلان)

شقایق ذوالقدری<sup>۱</sup>، مهرداد قدس‌خواه دریایی<sup>۲</sup>، کامران نصیراحمدی<sup>۳</sup> و اسماعیل قجر<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان (نویسنده مسوول: Shaghayegh.zolghadry@gmail.com)

۲ و ۴- دانشیار و استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۳- دکتری محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ ارسال: ۹۹/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۰۷

صفحه: ۱۶۳ تا ۱۷۴

### چکیده

ناحیه رویشی هیرکانی (خزری) یکی از مهم‌ترین نواحی رویشی ایران محسوب شده که با توجه به قدمت آن، ارزش بوم‌سامانه‌ای بالایی دارد. از طرفی این بوم‌سامانه همه‌ساله درگیر آتش‌سوزی‌های متعدد شده و سطح قابل ملاحظه‌ای از پوشش گیاهی خود را از دست می‌دهد، لذا به‌کارگیری روش‌های علمی برای پیش‌بینی مکان‌های دارای پتانسیل خطر آتش‌سوزی در مدیریت حفاظتی جنگل‌های هیرکانی بسیار حائز اهمیت است. بسیاری از سیستم‌های دنیای واقعی از نظر تشخیص الگو مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابراین استفاده صحیح از روش‌های یادگیری ماشین در کاربردهای عملی ضروری است. از طرفی استفاده از روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی با توجه به رویکرد آن در تشخیص الگو و کشف خروجی به‌عنوان یک روش موثر مورد تأکید است. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی توانایی و مقایسه عملکرد رویه‌های متفاوت خوشه‌بندی از دو الگوریتم مبتنی بر خوشه‌بندی Fuzzy C-Means و k-Medoids در مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل با تأکید بر قابلیت‌های عملکرد الگوریتم‌های موصوف است. با توجه به وجود آتش‌سوزی‌های دوره‌ای موجود از الگوریتم‌های مذکور به‌صورت ارتقاء سطح کدنویسی در نرم‌افزار متلب در راستای بهبود مطالعات در زمینه پیش‌بینی خطر حریق جنگل استفاده شد. معیارهای ورودی مدل در این مطالعه عبارتند از نقاط ثبت‌شده آتش‌سوزی، فاصله از مناطق کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فشار هوا، بازتابش خورشید، شیب، جهت شیب، سرعت باد، درصد تراکم تاج پوشش و تیپ جنگل. نتایج به‌دست‌آمده از نقشه پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی هر دو الگوریتم، نشان از توانایی بالای آن‌ها در پیش‌بینی مدل وقوع آتش‌سوزی دارد. همچنین بر اساس نتایج جدول ماتریس درهم‌آمیختگی مقایسه دو الگوریتم، الگوریتم FCM عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم k-medoids در پیش‌بینی مکان‌های دارای پتانسیل خطر آتش‌سوزی از خود نشان داد. لذا استفاده از الگوریتم FCM به‌عنوان یکی از روش‌های موثر در خوشه‌بندی تفکیکی برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم خوشه‌بندی، جنگل سراوان، مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی

### مقدمه

از رفتار و اثرات آتش‌سوزی داشته باشند، در نتیجه امروزه به‌جای پژوهش‌هایی که شامل آتش‌سوزی‌های واقعی می‌شوند و نیازمند زمان و هزینه بالایی هستند از مدل‌ها و روش‌های یادگیری ماشینی استفاده می‌شود (۵۲).

پژوهش‌های بسیاری در رابطه با روش‌های مختلف مدل‌سازی آتش‌سوزی در ایران (۱، ۹، ۱۸-۲۰، ۲۴، ۲۸-۳۷) و در خارج از ایران (۱۰، ۳۶، ۴۳-۴۱) انجام شده است. با این وجود خلأ‌های موجود در این زمینه نشان می‌دهد هنوز نیازمند پژوهش‌های بیشتری هستیم (۵۰).

در این مطالعه در رویکردی جدید با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) و روش یادگیری بدون ناظر (Unsupervised learning) با تمرکز بر الگوریتم خوشه‌بندی Fuzzy C-Means و K-Medoids به مدل‌سازی پیش‌بینی مکانی آتش‌سوزی جنگل پرداختیم. شایان ذکر است در رابطه با به‌کارگیری دو الگوریتم مذکور در مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل مطالعات اندکی انجام شده است. در جدیدترین پژوهش‌های انجام شده در این زمینه Benkrid و Giwa (۲۰۱۸) و خاتمی و همکاران از روش خوشه‌بندی K-Medoids برای پیش‌بینی پیکسل‌هایی که

جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی روی زمین و تأمین‌کننده بسیاری از منابع برای انسان هستند (۲). آتش‌سوزی جنگل که جزء جدایی‌ناپذیر این بوم‌سامانه‌ها است (۵) می‌تواند منجر به نابودی این منابع شود. از طرفی از آنجاکه آتش‌سوزی‌های جنگلی سریع و به‌شدت مخرب هستند، کنترل و پایش آن فرآیندی مشکل‌است (۴۳). در چند سال گذشته عواملی مانند تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی (۳) منجر به افزایش روند و تناوب آتش‌سوزی‌های جنگلی شده و نرخ آن‌ها را به مرز هشدار رسانده است (۳، ۴۰، ۳۷، ۴۴). در این میان جنگل‌های هیرکانی که یکی از ارزشمندترین جنگل‌های جهان به‌شمار می‌آیند (۱۴)، از تبعات آتش‌سوزی در امان نبوده و خسارات بسیاری را در نتیجه آتش‌سوزی متحمل شده‌اند. از این‌رو ضرورت مطالعه‌های بیشتر برای پیش‌بینی دقیق‌تر آتش‌سوزی و مدیریت آتش در چنین بوم-سامانه‌هایی بیش از پیش مشخص می‌شود. در نتیجه می‌توان در اطفای به‌موقع حریق از چنین مطالعاتی استفاده کرد (۱۲). به این منظور مدل‌های شبیه‌سازی کامپیوتری مبتنی بر مطالعات میدانی، می‌توانند درک بهتری

سری ۳ جنگل سراوان در قسمتی از جنگل‌های هیرکانی در استان گیلان قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع این منطقه ۵۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا و مساحت آن که ۸۹۳۷ هکتار است.

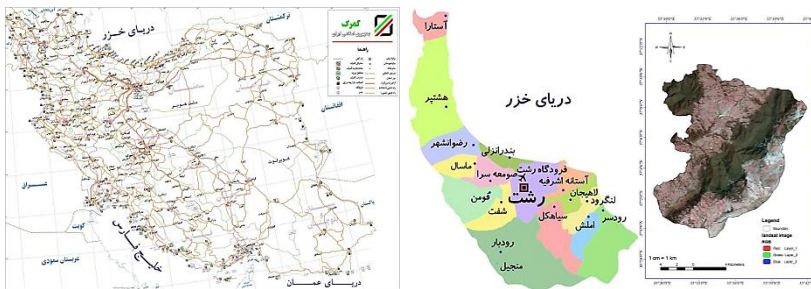
#### داده‌ها

نخست لایه‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی شامل نقاط ثبت‌شده آتش‌سوزی، فاصله از مناطق کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فشار هوا، بازتابش خورشید، شیب، جهت شیب، سرعت باد، درصد تراکم تاج پوشش و تیپ جنگل حاصل از تصاویر ماهواره‌ای ایجاد و معیارهای مؤثر بر آتش‌سوزی با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و ENVI برای ورود به مدل آماده‌سازی شدند و سپس این معیارها به سه بخش عوامل انسانی (فاصله از مناطق کشاورزی، جاده)، محیطی (شیب، جهت شیب، رودخانه‌ها، درصد تاج پوشش، تیپ جنگل) و اقلیمی (فشار هوا، تابش و سرعت باد) تقسیم‌بندی و نهایتاً نقشه‌های منطقه مورد مطالعه پس از تولید، برای ورود به نرم‌افزار متلب به ماتریس تبدیل شدند (۶).

آتش‌سوزی در آن‌ها اتفاق افتاده، استفاده کردند، که در تمامی موارد نتایج آن‌ها در استفاده از این الگوریتم رضایت بخش بود (۱۷، ۳۳-۳۲). در مطالعه‌ای دیگر جعفرزاده و همکاران (۱۳۹۸) برای ارزیابی ریسک آتش‌سوزی جنگل از الگوریتم FCM در تهیه نقشه ریسک آتش‌سوزی استفاده کردند که نقشه به‌دست آمده با مدل مذکور از دقت بالایی برخوردار بود (۲۶).

مطالعه حاضر با هدف بررسی توانایی و مقایسه الگوریتم Fuzzy C-Means و K-Medoids در مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل انجام شد. فرض بر این است که دو الگوریتم مذکور در پیش‌بینی حریق موفق عمل می‌کنند و عملکرد دو الگوریتم در پیش‌بینی آتش‌سوزی تفاوت چندانی ندارند. نتایج این تحقیق زمینه‌ساز پژوهش‌های بیشتر در راستای به‌کارگیری الگوریتم‌های خوشه‌بندی و بهبود مطالعات پیش‌بینی آتش‌سوزی جنگل و به‌دنبال آن عملکرد بهتر در هنگام وقوع آتش با تکیه بر مطالعات انجام شده است.

#### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت سری ۳ جنگل سراوان، گیلان، ایران  
Figure 1. Location of the Saravan forest in Guilan Province, Iran

در اولین مرحله مدل‌سازی، اطلاعات ورودی نرمال شدند. در الگوریتم‌های مربوط به خوشه‌بندی در صورتی که داده‌ها بسیار ناهمگن باشند و تفاوت فاحشی در مقادیر بیشینه و کمینه آن‌ها وجود داشته باشد، معیارهای فاصله متداول و معمولاً ناکارآمد خواهند بود و بزرگی و کوچکی داده‌ها تأثیر فاحشی بر دقت جواب نهایی می‌گذارد. با توجه به اینکه معیارهای ورودی ما بر اساس تعریف‌های متغیر از اعداد مختلف با بازه‌های بسیار متفاوت تشکیل شده است، انجام پیش‌پردازش بر روی این داده‌ها امری ضروری به حساب می‌آید. برای از بین بردن این تفاوت‌ها با توجه به مثبت و مخالف صفر بودن این اعداد، از لگاریتم در مبنای ۱۰ استفاده شده است تا داده‌ها به‌صورت همگن‌تر در یک محدوده مشخص‌تر قرار گیرند. سپس در ادامه با استفاده از دستور polyfit استانداردسازی تمام داده‌ها در محدوده صفر و یک انجام شد. برای تکمیل این مرحله با استفاده از دستور polyval یا نگاشت خطی (یک تابع بین دو فضای برداری که دو عملیات جمع برداری و ضرب نرده‌ای را باقی نگه می‌دارد و با عبارت عملگر خطی رابطه مستقیم دارد) بر روی داده‌ها انجام شد. تمام عملیات ذکر شده در محیط نرم‌افزار متلب

#### روش پژوهش

در اولین مرحله داده‌کاوی، برای ورود به مدل ابتدا بین ویژگی‌های مفروض، ضریب همبستگی نمونه‌ها با یکدیگر استخراج شد. در این مطالعه از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است. این ضریب ارتباط میان دو متغیر کمی را اندازه‌گیری می‌کند. هرچه مقدار ضریب بیش‌تر باشد امکان پیش‌بینی مقدار یکی از متغیرها برحسب دیگری بیش‌تر است و حدود تغییرات آن بین ۱ و -۱ است. مقدار نزدیک به ۱ و یا ۱ همبستگی زیاد و در جهت مثبت و مقدار نزدیک به -۱ و یا -۱ همبستگی زیاد و در جهت منفی میان متغیرها را نشان می‌دهد. برای محاسبه مقدار ضریب از رابطه زیر استفاده می‌شود (۲۲).

$$p(x,y) = \frac{r \cdot (xy) \cdot (\sigma_x \sigma_y)}{(\sigma_x \sigma_y)} \quad (1)$$

در این رابطه کوواریانس،  $\sigma_x$  انحراف معیار متغیر  $x$  و  $\sigma_y$  انحراف معیار متغیر  $y$  را نشان می‌دهند. در نهایت با استفاده از دو روش خوشه‌بندی Fuzzy C-mean و K-medoids به مدل‌سازی پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در منطقه سراوان با ورودی‌های مذکور پرداخته شد.

حاصل از این جایگزینی محاسبه و چنانچه منفی بود این جابه‌جایی صورت می‌گیرد. این مرحله تا زمانی که مقدار مراکز خوشه در دو گام متوالی ثابت بماند، تکرار می‌شود (۳۱). در خوشه‌بندی با الگوریتم *k-medoids* الگوریتم‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از استانداردها *CLARA* و *CLARANS* نیز در روش قدرتمندترین روش‌ها در این الگوریتم، *PAM* است. البته این الگوریتم به دلیل نیامندگی به تکرار زیاد مناسب مجموعه داده‌های حجیم نیست (۳۱).

دو الگوریتم *CLARA* و *CLARANS* نیز در روش *k-medoids* وجود دارند. برای مجموعه داده‌های بزرگ از الگوریتم *CLARA* استفاده می‌شود. در این الگوریتم نمونه‌های تصادفی از مجموعه داده انتخاب شده و الگوریتم *PAM* برای آن‌ها به کار گرفته می‌شود و بهترین خوشه‌بندی را به عنوان خروجی ایجاد می‌کند. در پایان، تخصیص باقی اجزای پایگاه داده بر اساس خروجی ایجاد شده به نزدیک‌ترین خوشه انجام می‌شود. دیگر الگوریتم مورد استفاده در *k-medoids* الگوریتم *CLARANS* است که بر مبنای نشان دادن داده‌های دور از مرکز است (۵۲). با توجه به اینکه مجموعه داده‌های ما خیلی بزرگ نیستند در این مطالعه از الگوریتم *PAM* استفاده شد (۲۵).

معمول‌ترین معیار محاسبه فاصله داده‌ها در الگوریتم *k-medoids* فاصله اقلیدسی است. در این روش فاصله داده‌ها با مرکز ارزیابی و با مرکز متناظر خود محاسبه و در متغیر مشخصی ذخیره شده و در مرحله بعدی فضای احتمال بالای حادثه با فرض حداکثر ۱۵٪ از بیشترین فاصله نقطه حادثه‌خیز از مرکز خوشه متناظر با خود محاسبه می‌شود (۱۱، ۳۴، ۲۹، ۲۵). در این تحقیق نیز از همین روش در نرم‌افزار متلب استفاده شده است.

دومین الگوریتم مورد استفاده در پژوهش حاضر *Fuzzy c-means* است. در این الگوریتم هر نقطه می‌تواند با درجات عضویت مختلف به بیش از یک خوشه تعلق گیرد. در حقیقت عضویت در آن ماهیت فازی دارد و در بازه ۰-۱ قرار می‌گیرد. این نوع خوشه‌بندی وقتی استفاده می‌شود که نمی‌توان هر داده را دقیقاً به یک خوشه اختصاص داد زیرا برخی داده‌ها بین خوشه‌ها قرار می‌گیرند (۷). هدف از این خوشه‌بندی، گروه‌بندی  $n$  بردار  $p$  بعدی در  $c$  خوشه است (۳۹). میزان عضویت هر شیء در *FCM* به هر خوشه از ماتریس عضویت مشخص می‌شود (رابطه ۲).

$$U = [u_{ij}]c.n = (u_1, u_2, \dots, u_n)$$

در این رابطه  $c$  تعداد خوشه‌ها و  $n$  تعداد اشیاء  $U$  ماتریس عضویت است. هدف الگوریتم خوشه‌بندی فازی، حداقل کردن تابع هدف یا هزینه برای یک مجموعه داده است. در تحقیق حاضر ۵۷ فقره آتش‌سوزی ( $n$ ) و ۵ خوشه ( $c$ ) در نظر گرفته شده است.

در رابطه (۳)،  $d_{ij}$  فاصله بین داده‌ها و  $X$  مرکز خوشه است.  $m \in (1, \infty)$  میزان فازی بودن است.

انجام پذیرفته است (۲۱). ضمناً داده‌های کیفی همگی با رویه transformation به داده‌های کمی تبدیل شدند و سپس مورد استفاده قرار گرفتند.

مرحله بعدی استفاده از روش‌های یادگیری خوشه‌بندی است. این روش یکی از شاخه‌های تحلیل آماری چندمتغیره و یادگیری بدون ناظر در شبکه عصبی مصنوعی است یعنی یادگیری در این نوع شبکه‌ها به جواب مطلوب و مقدار واقعی پاسخ از پیش مشخص، دسترسی ندارد و در بین ورودی‌ها جواب مطلوب را پیدا می‌کند و در حقیقت این روش، یادگیری از طریق داده‌ها و مشاهدات است و قادر است اطلاعات مفید را از میانگین حجم بالای داده‌ها استخراج کند. در خوشه‌بندی جامعه به تعدادی زیرجامعه به نام خوشه تقسیم می‌شود. در این خوشه‌ها نمونه‌هایی که به یکدیگر شبیه هستند و با نمونه‌های خوشه‌های دیگر شباهتی ندارند (۳۷)، دسته‌بندی می‌شوند (۳۰-۳۱). دسته‌بندی این خوشه‌ها بر اساس روابط بین آن‌ها صورت می‌گیرد (۲۱).

در خوشه‌بندی ابتدا ماتریس داده‌ها تهیه و ارائه و در مرحله بعدی استاندارد می‌شود (طبق آنچه در پاراگراف بالا توضیح داده شد). سپس ماتریس مجاورت یا مشابهت محاسبه و روش خوشه‌بندی اجرا می‌شود. در نهایت معیارهای اعتبار محاسبه می‌شوند (۳۱) که تمامی موارد موصوف در محیط نرم‌افزار متلب انجام شده است.

اولین خوشه‌بندی مورد استفاده در این پژوهش یعنی *k-medoids* بهبود یافته الگوریتم *k-means* است و بسیار شبیه به این الگوریتم عمل می‌کند، با این تفاوت که در الگوریتم *k-medoids* به جای استفاده از میانگین، از خود نمونه‌ها برای مرکز ثقل و نمایندگی خوشه‌ها استفاده می‌شود. قابل ذکر است در این الگوریتم هدف کمینه کردن مجموع اختلافات میان نقاط موجود در یک خوشه‌بندی و نقطه مرکز خوشه است. در صورتی که در الگوریتم *k-means* هدف حداقل کردن مربعات خطا است. در این الگوریتم مرکز خوشه‌ها به جای centroid، *medoid* است. هر *medoid* مرکزی‌ترین داده یک خوشه است. در کل از آنجایی که این الگوریتم حساسیت کمی نسبت به داده‌های خارج از محدوده دارد و همچنین با توجه به ثبت نقاط فعلی در منطقه مورد مطالعه که آتش‌سوزی در آنها در سنوات قبل اتفاق افتاد، استفاده از این الگوریتم نسبت به الگوریتم *k-means* در این مطالعه دارای ارجحیت بوده و استفاده از آن بیشتر از الگوریتم *k-means* توصیه می‌شود (۳۱، ۲۵). برای اجرای الگوریتم *k-medoids* ابتدا مقدار  $k$  داده به صورت تصادفی به عنوان نماینده‌های اولیه  $k$  خوشه انتخاب می‌شوند و برای نمونه نزدیک‌ترین نماینده خوشه پیدا می‌شود. پس از تشکیل ماتریس تشابه ( $n-k$ ) نمونه در یکی از این  $k$  خوشه قرار می‌گیرند. می‌توان به جای تشکیل ماتریس تشابه، فاصله هر یک از نمونه‌های باقی‌مانده را با  $k$  نمونه اولیه محاسبه کرد. سپس برای بررسی کیفیت و مناسب بودن خوشه‌های به دست آمده، یک نمونه از داده‌ها (غیر مدوید یا غیر از داده‌های مورد انتخاب شده برای مرکز خوشه) با یکی از  $k$  نمونه نماینده (مدوید یا عنصر مرکزی خوشه) جایگزین می‌شوند. هزینه

(رابطه ۳)

Error استفاده شد. در حقیقت خطای میانگین مربعات تفاوت بین مقادیر تخمینی و آنچه تخمین زده شده، است و مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۴۰):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (\text{رابطه ۶})$$

در این رابطه عمل میانگین‌گیری با  $\sum_{i=1}^n$  انجام می‌شود و  $(y_i - \hat{y}_i)^2$  محاسبه مقدار مربع خطای هر داده را به عهده دارد (۴۶).

در نهایت برای مقایسه عملکرد دو الگوریتم از ماتریس درهم‌ریختگی (Confusion Matrix) برای ارزیابی نحوه عملکرد دو الگوریتم مورد استفاده در روش خوشه‌بندی به‌منظور حصول بالاترین دقت و صحت در انتخاب خوشه‌ها استفاده شده است. در حقیقت این ماتریس جدولی است که عملکرد مدل طبقه‌بندی شده را توصیف می‌کند. این جدول اطلاعاتی در مورد طبقه‌بندی واقعی و پیش‌بینی صورت گرفته توسط طبقه‌بندی را ارائه می‌دهد که با استفاده از این اطلاعات عملکرد طبقه‌بندی ارزیابی می‌شود (۱۶).

### نتایج و بحث

#### ضریب همبستگی پیرسون

جدول تحلیل ضریب همبستگی این امکان را به طراح و تحلیل‌کننده می‌دهد که در صورت لزوم ویژگی‌هایی را که دارای شباهت بسیار بالا با یکدیگر هستند از فرآیند تصمیم‌گیری حذف کند و فقط از یکی از آن‌ها استفاده کند (جدول ۱). در جدول (۱) قطر اصلی با عدد ۱ مشخص شده است. در نهایت این جدول نشان می‌دهد داده‌ها از نظر ضریب همبستگی به‌عنوان ورودی شباهت چندانی به هم نداشته و استفاده از آنها برای فرآیند مدل‌سازی مطلوب است.

$$J_f(X, U_f, C) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n u_{ij}^m d_{ij}^2$$

اگر m به سمت ۱ میل کند خوشه‌بندی سخت‌تر خواهد شد و اگر m به سمت بی‌نهایت میل کند، خوشه‌بندی فازی‌تر خواهد بود. این الگوریتم به تعداد اولیه خوشه‌ها و مکان اولیه مراکز خوشه‌ها وابسته است (۴۸). در روش FCM تصمیم‌گیری بر اساس بیشینه تعلق به یک مرکز ارزیابی می‌شود (۳۹).

#### صحت‌سنجی مدل

برای ارزیابی قدرت پیش‌بینی و عملکرد مدل، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و مقدار ضریب تبیین ( $R^2$ ) محاسبه شد (۴۶). جذر میانگین مربعات خطا و مقدار ضریب تبیین، تفاوت میان مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی مشاهداتی را با استفاده از یک مدل اندازه‌گیری می‌کنند. در حقیقت ضریب تبیین مشخص می‌کند چند درصد تغییرات متغیر وابسته متأثر از متغیر مستقل مربوطه است و جذر میانگین مربعات خطا، خطاهای پیش‌بینی یک مجموعه داده مقایسه می‌کند. هرچه مقدار RMSE و  $R^2$  بیشتر باشد، داده‌ها تطبیق بهتری با یکدیگر دارند. مقدار RMSE و  $R^2$  از صورت محاسبه می‌شود (۳۵۸).

(رابطه ۴)

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)(P_i - \bar{P}_i)^2}{(\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2)}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 / n} \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این رابطه  $O_i$  داده‌های مشاهداتی،  $P_i$  داده‌های شبیه‌سازی شده، P شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل و n تعداد داده‌ها است. همچنین برای برآورد میزان خطای مدل از MSE یا خطای میانگین مربعات (Mean Squared Error) استفاده می‌شود.

جدول ۱- جدول تحلیل ضریب همبستگی پیرسون

Table 1. Pearson correlation coefficient analysis table

| پارامترهای مورد بررسی  | سرعت باد | تیپ جنگل تابش خورشید درجه شیب | فاصله از جاده | فاصله از رودخانه فاصله از مناطق کشاورزی فشار هوا | جهت شیب | تاج پوشش جنگلی |
|------------------------|----------|-------------------------------|---------------|--|---------|----------------|
| تاج پوشش جنگلی         | -۰/۱۱۷۹  | -۰/۳۳۹۲                       | -۰/۰۶۷۹       | -۰/۵۲۲۴  | ۰/۱۷۷۵  | ۰/۰۵۰۶         |
| جهت شیب                | -۰/۰۳۵۰  | -۰/۱۵۲۶                       | -۰/۰۸۵۹       | -۰/۰۵۸۸  | -۰/۰۳۰۶ | ۰/۱۴۱۶         |
| فشار هوا               | -۰/۲۵۹۸  | -۰/۶۱۲۱                       | -۰/۰۲۰۷       | -۰/۶۱۴۶  | ۰/۳۵۶   | ۰/۵۱۳۹         |
| فاصله از مناطق کشاورزی | ۰/۱۷۹۵   | -۰/۰۶۴۳                       | -۰/۰۸۱۸       | -۰/۱۲۴۶  | -۰/۰۰۲۵ | -۰/۰۵۰۶        |
| فاصله از رودخانه       | ۰/۰۶۳۷   | -۰/۰۷۴۲                       | -۰/۱۲۶۶       | -۰/۳۸۶۵  | -۰/۰۰۲۵ | ۰/۱۷۷۵         |
| فاصله از جاده          | -۰/۲۶۱۳  | -۰/۷۲۳۴                       | -۰/۳۲۶۹       | ۰/۰۶۴۴   | -۰/۰۵۷۲ | ۰/۵۴۲۴         |
| درجه شیب               | ۰/۰۷۲۳   | -۰/۰۹۴۱                       | -۰/۴۸۲۸       | ۱/۰۰۰  | -۰/۳۸۶۵ | -۰/۰۶۷۹        |
| تابش خورشید            | ۰/۲۰۵۷   | -۰/۴۵۷۸                       | ۱/۰۰۰         | -۰/۴۸۲۸  | ۰/۱۲۶۶  | -۰/۳۳۹۲        |
| تیپ جنگل               | -۰/۲۷۷۹  | ۱/۰۰۰                         | -۰/۴۵۷۸       | ۰/۰۹۴۱   | -۰/۰۷۴۲ | ۰/۸۷۸۷         |
| سرعت باد               | ۱/۰۰۰    | -۰/۲۷۷۹                       | ۰/۲۰۵۷        | -۰/۰۷۲۳  | -۰/۲۶۱۳ | -۰/۱۱۷۹        |

الگوریتم K-medoids مرکز داده‌ها medoid و در FCM مرکز داده‌ها centroid است و به‌صورت فازی ارزیابی می‌شود (۵۲). در هر دو نوع الگوریتم تعداد ۵ خوشه و ۵ مرکز خوشه داریم. سطح آستانه مورد نظر در هر دو خوشه ۱ کیلومتر در

#### رویه کلی تخصیص نقاط دارای پتانسیل خطر آتش‌سوزی در الگوریتم K-Medoids و FCM

مراحل انجام هر دو الگوریتم تقریباً به یکدیگر شبیه است و تفاوت آن‌ها در نحوه تخصیص مرکز داده‌ها است. یعنی در

بیشترین فاصله نقطه حادثه‌خیز از مرکز خوشه متناظر خودش محاسبه شده است با افزایش و کاهش از این فاصله احتمال رخداد آتش به‌ترتیب کمتر و بیشتر خواهد شد.

نظر گرفته شد (جدول ۳ و ۴). در دو الگوریتم مورد استفاده داده‌ها از نظر فاصله با مرکز ارزیابی شده و فاصله هر داده با مرکز متناظر خودش محاسبه شده است. با توجه به اینکه فضای احتمال بالای حادثه با فرض بالای حداکثر ۱۵٪ از

جدول ۲- خوشه‌بندی پارامترهای مورد مطالعه به روش K-Medoids

Table 2. Clustering of the studied parameters by K-Medoids

| مرکز | سطح آستانه | سرعت باد | تیپ جنگل | تابش خورشید | شیب   | فاصله از جاده | فاصله از رودخانه | فاصله از مناطق کشاورزی | فشار هوا | جهت شیب | کلاس تاج پوشش |
|------|------------|----------|----------|-------------|-------|---------------|------------------|------------------------|----------|---------|---------------|
| ۱    | ۰/۷۱۳      | ۰/۷۱۶    | ۰/۰۰۰    | ۰/۳۴۱       | ۰/۷۸۶ | ۰/۶۸۴         | ۰/۵۱۷            | ۰/۶۳۴                  | ۰/۶۹۲    | ۰/۵۹۳   | ۰/۳۲۹         |
| ۲    | ۱/۳۲۴      | ۰/۵۰۱    | ۱/۰۰۰    | ۰/۹۲۳       | ۰/۷۰۵ | ۰/۵۸۷         | ۰/۸۲۹            | ۰/۶۸۵                  | ۰/۷۰۷    | ۰/۵۸۹   | ۰/۷۲۲         |
| ۳    | ۱/۸۷       | ۰/۶۵۸    | ۰/۰۰۰    | ۰/۱۴۴       | ۰/۷۸۳ | ۰/۶۸۴         | ۰/۵۳۳            | ۰/۶۳۹                  | ۰/۶۴۷    | ۰/۳۲۹   | ۰/۱۲۸         |
| ۴    | ۰/۸۱۲      | ۰/۷۰۰    | ۱/۰۰۰    | ۰/۰۵۹       | ۰/۸۰۹ | ۰/۶۸۲         | ۰/۵۳۲            | ۰/۶۸۱                  | ۰/۶۳۷    | ۰/۲۲۸   | ۰/۰۵۲         |
| ۵    | ۰/۶۳۰      | ۰/۴۹۹    | ۰/۳۳۳    | ۰/۹۶۱       | ۰/۴۲۵ | ۰/۷۷۷         | ۰/۸۸۸            | ۰/۵۹۱                  | ۰/۶۷۳    | ۰/۶۸۸   | ۰/۶۶۰         |

جدول ۳- خوشه‌بندی پارامترهای مورد مطالعه به روش FCM

Table 3. Clustering of the studied parameters by FCM

| مرکز | سطح آستانه | سرعت باد | تیپ جنگل | تابش خورشید | شیب   | فاصله از جاده | فاصله از رودخانه | فاصله از مناطق کشاورزی | فشار هوا | جهت شیب | کلاس تاج پوشش |
|------|------------|----------|----------|-------------|-------|---------------|------------------|------------------------|----------|---------|---------------|
| ۱    | ۰/۸۰۲      | ۰/۳۲۹    | ۰/۰۰۰    | ۰/۹۵۲       | ۰/۸۰۷ | ۰/۲۸۱         | ۰/۴۴۳            | ۰/۴۶۰                  | ۰/۳۲۹    | ۰/۴۷۲   | ۰/۰۰۰         |
| ۲    | ۰/۷۲۳      | ۰/۳۰۷    | ۱/۰۰۰    | ۰/۸۱۳       | ۰/۴۶۹ | ۰/۹۹۰         | ۰/۷۹۸            | ۰/۷۰۳                  | ۰/۶۱۷    | ۰/۵۹۸   | ۰/۶۶۷         |
| ۳    | ۰/۸۶۴      | ۰/۷۷۶    | ۰/۰۰۰    | ۰/۷۰۳       | ۰/۶۵۱ | ۰/۵۰۸         | ۰/۶۹۲            | ۰/۶۴۷                  | ۰/۱۸۹    | ۰/۷۶۷   | ۰/۸۰۲         |
| ۴    | ۰/۶۴۱      | ۰/۶۲۳    | ۱/۰۰۰    | ۰/۲۵۷       | ۰/۸۲۳ | ۰/۸۸۲         | ۰/۶۳۰            | ۰/۶۳۰                  | ۰/۷۱۹    | ۰/۴۸۰   | ۰/۶۶۷         |
| ۵    | ۱/۲۹۹      | ۰/۸۰۲    | ۰/۳۳۳    | ۰/۸۱۶       | ۰/۵۱۵ | ۰/۴۳۲         | ۰/۵۴۰            | ۰/۷۰۰                  | ۰/۳۰۹    | ۰/۵۹۸   | ۰/۳۳۳         |

سطوح پیکسلی محدوده مطالعه با پیش فرض بودن الگوریتم FCM (جدول سمت راست) و جدول بررسی سطوح پیکسلی محدوده مورد مطالعه به‌صورت ستونی با اولویت الگوریتم K-medoids (جدول پایینی) می‌باشد. در تحلیل سطری ستون‌های آبی رنگ مربوط به درصد تشابه پیش‌بینی هر دو الگوریتم است بر همین اساس ۳۸/۷٪ پیکسل‌ها در هر دو الگوریتم در طبقه هات اسپات، ۷۹/۱٪ در طبقه پرخطر درجه اول، ۶۳/۹٪ در طبقه پرخطر درجه دوم، ۹۶/۵٪ در طبقه کم‌خطر درجه اول و ۱۰۰٪ در طبقه کم‌خطر درجه دوم قرار دارند. همچنین سلول‌های نارنجی رنگ جدول موصوف نشان از پیش‌بینی مواردی از آتش‌سوزی توسط الگوریتم FCM دارد که توسط الگوریتم K-medoids مورد تایید قرار نگرفته است و در حقیقت نقطه مورد اختلاف دو الگوریتم در فرایند مدل‌سازی است. بر اساس نتایج این جدول ۶۱/۳٪ توسط الگوریتم FCM در طبقه هات اسپات، ۲۰/۹٪ در طبقه پرخطر درجه اول، ۳۶/۱٪ در طبقه پرخطر درجه دوم، ۹/۵٪ در طبقه کم‌خطر درجه اول قرار می‌گیرند.

در تحلیل ستونی که با اولویت الگوریتم K-medoids است، ۴۹/۲٪ توسط هر دو الگوریتم به‌عنوان طبقه هات اسپات، ۷۲/۱٪ طبقه پرخطر درجه اول، ۳۲/۱٪ طبقه پرخطر درجه دوم، ۹۶/۵٪ طبقه کم‌خطر درجه اول و ۱۰۰٪ طبقه پرخطر درجه دوم شناسایی شده اند که با رنگ آبی نشان داده شده است.

در این جدول سلول‌های نارنجی مربوط به موارد پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی است که تنها توسط الگوریتم K-medoids در نظر گرفته شده است که مورد تایید الگوریتم FCM نیست. نتایج حاصل از آن نشان داد که تعداد ۵۰/۸٪ پیکسل‌ها در

**مدل**  
با توجه به نتایج مشخص می‌شود میزان  $RMSE$ ،  $R^2$  و  $MSE$  برای مدل شبکه عصبی مورد استفاده در این تحقیق به‌ترتیب برابر است با ۰/۲۸۶۱ و ۹۹/۳۸ و ۰/۰۸۱۹، که نشان‌دهنده قابل اطمینان بودن مدل است.

**نقشه نهایی حاصل از خوشه‌بندی با FCM و K-Medoids**

در نقشه حاصل قسمت‌های سفید مربوط به مناطقی است که احتمال وقوع آتش در آن بالا و نقاط مشخص شده با رنگ قرمز مکان‌هایی با احتمال کمتر خطر آتش‌سوزی است (شکل ۲ و ۳).

#### مقایسه دو الگوریتم

بر اساس نتایج حاصل از جدول تحلیل ماتریس درهم‌ریختگی طبق دو الگوریتم مورد استفاده ۵ طبقه احتمال آتش‌سوزی داریم. طبقه ۱ که فاصله آن از نزدیک‌ترین مرکز خوشه آتش‌سوزی کمتر از ۱ کیلومتر است طبقه لکه‌های داغ (Hot spot) نام دارد. طبقه ۲، طبقه پرخطر درجه یک است که در آن فاصله از نزدیک‌ترین مرکز خوشه ۵-۱ کیلومتر است. طبقه سوم مربوط فاصله ۱۰-۵ کیلومتری از مرکز خوشه است و طبقه پرخطر درجه دوم نامیده می‌شود. طبقه دیگر طبقه کم‌خطر درجه ۱ با فاصله ۵۰-۱۰ کیلومتری از مرکز خوشه است و طبقه آخر که فاصله ۲۵۵-۵۰ کیلومتری از مرکز خوشه را به‌خود اختصاص می‌دهد مربوط به طبقه کم‌خطر درجه ۲ است (شکل ۴).

به‌طور کل در جدول نتایج حاصل از ماتریس درهم‌ریختگی سه جدول وجود دارد که به‌ترتیب شامل جدول پیکسل‌های محدوده مورد مطالعه (جدول بزرگ)، جدول بررسی سطری

مخابراتی دارد و علت آن این است که FCM نسبت به k-medoids زمان بیشتری برای اجرای الگوریتم نیاز دارد (۴۷). مطالعات دیگری که توسط همین محقق در رابطه با مقایسه دو الگوریتم FCM و k-medoids در سال ۲۰۱۲ انجام شده نشان داده است که کی از مهم‌ترین مسائل در اجرای الگوریتم k-medoids زمان مورد نیاز برای جایگزینی عناصر مدوید یا همان عناصر مرکزی خوشه است و با افزایش تعداد خوشه‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه زمان اجرای الگوریتم نسبت به FCM با همان تعداد داده، افزایش می‌یابد که منجر به کاهش عملکرد k-medoids نسبت به FCM می‌شود. بر اساس نتایج او انتخاب الگوریتم خوشه‌بندی بستگی به هدف همچنین نوع داده‌های موجود دارد. به‌طور کل با افزایش تعداد خوشه‌ها و تعداد نقاط انتخابی زمان اجرای الگوریتم بالا می‌رود و عملکرد الگوریتم کاهش می‌یابد (۴۸). نکته آخر در مورد جدول تحلیل ماتریس درهم‌ریختگی در این پژوهش این است که مقادیر ۵ کلاس طبقه‌بندی فاصله از خطر در کد نوشته شده در نرم‌افزار متلب قابل تغییر بوده و با توجه حساسیت مورد نیاز برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی قابل تغییر (افزایش یا کاهش) می‌باشد. با توجه به آتش‌سوزی‌هایی که هر ساله رخ می‌دهد توسعه به سیستم شناسایی آتش بسیار ضروری است.

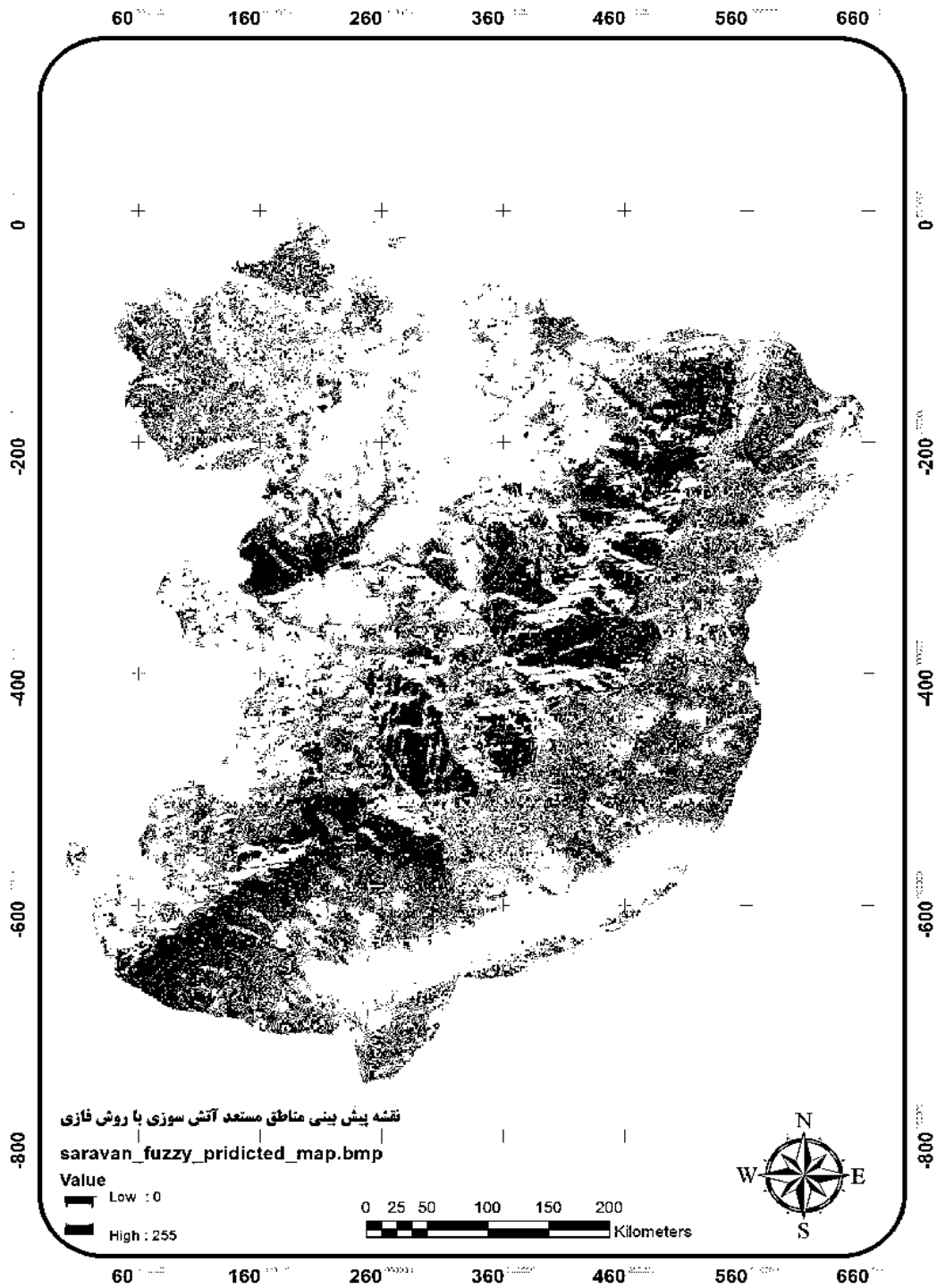
### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات دکتر عبدالرضا علوی قره باغ که با نظرات ارزشمندشان به ما در بهبود نتایج مطالعه حاضر یاری رساندند کمال تشکر را داریم.

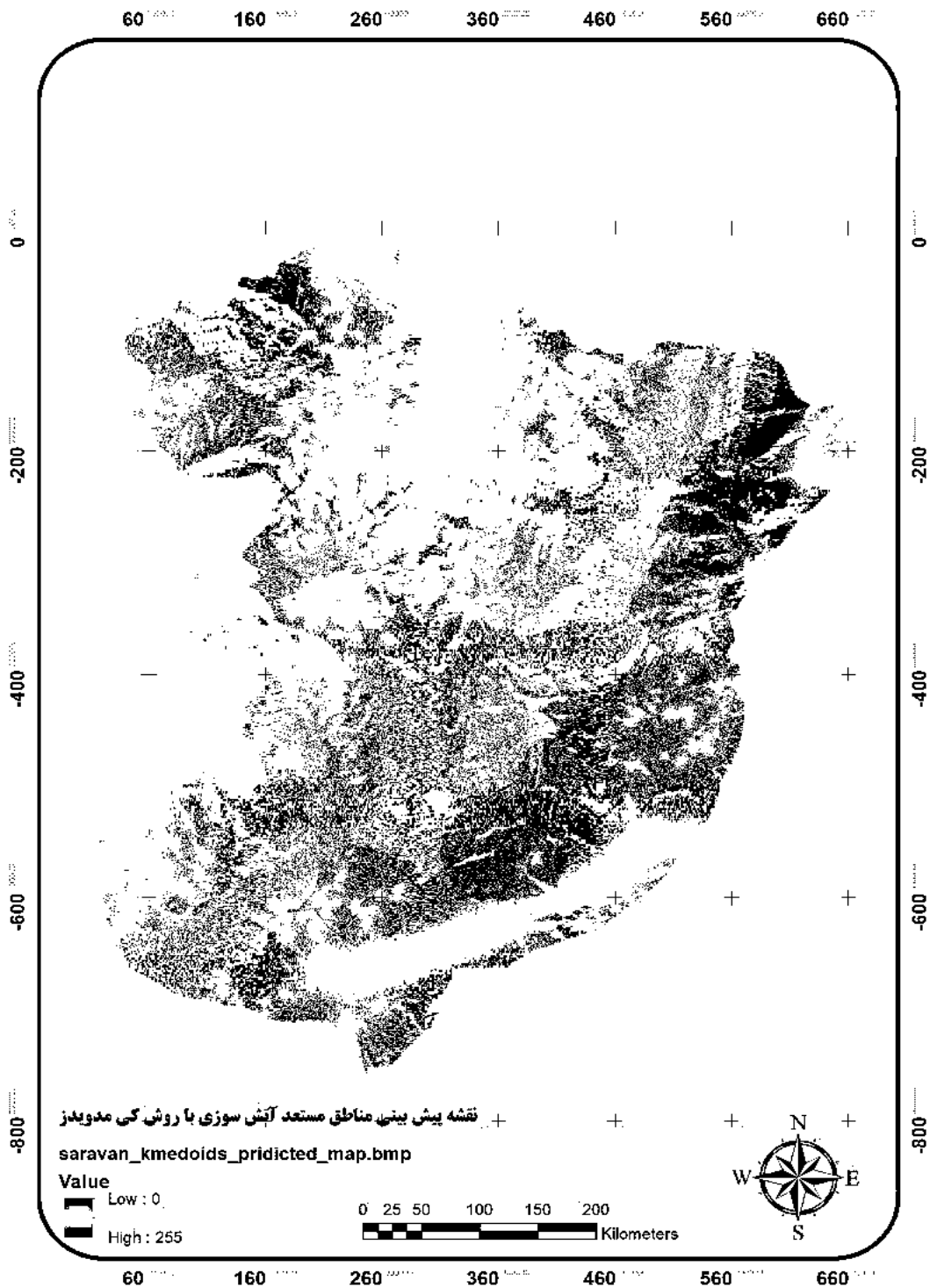
طبقه هات اسپات، ۲۷/۹٪ در طبقه پرخطر درجه اول، ۶۷/۹٪ در طبقه پرخطر درجه دوم و ۳/۵٪ در طبقه کم‌خطر درجه اول قرار دارند. به‌طور کل افزایش سطح اشتراک نتایج دو الگوریتم در طبقات بالاتر چه در تحلیل سطری و ستونی محدوده مورد مطالعه، تاییدکننده کاهش حساسیت این الگوریتم‌ها با فاصله گرفتن از مراکز خوشه می‌باشد. با توجه به اینکه مجموع اشتراک دو الگوریتم با تاکید بر مبنا بودن الگوریتم فازی ۳۷۲/۲٪ و مجموع اشتراک بر مبنای الگوریتم k-medoids برابر با ۳۴۹٪ است، مشخص می‌شود الگوریتم فازی در پیش‌بینی مکان‌های دارای پتانسیل خطر آتش‌سوزی با اختلاف جزئی بهتر از الگوریتم k-medoids عمل نموده است که در سایر تحقیقات نیز اثبات شده است.

