



## تهیه نقشه تیپ‌های جنگلی طرح جنگلداری زیارت گرگان با استفاده از روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک

مجتبی امیری<sup>۱\*</sup>، محسن مصطفی<sup>۲</sup> و محمد رحیمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه سمنان، سمنان  
<sup>۲</sup> استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری  
<sup>۳</sup> دانشیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۵)

### چکیده

با توجه به اثرهای متقابل گونه‌های درختی و عوامل محیطی بر یکدیگر، توصیف و تحلیل تیپ‌های جنگلی ضروری به نظر می‌رسد. هدف تحقیق حاضر تهیه نقشه تیپ‌های جنگلی با استفاده از روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک است. برای این منظور سری هشت طرح جنگلداری زیارت استان گلستان به مساحت ۳۳۸۸ هکتار در نظر گرفته شد. سپس مشخصات تمام درختان زنده سرپا شامل گونه، قطر برابر سینه (سانتی‌متر) بیشتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع کامل (متر) در قطعات نمونه دایره‌ای ۱۰۰۰ متر مربعی با استفاده از روش آماربرداری منظم- تصادفی به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر اندازه‌گیری و ثبت شد. تعداد کل قطعات نمونه ۵۵۶ بود. سپس با توجه به درصد آمیختگی درختان در هر قطعه نمونه تیپ‌های جنگلی مشخص شد. در نهایت با استفاده از پارامترهای فیزیوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه) و اقلیمی (میانگین بارندگی، تبخیر و دمای سالیانه) با روش‌های پارامتریک (رگرسیون لجستیک) و ناپارامتریک (شبکه عصبی)، نقشه تیپ‌های جنگلی مشخص شد. نتایج نشان داد که در الگوریتم‌های رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی بیشترین مساحت منطقه به ترتیب مربوط به تیپ‌های راش- مرمر به همراه انجیلی (۲۳/۳۲ درصد) و تیپ راش- مرمر (۲۴/۶۹ درصد) است. در هر دو روش، عامل ارتفاع به عنوان عامل فیزیوگرافی و عامل بارندگی به عنوان عامل اقلیمی دارای تأثیر بیشتری در پراکنش تیپ‌های گیاهی بودند. هر دو الگوریتم رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی نتایج مقبولی را با توجه به محدودیت متغیرهای ورودی و پیچیدگی اکوسیستم جنگل ارائه دادند، اما در کل روش شبکه عصبی دارای برتری نسبی به رگرسیون لجستیک بود، اما استفاده از هر دو الگوریتم در مطالعات پراکنش تیپ‌های جنگلی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون لجستیک، شبکه عصبی، عوامل اقلیمی، عوامل فیزیوگرافی.

### مقدمه

تیپ جنگل یکی از نقشه‌های موضوعی پرکاربرد، برای برنامه‌ریزی و مدیریت اکوسیستم جنگل به شمار می‌رود (Darvishsefat et al., 2009). با تهیه نقشه تیپ جنگل علاوه بر بررسی وضعیت موجود، می‌توان

مدیریت و مطالعه صحیح اکوسیستم‌های جنگلی نیازمند داشتن اطلاعات مکانی دقیق از ترکیب و ساختار جنگل است (Bollandsa et al., 2013). نقشه

نورون‌ها باشد (Melesse, & Hanley, 2005). یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های پیش‌نیاز تشکیل پوشش گیاهی و گسترش آن، شکل ظاهری پستی و بلندی است که موازی با اقلیم، زمین‌شناسی، خاک و دیرینه‌شناسی عمل می‌کند (Guoyu et al., 2011). از داده‌های ارتفاعی زمین می‌توان برای تهیه نقشه‌های شیب و جهت استفاده کرد. این خصوصیات در بسیاری از روش‌های مدل‌سازی مربوط به طبقه‌بندی محیطی استفاده می‌شود، با توجه به نقش و جایگاه درختان توده‌های جنگلی در تعادل اکوسیستم و استفاده‌های مختلف مستقیم و غیرمستقیم انسان از آنها، شناخت روابط بین درختان و عوامل محیطی برای ثبات و پایداری آن اجتناب‌ناپذیر است. بررسی عوامل محیطی پیچیدگی خاصی دارد. بدین معنا که نخست، متغیرهای تحت مطالعه تغییرات زیادی دارند؛ دوم، بین متغیرهای محیطی و گیاهان کنش‌های پیچیده‌ای وجود دارد و همچنین همبستگی‌های مشاهده‌شده اغلب با عدم قطعیت همراه است (Taleshi et al., 2018).