نتایج تحقیقات خاتمی و همکاران در سال ۲۰۱۷ در شناسایی آتش با استفاده از پردازش تصویر با به‌کارگیری الگوریتم k-medoids در تحلیل خوشه‌بندی نشان داد که این الگوریتم به تعداد تکرار زیادی بیشتری نیاز دارد و به‌همین دلیل عملکرد آن نسبت به FCM پایین‌تر است (۳۰). در مورد کار ما نیز بر اساس نتایج (شکل ۲) مشخص می‌شود، FCM عملکرد بهتری نسبت به k-medoids دارد. همچنین بر اساس نتایج مطالعات انجام‌شده توسط Esakar و همکاران در به‌کارگیری الگوریتم FCM در تحلیل خوشه‌بندی، با به‌کارگیری این الگوریتم در داده‌های خوشه‌بندی در آموزش شبکه عصبی ارتباط میان داده‌های ورودی و خروجی بهتر می‌شود و در نتیجه احتمال دقت پیش‌بینی بالا می‌رود (۱۵، ۴۸).

در بعضی مطالعات این نتایج متفاوت است. در تحقیقی دیگر Velmurugan (۲۰۱۱) نشان داد k-medoids عملکرد بهتری نسبت به FCM در خوشه‌بندی داده‌های



شکل ۲- نقشه نهایی پیش‌بینی مناطق مستعد خطر آتش‌سوزی با Fuzzy C-means  
Figure 2. Prediction map of fire risk areas with Fuzzy C-means



شکل ۳- نقشه نهایی پیش‌بینی مناطق مستعد خطر آتش‌سوزی با K-medoids  
Figure 3. Prediction map of fire risk areas with K-medoids



|            |   |       |        |       |       |        |  |        |       |
|------------|---|-------|--------|-------|-------|--------|--|--------|-------|
| کلاس واقعی | ۱ | ۳۷۹۹۵ | ۶۰۰۶۴  |       |       |        |  | ٪۳۸/۷  | ٪۶۱/۳ |
|            | ۲ | ۳۹۲۲۸ | ۱۵۶۹۸۳ | ۲۲۴۸  | ۱     |        |  | ٪۷۹/۱  | ٪۲۰/۹ |
|            | ۳ |       | ۵۹۷    | ۱۰۸۹  | ۱۷    |        |  | ٪۶۳/۹  | ٪۳۶/۱ |
|            | ۴ |       |        | ۵۲    | ۴۹۸   |        |  | ٪۹۰/۵  | ٪۹/۵  |
|            | ۵ |       |        |       |       | ۲۰۷۷۴۸ |  | ٪۱۰۰/۰ |       |
|            |   | ٪۴۹/۳ | ٪۷۲/۱  | ٪۳۲/۱ | ٪۹۶/۵ | ٪۱۰۰/۰ |  |        |       |
|            |   | ٪۵۰/۸ | ٪۲۷/۹  | ٪۶۷/۹ | ٪۳/۵  |        |  |        |       |
|            |   | ۱     | ۲      | ۳     | ۵     | ۶      |  |        |       |

شکل ۴- جدول تحلیل ماتریس درهم‌ریختگی  
Figure 4. Confusion matrix analysis table

#### منابع

- Adab, H., K. Kanniah and K. Solaimani. 2013. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65(3): 1723-1743.
- Agnoletti, M. and S. Anderson. 2000. Forest history: International studies on socio-economic and forest ecosystem change: report no. 2 of the IUFRO Task Force on Environmental Change / edited by M. Agnoletti and S. Anderson. Wallingford. CABI Pub in association with IUFRO. <https://books.google.com/books?id=0znQhwyb6PAC>.
- Argañaraz, J.P., G.G. Pizarro, M. Zak, M.A. Landi and L.M. Bellis. 2015. Human and biophysical drivers of fires in Semiarid Chaco mountains of Central Argentina. *Science of the Total Environment*, 520: 1-12.
- Arpaci, A., B. Malowerschnig, O. Sass and H. Vacik. 2014. Using multivariate data mining techniques for estimating fire susceptibility of Tyrolean forests. *Applied Geography*, 53: 258-70.
- Baheri, H., M. Ghodskhah Daryaei and H. Pourbabaei. 2017. Long- Term Effect of Fire on Woody Species Composition and their Natura Regeneration in Hyrcanian Forests, (Case Study: Lesakouti Forest of Tonekabon, Mazandaran Province). *Ecology of Iranian Forest*, 5: 37-46 (In Persian).
- Berninger, F. 1994. Simulated irradiance and temperature estimates as a possible source of bias in the simulation of photosynthesis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71(1-2): 19-32.
- Bezdek, J.C., R. Ehrlich and W. Full. 1984. FCM: The Fuzzy C-Means Clustering Algorithm. *Computers and Geosciences*, 10(2): 191-203.
- Chai, T. and R. Draxler. 2014. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? *Geosci. Model Dev. Discuss*, 7(1): 1525-34.
- Darvishi, L., M. Ghodskhah Daryaei and V. Gholami. 2013. A regional model for forest fire hazard zonation in forests of Dorud city (Case Study: Babahar region). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 11(1): 10-20 (In Persian).
- Dubey, V., P. Kumar and N. Chauhan. 2018. Forest Fire Detection System Using IoT and Artificial Neural Network. In: Bhattacharyya S, Hassanien AE, Gupta D, Khanna A, Pan I, editors. *International conference on innovative computing and communications: Proceedings of ICICC. Volume 1 / edited by Siddhartha Bhattacharyya, Aboul Ella Hassanien, Deepak Gupta, Ashish Khanna, Indrajit Pan. Singapore: Springer*, 55: 323-37.
- Dunn, J.C. 1973. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters. *Journal of Cybernetics*, 3(3): 32-57.
- Eastaugh, C.S. and H. Hasenauer. 2014. Deriving forest fire ignition risk with biogeochemical process modelling. *Environmental Modelling and Software*, 55: 132-42.
- Eskandari, S. and E. Chuvieco. 2015. Fire danger assessment in Iran based on geospatial information. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42: 57-64.
- Eskandari, S. and J.R. Miesel. 2016. Comparison of the fuzzy AHP method, the spatial correlation method, and the Dong model to predict the fire high-risk areas in Hyrcanian forests of Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2): 933-49.

15. Esakar, S. and M. Chaudhari. 2013. A Review of Clustering Algorithms. [www.ijcst.com](http://www.ijcst.com).
16. Fawcett, T. 2006. An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8): 861-74.
17. Giwa, O. and A. Benkril. 2018. Fire detection in a still image using colour information. *Computer Science, Engineering*, 3(3) 2018.
19. Ghodskhah Daryayi, M., M.N. Adel, M.S. Pashaki and J.S. Kuhestani. 2013. Effect of repeated fire on understory plant species diversity in Saravan forests, northern Iran. *Folia Forestalia Polonica, Seria A Forestry*, 55(3) (In Persian).
20. Goleji, E., S.M. Hoseini, N. Khorasani and S.M. Monavari. 2018. Forest fire risk assessment using WLC and ANP (Case study: 33 and 34 watersheds north of Iran). *Journal of Natural environment hazards*, 7(15): 107-24.
21. Goleji, E., S.M. Hosseini, N. Khorasani and S.M. Monavari. 2017. Forest fire risk assessment-an integrated approach based on multicriteria evaluation. *Environmental monitoring and assessment*, 189(12): 612.
22. Han, J., M. Kamber and A. Tung. 2001. Spatial Clustering Methods in Data Mining: A Survey. In H. J. Miller & J. Han (eds.), *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, Research Monographs in GIS: Taylor and Francis*. 486 pp.
23. Hastie, T., R. Tibshirani, J. Friedman and J. Franklin. 2004. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. *Math. Intell*, 27: 83-5.
24. Hedayati, N, S. Ebrahimi and H. Joneidi. 2019. Fire risk assessment of Kurdistan province natural areas using statistical index method. *Journal of natural environment*, 403-16 (In Persian).
25. Hunt, R.J. 1986. Percent agreement, Pearson's correlation, and kappa as measures of inter-examiner reliability. *Journal of Dental Research*, 65(2): 128-30.
26. Hosseinzade, F. and A. Salageghe. 2013. Study and Comparison of Partitioning Clustering Algorithms. *Iranian Journal of Medical Informatics*, 2(1): 38-42.
27. Jafarzadeh, A., A. Mahdavi and H. Jafarzadeh. 2017. Evaluation of forest fire risk using the Apriori algorithm and fuzzy c-means clustering. *Journal of forest Sscience*, 63: 370-380.
28. Jahdi, R., M. Salis, A.A. Darvishsefat, F. Alcasena, M.A. Mostafavi and V. Etemad. 2016. Evaluating fire modelling systems in recent wildfires of the Golestan National Park, Iran. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 89(2): 136-49.
29. Janmenjoy, N., N. Bighnaraj and H.S. Behera. 2015. Fuzzy C-Means (FCM) Clustering Algorithm: A Decade Review from 2000 to 2014. *Computational Intelligence in Data Mining*, 133-49 pp.
30. Karimov, J., M. Ozbayoglu and E. Dogdu. 2015. k-Means Performance Improvements with Centroid Calculation Heuristics Both for Serial and Parallel Environments. *IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*. New York, USA, 444-451 pp.
31. Kaufman, L. and J.P. Rousseeuw. 2005. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. *Wiley series in probability and mathematical statistics*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 342 pp.
32. Khatami, A., S. Mirghasemi, A. Khosravi, C.P. Lim and S. Nahavandi. 2017. A new PSO-based approach to fire flame detection using K-Medoids clustering. *Expert systems with applications*, 68: 69-80.
33. Khatami, A., S. Mirghasemi, A. Khosravi and S. Nahavandi. 2015. An efficient hybrid algorithm for fire flame detection. *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. Killarney, Ireland, 1-6 pp.
34. Krishnapuram, R., A. Joshi and Y. Liyu. 1999. A fuzzy relative of the k-medoids algorithm with application to web document and snippet clustering. *IEEE International Fuzzy Systems*, 1281-1286 pp.
35. Lewis-Beck, M.S. and A. Skalaban. 1990. The R -Squared: Some Straight Talk. *Polit. Anal.* 2: 153-71.
36. Liang, M. and H. Zhang. Wang. 2019. A Neural Network Model for Wildfire Scale Prediction Using Meteorological Factors. *IEEE Access*, 7: 176746-55.
37. Littell, J.S., D.L. Peterson, K.L. Riley, Y. Liu and C.H. Luce. 2016. A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. *Global change biology*, 22(7): 2353-69.
38. Mesakar, S. and M. Chaudhari. 2013. A Review of Clustering Algorithms, 249: 7-28.
39. Miyamoto, S., H. Ichihashi and K. Honda. 2008. Algorithms for Fuzzy Clustering - Methods in C-Means Clustering with Applications. Springer, 2008th Edition: 258 pp.
40. Mood, A.M., F.A. Graybill and D.C. Boes. 2013. Introduction to the theory of statistics. McGraw Hill, 3rd Edition, New Delhi, India, 480 pp.
41. Pham, B., A. Jaafari, M. Avand, N. Al-Ansari, T. Du, H. Phan, T.V. Phong, D.H. Nguyen, L.V. Lie, D. Mafi-Gholami, I. Prakash, H. ThiThuy and ThiTuyen. 2020. Performance Evaluation of Machine Learning Methods for Forest Fire Modeling and Prediction maps provide a basis for developing more efficient fire-fighting strategies and reorganizing policies in favor of sustainable management of forest resources. *Symmetry*, 12: 1-21.

42. Rahimi, I., S.N. Azeez and I.H. Ahmed. 2020. Mapping Forest-Fire Potentiality Using Remote Sensing and GIS, Case Study: Kurdistan Region-Iraq. In: Al-Quraishi AMF, AM. Negm (eds.). Environmental remote sensing and GIS in Iraq. Springer Water, 2364-6934.
43. Sadeghifar, M., A. Beheshti Alagha and M. Por Reza. 2016. Variability of Soil Nutrients and Aggregate Stability in Different Times after Fire in Zagros Forests (Case Study: Paveh Forests). Ecology of Iranian Forest, 4: 19-27 (In Persian).
44. Sekizawa, A. 2005. Fire Risk Analysis: Its Validity and Potential for Application in Fire Safety. Fire Safety Science, 8: 85-100. doi:10.3801/IAFSS.FSS.8-85.
45. Shahin, M., M. Jaksa and H. Maier. 2008. State of the Art of Artificial Neural Networks in Geotechnical Engineering. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 7(1): 33-44.
46. Späth, H. 1985. Cluster dissection and analysis: Theory FORTRAN programs, examples / Helmuth Späth; translator Johannes Goldschmidt. Halsted Press. New York, 226 pp.
47. Tien Bui, D., H. Van Le and N.D. Hoang. 2018. GIS-based spatial prediction of tropical forest fire danger using a new hybrid machine learning method. Ecological Informatics, 48: 104-16.
48. Velmurugan, T. 2011. A Comparative Analysis between K-Medoids and Fuzzy C-Means. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 27(1): 19-30.
49. Velmurugan, T. 2012. Evaluation of k-Medoids and Fuzzy C-Means clustering algorithms for clustering telecommunication data. International Conference on Emerging Trends in Science, Engineering and Technology, 115-120 pp.
50. Wackerly, D.D., W. Mendenhall and R.L. Scheaffer. 2008. Mathematical statistics with applications. 7<sup>th</sup> ed. Cengage Learning. United State, 994 pp.
51. Wei, C.P., Y.H. Lee and C.M. Hsu. 2000. Empirical Comparison of Fast Clustering Algorithms for Large Data Sets. 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 351-363 pp.
52. Xu, R. and D. Wunsch. 2005. Survey of clustering algorithms. IEEE Transactions on neural networks, 16(3): 645-78.
53. Yassemi, S., S. Dragičević and M. Schmidt. 2008. Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behaviour. Ecological Modelling, 210(1-2): 71-84.

## Comparison of the Performance of Fuzzy C-Means and K-Medoids in Modeling Forest Fire Occurrence (Case Study: Saravan Forests, Gilan)

Shaghayegh Zolghadry<sup>1</sup>, Mehrdad GhodsKhahDaryaei<sup>2</sup>, Kamran Nasirahmadi<sup>3</sup> and Esmail Ghajar<sup>4</sup>

---

1- Ph.D. Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Iran  
(Corresponding author: Shaghayegh.zolghadry@gmail.com)

2 and 4- Associate Professor and Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Iran

3- Ph.D. In Environments, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: August 16, 2020

Accepted: September 28, 2020

---

### Abstract

Hyrcanian (Caspian) area is one of the most important vegetation areas in Iran, which due to its antiquity, has a high ecosystem value. On the other hand, this ecosystem is involved in multiple fires every year and loses a significant level of vegetation, so the use of scientific methods to predict places with potential fire risk is very important. This can be used for the conservation management of Hyrcanian forests. Many real-world systems are used in terms of pattern recognition, so proper use of machine learning methods is essential in practical applications. However, the use of clustering-based methods is emphasized as an effective method due to its approach in pattern recognition and output discovery. The purpose of this study was to evaluate the ability and compare the performance of Fuzzy C-Means and k-Medoids clustering in modeling forest fire occurrence with emphasis on the performance capabilities of the algorithm. Due to the existence of periodic fires, the mentioned algorithms were used to improve the level of coding in MATLAB software in order to improve studies in the field of forest fire risk prediction. Model input criteria in this study are recorded fire points, distance to agricultural areas, distance to the road, distance to the river, air pressure, solar radiation, slope, aspect, wind speed, forest type and percentage of canopy density. The results obtained from the fire hazard prediction map of both algorithms show their high ability to predict the fire occurrence model. Also, based on the results of the confusion matrix table of the comparison of the two algorithms, the FCM algorithm showed better performance than the k-medoids algorithm in predicting places with potential fire risk. Therefore, the use of FCM algorithm is suggested as one of the effective methods in differential clustering for future studies.

**Keywords:** Clustering Algorithm, Fire Occurrence Modeling, Saravan Forest



"مقاله پژوهشی"

ارزش اقتصادی و سهم ذخیره کربن در اندام‌های اوکالیپتوس و آکاسیا در  
عرصه‌های پخش سیلاب ایستگاه کوثر

محمد جواد روستا<sup>۱</sup>، مریم عنایتی<sup>۲</sup>، سید مسعود سلیمان پور<sup>۳</sup> و کورش کمالی<sup>۴</sup>

۱- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (نویسنده مسؤل: m.roosta@areeo.ac.ir)

۲- کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۴- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۸

صفحه: ۱۷۵ تا ۱۸۴

چکیده

ذخیره کربن به‌وسیله جنگل‌های طبیعی، جنگل‌های دست‌کاشت، مراتع و خاک مناسب‌ترین راهکار کاهش کربن اتمسفری است. این پژوهش در سال ۱۳۹۷ با هدف ارزیابی تاثیر پخش سیلاب بر میزان زی توده و ذخیره کربن در اندام‌های مختلف درختان در جنگل‌های دست‌کاشت اوکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و آکاسیا (*Acacia salicina*) در ایستگاه کوثر واقع در دشت گربایگان فسا انجام شد. پس از کف‌بردن درختان، اقدام به جداسازی تنه، شاخه‌ها و برگ‌ها شد. علاوه بر این، میزان لاشبرگ تولید شده در سایه‌انداز درختان مورد بررسی نیز جمع‌آوری و توزین شد. پس از آن، نمونه‌های خشک شده به‌وسیله آسیاب برقی پودر شدند و میزان کربن آلی موجود در نمونه‌ها شامل تنه، شاخه، برگ و لاشبرگ، به‌روش خاکستر کردن در کوره الکتریکی اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. نتایج نشان داد برگ‌ها کمترین میزان زی توده و ذخیره کربن و تنه بیشترین میزان زی توده و ذخیره کربن را به‌خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر این، مشخص شد در جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس (نوار اول)، بیشترین کربن به‌میزان ۱۸۷/۵۶ تن در هکتار به‌صورت بافت‌های زنده گیاهی شامل تنه، شاخه و برگ و به‌شکل لاشبرگ ذخیره شده است. با توجه به این که هر تن کربن معادل با ۳/۶۷ تن گاز دی‌اکسیدکربن است، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ۶۸۸/۳۴ تن گاز دی‌اکسیدکربن موجود در هوا در اندام‌های مختلف گیاه و در لاشبرگ به‌صورت ماده آلی ذخیره شده است. در صورتی که در آکاسیا، میزان ذخیره کربن، ۷۲/۸۱ و معادل دی‌اکسیدکربن ذخیره شده، ۲۶۷/۲۱ تن در هکتار بود. ارزش اقتصادی زیست-محیطی این مقدار کربن ذخیره شده، به‌ترتیب معادل ۵/۷۸ و ۲/۲۴ میلیارد ریال در هکتار محاسبه شد. با توجه به ۳۲ سال پخش سیلاب در این عرصه‌ها، هر هکتار از عرصه جنگل اوکالیپتوس و آکاسیا به‌طور متوسط سالانه به‌ترتیب، ۲۱/۵۱ و ۸/۳۵ تن گاز دی‌اکسیدکربن موجود در هوا را به‌صورت ماده آلی ذخیره کرده‌اند. از این نظر، جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس نقش بیش‌تری در کاهش آلودگی هوا ایفاء نموده است. ارزش زیست‌محیطی اکسیژن تولید شده در جنگل اوکالیپتوس و آکاسیا (به‌ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۵۲ میلیون ریال) نیز به ارزش زیست‌محیطی کاهش دی‌اکسیدکربن اضافه شده و جمع ارزش کارکرد اقتصادی آن‌ها به‌ترتیب معادل ۶/۲۵ و ۲/۳۲ میلیارد ریال می‌گردد. بنابراین، توسعه روش جنگل‌کاری با اوکالیپتوس در مناطق مستعد پخش سیلاب با شرایط مشابه، از منظر ذخیره کربن دارای توجیه اقتصادی بیش‌تری بوده و پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه کوثر، تغییر اقلیم، ذخیره کربن، فارس، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

روسیه، برزیل، کانادا، ایالات متحده آمریکا و چین قرار دارد (۱۳). در بسیاری از کشورهای دنیا، جنگل‌کاری به‌عنوان یکی از راهبردهای کم کردن اثرات گرم‌شدن جهانی مورد توجه جدی واقع شده است (۳۹، ۱۸). میزان جنگل‌کاری در سطح دنیا، معادل ۴/۵ میلیون هکتار در سال برآورد شده است که در این میان، سهم قاره آسیا ۷۹ درصد (سهم ایران، یک درصد) و سهم آمریکای جنوبی ۱۱ درصد و در مجموع، سهم آن‌ها ۹۰ درصد است (۱۲) و جنس‌های کاج با ۲۰ درصد و اوکالیپتوس با ۱۰ درصد، بیشترین فراوانی را در بین درختان کاشته شده به‌خود اختصاص داده‌اند (۲۳).

یکی از روش‌های دقیق محاسبه زی توده جنگل و جنگل‌کاری‌ها، قطع کامل درختان و اندازه‌گیری زی توده

غلظت CO<sub>2</sub> موجود در اتمسفر و دیگر گازهای گلخانه‌ای (GHGs) را می‌توان با کاهش انتشار CO<sub>2</sub> به اتمسفر و یا با جذب آن از اتمسفر از طریق فتوسنتز و ترسیب آن در خشکی‌ها، اقیانوس‌ها و زیست‌بوم‌های آب‌شیرین کاهش داد (۸). زیرا ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی (جنگل‌ها، مراتع، توده‌های جنگل‌کاری شده) و خاک، ساده‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی، عملی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش غلظت دی-اکسیدکربن اتمسفری بوده و می‌تواند به متعادل کردن فرآیند گرم‌شدن زمین کمک کند (۳، ۲۶، ۴۱، ۴۵).  
سطح کل جنگل‌ها در جهان، ۴/۰۶ میلیارد هکتار است و بیش‌تر از نیمی از مساحت جنگل‌ها در پنج کشور فدراسیون

دلار مورد استفاده در این بررسی، ارزش آن حدود ۴ میلیون دلار محاسبه شد. نتایج پژوهش بردبار (۷) نشان داد که میزان کربن ذخیره شده در جنگل بلوط در منطقه کامفیروز فارس ۲۷/۸ تن در هکتار بوده که ۱۶ تن آن در خاک و ۱۱/۸ تن مربوط به اندام‌های مختلف درختان بلوط می‌باشد، که معادل ۱۰۲/۰۹ تن (۵۸/۹۵) تن در خاک و ۴۳/۱۴ تن در اندام‌های مختلف) دی‌اکسید کربن جذب شده به‌وسیله گونه بلوط در هر هکتار است. برآورد ارزش اقتصادی ذخیره کربن در این توده نشان داد که هر هکتار از جنگل بلوط، ذخیره کربن با ارزشی به‌میزان ۶۱۹۳/۹۴ دلار داشته که ارزش سالانه آن برابر ۱۵۴/۸۴ دلار است. حسینی و همکاران (۲۱)، گزارش کردند هر هکتار از جنگل‌های پارک کیاسر مازندران ۱۷/۶۱ تن گاز دی‌اکسید کربن هوا را جذب می‌کند. باده‌یان و همکاران (۴) در مطالعه خود با عنوان برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در دو توده جنگلی خالص و آمیخته راش در جنگل مطالعاتی خیرود نوشهر، ارزش کارکرد ترسیب کربن در هر هکتار توده خالص راش را ۹/۵ میلیون ریال در سال و توده آمیخته راش را ۸/۳ میلیون ریال در سال محاسبه کردند. خرم‌دل و همکاران (۲۴) اظهار کردند با توجه به پتانسیل بالای گونه‌های چندساله در بهبود ترسیب کربن خاک به‌نظر می‌رسد که افزایش درصد چوبی شدن گونه‌ها و تفاوت‌های فیزیولوژیکی باعث افزایش پتانسیل ترسیب کربن این گونه‌ها در مقایسه با گیاهان زراعی شده است. بنابراین، به‌منظور بهبود پتانسیل ترسیب کربن خاک در زیست بوم‌های زراعی پیشنهاد دادند کاشت گونه‌های چندساله در تناوب زراعی مدنظر قرار گیرد.

بررسی‌ها نشان داده که گسترش سیلاب بر عرصه آبخوان‌ها، گزینه‌ای مطلوب برای کاهش مشکلات ناشی از کم‌آبی، سیل و تولید علوفه و چوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۳۳، ۱۱). این روش برای دستیابی به اهدافی مشخص در مناطق مختلف ایران اجرا شده است. امروزه، پس از چند دهه تلاش علمی و اجرایی در کشور، شماری از سازمان‌های جهانی از جمله دانشگاه سازمان ملل، برنامه پیشرفت و توسعه ملل متحد، برنامه اسکان بشر سازمان ملل متحد، مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا)، سازمان علمی، آموزشی و فرهنگی ملل متحد (یونسکو) این برنامه را به‌عنوان یکی از راهکارهای مناسب برای مدیریت پایدار اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا، مورد تأیید قرار داده‌اند. از آنجا که هزینه‌های قابل‌توجهی برای احداث، نگهداری، توسعه و تجهیز این عرصه‌ها صرف شده و از سوی دیگر قرار است این راهکار، به‌عنوان الگو در مناطق دیگر جهان اجرا شود، بنابراین، با توجه به اهداف پیش‌بینی شده، ارزیابی کارایی پخش سیلاب از جنبه‌های مختلف به‌ویژه نقش آن در کاهش گازهای گلخانه‌ای و ایجاد بیابان متناسب بین کربن اتمسفر و بیوسفر و در نتیجه تعدیل روند گرم‌شدن جهانی امری ضروری است.

اجزای آن و تعیین کربن‌الی هر جزء در آزمایشگاه است (۵). برای ارزش‌گذاری و فرآیندهای اقتصادی و بوم‌شناختی، اندازه‌گیری زی‌توده درختی، شاخصی بسیار مهم به‌شمار می‌آید (۹)، زیرا تولید جنگل، ذخیره کربن و پویایی کربن (جریان کربن) بر مبنای اندازه‌گیری زی‌توده محاسبه شده و ذخیره کربن، شاخصی از تولید رویشگاه محسوب می‌شود (۱۰).

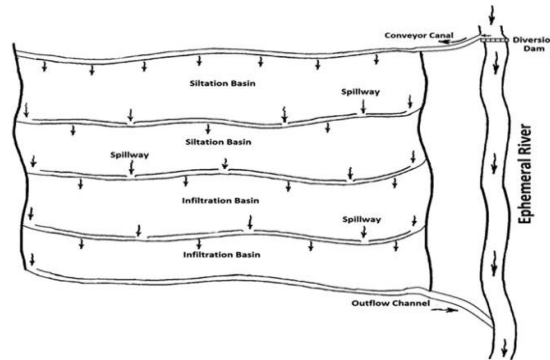
مورتنسن و شومن (۳۱) اظهار کردند که میزان ترسیب کربن به‌وسیله گونه‌های مختلف گیاهی با یکدیگر متفاوت است. نتایج یافته‌های گائو و همکاران (۱۶) و یانگ (۴۸) نشان‌دهنده بالاتر بودن پتانسیل ذخیره کربن در اندام‌های هوایی نسبت به اندام‌های زیرزمینی بود. وینجوم و شرودر (۴۶) بیش‌ترین پتانسیل ترسیب کربن در جنگل‌کاری‌های منطقه شمالی (boreal zone) را ۰/۹۶ تن در هکتار در سال گزارش کردند. سیلور و همکاران (۴۳) میزان ذخیره کربن در اندام‌های هوایی درختان در جنگل‌های دست‌کاشت مناطق حاره را در ۲۰ سال اول معادل ۶/۲ و در ۸۰ سال اول، معادل ۲/۹ تن در هکتار در سال ذکر کردند. روستا و همکاران (۴۰) گزارش کردند در اندام‌های هوایی توده جنگلی بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) به‌میزان ۱/۹۹ تن در هکتار کربن ذخیره شده است. پناهی و همکاران (۳۵) متوسط وزن زی‌توده، میزان ذخیره کربن و مقدار دی‌اکسید کربن جذب شده از هوا به‌وسیله برگ درختان بنه در باغ گیاهشناسی ملی را به‌ترتیب ۶۹/۴، ۲۶/۲ و ۹۶/۳ کیلوگرم برای هر درخت، اندازه‌گیری کردند. فتح‌الهی و همکاران (۱۴) مقدار کربن ذخیره شده در زی‌توده هوایی درختان افرا و ممزر را در جنگل دست‌کاشت به‌ترتیب ۳۵/۴۲ و ۱۹/۲۲ تن در هکتار و در جنگل طبیعی به‌ترتیب ۱۴/۶۸ و ۱۲۶/۸۱ تن در هکتار گزارش کردند. مقصودلونژاد و همکاران (۲۸) میزان ذخیره کربن در زی‌توده هوایی گونه ارس (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) را ۴/۴۲ تن در هکتار گزارش کردند و نشان دادند که بیش‌ترین میزان ذخیره کربن مربوط به تنه و کم‌ترین آن مربوط به برگ بود و ارزش اقتصادی کربن ذخیره شده به‌وسیله این گونه را معادل ۲۵ میلیون ریال در هکتار برآورد کردند. ایران‌منش و همکاران (۲۲)، میانگین وزن زی‌توده و ذخیره کربن اندام‌های هوایی هر درخت بلوط ایرانی را به‌ترتیب ۳۷۴/۱ و ۱۷۹/۹ کیلوگرم گزارش کردند. همچنین پژوهش انجام شده به‌وسیله میرجبی و همکاران (۲۹) نشان داد که میزان ذخیره کربن ذی‌توده هوایی درختان، در بوستان جنگلی چیتگر تهران، ۱۳/۲۴ تن در هکتار بود.

آریکاک و همکاران (۲) میزان ذخیره کربن در زی‌توده هوایی درختان کاج در استان کارس ترکیه را معادل ۲۸/۸ تن در هکتار برآورد کردند. براساس نتایج گزارش شده به‌وسیله مرادی (۳۰) در بررسی اقتصادی-زیست‌محیطی جنگل‌های زاگرس، میزان دی‌اکسید کربن جذب شده ۲۹۹۱۳۰ تن در سال و ۱/۱۱ تن در هکتار در سال تعیین گردیده است. با توجه به نرخ مالیات ۲۷۸۱۰۰ ریالی، ارزش دی‌اکسید کربن جذب شده معادل ۳۷/۶۴ میلیارد ریال برآورد شده و براساس متوسط نرخ

## مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی پخش سیلاب و آبخوان‌داری کوثر، در دشت گریایگان فسا انجام شد. پخش سیلاب، برای تغذیه آبخوان‌ها از سال ۱۳۶۱ در پهنه‌ای به وسعت ۲۵۰۰ هکتار در این دشت اجرا شده است. شکل ۱، نمایی از چگونگی پخش سیلاب را نشان می‌دهد. ایستگاه کوثر در ۵۰ کیلومتری جنوب‌شرقی فسا در موقعیت  $38^{\circ}$  عرض شمالی و  $53^{\circ}55'$  طول شرقی بر مخروط‌افکنه آبخیز ۱۹۲ کیلومتر مربعی بیشه‌زرد در

بخش شبیکوه و دهستان میان‌ده واقع شده است. شیب عمومی منطقه ۶ در هزار است که بین خط ارتفاعی ۱۱۴۰ تا ۱۱۶۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. براساس آمار ۲۳ ساله (۱۳۷۵ تا ۱۳۹۷)، شاخص‌های آب و هوایی منطقه‌ای که ایستگاه در آن واقع شده به شرح زیر است:  
میانگین بارش سالانه، ۲۱۹ میلی‌متر، دمای بیشینه، ۴۶ درجه سانتی‌گراد، دمای کمینه، ۸- درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای سالانه، ۲۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین تبخیر سالانه، ۲۵۴۸ میلی‌متر، متوسط تعداد روزهای یخبندان، ۲۷ روز در سال (۱۷).



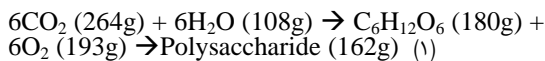
شکل ۱- نمایی از چگونگی پخش سیلاب در ایستگاه کوثر (۲۰)  
Figure 1. View of how the flood spreads in Kowsar Station (20)

## روش جمع‌آوری اطلاعات

با توجه به موجود بودن برخی اطلاعات مورد نیاز که از پژوهش‌های پیشین از جمله بردبار (۶) به دست آمده بود، نوارهای یک، دو و سه شبکه بیشه‌زرد چهار که با پخش سیلاب آبیاری می‌شوند و جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس بدون پخش سیلاب (شاهد) و جنگل دست‌کاشت آکاسیا که با پخش سیلاب آبیاری می‌شود، برای نمونه‌برداری از درختان در نظر گرفته شد. در این عرصه‌ها در سال ۱۳۶۳ درختان اوکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) و آکاسیا (*Acacia salicina* Lindl.) به تعداد ۹۰۰ اصله در هر هکتار کاشته شده است. با توجه به محدودیت قطع درختان، سه اصله درخت با سن ۳۲ سال از ابتدا، وسط و انتهای هر نوار جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس (جمعا نه درخت) و قطعه شاهد اوکالیپتوس (سه درخت) و همچنین از جنگل دست‌کاشت آکاسیا (سه درخت)، نشانه‌گذاری شد. هر درخت به‌عنوان یک بلوک در نظر گرفته شد. پس از کف‌برداری درختان نشانه‌گذاری شده، اقدام به جداسازی تنه، شاخه‌ها و برگ‌ها شد. علاوه‌براین، میزان لاشبرگ تولیدشده نیز با قرار دادن سه پلات یک متر مربعی در سایه‌انداز هر درخت، جمع‌آوری و توزین شد. سپس، با قرار دادن نمونه‌هایی به وزن ۱۰ گرم در کوره الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، درصد رطوبت آنها تعیین شد و وزن زی‌توده قسمت‌های مختلف و از مجموع آنها، وزن زی‌توده اندام‌هوایی هر درخت محاسبه شد. با توجه به داده‌های بردبار (۶) با در دست داشتن نسبت ریشه به اندام هوایی، وزن زی‌توده ریشه نیز محاسبه شد. با جمع ارقام مربوط به وزن

زی‌توده اندام هوایی و ریشه، وزن زی‌توده کل درخت تعیین شد. سپس، نمونه‌های خشک شده به‌وسیله آسیاب برقی پودر شدند و میزان کربن آلی موجود در نمونه‌ها شامل تنه، شاخه، برگ و لاشبرگ، به‌روش خاکستر کردن در کوره الکتریکی به‌مدت ۴ ساعت در دمای ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۳۷). میزان کل ذخیره کربن به‌وسیله هر درخت، از مجموع ذخیره کربن به‌وسیله تنه، شاخه، برگ و ریشه بدست آمد. با شمارش میدانی درختان اوکالیپتوس و آکاسیا و با توجه به مساحت زیرپوشش این درختان در قطعات مورد بررسی، مقدار ذخیره کربن در هر هکتار محاسبه شد. میزان کل ذخیره کربن در واحد سطح (هکتار) با اضافه کردن میزان ذخیره کربن ناشی از لاشبرگ، تعیین شد.

داده‌های به‌دست‌آمده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین، با استفاده از فرمول فتوسنتز و تنفس، براساس وزن کل ماده خشک تولیدی، میزان اکسیژن تولید شده به‌وسیله درختان نیز محاسبه شد (۱).



با توجه به این رابطه، برای تولید یک گرم ماده خشک،  $1/63$  گرم گاز دی‌اکسیدکربن جذب و  $1/19$  گرم گاز اکسیژن تولید (آزاد) می‌شود (۱).

ارزش اقتصادی-زیست‌محیطی کربن ذخیره شده براساس پیشنهاد ریورز (۳۸)، که میزان مالیات بر کربن را به‌ازای هر تن دی‌اکسیدکربن ۲۰۰ دلار اعلام کرده و هم‌اکنون نرخ

### نتایج و بحث

رسمی برابری هر دلار برابر با ۴۲۰۰۰ ریال است محاسبه شد. ارزش اقتصادی تولید اکسیژن نیز به‌ازای هر تن، ۴۰ دلار در نظر گرفته شد (۳۶).  
نتایج تجزیه واریانس وزن زی‌توده اندام‌های هوایی درختان اوکالیپتوس و آکاسیا و لاشبرگ آن‌ها در عرصه‌های پخش سیلاب در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس وزن زی‌توده اندام‌های مختلف درختان اوکالیپتوس و آکاسیا و لاشبرگ آن‌ها  
Table 1. Analysis of variance of dry weight of different organs of Eucalyptus and Acacia trees and their litters

| منبع تغییر   | درجه آزادی | تنه                    | شاخه                 | برگ                    | اندام‌هوایی             |
|--------------|------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| بلوک         | ۲          | ۳۸۵/۶۳ <sup>ns</sup>   | ۱۰/۷۷ <sup>ns</sup>  | ۴/۵۹ <sup>ns</sup>     | ۴۱۰/۵۱ <sup>ns</sup>    |
| تیمار        | ۴          | ۷۲۸۰/۹۹ <sup>***</sup> | ۸۵/۱۰ <sup>***</sup> | ۱۵۱۱/۰۶ <sup>***</sup> | ۱۰۹۰۰/۷۳ <sup>***</sup> |
| خطا          | ۸          | ۴۳۸/۷۳                 | ۴/۰۶                 | ۱/۷۸                   | ۴۳۷/۰۴                  |
| ضریب تغییرات | -          | ۱۵/۰۱                  | ۸/۹۷                 | ۹/۱۰                   | ۱۱/۷۸                   |

\*\* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس وزن زی‌توده اندام‌های مختلف درختان اوکالیپتوس و آکاسیا و لاشبرگ آن‌ها  
Continue of table 1. Analysis of variance of dry weight of different organs of Eucalyptus and Acacia trees and their litters

| منبع تغییر   | درجه آزادی | ریشه                  | زی‌توده کل              | لاشبرگ              |
|--------------|------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| بلوک         | ۲          | ۲۰/۶۸ <sup>ns</sup>   | ۱/۶۳ <sup>ns</sup>      | ۱/۸۲ <sup>ns</sup>  |
| تیمار        | ۴          | ۸۸۱/۵۹ <sup>***</sup> | ۱۷۹۰۳/۸۲ <sup>***</sup> | ۴۲/۵۱ <sup>**</sup> |
| خطا          | ۸          | ۱۸/۳۴                 | ۶۳۲/۰۴                  | ۱/۶۲                |
| ضریب تغییرات | -          | ۱۱/۱۹                 | ۱۱/۶۵                   | ۱۲/۸۳               |

\*\* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و غیر معنی‌دار

با توجه به جدول ۱ مشخص می‌شود که اثر تیمار بر وزن زی‌توده تنه، شاخه، برگ، اندام‌هوایی، ریشه، زی‌توده کل و لاشبرگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین وزن زی‌توده اندام‌های اوکالیپتوس و آکاسیا و لاشبرگ آن‌ها با آزمون توکی در سطح ۵ درصد در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن زی‌توده اندام‌های مختلف و لاشبرگ اوکالیپتوس و آکاسیا  
Table 2. Comparison of the average of dry weight of different organs and litters of Eucalyptus and Acacia

| کاربری                          | کیلوگرم در هر درخت |       |       |             |       |            | لاشبرگ |
|---------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------|-------|------------|--------|
|                                 | تنه                | شاخه  | برگ   | اندام هوایی | ریشه  | زی‌توده کل |        |
| اوکالیپتوس - نوار اول (سه درخت) | ۲۱۵/۷۹             | ۲۹/۷۰ | ۲۰/۸۶ | ۲۶۶/۳۴      | ۶۳/۰۴ | ۳۲۹/۳۸     | ۸/۹۱   |
| اوکالیپتوس - نوار دوم (سه درخت) | ۱۴۳/۳۶             | ۲۵/۸۵ | ۱۷/۰۸ | ۱۸۶/۲۶      | ۴۰/۵۳ | ۲۲۶/۷۹     | ۶/۶۵   |
| اوکالیپتوس - نوار سوم (سه درخت) | ۱۳۸/۴۰             | ۱۸/۸۷ | ۱۹/۵۴ | ۱۸۰/۸۱      | ۳۹/۳۴ | ۲۲۰/۱۵     | ۷/۳۲   |
| میانگین اوکالیپتوس              | ۱۶۵/۸۵             | ۲۴/۸۰ | ۱۹/۱۶ | ۲۱۱/۱۴      | ۴۷/۶۴ | ۲۵۸/۷۸     | ۷/۶۳   |
| اوکالیپتوس - شاهد               | ۹۲/۵۱              | ۱۴/۹۶ | ۶/۲۵  | ۱۱۳/۷۳      | ۲۴/۷۵ | ۱۳۸/۴۷     | ۱۶/۰۲  |
| آکاسیا (سه درخت)                | ۸۱/۲۱              | ۲۰/۶۲ | ۵/۰۴  | ۱۰۶/۸۷      | ۱۴/۲۱ | ۱۲۱/۰۸     | ۱۳/۰۶  |

\* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۳- تجزیه واریانس کربن در اندام‌های مختلف و لاشبرگ درختان اوکالیپتوس و آکاسیا  
Table 3. Analysis of carbon storage variance in different organs and litters of Eucalyptus and Acacia trees

| منبع تغییر   | درجه آزادی | تنه                    | شاخه                 | برگ                  | اندام‌هوایی            |
|--------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| بلوک         | ۲          | ۱۳۵/۲۶ <sup>ns</sup>   | ۴/۱۰ <sup>ns</sup>   | ۱/۵۳ <sup>ns</sup>   | ۱۰۵/۹۸ <sup>ns</sup>   |
| تیمار        | ۴          | ۲۴۳۲/۶۴ <sup>***</sup> | ۲۶/۲۴ <sup>***</sup> | ۴۶/۲۲ <sup>***</sup> | ۳۵۸۸/۰۲ <sup>***</sup> |
| خطا          | ۸          | ۱۳۶/۶۹                 | ۱/۴۷                 | ۰/۵۹                 | ۱۶۰/۶۵                 |
| ضریب تغییرات | -          | ۱۴/۷۷                  | ۹/۵۸                 | ۹/۶۹                 | ۱۲/۷۱                  |

\*\* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و غیر معنی‌دار



ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس ذخیره کربن در اندام‌های مختلف و لاشبرگ درختان اوکالیپتوس و آکاسیا  
Continue of table 3. Analysis of carbon storage variance in different organs and litters of Eucalyptus and Acacia trees

| منبع تغییر   | درجه آزادی | ریشه                  | زی توده کل             | لاشبرگ               |
|--------------|------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| بلوک         | ۲          | ۵/۱۷ <sup>HS</sup>    | ۱۵۸/۳۵ <sup>HS</sup>   | -/۵۹ <sup>HS</sup>   |
| تیمار        | ۴          | ۲۲۰/۴۲ <sup>***</sup> | ۵۵۶۴/۱۴ <sup>***</sup> | ۱۰/۸۴ <sup>***</sup> |
| خطا          | ۸          | ۴/۵۸                  | ۲۱۹/۳۴                 | ۰/۴۸                 |
| ضریب تغییرات | -          | ۱۱/۱۹                 | ۱۲/۴۶                  | ۱۳/۴۴                |

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و غیر معنی‌دار

تجزیه واریانس میزان ذخیره کربن در اندام‌های مختلف و لاشبرگ درختان اوکالیپتوس و آکاسیا در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۳ مشخص می‌شود که اثر تیمار بر میزان ذخیره کربن به‌وسیله تنه، شاخه، برگ، اندام‌هوایی، ریشه، زی توده کل و لاشبرگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. در جدول ۴، مقایسه میانگین ذخیره کربن در اندام‌های مختلف اوکالیپتوس و آکاسیا و لاشبرگ آن‌ها با آزمون توکی در سطح ۵ درصد نشان داده شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین ذخیره کربن در اندام‌های مختلف اوکالیپتوس و آکاسیا و لاشبرگ آن‌ها  
Table 4. Comparison of mean carbon storage in different organs of eucalyptus, Acacia and litter

| کاربری                          | تنه       | شاخه     | برگ     | اندام هوایی | ریشه   | زی توده کل | لاشبرگ  |
|---------------------------------|-----------|----------|---------|-------------|--------|------------|---------|
| اوکالیپتوس - نوار اول (سه درخت) | ۱۲۳/۲۰    | ۱۶/۶۶    | ۱۱/۴۹   | ۱۵۱/۳۵      | ۳۱/۵۲  | ۱۸۲/۸۶     | ۴/۷۰    |
| اوکالیپتوس - نوار دوم (سه درخت) | ±۱۰/۳۰a   | ±۲/۲۳a   | ±۰/۹۴a  | ±۱۰/۷۲a     | ±۲/۲۵a | ±۱۲/۹۷a    | ±۰/۲۵bc |
| اوکالیپتوس - نوار سوم (سه درخت) | ۸۱/۴۴     | ۱۴/۵۰    | ۹/۲۴    | ۱۰۵/۱۷      | ۲۰/۲۷  | ۱۲۵/۳۴     | ۳/۴۴    |
| اوکالیپتوس - نوار سوم (سه درخت) | ±۱۵/۲۵bc  | ±۰/۷۱ab  | ±۰/۴۹b  | ±۱۵/۹۱b     | ±۳/۰۰b | ±۱۸/۹۹b    | ±۰/۷۱c  |
| اوکالیپتوس - نوار سوم (سه درخت) | ۷۸/۴۵     | ۱۰/۹۴    | ۱۰/۵۹   | ۹۹/۹۷       | ۱۹/۶۷  | ۱۱۹/۶۵     | ۳/۸۵    |
| میانگین اوکالیپتوس              | ±۱۲۳/۶۵bc | ±۲/۱۸cd  | ±۱/۶۲ab | ±۱۶/۲۵b     | ±۲/۵۵b | ±۱۸/۸۰b    | ±۰/۷۰c  |
| اوکالیپتوس - شاهد               | ۹۴/۳۶     | ۱۴/۰۳    | ۱۰/۴۴   | ۱۱۸/۸۳      | ۲۳/۸۲  | ۱۴۲/۶۲     | ۴/۰۰    |
| آکاسیا (سه درخت)                | ±۴/۸۷ab   | ±۱/۰۹abc | ±۰/۶۱ab | ±۳/۷۲ab     | ±۰/۹۴b | ±۴/۶۵ab    | ±۰/۳۴c  |
| آکاسیا                          | ۵۲/۱۶     | ۸/۴۴     | ۳/۴۲    | ۶۴/۰۲       | ۱۲/۳۷  | ۷۶/۳۹      | ۸/۳۰    |
|                                 | ±۱۱/۶۱cd  | ±۰/۷۰d   | ±۰/۲۲c  | ±۱۱/۰۶c     | ±۲/۱۲c | ±۱۳/۱۷c    | ±۱/۱۰a  |
|                                 | ۴۵/۲۷     | ۱۱/۳۵    | ۲/۵۴    | ۵۹/۱۶       | ۷/۱۰   | ۶۶/۲۶      | ۶/۵۵    |
|                                 | ±۱۱/۵۱d   | ±۰/۲۲bcd | ±۰/۵۹c  | ±۱۱/۹۱c     | ±۱/۴۵c | ±۱۳/۳۵c    | ±۰/۷۶ab |

\* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۵، میزان اکسیژن تولید شده، کل ذخیره کربن و مقدار معادل دی‌اکسید کربن و ارزش زیست‌محیطی آن‌ها را در عرصه‌های دست‌کاشت اوکالیپتوس و آکاسیا را نشان می‌دهد.