به‌منظور تپ‌بندی پوشش گیاهی و جنگلی Liu et al. (2005) از شبکه عصبی، Matsuura & Suzuki (2012) از رگرسیون لجستیک، Modares Gorji et al. (2014) از رگرسیون لجستیک، Ahadi et al. (2018) از رگرسیون کریجینگ و Shojaee et al. (2017) از رگرسیون لجستیک استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که عوامل ارتفاع، شیب و بارندگی بیشترین تأثیر را بر پراکنش پوشش گیاهی دارند، همچنین در پژوهش‌های دیگر Mi et al. (2010)، Bolland et al. (2014)، الگوریتم‌های پارامتریک و ناپارامتریک را در تپ‌بندی پوشش جنگلی مقایسه کردند و نشان دادند که دقت مدل‌های به‌دست‌آمده به روش ناپارامتریک تفاوت معنی‌داری با مدل‌ها پارامتریک دارد.

در مطالعات داخل کشور، بیشتر از الگوریتم‌های پارامتریک و ناپارامتریک به‌صورت جداگانه برای تهیه

در طول زمان تغییرات جنگل را مطالعه و شیوه مدیریت آنها را ارزیابی و بازبینی کرد (Zangiabadi et al., 2017). همچنین تهیه نقشه تپ جنگلی به ارائه اطلاعات مکانی از وضعیت پوشش و تپ جنگل منجر شده که برای مطالعات جامعه‌شناسی تپ‌های مختلف جنگلی و تشخیص تنوع و پراکنش گونه‌ای ضروری به نظر می‌رسد (Porma et al., 2010). به‌طور معمول تهیه نقشه تپ جنگل با استفاده از روش‌های میدانی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای صورت می‌گیرد. از طرفی برای تهیه نقشه و پیش‌بینی تپ‌های جنگلی در یک رویشگاه و رویشگاه‌های مختلف می‌توان از مدل‌های مختلف آماری استفاده کرد. مدل‌ها بر فرضیه‌هایی استوارند که چگونه عوامل محیطی، توزیع گونه‌ها و جوامع گیاهی را کنترل می‌کنند. ورودی کلیدی این مدل‌ها، مجموعه‌ای از داده‌های جغرافیایی رستری است که نشان‌دهنده پارامترهای محیطی است که به‌طور معمول به‌طور گسترده توزیع گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خروجی‌های به‌دست‌آمده از این مدل‌ها نقشه‌هایی هستند که نشان‌دهنده توزیع گونه‌هاست (Hosseini et al., 2013).

در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌سازی برای تهیه نقشه پراکنش گونه‌ها توسعه داده شده است، که در برخی مطالعات از روش‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک استفاده شده است. رگرسیون لجستیک<sup>۱</sup> به‌عنوان یک الگوریتم پارامتریک برای ایجاد مدل‌های احتمالی در زمینه‌های مختلفی از قبیل زمین‌شناسی، جنگل‌شناسی و حیات‌وحش کاربرد دارد (Modares Gorji et al., 2014). شبکه عصب مصنوعی<sup>۲</sup> نیز براساس الگوی تشخیصی قادر به مدل‌سازی فرایندهای غیرخطی است. عناصر پردازشی هر شبکه عصبی وظیفه دریافت و پردازش داده‌ها را بر عهده دارد که این داده‌ها می‌توانند داده‌های خام یا اطلاعات سایر

1. Logistic regression
2. Artificial Neural Networks (ANN)

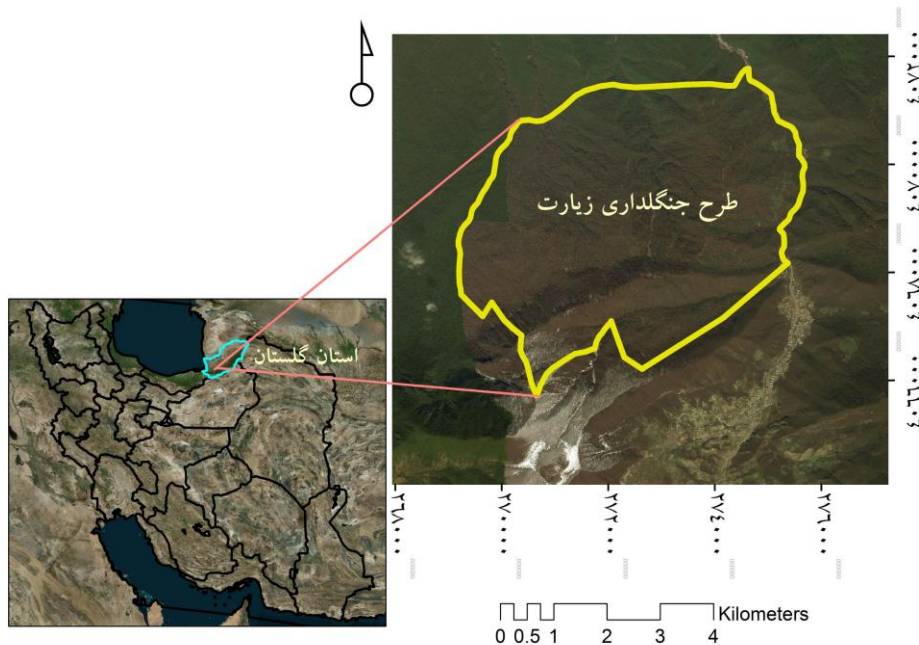
جنگل‌های شمال ایران قرار دارد. مساحت سری ۸ طرح زیارت ۳۳۸۸/۸ هکتار مساحت است که از شمال به طرح جنگلداری سعدآباد و ناهارخوران، از جنوب به جنگل‌های حفاظتی، از شرق به رودخانه زیارت و سری ۷ طرح جنگلداری زیارت و از غرب به دره و مرز طرح جنگلداری سعدآباد محدود می‌شود که در این تحقیق، ۲۵۸۳/۲۶ هکتار آن بررسی شد، زیرا به دلیل شرایط توپوگرافی، آماربرداری در حدود ۸۰۰ هکتار آن ممکن نبود. دامنه ارتفاعی منطقه بین ۵۱۷ تا ۲۱۲۲ متر از سطح دریاست، میانگین بارش سالیانه ۵۷۵ میلی‌متر، میانگین دما ۵/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین شیب حوضه ۴۸/۱۸ درصد است، از نظر زمین‌ریخت‌شناسی بیش از نیمی از مساحت آن در دیواره اول البرز و جبهه شمالی واقع است. چند قطعه با حوزه‌های کوچک رو به شرق و یک زیرحوضه وسیع (سفیدآب) غربی- شرقی سیمای زمین‌ریخت آن را تشکیل می‌دهد ( Forests, Range and Watershed Management Organization. 2010).

نقشه پوشش جنگلی استفاده شده است و کمتر به مقایسه این دو الگوریتم اقدام کرده‌اند، از طرف دیگر با توجه به اینکه طرح جنگلداری زیارت انتهای شرقی رویشگاه راش در جنگل‌های هیرکانی و یک منطقه ویژه اکولوژیکی محسوب می‌شود، این تحقیق با اولویت تهیه نقشه تپ‌های جنگلی و سپس معرفی الگوریتم مناسب برای این نقشه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف تحقیق حاضر، تهیه نقشه تپ‌های جنگلی با استفاده از مشخصه‌های فیزیوگرافی و اقلیمی و استفاده از الگوریتم‌های پارامتریک و ناپارامتریک در سری ۸ طرح جنگلداری زیارت استان گلستان است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه پژوهش

منطقه تحقیق، سری ۸ طرح جنگلداری زیارت در استان گلستان است. این طرح در اراضی و ارتفاعات جنوب شهر گرگان و در حوضه آبخیز ۸۵ طرح جامع