جدول ۵- میزان اکسیژن تولید شده، کل ذخیره کربن و مقدار معادل دی‌اکسید کربن (تن در هکتار) و ارزش زیست‌محیطی آن‌ها (میلیون ریال)  
Table 5. The amount of produced oxygen, total carbon stock and carbon dioxide equivalent (t/ha) and their environmental value (million Rials)

| عرصه                | زی توده کل | مقدار اکسیژن تولید شده | ذخیره کربن در گیاه و لاشبرگ | معادل دی‌اکسید کربن | ارزش زیست‌محیطی کربن ذخیره شده | ارزش زیست‌محیطی اکسیژن تولید شده | کل ارزش زیست‌محیطی |
|---------------------|------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| اوکالیپتوس-نوار اول | ۳۳۶/۵۱     | ۲۸۱/۴۵                 | ۱۸۷/۵۶                      | ۶۸۸/۳۴              | ۵۷۸۱/۲۲                        | ۴۷۲/۸۴                           | ۶۲۵۴/۰۶            |
| اوکالیپتوس-نوار دوم | ۱۵۱/۶۵     | ۱۸۰/۴۶                 | ۱۲۸/۷۸                      | ۴۷۲/۶۲              | ۳۹۷۰/۰۰                        | ۳۰۳/۱۷                           | ۴۲۷۳/۱۷            |
| اوکالیپتوس-نوار سوم | ۵۴/۳۵      | ۶۴/۶۸                  | ۱۲۳/۵۰                      | ۴۵۳/۲۴              | ۳۸۰۷/۲۲                        | ۱۰۸/۶۶                           | ۳۹۱۵/۸۸            |
| میانگین اوکالیپتوس  | ۱۴۷/۵۰     | ۱۷۵/۵۳                 | ۱۴۶/۶۱                      | ۵۳۸/۰۷              | ۴۵۱۹/۴۸                        | ۲۹۴/۸۹                           | ۴۸۱۴/۳۷            |
| اوکالیپتوس-شاهد     | ۳۹/۶۷      | ۴۷/۲۱                  | ۷۶/۴۰                       | ۲۸۰/۳۹              | ۲۳۵۵/۲۸                        | ۷۹/۳۱                            | ۲۴۳۴/۵۹            |
| جنگل آکاسیا         | ۳۷/۲۸      | ۴۴/۳۶                  | ۷۲/۸۱                       | ۲۶۷/۲۱              | ۲۲۴۴/۵۶                        | ۷۴/۵۲                            | ۲۳۱۹/۰۸            |

با توجه به جدول ۲، مشخص می‌شود از نظر وزن زی توده تنه، بیش‌ترین مقدار، متعلق به درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول و میانگین سه نوار، از نظر وزن زی توده شاخه، بیش‌ترین مقدار متعلق به درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول، دوم و میانگین سه نوار، از نظر وزن زی توده برگ، بیش‌ترین مقدار را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول، دوم، سوم و میانگین سه نوار، به‌خود اختصاص داده‌اند. از نظر وزن زی توده کل اندام‌هوایی، بیش‌ترین مقدار را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول، دوم، سوم و میانگین سه نوار، به‌خود اختصاص داده‌اند. از نظر وزن زی توده

کردند. از نظر میزان ذخیره کربن در زی‌توده تنه، بیش‌ترین مقدار، متعلق به درختان اوکالیپتوس کاشته‌شده در نوار اول و میانگین سه نوار، از نظر میزان ذخیره کربن در زی‌توده شاخه، بیش‌ترین مقدار متعلق به درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول، دوم و میانگین سه نوار، از نظر میزان ذخیره کربن در زی‌توده برگ، بیش‌ترین مقدار را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول، دوم، سوم و میانگین سه نوار، به خود اختصاص داده‌اند. از نظر میزان ذخیره کربن در زی‌توده کل اندام هوایی، بیش‌ترین مقادیر را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول و میانگین سه نوار، به خود اختصاص داده‌اند.

از نظر میزان ذخیره کربن در زی‌توده ریشه، بیش‌ترین مقادیر مربوط به درختان اوکالیپتوس کاشته‌شده در نوار اول است. از نظر میزان ذخیره کربن در زی‌توده کل (اندام‌های هوایی+ریشه) بیش‌ترین مقادیر را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول و میانگین سه نوار، به خود اختصاص داده‌اند. کمترین میزان ذخیره کربن در زی‌توده تنه، شاخه، برگ، کل اندام‌هوایی، ریشه و زی‌توده کل (اندام‌های هوایی+ریشه) را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در قطعه شاهد (بدون پخش سیلاب) و درختان آکاسیا که میزان کمتری آب دریافت می‌کنند به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴).

در مقایسه با جنگل شاهد اوکالیپتوس، افزایش میزان ذخیره کربن در زی‌توده کل در نوارهای اول، دوم، سوم که با پخش سیلاب آبیاری می‌شوند و میانگین این سه نوار، به ترتیب ۱/۳۹ برابر، ۶۴/۰۸ درصد، ۵۶/۶۳ درصد و ۸۶/۷۰ درصد محاسبه شد. میانگین ذخیره کربن در زی‌توده کل درختان اوکالیپتوس که از طریق پخش سیلاب آبیاری می‌شوند در مقایسه با درختان آکاسیا در شرایط مشابه، ۱/۱۵ برابر بیش‌تر بود و این افزایش‌ها از نظر آماری با آزمون توکی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین ذخیره کربن در زی‌توده تنه، شاخه، برگ، کل اندام هوایی، ریشه و زی‌توده کل درختان اوکالیپتوس و آکاسیا نشان داد که میزان ذخیره کربن در همه این موارد (به‌جز شاخه) در درختان اوکالیپتوس به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بیش‌تر از آکاسیا بود. همچنین، مشخص شد میزان ذخیره کربن به‌وسیله اندام‌های هوایی درختان اوکالیپتوس و آکاسیا در مقایسه با اندام زیرزمینی یا ریشه‌های این درختان بیش‌تر است. ضمن این‌که، میزان ذخیره کربن به‌وسیله اندام‌های هوایی نیز با یکدیگر متفاوت است. به‌طوری‌که برگ‌ها کمترین میزان ذخیره کربن و تنه بیش‌ترین میزان ذخیره کربن را به‌خود اختصاص داده‌اند. وجود بافت خشی‌تر در تنه و همچنین وزن بالاتر آن در مقایسه با سایر اندام‌های گیاهی موجب افزایش پتانسیل ذخیره کربن در آن شده است.

میزان ذخیره کربن در زی‌توده لاشبرگ درختان اوکالیپتوس شاهد در مقایسه با میزان ذخیره کربن در زی‌توده لاشبرگ تولیدشده به‌وسیله درختان اوکالیپتوس موجود در نوارهای اول، دوم، سوم و میانگین آنها به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بیش‌تر بود، هر چند تفاوت معنی‌داری بین میزان ذخیره کربن در لاشبرگ درختان شاهد اوکالیپتوس و آکاسیا وجود نداشت و همچنین تفاوت میزان ذخیره کربن در

ریشه، بیش‌ترین مقادیر مربوط به درختان اوکالیپتوس کاشته شده در نوار اول، دوم، سوم و میانگین سه نوار است. از نظر وزن زی‌توده کل (اندام‌های هوایی+ریشه) بیش‌ترین مقادیر را درختان اوکالیپتوس کاشته‌شده در نوار اول، دوم، سوم و میانگین سه نوار، به‌خود اختصاص داده‌اند. کمترین وزن زی‌توده تنه، شاخه، برگ، کل اندام‌هوایی، ریشه و وزن زی‌توده کل (اندام‌های هوایی+ریشه) را درختان اوکالیپتوس کاشته شده در قطعه شاهد (بدون پخش‌سیلاب) و درختان آکاسیا که میزان کمتری آب دریافت می‌کنند به‌خود اختصاص داده‌اند.

در مقایسه با جنگل شاهد اوکالیپتوس، افزایش وزن زی‌توده کل در نوارهای اول، دوم، سوم که با پخش سیلاب آبیاری می‌شوند و میانگین این سه نوار، به‌ترتیب ۱/۲۸ برابر، ۶۳/۷۸ درصد، ۵۸/۹۹ درصد و ۸۶/۸۸ درصد محاسبه شد. میانگین وزن زی‌توده کل درختان اوکالیپتوس که از طریق پخش سیلاب آبیاری می‌شوند در مقایسه با درختان آکاسیا در شرایط مشابه، ۱/۱۴ برابر بیش‌تر بود. میزان زی‌توده لاشبرگ درختان اوکالیپتوس شاهد و درختان آکاسیا در مقایسه با لاشبرگ تولید شده به‌وسیله درختان اوکالیپتوس موجود در نوارهای اول، دوم، سوم و میانگین آن‌ها به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بیش‌تر بود (جدول ۴).

بر اساس فرمول فتوسنتز و تنفس، به‌ازای تولید هر گرم ماده خشک، ۱/۱۹ گرم اکسیژن آزاد می‌شود. بنابراین، می‌توان برآورد کرد که طی ۳۲ سال گذشته، نوار اول اوکالیپتوس ۲۸۱/۴۵ تن، نوار دوم ۱۸۰/۴۶ و نوار سوم ۶۴/۶۸ تن در هکتار و به‌طور میانگین، ۱۷۵/۵۳ تن در هکتار اکسیژن تولید کرده‌است. میزان تولید اکسیژن در جنگل شاهد اوکالیپتوس ۴۷/۲۱ و در جنگل آکاسیا ۴۴/۳۶ تن در هکتار محاسبه شد (جدول ۵). با در نظر گرفتن هزینه تولید هر تن اکسیژن در واحدهای صنعتی که راثو و مولر (۳۶) آن‌را معادل ۴۰ دلار (۱۶۸۰۰۰۰ ریال) گزارش کرده‌اند، ارزش اقتصادی میزان اکسیژن تولید شده در عرصه‌های دست‌کاشت اوکالیپتوس، به ترتیب ۴۷۲/۸۴، ۳۰۳/۱۷، ۱۰۸/۶۶، با میانگین ۲۹۴/۸۹ میلیون ریال محاسبه شد. ارزش ریالی میزان اکسیژن تولید شده در جنگل شاهد اوکالیپتوس و جنگل آکاسیا به‌ترتیب ۷۹/۳۱ و ۷۴/۵۲ میلیون ریال محاسبه شد. از طرف دیگر، با توجه به این‌که هر ۲/۵۰ تن اکسیژن می‌تواند نیاز سالانه ۱۰ نفر را تأمین کند، تاکنون هر هکتار از نوار اول جنگل اوکالیپتوس، اکسیژن لازم را برای ۱۱۲۶ نفر تأمین کرده است.

گائو (۱۵) در پژوهشی برای تعیین ارزش ذخیره کربن و تولید اکسیژن در جنگل‌ها در چین، با استفاده از روش هزینه جایگزین، مقدار اکسیژن تولید شده به‌وسیله جنگل‌های منطقه مورد بررسی را ۱۲۲۵۱۳ تن در سال برآورد نموده و ارزش اقتصادی آن را معادل ۵/۵۷۵ میلیون دلار در سال محاسبه کرد.

امیرنژاد و عطایی سلوط (۱) میزان تولید اکسیژن به‌وسیله جنگل‌های زاگرس را ۲۱۲۵۰۰۰ تن و ارزش اقتصادی تولید اکسیژن در این جنگل‌ها را معادل ۶۸ میلیارد ریال برآورد

ذخیره کربن، ۷۲/۸۱ و معادل دی‌اکسید کربن ذخیره‌شده، ۲۶۷/۲۱ تن در هکتار بود. ارزش اقتصادی-زیست‌محیطی این مقدار کربن ذخیره شده بر اساس پیشنهاد ریورز (۳۸)، که میزان مالیات بر کربن را به‌ازای هر تن دی‌اکسید کربن ۲۰۰ دلار اعلام کرده (۸۴۰۰۰۰۰ ریال)، به‌ترتیب معادل ۵/۷۸ و ۲/۲۴ میلیارد ریال در هکتار محاسبه شد. با توجه به ۳۲ سال پخش سیلاب در این عرصه‌ها، هر هکتار از عرصه جنگل اوکالیپتوس و آکاسیا به‌طور متوسط سالانه به‌ترتیب، ۲۱/۵۱ و ۸/۲۵ تن گاز دی‌اکسید کربن موجود در هوا را به‌صورت م‌اده آلی ذخیره کرده‌اند. از این نظر، جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس نقش بیش‌تری در کاهش آلودگی هوا ایفاء نموده است. ارزش زیست‌محیطی اکسیژن تولید شده در جنگل اوکالیپتوس و آکاسیا (به‌ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۴۷ میلیارد ریال و ۷۴/۵۲ میلیون ریال) نیز به ارزش زیست‌محیطی کاهش دی‌اکسید کربن اضافه‌شده و جمع ارزش کارکرد اقتصادی آن‌ها به‌ترتیب معادل ۶/۲۵ و ۲/۳۲ میلیارد ریال می‌گردد. بنابراین، توسعه جنگل‌کاری با اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب در مناطق مستعد و با شرایط مشابه منطقه مورد بررسی، دارای توجیه اقتصادی است.

نتایج این بررسی نشان داد از دو گونه درختی اوکالیپتوس و آکاسیای کاشته‌شده در عرصه‌های پخش سیلاب ایستگاه کوثر، گونه اوکالیپتوس سازگاری بهتری با شرایط منطقه، از خود نشان داده‌است. بنابراین، امکان رشد بیش‌تری داشته و در نتیجه توانایی تولید زی‌توده، ذخیره کربن، جذب دی‌اکسید کربن و تولید اکسیژن بیش‌تری داشته و درنهایت، ارزش اقتصادی زیست‌محیطی بالاتری ایجاد کرده است. با توجه به این موارد و با در نظر گرفتن سایر شرایط، در مناطق مناسب برای پخش سیلاب، می‌توان اصلاح و احیای اراضی خشک و نیمه‌خشک که دارای محتوای مواد آلی بسیار پایین (کمتر از حدود ۰/۱ درصد) است (۱۹،۳۲،۴۲) را با کاشت این گونه درختی دنبال کرد؛ زیرا این امر می‌تواند ضمن کمک به مدیریت حفاظت کمی و کیفی خاک، راهکاری مؤثر برای مواجهه با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم باشد و در نهایت، زمینه توسعه پایدار را فراهم می‌آورد.

#### تشکر و قدردانی

این اثر برگرفته از بخشی نتایج پروژه تحقیقاتی مستقل با عنوان "بررسی روند تغییرات میزان کربن آلی ذخیره شده در عرصه‌های پخش سیلاب ایستگاه کوثر" با شماره مصوب ۱۹۹۰۹۶۰-۰۰۸-۲۹-۵۰-۲ در پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری است. به‌همین دلیل، نویسندگان مقاله برخود لازم می‌دانند از حمایت‌های مادی و معنوی این پژوهشکده و همچنین، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس نهایت تشکر و قدردانی خود را اعلام نمایند.

لاشبرگ درختان اوکالیپتوس کاشته‌شده در نوار اول و درختان آکاسیا هم از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۴).

افزایش توان حفظ رطوبت خاک سبب ایجاد شرایط مساعد برای رشد گیاهی در خاک روبشگاه می‌شود. بنابراین، احتمالاً وضعیت رطوبتی خاک عامل مهم تعیین‌کننده میزان رشد گیاه و ذخیره کربن است (۴۴). از آن‌جا که بافت خاک عاملی مهم در ترسیب کربن است و بررسی‌های نادری و همکاران (۳۴) نقش ته‌نشینی مواد معلق سیلاب را در تغییر بافت خاک از شنی به شنی متوسط در گربایگان نشان داده است، افزایش توان نگهداری آب قابل استفاده خاک در این پدیده مؤثر بوده‌است. در اثر پخش سیلاب، محیط مناسبی برای رشد گیاهان ایجاد شده زیرا این محیط، حاوی عناصر غذایی بیش‌تری (از جمله اضافه‌شدن یون‌های نیترات و آمونیوم از طریق سیلاب ورودی) بوده و دارای ظرفیت نگهداری آب بیش‌تری می‌باشد که به تکثیر خودبخودی پوشش گیاهی موجود و گونه‌های مهاجم کمک می‌کند (۴۷،۲۵).

میزان لاشبرگ تولید شده که بیش‌تر شامل شاخ و برگ ریخته شده درختان دچار تنش خشکی است، این موضوع را تأیید می‌کند. به‌طوری‌که میانگین لاشبرگ تولید شده در عرصه‌های اوکالیپتوس که با سیلاب آبیاری می‌شوند، ۷/۶۳ تن در هکتار تعیین شد ولی در عرصه اوکالیپتوس بدون پخش سیلاب (شاهد)، این میزان به ۱۶/۰۲ تن در هکتار و در جنگل آکاسیا که مقدار کمتری سیلاب دریافت می‌کند به ۱۳/۰۶ تن در هکتار افزایش پیدا کرد و این افزایش‌ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

مادیرا و همکاران (۲۷) نشان دادند که میزان افزایش کربن موجود در توده اوکالیپتوس گلوبولوس با تیمارهای مختلف شامل آبیاری، آبیاری و کوددهی، شاهد پس از گذشت ۶ سال، به‌ترتیب ۵/۸۶، ۷/۸۶، ۷/۸۷، ۱۱/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع بود. آن‌ها چنین نتیجه‌گیری کردند که کمبود رطوبت، مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد است. نتایج این پژوهش با نتایج بردبار (۶)، روستا و همکاران (۴۰)، مقصودلونزاد و همکاران (۲۸)، مادیرا و همکاران (۲۷) و گائو و همکاران (۱۶) هماهنگی دارد.

از نظر شاخص میزان ذخیره کربن، در کاربری جنگل اوکالیپتوس (نوار اول)، بیشترین کربن به‌میزان ۱۸۷/۵۶ تن در هکتار به‌صورت بافت‌های زنده گیاهی شامل تنه، شاخه و برگ و به‌شکل لاشبرگ در سطح خاک ذخیره شده‌است (جدول ۵). با توجه به این‌که هر تن کربن معادل با ۳/۶۷ تن گاز دی‌اکسید کربن در نظر گرفته می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ۶۸۸/۳۴ تن گاز دی‌اکسید کربن موجود در هوا در اندام‌های مختلف گیاه و در لاشبرگ به‌صورت ماده آلی ذخیره شده است. در صورتی‌که در آکاسیا، میزان

## منابع

1. Amirnejad, H., K. Ataei Saluot. 2011. Economic valuation of environmental resources. Vol I, Avaye Masih Publication, Sari, Iran, 432 pp (In Persian).
2. Arickak, B., A. Bultat, A. Altunel and O. Sakici. 2015. Estimating aboveground carbon biomass using satellite image reflection values: A case study in camiazi forest directorate, Turkey. *Izvorni znanstveni članci-original scientific paper sšumarski list*, 7-8: 369-376.
3. Badeban, Z., Z. Mashayekhi, L. Zebardast and N. Mobrghee. 2014. Economic Valuation of Carbon Sequestration Function in the Mixed and Pure Beech Stands (Case study: Kheyrud Forests). *Environmental Researches*, 15(9): 147-156 (In Persian).
4. Badeian, Z. 2006. Relation between carbon stock and pH in the organic and mineral soil layers of a mixed forest of beech. A master thesis in faculty of natural forest, Tehran University, 69 pp (In Persian).
5. Basuki, T.M., P.E. Van Laake, A.K. Skidmore and Y.A. Hussin. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257: 1684-1694.
6. Bordbar S.K. 2005. Study of carbon storage potential in eucalyptus and acacia forests in western regions of Fars province, Ph.D. thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, 153 pp (In Persian).
7. Bordbar S.K. 2012. Estimation of carbon sequestration in Kamfirouz Oak shoots of Fars Province, Final report of research project, Agriculture Research, Education and Extension Organization. Iran, 47 pp (In Persian).
8. Bruce, J.P., M. Frome, E. Haites, H. Joanne, R. Lal and K. Fauston. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, First Quarter, 124-139.
9. Chambers, J.Q., J.S. Santos, R.J. Ribeiro, and N. Higuchi. 2001. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 152(1-3): 73-84.
10. Clark, D.A., S. Brown, D.W. Kicklighter, J.Q. Chambers, J.R. Tomlison, and J. Ni. 2001. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications* 11: 356-370.
11. Emani, J., A. Tavili, E. Bandak and M. Khosravi. 2010. Assessment the effects of flood spreading on the variation of rangelands vegetation cover (In Mayhem watershed in Ghorveh, Kurdistan), *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 17(2): 234-242 (In Persian).
12. FAO. 2000. [www.fao.org/3/yz316e/y2361eob.htm](http://www.fao.org/3/yz316e/y2361eob.htm)
13. FAO. 2020. [www.fao.org/state/ofotests/2020/ew](http://www.fao.org/state/ofotests/2020/ew)
14. Fathollahi, M., A. Fallah, S.M. Hodjati, S. Kalbi. 2013. Comparison of Carbon stock in plantation and natural forest of Maple and Hornbeam. *International Conference the 3rd Environmental Planning and Management ICEPM*. Nov. 26th, Tehran (In Persian).
15. Gao, Y.H., P. Lue, C.H. Wu and G.X. Wang. 2007. Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an Alpine Meadow on the Eastern Tibetan Plateau. *Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(6): 642-647.
16. Gao, Z., X. Xiao, Y. Gan, and Y. Zheng. 2001. Ecosystem functions, services and their values, a case study in Xingshan country of China. *Ecological Economics*, 38: 141-154.
17. Ghahari, G.R. 2019. Vegetation monitoring of Kowsar research aquifer management station, Annual report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 55 pp (In Persian).
18. Hagen-Thorn, A., I. Callesen, K. Armolaitis and B. Nihlgard. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in plantations of former agricultural land, *Forest Ecology and Management*, 195: 373-384.
19. Hajabbasi, M.A. and A. Hemmat. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 59: 205-212.
20. Hashemi, H. 2015. Climate Change and the Future of Water Management. In *Iran, Middle East Critique*, 24: 307-323.
21. Hosseini, S., H. Amirnejad and J. Oladi. 2017. The valuation of functions and services of forest ecosystem of KIASAR NATIONAL PARK. *Agricultural Economic*, 11(1): 211-239 (In Persian).
22. Iranmanesh, Y., Kh. Sagheb Talebi, H. Sohrabi, S.Gh. Jalali and S.M. Hosseini. 2014. Biomass and carbon Stocks of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in two vegetation forms in Lordegan, Chaharmahal & Bakhtiari Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4): 749-762 (In Persian).
23. John, N.O. and H.G. Lund. 2009. *Forest and Forest Plants*, Vol 1, Eolls Publishers Co. Oxford, United Kingdom, 413 pp.
24. Khorramdel, S., P. Rezvani Moghaddam and L. Jafari. 2016. Evaluating the potential of carbon sequestration for canola fields under Khorasan Razavi. *Journal of Crop Production*, 9(3): 22-43 (In Persian).

25. Kowsar, S.A. 1997. Aquifer management: A key to food security in the deserts of Iran. Proceeding of 8th International. Conference on Rainwater Catchment Systems, Tehran, Iran, 2: 990-996.
26. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*, 123: 1-22.
27. Madeira, M.V., A. Fabiao, J.S. Pereira, M.C. Araajo, and C. Ribeiro. 2002. Changes in carbon stocks in *Eucalyptus globules* Labill. Plantations induced by different water and nutrient availability, *Forest Ecology and Management*, 171: 75-85.
28. Maghsoudlou Nezhad, M., A. Bonyad and S. H. Shataee. 2020. Estimation stock and economic value of carbon storage of *Juniperus excelsain* Gorgan Chahar Bagh. *Forest and Wood Products*, 72(4): 301-311.
29. Mirrajabi, H., J. Oladi and A. Mataji. 2016. Estimating above Ground Carbon Storage in Urban Afforestation Using Satellite Data (Case Study: Chitgar Forest Park in Tehran). *Ecology of Iranian Forests*, 4(7): 35-42 (In Persian).
30. Moradi, M. 2008. Economic and environmental study Iran's Zagros forests (Case study: Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). Ph.D. Thesis of Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, 299 pp (In Persian).
31. Mortenson, M. and G. Schuman. 2002. Carbon sequestration in rangeland interseeded with yellow flowering alfalfa (*Medicago Sativa* Spp. Falcata) USDA Symposium on Natural Resource Management to Offset Greenhouse Gas Emission in University of Wyoming.
32. Mosaddeghi, M.R., M.A. Hajabbasi, A. Hemmat and M. Afyuni. 2000. Soil compatibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 55: 87-97.
33. Moslemi H., A. Abkar and S. Choopani. 2015. Evaluation studies on the effect of flood spreading on the development of water resources. *Rainwater Harvesting Systems*, 3(8): 73-91 (In Persian).
34. Naderi, A., S.A. Kowsar and A. Sarafraz. 2000. Reclamation of a sandy desert through floodwater spreading. I. sediment induced changes in selected soil chemical and physical properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2: 9-20.
35. Panahi, P., M. Pourhashemi and M. Hassani Nejad. 2011. Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran, *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 1-12.
36. Rao, P. and M. Muller. 2007. *Industrial Oxygen: Its Generation and Use*. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, 135 pp.
37. Rice, C.W. 2000. Soil organic C and N in rangeland soils under elevation CO<sub>2</sub> and land management. *Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements and Monitoring Conference* in Raleigh, North Carolina, October, 15-24 pp.
38. Rivers, N. 2014. The case for a carbon tax in Canada, Canada 2020. Article available at <http://canada2020.ca/canada-carbon-tax/>.
39. Ross, D.J., K.R. Tate, N.A. Scott, R.H. Wilde, N.J. Rodda and J.A. Townsend. 2002. Afforestation of pastures with *Pinus radiata* influences soil carbon and nitrogen pools and mineralisation and microbial properties. *Australian Journal of Soil Research*, 40: 1303-1318.
40. Rousta, T., A. Fallah and H. Amirnejad. 2013. Estimation of carbon storage for *Pistachio atlantica* Desf. (Case study: Firuzabad Pistachio and Amygdalus forest research, Fars province). *Iranian Journal of Forest*, 5(2): 131-139 (In Persian).
41. Schuman, G.E., H. Janzen and J.E. Herrick. 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands, *Environmental Pollution*, 116: 391-396.
42. Shirani, H., M.A. Hajabbasi, M. Afyuni and A. Hemmat. 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 68: 101-108.
43. Silver, W.L., R. Ostertag and A.E. Lugo. 2000. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands, *Restoration Ecology*, 8(4): 394-407.
44. Wang, Sh., X. Wang and Z.H. Ouyang. 2012. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the upstream watershed of Miyun Reservoir, North China. *Journal of Environmental Sciences*, 24(3): 387-395.
45. Whlliam, E. 2002. Carbon dioxide fluxes in a semi -arid environment with high carbonate soils. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 116: 91-10.
46. Winjum, J.K. and P.E. Schroeder. 1997. Forest plantations of the world: their extent, ecological attributes, and carbon storage. *Agricultural and Forest Meteorology*, 84(1-2): 153-167.
47. Yazdian, A.R. and S.A. Kowsar. 2003. The Agha Jari Formation: A potential source of ammonium and nitrate nitrogen fertilizers. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 5: 153-163.
48. Yong, Z.S. 2007. Soil Carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to alfalfa land in northwest china. *Soil and Tillage Research*, 92: 181-189.

## Economic Value and Contribution of Carbon Storage in Different Organs of Eucalyptus and Acacia in the Flood Spreading Fields of Kowsar Station

Mohammad Javad Rousta<sup>1</sup>, Maryam Enayati<sup>2</sup>, Seyed Masoud Soleimanpour<sup>3</sup> and Kourosh Kamali<sup>4</sup>

1- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran (Corresponding Author: m.roosta@areeo.ac.ir)

2- M.Sc., Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

3- Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

4- Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Received: February 23, 2020

Accepted: June 28, 2020

### Abstract

Carbon storage by natural forests, plantation forests, pastures and soils is the best way to reduce atmospheric carbon. This study was conducted in 2018 with the aim of evaluating the effect of spate irrigation on the biomass and carbon storage in various organs of *Eucalyptus camaldulensis* and *Acacia salicina* plantation at the Kowsar station located in Gare-Bygone Plain. After truncating the trees, trunk, branches and leaves were separated. In addition, the amount of litter produced under the trees was also collected and weighed. Afterwards, the dried samples were powdered by electric milling and the carbon content in the samples including trunk, branch, leaf and litter was measured by electro-ash method. Data were analyzed using randomized complete block design and the means were compared by Tukey test at  $P < 0.05$ . The results showed that leaves had the lowest amount of carbon storage and trunk had the highest amount of carbon storage. In eucalyptus stand (first strip), the highest carbon content of 187.56 t/ha was stored as living tissue including trunk, branch and leaf litter. Given that each ton of carbon equals 3.67 tons of carbon dioxide gas, it can be concluded that the amount of 688.34 tons of carbon dioxide gas in the air in different organs of the plant and in litter stored as organic matter. In acacia, however, the amount of carbon stored was 72.81 t/ha and the equivalent of stored carbon dioxide was 267.21 t/ha. The economic-environmental value of this amount of stored carbon was calculated to be \$137619.05 and \$5333.33 per hectare, respectively. With respect to 32 years of spreading water in these areas, each hectare of eucalyptus and acacia trees averages 21.51 and 8.35 tons of carbon dioxide gas have been stored as organic matter per year, respectively. In this respect, the eucalyptus plantation has played a greater role in reducing air pollution. The economic value of the oxygen produced in the forests of eucalyptus and acacia (\$11190.5 and \$1774.28, respectively) is also adds to the economic value of reducing carbon dioxide, and their economic performance value reach to \$148809.52 and \$55238.10, respectively. Therefore, the development of eucalyptus afforestation together with spate irrigation method in similar prone areas is more economically justified and recommended from a carbon storage perspective.

**Keywords:** Carbon storage, Climate change, Fars, Greenhouse gases, Kowsar Station



## "مقاله پژوهشی"

# ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه‌ها در حوزه بابلرود، مازندران

راحله اسلامی<sup>۱</sup>، محمدرضا آذرنوش<sup>۲</sup>، علی کیلاشکی<sup>۳</sup> و فرید کاظم‌نژاد<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران  
۲- استادیار، مکاتبات گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران  
(نویسنده مسؤل: mohammadreza.azamoosh200@gmail.com)

۳- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

۴- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱

صفحه: ۱۸۵ تا ۱۹۵

### چکیده

آتش‌سوزی جنگل به‌عنوان یک تهدید مهم برای امنیت زندگی بشری، زیرساخت‌ها و محیط‌زیست شناخته می‌شود. یکی از مهم‌ترین مراحل در جهت کاهش خطرات آتش‌سوزی جنگل، تعیین مناطق با احتمال وقوع آتش‌سوزی در جنگل است. انتخاب روش‌های مناسب برای مدل‌سازی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل بسیار مهم می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع در این مطالعه ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات کارشناسان مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در حوزه بابلرود در استان مازندران به‌عنوان منطقه مورد مطالعه تعیین شدند و سپس نتایج سه مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و K نزدیک‌ترین همسایه‌ها (KNN) در تعیین نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی متغیرهای دما، بارندگی و فاصله از مناطق مسکونی هستند. همچنین نتایج شبکه عصبی مصنوعی نسبت به دو مدل دیگر قابل اطمینان‌تر است. براساس نتایج حاصله حدود ۳۵ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل وقوع آتش‌سوزی طبقه خیلی زیاد و زیاد است.

واژه‌های کلیدی: حریق، مازندران، ناپارامتری، ANN، KNN

### مقدمه

پیچیده است و از الگوهای غیرخطی پیروی می‌کند؛ که باعث پیچیدگی و سختی پیش‌بینی آتش‌سوزی و تهیه مدل‌های دقیق پیش‌بینی می‌شود. انتخاب روش‌های مناسب برای مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل و تشخیص متغیرهای مناسب برای مدل‌سازی و تعیین ریسک وقوع آتش‌سوزی بسیار مهم می‌باشد (۳۴). متغیرهای مختلفی توسط محققین منابع طبیعی به‌عنوان متغیرهای مؤثر بر روی احتمال وقوع آتش‌سوزی معرفی شده‌اند. از جمله این متغیرها می‌توان به متغیرهای شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، شکل انحنای زمین، فاصله از جاده، کاربری اراضی، درجه حرارت، بارش، رطوبت هوا، فاصله از رودخانه، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و شاخص بارگیری دما اشاره کرد (۱۷، ۲۴). با توجه به نوع مدل‌های در نظر گرفته برای بررسی ریسک وقوع آتش‌سوزی و همچنین با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه و همچنین داده‌های در دسترس از همه این متغیرها و یا تعدادی از این متغیرها در مدل استفاده نمود.

از جمله مدل‌هایی که اخیراً برای بررسی ریسک وقوع آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌توان به رگرسیون (۲۶)، روش‌های وزنی (۱۶)، روش‌های داده‌کاوی جدید همانند منطق فازی (۲۶)، درخت تصمیم (۷) و شبکه عصبی مصنوعی (۳۰) اشاره کرد. همچنین در این بین سعی شده است مدل‌های رگرسیونی برای استفاده در مناطق مختلف پیشنهاد شود که یکی از مهم‌ترین این مدل‌ها، مدل Dong و همکاران (۸) در چین بود. در ایران نیز مطالعاتی در رابطه با تهیه نقشه ریسک وقوع آتش‌سوزی در جنگل در سال‌های اخیر صورت گرفته است که به‌صورت خلاصه به آن‌ها اشاره

آتش‌سوزی جنگل به‌عنوان یک تهدید مهم برای امنیت زندگی بشری، زیرساخت‌ها و محیط‌زیست شناخته می‌شود (۱۷). متأسفانه به‌علت تغییر اقلیم، افزایش دمای زمین، افزایش خشکسالی‌ها، تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های بشری انتظار می‌رود که آتش‌سوزی‌های جنگل در آینده نه تنها کاهش پیدا نکند بلکه حتی افزایش یابد (۱۲). علاوه بر عوامل اقلیمی ذکر شده عوامل دیگری همانند کاهش دوره بارش برف (۳۶) و هجوم آفات برگ‌خوار که سبب افزایش مواد سوختی جنگل می‌شوند (۱۸) و عوامل انسانی همانند آتش‌افروزی در جنگل و تفریح و تفرج در جنگل نیز باعث وقوع آتش‌سوزی در جنگل می‌شوند. بهار و تابستان فصول اصلی وقوع آتش‌سوزی جنگل هستند (۴). این پدیده ناخوشایند برنامه ریزان و سازمان‌های مسؤل را مجبور به مدیریت آتش‌سوزی‌ها و اتخاذ تدابیر و رویکردهای مناسب به‌کارگیری ابزار مناسب برای مقابله با این پدیده در جهت حفظ اکوسیستم‌های ارزشمند طبیعی می‌کند. در بین فعالیت‌های مختلفی که می‌تواند جهت کاهش ریسک و اثرات مخرب آتش‌سوزی به‌کار گرفته شوند دو مورد می‌توانند اهمیت بسیار زیادی داشته باشند: الف) ارزیابی پتانسیل آتش‌سوزی، پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی و شناسایی مناطقی با ریسک وقوع فراوان و ب) تصمیم‌گیری با توجه به میزان بودجه، سطح توسعه‌یافتگی و به‌کارگیری منابع و ابزار مناسب در دسترس برای متوقف کردن آتش (۹).

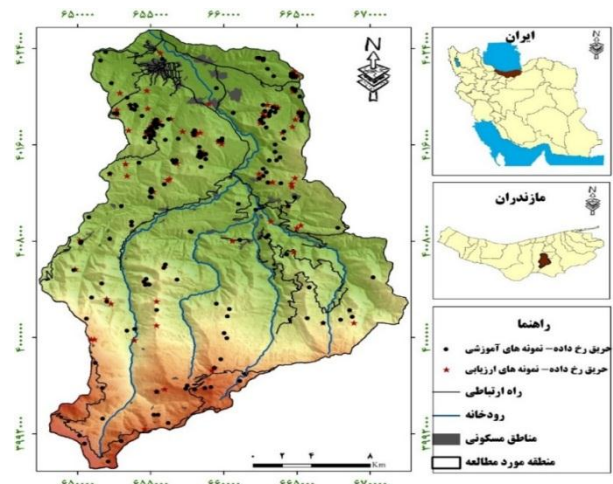
همان‌طور که محققان بسیاری اشاره کرده‌اند، فرایند طبیعی اشتعال و پراکندگی آتش‌سوزی‌های جنگل بسیار

جمله آتش‌سوزی (۵) و وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در منطقه مورد مطالعه (حوزه بابلرود در استان مازندران) از یک طرف و اهمیت سیاست‌های عملیاتی مقابله با حریق در این جنگل‌ها از طرف دیگر، لزوم انجام تحقیقی که مدل‌سازی گسترش آتش‌سوزی را با استفاده از روشی کارآمد و استفاده مستقیم از داده‌های محیطی واقعی انجام دهد، ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین هدف از انجام این تحقیق، مدل‌سازی احتمال وقوع آتش‌سوزی در جنگل و اعتبارسنجی آن است؛ به طوری که بتوان از این الگو به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی آتش‌سوزی، اطفاء حریق، کنترل بهتر آتش‌سوزی و اختصاص بهینه نیروها و امکانات در مکان‌های مناسب در هنگام حریق استفاده نمود.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق بخشی از جنگل‌های بخش مرکزی شهرستان سوادکوه شمالی در استان مازندران است. این منطقه که در حوزه آبخیز رودخانه بابلرود واقع شده است و دارای پوشش جنگلی می‌باشد، در مختصاتی بین  $40^{\circ} 42' 52''$  تا  $52^{\circ} 43' 51''$  درجه طول شرقی و  $36^{\circ} 44' 10''$  تا  $36^{\circ} 10' 03''$  عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). براساس آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه میانگین دمای متوسط سالیانه  $14/14$  درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه برابر با  $782$  میلی‌متر در سال است و براساس روش آمبرژه اقلیم منطقه از نوع نیمه مرطوب سرد می‌باشد. حداقل ارتفاع حوضه  $50$  متر در بخش شمالی آن و حداکثر آن  $3280$  متر در منتهی‌الیه جنوب‌غربی حوضه واقع شده است.

می‌شود. عابدی و ولی‌زاده (۱) در پژوهشی در جنگل‌های شهرستان نوشهر با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS به ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل پرداختند. ارزیابی نتایج به‌دست آمده با استفاده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که روش مورد استفاده با ضریب  $0/64$  از دقت خوبی در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل برخوردار می‌باشد. در مطالعه دیگری اسحاقی و شتایی (۱۰) در پارک ملی گلستان در استان گلستان به تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج نشان‌دهنده دقت این الگوریتم بود. عالی محمودی سراب و همکاران (۲) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایزد پرداختند. داده‌های آتش‌سوزی شامل سطح و تعداد آتش‌سوزی‌های به‌وقوع پیوسته بود. نتایج نشان داد که الگوریتم پرسپترون چند لایه در ایجاد ارتباط بین داده‌های آب و هوایی و وقوع آتش‌سوزی کارا بوده و شبکه‌ای با دو لایه مخفی و  $15$  نورون بهترین صحت را نشان می‌دهد. در نهایت با استفاده از داده‌هایی که برای ارزیابی شبکه در نظر گرفته شده بود، قدرت شبکه پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی تعیین شده و ضریب تعیین  $0/98$  برای آن به‌دست آمد. با توجه به پیشینه تحقیق در این مطالعه سعی شد به تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی با استفاده از سه مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، K نزدیک‌ترین همسایه (KNN) و مدل دانگ که اولاً به‌ندرت در مطالعات داخلی استفاده شده‌اند و دوماً می‌توانند نماینده روش‌های پارامتری (مدل دانگ) و ناپارامتری (ANN، KNN) در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل باشند که بتوان آن‌ها را با هم مقایسه کرد، پرداخته شود. با توجه به کمبود منابع جنگلی در ایران و روند رو به افزایش تخریب این منابع به‌دلایل متعدد از



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و حریق‌های رخ داده در منطقه شامل داده‌های استفاده شده برای آموزش مدل‌ها و داده‌های استفاده شده برای ارزیابی مدل‌ها

Figure 1. Location of the study area and fires that occurred in the area, including data used to train the models and data used to evaluate the models

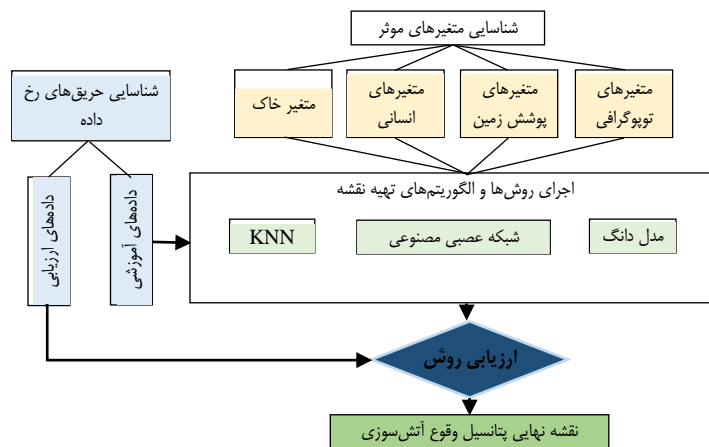
نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۲). شناسایی متغیرهای مؤثر بر آتش‌سوزی و همچنین میزان اهمیت آن‌ها با توجه به پیشینه تحقیق

اولین مرحله این مطالعه تهیه داده‌های لازم برای پیش‌بینی احتمال وقوع آتش‌سوزی بود. سپس مدل‌های مورد نظر اجرا شده و در نهایت با ارزیابی نتایج هر یک از مدل‌ها



مورد مطالعه و نیز نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، شبکه راه‌ها، شبکه هیدروگرافی که از اداره کل منابع طبیعی استان مازندران و مرکز مدیریت طرح جامع آب و خاک سد البرز تهیه شدند، استفاده شد. به‌منظور تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. در این مطالعه همچنین از داده‌ها و اطلاعات هواشناسی که از امور آب استان مازندران و اداره کل هواشناسی استان مازندران تهیه شدند استفاده شد. جهت تهیه نقشه حریق‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) از داده‌ها و گزارشات موجود در ادارات و محصولات آتش تصاویر ماهواره‌ای مودیس استفاده شد. پس از تهیه داده‌های لازم، داده‌های حریق به دو دسته تقسیم شدند و ۷۰ درصد کل داده‌ها برای آموزش مدل‌ها و ۳۰ درصد مابقی برای ارزیابی نتایج مدل‌ها به‌کار گرفته شدند.

(۶،۱۷،۲۴)، نظرات متخصصین امر و شرایط منطقه مورد مطالعه صورت می‌گیرد؛ برای این‌منظور از شاخص‌ها و لایه‌های مختلفی استفاده شد. بر این اساس پارامترهای اولیه توپوگرافی (شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، انحنای زمین)، خصوصیات ثانویه توپوگرافی (۱۶،۲۶،۲۹) (رطوبت توپوگرافی (TWI)، شاخص بارگیری گرما (HLI)، شاخص LS factor، ارتفاع جریان مؤثر هوا (EAFH)، اثر باد (WE)، میزان تابش خورشیدی (SR) و شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI)، عوامل اقلیمی (دما و بارش)، پوشش زمین (شاخص NDVI، نقشه تراکم جنگل و کاربری اراضی) و پارامترهای اقتصادی اجتماعی (فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه) و خاک به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند که نحوه تولید هر یک از این عوامل در ادامه ذکر شده است. در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از منطقه



شکل ۲- مراحل مختلف ارزیابی مدل‌های تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه  
Figure 2. Different stages of the assessing of models for preparing the probability of fire occurring in the study area

مربوط به منطقه استفاده شد. با توجه به انطباق جاده‌های موجود در تصاویر با لایه وکتوری جاده‌ها، از صحت هندسی تصاویر اطمینان حاصل شد و نیازی به تصحیح هندسی تصاویر نبود. پس از پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای، به تهیه نمونه‌های واقعیت زمینی از سطح منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. پس از تعریف طبقات و برداشت نمونه‌های واقعیت زمینی ۷۰ درصد از نمونه‌ها به‌عنوان نمونه آموزشی و ۳۰ درصد برای ارزیابی نتایج در نظر گرفته شدند. در نهایت برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد و نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با صحت کلی ۷۸/۶ درصد تهیه شد. از طرفی شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) یکی از مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی حاصل از نسبت‌گیری باندهای قرمز (RED) و مادون قرمز (NIR) تصاویر ماهواره‌ای است که به‌خوبی می‌تواند وضعیت پوشش گیاهی را در هر منطقه نشان دهد (رابطه ۱). در پژوهش‌های زیادی بیان شده است که شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده بهترین شاخص برای شناخت پوشش گیاهی است.