شکل ۱- موقعیت منطقه تحقیق در ایران و استان گلستان

## روش پژوهش

از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، سال ۱۳۸۷ سازمان نقشه‌برداری کشور برای تهیه نقشه فیزیوگرافی استفاده شد. با استفاده از نقشه منحنی میزان این نقشه‌ها، ابتدا مدل رقومی ارتفاع (DEM) و سپس با استفاده از آن نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و انحنای سطح زمین در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.1 تهیه شد. انحنای سطح زمین شامل انحنای طولی و عرضی می‌شود. انحنای طولی، انحنای سطح زمین در جهت تندترین شیب و انحنای عرضی، انحنای سطح زمین عمود بر تندترین شیب را نشان می‌دهد (Sepahvand et al., 2018).

اقلیم از عوامل تعیین‌کننده پوشش گیاهی هر منطقه است (Sadat Fatemi Azarkhavarani et al., 2017). به‌منظور تهیه نقشه‌های اقلیمی داده‌های ده‌ساله ایستگاه‌های هواشناسی اطراف منطقه تحقیق (ایستگاه‌های گرگان، درازنو، نامل، کردکوی و زیارت) تا شعاع ۵۰ کیلومتری از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. سپس برای درون‌یابی، داده‌های اقلیمی وارد نرم‌افزار GS+ شد و ابتدا نرمال‌سازی داده‌ها انجام گرفت. پس از نرمال‌سازی، واریوگرام‌ها با استفاده از بهترین مدل به‌دست‌آمده (مدل کروی) برازش شدند. سپس نقشه‌های میانگین بارندگی، تبخیر و دمای سالیانه با استفاده از روش کریجینگ معمولی در محیط GIS ساخته شدند. تأثیر عوامل محیطی طبیعی مانند رودخانه و عوامل انسان‌ساخت مانند جاده بر پراکنش گونه‌های گیاهی همواره مورد توجه بوم‌شناسان بوده است (Dyderski et al., 2019). یکی از این عوامل محیطی انسان‌ساخت در منطقه تحقیق جاده‌های جنگلی است. جاده جنگلی یک اکوسیستم ساخته دست بشر است که سبب تغییراتی در وضعیت پوشش گیاهی، هیدرولوژی، ارگانوسم‌های موجود در خاک می‌شود (Demir, 2007)، در این تحقیق از نقشه فاصله از جاده با فواصل (۰-۱۰۰، ۱۰۰-۱۵۰، ۱۵۰-۲۰۰، ۲۰۰-۲۵۰، ۲۵۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰، ۴۰۰-۷۰۰، ۷۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۳۰۰۰) و رودخانه با فواصل (۰-۲۰۰، ۲۰۰-۴۰۰، ۴۰۰-۶۰۰، ۶۰۰-۸۰۰، ۸۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۲۰۰، ۱۲۰۰-۱۴۰۰، ۱۴۰۰-۱۶۰۰) به‌عنوان عوامل تأثیرگذار محیطی بر تپ‌های پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.1 تهیه شد.

## آماربرداری زمینی و تیپ‌بندی اولیه

از روش آماربرداری منظم- تصادفی برای برداشت اطلاعات قطعات نمونه استفاده شد. ابعاد شبکه آماربرداری استفاده‌شده ۱۵۰×۲۰۰ متر در نظر گرفته شد. برای برداشت اطلاعات درختان از قطعات نمونه دایره‌ای به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع استفاده شد. در مجموع ۵۵۶ قطعه نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی آماربرداری شد. سپس از اطلاعات هر قطعه نمونه شامل گونه، قطر برابر سینه درختان بیشتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع کامل (متر) برای تیپ‌بندی درختان توده‌ها استفاده شد. با توجه به درصد آمیختگی درختان در هر قطعه نمونه تپ‌های جنگلی مشخص شد (Modares Gorji et al., 2015). همچنین با توجه به اطلاعات موجود در فرم‌های آماربرداری در مورد وضعیت فیزیوگرافیک هر قطعه نمونه، از این ویژگی‌ها نیز برای تیپ‌بندی استفاده شد. تیپ‌بندی اولیه طرح براساس دستورالعمل سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور بود و از حداکثر شباهت رویشگاهی و توده‌های جنگلی نیز استفاده شد. جدول ۱ تیپ‌های نام‌گذاری شده را نشان می‌دهد.

## پیش‌بینی تیپ‌های جنگلی با استفاده از

## رگرسیون لجستیک

مدل احتمال پراکنش تیپ‌های مختلف جنگلی به‌وسیله رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار Idrisi انجام گرفت. برای مدلسازی ۷۰ درصد از نمونه‌های به‌عنوان نمونه تعلیمی و ۳۰ درصد دیگر به‌عنوان نمونه آزمایشی یا زمینی برای اعتبارسنجی مدل انتخاب شدند (Modares Gorji et al., 2014).

جدول ۱- نام‌گذاری تیپ‌های جنگلی براساس درصد آمیختگی (Modares Gorji et al., 2000).

| درصد آمیختگی | نام تیپ                  |
|--------------|--------------------------|
| ۵۰٪ ممرز <   | انجیلی- ممرز             |
|              | راش                      |
| ۵۰٪ انجیلی < | راش-انجیلی               |
| ۵۰٪ پلت <    | راش-پلت                  |
| ۵۰٪ توسکا <  | راش-توسکا                |
| ۱۰٪ ممرز >   | راش-توسکا به همراه ممرز  |
| ۵۰٪ ممرز <   | راش-ممرز                 |
| ۱۰٪ انجیلی > | راش-ممرز به همراه انجیلی |
| ۵۰٪ انجیلی < | ممرز-انجیلی              |
| ۵۰٪ راش <    | ممرز-راش                 |

و همچنین تعداد عناصر پردازشی لایه پنهان برای شبکه بررسی شد. به منظور افزایش دقت، سرعت و فرایندهای شبکه عصبی از روش نرمال‌سازی داده‌ها بین صفر و یک استفاده شد (Hosseini et al., 2013). در این مطالعه برای تدوین مدل و انتخاب ساختار شبکه عصبی برای تهیه نقشه تیپ‌های جنگلی با استفاده عوامل توپوگرافی و اقلیمی از نرم‌افزار IDRISI Terr Set استفاده شد. بعد از نرمال‌سازی داده‌ها، به منظور آموزش شبکه، داده‌های در دسترس به‌طور تصادفی و به نسبت ۱۰ و ۲۰ و ۷۰ درصد به سه مجموعه آموزش، آزمون و اعتبارسنجی تقسیم شدند.

**تهیه نقشه پیش‌بینی و ارزیابی صحت نقشه‌های تهیه‌شده**  
بعد از مدل‌سازی احتمال وجود و نبود هر تیپ، اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده، با استفاده از مقادیر تهیه‌شده توسط شبکه و مقادیر حاصل از نمونه‌برداری زمینی به‌عنوان داده آزمون در نرم‌افزار Terrset Idrisi انجام گرفت، سپس ضریب کاپا برای نقشه‌های به‌دست آمده محاسبه و در نهایت مناسب‌ترین نقشه انتخاب شد.

با استفاده از نمونه‌های تعلیمی برای هر تیپ جنگلی با استفاده از عوامل فیزیوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت و انحنای سطح زمین) و عوامل اقلیمی (بارش، تبخیر و دما) نقشه احتمال وجود یا نبود هر تیپ جنگلی با استفاده از رگرسیون لجستیک تهیه شد. سپس نقشه طبقه‌بندی شده وجود و نبود برای هر یک از تیپ‌های تحت مطالعه تهیه شد. در مرحله بعد، حد تطابق نقشه‌های واقعی با نقشه به‌دست آمده از طریق محاسبه ضریب کاپا در نرم‌افزار Idrisi Terrset بررسی شد.