خصوصیات اولیه توپوگرافی به‌طور مستقیم از مدل رقومی ارتفاعی محاسبه و به‌دست می‌آیند. از سوی دیگر خصوصیات ثانویه و یا خصوصیات ترکیبی شامل مشخصه‌هایی هستند که مرکب از ویژگی‌های اولیه به‌همراه شاخص‌های فیزیکی یا تجربی می‌باشند که تغییرپذیری مکانی فرایندهای خاص در سیمای اراضی را تبیین می‌سازند (۲۲). برای تهیه نقشه‌های پارامترهای اقلیمی ذکر شده در ابتدا اطلاعات و آمار موجود از ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی واقع در منطقه مورد مطالعه و یا در اطراف منطقه مورد مطالعه از اداره کل هواشناسی استان مازندران و امور آب استان استفاده شد. بر این اساس ۴ ایستگاه در داخل منطقه مورد مطالعه و ۱۲ ایستگاه در اطراف منطقه مورد مطالعه شناسایی و آمار آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه نقشه‌های پارامترهای هواشناسی از روش درون‌یابی وزندهی فاصله معکوس (IDW) استفاده شد. در این مطالعه برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص NDVI از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۱ تیر ۱۳۹۷ استفاده شد. برای اطمینان از صحت تطابق هندسی تصاویر از لایه‌های وکتوری جاده

خطای موجود با تغییر در وزن‌های ارتباط‌دهنده نوروها تعدیل می‌شود. برای این کار از الگوریتم‌های مختلفی استفاده می‌شود (۲۳) این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود تا مقادیر وزن بهینه شده و میزان خطا به حداقل ممکن تعیین شده برسد (۱۹).

#### الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه (KNN)

الگوریتم k نزدیک‌ترین همسایه یک الگوریتم یادگیری با نظارت می‌باشد که نمونه‌ها را بر اساس شباهت و فاصله از نمونه‌های آموزشی طبقه‌بندی می‌کند. برای یک داده آزمایشی الگوریتم به دنبال K نمونه از نزدیک‌ترین نمونه‌ها می‌گردد (نمونه K مشابه). نزدیکی دو نمونه، با به دست آوردن تشابه و یا فاصله میان این دو نمونه محاسبه می‌شود. پس از یافتن این K داده مشابه با نمونه آزمایشی، رأی اکثریت تعیین‌کننده برچسب کلاس داده آزمایشی می‌باشد (۲۰). روش k نزدیک‌ترین همسایه بار محاسباتی زیادی دارد، زیرا زمان محاسباتی به صورت نمایی از تمام نقاط افزایش می‌یابد، ولی دقت بالایی دارد (۱۴). یکی از مهم‌ترین مراحل در این روش تعیین کلاس K پیکسل همسایه پیکسل مجهول است. در این مرحله از داده‌های تمرینی استفاده می‌شود و به همین خاطر روش KNN جزو روش‌های نظارت‌شده طبقه‌بندی است. برای یافتن پیکسل‌های همسایه از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که ساده‌ترین آن‌ها استفاده از پارامتر فاصله است (۱۵). معمول‌ترین نوع فاصله‌ها اقلیدسی، مربع اقلیدسی، مانهاتان و شیشیف می‌باشد.

در نهایت جهت ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از هر یک از روش‌های طبقه‌بندی، نقشه واقعیت زمینی که شامل داده‌های کنار گذاشته شده برای ارزیابی مدل‌ها بود (۳۰ درصد آتش‌سوزی‌های واقعی رخ داده) (شکل ۱)، با نقشه‌های حاصل از روش‌های مختلف طبقه‌بندی (طبقات احتمال وقوع خیلی زیاد و زیاد) مورد مقایسه قرار گرفت و پس از تولید ماتریس خطا صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند (۳۳).

#### نتایج و بحث

نتایج تهیه داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل نشان داد که متوسط ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۷۱۰ متر و متوسط شیب ۲۵ درصد در منطقه مورد مطالعه است. حداقل فاصله در منطقه مورد مطالعه ۲۵۰ متر از رودخانه است. نتایج تشریح داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه با مدل‌های مختلف در ادامه نشان داده شده است. نتایج تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی با استفاده از مدل دانگ (شکل ۳- الف) نشان داد که ۸/۸۵ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه پتانسیل وقوع آتش‌سوزی خیلی بالایی دارد و ۳۰/۲۰ درصد از سطح منطقه دارای پتانسیل زیادی برای وقوع آتش‌سوزی است (شکل ۵). نتایج حاصل از تهیه نقشه پتانسیل وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه با روش KNN (شکل ۳- ب) نشان داد که ۵/۴۶ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه که در واقع در نیمه شمالی حوزه و در اطراف مناطق متراکم جمعیتی و جاده‌ای با شیب کم قرار

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

نقشه‌های مختلف فاکتورهای انسانی شامل نقشه‌های فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آبراهه پس از تهیه نقشه‌های جاده، مناطق مسکونی و آبراهه‌ها که با استفاده از نقشه‌های موجود و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین شدند. سپس در نرم‌افزار ArcGIS هر یک از این نقشه‌ها در پنج طبقه فواصل ۰-۲۰۰، ۲۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۵۰۰-۱۰۰۰ و بیش از ۲۰۰۰ متر طبقه‌بندی شدند. این فواصل طبقه‌بندی براساس نظرات کارشناسان و همچنین بررسی پیشینه تحقیق تعیین شد.

پس از تهیه نقشه متغیرهای مستقل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه، به منظور تهیه نقشه پتانسیل وقوع آتش‌سوزی از روش‌های مختلفی استفاده شد. هر یک از این روش‌ها از الگوریتم خاصی برای برآورد احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه استفاده می‌کنند و در نتیجه می‌توانند نتایج مختلفی را حاصل آورند.

#### مدل دانگ

در این تحقیق پس از بررسی مدل‌های مختلف، مدل دانگ و همکاران به عنوان یکی از کاربردی‌ترین مدل‌ها برای تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی استفاده شد (رابطه ۲): زیرا مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی جنگل در آن لحاظ شده است. مدل یادشده عبارت است از:

$$\text{Rc} = 7(Vt + Vd) + 5(S+A+E) + 3(Dr + Df + Ds) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{Rc} = 7(Vt + Vd) + 5(S+A+E) + 3(Dr + Df + Ds)$$

که در آن Rc شاخص عددی پتانسیل آتش‌سوزی، Vt نوع پوشش گیاهی، Vd تراکم پوشش گیاهی، S شیب، A جهت، E ارتفاع از سطح دریا، Dr فاصله از جاده، Df فاصله از زمین‌های کشاورزی و Ds فاصله از مناطق مسکونی (روستا) است. ضمناً اعداد صحیح (ضرایب) نشان‌دهنده وزن هر فاکتور (وزن برون لایه‌ای) است.

#### شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

تابع یک شبکه عصبی به وسیله مدل نرون، ساختار شبکه و الگوریتم یادگیری، تعیین می‌شود (۳۶). شبکه عصبی مصنوعی با الهام از ساختار عصبی انسان شامل تعدادی از واحدهای متصل به هم (نورون) است که طبق الگوی خاصی با هم در ارتباط هستند. این نورون‌ها در سه دسته جای می‌گیرند: نورون‌های ورودی که اطلاعات مورد نیاز برای پردازش را تهیه می‌نمایند، نورون‌های خروجی که نتایج پردازش هستند و نورون‌های بینابینی که به نورون‌های مخفی مشهور هستند. یک شبکه عصبی بر سه عامل ورودی، ساختار شبکه و وزن ورودی‌ها استوار است. با توجه به اینکه دو عامل اول ثابت هستند رفتار شبکه براساس وزن‌ها تعریف می‌شود. در ساختار شبکه نمونه‌های آموزشی از طریق لایه ورودی وارد شبکه می‌شوند و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط‌دهنده نورون‌ها وارد لایه میانی می‌شوند. در لایه میانی یک الگوریتم بر روی ورودی‌ها اعمال شده و مقادیر محاسبه شده به لایه خروجی فرستاده می‌شوند. در این مرحله خروجی شبکه با مقادیر مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و مقدار

گرفته است، دارای پتانسیل خیلی زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است که با نقشه موقعیت روستاها متناسب نیست (شکل ۵). نتایج این مطالعه نشان داد که مدل ANN با تعداد نورون‌های پنهان ۲۲، نرخ یادگیری ۰/۲ و تکرار آموزش ۱۰۰۰ به کمترین مقدار RMSE رسیده است. مقادیر تکرار آموزش در مقابل مقدار RMSE از مدل پیشنهادی در شکل ۴-ب نشان داده شده است. در این شکل می‌توان مشاهده کرد که RMSE از تکرار ۱۸ تا تکرار ۸۰۰ شروع به کاهش کرده و در این بخش RMSE بدون تغییر است. براساس نتایج به‌دست آمده، در حدود ۷/۷۳ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه، خطر آتش‌سوزی بسیار زیادی دارد و ۲۷/۳۹ درصد از منطقه مورد مطالعه، خطر آتش‌سوزی زیادی دارد (شکل ۴-الف) (شکل ۵). در این مدل به‌ترتیب متغیرهای دما، بارش، فاصله از مناطق مسکونی و شاخص HLI مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه بودند.

جدول ۱- آمار توصیفی متغیرهای مستقل مورد استفاده جهت تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی

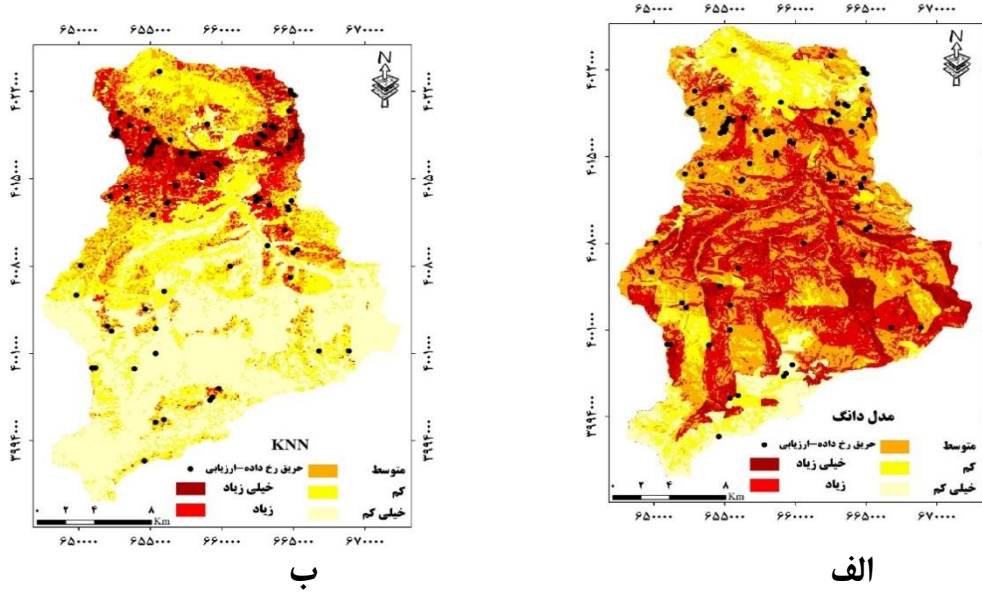
Table 1. Descriptive statistics of independent variables used for mapping the probability of fire occurring

| متغیر                      | میانگین     | اشتباه معیار     | بیشینه          | کمینه      |
|----------------------------|-------------|------------------|-----------------|------------|
| جهت دامنه                  | ۱۸۷/۱۱      | -۰/۵۳            | ۳۵۹/۶۵          | ۱/۱۳       |
| فاصله از رودخانه (متر)     | ۶۷۴۶/۹۷     | -۰/۷۵            | ۱۰۰۰۰           | ۲۵۰        |
| فاصله از راه (متر)         | ۸۵۹/۴۹      | -۰/۹۸            | ۱۸۰۰            | ۲۵         |
| فاصله از روستا (متر)       | ۱۳۹۰۲/۵۲    | -۰/۴۹            | ۲۲۰۰            | ۴۸         |
| شاخص ارتفاع جریان مؤثر هوا | ۳۱۸/۳۴      | -۰/۸۴            | ۱۷۰۴/۵۸         | ۶/۲۶       |
| ارتفاع از سطح دریا (متر)   | ۷۱۰/۲۱      | -۰/۸۰            | ۳۰۱۱/۴۰         | ۷۴/۸۱      |
| شاخص بارگیری گرما          | ۰/۸۲        | -۰/۱۵            | ۱/۱۰            | ۰/۴۱       |
| LS factor                  | ۲/۸۰        | -۰/۵۲            | ۳۹/۵۶           | ۰          |
| شاخص NDVI                  | ۰/۵۱        | -۰/۱۴            | ۰/۵۸            | ۰/۲۷       |
| انحنای افقی                | -۰/۳۰       | ۳/۶۰             | ۱۳/۹۹           | -۹/۴۳      |
| انحنای عمودی               | -۰/۳۵       | ۲/۳۱             | ۱۳/۳۵           | -۱۴/۴۲     |
| بارش (میلی‌متر)            | ۸۴۲/۷۸      | -۰/۱۳            | ۱۰۷۲/۹۹         | ۶۳۵/۷۷     |
| شیب (درصد)                 | ۲۵/۴۴       | -۰/۵۰            | ۸۴/۷۴           | ۱/۳۰       |
| شاخص میزان تابش خورشیدی    | ۰/۰۴        | ۲/۰۲             | ۴/۶۲            | ۰          |
| دما (درجه سانتی‌گراد)      | ۱۶/۱۶       | -۰/۱۰            | ۱۸/۴۳           | ۱۱/۷۱      |
| شاخص موقعیت توپوگرافی      | ۰/۳۵        | ۵/۵۸             | ۹۱-۱۱           | -۶۴/۳۹     |
| شاخص رطوبت توپوگرافی       | ۰/۱۶        | ۳/۱۸             | ۹/۳۸            | -۳/۱۲      |
| شاخص اثر باد               | ۱/۰۹        | -۰/۱۶            | ۱/۳۴            | ۰/۷۴       |
| تراکم جنگل                 | جنگل متراکم | تراکم متوسط      | بدون پوشش جنگلی | تراکم کم   |
| کاربری اراضی               | جنگل        | مرتع و زراعت دیم | کشاورزی         | دریاچه     |
| عمق خاک                    | عمیق        | -                | عمق کم          | عمق متوسط  |
| بافت خاک                   | سیلتی لومی  | لومی             | شنی لومی        | لومی سیلتی |

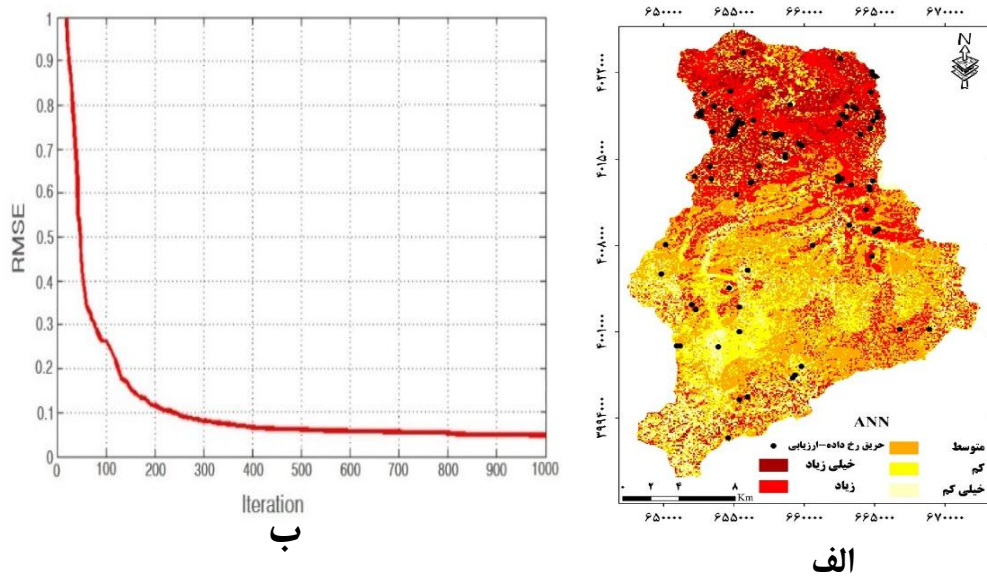
توجه به توزیع مکانی کلاسه‌های خطر آتش‌سوزی در نقشه‌های خطر آتش‌سوزی به‌دست آمده از روش‌های مختلف استفاده شد. نتایج آزمون ویلکاکسون نشان داد که بین همه نقشه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بنابراین نتایج هیچ‌کدام از روش‌ها مشابه هم نیست (pvalue برابر با ۰/۰۰ برای تمام جفت مقایسات). نتایج تحلیل همبستگی بین نقشه‌های احتمال وقوع آتش‌سوزی نشان داد که با وجود تفاوت معنی‌دار بین نقشه‌های حاصله اما همبستگی مکانی بین نتایج (جز بین نتایج مدل دانگ و ANN) وجود دارد. همبستگی بین نتایج ذکر شده با احتمال خطای ۰/۰۱ وجود دارد. بر این اساس بیشترین همبستگی مکانی بین نتایج روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه وجود دارد که حدود ۵۰ درصد مشابهت مکانی با هم دارند. (جدول ۲).

در مقایسه نتایج هر یک از روش‌های مورد استفاده در بررسی پتانسیل وقوع آتش‌سوزی جنگل در منطقه مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در اکثر روش‌ها مساحت طبقه ۱ که در واقع طبقه پتانسیل خیلی زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است کمتر از سایر طبقات است و معمولاً درصد مساحت طبقات پتانسیل متوسط، کم و خیلی کم در روش‌های مورد بررسی بیشتر از مساحت دو طبقه دیگر است. نتایج این مطالعه نشان داد که در مدل‌های دانگ و ANN مناطق بیشتری در معرض خطر آتش‌سوزی بسیار زیاد و زیاد هستند. در حالی که در روش KNN مساحت کلاس‌های حساسیت بسیار زیاد و زیاد کمتر از مدل‌های دیگر است (شکل ۵). در این مطالعه از آزمون ناپارمتری ویلکاکسون و آزمون همبستگی پیرسون برای مقایسه و کمی‌سازی تفاوت‌ها با

ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه‌ها در حوزه بابلرود ..... ۱۹۰



شکل ۳- نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی؛ الف- حاصل از مدل دانگ، ب- حاصل از الگوریتم KNN  
Figure 3. Fire occurring probability map; A- derived from Dong model, B- derived from KNN algorithm



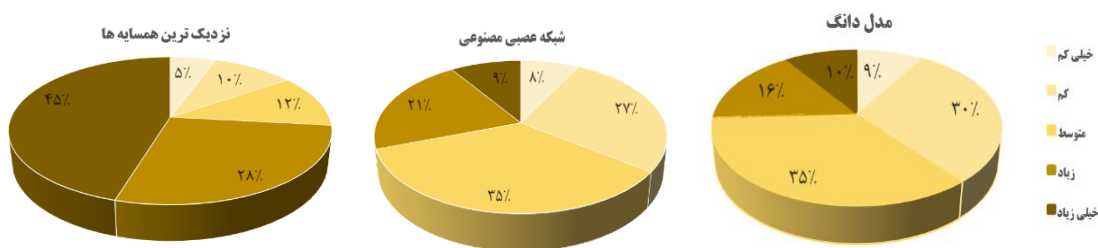
شکل ۴- نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی؛ الف- حاصل از الگوریتم ANN، ب- میزان خطای RMSE در برابر تکرار آموزش در الگوریتم ANN  
Figure 3. Fire occurring probability map; A- derived from ANN algorithm, B- RMSE error rate against repetition of training in ANN algorithm

جدول ۲- نتایج آزمون همبستگی پیرسون در روش‌های مختلف تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی

Table 2. Results of Pearson correlation test between the results of different fire occurring mapping methods

|     |               | KNN     | Dong     |
|-----|---------------|---------|----------|
| ANN | همبستگی       | ۰/۵۰۵** | -۰/۰۰۷   |
|     | سطح معنی‌داری | ۰/۰۰۰   | ۰/۱۲۲    |
| KNN | همبستگی       | ۱       | -۰/۰۲۴** |
|     | سطح معنی‌داری |         | ۰/۰۰۰    |

\*\* همبستگی با احتمال خطای ۱ درصد  
\* همبستگی با احتمال خطای ۵ درصد



شکل ۵- درصد مساحت طبقات مختلف پتانسیل وقوع آتش‌سوزی حاصل از روش‌های مختلف  
Figure 4. Area percentage of the different class of fire occurring potential maps derived from different methods

داد که نقشه حاصل از روش جنگل تصادفی با صحت کلی برابر با ۰/۷۴ و میزان کاپای برابر با ۰/۶۳ دارای بیشترین صحت در برآورد احتمال وقوع آتش‌سوزی است. بعد از این الگوریتم به ترتیب روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و K نزدیک‌ترین همسایه‌ها دارای بیشترین صحت در برآورد احتمال وقوع آتش‌سوزی هستند (جدول ۳).

به منظور بررسی صحت نتایج حاصله از محدوده‌های واقعی آتش‌سوزی که برای ارزیابی کنار گذاشته شده بودند استفاده شد و میزان تطابق آتش‌سوزی‌های واقعی با طبقات پتانسیل آتش‌سوزی خیلی زیاد و زیاد حاصل از روش‌های مختلف با استفاده از معیارهای ارزیابی صحت کلی و ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های احتمال وقوع آتش‌سوزی حاصل از روش‌های مختلف نشان

جدول ۳- ارزیابی صحت روش‌های مختلف تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی

Table 3. Assessing the accuracy of different fire occurring mapping methods

| روش                    | صحت کلی | ضریب کاپا |
|------------------------|---------|-----------|
| شبکه عصبی مصنوعی       | ۰/۷۴    | ۰/۶۰      |
| K نزدیک‌ترین همسایه‌ها | ۰/۶۵    | ۰/۵۶      |
| مدل دانگ               | ۰/۵۷    | ۰/۵۱      |

که پوشش گیاهی و پوشش کف زیادی در منطقه ایجاد شود، اما با رسیدن بهار و به خصوص از نیمه دوم اردیبهشت باران کم‌کم جای خود را به گرما می‌دهد. بارش شدید باران و سپس خشکسالی و گرما در منطقه مورد مطالعه به سبب پوشش گیاهی متراکم احتمال خطر آتش‌سوزی را به شدت افزایش می‌دهد و کمترین بی‌دقتی باعث آتش‌سوزی وسیعی در منطقه مورد مطالعه خواهد شد. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که متغیرهای دما و بارندگی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در همه مدل‌های مورد بررسی هستند. در مطالعات زیادی همانند مطالعه حاضر عوامل ذکر شده مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی جنگل بودند (۳، ۱۳، ۲۱، ۲۵).

در مطالعات قبلی مجموعه متغیرهای مؤثر بر آتش‌سوزی جنگل معمولاً شامل عوامل اقلیمی، انسانی، پوشش گیاهی و متغیرهای اولیه توپوگرافی بودند. مطالعات اخیر اهمیت متغیرهای ثانویه توپوگرافی را مورد بررسی قرار داده و از این متغیرها به صورت محدود استفاده کرده‌اند (۱۶، ۲۶، ۲۹). تفاوت مطالعه حاضر با مطالعات قبلی در استفاده و بررسی اهمیت این متغیرها در پیش‌بینی آتش‌سوزی است. نتایج نشان داد که متغیرهای HLI، تابش خورشیدی، TWI و اثر باد در همه مدل‌های مورد بررسی از اهمیت بالایی برخوردار هستند که نشان‌دهنده اهمیت این متغیرها در پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی است.

نتایج حاصل از روش دانگ نشان داد که نقشه پتانسیل آتش‌سوزی حاصل از این روش صحت متوسطی دارد (صحت برابر با ۰/۵۷) که نشان می‌دهد نسبت به سایر مدل‌ها صحت

یکی از مهم‌ترین بخش‌های این مطالعه جهت بررسی احتمال وقوع آتش‌سوزی، مطالعه متغیرهای مناسب برای مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی در حوزه بابلرود، مازندران است. برای این منظور در ابتدا مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی شناسایی شدند. همان‌طور که Randerson و همکاران (۲۷) اشاره کرده‌اند، درجه حرارت یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در بروز آتش‌سوزی است. درجه حرارت بالا تبخیر و تعرق را افزایش و رطوبت را کاهش می‌دهد و بنابراین احتمال وقوع آتش را افزایش می‌دهد (۳۲). بارش باران همچنین با تنظیم میزان رطوبت جو و رطوبت خاک احتمال بروز آتش‌سوزی را کاهش می‌دهد. در مطالعه حاضر مشخص شد که حداکثر پتانسیل وقوع حریق در مناطقی با درجه حرارت بالا و بارندگی کم به دلیل ایجاد شرایط زیست‌محیطی مناسب برای بروز حریق وجود دارد. در مناطقی که این خصوصیات را دارند، در صورت وجود سوخت لازم پتانسیل وقوع آتش‌سوزی زیاد است. نتایج مطالعات مختلف نشان داده است با توجه به این که اکثر آتش‌سوزی‌ها در فصل خشک سال اتفاق می‌افتند، مهم‌ترین عوامل ایجاد آتش‌سوزی میزان بارندگی و مقدار دما هستند که باعث کاهش رطوبت محیطی و دما می‌شود. به طوری که در مناطقی که بارندگی کمتری دارد و درجه حرارت نیز بالاتر است، احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است (۲۶، ۳۴). همچنین در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است که در فصل خشک تابستان دما حداکثر و بارندگی حداقل است و تقریباً همه آتش‌سوزی‌ها در این فصل رخ داده است. تجربه نشان داده است که در فصل بارندگی در منطقه مورد مطالعه میزان بارندگی زیاد است و باعث می‌شود

مطالعه Ngoc-Thach و همکاران (۲۴) مشاهده شد که بین مدل ANN با دو مدل دیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل حاصل از روش‌های مختلف با مجموعه داده‌های اعتبارسنجی آتش‌سوزی مقایسه شد. طبق نتایج به‌دست آمده ویژگی‌های مکانی این کلاس‌ها از نظر ضریب کاپا و صحت کلی، همه روش‌ها نقشه خطر آتش‌سوزی را با دقت قابل قبول تهیه کرده‌اند (صحت بالاتر از ۰/۵). با این حال، نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل حاصل از روش ANN دقیق‌تر از روش‌های دیگر است. شبکه عصبی مصنوعی با تقلید از شبکه عصبی انسان و با ویژگی‌هایی از قبیل تعیین اهمیت پارامترها و وابسته نبودن به نوع توزیع داده‌ها می‌تواند برآورد مناسبی در مسائل منابع طبیعی داشته باشد. در مطالعات Ngoc-Thach و همکاران (۲۴) و Sachdeva و همکاران (۲۸) در مقایسه بین مدل‌های مختلف بیان نمودند که شبکه عصبی مصنوعی بهترین برآورد وقوع آتش‌سوزی را دارد.

براساس نتایج حاصل از مدل ANN که بیشترین صحت را نسبت به روش‌های دیگر داشت، خطر وقوع آتش‌سوزی در بیش از ۳۵٪ از منطقه مورد مطالعه بسیار زیاد و زیاد است. براساس نتایج مشخص است که مناطقی که نزدیک روستاها و جاده‌هایی با پوشش جنگلی متراکم و جهت‌های جنوبی و غربی وجود دارد، مستعد آتش‌سوزی هستند. این مناطق اکثر در نواحی شمالی و مرکزی منطقه مورد مطالعه که پوشش جنگلی انبوه است و تراکم جمعیتی بیشتری وجود دارد و در عین حال ارتفاع از سطح دریا و متوسط شیب پایین است و همچنین متوسط درجه حرارت بالاتر و بارندگی کمتر از مناطق جنوبی و شمالی‌تر است واقع شده‌اند. در مناطق جنوبی حوزه که دارای ارتفاع از سطح دریای بیشتری هستند و پرشیب‌تر هستند و در عین حال تراکم جمعیت و جاده در آن کمتر است و پوشش جنگلی تنک و یا بصورت مرتعی است، احتمال وقوع آتش‌سوزی کمتر است.

#### نتیجه‌گیری

مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل در مقیاس منطقه‌ای یک مشکل پیچیده و غیرخطی است که ارزیابی و پیش‌بینی آن را دشوار نموده است. این مطالعه مدل‌های مختلف برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل را در یک مطالعه موردی از حوزه آبخیز بابلرود در استان مازندران در شمال کشور را مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج این مطالعه می‌تواند جهت مقابله با آتش‌سوزی‌های جنگل کمک می‌کند و همچنین می‌تواند در کاهش آسیب‌های ناشی از آتش‌سوزی جنگل به املاک و منابع طبیعی مؤثر باشد. در بین مدل‌های مورد بررسی مدل ANN نه تنها بالاترین عملکرد را در بین مدل‌های مورد بررسی داشت، بلکه تعادل بهتری را بین پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های مناطق جنگل و مکان‌های غیر جنگلی ارائه می‌دهد. این مدل می‌تواند با تغییرات در انتخاب پارامترهای ورودی و وزن مربوط به آن‌ها که باید با توجه به شرایط محیطی و منطقه‌ای در نظر گرفته شود، در مناطق دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد. نقشه خطر تهیه شده بر اساس این مدل می‌تواند توسط آتش‌نشانی، مسئولان منابع طبیعی و جنگلداری و مسئولان مدیریت بحران در تعیین مکان‌های

مناسبی ندارد. علت را می‌توان به این صورت بیان نمود که مدل مذکور برای جنگل‌های چین در مقیاس محلی تهیه شده است و با توجه به در نظر گرفتن تنها پارامترهای توپوگرافی اولیه، اقتصادی اجتماعی و پوشش گیاهی و صرف‌نظر از متغیرهای بسیار مهم اقلیمی که در کشوری مثل ایران با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک و خشک دارای اهمیت بسیار زیادی هستند نمی‌تواند برآورد دقیقی از احتمال وقوع آتش‌سوزی داشته باشد. اسکندری (۱۱) نیز گزارش کردند که بدون اصلاحات منطقه‌ای مدل دانگ نمی‌تواند در ایران به صورت دقیق به پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی بپردازد. براساس نتایج مدل دانگ بیش از ۳۹ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل وقوع خیلی زیاد و زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است.

در این مطالعه علاوه بر استفاده از مدل دانگ که به نوعی روش‌های پارامتریک محسوب می‌شود از روش‌های ناپارامتریک در حوزه داده‌کاوی یعنی روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و K نزدیک‌ترین همسایه‌ها نیز برای تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی استفاده شد. مزیت این روش‌های داده‌کاوی در این است که این روش‌ها وابسته به نوع توزیع داده‌های ورودی نیستند؛ بنابراین با توجه به اینکه اکثر داده‌های مربوط به طبیعت و منابع طبیعی و جنگل فاقد توزیع نرمال هستند به نظر می‌رسد روش‌های ناپارامتریک ذکر شده به نتایج بهتری ختم شوند. پس می‌توان گفت که روش‌های آماری پارامتری، در مواردی که روابط بین متغیرها به صورت غیرخطی باشند توانایی کشف الگوهای پیچیده و غیرخطی را ندارند؛ در حالی که روش‌های داده‌کاوی به علت خاصیت اکتشافی، بدون هیچ فرض اولیه‌ای شروع به مدل‌سازی رفتار داده‌ها می‌نمایند و به مرور زمان و با جلو رفتن الگوریتم، الگو پررنگ‌تر خواهد گردید. ساختار غیرخطی و مقاوم این مدل‌ها، توانایی شبیه‌سازی رفتار محیط‌های واقعی (نمونه عینی آن عرصه‌ها و محیط‌های طبیعی) را به روش‌های داده‌کاوی می‌دهد. همچنین مزیت برتر استفاده از روش‌های داده‌کاوی نسبت به روش‌های آماری در مطالعات منابع طبیعی آن است که روش‌های داده‌کاوی معمولاً نسبت به تنظیم پارامترها حساسیت کمتری نسبت به روش‌های آماری دارند و دارای ساختار انعطاف‌پذیرتری هستند (۳۱). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که به صورت کلی صحت نتایج حاصل از روش‌های ناپارامتری بیشتر از روش ناپارامتری به کار گرفته شده بود (جدول ۳).

مدل‌های مختلف براساس نوع الگوریتم داخلی مدل دارای مزایا و معایبی هستند که باعث ایجاد خطا در نتایج می‌شوند. در این مدل‌ها انواع داده‌های ورودی، مقیاس‌ها و شرایط محلی منطقه مورد بررسی ممکن است باعث بروز خطای پیش‌بینی شود؛ بنابراین مقایسه و استفاده از داده‌های مختلف و مدل‌های جدید باعث افزایش کارایی پیش‌بینی آتش‌سوزی و کاهش عدم قطعیت می‌شود. برای این منظور در ابتدا با استفاده از آزمون ویلکاکسون به بررسی تفاوت‌های بین نتایج این مدل‌ها پرداخته شد (۲۴). نتایج این آزمون نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نتایج کلیه مدل‌های مورد بررسی وجود دارد و بنابراین این نتایج با هم قابل مقایسه هستند در

بنابراین جنگل‌های منطقه مورد مطالعه همچنان در معرض آتش‌سوزی‌های آینده قرار دارند و بنابراین انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی لازم در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

احتمالی وقوع آتش‌سوزی و سایر مناطق مستعد خطر با توجه به شرایط محلی در رابطه با حوادث مربوط به آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج همه مدلهای مورد بررسی در این مطالعه، سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل بسیار زیاد و زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است.

## منابع

1. Abedi Gheshlaghi, H. and K. Valizadeh Kamran. 2017. Evaluation and zoning of forest fire risk using multi-criteria decision-making techniques and GIS. *Iranian Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(15): 49-66 (In Persian).
2. Aleemahmoodi Sarab, S., J. Fegghi, A. Jabarian and B. Amiri. 2013. Predicting the occurrence of natural fires in forests and ranges using artificial neural networks (Case study: Zagros region, Izeh county). *Iranian journal of Applied Ecology*, 1(2): 75-86 (In Persian).
3. Arndt, N., H. Vacik, V. Koch and A. Arpaci. 2013. Modeling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 6: 315-325.
4. Arpaci, A., B. Malowerschnig, O. Sass and H. Vacik. 2014. Using multi variate data mining techniques for estimating fire susceptibility of Tyrolean forests. *Applied Geography*, 53: 258-270.
5. Baheri, H., M. Ghodskhah Daryaei and H. Pourbabaei. 2017. Long-term effect of fire on woody species composition and their natural regeneration in Hyrcanian forests, (Case study: Lesakouti forest of Tonekabon, Mazandaran pProvince). *Iranian forests ecology journal*, 5(9): 37-46.
6. Bazgir, M., Z. Riahi, F. Valizadeh and M. Rostaminyd. 2020. Fire Impacts on soil physical and chemical properties of oak forest in Badreh region- Ilam province. *Iranian forests ecology journal*, 8(15): 81-92 (In Persian).
7. Camp, A., C. Oliver, P. Hessburg and R. Everett. 1997. Predicting late-successional fire refugia pre-dating European settlement in the Wenatchee Mountains, *For Ecol Manag*, 95(1): 63-77.
8. Dong, X.U., D. Li-min, S.H. Guo-fan, T. Lei and W. Hui. 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research*, 16(3): 169-174.
9. Ercanoglu, M., K.T. Weber, J. Langille and R. Neves. 2006. Modeling wildland fire susceptibility using fuzzy systems. *GISci. Remote. Sens*, 43(3): 268-282.
10. Eshaghi, M., S. Shataee joybari. 2016. Preparation map of forest fire risk using SVM, RF & MLP algorithms (Case study: Golestan national park, northeastern Iran). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 23(4): 1333-154.
11. Eskandari, S. 2015. Evaluation of forest fire risk potential using Dong model, case study: District Three of Neka-Zalemroud forests. *Geographical Planning of Space*, 5(15): 195-210 (In Persian).
12. Eskandari, S. and E. Chuvieco. 2015. Fire danger assessment in Iran based on geospatial information. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf*, 42: 57-64.
13. Eugenio, F.C., A.R. Dos Santos, N.C. Fiedler, G.A. Ribeiro, A.G. da Silva, A.B. Dos Santos, G.G. Paneto and V.R. Schettino. 2016. Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil. *Journal of environmental management*, 173: 65-71.
14. Fang, X. 2009. Are you becoming a diabetic? A data mining approach. *Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*; 2009 Aug 14-16; Tianjin, China: IEEE, 18-22.
15. Fatemi, S.B. and Y. Rezaei. 2006. *Fundamentals of remote sensing*, First edition, Azad university press, 257 pp (In Persian).
16. Hong, H., S. Naghibi, M. Dashtpaderdi, H. Pourghasemi and W. Chen. 2017. A comparative assessment between linear and quadratic discriminant analyses (LDA-QDA) with frequency ratio and weights-of-evidence models for forest fire susceptibility mapping in China. *Arab. J. Geosci*, 10: 167.
17. Hong, H., P. Tsangaratos, I. Ilija, J. Liu, A.X. Zhu and C. Xu. 2018. Applying genetic algorithms to set the optimal combination of forest fire related variables and model forest fire susceptibility based on data mining models. The case of Dayu County, China. *Science of the Total Environment*, 630: 1044-1056.
18. Jenkins, M.J., E. Hebertson, W. Page and C.A. Jorgensen. 2008. Bark beetles, fuels, fires and implications for forest management in the Intermountain West. *Forest Ecology and Management*, 254: 16-34.
19. Kotsiantis, S.B. 2007. Supervised machine learning: A review of classification techniques. *Informatica*, 31: 249-268.
20. Lal Dahti, J., M. Mohammadi and A. Padidaran Moghadam. 2018. A method for the diagnosis of metabolic syndrome based on KNN data mining algorithm: A case study in Shohada-ye Kargar hospital in Yazd, Iran. *Journal of Health and Biomedical Informatics*, 4(4): 291-304 (In Persian).
21. Massada, A., A.D. Syphard and S. Stewart. 2011. Wildfire ignition-distribution modelling: a comparative study in the Huron e Manistee National Forest. *International Journal of Wildland Fire*, 22(2): 174-183.

22. Moore, I.D., P. Gessler, G. Nielsen and G. Peterson. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 57: 443-452.
23. Neocleous, C. and C. Schizas. 2002. Artificial Neural Network Learning: A Comparative Review, *LNAI*, 2308: 300-313.
24. Ngoc-Thach, N., D.B.T. Ngo, P. Xuan-Canh, N. Hong-Thi, B.H. Thi, H. NhatDuc and T.B. Dieu. 2018. Spatial pattern assessment of tropical forest fire danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS-based advanced machine learning algorithms: A comparative study. *Ecological Informatics*. Article in press.
25. Oliveira, S., F. Oehler, J. San-Miguel-Ayanz, A. Camia and J.M.C. Pereira. 2012. Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. *For. Ecol. Manag.*, 275: 117-129.
26. Pourtaghi, Z.S., H.R. Pourghasemi, R. Aretano and T. Semeraro. 2016. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modelling using different data mining techniques. *Ecol. Indic.*, 64: 72-84.
27. Randerson, J.T., H. Liu, M.G. Flanner, S.D. Chambers, Y. Jin and P.G. Hess. 2006. The impact of boreal forest fire on climate warming. *Science*, 314(5802): 1130-1132.
28. Sachdeva, S., T. Bhatia and A.K. Verma. 2018. GIS-based evolutionary optimized Gradient Boosted Decision Trees for forest fire susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 92(3): 1399-1418.
29. Sahana, M. and T.A. Ganaie. 2017. GIS-based landscape vulnerability assessment to forest fire susceptibility of Rudraprayag district, Uttarakhand, India. *Environmental earth sciences*, 76(20): 676.
30. Satir, O., S. Berberoglu and C. Donmez. 2015. Mapping regional forest fire probability using artificial neural network model in a Mediterranean forest ecosystem. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 1-14.
31. Soleimanpour, S.M., S.H. Mesbah and B. Hadaiaati. 2018. Application of CART decision tree data mining technique in determining the most effective drinking water quality factors (Case study: Kazerun plain, Fars province). *Journal of Health and Environment*, 11(1): 1-14 (In Persian).
32. Stocks, B.J., M.A. Fosberg, M.B. Wotton, T.J. Lynham and K.C. Ryan. 2000. Climate change and forest fire activity in North American boreal forests. In *Fire, climate change, and carbon cycling in the boreal forest*. Springer, New York, 368-376.
33. Thach, N.N., D.B.T. Ngo, P. Xuan-Canh, N. Hong-Thi, B.H. Thi, H. Nhat-Duc and T.B. Dieu. 2018. Spatial pattern assessment of tropical forest fire danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS-based advanced machine learning algorithms: A comparative study. *Ecological Informatics*, 46: 74-85.
34. Tien Bui, D., Q.T. Bui, Q.P. Nguyen, B. Pradhan, H. Nampak and P. Trong Trinh. 2017. A hybrid artificial intelligence approach using GIS-based neural-fuzzy inference system and particle swarm optimization for forest fire susceptibility modeling at a tropical area. *Agric. For. Meteorol.*, 233: 32-44.
35. Wastl, C., C. Schunk, M. Leuchner, G.B. Pezzatti and A. Menzel. 2012. Recent climate change: long-term trends in meteorological forest fire danger in the Alps. *Agricultural and Forest Meteorology*, 162: 1-13.
36. Zhou, Z.H. 2012. In *Ensemble methods: foundations and algorithms*. New York, N.Y. Chapman and Hall/CRC Press, 236 pp.



## Assessing the Probability of Forest Fire Occurring using Dong Model, Artificial Neural Network and K Nearest Neighbors in Babolrood Basin, Mazandaran

**Raheleh Eslami<sup>1</sup>, Mohammadreza Azarnoosh<sup>2</sup>, Ali Kialashki<sup>3</sup> and Farid Kazemnejad<sup>2</sup>**

1- PhD Student, Department of Natural Resources Engineering, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran (Corresponding author: reslami2013@gmail.com)

2- Assistant professor, Department of Natural Resources Engineering, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran

3- Associate professor, Department of Natural Resources Engineering, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran

Received: 2 January, 2021      Accepted: 1 March, 2021

### Abstract

Forest fire is recognized as a significant threat to the safety of human life, infrastructure and the environment. One of the most important steps in reducing the risk of forest fires is determination of the areas with the high probability of forest fire occurrence. Choosing the appropriate methods for modelling of the forest fires is very important. Due to the importance of the issue in this study, first using library studies and expert advices, the most important variables affecting the occurrence of fire in Babolrood basin-Mazandaran province were determined and then the results of three models of dong, artificial neural network and K nearest neighbors were compared in determining the probability of fire occurrence. The results showed that the most important variables affecting the fire occurrence are temperature, rainfall and distance from residential areas. The results of artificial neural network are more reliable than the other two models. According to the results, about 35% of the study area has very high and high potential for forest fire.

**Keywords:** ANN, Fire, KNN, Non-parametric, Mazandaran



## "مقاله پژوهشی"

# برآورد تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره Landsat 8

ناصر میری<sup>۱</sup> و علی اصغر درویش‌صفت<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
۲- استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج (نویسنده مسوول: ardashir@ut.ac.ir)  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۵  
صفحه: ۱۹۶ تا ۲۰۶

### چکیده

تاج‌پوشش یک مشخصه مهم ساختار جنگل برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی در بوم‌شناسی، آب‌شناسی و مدیریت جنگل است. این مطالعه با هدف بررسی قابلیت داده‌های سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 در مدل‌سازی و برآورد تاج‌پوشش جنگل در بخشی از جنگل‌های زاگرس انجام شد. ابتدا کیفیت تصاویر از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتر بررسی شد. پردازش‌های مورد نیاز مانند شاخص‌های پوشش گیاهی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تبدیل تسلدکپ روی تصاویر منطقه مورد مطالعه انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری زمینی تاج‌پوشش با استفاده از روش عکس‌برداری نیم‌کروی، تعداد ۶۰ قطعه نمونه با ابعاد مربعی شکل  $45 \times 45$  متر برداشت شد. ارزش‌های طیفی متناظر در محل قطعات نمونه زمینی با استفاده از نقشه پلی‌گونی قطعات نمونه تهیه شده از تصاویر استخراج شدند. برای مدل‌سازی تاج‌پوشش جنگل از روش آماری رگرسیون خطی چندمتغیره به‌روش گام‌به‌گام استفاده شد و دقت مدل حاصل با استفاده از اعتبارسنجی متقابل به‌روش k-fold ارزیابی شد. نتایج حاصل از رگرسیون خطی چندمتغیره بین تاج‌پوشش با باندهای اصلی و محاسباتی سنجنده نشان داد که مدل حاصل از شاخص پوشش گیاهی SR و باند ۸ با ضریب تعیین  $0.662$  و درصد مجذور میانگین مربعات خطای  $15.24$  درصد بهترین مدل است. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از ماهواره Landsat 8 می‌توان تاج‌پوشش جنگل را با هزینه بسیار پایین در کمترین زمان برآورد کرد.