**پیش‌بینی تیپ‌های جنگلی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی**  
یکی از شبکه‌های عصبی تعریف شده MLP<sup>۱</sup> است. این شبکه دارای چندین لایه ورودی و خروجی است که به آنها لایه‌های پنهان می‌گویند. در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و تیپ‌بندی از این شبکه استفاده می‌شود (Piri Sahragard et al., 2015). همچنین برای طراحی شبکه عصبی مناسب، شبکه پرسپترون چندلایه ایجاد و قواعد آموزشی تعداد نورون لایه پنهان

1. Multi Layer Perceptron

و مقادیر موجود، نقشه پیوسته احتمال حضور و عدم حضور گونه‌ها در هر رویشگاه با استفاده از نرم افزارهای GIS Arc و Terrset Idrisi تهیه شد، در نهایت آستانه بهینه حضور به روش حساسیت و اختصاصی برابر برای هر یک از تپ‌های جنگلی تعیین شد.

### نتایج

#### نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های زمینی و عوامل

##### فیزیوگرافی

وضعیت تپ‌های تحت بررسی با توجه به فراوانی نسبی گونه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد قطعات نمونه مربوط به تپ راش-ممرز و سپس راش خالص است. تپ راش توسکا به همراه ممرز نیز کمترین درصد تعداد قطعات و سطح جنگل تحت مطالعه را به خود اختصاص می‌دهد (جدول ۲).

### روش تحلیل

بررسی امکان ارائه مدل احتمال پراکنش تپ‌های مختلف به وسیله رگرسیون لجستیک و روش گام به گام با انتخاب ۷۰ درصد از نمونه‌ها برای مدلسازی و ۳۰ درصد نمونه‌ها برای اعتبارسنجی هر مدل در نرم‌افزار در نرم‌افزار Terrset Idrisi انجام گرفت. در جدول طبقه‌بندی نیز درصد صحت مقادیر پیش‌بینی شده برای هر کدام از حالت‌های حضور و عدم حضور تپ مورد نظر، هم برای داده‌های ساخت مدل و هم برای داده‌های ارزیابی مدل محاسبه شدند. در مدل‌سازی به روش شبکه عصبی بعد از انجام شبیه‌سازی با شبکه بهینه (شبکه ای که دارای حداقل خطا بود) و اعتبارسنجی نتایج به دست آمده، شبیه‌سازی احتمال حضور و عدم حضور گونه‌ها در مناطقی از رویشگاه که نمونه‌برداری صورت نگرفته بود، انجام شد. در مرحله بعد با استفاده از مقادیر شبیه‌سازی شده توسط شبکه در این نقاط

جدول ۲- فراوانی تپ‌های تحت بررسی در سطح قطعات نمونه‌ها براساس فراوانی نسبی گونه‌ها

| نام تپ                 | تعداد کل قطعات در هر تپ | تعداد نمونه‌های تعلیمی (۷۰٪) | تعداد نمونه‌های آموزشی (۳۰٪) |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| انجیلی- ممرز           | ۵۴                      | ۳۸                           | ۱۶                           |
| راش                    | ۸۸                      | ۶۱                           | ۲۷                           |
| راش- انجیلی            | ۲۱                      | ۱۴                           | ۷                            |
| راش- پلت               | ۲۶                      | ۱۸                           | ۸                            |
| راش- توسکا             | ۳۳                      | ۲۳                           | ۱۰                           |
| راش- توسکا همراه ممرز  | ۱۷                      | ۱۲                           | ۵                            |
| راش- ممرز              | ۱۵۱                     | ۱۰۵                          | ۴۶                           |
| راش- ممرز همراه انجیلی | ۳۵                      | ۲۳                           | ۱۲                           |
| ممرز- انجیلی           | ۲۸                      | ۱۸                           | ۱۰                           |
| ممرز- راش              | ۴۹                      | ۳۵                           | ۱۴                           |

#### مدل لجستیک تپ راش

کاملاً مشخص است که تپ راش در جهت‌ها و دامنه‌های شمالی که ارتفاع از سطح دریا پایین‌تر است، مشاهده نمی‌شود. همچنین پراکنش آن در منطقه تحقیق از پراکنش کلی راش در جنگل‌های

#### مدل لجستیک تپ انجیلی- ممرز

حضور این تپ در بخش‌های شمالی و شرقی بیشتر است، در حالی که بخش‌های جنوبی که ارتفاع بالاتر است این تپ مشاهده نمی‌شود (جدول ۳، شکل ۲ الف).

سری هشت طرح جنگلداری زیارت بیشتر از دیگر جهت‌های جغرافیایی است، اما در بخش‌های دیگر نیز کم‌وبیش و با شدت کمتر پراکنش دارد. این نکته می‌تواند بیانگر وجود گونه ممرز در تمام منطقه تحقیق باشد (جدول ۳، شکل ۲ ح).

#### مدل لجستیک تیپ راش - ممرز به همراه انجیلی

پراکنش گونه انجیلی بیشتر به صورت نواری و در بخش میان‌بند جنگل‌های هیرکانی قرار دارد. نتایج شکل ۲- ح نیز نشان می‌دهد که پراکنش این گونه همراه تیپ راش - ممرز بیشتر در جهت‌های شمالی و ارتفاعات میانی منطقه تحقیق است و در ارتفاعات بالا حضور آن محدود شده است (جدول ۳، شکل ۲ ح).

#### مدل لجستیک تیپ ممرز - انجیلی

این تیپ کاملاً تأییدکننده محدود شدن تیپ انجیلی به قسمت‌های میان‌بند جنگل‌های شمال است و نتایج این تحقیق به وضوح نشان می‌دهد که پراکنش آن در ارتفاعات بالابند سری هشت طرح جنگلداری زیارت قطع شده است (جدول ۳، شکل ۲ خ).

#### مدل لجستیک تیپ ممرز - راش

در نتایج مربوط به تیپ راش خالص کاملاً مشخص است، که این تیپ در بخش‌های شرقی به طور خالص وجود ندارد. اما زمانی که این گونه همراه گونه ممرز ظاهر می‌شود، در تیپ‌های بخش شرقی نیز همراه ممرز نمایان می‌شود؛ اگرچه این گونه در قسمت‌های مرکزی نیز وجود دارد، هرچه از شرق به طرف غرب پیش می‌رویم، به تعداد پایه‌های راش افزوده می‌شود (جدول ۳، شکل ۲ د).

#### نتایج تیپ کلی با استفاده از الگوریتم رگرسیون

##### لجستیک

نتایج تیپ‌بندی با استفاده از الگوریتم رگرسیون لجستیک نشان داد که بیشترین مساحت منطقه مربوط به تیپ راش - ممرز با ۲۴/۶۹ درصد است. همچنین تیپ راش - توسکا همراه ممرز، تنها حدود ۱

شمال پیروی می‌کند؛ به طوری که در بخش‌های شرقی پراکنش آن کم می‌شود. نتایج این مدل نشان می‌دهد که به طوری که در مشاهدات و برخی مطالعات مشخص شده که منتهالیه شرقی سری هشت طرح جنگلداری دره زیارت آخرین رویشگاه پراکنش راش است، این مدل می‌تواند دلیل محکمی برای این نکته باشد که دره زیارت گران را محل اتمام پراکنش راش در جنگل‌های هیرکانی ایران معرفی کرد (جدول ۳، شکل ۲ ب).

#### مدل لجستیک تیپ راش - انجیلی

این تیپ در بخش‌های مرکزی و شمال غربی منطقه تحقیق پراکنش دارد، به طوری که در بخش‌های جنوبی و شرقی از پراکنش آن کاسته می‌شود (جدول ۳، شکل ۲ ت).

#### مدل لجستیک تیپ راش - پلت

این تیپ هم پراکنشی شبیه تیپ راش - انجیلی دارد، اما در جهت‌ها و دامنه‌های جنوبی پراکنش ندارد (جدول ۳، شکل ۲ ث).

#### مدل لجستیک تیپ راش - توسکا

این تیپ بیشتر در اطراف جاده اصلی در بخش مرکزی سری ۸ طرح زیارت پراکنش دارد. این مهم دلیل استواری برای این نکته است که گونه توسکا همواره سعی می‌کند در مناطقی مانند اطراف جاده‌ها، دره‌ها و مناطق لغزشی حضور یابد؛ مناطقی که خاک آنها دچار دست‌خوردگی شده است و نور بیشتری دریافت می‌کنند (جدول ۳، شکل ۲ ج).

#### مدل لجستیک تیپ راش - توسکا - ممرز