واژه‌های کلیدی: تاج‌پوشش جنگل، جنگل‌های زاگرس، سنجنده OLI، عکس‌برداری نیم‌کروی، رگرسیون خطی چندمتغیره

### مقدمه

برآورد و اندازه‌گیری‌های زمینی تاج‌پوشش جنگل‌های عمدتاً شاخه‌زاد زاگرس با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف بسیار زمان‌بر، پرهزینه و مشکل و در مناطق کوهستانی این جنگل‌ها عملاً غیرممکن است، از این‌رو در چند دهه اخیر استفاده از داده‌های سنجنش از دور چندطیفی و وسیع می‌تواند راه‌حلی سریع و کم‌هزینه برای برآورد تراکم تاج‌پوشش این جنگل‌ها باشد (۲۴). پژوهش‌های متعددی در رابطه با تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش در جنگل با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انجام شده، اما مطالعات کمی در ارتباط با مدل‌سازی تاج‌پوشش در جنگل‌های ایران به‌ویژه جنگل‌های زاگرس با تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است. پرما و شتایی (۲۷) با ارزیابی داده‌های سنجنده ETM+ در تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس، نشان دادند که نقشه حاصل از دو طبقه تراکمی دارای صحت کلی و ضریب کاپای بالاتری نسبت به چهار طبقه تراکمی است. حسینی و همکاران (۱۰) در مطالعه‌ای قابلیت داده‌های سنجنده LISS IV ماهواره IRS-P6 را برای تهیه نقشه انبوهی در جنگل‌های پسته مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از طبقه‌بندی نشان داد که برای سه و پنج طبقه انبوهی به‌ترتیب روش‌های فازی و حداکثر احتمال بالاترین میزان صحت کلی و ضریب کاپا را داشتند. شاهولی کوه‌شور و همکاران (۳۳) قابلیت داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره Landsat 7 را برای تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش جنگل در جنگل‌های مریوان با استفاده از مدل FCD<sup>۱</sup> بررسی کردند. نتایج طبقه‌بندی سه کلاس‌های

بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل‌های زاگرس، مساحت ۱۰ میلیون هکتاری این جنگل‌ها در گذشته را به ۵ میلیون هکتار کاهش داده است و این جنگل‌های با ارزش را از نظر زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی در معرض نابودی قرار داده است؛ بنابراین مدیریت آن‌ها برای جلوگیری از تخریب بیشتر نیازمند برنامه‌های اصولی و اطلاع از برخی مشخصه‌های مهم جنگل می‌باشد (۱۹). از آنجایی که پوشش جنگلی حوزه ریشی زاگرس اغلب شاخه‌زاد بوده و جزو جنگل‌های تجاری با قابلیت تولید چوب صنعتی محسوب نمی‌گردد (۱۱)، بنابراین برآورد و اندازه‌گیری حجم سرپا به‌عنوان یک عامل کاربرد چندانی ندارد و برای کنترل تغییرات، پایش و استراتژی مدیریتی مناسب در این جنگل‌ها از مشخصه تاج‌پوشش<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

تاج‌پوشش جنگل یک مشخصه مهم ساختار جنگل که نشان دهنده کیفیت، پایداری و زوال توده‌های جنگلی است. این مشخصه به‌طور مستقیم با چرخه آب، کربن، مواد غذایی (۴،۳،۱۸) و تغییرات انرژی در اکوسیستم‌های زمینی ارتباط دارد (۱۸). همچنین این مشخصه در مطالعات هیدرولوژی، تغییر جهانی (۴،۳) و اطلاع از میزان رقابت در توده جنگلی و تراکم و غنای گیاهی (۳۲،۳۵) و به‌عنوان واسطه در تبادلات توده‌ای، حرکتی و انرژی بین جو و جنگل (۳۴) کاربرد دارد. تاج‌پوشش جنگل در برآورد و محاسبه مشخصه‌های دیگر نظیر شاخص سطح برگ، حجم توده، ذخیره کربن و ترسیب کربن دارای اهمیت زیادی است (۳۱،۳۲).

1- Canopy Cover

2- Forest Canopy Density

نیم‌کروی و داده‌های ماهواره Sentinel-2 و Landsat 8 در جنگل‌های بورآل با استفاده از تحلیل آماری رگرسیون غیرخطی پرداختند. نتایج حاصل از مدل‌سازی با روش آماری مذکور نشان داد که باند لبه قرمز پوشش گیاهی (باند ۵) ماهواره Sentinel-2 ( $RMSE=0/142$ ) و باند سبز (باند ۳) ماهواره Landsat 8 ( $RMSE=0/141$ ) بهترین متغیرها در برآورد تاج‌پوشش جنگل هستند و دو ماهواره برآورد یکسانی از تراکم تاج‌پوشش جنگل ارائه دادند. اسرات و همکاران (۱) با استفاده از تفسیر بصری، تراکم تاج‌پوشش را با تصاویر ماهواره RapidEye، PlanetScope (با تفکیک مکانی کمتر از ۵ متر) و Sentinel-2 (با تفکیک مکانی ۱۰ متر) در جنگل‌های ایتوبی برآورد کردند. نتایج نشان داد که ماهواره‌های PlanetScope و RapidEye برآوردهای مشابهی از تاج‌پوشش ارائه می‌دهند، درحالی‌که برآورد مقدار تاج‌پوشش با ماهواره Sentinel-2، به شرایط جنگل بستگی دارد.

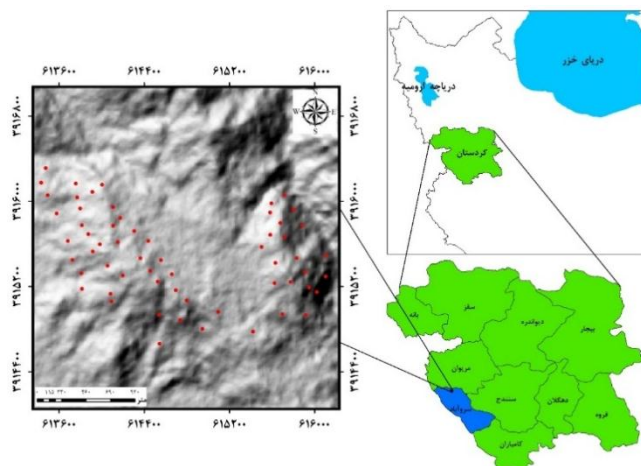
براساس نتایج پژوهش‌های ذکر شده داده‌های مختلف دورسنجی در رویشگاه‌های مختلف تا حدودی برآوردی مناسب از میزان تاج‌پوشش جنگل را ارائه داده‌اند. حال باتوجه به اهمیت این مشخصه در مدیریت جنگل‌های زاگرس ضروری است که این مدل‌سازی با داده‌های ماهواره‌ای برای اطمینان از قابلیت این رویکرد در این جنگل‌ها نیز انجام شود. لذا پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی برآورد تاج‌پوشش جنگل براساس داده‌های سنجنده OLI<sup>۶</sup> ماهواره Landsat 8 و داده‌های زمینی حاصل از عکس‌برداری نیم‌کروی در بخشی از جنگل‌های زاگرس انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در جنگلی با مساحت حدود ۴۶۴ هکتار انجام شد. این منطقه جنگلی در ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان سروآباد از توابع استان کردستان که در گستره جغرافیایی  $35^{\circ} 21' 57''$  تا  $35^{\circ} 23' 4''$  طول شرقی و  $48' 16''$  تا  $46' 16'' 51'$  عرض شمالی واقع شده، قرار دارد (شکل ۱). جهت غالب منطقه مورد مطالعه شرقی و غربی است و متوسط ارتفاع از سطح دریای آن ۱۳۴۴ متر است. گونه‌های درختی برودار (*Quercus brantii*)، مازودار (*Qurecus infectoria*) و زالزالک (*Crataegus spp.*) از گونه‌های غالب موجود در منطقه می‌باشند (شکل ۲).

بالاترین صحت کلی و ضریب کاپا را به‌ترتیب با میزان ۶۲ درصد و ۰/۳۹ نشان داد. گلشنی و همکاران (۸) در پژوهشی برای برآورد سطح تاج‌پوشش جنگل‌های شهری با داده‌های GeoEye-1 از دو الگوریتم BRT<sup>۱</sup> و RF<sup>۲</sup> استفاده کردند، نتایج نشان داد که این دو الگوریتم دارای قابلیت بالایی در محاسبه سطح تاج‌پوشش جنگل‌های شهری می‌باشند. میرزایی‌زاده و همکاران (۲۲) برای برآورد تاج‌پوشش جنگل در جنگل‌های زاگرس با استفاده از تصاویر Landsat 8، مدل FCD را که برای جنگل‌های حاره‌ای توسعه یافته به‌کار بردند. نقوی (۲۵) در مطالعه‌ای به برآورد سطح تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس با ماهواره Quickbird توسط الگوریتم‌های پارامتریک رگرسیون خطی چندمتغیره و ناپارامتریک جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان<sup>۳</sup> و k نزدیک‌ترین همسایه<sup>۴</sup> پرداخت. نتایج نشان داد که روش جنگل تصادفی برآورد مناسبی از سطح تاج‌پوشش ( $RMSE=17/82\%$ ) ارائه داد. وفایی و همکاران (۳۷) سنجنده TM ماهواره Landsat 5 را در برآورد تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از روش رگرسیون خطی چندمتغیره مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که این رویکرد برآورد متوسطی از تاج‌پوشش جنگل ارائه داده است ( $R^2=0/528$  و  $RMSE=16/47\%$ ). بررسی‌های انجام گرفته در خارج از ایران اهمیت مدل‌سازی و برآورد تراکم تاج‌پوشش جنگل را نمایان می‌سازند که در ادامه به تعدادی از این مطالعات پرداخته می‌شود. کاریراس و همکاران (۲) در پژوهشی برای برآورد تاج‌پوشش درختان در بخشی از جنگل‌های کشور پرتغال از داده‌های سنجنده TM ماهواره Landsat 5 استفاده کردند. نتایج نشان داد که معادله رگرسیونی چندمتغیره با میزان ضریب تبیین ۰/۷۴ بهترین معادله در برآورد تاج‌پوشش می‌باشد. کهریمان و همکاران (۱۲) نشان دادند که شاخص‌های پوشش گیاهی نسبت به باندهای اصلی داده‌های سنجنده TM در مدل‌سازی با رگرسیون چندمتغیره، پیش‌بینی بهتری از تاج‌پوشش جنگل در توده‌های جنگلی آمیخته ترکیه ارائه داده است. در مطالعه کورهان و همکاران (۱۴) برای برآورد تراکم تاج‌پوشش جنگل‌های استوایی از داده‌های ماهواره ای ALOS AVNIR-2 استفاده شد. نتایج نشان داد که تراکم تاج‌پوشش جنگل رابطه قوی با ویژگی‌های طیفی ماهواره ( $RMSE^5=12/8\%$  و  $R^2=0/82$ ) دارد. کورهان و همکاران (۱۵) در پژوهشی به مدل‌سازی تراکم تاج‌پوشش جنگل بین داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده با عکس‌برداری



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و قطعات نمونه برداشت شده در ایران، استان کردستان و شهرستان سروآباد  
Figure 1. Location of study area and plots in Iran, Kurdistan Province and Sarvabad



شکل ۲- نمای کلی از منطقه مورد مطالعه  
Figure 2. Overview of the study area

داده‌های مورد استفاده (شکل ۳) (Nikon Coolpix with 180° fish-eye lens) استفاده شد (۵،۲۸). برای این کار در سطح قطعه‌نمونه تعداد نه نقطه در فواصل ۱۰ متر از یکدیگر به روش نمونه‌برداری خوشه‌ای در دو جهت شمالی-جنوبی و شرقی-غربی ثبت شد (۱۶،۹،۲۸) (شکل ۴)؛ سپس عکس‌برداری با دوربین چشم ماهی که بر روی سه پایه‌ای با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین نصب شده و در هر نقطه قبل از طلوع آفتاب، بعد از غروب خورشید تا تاریکی مطلق و در هوای ابری به‌منظور کاهش اثر نور مستقیم بر عکس‌ها (۲۰،۲۶) انجام شد. در ادامه درصد باز بودن تاج‌پوشش درختان در عکس‌ها (شکل ۵) و در نهایت در سطح هر قطعه‌نمونه (پس از حذف سطح زمین به دلیل پایین بودن سطح سه پایه) با نرم‌افزار GLA<sup>۳</sup> محاسبه شد؛ در نهایت درصد تاج‌پوشش قطعه‌نمونه ۴۵×۴۵ متری محاسبه شد.

### داده‌های مورد استفاده

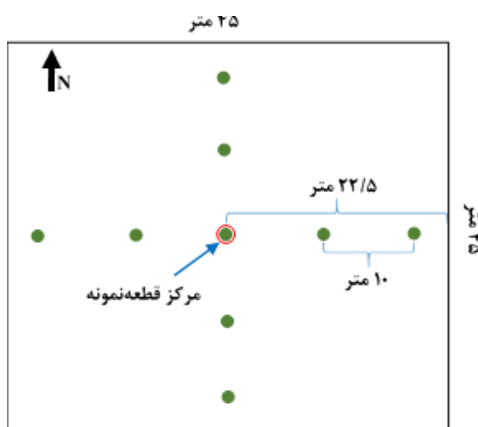
در این پژوهش داده‌های سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 به شماره گذر ۱۶۸ و ردیف ۳۵ مربوط به تاریخ ۸ شهریور ۱۳۹۳ در سطح تصحیحات L1T و دو برگ نقشه دو بعدی (2D) با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای کنترل هندسه تصاویر مورد استفاده قرار گرفت.

### روش پژوهش

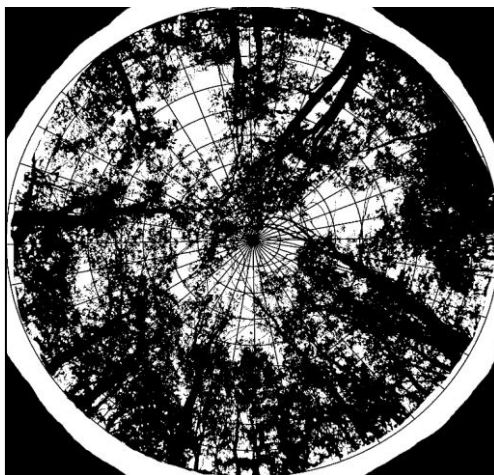
به‌منظور مدل‌سازی تاج‌پوشش جنگل با داده‌های سنجنده OLI، تعداد ۶۰ قطعه‌نمونه مربعی شکل به ابعاد ۴۵×۴۵ متر به روش نمونه‌برداری انتخابی (۲۳،۳۰) در شهریور ۱۳۹۳ به‌ترتیبی پیاده و برداشت شدند که در برگ‌برنده تراکم‌های مختلفی از تاج‌پوشش باشند. در هر قطعه‌نمونه برای اندازه‌گیری میزان درصد تاج‌پوشش از عکس‌برداری نیم‌کروی و به‌کارگیری دوربین مجهز به عدسی چشم‌ماهی



شکل ۳- دوربین مجهز به عدسی چشم‌ماهی (Nikon Coolpix with 180° fish-eye lens)  
Figure 3. Fish-eye lens (Nikon Coolpix with 180° fish-eye lens)



شکل ۴- نمای گرافیکی موقعیت نقاط عکس‌برداری در سطح هر قطعه نمونه  
Figure 4. Graphical view of the location photography points in plot



شکل ۵- عکس نیم‌کروی پردازش شده در استفاده از نرم‌افزار GLA  
Figure 5. Proceed hemispherical photograph using GLA software

جاده‌ها مربوط به نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و همچنین برای اطمینان از عدم وجود خطای رادیومتری مانند پیکسل‌های دوبله از نمایش تصویر بر روی رایانه استفاده شد. بررسی هندسه و کیفیت رادیومتری تصاویر نشان از تأیید در

#### بررسی هندسه و کیفیت تصاویر

به‌منظور اطمینان از کیفیت تصاویر دریافت شده نیاز بود پیش از به‌کارگیری این داده‌ها در تجزیه و تحلیل، وجود خطاهای هندسی و رادیومتری مورد بررسی قرار گیرد. برای بررسی وضعیت هندسه تصاویر از نقشه‌های رقومی آبراهه‌ها و

پارامتریک رگرسیون چندمتغیره به روش گام به گام<sup>۱۳</sup> استفاده شد و مناسب‌ترین مدل براساس ضریب تعیین ( $R^2$ ) و ضریب تعیین تعدیل شده ( $R^2_{adj}$ ) انتخاب شد و در مرحله بعد مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. دقت مدل انتخاب شده با استفاده از اعتبارسنجی متقابل به روش k-fold مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش تعداد کل قطعه‌های نمونه به k بخش تقسیم و عمل مدل‌سازی و آزمون طی k تکرار انجام می‌شود که در این پژوهش میزان k، ۵ در نظر گرفته شد. در نهایت آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و RMSE% (رابطه ۱) (رابطه‌های ۱ و ۲) و معیار اطلاعاتی آکائیکه<sup>۱۴</sup> (AIC) (رابطه ۳) برای اطمینان و اعتبار پیش‌بینی‌ها محاسبه شدند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{CC}_i - CC_i)^2}{n}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$RMSE(\%) = \frac{RMSE}{\bar{CC}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$AIC = n \ln \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{CC}_i - CC_i)^2}{n} \right] + 2K \quad (\text{رابطه ۳})$$

در رابطه‌های مذکور n: تعداد قطعات نمونه،  $\hat{CC}_i$ : میزان تاج‌پوشش برآورد شده،  $CC_i$ : میزان تاج‌پوشش واقعی،  $\bar{CC}$ : میانگین میزان تاج‌پوشش واقعی و K: تعداد متغیرهای ورودی مدل می‌باشند. کلیه تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار R انجام شد.

### نتایج و بحث

در جدول ۱ خلاصه‌ای از آماره‌های توصیفی اندازه‌گیری زمینی تاج‌پوشش جنگل با استفاده از عکس برداری نیم‌کروی حاصل از دوربین چشم‌ماهی ارائه شده است. هیستوگرام کلاسه‌های تراکمی تاج‌پوشش نشان می‌دهد که با توجه به تراکم پوشش گیاهی متوسط منطقه مورد مطالعه، از تعداد ۶۰ قطعه نمونه بیشتر قطعات نمونه در طبقه تراکمی نیمه‌انبوه (۲۶-۵۰ درصد) قرار دارند (شکل ۶).

درستی هندسه و کیفیت مطلوب تصاویر ماهواره Landsat 8 دارد.

### پردازش‌های داده‌های ماهواره‌ای

با توجه به هدف مطالعه برای استخراج هر چه کامل‌تر اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای، پردازش‌هایی بر روی باندهای تصاویر مورد استفاده انجام شد. پردازش‌های انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای شامل محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی ( $MSAVI^4$ ,  $SAVI^1$ ,  $NDVI^2$ ,  $SR^3$ ),  $TSAVI^6$ ,  $PVI^7$ ,  $DVI^8$  و  $WDVI^9$ ) (۲۵،۲۱)، تجزیه مؤلفه‌های اصلی<sup>۱۰</sup> و تبدیل تسلدکپ<sup>۱۱</sup> بودند. تعدادی از شاخص‌های فوق، شاخص‌های خط خاک هستند که در آن‌ها سعی می‌شود که اثر منفی بازتاب خاک زمینه در این چنین مناطق با پوشش گیاهی غیر متراکم حذف و یا کاهش یابد. برای ساخت معادله خط خاک تعداد ۱۵ نقطه که خاک لخت و فاقد پوشش گیاهی بودند، تعیین و به صورت یک نقشه تهیه شد. سپس بازتاب در محل این نقاط در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک استخراج و رابطه رگرسیون خطی ساده بین آنها محاسبه و بعنوان مشخصه‌های خط خاک (شیب و ضریب ثابت) در فرمول شاخص‌های پوشش گیاهی خط خاک قرار داده شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای مدل‌سازی برآورد تاج‌پوشش، ارزش‌های متناظر متغیرهای طیفی در محل قطعات نمونه با استفاده از نقشه رستری قطعات نمونه زمینی استخراج شدند. پس از استخراج ارزش‌های طیفی متغیرها، ابتدا نرمال بودن آن‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۱۱</sup> (۳۶،۲) مورد بررسی قرار گرفت. بررسی همبستگی بین تراکم تاج‌پوشش در قطعات نمونه زمینی با ارزش‌های طیفی متناظر در باندهای اصلی و محاسباتی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام شد. همچنین برای بررسی عدم هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل ورودی در تحلیل از عامل تورم واریانس<sup>۱۲</sup> (VIF) استفاده شد که میزان قابل قبول این شاخص برای عدم هم‌خطی و مناسب بودن مدل، باید کمتر از ۱۰ باشد. در این پژوهش برای مدل‌سازی تراکم تاج‌پوشش جنگل از تحلیل آماری

جدول ۱- آماره‌های توصیفی اندازه‌گیری زمینی تاج‌پوشش جنگل (درصد)

| Table 1. Descriptive statistics of measure aboveground forest canopy cover (%) |                |              |             |
|--|----------------|--------------|-------------|
| انحراف معیار (Std.Deviation)   | میانگین (Mean) | بیشینه (Max) | کمینه (Min) |
| ۱۱/۶۸  | ۴۴/۱۶          | ۶۶/۱۳        | ۱۰          |

1- Simple Ratio

4- Modified Soil Adjusted Vegetation Index

7- Difference Vegetation Index

10- Tasseled Cap Component

13- Stepwise

2- Normalized Difference Vegetation Index

5- Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index

8- Weighted Difference Vegetation Index

11- Shapiro-Wilk

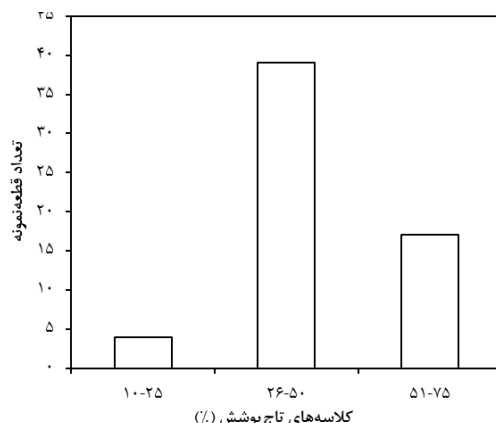
14- Akaike Information Criterion (AIC)

3- Soil Adjusted Vegetation Index

6- Perpendicular Vegetation Index 1

9- Principal Component Analysis (PCA)

12- Variance Inflation Factor



شکل ۶- نمودار تعداد قطعات نمونه در کلاس‌های مختلف تراکمی  
Figure 6. Graph of the number of plots in density different classes

انتظار، منفی و پایین بودن میزان همبستگی (۰/۴۰۶-) باند مادون قرمز نزدیک ماهواره با تاج پوشش جنگل است که این همبستگی منفی نشان از کاهش بازتاب طول موج در باند مادون قرمز نزدیک با ازدیاد میزان تاج پوشش دارد (جدول ۲). مرور منابع نشان می‌دهد که در اکثر مقالات مثبت و یا منفی بودن همبستگی بیان نشده است و چه بسا که منفی بوده ولی به دلیل خارج از انتظار بودن بیان نشده است، هر چند مطالعه کهریمان و همکاران (۱۲) در زمینه بسته بودن تاج، مرادی و همکاران (۲۳) و لو (۱۷) در زمینه برآورد زی توده روی زمینی، خرمی و همکاران (۱۳) در زمینه برآورد حجم سرپای جنگل و فتح‌الهی (۷) در زمینه برآورد ذخیره کربن روی زمینی تأییدی بر نتیجه پژوهش حاضر می‌باشد، اما دلیل این وضعیت را می‌توان با ریزگردهای ورودی از کشور عراق و تجمع آن بر روی شاخ و برگ درختان منطقه در زمان تحقیق توجیه کرد. این مطلب باید به‌طور مستقل مورد تحقیق قرار گیرد.

نتایج نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. تحلیل همبستگی پیرسون بین تراکم تاج پوشش و ارزش‌های طیفی متناظر نشان داد که تاج پوشش جنگل با کلیه متغیرهای طیفی باندهای اصلی و محاسباتی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. تاج پوشش بالاترین میزان همبستگی را با شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و SR به مقدار ۰/۷۹۱ دارد که این همبستگی مثبت است؛ یعنی با افزایش میزان تراکم تاج پوشش در قطعه نمونه، میزان بازتاب در شاخص‌های مذکور افزایش می‌یابد. نتیجه حاصل با مطالعات کاریراس و همکاران (۲)، پیرسون (۲۹) و یو و همکاران (۳۸) همسو است. همبستگی کمتر شاخص‌های خط خاک مورد استفاده در تحقیق با مشخصه تاج پوشش جنگل در مقایسه با شاخص‌های NDVI و SR را می‌توان به تراکم متوسط جنگل مورد مطالعه و بالا بودن پوشش علفی کف خشک شده جنگل در زمان پژوهش نسبت داد. از نکات جالب توجه و خلاف

جدول ۲- همبستگی پیرسون بین تاج پوشش جنگل و متغیرهای طیفی

Table 2. Pearson correlations between forest canopy cover and spectral variables

| r        | باندهای اصلی و محاسباتی    | ضریب همبستگی (r) | باندهای اصلی و محاسباتی |
|----------|----------------------------|------------------|-------------------------|
| ۰/۷۹۱**  | SR                         | -۰/۷۵۵**         | B2                      |
| ۰/۷۶۱**  | SAVI                       | -۰/۷۴۳**         | B3                      |
| -۰/۷۵۵** | TSAVII                     | -۰/۷۵۴**         | B4                      |
| ۰/۷۳۳**  | MSAVII                     | -۰/۴۰۶**         | B5                      |
| ۰/۷۴۷**  | PVII                       | -۰/۶۹۶**         | B6                      |
| ۰/۷۴۷**  | DVI                        | -۰/۷۲۸**         | B7                      |
| ۰/۴۷۸**  | WDVI                       | -۰/۷۴۸**         | B8                      |
| -۰/۷۱**  | PCA <sub>1</sub> (2-7)     | ۰/۷۴۲**          | Greenness               |
| -۰/۷۲۷** | PCA <sub>1</sub> (2-4,6,7) | ۰/۷۹۱**          | NDVI                    |

\*\* معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد، B2-B8: باندهای اصلی ۲ تا ۸، Greenness: باند سبزیگی تسلدکپ، PCA<sub>1</sub>: مؤلفه اول تجزیه مؤلفه‌های اصلی

حاصل از SR و DVI پیش‌بینی بهتری از تاج پوشش جنگل دارند (R<sup>2</sup>=۰/۶۷۴). همچنین در پژوهش نقوی (۲۵) شاخص پوشش گیاهی SR به‌عنوان متغیر مناسب مدل رگرسیونی چندمتغیره در برآورد سطح تاج پوشش جنگل شناخته شد. مطالعه فاتحی و همکاران (۶) توانایی تحلیل رگرسیونی چندمتغیره به‌روش گام‌به‌گام را در زمینه مدل سازی تاج پوشش جنگل (R<sup>2</sup>=۰/۸۱) تأیید کردند

نتایج تحلیل رگرسیونی خطی چندمتغیره به‌روش گام‌به‌گام بین اندازه‌گیری زمینی تراکم تاج پوشش با متغیرهای طیفی باندهای اصلی و محاسباتی نشان داد که در مدل نهایی ارائه شده از بین تمام متغیرهای مورد استفاده، مجموعه شاخص پوشش گیاهی SR و باند ۸ معنی‌دار بوده و با مقادیر ضریب تعیین (R<sup>2</sup>) ۰/۶۶۲ و ضریب تعیین تعدیل شده (R<sup>2</sup><sub>adj</sub>) ۰/۶۵۱ به‌عنوان مناسب‌ترین مدل شناخته شد (جدول ۳). کهریمان و همکاران (۱۲) دریافتند که مدل رگرسیونی

جدول ۳- نتایج مدل‌سازی تاج‌پوشش جنگل با استفاده از رگرسیون چندمتغیره خطی به روش گام‌به‌گام

Table 3. Result forest canopy cover modeling using multiple linear regression as stepwise

| مدل رگرسیون چند متغیره          | ضریب تعیین ( $R^2$ ) | ضریب تعیین تعدیل شده ( $R^2_{adj}$ ) | اشتباه معیار برآورد (SEE) |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| CC(%)=۹۷/۶۲۱ SR-۰/۰۰۶ B8-۴۵/۴۸۱ | ۰/۶۶۲                | ۰/۶۵۱                                | ۶/۹                       |

CC(%): درصد تاج‌پوشش، SR: شاخص گیاهی ساده و B8: باند ۸ ماهواره

کمتر از ۱۰ است، بنابراین متغیرهای مستقل فاقد هم‌راستایی چندگانه بوده و مدل حاصل از تحلیل رگرسیون چندمتغیره مدل قابل اطمینان و مناسبی می‌باشد. مطالعات وفایی و همکاران (۳۷)، فاتحی و همکاران (۶) و کهریمان و همکاران (۱۲) تأییدی بر نتیجه به‌دست آمده از بررسی هم‌راستایی چندگانه است.

تحلیل ضرایب رگرسیونی چندمتغیره بین تراکم تاج-پوشش جنگل با کلیه متغیرهای طیفی باندهای اصلی و محاسباتی نشان داد که ضرایب مدل‌سازی تراکم تاج‌پوشش مخالف صفر است. همچنین مقدار عامل تورم واریانس برای شاخص پوشش گیاهی SR و باند ۸ در مدل ارائه شده برابر ۱/۹۵۷ است (جدول ۴). باتوجه به این که عامل تورم واریانس

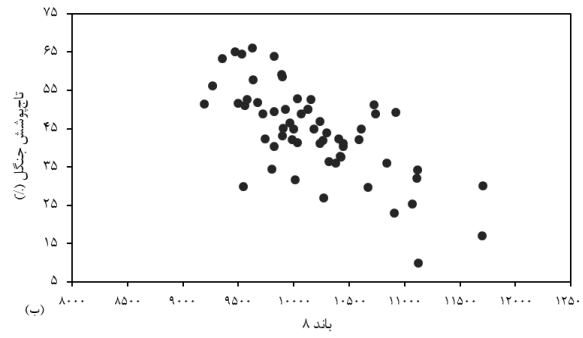
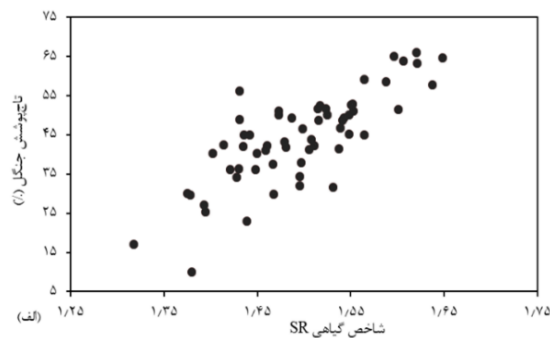
جدول ۴- ضرایب مدل رگرسیون چندمتغیره خطی بین تاج‌پوشش و متغیرهای طیفی و آزمون معنی‌دار بودن آن‌ها

Table 4. Coefficients multiple linear regression model between canopy cover and spectral variables and significance test

| مدل      | ضرایب استاندارد نشده |            | t      | ضرایب استاندارد شده |           | آماره‌های هم‌خطی  |
|----------|----------------------|------------|--------|---------------------|-----------|-------------------|
|          | B                    | خطای معیار |        | Beta                | معنی‌داری |                   |
| عدد ثابت | -۴۵/۴۸۱              | ۴۴/۹۵۹     | -۱/۰۱۲ | ۰/۳۱۶               |           | عامل تورم واریانس |
| SR       | ۹۷/۶۲۱               | ۱۷/۳۴۵     | ۵/۶۲۵  | ۰/۰۰۰               | ۰/۵۱۱     | تحميل             |
| B8       | -۰/۰۰۶               | ۰/۰۰۲      | -۲/۴۶۷ | ۰/۰۱۷               | ۰/۵۱۱     | عامل تورم واریانس |

بازتاب در شاخص SR افزایش می‌یابد (شکل ۷-الف). باتوجه به شکل ۷-ب، رابطه معکوس خطی بین باند ۸ سنجنده و درصد تاج‌پوشش وجود دارد، که نشان دهنده کاهش میزان بازتاب در باند ۸ سنجنده OLI با افزایش پوشش گیاهی در منطقه است. نتیجه این پژوهش با مطالعه کاریراس و همکاران (۲) همسو است.

در شکل ۷، ابرنقاط بین درصد تاج‌پوشش با شاخص پوشش گیاهی SR و باند ۸ سنجنده OLI نمایش داده شده است. همان‌طور که برای شاخص‌های پوشش گیاهی انتظار می‌رود، بالاترین میزان تاج‌پوشش جنگل با بالاترین مقدار شاخص گیاهی SR مطابقت دارد و نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش میزان پوشش گیاهی در منطقه مورد پژوهش میزان

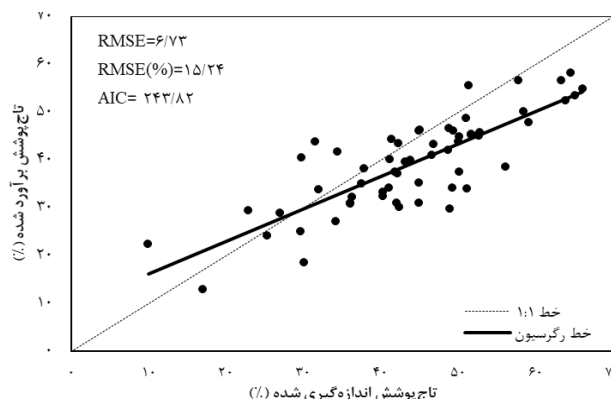


شکل ۷- ابرنقاط درصد تاج‌پوشش جنگل با شاخص پوشش گیاهی SR (الف) و باند ۸ (ب)  
Figure 7. Scatterplots of forest canopy cover (%) vs SR vegetation index (A) and 8-band (B)

وفایی و همکاران با ماهواره Landsat 5 در منطقه ای مشابه نشان از قابلیت بالاتر ماهواره Landsat 8 در برآورد تاج‌پوشش جنگل در جنگل‌های زاگرس دارد. رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده تاج‌پوشش جنگل توسط مدل رگرسیونی خطی چندمتغیره به روش گام‌به‌گام در شکل ۸ نشان می‌دهد که در تاج‌پوشش بالای ۳۵ درصد، مدل به‌دست آمده میزان تاج‌پوشش را کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده زمینی برآورد می‌کند.

نتایج حاصل از ارزیابی مدل با استفاده از اعتبارسنجی متقابل به روش k-fold نشان داد که مدل حاصل دارای مقادیر آماره‌های RMSE، RMSE% و AIC به‌ترتیب برابر با ۶/۷۳، ۱۵/۲۴ و ۲۳۴/۸۲ می‌باشد که این مقادیر محاسبه شده کارایی خوب و مناسب مدل را توصیف می‌کند. نتیجه به‌دست آمده با مطالعات فاتحی و همکاران (۶)، کورهان و همکاران (۱۴) و کورهان و همکاران (۱۵) همسو است. همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر در مقایسه با مطالعه





شکل ۸- درصد تاج پوشش جنگل اندازه‌گیری شده در برابر برآورد شده برای مدل رگرسیونی  
Figure 8. Measured vs. estimated forest canopy cover (%) for regression model

با اعتبارسنجی متقابل به روش k-fold نشان داد که مدل نهایی به دست آمده دارای خطای معقول و عملکرد مناسب و خوبی در برآورد تاج پوشش جنگل است ( $RMSE=۶/۷۳$ ) و  $RMSE(%)=۱۵/۲۴$ ). با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد که داده‌های سنجنده OLI قابلیت مناسبی در برآورد تاج پوشش در منطقه جنگلی مورد مطالعه دارد. البته برای اطمینان از نتایج پژوهش حاضر در زمینه مدل‌سازی تاج پوشش جنگل با تصاویر ماهواره‌ای در جنگل‌های زاگرس نیاز است که مطالعات تکمیلی در این زمینه انجام گیرد تا امکان تعمیم نتایج فراهم شود.

در این مطالعه، رابطه بین مقادیر بازتابی و متغیرهای محاسباتی (نظیر شاخص‌های پوشش گیاهی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و مؤلفه سبزی‌نگی حاصل از تبدیل تسلدکپ) به دست آمده از سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 با تاج پوشش جنگل از طریق تحلیل رگرسیون چندمتغیره به روش گام‌به‌گام برای مدل‌سازی برآورد تاج پوشش جنگل در بخشی از جنگل‌های زاگرس مورد بررسی قرار گرفت. از نظر آماری رابطه معنی‌داری بین مقادیر بازتابی و متغیرهای محاسباتی با تاج پوشش جنگل مشاهده شد. ترکیب خطی شاخص پوشش گیاهی SR و باند ۸ سنجنده نتیجه بهتری از برآورد تاج پوشش جنگل نسبت به سایر متغیرهای مورد استفاده در تحلیل رگرسیونی دارد ( $R^2=۰/۶۶۲$ ). نتایج ارزیابی

## منابع

- Asrat, Z., H. Taddese, H. Ole Ørka, T. Gobakken, I. Burud and E. Næsset. 2018. Estimation of forest area and canopy cover based on visual interpretation of satellite images in Ethiopia. *Land*, 7(3): 92.
- Carreiras, J.M.B., J.M.C. Pereira and J.S. Pereira. 2006. Estimation of tree canopy cover in evergreen oak woodlands using remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 223: 45–53.
- Chen, J.M., P.M. Rich, S.T. Gower, J.M. Norman and S. Plummer. 1997. Leaf area index of Boreal forests: theory, techniques and measurements. *Journal of Geophysical Research*, 102(24): 29429-29443.
- Chianucci F. and A. Cutini. 2013. Estimation of canopy properties in deciduous forests with digital hemispherical and cover photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168: 130–139.
- Chianucci, F. 2016. A note on estimating canopy cover from digital cover and hemispherical photography. *Silva Fennica*, 50(1): 1518.
- Fatehi, P., A. Damm, M.E. Schaepman and M. Kneubühler. 2015. Estimation of alpine forest structural variables from imaging spectrometer data. *Remote Sensing*, 7(12): 16315-16338.
- Fatholahi, M. 2013. Investigation of aboveground carbon stock estimation possibility using SPOT-HRG data (Case study: Forest of Darabkola). MSc Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, 70pp (In Persian).
- Golshani, P., A. Fallah and S. Kalbi. 2014. Estimation of urban forest canopy using non-parametric methods and GeoEye-1 imagery data (comparison of BRT and RF regression algorithms). *Journal Wood & Forest Science and Technology*, 21(1): 21-44 (In Persian).
- Gosa, A.G. 2006. Estimation of leaf area index using optical field instruments and imaging spectroscopy. MSc Thesis, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands, 90 pp.
- Hosseini, F., A.A. Darvishsefat and N. Zargham. 2012. Investigation of the capability of IRS-P6-LISS IV data for density mapping of pistachio forests (Case study: Khaje kalat forest in Khorasan). *Iranian Journal of Forest*, 4(4): 311-320 (In Persian).
- Jazirehi M.H. and M. Ebrahimi Rostaghi. 2013. *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, 600 pp (In Persian).

12. Kahrman, A., A. Günlü and U. Karahalil. 2014. Estimation of crown closure and tree density using landsat TM satellite images in mixed forest stands. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(3): 559–567.
13. Khorrami, R., A.A. Darvishsefat and M. Namiranian. 2008. Investigation on the capability of landsat7 ETM+ data for standing volume estimation of beech stands (Case study: Sangdeh Forests). *Iranian Journal of Natural Resources*, 60(4): 1281-1289 (In Persian).
14. Korhonen, L., D. Ali-Sisto and T. Tokola. 2015. Tropical forest canopy cover estimation using satellite imagery and airborne lidar reference data. *Silva Fennica*, 49(5): 1408.
15. Korhonen, L., P. Packalen and M. Rautiainen. 2017. Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 in the estimation of boreal forest canopy cover and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 195: 259-274.
16. Kraus, T. 2008. Ground-based validation of the MODIS leaf area index product for east African rain forest ecosystems. Ph.D. Thesis, University of Erlangen-Nuremberg, Nuremberg, Germany, 215 pp.
17. Lu, D. 2005. Aboveground biomass estimation using Landsat TM data in the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, 26(12): 2509-2525.
18. Ma, Q., Y. Su and Q. Gue. 2017. Comparison of canopy cover estimations from airborne LiDAR, aerial imagery, and satellite imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(9): 4225-4236.
19. Marvi Mohajer, M.R. 2011. *Silviculture*. Tehran University Press, Tehran, Iran. 440 pp (In Persian).
20. Meyer, L.H., M. Heurich, B. Beudert, J. Premier and D. Pflugmacher. 2019. Comparison of Landsat-8 and Sentinel-2 data for estimation of leaf area index in temperate forests. *Remote Sensing*, 11(10): 1160.
21. Miri, N., A.A. Darvishsefat, N. Zargham and Z. Shakeri. 2017. Estimation of leaf area index in Zagros forests using Landsat 8 data. *Iranian Journal of Forest*, 9(1): 29-42 (In Persian).
22. Mirzaei zadeh, V., M. Niknejzd and S.M. Hojjati. 2015. Estimation of forest canopy density using FCD. *Ecology of Iranian Forests*, 3(5): 63-75 (In Persian).
23. Moradi, F., A.A. Darvishsefat, M. Namiranian and Gh. Ronoud. 2018. Investigating the capability of Landsat 8 OLI data for estimation of aboveground woody biomass of common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) stands in Khyroud Forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 26(3): 406-420 (In Persian).
24. Mothi Kumar, K.E., R. Kumar, P. Kumar, Sattyam, V. Sihag, Partibha, K. Singh, S. Rani, P. Sharma, R.S. Hooda and T.P. Singh. 2018. Forest canopy density assessment using high resolution LISS-4 data in Yamunanagar district, Haryana. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8: 285-288.
25. Naghavi, H. 2014. Application of Quickbird satellite imagery in estimation of canopy cover in the Zagros forests (Case study: Ghale Gol, Khorramabad). Ph.D. Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, 107 pp (In Persian).
26. Neumann, H.H., G.D. Hartog and R.H. Shaw. 1989. Leaf area measurements based on hemispheric photographs and leaf-litter collection in a deciduous forest during autumn leaf-fall. *Agricultural and Forest Meteorology*, 45(3-4): 325-345.
27. Parma, R. and Sh. Shataee. 2010. Capability study on mapping the diversity and canopy cover density in Zagros forests using ETM+ images (case study Ghalajeh forests, Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest*, 2(3): 231-242 (In Persian).
28. Pekin, B. and C. Macfarlane. 2009. Measurement of crown cover and leaf area index using digital cover photography and its application to remote sensing. *Remote Sensing*, 1(4): 1298-1320.
29. Persson, S. 2014. Estimating leaf area index from satellite data in deciduous forests of Southern Sweden. *Forestry M.S Thesis, Lund University*, 35 pp.
30. Ronoud, Gh., A.A. Darvishsefat, and M. Namiranian. 2018. Estimation of aboveground woody biomass of *Fagus orientalis* stands in Hyrcanian forest of Iran using OLI data (Case study: Gorazbon and Namkhaneh Districts, Kheyroud Forest). *Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources)*, 70(4): 559-568 (In Persian).
31. Rowntree R.A. and D.J. Nowak. 1991. Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*, 17(10): 269-275.
32. Rudnicki, M., U. Silins and V. Lieffers. 2004. Crow cover is correlated with relative density, tree slenderness and tree height in Logepole Pine. *Journal of Forest Science*, 50(3): 356–363.
33. Shahvali Kouhshour, A., M. Pir Bavaghar and P. Fatehi. 2012. Forest cover density mapping in sparse and semi dense forests using forest canopy density model (Case study: Marivan forests). *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*, 3(3): 73-83 (In Persian).
34. Song, C., M.B. Dickinson, L. Su, S. Zhang and D. Yaussey. 2010. Estimating average tree crown size using spatial information from Ikonos and QuickBird images: Across-sensor and across-site comparisons. *Remote Sensing of Environment*, 114: 1099-1107.
35. Taheri Sarteshnizi, M.J. and A. Salehi. 2015. Study on accuracy of assessment of the canopy cover density in a pure Persian Oak stand, by using the method of terrestrial photography. *Journal of Zagros Forests Research*, 1(2):85-99 (In Persian).

36. Taureau, F., M. Robin, C. Proisy, F. Fromard, D. Imbert and F. Debaine. 2019. Mapping the Mangrove forest canopy using spectral unmixing of very high spatial resolution satellite images. *Remote Sensing*, 11(3): 367.
37. Vafaei, S., R. Maleknia, H. Naghavi and O. Fathi Zade. 2018. Estimation of forest Canopy cover using remote sensing and Geostatistics (Marivan Baghan forests). *Journal of Environmental Science and Technology*, In press. (In Persian)
38. Yu, Y., J. Wang, G. Liu and F. Cheng. 2019. Forest leaf area index inversion based on Landsat OLI data in the Shangri-La city. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(6): 967-976.

## Modeling of Canopy Cover Estimation Using Landsat 8 Satellite OLI Data in the Zagros Forests

Naseh Miri<sup>1</sup> and Ali Asghar Darwish Sefat<sup>2</sup>

---

1- PhD Student in Forest Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

2- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources,  
University of Tehran, Karaj (Corresponding author: adarwish@ut.ac.ir)

Received: 16 March, 2020

Accepted: 26 July, 2020

---

### Abstract

Canopy cover is an important forest structure parameter with many applications in ecology, hydrology and forest management. This study aimed at investigating the capability of Landsat 8 satellite OLI data for modeling and estimation of forest canopy in a part of the Zagros forests. First the images were evaluated in terms of geometrical and radiometric errors. Required processing such as Vegetation Indices, Principle Component Analysis (PCA), and Tasseled Cap transformation were performed on the images of the study area. To measure aboveground canopy cover using hemispherical photography method, 60 sample plots were designed with a square dimension of 45 × 45 m. The spectral values of the corresponding sample plots were extracted using a polygon map of sample plots. Forest canopy cover was modeled using stepwise multiple linear regression and the accuracy of the model was evaluated via the k-fold cross validation technique. The results of multiple linear regression between canopy cover with main and computational bands showed that the model obtained from SR vegetation index and band 8 with  $R^2 = 0.662$  and  $RMSE (\%) = 15.24$  was the best model. Overall, this study demonstrated that the estimation of forest canopy cover is cost-effective and requires low computation power using Landsat 8 satellite.

**Keywords:** Forest canopy cover, Hemispherical photography, Multiple linear regression, OLI data, Zagros forests



"مقاله پژوهشی"

کمی‌سازی ساختار گونه قره‌تاج (*Anagyris foetida*) در جنگل‌های زاگرس  
(مطالعه موردی: جنگل کاسه‌کران گیلانغرب)

علی رستمی<sup>۱</sup>، محسن جوانمیری پور<sup>۲</sup>، علی حسن‌زاده<sup>۳</sup> و سیروس پرویزی<sup>۴</sup>

۱- استادیار، گروه منابع طبیعی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: alirostami.mh@gmail.com)

۲- کارشناس و دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، کرمانشاه- ایران

۳- دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات نجف‌آباد، اصفهان- ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه منابع طبیعی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

تاریخ ارسال: ۹۹/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۸

صفحه: ۲۰۷ تا ۲۱۸

چکیده

تشریح ساختار می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارها در مدیریت جنگل مورد استفاده قرار گیرد. مطالعه ویژگی‌های ساختاری گونه‌هایی از قبیل قره‌تاج (*Anagyris foetida* L.) در جنگل‌های زاگرس از اولویت خاصی برخوردار بوده و حفاظت از آن الزامی است. تحقیق حاضر در تلاش است تا به بررسی ویژگی‌های ساختاری این گونه بپردازد. منطقه مورد مطالعه با مساحت ۹۳۰ هکتار در هفت کیلومتری شرق شهرستان گیلانغرب در استان کرمانشاه واقع شده است. به‌منظور انجام این مطالعه، ابتدا محدوده موردنظر تعیین و سپس با استفاده از GPS مرز آن بسته شد. سپس با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی-سیستماتیک اقدام به آماربرداری توده مورد بررسی گردید. نوع گونه، قطر، ارتفاع، تاج پوشش شامل تاج اصلی و تاج فرعی برداشت گردید. همچنین، فاصله و آزمون درختان نسبت به هم محاسبه و ثبت گردید. نتایج نشان داد گونه‌های قره‌تاج، بلوط، انجیر و زالزالک به‌ترتیب با داشتن ۶۲/۱٪، ۲۷/۶٪، ۵/۷٪ و ۴/۸۴٪ فراوانی مهم‌ترین گونه‌های درختی موجود هستند. سطح مقطع برای گونه‌ی قره‌تاج، سایر گونه‌ها و کل توده به‌ترتیب حدود ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۷۴ مترمربع در هکتار است. تاج پوشش برای گونه‌های موجود در توده مورد بررسی شامل قره‌تاج، بلوط ایرانی و سایر گونه‌ها به‌ترتیب ۶۵/۵۵٪، ۲۶/۲٪ و ۸/۲۵٪ محاسبه گردیده است. بیشتر شاخص‌ها، الگوی پراکنش مکانی را به‌صورت کپه‌ای نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: پراکنش مکانی، تاج پوشش، ساختار، سطح مقطع، قره‌تاج

مقدمه

شناخت نیازهای اکولوژیک گونه‌ها و به‌کار بردن آن‌ها در عمل می‌تواند در توسعه گونه‌هایی که در رویشگاه‌های خاص رشد می‌کنند، کمک شایانی نماید (۲۳). ترکیب و ساختار هر جامعه تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارد و در حقیقت این عوامل موجب استقرار گونه‌های گیاهی در رویشگاه‌های مختلف می‌گردند (۳۰). شناخت روابط موجود بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی، به‌دلیل نقش مهم گیاهان در تعادل اکوسیستم و استفاده‌های مختلفی که بشر به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از آن‌ها می‌کند، اجتناب‌ناپذیر است (۱۲). بدون شک عوامل متعددی در شکل‌گیری جوامع گیاهی در یک منطقه مؤثرند، اما به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را به دو دسته عوامل طبیعی یا خارجی از قبیل خاک، اقلیم، توپوگرافی و عوامل درونی شامل ویژگی‌های ساختاری، متابولیسمی، تولید مثل و غیره تقسیم کرد (۱۱).

ساختار جنگل نیز از این قاعده مستثنی نبوده و چگونگی توزیع ویژگی‌های مختلف درختان در اکوسیستم‌های جنگلی را مورد بررسی قرار می‌دهد و دارای ارتباط مستقیمی با زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است. به‌همین دلیل ساختار جنگل به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه‌ها در تشریح اکوسیستم‌های جنگلی و تنوع زیستی به‌کار می‌رود.

تشریح کمی ساختار می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارها در مدیریت جنگل مورد استفاده قرار گیرد. در واقع، با مطالعه ساختار جنگل‌های طبیعی می‌توان روش رسیدن به یک ساختار مطلوب را مشخص کرد (۱۳).

الگوی پراکنش گیاهان به‌عنوان یکی از جنبه‌های مهم ساختاری و از ضروریات بررسی پوشش گیاهی در هر منطقه می‌باشد (۴،۲۶) الگوی پراکنش به‌معنای فضایی است که افراد یک گونه یا گونه‌های مختلف نسبت به هم در آن استقرار می‌یابند (۱۳). به‌دلیل بررسی الگوی پراکنش گیاهان می‌توان اطلاعات زیادی در مورد یکنواختی و عدم یکنواختی محیطی، نوع تکثیر و تولید مثل و انتشار گیاهان، رقابت و الگوهای رفتاری آن‌ها به‌دست آورد. سه نوع الگو پایه پراکنش تصادفی، یکنواخت و کپه‌ای (تجمعی) در جوامع گیاهی قابل تشخیص است. روش‌های تعیین الگوی پراکنش در علوم مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند که دارای هم‌پوشانی زیادی هستند (۴). به‌منظور تعیین الگوی پراکنش با توجه به نوع واحد نمونه‌برداری (نقطه یا کوادرات) شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی مختلفی ارائه شده است. برای بررسی موارد ذکر شده روش‌های متعددی مطرح شده است که می‌توان به شاخص‌های مکانی و غیرمکانی و روش‌های آماری اشاره کرد.

درختچه فاقد خار بوده و در تابستان خزان می کند که به عنوان شاخص فصل خشک از آن استفاده می شود. این گونه در برخی نقاط رویشگاه به ویژه در قسمت های کم شیب و دارای خاک نسبتاً مناسب واقع در پایین دامنه ها و داخل دره ها، به صورت خالص و با ابعاد مناسب قابل مشاهده است. اما در بخش عمده رویشگاه به ویژه از ارتفاع ۱۱۰۰ متر به بالا که جنگل های بلوط با تراکم بیشتری ظاهر می شوند، به عنوان گونه همراه و زیر آشکوب گونه ای بلوط نمود می یابد (۱۱).

با توجه به روند تخریب فزاینده جنگل های زاگرس، این احتمال وجود دارد که توده های ویژه و بارز نشی نظیر قره تاج نیز در آینده ای نه چندان دور به سر نوشت سایر توده ها و گونه های تخریب شده از قبیل بلوط ایرانی دچار شوند. از این رو مطالعه ویژگی های ساختاری این گونه منحصر به فرد از اولویت خاصی برخوردار بوده و حفاظت از آن الزامی است. به منظور درک درست و تصمیم گیری صحیح در عملیات های حفاظتی، پرورشی و بهره برداری، بررسی ساختار توده های جنگلی ضروری است. بنابراین تحقیق جاری در تلاش است تا به بررسی ویژگی های ساختاری گونه قره تاج بپردازد تا از این طریق به حفاظت بیشتر از این گونه منحصر به فرد کمک کند. همچنین، فرضیه ای که در اینجا مطرح می شود این است که گونه قره تاج در منطقه مورد مطالعه در شهرستان گیلانغرب از الگوی مکانی کپه ای پیروی می کند.

### مواد و روش ها

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در هفت کیلومتری شرق شهرستان گیلانغرب از استان کرمانشاه واقع شده و یکی از زیرحوزه های رودخانه گیلانغرب با مساحت ۲۱۴۰۳ هکتار است. این حوزه کوهستانی جزء زاگرس چین خورده است. حوزه فوق بین عرض ۳۴ درجه، هشت دقیقه و ۴۲ ثانیه تا ۳۴ درجه، ۱۰ دقیقه و هفت ثانیه شمالی و طول ۴۵ درجه، نه دقیقه و هشت ثانیه تا ۴۶ درجه، دو دقیقه و ۱۷ ثانیه شرقی قرار دارد (۲۷). رویشگاه قره تاج با ۹۳۰ هکتار مساحت از شرق به حوزه شیروان چرداول ایلام، از غرب به گیلانغرب، از شمال به حوزه گاوور و کل کش و از جنوب به زرنه و قوروتک از توابع شهرستان ایوانغرب واقع شده است (شکل ۱). کمترین ارتفاع این رویشگاه از سطح دریا ۹۷۰ متر و بیشترین آن ۱۴۲۰ متر است (۲۷). قره تاج به صورت جنگلی منحصر به فرد، در حوزه آبخیز دهستان سردسیر چله، از توابع گیلانغرب، از روستای کاسه کران تا منطقه تق توق، کاسه کران رویش دارد (۱۱).

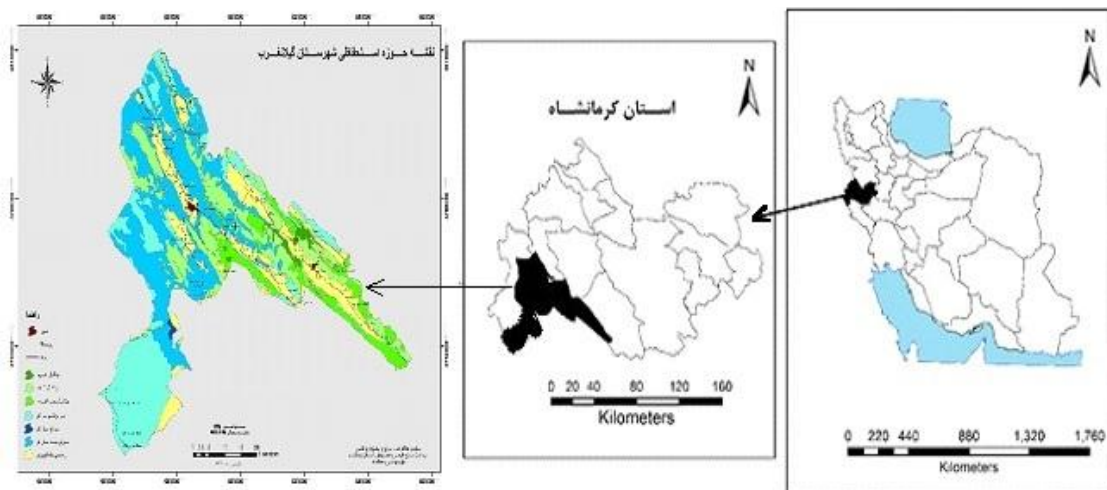
تاکنون در ارتباط با ساختار و الگوی پراکنش گونه های جنگلی در زاگرس مطالعات مختلفی انجام شده است. صفری و همکاران (۲۵)، حیدری و همکاران (۹)، عسگری و همکاران (۲)، زارع و همکاران (۳۶)، عرفانی فرد و همکاران (۵)، منصوری و همکاران (۲۱)، شیخ و همکاران (۳۲)، سلیمی و همکاران (۳۰) و کریمی و فلاح (۱۴) از جمله پژوهشگرانی هستند که به بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه های جنگلی در زاگرس پرداخته اند. تحقیقات کوبوتا (۱۶)، زرنه و همکاران (۳۷)، لی و همکاران (۱۹)، پترسون (۲۵)، سون و همکاران (۳۴) و ریتر و همکاران (۲۴) از جمله جدیدترین مطالعات انجام شده مربوط به ساختار در سطح بین المللی است.

عسگری و همکاران (۲) در برآورد ویژگی های کمی روش های نمونه برداری نزدیک ترین فرد، نزدیک ترین همسایه، دومین نزدیک ترین همسایه، روش ترکیبی و نقطه مشترک مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و نتایج به دست آمده از ارزیابی برآورد تعداد در هکتار نشان داد که اختلاف میانگین ها فقط در روش نزدیک ترین همسایه با برآورد کننده معنی دار نبود و در سایر روش ها اختلاف معنی دار بوده است.

عرفانی فرد و همکاران (۵) پژوهشی با هدف ارزیابی اثر آرایش مکانی درختان بنه بر نتایج اندازه گیری تراکم به وسیله روش نزدیک ترین فرد در درخت زارهای زاگرس و کاربرد یک ضریب تصحیح بر پایه الگوی مکانی درختان انجام دادند. نتایج این تحقیق نشان داده که روش نزدیک ترین فرد با برآورد کننده با چلر نتوانست تراکم را در سه توده به درستی محاسبه نماید. این پژوهش نشان داده که آرایش مکانی درختان می توانسته نتایج حاصل از روش نزدیک ترین فرد با برآورد کننده با چلر را برای اندازه گیری تراکم بهبود بخشد.

حیدری و همکاران (۹) به منظور مقایسه روش های فاصله ای اندازه گیری تراکم در الگوی پراکنش شبیه سازی تصادفی در جنگل های شهرکرد پرداختند. آنان نتیجه گرفتند که در برآورد تراکم روش های نزدیک ترین فرد و نزدیک ترین همسایه و زوج تصادفی را به عنوان کاراترین روش ها دانست. در مطالعه سلیمی و همکاران (۳۰) میانگین قطر یقه، ارتفاع، سطح تاج و تعداد جست درختچه های قره تاج را به ترتیب، ۵/۱۵ سانتی متر، ۲/۳۳۶ متر، ۵/۶ متر مربع و ۱۲/۵۹ پایه بود. تراکم درختچه های قره تاج نیز ۷۳۹ پایه در هکتار بود. برپایه یافته ها، درختچه های قره تاج در فواصل کوتاه به صورت کپه ای و در فواصل بیشتر از الگوی کاملاً تصادفی پیروی می کنند.

گونه درختچه ای قره تاج (*Anagyris foetida* L.) یکی از عناصر مدیترانه ای موجود در جنگل های زاگرس است. این



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان گیلانغرب، استان کرمانشاه  
Figure 1. Location of the study area in Gilan-e Gharb city, Kermanshah province

عمومی‌ترین آن‌ها استفاده از روش قطعاً نمونه با مساحت ثابت و روش‌های فاصله‌ای و داده‌های نقشه‌برداری شده است (۳۰). در روش قطعاً نمونه قطعات نمونه با مساحت ثابت پیاده شده و تعداد درختان در آن شمارش می‌شوند. در روش فاصله‌ای، فاصله میان درختان و نزدیک‌ترین همسایه اندازه‌گیری می‌شود. در روش سوم موقعیت هر درخت ثبت شده و برای نشان دادن موقعیت مکانی استفاده می‌شود (۳۵). در این تحقیق به منظور تعیین الگوی پراکنش مکانی از روش‌های فاصله‌ای (فاصله-آزیموت) و قطعاً نمونه استفاده شد. در روش فاصله-آزیموت چون از قطعات نمونه دایره‌ای شکل در محل تقاطع اضلاع شبکه استفاده شد. بنابراین ابتدا مرکز قطعاً نمونه مشخص و سپس با استفاده از متر لیزری فاصله هر کدام از درختان نسبت به مرکز اندازه‌گیری شد. آزیموت درختان نسبت به مرکز نیز با استفاده از قطب نما تعیین شد.

در این بررسی جهت بررسی‌های آماری از نرم‌افزارهای Excel و SPSS 22 و برای محاسبه شاخص‌های الگوی پراکنش مکانی مورد نظر از نرم‌افزارهای Ecological Methodology و Past استفاده شد.

### روش انجام پژوهش

در راستای هدف این تحقیق در اولین گام اقدامات لازم جهت تعیین منطقه و بستن مرز آن صورت گرفت. به منظور جمع‌آوری داده‌های لازم، حداکثر همگنی توده و حداقل دست‌خوردگی و تخریب در نظر گرفته شد. بدین منظور ابتدا با جنگل‌گردشی محدوده مورد نظر تعیین و سپس با استفاده از GPS مرز منطقه با مساحت ۲۰ هکتار بسته شد. سپس با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی-منظم اقدام به آماربرداری توده مورد بررسی شد. به علت اینکه انجام این روش برای یک محدوده وسیع، عملی سخت بوده و با خطای زیاد همراه است در این مطالعه از روش قطعاً نمونه استفاده شد. لذا، عملیات شبکه‌بندی با ابعاد ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر انجام شده و سپس ۲۰ قطعاً نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع استقرار یافت. در این قطعات نمونه نوع گونه، قطر پایه‌ها، ارتفاع پایه‌ها، تاج پوشش شامل تاج اصلی و تاج فرعی برداشت شد. همچنین، فاصله و آزیموت تک‌تک درختان نسبت به هم محاسبه و در فرم‌های آماربرداری ثبت شد.

به منظور نمونه‌برداری جنگل برای بررسی الگوی پراکنش مکانی، روش‌های مختلفی وجود دارد که

جدول ۱- معادله شاخص های مورد استفاده در این مطالعه

Table 1. Mathematical relationships of the indicators used in this study

| نام شاخص       | معادله  | معادله آزمون تصادفی بودن  | نام شاخص                | معادله                    | معادله آزمون تصادفی بودن |
|----------------|---|---|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| جانسون و زایمر | $I = \left[ (n+1) \left( \sum_{pi} r_{pi}^2 \right) \right]$                                    | $X^2 = I(n-1)$  | واریانس به میانگین      | $I = \frac{S^2}{\bar{X}}$ | (۱۴، ۷) (۳۳)             |
| ابرهارت        | $I_e = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)^2 + 1$  | $I_c = \left( \frac{S^2}{\bar{X}} \right) - 1$                              | خوشه بندی               |                           | (۳۳، ۲۸) (۳۵)            |
| C              | $C = \frac{\sum [X_i^2 / X_i^2 + \frac{1}{2} Y_i^2]}{N}$  | $I_g = \frac{\left( \frac{S^2}{\bar{X}} \right) - 1}{(\sqrt{\bar{X}}) - 1}$ | گرین                    |                           | (۳۲، ۲۸)                 |
| هاپکینز        | $I_h = \frac{\sum (r_{pi})^2}{\sum (r_{pi}^2) + \sum (r_{ni}^2)}$                               | $I_d = n \left[ \frac{\sum (x^2) - \sum x}{\sum (x^2) - \sum x_i} \right]$  | موری سینا               |                           | (۳۵، ۲۳، ۷)              |
| هینز           | $h_T = \frac{2n[2\sum (r_{pi}^2) + \sum (r_{ni}^2)]}{[(\sqrt{2} \sum r_{pi}) + \sum r_{ni}]^2}$ | $M_\mu = \frac{x_{0.975}^2 - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1}$                 | استاندارد شده موری سینا |                           | (۳۵، ۳۳)                 |

تعداد درخت در قطعات نمونه است. اگر واریانس برابر میانگین باشد، مقدار شاخص برابر یک بوده و الگوی پراکنش توده به صورت تصادفی است. اگر این مقدار کمتر از یک باشد، الگوی پراکنش یکنواخت و اگر بیشتر از یک باشد الگوی پراکنش کپه ای خواهد بود. اگر  $0.075 \leq X^2 \leq 0.25$  آن گاه الگوی تصادفی مورد پذیرش قرار می گیرد و در غیر این صورت الگوی تصادفی به نفع الگوی غیر تصادفی رد و الگوی غیر تصادفی پذیرفته می شود (۷).

در شاخص خوشه بندی،  $I_c$ : شاخص پراکنش،  $S^2$ : واریانس تعداد درختان در قطعات نمونه و  $\bar{X}$ : میانگین تعداد درخت در قطعات نمونه است. مقدار این شاخص برای الگوی تصادفی برابر یک است، برای حداکثر یکنواختی برابر ۱- و برای حداکثر کپه ای برابر با  $n-1$  می باشد (۳۳).

در شاخص گرین  $I_g$ : تعداد درخت در هر قطعه نمونه،  $S^2$ : واریانس تعداد درختان در قطعات نمونه و  $\bar{X}$ : میانگین تعداد درخت در قطعات نمونه است. مقادیر منفی ضریب بر آرایش یکنواخت و مقادیر مثبت آن بر آرایش کپه ای دلالت دارد (۳۵).

در شاخص موری سینا  $I_h$ : شاخص پراکنش موری سینا،  $\sum X$ : مجموع تعداد درختان قطعات نمونه،  $\sum X^2$ : مجموع مربعات تعداد درختان قطعات نمونه و  $n$ : تعداد قطعات نمونه است (۷). مقدار مورد انتظار شاخص برای آرایش تصادفی برابر یک، برای حالت حداکثر یکنواختی برابر  $1 - \left[ \frac{n-1}{\sum x-1} \right]$  و برای حداکثر کپه ای برابر  $n$  است. برای آزمون تصادفی بودن پراکنش درختان،  $X^2$  محاسبه شده با  $X^2$  جدول با توجه به مقدار شاخص مقایسه می شود. اگر  $X^2$  محاسبه شده کمتر از  $X^2$  جدول باشد، تصادفی بودن پراکنش درختان پذیرفته می شود و اگر  $X^2$  محاسبه شده بیشتر از  $X^2$  جدول باشد تصادفی بودن پراکنش درختان رد می شود (۷).

در شاخص جانسون-زایمر،  $I$ : شاخص پراکنش جانسون و زایمر،  $n$ : تعداد نقطه نمونه برداری،  $r^2 pi$  فاصله بین فرد اول (نزدیکترین فرد) به نقطه نمونه برداری است. اگر مقدار شاخص ( $I$ ) برابر دو باشد، پراکنش مکانی درختان تصادفی، اگر کمتر از دو باشد، پراکنش یکنواخت و اگر بیشتر از ۲ باشد پراکنش درختان کپه ای خواهد بود. برای آزمون تصادفی بودن پراکنش درختان چنانچه مقدار  $Z$  بین اعداد  $1/96 +$  و  $1/96 -$  قرار بگیرد الگوی پراکنش درختان به صورت تصادفی و در غیر این صورت الگوی پراکنش به صورت غیر تصادفی خواهد بود (۷).

در شاخص ابرهارت،  $I_e$ : شاخص پراکنش ابرهارت،  $S$ : انحراف معیار فواصل مشاهده شده و  $X$ : متوسط فواصل نقطه تا نزدیکترین فرد مقادیر مورد انتظار شاخص پراکنش ابرهارت برای حالت های آرایش تصادفی، یکنواخت و کپه ای به ترتیب برابر با  $1/27$  کمتر از  $1/27$  و بیشتر از  $1/27$  می باشد (۳۳).

در شاخص  $C$ ،  $C$ : شاخص پراکنش مکانی،  $X_i$ : فاصله نقطه تصادفی تا فرد و  $Y_i$ : فاصله فرد تا نزدیکترین همسایه است (۳۱).

در شاخص هینز،  $h_T$ : آزمون هینز برای تصادفی بودن،  $r_{pi}^2$ : فاصله نزدیکترین فرد به نقطه نمونه برداری،  $r_{ni}$ : فاصله نزدیکترین همسایه به نزدیکترین فرد و  $n$ : تعداد نقطه نمونه برداری است. در حالت پراکنش تصادفی شاخص هینز برابر  $1/27$  می باشد. مقادیر کمتر از  $1/27$  نشان دهنده الگوی منظم و مقادیر بیشتر از  $1/27$  نشان دهنده حالت کپه ای خواهند بود (۲۵). به منظور آزمون تصادفی بودن الگوی پراکنش توسط این شاخص، مقدار  $h_T$  به دست آمده با مقدار استخراج شده از جدول هینز مقایسه می شود. اگر مقدار شاخص از مقدار جدول بیشتر باشد الگوی پراکنش کپه ای و اگر از مقدار جدول کمتر باشد الگوی پراکنش یکنواخت خواهد بود (۳۳).

در شاخص نسبت واریانس به میانگین،  $I$ : شاخص پراکنش،  $S^2$ : واریانس تعداد درختان در قطعات نمونه و  $\bar{X}$ : میانگین

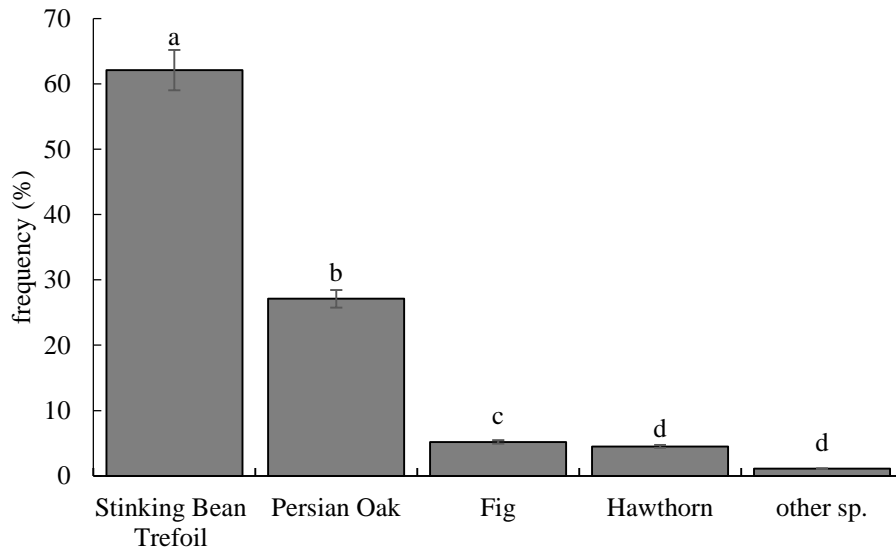


**نتایج و بحث**

**شاخص‌های کمی**

گونه‌های قره‌تاج، بلوط، انجیر و زالزالک به ترتیب با داشتن ۶۲/۱٪، ۲۷/۱٪، ۵/۲٪ و ۴/۵٪ فراوانی مهم‌ترین گونه‌های درختی موجود در توده قره‌تاج مورد بررسی هستند (شکل ۲).

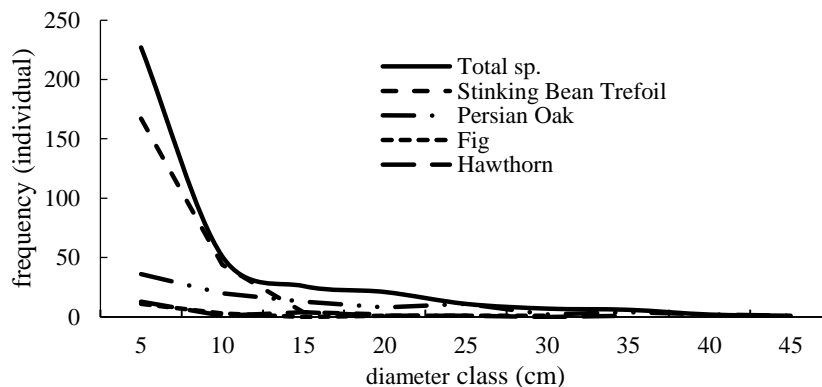
سایر گونه‌ها ۱/۱٪ فراوانی گونه‌های موجود در منطقه مورد بررسی را شامل می‌شوند.



شکل ۲- نمودار درصد فراوانی قره‌تاج، بلوط ایرانی و سایر گونه‌ها در توده مورد مطالعه  
Figure 2. The Stinking Bean Trefoil, Persian oak and other species abundance in the studied stand

از نظر پراکنش تعداد در طبقات قطری ۵ سانتی‌متری، در طبقات قطری پایین‌تر فراوانی کل بیشتر بوده اما در طبقات قطری بالا فراوانی کاهش می‌یابد. همچنین برای گونه قره‌تاج، در طبقات قطری پایین فراوانی بیشتر از سایر گونه‌ها بوده اما در طبقات قطری بالا فراوانی کاهش می‌یابد با این تفاوت که ابعاد قره‌تاج از سایر گونه‌های موجود در توده کمتر است طوری که بیشترین قطر آن به ۲۰ سانتی‌متر نمی‌رسد (شکل ۳).

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی گونه‌های موجود متعلق به گونه قره‌تاج با ۶۲/۱ درصد می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج غلامی (۸) و حیدری و همکاران (۱۰) همسو است. گونه قره‌تاج یکی از عناصر مدیترانه‌ای موجود در جنگل‌های زاگرس می‌باشد و به‌صورت موضعی در حوضه آبخیز دهستان چله از توابع شهرستان گیلانغرب استان کرمانشاه رویش دارد. طبق بررسی‌های به‌عمل آمده مهم‌ترین رویشگاه آن در کشور ایران، همین منطقه می‌باشد (هشت).



شکل ۳- فراوانی کل و سایر گونه‌های موجود در طبقات قطری در توده قره‌تاج  
Figure 3. Total abundance of other species in the diameter classes in the Stinking Bean Trefoil stand

هماهنگ است. به طور کلی، مدل به دست آمده نشان دهنده یک پراکنش قطری در یک اکوسیستم جنگلی طبیعی است که با وجود دست اندازی های بشر در آن تاکنون توانسته است تعادل خود را حفظ نماید.

برآورد سطح مقطع برای گونه ی قره تاج حدود ۰/۲ متر مربع در هکتار، برای گونه بلوط ایرانی ۰/۴۵، برای گونه انجیر ۰/۰۲۵، برای گونه زالزالک ۰/۰۳۶، برای سایر گونه ها حدود ۰/۵ مترمربع و برای کل توده حدود ۰/۷۴ مترمربع در هکتار است (جدول ۲).

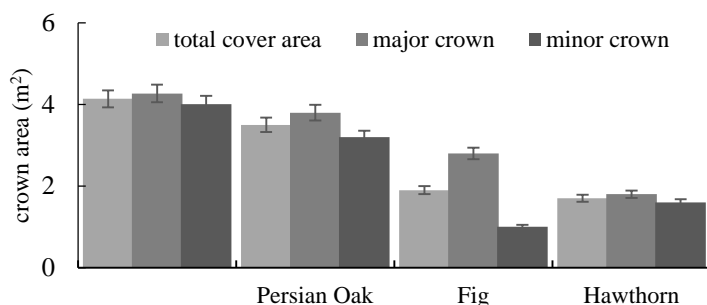
نتایج مربوط به اندازه گیری قطر نشان می دهد که در طبقات قطری پنج سانتی متری، فراوانی درختان در طبقات قطری پایین زیاد بوده اما در طبقات قطری بالا فراوانی آنها کاهش می یابد (منحنی J شکل معکوس). مقایسه توزیع گونه های مختلف در طبقات قطری نشان می دهد منحنی گونه قره تاج در طبقات قطری پنج و ۱۰ سانتی متر حالت زنگوله ای داشته و بعد از آن حالت کاهش یابنده دارد. این موضوع نشان دهنده کوچک بودن ابعاد و همچنین همسان بودن قطر در این گونه است که با نتایج حسین زاده و همکاران (۹)

جدول ۲- سطح مقطع محاسبه شده برای قره تاج، سایر گونه ها و توده در روش قطعه نمونه  
Table 2. Calculated cross-sectional area for Stinking Bean Trefoil, other species and stand in sample plot method

| گونه         | سطح مقطع برابر سینه (متر مربع در هکتار) | حد بالا | حد پایین |
|--------------|---|---------|----------|
| قره تاج      | ۰/۲۱۳۳                                  | ۰/۲۱۳۶  | ۰/۲۱۳۱   |
| بلوط ایرانی  | ۰/۴۵۱۲                                  | ۰/۴۵۵   | ۰/۴۴۵    |
| انجیر        | ۰/۰۲۵                                   | ۰/۰۳۰   | ۰/۰۲۰    |
| زالزالک      | ۰/۰۳۶                                   | ۰/۰۳۹   | ۰/۰۳۳    |
| سایر گونه ها | ۰/۰۱۴۵                                  | ۰/۰۱۶   | ۰/۰۱۳    |
| توده         | ۰/۷۴                                    | ۰/۷۵۳۶  | ۰/۷۲۳۸   |

که کمترین میزان سطح تاج پوشش مربوط به گونه انجیر است (۱/۷ مترمربع)؛ (شکل ۲).

در بین گونه های موجود گونه قره تاج بیشترین میزان سطح تاج را به خود اختصاص داده است (۴/۱۴ مترمربع). در حالی



شکل ۴- وضعیت سطح تاج در گونه های موجود در توده قره تاج  
Figure 4. Crown area condition among species on Stinking Bean Trefoil stand

انجیر ۲/۷۶٪، گونه زالزالک ۴/۲۷٪ و سایر گونه ها ۱/۲٪ محاسبه شده است (جدول ۳).

برآورد تاج پوشش برای گونه های موجود در توده مورد بررسی شامل گونه قره تاج ۶۵/۵۵٪، بلوط ایرانی ۲۶/۲٪، گونه

جدول ۳- سطح تاج پوشش و درصد تاج پوشش محاسبه شده برای قره تاج، بلوط ایرانی و سایر گونه ها  
Table 3. Canopy level and canopy percentage calculated for Stinking Bean Trefoil, Persian oak and other species

| گونه        | حدود اعتماد (در سطح احتمال ۹۵٪) |                  | سطح تاج پوشش (متر مربع در هکتار) |
|-------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------|
|             | حد پایین سطح تاج                | حد بالای سطح تاج |                                  |
| قره تاج     | ۲۱۹۲/۸۵                         | ۲۲۶۶/۵۴          | ۲۲۲۶/۹۳                          |
| بلوط ایرانی | ۸۷۰/۱۹                          | ۹۱۱/۲۹           | ۸۹۰/۷۴                           |
| انجیر       | ۸۲/۶                            | ۱۰۵/۰۱           | ۹۳/۸۱                            |
| زالزالک     | ۱۲۶/۴                           | ۱۶۳/۷            | ۱۴۵/۰۵                           |
| سایر گونه   | ۳۵/۳                            | ۴۶/۳             | ۴۰/۸                             |
| توده        | ۳۲۹۸/۴۸                         | ۳۵۰۱/۷۱          | ۳۲۹۳/۳۳                          |

موجود به بهترین شکل ممکن استفاده کرده و باعث حفاظت بهتر این اکوسیستم در برابر تهدیدات موجود شده است. **الگوی پراکنش مکانی با شاخص‌های پراکنش به روش فاصله‌ای**

برای شاخص جانسون و زایمر مقدار I برابر ۲/۳۶ محاسبه شده است که نشان‌دهنده الگوی کپه‌ای است. برای شاخص ابرهارت نیز مقدار I برابر با ۱/۳۶ به دست آمده است بنابراین الگوی پراکنش کپه‌ای تایید می‌شود (جدول ۴).  
به منظور آزمون شاخص جانسون و زایمر عدد ۳/۱۲ برای Z محاسبه شده که به دلیل بزرگتر بودن عدد محاسبه شده از مقدار ۱/۹۶ الگوی پراکنش غیرتصادفی تایید می‌شود. به منظور آزمون شاخص ابرهارت مقدار استخراج شده از جدول هینز برابر با ۱/۴ می‌باشد که الگوی پراکنش کپه‌ای را تایید می‌کند (جدول ۴).

در خصوص سطح تاج نتایج به دست آمده نشان می‌دهد در بین گونه‌های موجود گونه قره‌تاج بیشترین میزان سطح تاج را به خود اختصاص داده است (۴/۱۴ مترمربع) در حالی که کمترین میزان آن مربوط به گونه انجیر است (۱/۷ مترمربع). حسین‌زاده و همکاران (۱۱) قطر تاج گونه قره‌تاج را بین ۱ تا ۴ متر اعلام کردند با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. سلیمی و همکاران (۳۰) سطح تاج را ۵/۶ مترمربع اعلام کردند که با نتیجه این مطالعه مغایرت دارد. از آنجا که پوشش گیاهی موجود در این رویشگاه قادر به تولید چوب قابل استفاده به صورت تجاری نیستند بنابراین مسئله تاج پوشش و سطحی که تاج پوشش احاطه می‌کند حایز اهمیت است. بیشتر بودن سطح تاج پوشش گونه قره‌تاج در این رویشگاه خاص نشان‌دهنده این مسئله است که این گونه در طی زمان با مولفه‌های موجود در اکوسیستم مذکور سازگار شده و از منابع

جدول ۴- مقادیر مربوط به شاخص‌های جانسون-زایمر و ابرهارت و آزمون‌های آن‌ها

Table 4. Johnson-Zaimer and Eberhart's indices and their tests

| مقدار I                       | مقدار I            | ابرهارت            | مقدار Z                         | مقدار I         | جانسون و زایمر     |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|
| ۱/۴ (جدول هینز)               | ۱/۳۶               | مقادیر             | ۳/۱۲                            | ۲/۳۶            | مقادیر             |
| جدول هینز: $Z < I$ یکنواخت    | $I < 1/27$ یکنواخت | مقادیر تعریف شده   | $1/96 < Z < 1/96 - 1/96$ تصادفی | $I < 2$ یکنواخت | مقادیر تعریف شده   |
| مقدار جدول هینز: $I =$ تصادفی | $I = 1/27$ تصادفی  | الگوی پراکنش مکانی | $Z < -1/96$ غیرتصادفی           | $I = 2$ تصادفی  | الگوی پراکنش مکانی |
| مقدار جدول هینز: $I >$ کپه‌ای | $I > 1/27$ کپه‌ای  |                    | $Z > 1/96$ غیرتصادفی            | $I > 2$ کپه‌ای  |                    |
| کپه‌ای                        | کپه‌ای             |                    | غیرتصادفی                       | کپه‌ای          |                    |

در شاخص ابرهارت نیز فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین فرد محاسبه می‌شود. کربس (۱۴) اعتقاد دارد که این شاخص به تراکم جمعیت بستگی نداشته و با توجه به اینکه فقط بر اساس یک فاصله تعیین می‌شود می‌توان آن را مشابه شاخص جانسون و زایمر دانست. با توجه به اینکه در این دو شاخص فقط فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین فرد مورد بررسی قرار می‌گیرد و این فاصله با توجه به نتایج تحقیقات صورت گرفته اکثراً در داخل یا حواشی کپه‌ها قرار می‌گیرد، می‌توان تعیین الگوی پراکنش به صورت کپه‌ای را منطقی دانست. زیرا فرم رویشی جنگل بیشتر به صورت شاخه‌زاد بوده و شاخه‌زادها جست‌های زیادی را تولید می‌کنند. این گروه‌ها در کنار هم رشد نموده و توده‌هایی را به صورت مجتمع تشکیل می‌دهند که با توجه به تراکم زیاد جست‌ها می‌توان گفت الگوی پراکنش مکانی در داخل گروه‌ها به صورت کپه‌ای است.  
مقدار شاخص C، عدد ۰/۶۳ را نشان می‌دهد که الگوی پراکنش مکانی به را به صورت کپه‌ای معرفی می‌کند اما چون این عدد به ۰/۵ که نشان‌دهنده الگوی پراکنش تصادفی است نزدیک می‌باشد بنابراین الگوی پراکنش مکانی به دست آمده کپه‌ای متمایل به تصادفی است. همچنین آزمون این شاخص عدد ۲/۰۲ را برای آزمون Z محاسبه نموده که الگوی پراکنش غیرتصادفی تایید می‌شود (جدول ۵).  
برای شاخص هینز مقدار HT مقدار ۱/۴۵ محاسبه شده که الگوی پراکنش مکانی با این شاخص نیز به صورت کپه‌ای محاسبه می‌شود. همچنین به منظور آزمون این شاخص مقدار

به‌طور کلی، طبق نتایج به دست آمده از الگوی پراکنش مکانی با شاخص‌های پراکنش به روش فاصله‌ای نشان‌دهنده الگوی پراکنش مکانی گونه قره‌تاج به صورت کپه‌ای می‌باشد. نتیجه به دست آمده با نتایج، منصور (۲۱) که پراکنش گونه قره‌تاج را کپه‌ای معرفی کرده است هم‌خوانی دارد. همچنین، نتیجه به دست آمده با نتایج ذبیح‌الهی و همکاران (۳۵) در جنگل هواره‌خول بانه همسو است. در شاخص جانسون و زایمر فقط فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین فرد محاسبه می‌شود. مسعودی سنجر (۲۲) اظهار داشته است که از بین شاخص‌های فاصله‌ای که تنها بر اساس اندازه‌گیری نقطه تا فرد است، شاخص جانسون-زایمر الگوی پراکنش خود کپه‌های کوچک و تک‌بوته را نشان می‌دهد. ایشان علت را این‌طور عنوان می‌کند که در این شاخص بیشتر فواصل اندازه‌گیری شده فواصل بین نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه که در حاشیه کپه‌های متراکم قرار دارد می‌باشد نه فواصل گیاهان در داخل کپه‌ها که می‌توانند الگوی پراکنش واقعی جنگل را نشان دهند. همچنین، صفری و همکاران (۲۸) نیز بیان کرده است که با توجه به اینکه شاخص جانسون-زایمر صرفاً یک فاصله را اندازه‌گیری می‌کند، ممکن است بیشتر این فاصله‌ها در داخل یا کناره کپه‌ها قرار گرفته باشند که علت آن را به احتمال زیاد بزرگ بودن کپه‌ها و وجود تعداد افراد تصادفی زیاد در بین کپه‌ها به دلیل قطع درختان و برهم‌خوردگی کپه‌ها عنوان کرده است و معتقد است الگوی به دست آمده از این شاخص الگوی پراکنش داخل کپه‌ها را معرفی می‌کند.

hT استخراج شده از جدول هینز مقایسه می شود و الگوی پراکنش مکانی به صورت کپه ای تایید می شود.

جدول ۵- مقادیر مربوط به شاخص های C و هینز و آزمون آن ها

Table 5. The C and Hines indices and their tests

| شاخص C             | مقدار C               | مقدار Z                  | شاخص هینز          | مقدار h <sub>T</sub>  | مقدار h <sub>T</sub>       |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|
| مقادیر             | ۰/۶۳                  | ۲/۰۲                     | مقادیر             | ۱/۴۵                  | ۱/۱۹                       |
| مقادیر تعریف شده   | ۰/۵ < I < ۰/۵         | ۱/۹۶ < Z < ۱/۹۶ - تصادفی | مقادیر تعریف شده   | I < ۱/۲۷              | مقدار جدول هینز < I < ۱/۲۷ |
| الگوی پراکنش مکانی | کپه ای مایل به تصادفی | غیر تصادفی               | الگوی پراکنش مکانی | I > ۱/۲۷              | مقدار جدول هینز > I < ۱/۲۷ |
|                    |                       |                          |                    | کپه ای مایل به تصادفی | کپه ای                     |

برای I به دست آمده است که نشان می دهد الگوی پراکنش به صورت کپه ای است. همچنین به منظور آزمون این شاخص برای h مقدار ۰/۸۵ محاسبه شده الگوی پراکنش را به صورت غیر تصادفی تایید می کند (جدول ۶).  
 برای شاخص هاپکینز در روش ترکیبی مقدار ۰/۵۴ به دست آمده است که الگوی پراکنش را به صورت کپه ای معرفی می کند. به منظور آزمون این شاخص مقدار ۰/۷۸ محاسبه گردیده که الگوی پراکنش را به صورت غیر تصادفی تایید می کند (جدول ۶).

آگوره و همکاران (۱) در مقایسه روش های نمونه برداری فاصله ای برای تعیین الگوی پراکنش مکانی کارایی بالای شاخص C را به ویژه برای تفکیک کپه های کوچک تایید کرده است. عرفانی فرد و همکاران (۶) شاخص های جانسون و زایمر و شاخص C را با هم مقایسه کرده و نتیجه گرفته اند شاخص C نتایج نزدیکتری با واقعیت دارد. صفری و همکاران (۲۸) نیز الگوی پراکنش مکانی درختان بلوط در جنگل های باینگان استان کرمانشاه را با استفاده از شاخص C، کپه ای معرفی نمود. برای شاخص هاپکینز در روش مربع تی مقدار ۰/۵۱

جدول ۶- مقادیر مربوط به شاخص های هاپکینز روش مربع تی و روش ترکیبی و آزمون آن ها  
 Table 6. Hopkins's in the square t method and Hopkins in the combined method and their tests

| هاپکینز (مربع تی)  | مقدار I               | مقدار h                          | هاپکینز (ترکیبی)   | مقدار I               | مقدار h                          |
|--------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|
| مقادیر             | ۰/۵۱                  | ۰/۸۵                             | مقادیر             | ۰/۵۴                  | ۰/۷۸                             |
| مقادیر تعریف شده   | ۰/۵ < I < ۰/۵         | F <sub>0.95(2n, 2n) = ۰/۷۴</sub> | مقادیر تعریف شده   | ۰/۵ < I < ۰/۵         | F <sub>0.95(2n, 2n) = ۰/۷۴</sub> |
| الگوی پراکنش مکانی | کپه ای مایل به تصادفی | غیر تصادفی                       | الگوی پراکنش مکانی | کپه ای مایل به تصادفی | غیر تصادفی                       |

مقدار I برای شاخص نسبت واریانس به میانگین طبق جدول (۷) مقدار ۲/۷۴ محاسبه شده که نشان دهنده الگوی کپه ای است. همچنین به منظور آزمون این شاخص مقدار X<sup>2</sup> محاسبه شده از X<sup>2</sup> جدول بیشتر است، بنابراین الگوی غیر تصادفی تایید می شود (جدول ۷).  
 با توجه به جدول (۷) مقدار IG برای شاخص گرین +۰/۰۰۰۵ محاسبه شده و چون عدد به دست آمده مثبت می باشد. بنابراین سایر الگوهای پراکنش مکانی به نفع الگوی کپه ای رد می شوند و الگوی کپه ای تایید می شود.

حیدری و همکاران (۹)، صفری و همکاران (۲۸) و ذبیح الهی و همکاران (۳۵) الگوی پراکنش مکانی درختان بلوط ایرانی را با استفاده از شاخص هاپکینز کپه ای معرفی نموده اند که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. همچنین، صفری و همکاران (۲۸) و ذبیح الهی و همکاران (۳۵) الگوی پراکنش مکانی درختان مورد مطالعه را با استفاده از شاخص هینز، کپه ای معرفی نموده اند که در راستای نتایج مطالعه کنونی است.  
**الگوی پراکنش مکانی با شاخص های پراکنش به روش قطعه نمونه**

جدول ۷- مقادیر مربوط به شاخص های نسبت واریانس به میانگین و گرین و آزمون آن  
 Table 7. Variance to mean ratio and Green indices and their tests

| نسبت واریانس به میانگین | مقدار I | مقدار X <sup>2</sup>  | گرین               | مقدار IG |
|-------------------------|---------|---|--------------------|----------|
| مقادیر                  | ۲/۷۴    | ۱/۱۹  | مقادیر             | ۰/۰۰۰۵   |
| مقادیر تعریف شده        | I < ۱   | اگر X <sup>2</sup> <sub>(0.025) ≤ X<sup>2</sup> ≤ X<sup>2</sup><sub>(0.075)</sub></sub> | مقادیر تعریف شده   | صفر      |
| الگوی پراکنش مکانی      | I = ۱   | و در غیر این صورت X <sup>2</sup> <sub>(0.075) =</sub>                                   | مقادیر مثبت        | کپه ای   |
|                         | I > ۱   | X <sup>2</sup> <sub>(0.025) =</sub>   | مقادیر منفی        | کپه ای   |
|                         | کپه ای  | غیر تصادفی  | الگوی پراکنش مکانی | کپه ای   |

مقداری که برای شاخص نسبت واریانس به میانگین محاسبه شده است (۲/۷۴) به دلیل بیشتر بودن از عدد ۱ الگوی کپه ای تایید می شود. این نتیجه با نتایج غلامی (۸) که

مقداری که برای شاخص نسبت واریانس به میانگین محاسبه شده است (۲/۷۴) به دلیل بیشتر بودن از عدد ۱ الگوی کپه ای تایید می شود. این نتیجه با نتایج غلامی (۸) که

(۲۵) نیز الگوی پراکنش مکانی درختان بلوط را کپه‌ای معرفی نموده‌اند.

برای شاخص موری‌سیتا مقدار ۱/۱۵ محاسبه شده که با توجه به مقادیر تعریف شده الگوی کپه‌ای تایید می‌گردد. همچنین به‌منظور آزمون این شاخص مقدار  $X^2$  محاسبه شده از  $X^2$  جدول بیشتر است بنابراین آزمون الگوی تصادفی را به‌نفع الگوی غیرتصادفی رد می‌کند.

برای شاخص استاندارد شده موری‌سیتا  $+0/5$  به‌دست آمده که سایر، الگوهای پراکنش به‌نفع الگوی کپه‌ای رد شده و الگوی پراکنش کپه‌ای تایید می‌شود (جدول ۸).

مطابقت دارد. کربس (۱۴) اعتقاد دارد شاخص مناسب برای روش قطعه نمونه نباید تحت تاثیر تعداد قطعات نمونه، تراکم جمعیت، یا تغییر در اندازه و شکل کوادرات‌ها قرار گیرد. همچنین، وی عنوان می‌کند که شاخص نسبت واریانس به میانگین شاخص مناسبی برای تعیین الگوی پراکنش مکانی است اما برای جمعیت‌های کپه‌ای تابعی از تعداد قطعات نمونه است و نسبت به پراکنش کپه‌ای حساسیت کمتری دارد. همچنین، نادری و همکاران (۲۳) معتقدند که این شاخص‌ها تا حدود زیادی از تعداد پایه‌ها در قطعات نمونه تاثیر می‌پذیرند. بصیری و همکاران (۳) الگوی پراکنش مکانی درختان در جنگل‌های مریوان را کپه‌ای و صفری و همکاران

جدول ۸- مقادیر مربوط به شاخص‌های موری‌سیتا و استاندارد شده موری‌سیتا و آزمون آن

Table 8. Morisita and standardized Morisita's indices and their tests

| مقدار $I_p$   | استاندارد شده موری‌سیتا | مقدار $X^2$         | مقدار $I_h$   | موری‌سیتا   |
|---------------|-------------------------|---------------------|---------------|---|
| $+0/5$        | مقادیر                  | ۱۲۸/۷               | ۱/۱۵          | مقادیر  |
| یکنواخت       | صفر                     | مقدار $X^2$ جدول ۷۹ | یکنواخت       | $\left[ \frac{n-1}{\sum_{i=1}^n x_i - 1} \right] - 1$ |
| تصادفی        | -۱                      | و $۷۹ < ۱۲۸/۷$      | تصادفی        | n   |
| حداکثر کپه‌ای | +۱                      | غیر تصادفی          | حداکثر کپه‌ای | الگوی پراکنش مکانی                                    |

مستقل از تراکم جمعیت و تعداد نمونه است. صفری و همکاران (۲۸) و ذبیح‌الهی و همکاران (۳۵) در تحقیقات خود الگوی پراکنش مکانی درختان را با استفاده از شاخص استاندارد شده موری‌سیتا به‌صورت کپه‌ای معرفی کردند.

برای شاخص خوشه‌بندی مقدار  $IC$ ،  $۲/۰۷$  محاسبه شده که با توجه به بیشتر بودن این عدد از مقادیر صفر و  $-۱$  الگوهای پراکنش مکانی یکنواخت و تصادفی به‌نفع الگوی کپه‌ای رد می‌شوند و الگوی کپه‌ای تایید می‌شود (جدول ۹).

شاخص موری‌سیتا نسبتاً مستقل از جمعیت است، اما تحت تاثیر تعداد قرار می‌گیرد و به‌همین دلیل به‌خوبی شاخص گرین نیست. همچنین این شاخص دارای توزیع آماری مناسب از نظر داشتن توزیع نمونه‌ای معلوم است (۱۴).

مقدار شاخص استاندارد شده موری‌سیتا، تایید کننده الگوی پراکنش کپه‌ای است. لی و همکاران (۱۸) در پژوهشی دریافته‌اند که شاخص استاندارد شده موری‌سیتا یکی از بهترین شاخص‌های بررسی الگوی پراکنش است زیرا

جدول ۹- مقادیر مربوط به شاخص خوشه‌بندی و آزمون آن

Table 9. Clustering index and its test

| مقدار IC        | خوشه‌بندی          |
|-----------------|--------------------|
| $۲/۰۷$          | مقادیر             |
| تصادفی          | صفر                |
| حداکثر یکنواختی | -۱                 |
| حداکثر کپه‌ای   | n-۱                |
| کپه‌ای          | الگوی پراکنش مکانی |

۱۸۸، ۱۶۵، ۱۹۸، ۱۸۱ و ۱۷۶ درخت در هکتار برآورد شده است.

طبق جدول (۱۰) تراکم جنگل در روش نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، فاصله‌ای ترکیبی، مربع تی و قطعه‌نمونه

جدول ۱۰- مقادیر مربوط به برآورد تراکم در روش نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، ترکیبی، مربع تی و قطعه‌نمونه

Table 10. Density estimation in the data, nearest neighbor, combination, square t and sample plot method

| حدود اعتماد (در سطح ۹۵٪) |                | تراکم | روش               |
|--------------------------|----------------|-------|-------------------|
| حد پایین تراکم           | حد بالای تراکم |       |                   |
| ۱۷۶                      | ۱۹۹            | ۱۸۸   | نزدیک‌ترین فرد    |
| ۱۵۲                      | ۱۷۹            | ۱۶۵   | نزدیک‌ترین همسایه |
| ۱۸۶                      | ۲۱۵            | ۱۹۸   | فاصله‌ای ترکیبی   |
| ۱۷۶                      | ۱۸۸            | ۱۸۱   | مربع تی           |
| ۱۶۷                      | ۱۸۵            | ۱۷۶   | قطعه نمونه        |

می کنند در ارتباط با الگوی پراکنش بذر است (۳۱). که با توجه به سنگینی بذر گونه‌ی مورد مطالعه و ریزش بذور به زیر درختچه در اثر وزن آن‌ها انتظار ایجاد الگوی کپه‌ای وجود دارد. با توجه به شرایط حاکم در جنگل‌های زاگرس و منطقه مورد مطالعه و تغییر فرم جنگل از دانه‌زاد به شاخه‌زاد انتظار می‌رود که با وجود این مساله الگوی پراکنش درختان تا حدود زیادی متأثر از الگوی ابتدایی ایجاد شده (در اثر پراکنش بذر) باشد (۳). از سایر عوامل موثر بر الگوی پراکنش می‌توان از قطع و تخریب رویشگاه، آتش‌سوزی، چرای دام، شیب، ارتفاع از سطح دریا، رقابت، خاک، جهت جغرافیایی و... نام برد. نتایج این مطالعه نشان داد الگوی پراکنش بیشتر به صورت کپه‌ای است که نشان‌دهنده مطلوب بودن مشخصه‌های کمی این گونه در حال حاضر است. رویشگاه مورد مطالعه جزو رویشگاه‌های جنگلی منحصر به فرد بوده و در حال حاضر از سوی سازمان جنگل‌ها و مراتع، ذخیره‌گاه جنگلی اعلام شده است تا با توجه به شدت عوامل تخریب از قبیل تردد انسان و دام از هرگونه تخریب، تصرف و یا تغییر کاربری آن تا حد امکان شود.

لانگوتاد (۲۰) اظهار می‌کند که الگوی کپه‌ای درجات مختلفی دارد و عوامل ایجادکننده الگوی کپه‌ای ممکن است با تغییر مقیاس تغییر کند. گونه‌هایی که الگوی پراکنش کپه‌ای دارند در مقایسه با گونه‌هایی که الگوی پراکنش تصادفی دارند در رویشگاه‌های کوچک قدرت رقابتی بیشتری دارند و ضمناً شاید ترکیب و آمیختگی کم گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه دلیل دیگری برای ایجاد الگوی کپه‌ای برای گونه‌های مورد مطالعه باشد (۲۹). با نتایج سلیمی و همکاران (۳۰) که پراکنش گونه قره‌تاج را در قطعه نمونه یک هکتاری با استفاده از تابع‌های فاصله نزدیک‌ترین همسایه را در فاصله ۵ متری کپه‌ای اعلام کرد، همخوانی دارد. در رابطه با الگوی پراکنش گونه قره‌تاج، نوع پراکنش بذرها مهم‌ترین عامل تاثیرگذار بر الگوی مکانی درختان است (۱۸). با توجه به سنگین بودن بذرها قره‌تاج و ریزش آن‌ها به زیر درخت انتظار می‌رود الگوی این گونه‌ها به شکل کپه‌ای باشد. داتا و راوات (۵) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که اندازه بذر رابطه‌ی مثبتی با سطوح بالاتری از تجمع مکانی دارند. الگوی پراکنش مکانی گونه‌هایی که به‌روش دانه‌زادآوری

## منابع

1. Aguorre, O., G. Hui, K.V. Gadow and J. Jimenes. 2003. An analysis of forest structure using neighborhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183: 137-145.
2. Askari, Y., M. Zobeiri and H. Sohrabi. 2013. Comparison of five distance-sampling methods for estimating quantitative characteristics of Zagros Forests. *Iranian journal of Forests and Poplar Research*, 21(2): 316-328 (In Persian).
3. Basiri, R., H. Sohrabi and M. Mozayan. 2006. Statistical analysis of spatial distribution pattern of tree species in Marivan. *Iranian Journal of Natural Resource*, 59(3): 579-588 (In Persian).
4. Dale, M. 2002. Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Echography*, 25 p.
5. Datta, A. and G.S. Rawat. 2008. Dispersal modes and spatial patterns of tree species in a tropical forest in Arunachal Pradesh, northeast India. *Journal-Tropical Conservation Science*, 1(3): 163-185.
6. Erfanfard, A., N. Sheik and L. Zarei. 2014. The effect of tree distribution pattern on density estimation by nearest sampling method: Case studies in Zagros mangrove trees and simulated stands. *Applied Ecology Journal*, 7: 83-93 (In Persian).
7. FallahChai, M. and S. Khoshmanzar. 2019. Determination of Spatial Distribution Pattern Analysis of Acer Velutinum Species in two Elevation Classes using Distance Sampling Methods (Case Study: Asalem Nav Forests, Series No. 2). *Ecology of Iranian Forests*, 7(13): 83-90 (In Persian).
8. Gholami, M. 2017. Evaluation of different sampling methods for estimation of quantitative characteristics of *Anagyris foetida* and identification of plant species associated with Zagros forests (Case Study: Caseh-Caran Forest of Gilane Gharb). M.Sc thesis, Razi University of Kermanshah, 115 p.
9. Heidari, R.H., M. Zobeiri, M. Namiranian, H. Sobhani and A. Safari. 2011. Study of accuracy of nearest individual sampling method in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest*, 2(4): 323-330 (In Persian).
10. Heidari, R.H., M. Gholami and M. Masoumi. 2017. Accuracy of distance sampling methods in estimation of *Anagyris foetida* L. density (Case study: Gilan-e Gharb forests). *Journal of Ecology of Iranian Forests*, 4(7): 26-34 (In Persian).
11. Hosseinzadeh, J., M. Tahmasebi and M. Mohammadpour. 2015. Vegetative and site characteristics of *Anagyris foetida* L. in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 393-401 (In Persian).
12. Jafarian, Z., A. Karimzadeh, J. Ghorbani and M. Akberzadeh. 2011. Determination of Ecological Species Groups and Effective Environmental Factors on Them. *Journal of Environmental studies*, 37(59): 77-88 (In Persian).
13. Javanmiri pour, M., M.R. Marvi Mohadjer, V. Etemad and M. Jourgholami. 2019. The structural variation in managed mixed stands the old growth forest, northern Iran. *Journal of forestry research*, 30: 1859-1871.

14. Karimi, M. and A. Fallah. 2017. Spatial Pattern and Interaction Analysis of *Quercus Brantii* Lindl. and *Pistacia Atlantica* Desf. In Qalajeh Forests of Kermanshah using K Function. Ecology of Iranian Forests, 5(9): 9-16 (In Persian).
15. Krebs, Ch.J. 1989. Ecological methodology. 2nd ed., Addison-Wesley Educational Pub. Inc: Menlo Park, California.
16. Kubota, Y. 2007. Spatial pattern regeneration dynamics in a temperate Abies-Tsuga forest in southwestern Japan. Journal of Forest Research, 11(3): 191-201.
17. Lei, W., Z. Chunyu and Z. Xiuhai. 2009. Spatial pattern of Korean pine broadleaved forest in Changbai Mountains. Scientia Silvae Sinicae, 5: 54-59.
18. Li, L., Zh. Hung, W. Ye, H. Cao, Sh. Wei, Zh. Wang, J. Lian, L. Sun, K. Ma and F. Hem. 2009. Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of china. Oikos, 118: 495-502.
19. Li, Y., J. He, S. Yu, D. Zhu, H. Wang and S. Ye. 2019. Spatial structure of the vertical layers in a subtropical secondary forest 57 years after clear-cutting. iForest-Biogeosciences and Forestry, 12(5): 442-450.
20. Longuetaud, F., S. Thomas, J.M. Leban and H. Pretzch. 2008. Analysis of long-term dynamics of crowns of sessile oaks at the stand level by means of spatial statistics. Journal of Forest Ecology and Management, 255: 2007-2019.
21. Mansouri, Z. 2015. Quantification of structural diversity of Stinking Bean Trefoil (*Anagyris foetida* L.) in Zagros forests (Case study: Guilane Gharb forests). MSc thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, 120 pp.
22. Moussai Sanjarei, M. and M. Basiri. 2007. Comparison of Distribution Pattern determinants in Yazd provinces, Journal of Agricultural Science and Technology, 40(B): 483-492 (In Persian).
23. Naderi, M., J. Mirzaei, A. Mosleh Arani, M. Heidari and A.A. Jafarzadeh. 2017. Investigation of some factors affecting the distribution of *Lonicera nummularifolia* Jaub. and Spach in Zagros forests. Applied Ecology, 6(4): 1-15 (In Persian).
24. Ritter, S., C. Hoffman, M. Battaglia, C. Stevens-rumann and W. Mell. 2020. Fine-scale fire patterns mediate forest structure in frequent-fire ecosystems. Ecosphere, 11(7): 1-17.
25. Peterson, C.J. 2020. Change in tree spatial pattern after severe wind disturbance in four Northern American Northern hardwood and sub-boreal forests. Front. For. Glob. Change, 3: 57. Doi:10.3389/ffgc.2020.00057.
26. Pukkala, T. and K. Von Gadow. 2012. Continuous Cover Forestry. Second edition. Springer, 305 pp.
27. Sabzi, Sh., H. Joneidi Jafari and P. Karami. 2018. The most important ecological factors affecting the extinction of *Anagyris foetida* L. species in Gilan Gharb. Natural Environment, Natural Resources of Iran, 71(3): 359-369 (In Persian).
28. Safari, A., N. Shabaniyan, R.H. Heidari, S.Y. Erfanifard and M. Pourreza. 2010. Investigation of spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan forests, Kirmanshah). Iranian Journal of Forest, 2(2): 177-189 (In Persian).
29. Salama, F., M. Ghani, M. Gadallah, M. Elnaggar and A. Amro. 2014. Variations in Vegetation Structure, Species Dominance and Plant Communities in South of the Eastern Desert-Egypt. Notulae Scientia Biologicae, 6(1): 41-58.
30. Salimi, A., F. Ghasemi Aghbash and M. Pourreza. 2019. Spatial pattern of *Anagyris foetida* L. shrubs in the Zagros forests. Iranian Journal of Forest, 11(1): 135-150 (In Persian).
31. Sapkota, I.P., M. Tigabu and P.C. Oden. 2009. Spatial distribution, advanced regeneration and stand structure of Nepal Sal (*Shorea robusta*) forest subject to disturbances of different intensities. Forest Ecology and Management, (257): 1966-1975.
32. Sheikh, N., Y. Erfanifard, R. FalahShamsi, M. Masoudi and E. Khosravi. 2017. Effect of spatial pattern of trees on efficiency of distance and plot sampling methods in Zagros woodlands. Iranian Journal of Forest, 9(1): 101-117 (In Persian).
33. Stamatellos, G. and G. Panourgias. 2005. Simulating spatial distributions of forest trees by using data from fixed area plots. Forestry, 78(3): 305-312.
34. Sun, L., M. Wang and X. Fan. 2020. Spatial pattern and driving factors of biomass carbon density for natural and planted coniferous forests in mountainous terrain, eastern Loess Plateau of China. Forest ecosystems, 7: 9. doi.org/10.1186/s40663-0200218-7.
35. Zabiollahi, S., N. Shabaniyan, M. Namiranian and M. Heidari. 2015. Spatial distribution of wooden species in Northern Zagros forests (Case study: Havare-khol forests). Forest Research and Development, 1(1): 17-29 (In Persian).
36. Zare, L., S.Y. Erfani Fard, M. Taghavi and N. Kariminejad. 2017. Efficiency of distance sampling methods in estimation of biometric characteristics of wild pistachio (*Pistachio atlantica* subsp. mutica) open stands in Zagros. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(3): 126-144 (In Persian).
37. Zenner, E.K. and J.E. Peck. 2009. Characterizing structural conditions in mature managed red pine: spatial dependency of metrics and adequacy of plot size. Forest ecology and management, 257: 311-320.

## The Stinking Bean Trefoil (*Anagyris foetida* L.) Structure in Zagros (Case Study of Gilan-e Gharb Forests)

Ali Rostami<sup>1</sup>, Mohsen Javanmiri Pour<sup>2</sup>, Ali Hasanzadeh<sup>3</sup> and Sirus Parviz<sup>4</sup>

---

1- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Ilam branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran,  
(Corresponding author: alirostami.mh@gmail.com)

2- Expert and Graduated Ph.D., Forest, Rangelands and Watershed organization, Kermanshah, Iran

3- Graduated Ph.D., Climatology, Islamic Azad University, Najafabad Science and Research Branch, Isfahan-Iran

4- M.Sc. Student, Department of Natural Resources, Ilam branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

Received: April 11, 2020

Accepted: November 18, 2020

---

### Abstract

Quantitative structure description can be used as one of the most important tools in forest management. The study of the structural characteristics of unique species such as Stinking Bean Trefoil (*Anagyris foetida* L.) has a high priority and its conservation is essential. Therefore, Current research is attempting to scrutinize the structural properties of this species. The study area with 930 hectares located on 7 kilometers east of Gilan-e Gharb city from Kermanshah province. For this study, the target range was first determined and then bounded using GPS. Subsequently, sampling was prepared by systematic-random sampling. Species type, diameter, height, canopy including main canopy and minor canopy were sampled. Furthermore, the distance and azimuth of each tree were calculated and recorded. The results showed that the most important tree species were Stinking Bean Trefoil, Oak, Fig and Hawthorn with 62.1%, 27.6%, 5.7% and 4.84% respectively. The cross section for Stinking Bean Trefoil is about 0.2 m<sup>3</sup>/ha, for other species it is 0.5 m<sup>3</sup>/ha and for total stand about 0.74 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>. Stinking Bean Trefoil, Persian oak and other species is 65.55%, 26.2% and 8.25%, respectively. Most of the indices showed clustered spatial pattern.

**Keywords:** Canopy Cover, Cross Section, Spatial Distribution, Stinking Bean Trefoil, Structure





## "مقاله پژوهشی"

بررسی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری چوبی  
جنگل‌های شرق استان مازندرانسمیه شیرزادی لسکوکلایه<sup>۱</sup>، حمید امیرنژاد<sup>۲</sup> و ساره حسینی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسوول: s.shirzadi@sanru.ac.ir)

۲- دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۵

صفحه: ۲۱۹ تا ۲۲۷

## چکیده

ممنوعیت بهره‌برداری جنگل یکی از مهمترین چالش‌ها در مدیریت جنگل‌های هیرکانی است که دارای پیامدهای مختلفی می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل (تنفس جنگل) در جنگل‌های شرق استان مازندران (جنگل‌های تحت مدیریت حوزه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران، ساری) است. جامعه آماری پژوهش حاضر، گروه ۶۰ نفره از کارشناسان و خبرگان، اعضای هیأت علمی متخصص در این زمینه و جوامع روستایی ساکن در حاشیه جنگل‌های تحت مدیریت بوده است. در این مطالعه جهت شناسایی پیامدهای ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از روش دلفی، محاسبه وزن پیامدها از تکنیک اِنتروپی (Entropy) و برای اولویت‌بندی آنها از تکنیک ترجیحات بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS) استفاده شد. تجزیه و تحلیل یافته‌های این پژوهش با استفاده از تکمیل ۵۵ پرسشنامه دریافتی، شش پیامد مثبت و ۱۷ پیامد منفی را از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی برای ممنوعیت بهره‌برداری جنگل شناسایی نمود. نتایج وزن‌دهی پیامدها نشان داد که در میان پیامدهای مثبت، پیامدهای افزایش ارزش‌های اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها و گرایش به سمت زراعت چوب (جهت تأمین نیاز چوبی) به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۰۰۵۷۳ و ۰/۲۰۰۴۲۶ و از پیامدهای منفی، افزایش قاچاق چوب ۰/۰۵۹۱۶۳ و کاهش اشتغال ۰/۰۵۹۱۳۳ بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج اولویت‌بندی پیامدها نیز نشان داد در میان پیامدهای مثبت و منفی، تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چندمنظوره جنگل و افزایش قاچاق چوب اولویت بالاتری را نسبت به سایر پیامدها دارند. همچنین نتایج پژوهش نشان داد در پیامدهای مثبت، دیدگاه اقتصادی و در پیامدهای منفی، دیدگاه اجتماعی وزن بیشتری را کسب نمودند. لذا پیشنهاد می‌گردد در اجرای طرح تنفس جنگل، برنامه‌هایی در راستای نظارت دقیق، مستمر و تخصیص بودجه از سوی دولت جهت افزایش حفاظت جنگل و کاهش قاچاق چوب و ایجاد فرصت‌های شغلی مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پیامدهای اقتصادی و اجتماعی، طرح تنفس جنگل، Entropy، TOPSIS

## مقدمه

نوع بهره‌برداری از درختان سرپا ممنوع اعلام شده و برداشت و بهره‌برداری تنها از درختان شکسته، خشک‌شده، افتاده و ریشه‌کن شده مجاز می‌باشد و بر اساس قانون برنامه ششم توسعه می‌بایست توسط سازمان جهاد کشاورزی اجرا گردد (۲۹). این طرح دارای پیامدهای اقتصادی و اجتماعی مختلفی است و به‌عنوان یک برنامه ملی مستلزم شناخت دقیق پیامدهای موثر و تعیین سهم هر یک از آنها در این طرح است. بنابراین ضرورت دارد که با نظرستجی از ذینفعان جنگل‌های هیرکانی، پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل شناسایی و تعیین شوند.

بررسی مطالعات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که موضوعات اندکی در ارتباط با بررسی و شناسایی پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل در داخل و خارج از کشور انجام شده است که در اینجا به ذکر برخی از آنها که به موضوع مورد مطالعه نزدیک است اشاره شد. حیدری و کرمدوست‌میران (۶)، سیاست‌گذاری برنامه تنفس و بهره‌برداری جنگل‌های حوزه شفاورد را در جامعه‌ی آماری متشکل از جوامع محلی (۱۱ نفر) و کارشناسان خیره در سطح منطقه‌ای، استانی و کشوری (۴۸ نفر) بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که ۷۳ درصد از جامعه

جنگلداری به‌عنوان علم مدیریت جنگل در اکثر کشورهای توسعه‌یافته با تکیه بر پایداری جنگل، حفظ و ارتقای ارزش‌های محیط‌زیستی و استفاده از کلیه ظرفیت‌های موجود در آن اجرا می‌شود و اساس برنامه‌ریزی آن مبتنی بر حفظ این منبع طبیعی است (۲۶). بنابراین در قرن حاضر مدیریت و اداره جنگل‌ها در جهان با نگرشی همه‌جانبه و با توجه به مسایل محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی انجام می‌پذیرد (۲۶، ۱۲). اما سیاست‌ها و برنامه‌های سازمان‌های مرتبط می‌توانند پیامدهای متعددی را در حوزه‌ها (اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی) و نیز افق‌های زمانی متفاوت (کوتاه‌مدت و بلندمدت) بر جای بگذارند. با این حال، برنامه‌ها و سیاست‌ها ممکن است حتی اثرات معکوس داشته باشند و به این ترتیب ممکن است نه تنها به هدف نرسند بلکه ضمن هدر رفت منابع مالی و غیر مالی، اجرای برنامه‌های بلندمدت مرتبط با محیط‌زیست و منابع طبیعی را پیچیده‌تر و ارزیابی آنها را مشکل‌تر سازد (۸). امروزه ممنوعیت بهره‌برداری جنگل (تنفس جنگل) از جمله سیاست‌ها و برنامه‌هایی است که وجود و عدم وجود آن با چالش‌های متعدد اقتصادی و اجتماعی مواجه است. ممنوعیت بهره‌برداری جنگل طرحی است که به موجب آن هر

۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ برای تأمین هزینه‌های زندگی کارگران جنگلداری اختصاص داده است. گانگ و همکاران (۵) اثرات سیاست‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و بوم‌شناختی را بر پایداری منابع جنگلی و توسعه اقتصادی- اجتماعی کشور چین بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که توسعه اقتصادی باید با سیاست‌های محیط‌زیستی همراه باشد.

به‌طور کلی می‌توان گفت که به‌علت جدید بودن موضوع ممنوعیت بهره‌برداری جنگل، تاکنون پژوهشی به‌صورت اختصاصی در زمینه‌ی بررسی پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از دو دیدگاه اقتصادی و اجتماعی انجام نشده است. اکثر پژوهش‌های داخل کشور در زمینه‌ی بررسی و ارزیابی اثرات بهره‌برداری جنگل بوده است و در مطالعات خارجی نیز در این موضوع تا سال‌های اخیر مطالعه‌ای مکتوب یافت نشد. با توجه به در حال اجرا بودن طرح ممنوعیت بهره‌برداری چوبی جنگل و مسائل مختلف پیرامون اجرای طرح مذکور، تحقیق حاضر می‌تواند با شناسایی پیامدهای مختلف اقتصادی و اجتماعی منطقه در بهبود برنامه‌ریزی و دستیابی به توسعه و مدیریت پایدار در جنگل‌های تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران کاربرد موثری داشته باشد. لذا، هدف از انجام این پژوهش، شناسایی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل، وزن‌دهی، اولویت‌بندی هر پیامد با توجه به وضعیت منطقه مورد بررسی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

### مواد و روش‌ها منطقه پژوهش

جهت اجرای پژوهش حاضر جنگل‌های تحت مدیریت حوزه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران (ساری) انتخاب شد. حوزه‌ی اداره‌ی کل منابع طبیعی و آبخیزداری ساری ۷۹۴۰۱۴ هکتار معادل ۳۸ درصد استان‌های شمالی کشور می‌باشد. میزان موجودی این جنگل‌ها ۱۳۰ میلیون مترمکعب و متوسط رویش سالانه این جنگل برابر ۲/۵ مترمکعب در هکتار است (۱۰).

### شیوه اجرای پژوهش

در این مطالعه به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق، مجموعه مناسبی از پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل (تنفس جنگل) با بررسی تحقیقات کتابخانه‌ای، مطالعات گذشته، استفاده از نظرات متخصصین و کارشناسان در قالب پیش‌پرسشنامه شناسایی شد. سپس به‌منظور امتیازدهی به پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل، به‌روش نمونه‌گیری تصادفی ساده پرسشنامه حاوی آنها در بین جامعه آماری ۶۰ نفره متشکل از ۲۳ نفر از متخصصین و کارشناسان مرتبط با حوزه‌ی جنگلداری، مهندسی جنگل و ۱۹ نفر از اعضای هیأت‌علمی در این زمینه و ۱۸ نفر از روستاییان حاشیه جنگل‌های شرق استان مازندران (جنگل‌های تحت مدیریت حوزه‌ی اداره‌ی کل منابع طبیعی استان مازندران (ساری) توزیع شد (۲۱) و از آنها خواسته شد با توجه به

آماری موافق بهره‌برداری از جنگل و ۲۷ درصد موافق برنامه تنفس جنگل بودند. همچنین افزایش پویایی، پایداری توده، اشتغال پایدار، کاهش فرسایش خاک و حفاظت آن به‌عنوان مهمترین نقاط قوت و فرصت این طرح معرفی شدند. زلیکانی و همکاران (۳۰)، در مطالعه خود دیدگاه کارشناسان در خصوص توقف بهره‌برداری جنگل‌های شمال ایران را با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بررسی نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که پیامدهای ایجاد زادآوری جنگل، اشتغال و خروج دام از مهمترین پیامدهای مثبت توقف بهره‌برداری جنگل است. همچنین یوسفی و همکاران (۲۹) نیز در مطالعه خود، با استفاده از مدل BOCR از دیدگاه کارشناسان، مهمترین پیامدهای مثبت توقف بهره‌برداری جنگل‌های هیرکانی را، افزایش قابلیت تولید اکسیژن، حفظ تنوع ژنتیکی و امکان احیا جنگل‌های مخروطه و استفاده از پتانسیل نیروهای موجود بیان نمودند. همچنین از جمله مهمترین پیامدهای منفی آن به افزایش برداشت غیرمجاز، توقف صنایع چوب و مبلمان، توقف احتمالی واردات، مسایل اقتصادی اجتماعی مرتبط، خروج ارز برای واردات چوب اشاره نمودند. کرم‌دوست مریان و همکاران (۱۱)، در مطالعه خود گذشته، حال و آینده جنگل‌های شمال کشور را به‌روش کتابخانه‌ای و اسنادی بررسی نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد از چالش‌های برنامه توقف بهره‌برداری جنگل، وجود قراردادهای بهره‌برداری با مجریان طرح‌های جنگلداری فعال، کمبود تأمین چوب مورد نیاز صنایع وابسته به جنگل، چگونگی حفاظت جنگل‌ها در حالت نبود مجریان طرح‌ها، امکان افزایش قاچاق چوب و احتمال افزایش شدت چرای دام در عرصه‌های جنگلی است. مصطفی و همکاران (۱۵)، سیاست‌های مدیریتی اجرا و عدم اجرای طرح جنگلداری بابل‌رود استان مازندران را با استفاده از روش دلفی و تحلیل سوات مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد مهمترین قوت طرح ممنوعیت بهره‌برداری جنگل منطقه را عدم برداشت خارج از توان جنگل و مهمترین ضعف آن را افزایش قاچاق چوب و تغییر کاربری آن بیان نمودند. هولمس و همکاران (۹)، به ارزیابی شاخص‌های مالی و اکولوژیکی ناشی از بهره‌برداری با روش‌های نوین در شرق آمازون پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که میزان تولید چوب در بهره‌برداری با روش‌های نوین، بیشتر و میزان افت تولید چوب، هزینه‌های تولید و آسیب به توده‌های باقی‌مانده کمتر از بهره‌برداری سنتی (بهره‌برداری با شیوه رایج در آمازون) است. علاوه بر این بهره‌برداری با روش‌های نوین به‌دلیل کاهش خسارت به درختان باقیمانده و کاهش میزان تخریب سطح زمین توسط ماشین‌آلات سنگین، منفعت محیط‌زیستی به‌همراه دارد. کوین (۲۰) ممنوعیت بهره‌برداری جنگل‌های ایالتی چین را مورد بررسی قرار داد. نتایج بررسی او نشان داد از دلایل ممنوعیت بهره‌برداری جنگل‌های چین، عدم بهره‌برداری بیش از حد از چوب توسط شرکت‌های تجاری سازمان‌های دولتی است. که برآیند این عمل سبب بازبانی منابع تولید چوب و بهبود مدیریت جنگل‌ها می‌شود. همچنین جهت اجرای این طرح، دولت مرکزی چین ۲/۳۵ میلیارد یوان در سال، بین سال‌های

در ادامه مقدار  $d_j$  (درجه انحراف) با استفاده از رابطه سه محاسبه شد.  $d_j$  بیان می‌کند پیامد مربوطه چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. (رابطه ۳)

$$d_j = 1 - E_j \quad (3)$$

سپس مقدار وزن پیامدها ( $w_j$ ) با استفاده از رابطه چهار محاسبه شد:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (4)$$

جهت تعیین اولویت پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از دو دیدگاه اقتصادی و اجتماعی با استفاده از تکنیک تاپسیس مراحل زیر به ترتیب اجرا شد (۲۷):  
مرحله اول: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به ماتریس استاندارد شده با استفاده از رابطه پنج:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (5)$$

مرحله دوم: ایجاد ماتریس استاندارد شده وزن با مفروض بودن بردار  $w$  به‌عنوان ورودی به الگوریتم:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} \quad (1)$$

$$V = N_D * W * n \quad n \times n \quad W_{n \times n} = \begin{vmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{1j} & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & V_{2j} & V_{2n} \\ V_{m1} & V_{2m} & V_{mj} & V_{mn} \end{vmatrix}$$

به‌طوری‌که در این ماتریس  $N_D$  ماتریسی است که امتیازات پیامدها در آن استاندارد و قابل مقایسه شده‌است و  $n \times n$  ماتریسی قطری است که فقط عناصر قطر اصلی آن صفر نیست.

مرحله سوم: مشخص کردن راه‌حل ایده‌آل مثبت ( $A^+$ ) و راه‌حل ایده‌آل منفی ( $A^-$ ):

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$m = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$m = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\}$$

مرحله چهارم: محاسبه اندازه جدائی فاصله گزینه  $M_i$  با ایده‌آل‌ها با استفاده از روش اقلیدسی:

$$d_{i+} = \{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \}^{0.5}; i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_{i-} = \{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \}^{0.5}; i = 1, 2, \dots, m$$

مرحله پنجم: محاسبه نزدیکی نسبی  $A_i$  به راه‌حل ایده‌آل:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})}; 0 \leq cl_{i+} \leq 1; i = 1, 2, \dots, m$$

مرحله ششم: رتبه‌بندی پیامدها براساس ترتیب نزولی  $cl_{i+}$  در این مطالعه جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

دیدگاه، تخصص و تجارب خود به هر کدام از پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل با تعیین یکی از پنج درجه اهمیت طیف لیکرت، بی‌اهمیت (۱)، کم‌اهمیت (۲)، بااهمیت (۳)، بااهمیت زیاد (۴) و بااهمیت بسیار زیاد (۵) امتیاز دهند و در صورت وجود پیامد جدید آنها را به لیست اضافه نمایند (۲۲). در این تحقیق فرآیند دلفی در سه مرحله برای شناسایی پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل در قالب پرسشنامه انجام شد. از میان ۶۰ پرسشنامه دریافتی، پنج پرسشنامه به‌دلیل کامل نبودن اطلاعات حذف شد و در نهایت از داده‌های ۵۵ پرسشنامه جهت آنالیز اطلاعات استفاده شد. برای جمع‌بندی آرای پرسش‌شوندگان، میانگین و انحراف معیار هر پیامد در هر مرحله محاسبه (۱۹) و در اختیار متخصصان شرکت‌کننده قرار گرفت و از آنها خواسته شد تا نظرات نهایی خود را با توجه به مشاهده میانگین نظرات بقیه اعضا به ترتیب اولویت اعلام نمایند. همچنین پاسخ‌های دریافتی را مجدداً مرور نموده و در صورت نیاز در نظرات و قضاوت‌های خود تجدیدنظر کرده و دلایل خود را در موارد عدم توافق ذکر نمایند (۱۶). در پایان، پیامدهای تحقیق بر مبنای اعلام نظر نهایی گروه دلفی لیست گردید. در این پژوهش جهت حصول به اتفاق نظر میان اعضای دلفی از شاخص انحراف معیار (۲) و ضریب هم‌هنگی کندال استفاده شد (۲۲، ۲۳).

بر خلاف روش‌های تحقیقی پایشی، اعتبار روش دلفی به تعداد شرکت‌کنندگان در تحقیق بستگی ندارد بلکه وابسته به اعتبار علمی متخصصان شرکت‌کننده در پژوهش است (۱۳). لذا در این مطالعه رویایی پرسش‌نامه با توجه به نظر متخصصان و کارشناسان تعیین و به‌منظور بررسی پایداری درونی پرسش‌ها از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد (۱۴).

در این پژوهش از تکنیک اِنتروپی به‌منظور تعیین وزن و تکنیک تاپسیس برای اولویت‌بندی پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از دو دیدگاه اقتصادی و اجتماعی استفاده شد. از اینرو جهت تعیین وزن پیامدها با تکنیک اِنتروپی، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری را به ماتریس نرمال‌شده تبدیل نمود و میزان  $E_j$  (عدم اطمینان) و  $d_j$  (درجه انحراف) را برای هر یک از پیامدها محاسبه و در نهایت وزن ( $w_j$ ) هر یک از پیامدها تعیین شد. مراحل اجرای این تکنیک به شرح زیر می‌باشد (۲۵):

در یک ماتریس تصمیم‌گیری با  $m$  گزینه و  $n$  پیامد، برای تعیین وزن پیامدها، ابتدا به‌ازای هر عضو ماتریس تصمیم‌گیری که با  $r_{ij}$  مشخص می‌شود، به شرح روابط زیر محاسبه شد:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (1)$$

سپس میزان  $E_j$  از مجموع  $P_{ij}$  ها به‌ازای هر مشخصه محاسبه شد به‌طوری‌که  $K$  یک ثابت مثبت معادل  $k = \frac{1}{\ln m}$  است که مقدار  $E_j$  را بین صفر و یک نگه می‌دارد.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

## نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش، شش پیامد مثبت و ۱۷ پیامد منفی را برای ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی شناسایی نمود.

جهت بررسی پایداری درونی سوال‌های پرسشنامه، ضریب آلفای کرونباخ ( $\alpha=0/89$ ) محاسبه شد. طبق نظر دیلمن (۴)، اگر ضریب آلفا کرونباخ بیشتر از ۰/۷ باشد پرسشنامه از پایایی قابل قبولی برخوردار است. از این رو، با توجه به مقدار ضریب آلفای کرونباخ بدست آمده در این تحقیق، پایایی پرسشنامه مذکور مورد تأیید قرار گرفت. این نتیجه با نتایج مطالعات انجام شده توسط پابلو مارتینز و همکاران (۱۸) و عنابستانی و همکاران (۱) همخوانی دارد.

نتایج نشان داد مقدار انحراف معیار پاسخ گروه دلفی درباره میزان اهمیت پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی

ممنوعیت بهره‌برداری جنگل در مرحله سوم نسبت به مرحله دوم روش دلفی کمتر بوده است و مقدار ضریب هماهنگی کندال پاسخ‌های گروه دلفی درباره میزان اهمیت پیامدها در مرحله سوم نسبت به مرحله دوم روش دلفی ۰/۳ افزایش یافت. براساس منطق نظری و رویه معمول دلفی چون مقدار ضریب هماهنگی کندال در مرحله سوم دلفی افزایش یافته است نیازی به ادامه فرایند دلفی در مرحله چهارم نیست و با توجه به توافق حاصل شده عملاً مراحل دلفی خاتمه یافته تلقی می‌گردد. لذا بر اساس نتایج، اتفاق نظر شرکت‌کنندگان در انتخاب پاسخ‌ها در مرحله سوم روش دلفی حاصل شد. از اینرو نیازی به اجرای مرحله چهارم روش دلفی نبوده است. نتایج مطالعات دهقانی و همکاران (۳) نیز موید این مطلب است. تجزیه و تحلیل پاسخ‌های دریافتی در مراحل دوم و سوم روش دلفی در جدول یک قابل مشاهده است.

جدول ۱- امتیازدهی پیامدهای مثبت و منفی اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل

Table 1. Scoring positive and negative economic and social consequences of forest logging prohibition

| انحراف معیار |      | میانگین رتبه‌های متخصصین |      | پیامدهای مثبت  |         |
|--------------|------|--------------------------|------|--|---------|
| دوم          | سوم  | دوم                      | سوم  | دوم  | سوم     |
| ۳/۷۱         | ۳/۵۵ | ۱/۲۹                     | ۱/۳۲ | گرایش به سمت زراعت چوب (جهت تأمین نیازهای چوبی)  |         |
| ۳/۵۱         | ۳/۴۷ | ۱/۱۶                     | ۱/۱۷ | تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چند منظوره جنگل (اگروفارستری، محصولات فرعی جنگل و ...)  | اقتصادی |
| ۳/۴۵         | ۳/۴۳ | ۱/۱۲                     | ۱/۱۹ | افزایش ارزش اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها (تنوع‌زیستی، حفاظت آب و خاک، ترسیب کربن ..)   |         |
| ۲/۲۹         | ۲/۳۱ | ۰/۹۴                     | ۰/۹۸ | توسعه صنعت توریسم  | اجتماعی |
| ۲/۱۲         | ۲/۲۰ | ۰/۸۳                     | ۰/۹۱ | افزایش قابلیت در جذب افراد از طریق بهبود سیمای طبیعی و چشم‌انداز جنگل و عدم دستکاری در سیمای طبیعی جنگل  |         |
| ۲/۶۹         | ۲/۷۳ | ۱/۱۹                     | ۱/۲۰ | افزایش رضایتمندی دوستداران محیط‌زیست   |         |
| انحراف معیار |      | میانگین رتبه‌های متخصصین |      | پیامدهای منفی  |         |
| دوم          | سوم  | دوم                      | سوم  | دوم  | سوم     |
| ۳/۵۳         | ۳/۵۷ | ۱/۲۶                     | ۱/۲۷ | افزایش هزینه‌های دولت برای اقدامات حفاظتی، پرورشی و تأمین سوختی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل  |         |
| ۴/۰۸         | ۴/۰۶ | ۰/۹۳                     | ۱/۰۱ | اختلال در نظام صنایع چوب ایران (تعطیلی و ورشکستگی کارخانه‌های مرتبط با چوب)  |         |
| ۳/۹۶         | ۳/۹۲ | ۱/۰۴                     | ۱/۰۸ | وابستگی کشور به واردات چوب و خروج ارز از کشور (وابستگی به خارج از کشور)  |         |
| ۳/۸۸         | ۳/۸۰ | ۱/۰۱                     | ۱/۰۸ | تحویل هزینه به دولت جهت تأمین مواد اولیه کارخانجات و کارگاه‌های وابسته و تأمین مالی و حمایتی از زراعت چوب  | اقتصادی |
| ۳/۵۱         | ۳/۴۳ | ۱/۱۶                     | ۱/۱۹ | جایگزین شدن چوب وارداتی به جای چوب آلات بومی کشور و استفاده نکردن از تولید موجود (اتلاف تولیدات داخل)  |         |
| ۳/۶۹         | ۳/۶۳ | ۱/۲۳                     | ۱/۲۴ | پایین آمدن توان اقتصادی طرح‌های جنگلداری   |         |
| ۳/۱۰         | ۳/۱۴ | ۱/۴۶                     | ۱/۴۹ | کاهش درآمد دولت حاصل از دریافت بهره مالکانه  |         |
| ۳/۶۷         | ۳/۶۵ | ۱/۰۳                     | ۱/۰۷ | عدم امکان تأمین به موقع مواد اولیه مصرفی کارخانه‌های صنایع چوب (عدم امکان تأمین مواد اولیه کارخانجات، کارگاه‌های وابسته و در نتیجه افزایش قیمت محصولات چوبی) |         |
| ۴/۶۱         | ۴/۵۳ | ۰/۷۰                     | ۰/۸۷ | افزایش قاچاق چوب با توجه به شرایط اقتصادی کشور   |         |
| ۳/۴۳         | ۳/۳۵ | ۱/۳۱                     | ۱/۳۳ | افزایش ناهنجاری و منازعات اجتماعی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل  |         |
| ۳/۸۶         | ۳/۷۸ | ۱/۰۴                     | ۱/۱۰ | شکایت مجریان طرح‌ها از دولت  |         |
| ۴/۳۱         | ۴/۲۴ | ۰/۷۷                     | ۰/۸۳ | کاهش اشتغال (کارشناسان، متخصصان، فارغ التحصیلان در زمینه جنگلداری و صنایع چوب، جوامع روستای حاشیه جنگل، جنگل‌نشینان و .....                                  | اجتماعی |
| ۲/۲۴         | ۲/۲۷ | ۱/۱۱                     | ۱/۱۵ | کاهش بستر تحقیقاتی در بخش مهندسی جنگل  |         |
| ۲/۹۰         | ۲/۸۸ | ۱/۲۳                     | ۱/۲۵ | از بین رفتن واحد کار موجود (بخش مهندسی جنگل)   |         |
| ۳/۵۹         | ۳/۵۱ | ۱/۳۱                     | ۱/۳۴ | کاهش اقدامات حفاظتی و حمایتی جنگل توسط سازمان‌های ذیربط (کاهش تمرکز روی حفاظت جنگل، بروز خطر آتش‌سوزی به علت عدم حضور نیروهای طرح جنگلداری)                  |         |
| ۳/۲۷         | ۳/۱۸ | ۰/۸۸                     | ۰/۹۱ | افزایش تصرف به اراضی جنگل  |         |
| ۲/۹۶         | ۲/۹۶ | ۰/۸۹                     | ۰/۹۲ | کاهش توسعه‌یافتگی روستاهای حاشیه جنگل (توسعه اجتماعی و اقتصادی: آموزش، بهداشت، حمل و نقل و غیره.....)  |         |

گرایش به سمت زراعت چوب و تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چندمنظوره جنگل به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۰۰۵۷۳، ۰/۲۰۰۴۲۶ و ۰/۲۰۰۲۹۲ بیشترین وزن را در بین سایر پیامدها به خود اختصاص داده‌اند. همچنین پیامدهای

نتایج وزن‌دهی پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل با استفاده از تکنیک اِنتروپی نشان داد در میان پیامدهای مثبت ممنوعیت بهره‌برداری جنگل پیامدهای افزایش ارزش اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها،

جنگل را، افزایش برداشت غیر مجاز چوب (قاچاق چوب)، مشکلات ناشی از کاهش درآمد جنگل، هزینه خروج بیشتر به‌علت پراکندگی بیشتر مقطوعات، ورود آفات جدید به جنگل در نتیجه واردات، توقف صنایع چوب و مبل‌مان در صورت توقف بهره برداری و توقف احتمالی واردات و مسائل اقتصادی اجتماعی مرتبط، خروج ارز برای واردات چوب بیان نمودند.

منفی شامل افزایش قاچاق چوب، کاهش اشتغال و اختلال در نظام صنایع چوب ایران به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۰۵۹۶۳، ۰/۰۵۹۱۳۳ و ۰/۰۵۹۰۴۱ بیشترین وزن را در بین سایر پیامدهای منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل به‌خود اختصاص داده‌اند. این نتایج مطابق با نتایج یوسفی و همکاران (۲۹) است که مهمترین پیامدهای منفی طرح عدم بهره‌برداری

جدول ۲- محاسبه‌ی وزن پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل با تکنیک اِنتروپی

Table 2. Calculating weigth of positive and negative consequences of forest logging prohibition using Entropy technic

| W <sub>j</sub> | d <sub>j</sub> | E <sub>j</sub> | پیامدهای مثبت   | دیدگاه  |
|----------------|----------------|----------------|---|---------|
| ۰/۲۰۰۴۲۶       | ۱/۹۸۴۶۶۲       | -۰/۹۸۴۶۶۲      | گرایش به سمت زراعت چوب (جهت تأمین نیازهای چوبی)   | اقتصادی |
| ۰/۲۰۰۲۹۲       | ۱/۹۸۳۳۳۸       | -۰/۹۸۳۳۳۸      | تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چند منظوره جنگل (اگروفارستری و محصولات فرعی جنگل....)  |         |
| ۰/۲۰۰۵۷۳       | ۱/۹۸۶۱۲۴       | -۰/۹۸۶۱۲۴      | افزایش ارزش اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها (تنوع زیستی، حفاظت آب و خاک، ترسیب کربن و ...)   |         |
| ۰/۱۹۹۷۶۷       | ۱/۹۷۸۱۳۹       | -۰/۹۷۸۱۳۹      | توسعه صنعت توریسم   | اجتماعی |
| ۰/۱۹۹۳۶۳       | ۱/۹۷۴۱۳۶       | -۰/۹۷۴۱۳۶      | افزایش قابلیت در جذب افراد (هنرمندان، توریسم، گردشگران و غیره...) از طریق بهبود سیمای طبیعی و چشم‌انداز جنگل و عدم دستکاری در سیمای طبیعی جنگل                |         |
| ۰/۲۰۰۰۰۵       | ۱/۹۸۰۴۹۸       | -۰/۹۸۰۴۹۸      | افزایش رضایتمندی دوستداران محیط‌زیست  |         |
| W <sub>j</sub> | d <sub>j</sub> | E <sub>j</sub> | پیامدهای منفی   | دیدگاه  |
| ۰/۰۵۸۱۷۳۰      | ۱/۹۸۲۱۱۰       | -۰/۹۸۲۱۱۰      | افزایش هزینه‌های دولت برای اقدامات حفاظتی، پرورشی و تأمین سوختی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل   | اقتصادی |
| ۰/۰۵۹۰۴۱       | ۱/۹۹۲۶۰۶       | -۰/۹۹۲۶۰۶      | اختلال در نظام صنایع چوب ایران (تعطیلی و ورشکستگی کارخانه‌های مرتبط با چوب)   |         |
| ۰/۰۵۸۹۸۴       | ۱/۹۹۰۶۷۲       | -۰/۹۹۰۶۷۲      | وابستگی کشور به واردات چوب و خروج ارز از کشور (وابستگی به خارج از کشور)   |         |
| ۰/۰۵۸۹۴۲       | ۱/۹۸۹۳۳۶       | -۰/۹۸۹۳۳۶      | تحمل هزینه به دولت جهت تأمین مواد اولیه کارخانجات و کارگاه‌های وابسته و تأمین مالی و حمایتی از زراعت چوب  | اجتماعی |
| ۰/۰۵۸۸۰۶       | ۱/۹۸۴۶۶۲       | -۰/۹۸۴۶۶۲      | جایگزین شدن چوب وارداتی به جای چوب آلت بومی کشور و استفاده نکردن از تولید موجود (اتلاف تولیدات داخل)  |         |
| ۰/۰۵۸۷۸۴       | ۱/۹۸۳۹۰۴       | -۰/۹۸۳۹۰۴      | پایین آمدن توان اقتصادی طرح‌های جنگل‌داری   |         |
| ۰/۰۵۸۳۵۳       | ۱/۹۶۹۳۸۸       | -۰/۹۶۹۳۸۸      | کاهش درآمد دولت حاصل از دریافت بهره مالکانه   | اجتماعی |
| ۰/۰۵۸۹۷۱       | ۱/۹۹۰۲۳۴       | -۰/۹۹۰۲۳۴      | عدم امکان تأمین به موقع مواد اولیه مصرفی کارخانه‌های صنایع چوب (عدم امکان تأمین مواد اولیه کارخانجات و کارگاه‌های وابسته و در نتیجه افزایش قیمت محصولات چوبی) |         |
| ۰/۰۵۹۶۳        | ۱/۹۹۶۷۱۷       | -۰/۹۹۶۷۱۷      | افزایش قاچاق چوب با توجه به شرایط اقتصادی کشور  |         |
| ۰/۰۵۸۶۲۸       | ۱/۹۷۸۶۶۳       | -۰/۹۷۸۶۶۳      | افزایش ناهنجاری و منازعات اجتماعی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل   | اجتماعی |
| ۰/۰۵۸۹۶۱       | ۱/۹۸۹۸۸۹       | -۰/۹۸۹۸۸۹      | شکایت مجریان طرح‌ها از دولت   |         |
| ۰/۰۵۹۱۳۳       | ۱/۹۹۵۶۹۳       | -۰/۹۹۵۶۹۳      | کاهش اشتغال (کارشناسان، متخصصان، فارغ التحصیلان در زمینه جنگلداری و صنایع چوب، جوامع روستای حاشیه جنگل، جنگل‌نشینان و ...)                                    |         |
| ۰/۰۵۸۳۷۶       | ۱/۹۷۰۱۴۹       | -۰/۹۷۰۱۴۹      | کاهش بستر تحقیقاتی در بخش مهندسی جنگل   | اجتماعی |
| ۰/۰۵۸۵۴۹       | ۱/۹۷۶۰۰۴       | -۰/۹۷۶۰۰۴      | از بین رفتن واحد کار موجود (بخش مهندسی جنگل)  |         |
| ۰/۰۵۸۷۰۲       | ۱/۹۸۱۱۴۵       | -۰/۹۸۱۱۴۵      | کاهش اقدامات حفاظتی و حمایتی جنگل توسط سازمان‌های ذیربط (کاهش تمرکز روی حفاظت جنگل، بروز خطر آتش‌سوزی به علت عدم حضور نیروهای طرح جنگلداری)                   |         |
| ۰/۰۵۸۹۷۵       | ۱/۹۹۰۳۷۶       | -۰/۹۹۰۳۷۶      | افزایش تصرف به اراضی جنگل   | اجتماعی |
| ۰/۰۵۸۹۰۰       | ۱/۹۸۷۸۴۹       | -۰/۹۸۷۸۴۹      | کاهش توسعه یافتگی روستاهای حاشیه جنگل (توسعه اجتماعی و اقتصادی: آموزش، بهداشت، حمل و نقل و غیره...)   |         |

و در بین پیامدهای منفی آن دیدگاه اجتماعی وزن بیشتری را نسبت به دیدگاه مقابل به‌خود اختصاص داده است (جدول ۳).

طبق نتایج به‌دست‌آمده از اجرای تکنیک اِنتروپی، در بین پیامدهای مثبت ممنوعیت بهره‌برداری جنگل دیدگاه اقتصادی

جدول ۳- محاسبه‌ی وزن دیدگاه‌ها در خصوص پیامدهای ممنوعیت بهره‌برداری جنگل با تکنیک اِنتروپی

Table 3. Calculating weigth of perspectives on the consequences of forest logging prohibition using Entropy technico

| W <sub>j</sub> | d <sub>j</sub> | E <sub>j</sub> | دیدگاه  | پیامد |
|----------------|----------------|----------------|---------|-------|
| ۰/۶۰۱۳۹۱       | ۵/۹۵۴۱۲۴       | -۲/۹۵۴۱۲۴      | اقتصادی | مثبت  |
| ۰/۵۹۹۱۳۵       | ۵/۹۳۲۷۷۳       | -۲/۹۳۲۷۷۳      | اجتماعی |       |
| ۰/۴۷۰۶۱۲       | ۱۵/۸۸۲۸۱۱      | -۷/۸۸۲۸۱۱      | اقتصادی | منفی  |
| ۰/۵۲۹۳۸۸       | ۱۷/۸۶۶۴۸۵      | -۸/۸۶۶۴۸۵      | اجتماعی |       |

نزدیکی نسبی ۰/۶۹۹۰۸۰ و از دیدگاه اجتماعی، پیامد افزایش قاچاق چوب با نزدیکی نسبی ۰/۷۶۰۳۴۱ اولویت اول را به‌خود اختصاص داده‌اند. در این خصوص می‌توان گفت اجرای طرح ممنوعیت بهره‌برداری جنگل کاهش اشتغال، افزایش بیکاری، افزایش قیمت چوب و افزایش مخارج زندگی، افزایش قاچاق چوب را به‌دنبال خواهد داشت (۱۷). از این رو بسیاری بر این باورند که با توقف بهره‌برداری، جنگل‌ها نجات خواهند یافت و روند کاهش سطح جنگل‌های شمال و قاچاق چوب متوقف خواهد شد. اما در اینجا طبق نظر متخصصان باید به این نکته اشاره کرد که در زمان توقف بهره‌برداری جنگل،

نتایج جدول چهار نشان می‌دهد در میان پیامدهای مثبت ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از دیدگاه اقتصادی، پیامد تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چندمنظوره جنگل با نزدیکی نسبی ۰/۶۱۸۰۰۳ و از دیدگاه اجتماعی، پیامد افزایش قابلیت در جذب افراد (هنرمندان، توریسم، گردشگران و غیره ...) از طریق بهبود سیمای طبیعی و چشم‌انداز جنگل و عدم دستکاری در سیمای طبیعی جنگل با نزدیکی نسبی ۰/۴۷۸۳۰۲ و در میان پیامدهای منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل از دیدگاه اقتصادی، پیامد اختلال در نظام صنایع چوب ایران (تعطیلی و ورشکستگی کارخانه‌های مرتبط با چوب) با

مجریان طرح‌های جنگلداری در محدوده مشخص شده به مجاز در جنگل زیاد می‌شود (۷).  
انجام بهره‌برداری نمی‌پردازند و دخل و تصرف و برداشت غیر

جدول ۴- اولویت‌بندی پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل با مدل تاپسیس

Table 4. Prioritization of positive and negative consequences of forest logging prohibition with TOPSIS model

| رتبه | نزدیکی نسبی | پیامدهای مثبت                            | دیدگاه  |
|------|-------------|--|---|
| ۱    | ۰/۶۹۸۰۰۳    | (اگر وفارستری، محصولات فرعی جنگل، .....) | تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چند منظوره جنگل  |
| ۲    | ۰/۵۸۴۰۸۲    |  | گرایش به سمت زراعت چوب (جهت تامین نیازهای چوبی)   |
| ۳    | ۰/۵۷۳۰۵۳    |  | افزایش ارزش اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها (تنوع‌زیستی، حفاظت آب و خاک، ترسیب کربن و ...)               |
| ۱    | ۰/۴۴۲۹۹۶    |  | توسعه صنعت توریسم   |
| ۲    | ۰/۴۰۱۹۷۶    |  | افزایش رضایتمندی دوستداران محیط‌زیست  |
| ۳    | ۰/۴۷۸۳۰۲    |  | افزایش قابلیت در جذب افراد (هنرمندان، گردشگران و غیره) ...  |
| رتبه | نزدیکی نسبی | پیامدهای منفی                            | دیدگاه  |
| ۱    | ۰/۶۹۹۰۸۰    |  | اختلال در نظام صنایع چوب ایران (تعطیلی و ورشکستگی کارخانه‌های مرتبط با چوب)                               |
| ۲    | ۰/۶۶۹۶۳۴    |  | عدم امکان تأمین به موقع مواد اولیه مصرفی کارخانه‌های صنایع چوب ...  |
| ۳    | ۰/۶۲۰۷۸۲    |  | تحلیل هزینه به دولت جهت تأمین مواد اولیه کارخانجات و کارگاه‌های وابسته و تامین مالی و حمایتی از زراعت چوب |
| ۴    | ۰/۶۰۹۷۳۵    |  | پایین آمدن توان اقتصادی طرح‌های جنگلداری  |
| ۵    | ۰/۵۸۴۷۴۳    |  | جایگزین شدن چوب وارداتی به جای چوب‌آلات بومی کشور و استفاده نکردن از تولید موجود (اتلاف تولیدات داخل)     |
| ۶    | ۰/۵۸۱۹۰۴    |  | وابستگی کشور به واردات چوب و خروج ارز از کشور (وابستگی به خارج از کشور)                                   |
| ۷    | ۰/۵۷۹۸۵۲    |  | افزایش هزینه‌های دولت برای اقدامات حفاظتی، پرورشی و تامین سوختی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل         |
| ۸    | ۰/۵۰۷۰۷۹    |  | کاهش درآمد دولت حاصل از دریافت بهره مالکانه   |
| ۱    | ۰/۷۶۰۳۴۱    |  | افزایش قاچاق چوب با توجه به شرایط اقتصادی کشور  |
| ۲    | ۰/۶۸۴۲۵۵    |  | کاهش اشتغال ...   |
| ۳    | ۰/۶۵۳۱۹۳    |  | شکایت مجریان طرح‌ها از دولت   |
| ۴    | ۰/۵۸۷۷۱۰    |  | کاهش اقدامات حفاظتی و حمایتی جنگل توسط سازمان‌های ذیربط ...   |
| ۵    | ۰/۵۵۳۶۴۴    |  | افزایش ناهنجاری و منازعات اجتماعی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل                                       |
| ۶    | ۰/۵۴۱۹۳۵    |  | افزایش تصرف به اراضی جنگل   |
| ۷    | ۰/۴۷۷۸۸۲    |  | کاهش توسعه‌یافتگی روستاهای حاشیه جنگل (توسعه اجتماعی و اقتصادی: آموزش، بهداشت، حمل و نقل و غیره) ...      |
| ۸    | ۰/۴۷۴۸۹۱    |  | از بین رفتن واحد کار موجود (بخش مهندسی جنگل)  |
| ۹    | ۰/۳۵۸۹۷۰    |  | کاهش بستر تحقیقاتی در بخش مهندسی جنگل   |

در این مطالعه نتایج اولویت‌بندی پیامدهای مثبت ممنوعیت بهره‌برداری جنگل در حالت کلی بدون لحاظ دیدگاه‌های مختلف نشان داد که پیامدهای تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چندمنظوره جنگل، گرایش به سمت زراعت چوب و پیامدهای منفی بهره‌برداری جنگل شامل افزایش قاچاق چوب با توجه به شرایط اقتصادی کشور و اختلال در نظام صنایع چوب ایران بالاترین اولویت را در میان سایر پیامدها به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵).

جدول ۵- اولویت‌بندی پیامدهای مثبت و منفی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل بدون لحاظ دیدگاه‌های مختلف

Table 5. Prioritization of the positive and negative consequences of forest logging prohibition without of different perspectives

| رتبه | نزدیکی نسبی | پیامدهای مثبت                            | دیدگاه  |
|------|-------------|--|---|
| ۱    | ۰/۶۹۸۰۰۳    | (اگر وفارستری، محصولات فرعی جنگل، .....) | تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چند منظوره جنگل  |
| ۲    | ۰/۵۸۴۰۸۲    |  | گرایش به سمت زراعت چوب (جهت تامین نیازهای چوبی)   |
| ۳    | ۰/۵۷۳۰۵۳    |  | افزایش ارزش اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها (تنوع‌زیستی، حفاظت آب و خاک، ترسیب کربن و ...)               |
| ۴    | ۰/۴۷۸۳۰۲    |  | افزایش قابلیت در جذب افراد (هنرمندان، گردشگران و غیره) ...  |
| ۵    | ۰/۴۴۲۹۹۶    |  | توسعه صنعت توریسم   |
| ۶    | ۰/۴۰۱۹۷۶    |  | افزایش رضایتمندی دوستداران محیط‌زیست  |
| رتبه | نزدیکی نسبی | پیامدهای منفی                            | دیدگاه  |
| ۱    | ۰/۷۶۰۳۴۱    |  | افزایش قاچاق چوب با توجه به شرایط اقتصادی کشور  |
| ۲    | ۰/۶۹۹۰۸۰    |  | اختلال در نظام صنایع چوب ایران (تعطیلی و ورشکستگی کارخانه‌های مرتبط با چوب)                               |
| ۳    | ۰/۶۸۴۲۵۵    |  | کاهش اشتغال ...   |
| ۴    | ۰/۶۶۹۶۳۴    |  | عدم امکان تأمین به موقع مواد اولیه مصرفی کارخانه‌های صنایع چوب ...  |
| ۵    | ۰/۶۵۳۱۹۳    |  | شکایت مجریان طرح‌ها از دولت   |
| ۶    | ۰/۶۲۰۷۸۲    |  | تحلیل هزینه به دولت جهت تأمین مواد اولیه کارخانجات و کارگاه‌های وابسته و تامین مالی و حمایتی از زراعت چوب |
| ۷    | ۰/۶۰۹۷۳۵    |  | پایین آمدن توان اقتصادی طرح‌های جنگلداری  |
| ۸    | ۰/۵۸۷۷۱۰    |  | کاهش اقدامات حفاظتی و حمایتی جنگل توسط سازمان‌های ذیربط ...   |
| ۹    | ۰/۵۸۴۷۴۳    |  | جایگزین شدن چوب وارداتی به جای چوب‌آلات بومی کشور و استفاده نکردن از تولید موجود (اتلاف تولیدات داخل)     |
| ۱۰   | ۰/۵۸۱۹۰۴    |  | وابستگی کشور به واردات چوب و خروج ارز از کشور (وابستگی به خارج از کشور)                                   |
| ۱۱   | ۰/۵۷۹۸۵۲    |  | افزایش هزینه‌های دولت برای اقدامات حفاظتی، پرورشی و تامین سوختی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل         |
| ۱۲   | ۰/۵۵۳۶۴۴    |  | افزایش ناهنجاری و منازعات اجتماعی جنگل‌نشینان و روستاهای حاشیه جنگل                                       |
| ۱۳   | ۰/۵۴۱۹۳۵    |  | افزایش تصرف به اراضی جنگل   |
| ۱۴   | ۰/۴۷۷۸۸۲    |  | کاهش درآمد دولت حاصل از دریافت بهره مالکانه   |
| ۱۵   | ۰/۴۷۴۸۹۱    |  | کاهش توسعه‌یافتگی روستاهای حاشیه جنگل (توسعه اجتماعی و اقتصادی: آموزش، بهداشت، حمل و نقل و غیره) ...      |
| ۱۶   | ۰/۴۷۴۸۹۱    |  | از بین رفتن واحد کار موجود (بخش مهندسی جنگل)  |
| ۱۷   | ۰/۳۵۸۹۷۰    |  | کاهش بستر تحقیقاتی در بخش مهندسی جنگل   |

را کسب نمودند (جدول ۶). نتایج تحقیق ولف‌سلنر (۲۸) مؤید این نتایج است.

همچنین نتایج پژوهش نشان داد در پیامدهای مثبت دیدگاه اقتصادی و در پیامدهای منفی دیدگاه اجتماعی، نزدیکی نسبی بیشتری را کسب نمودند و به ترتیب در هر پیامد اولویت اول

جدول ۶- اولویت‌بندی دیدگاه‌های اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری جنگل با مدل تاپسیس  
Table 6. Prioritization of economic and social of perspectives of forest logging prohibition using TOPSIS model

| پیامد | نزدیکی نسبی | رتبه | دیدگاه  |
|-------|-------------|------|---------|
| مثبت  | ۱/۷۷۵۱۳۸    | ۱    | اقتصادی |
|       | ۱/۳۲۳۳۷۴    | ۲    | اجتماعی |
| منفی  | ۴/۸۵۲۷۹۹    | ۱    | اقتصادی |
|       | ۵/۰۹۲۸۲۲    | ۲    | اجتماعی |

دولت جهت افزایش حفاظت جنگل و کاهش قاچاق چوب صورت پذیرد. همچنین از کشورهای درحال اجرای طرح ممنوعیت بهره‌برداری جنگل جهت اجرای بهتر طرح الگوبرداری شود. پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، علایق و نگرش ساکنین بومی جهت حفاظت جنگل‌ها مورد توجه قرار گیرد تا جنگل‌ها به‌عنوان زیستگاه فون و فلور در روند توسعه ناپایدار کنونی ویژگی‌های طبیعی خود را حفظ کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود خسارت اقتصادی و اجتماعی طرح ممنوعیت بهره‌برداری جنگل به‌صورت کمی ارزیابی گردد و مطالعاتی با در نظر گرفتن پیامدهای بوم‌شناختی در کنار پیامدهای اجتماعی و اقتصادی صورت پذیرد.

#### تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از نتایج طرح پژوهشی با کد ۱۵-۱۳۹۷-۰۲ است که با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری صورت گرفته است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این پژوهش، شش پیامد مثبت و ۱۷ پیامد منفی از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی برای ممنوعیت بهره‌برداری جنگل در منطقه مورد مطالعه توسط متخصصین و کارشناسان در این زمینه شناسایی شد. که طبق جمع‌بندی نظرات متخصصان مختلف با در صورت اجرای اصولی و همگام با مدیریت پایدار جنگل، طرح تنفس جنگل در منطقه پیامدهای مثبتی از قبیل افزایش ارزش‌های اقتصادی خدمات محیط‌زیستی جنگل‌ها، تغییر مدیریت وابسته به چوب به مدیریت چندمنظوره جنگل و گرایش به سمت زراعت چوب و پیامدهای منفی از قبیل افزایش قاچاق چوب، اختلال در نظام صنایع چوب ایران (تعطیلی و ورشکستگی کارخانه‌های مرتبط با چوب) و کاهش اشتغال را به‌همراه خواهد داشت. لذا براساس نتایج پژوهش حاضر در هنگام اجرای طرح ممنوعیت بهره‌برداری جنگل (طرح تنفس جنگل) در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد: نظارت دقیق و مستمر و تخصیص بودجه از سوی

#### منابع

- Anabestani, A., A. Saeidi and H. Darvishi. 2012. Evaluation of socio economic, physical and ecological of tourism development in rural areas from villagers and tourist's points of view (Case Study: Dasht Arjan of Fars). Journal of Spatial Planning, 2(2): 1-20 (In Persian).
- Choi, H and E. Sirakaya. 2006. Sustainability indicators for managing community tourism. Tourism Management Journal, 27: 1274-1289.
- Dehghani, M., N. Yaghoubi, A. Mooghali and Z. Vazife. 2019. A comprehensive model of factors affecting Establishment of Knowledge Management, Journal of New Approaches in Educational Administration, 10(37): 109-132 (In Persian).
- Dillman, D.A. 2000. Mail and internet surveys: the tailored design method, second Ed. John Wiley and Sons, Inc., United States of America.
- Gong, Z., L. Gu, S. Yao and Y. Den. 2020. Effects of bio-physical, economic and ecological policy on forest transition for sustainability of resource and socioeconomics development. Journal of Cleaner Production, 243: 118571.
- Haidari, M. and B. Karamdoost Maryan. 2017. The study and policy cessation of forest utilization or forest logging in hyrcanian forests (Case study: Shafarood forests), Iranian Journal of Forests and Poplar Research, 24(4): 736-724 (In Persian).
- Hejazian, M. and M. Lotfalian. 2013. Consequences of unprincipled reduction of wood exploitation in the forests of northern Iran. The first national conference on agriculture and sustainable natural resources, 7 pp (In Persian).
- Hesmatolvaezin, M. and T. Shamekhi. 2014. A critique of the respiratory plan of non-logging of Iran northern forests, University of Tehran (In Persian).
- Holmes, T.P., G.M. Blate, J.C. Zweede, R. Pereira, P. Barreto, F. Boltz and R. Bauch. 2002. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. Forest Ecology and Management, 163(1): 93-110.
- http://www.mzfrw.ir. 2017. (Department of Natural Resources of Mazandaran Province (Sari).

11. Karamdoost Marian, B., F. Tavankar and K. Pourakbari. 2018. Past, present and future of forests in northern Iran. 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran and 3rd National Conference on Protection of Natural Resources and Environment, 5 pp (In Persian).
12. Keyvan Behju, F. and S. Ghanbari. 2017. Economic valuation of non wood forest products of Ardebil Fanduglu forest (Hazel nut fruit production) and its role in household economics. *Ecology of Iranian Forest*, 5(9):56-62 (In Persian)
13. Ludwig, L. and S. Starr. 2005. Library as place: results of a Delphi study. *Journal of the medical library association*, 93(3): 315-327.
14. Momeni, M., M. Sarafei and M. Gasemei. 2006. The structure and function of religious-cultural tourism and the necessity of integrated management in Mashhad Metropolis. *Geography and Development Iranian Journal*, 6(11): 13-38 (In Persian).
15. Mostafa, M., K. Espahbodi, N. Hatami and F. Asadi. 2020. Iranian journal of Forest and Poplar Research. Policy management investigation of implementation and non-implementation of forestry plan in Babol Roud, Iran. 28(2): 180-191 (In Persian).
16. Munca, D. P., S. Varnhagen, P. Brett-McLean, G. M. Allan, O. Szafran and Ausford A. 2007. Rewards and challenges of family practice: web- based survey using the Delphi method. *Can FAM physician*, 53(2): 277-278.
17. Nezamjo, S. 2012. Legal system to prevent wood smuggling in Iran and its impact on environmental protection. Master Thesis in Environment, Shahid Beheshti University, 300 pp (In Persian).
18. Pablo Martinez, M., S. Marco, D. Serrano, M. J. Forjaz and M. S. Serrano. 2007. Two questionnaires for Parkinson's disease: are the PDQ-39 and PDQL equivalent? *Qual Life Res*, 16(7): 21-30.
19. Powell, C. 2003. The Delphi technique: Myths and realities. *Methodological issues in nursing research*, 41(4).
20. Qin, L. 2014. China tests outright logging ban in state forests. *China Dialogue*, Accessed Mar. 20, 2015.
21. Rezaei, J., H. Seidzadeh and M. Efati. 2018. The identification of challenges and the formulation of management participatory mechanisms using SOWT analysis in forest Bankoul area of Ilam province. *Ecology of Iranian Forest*, 6(12): 50-61 (In Persian).
22. Schmidt, R., K.L. Yytinen, M. Keil and P. Cule. 2001. Identifying Software Project Risks: An International Delphi Study, *Journal of Management Information Systems*, 17(4): 5-36.
23. Siegel, S. and Jr. Castellan. 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, 2nd Edition, New York: McGraw-Hill.
24. Skulmoski, G.J., F. Hartman and J. Krahn. 2007. The Delphi method for graduate research, *Journal of information technology education*, 6: 123-132.
25. Tahvili, Z., A. Malekian, H. Khosravi and S. Khalighi Sigaroudi. 2017. Rain water harvesting potential locating in arid regions using TOPSIS; Case study Nain Plain. *Irrigation & Water Engineering*, 7(27): 60-74 (In Persian).
26. Vatani, L., S. Shamsi and A. Rafiei. 2018. A Review of the Forest Management Status of Iran. *International Conference on Society and the Environment*, 10 pp (In Persian).
27. Wang, T. C and T. H. Chang. 2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert systems with applications*, 33 pp.
28. Wolfslehner, B. 2007. The use of indicator models for the evaluation of sustainable forest management in a multi-criteria analysis framework, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Department of Forest-and Soil Sciences, Institute of Silviculture, PhD thesis, 98 pp.
29. Yousefi, S., R. Mousavi, A. Hosseinzadeh and A. Banj Shafiee. 2018. Investigation of stopping the exploitation of Hyrcanian forests in Iran using BOCR. *First National Conference on Iranian Forests, Research and Development*, 6 pp (In Persian).
30. Zolikhani, M., H. Akbari and M. Lotfalian. 2017. The investigation of point of view experts about non-forest logging in north Iran forest. Msc Thesis, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. 99 pp (In Persian).



## Investigating the Economic and Social Consequences of the Forest Logging Prohibition of Eastern Forests of Mazandaran Province

Somayeh Shirzadi Laskookalayeh<sup>1</sup>, Hamid Amirnejad<sup>2</sup> and Sareh Hosseini<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari (Crossponding athour: s.shirzadi@sanru.ac.ir)

2- Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari

3- Ph.D. Forestry, Faculty of Natural Resources, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari

Received: November 1, 2020

Accepted: January 14, 2021

### Abstract

Forest logging prohibition is one of the most important challenges in the management of Hyrcanian forests that it has different consequences. The purpose of this study is identifying, weighting and prioritization the positive and negative consequences of the forest logging prohibition from economic and social aspects in forests in the east of Mazandaran province (forests managed of the department of natural resources and watershed of Mazandaran province (Sari). The statistical population of the study consists of a group of 60 people including experts and specialists, faculty members specialized in this field and rural communities living in the margins of managed forests. In the study we used the Delphi method for identifying the consequences of the forest logging prohibition, the entropy technique used to calculate the weight of them and the preferences technique based on the similarity to the ideal solution (TOPSIS) used to prioritize them. The analysis of the research findings identified 6 positive and 17 negative consequences from economic and social aspects for the forest logging prohibition based on 55 questionnaires received. The results of consequences weighting showed that among the positive consequences, the consequences of increasing the economic values of forest environmental services and the tendency towards wood cultivation with weights 0.200573 and 0.200426 respectively, and from the negative consequences, increasing wood smuggling 0.05163 and reducing employment 0.0513133 have the most weight. The results of prioritization of consequences showed that among the positive and negative consequences, changing the dependent management of wood to multiple management forest and increasing wood smuggling have the highest priority among other consequences. Also the results showed that in positive consequences, economic perspective and in negative consequences, social perspective gained more weight. Therefore, we are suggested that in order to implement the forest logging prohibition plan, programs considered for accurate, continuous monitoring and budget allocation for increasing forest protection and reduce wood smuggling and create job opportunities by the government.

**Keywords:** Economic and social consequences, Entropy, Forest logging prohibition plan, TOPSIS

# *Ecology of Iranian Forests*

---

---

***Publisher:*** Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

***Managing Director:*** Asghar Fallah

***Chief Editor:*** Hamid Jalilvand

***Executive Manager of University Scientific Journals:*** Rahmat Abasi

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Akbarinia, Moslem          | Associate Professor, University of Tarbiat Modares                               |
| Fallah, Asghar             | Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University |
| Hojjati, Seyed Mohammad    | Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University |
| Hosseini, Seyed Mohsen     | Professor, University of Tarbiat Modares   |
| Jalilvand, Hamid           | Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University |
| Pourbabaei, Hasan          | Associate Professor, University of Guilan  |
| Pourmajidian, Mohammadreza | Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University |
| Shataeei, Shaban           | Professor, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University         |
| Tabari, Masoud             | Professor, University of Tarbiat Modares   |
| Zolfaghari, Roghayeh       | Associate Professor, University of Yasouj  |

***Editor:*** Hamid Jalilvand

***Typesetting and Layout:*** Office of Scientific Journals- Fatemeh Esmaili

***Price:*** 100000 Rials

***Address:*** Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

***P.O.Box,*** 578, Sari, IRAN

***Fax:*** +981133687437

***Email:*** [journal@sanru.ac.ir](mailto:journal@sanru.ac.ir)

***Web Address:*** <http://ifej.sanru.ac.ir>

# Ecology of Iranian Forests



Ministry of Science, Research and Technology  
Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

## Contents:

Vol. 9, No. 17, Spring and Summer 2021

|   |     |
|---|-----|
| <b>Introducing Two Fungi Species of <i>Trametes</i> spp. and Their Relationship with some of the tree Characteristics and Sites factors in Lorestan Province, Iran</b>                      | 9   |
| Shahram Mehdi Karami, Akram Ahmadi, Kambiz Abrari Vajari, Saeed Ali Mousazadeh, Zeynab Barani Beyranvand  |     |
| <b>Investigating the Spatial Pattern of Chemical Properties of Forest Soil under Livestock Presence through Geo-Statistics (A Case study: Eastern Bandpey Forest -Babol)</b>                | 19  |
| Roja Mollazadeh Ganji, Seyed Mohammad Hodjati and Morteza Madanipore Kermanshahi  |     |
| <b>Evaluation of Organizing Plan of Livestock Exit from Forest (Case Study: Central Part of Rezvanshahr City)</b>   | 29  |
| Mohammad Karim Motamed and Fatemeh Ghorbani Piralidehi  |     |
| <b>Investigating the Diameter and Height Models of Beech Trees in Uneven Age Forest of Northern Iran (Case study: Forest Farim)</b>   | 40  |
| Seydeh Kosar Hamidi, Asghar Fallah, Mahmoud Bayat and Seyed Ali Hosseini Yekani   |     |
| <b>Investigation on Seedling Emergence from Direct Seeding of <i>Quercus Persica</i>, <i>Pistacia Atlantica</i> and <i>Acer Cineracens</i> in Natural Conditions of Ilam, Dalab Forests</b> | 48  |
| Ahmad Hosseini, Mehdi Pourhashemi and Ayad Aazami   |     |
| <b>Influence of Short and Long Period Abandonment from Agriculture on Vegetation and Soil Seed Bank Composition Compared to Undisturbed Forest in Zagros Region</b>                         | 61  |
| Nasim Zeynali, Mehdi Heydari, Masoud Bazgir and Mehrdad Kohzadean   |     |
| <b>Horizontal and Vertical Structure of Northern Zagros Forests in Relation to Traditional Forestry System (Case study: Havare- Khol Forests)</b>   | 74  |
| Soroush Zabihollahi, Omid Fathi Zadeh, Abbas Jamshidi Bakhtar, Naghi Shabaniyan and Manouchehr Namiranian   |     |
| <b>Simulation of Nitrogen Deposition (Nitrogen Addition Experiments) Impact on Soil Properties in Pine <i>Radiata</i> Stands</b>  | 85  |
| Azam Sadat Nouraei, Hamid Jalilvand, Seyyed Mohammad Hojjati and Seyyed Jalil Alavi   |     |
| <b>Temporal-Spatial Analysis of drought and Oak Trees Dieback of Zagros Forests in Ilam Province</b>  | 96  |
| Shamsollah Asgari, Tayeb Raziei, Ahmad Hosini and Ali najafifar   |     |
| <b>Investigation of Climate Change Parameters of Forest Ecosystem Compared to Urban Area</b>  | 105 |
| Roya Abedi and Ladan Kazemi Rad   |     |
| <b>Ecological Role of Altitude on Quantitative Characteristics of Caucasian Oak (<i>Quercus macranthera</i> Fisch. &amp; C.A.Mey. ex Hohen.) Stands in Arasbaran Forest</b>                 | 113 |
| Miald Safari, Kiomars Sefidi, Ahamd Alijanpour and Mohammad Razi Elahian  |     |
| <b>Micropropagation of Chestnut (<i>Castanea sativa</i> Mill.) Affected by Plant Growth Regulators under <i>In Vitro</i> Conditions</b>   | 122 |
| Mehrcedeh Tafazoli, Seyed Mohammad Hosseini Nasr, Hamid Jalilvand and Mahya Tafazoli  |     |
| <b>The Role of Indigenous Knowledge in Employment, Income of Local People and Conservation of Hircanian Forests from the Viewpoint of Vaz Area Residents, Noor City</b>                     | 132 |
| Fereydoon Aghajantabar, Masoud Tabari Kouchaksaraei and Jalal Mahmoudi  |     |
| <b>Investigation the Accuracy of Estimating the Biomass of Poplar (<i>Populus alba</i> L.) Trees using Allometric Equations</b>   | 141 |
| Abozar Heidari Safari Kouchi, Teimour Rostami Shahraji, Reza Ebrahimi Atani and Yaghob Iranmanesh   |     |
| <b>Changes in Carbon Sequestration and some Edaphic Traits in Forest Types of Central Zagros (Case Study: The forests of Lorestan Province)</b>   | 151 |
| Hamzeh Jafari Sarabi, Babak Pilehvar, Kambiz Abrari and Seyed Mohammad Waez-Mousavi   |     |
| <b>Determination of Spatial Pattern of Woody Species using Point Pattern Analysis (Case Study: Chehel-tan Dehbakri Forest, Kerman Province)</b>   | 162 |
| Miad Pakzad, Timur Rostami Shahraji and Reza Ebrahimi Atani   |     |
| <b>Comparison of the Performance of Fuzzy C-Means and K-Medoids in Modeling Forest Fire Occurrence (Case Study: Saravan Forests, Gilan)</b>   | 174 |
| Shaghayegh Zolghadry, Mehrdad GhodsKhahDaryaei, Kamran Nasirahmadi and Esmaeil Ghajar   |     |
| <b>Economic Value and Contribution of Carbon Storage in Different Organs of Eucalyptus and Acacia in the Flood Spreading Fields of Kowsar Station</b>                                       | 184 |
| Mohammad Javad Rousta, Maryam Enayati, Seyed Masoud Soleimanpour and Kouros Kamali  |     |
| <b>Assessing the Probability of Forest Fire Occurring using Dong Model, Artificial Neural Network and K Nearest Neighbors in Babolrood Basin, Mazandaran</b>                                | 195 |
| Raheleh Eslami, Mohammadreza Azarnoosh, Ali Kialashki and Farid Kazemnejad  |     |
| <b>Modeling of Canopy Cover Estimation Using Landsat 8 Satellite OLI Data in the Zagros Forests</b>   | 206 |
| Naseh Miri and Ali Asghar Darwish Sefat   |     |
| <b>The Stinking Bean Trefoil (<i>Anagyris foetida</i> L.) Structure in Zagros (Case Study of Gilan-e Gharb Forests)</b>   | 218 |
| Ali Rostami, Mohsen Javanmiri Pour, Ali Hasanazadeh and Sirus Parviz  |     |
| <b>Investigating the Economic and Social Consequences of the Forest Logging Prohibition of Eastern Forests of Mazandaran Province</b>   | 227 |
| Somayeh Shirzadi Laskookalayeh, Hamid Amirnejad and Sareh Hosseini  |     |

# Ecology of Iranian Forests (Scientific)



Ministry of Science, Research and Technology  
Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Vol. 9, No. 17, Spring and Summer 2021

ISSN 2423-7140

## Contents:

|   |     |
|---|-----|
| <b>Introducing Two Fungi Species of <i>Trametes</i> spp. and Their Relationship with some of the tree Characteristics and Sites factors in Lorestan Province, Iran</b>                      | 9   |
| Shahram Mehdi Karami, Akram Ahmadi, Kambiz Abrari Vajari, Saeed Ali Mousazadeh, Zeynab Barani Beyranvand  |     |
| <b>Investigating the Spatial Pattern of Chemical Properties of Forest Soil under Livestock Presence through Geo-Statistics (A Case study: Eastern Bandpey Forest -Babol)</b>                | 19  |
| Roja Mollazadeh Ganji, Seyed Mohammad Hodjati and Morteza Madanipour Kermanshahi  |     |
| <b>Evaluation of Organizing Plan of Livestock Exit from Forest (Case Study: Central Part of Rezvanshahr City)</b>   | 29  |
| Mohammad Karim Motamed and Fatemeh Ghorbani Pirahdehi   |     |
| <b>Investigating the Diameter and Height Models of Beech Trees in Uneven Age Forest of Northern Iran (Case study: Forest Farim)</b>   | 40  |
| Seydeh Kosar Hamidi, Asghar Fallah, Mahmoud Bayat and Seyed Ali Hosseini Yekani   |     |
| <b>Investigation on Seedling Emergence from Direct Seeding of <i>Quercus Persica</i>, <i>Pistacia Atlantica</i> and <i>Acer Cineracens</i> in Natural Conditions of Ilam, Dalab Forests</b> | 48  |
| Ahmad Hosseini, Mehdi Pourhasheini and Ayad Aazami  |     |
| <b>Influence of Short and Long Period Abandonment from Agriculture on Vegetation and Soil Seed Bank Composition Compared to Undisturbed Forest in Zagros Region</b>                         | 61  |
| Nasim Zeynali, Mehdi Heydari, Masoud Bazgir and Mehrdad Kohzadean   |     |
| <b>Horizontal and Vertical Structure of Northern Zagros Forests in Relation to Traditional Forestry System (Case study: Havare- Khol Forests)</b>   | 74  |
| Soroush Zabihollahi, Omid Fathi Zadeh, Abbas Jamshidi Bakhtiar, Naghi Shabanian and Manouchehr Namiranian   |     |
| <b>Simulation of Nitrogen Deposition (Nitrogen Addition Experiments) Impact on Soil Properties in Pine Radiata Stands</b>   | 85  |
| Azam Sadat Nouraei, Hamid Jalilvand, Seyyed Mohammad Hojati and Seyyed Jalil Alavi  |     |
| <b>Temporal-Spatial Analysis of drought and Oak Trees Dieback of Zagros Forests in Ilam Province</b>  | 96  |
| Shamsollah Asgari, Tayeb Razi, Ahmad Hosini and Ali najafifar   |     |
| <b>Investigation of Climate Change Parameters of Forest Ecosystem Compared to Urban Area</b>  | 105 |
| Roya Abedi and Ladan Kazemi Rad   |     |
| <b>Ecological Role of Altitude on Quantitative Characteristics of Caucasian Oak (<i>Quercus macranthera</i> Fisch. &amp; C.A.Mey. ex Hohen.) Stands in Arasbaran Forest</b>                 | 113 |
| Miald Safari, Kiomars Sefidi, Ahmad Alijanpour and Mohammad Razi Elahian  |     |
| <b>Micropropagation of Chestnut (<i>Castanea sativa</i> Mill.) Affected by Plant Growth Regulators under <i>In Vitro</i> Conditions</b>   | 122 |
| Mehrdad Tafazoli, Seyed Mohammad Hosseini Nasr, Hamid Jalilvand and Mahya Tafazoli  |     |
| <b>The Role of Indigenous Knowledge in Employment, Income of Local People and Conservation of Hircanian Forests from the Viewpoint of Yaz Area Residents, Noor City</b>                     | 132 |
| Fereydoon Aghajantabar, Masoud Jabari Kouchaksaraei and Jalal Mahmouidi   |     |
| <b>Investigation the Accuracy of Estimating the Biomass of Poplar (<i>Populus alba</i> L.) Trees using Allometric Equations</b>   | 141 |
| Abozar Heidari Safari Kouchi, Teimour Rostami Shahrabi, Reza Ebrahimi Atani and Yaghoob Iranmanesh  |     |
| <b>Changes in Carbon Sequestration and some Edaphic Traits in Forest Types of Central Zagros (Case Study: The forests of Lorestan Province)</b>   | 151 |
| Hamzeh Jafari Sarabi, Babak Pilehvar, Kambiz Abrari and Seyed Mohammad Waez-Mousavi   |     |
| <b>Determination of Spatial Pattern of Woody Species using Point Pattern Analysis (Case Study: Chehel-tan Dehbakri Forest, Kerman Province)</b>   | 162 |
| Mjad Pakzad, Timur Rostami Shahrabi and Reza Ebrahimi Atani   |     |
| <b>Comparison of the Performance of Fuzzy C-Means and K-Medoids in Modeling Forest Fire Occurrence (Case Study: Saravan Forests, Gilan)</b>   | 174 |
| Shaghayegh Zolghadry, Mehrdad GhodsKhadDaryaei, Kamran Nasirahmadi and Esmacil Ghajar   |     |
| <b>Economic Value and Contribution of Carbon Storage in Different Organs of Eucalyptus and Acacia in the Flood Spreading Fields of Kowsar Station</b>                                       | 184 |
| Mohammad Javad Rosta, Maryam Enayati, Seyed Masoud Soleimanpour and Kourosh Kamali  |     |
| <b>Assessing the Probability of Forest Fire Occurring using Dong Model, Artificial Neural Network and K Nearest Neighbors in Babolrood Basin, Mazandaran</b>                                | 195 |
| Rahelch Eslami, Mohammadreza Azarnoosh, Ali Kialashki and Farid Kazemnejad  |     |
| <b>Modeling of Canopy Cover Estimation Using Landsat 8 Satellite OLI Data in the Zagros Forests</b>   | 206 |
| Nasheh Miri and Ali Asghar Darwish Sefat  |     |
| <b>The Stinking Bean Trefoil (<i>Anagyris foetida</i> L.) Structure in Zagros (Case Study of Gilan-e Gharb Forests)</b>   | 218 |
| Ali Rostami, Mohsen Javanmiri Pour, Ali Hasanazadeh and Sirus Parviz  |     |
| <b>Investigating the Economic and Social Consequences of the Forest Logging Prohibition of Eastern Forests of Mazandaran Province</b>   | 227 |
| Somayeh Shirzadi Laskookalayeh, Hamid Amirnejad and Sareh Hosseini  |     |

Indexing:

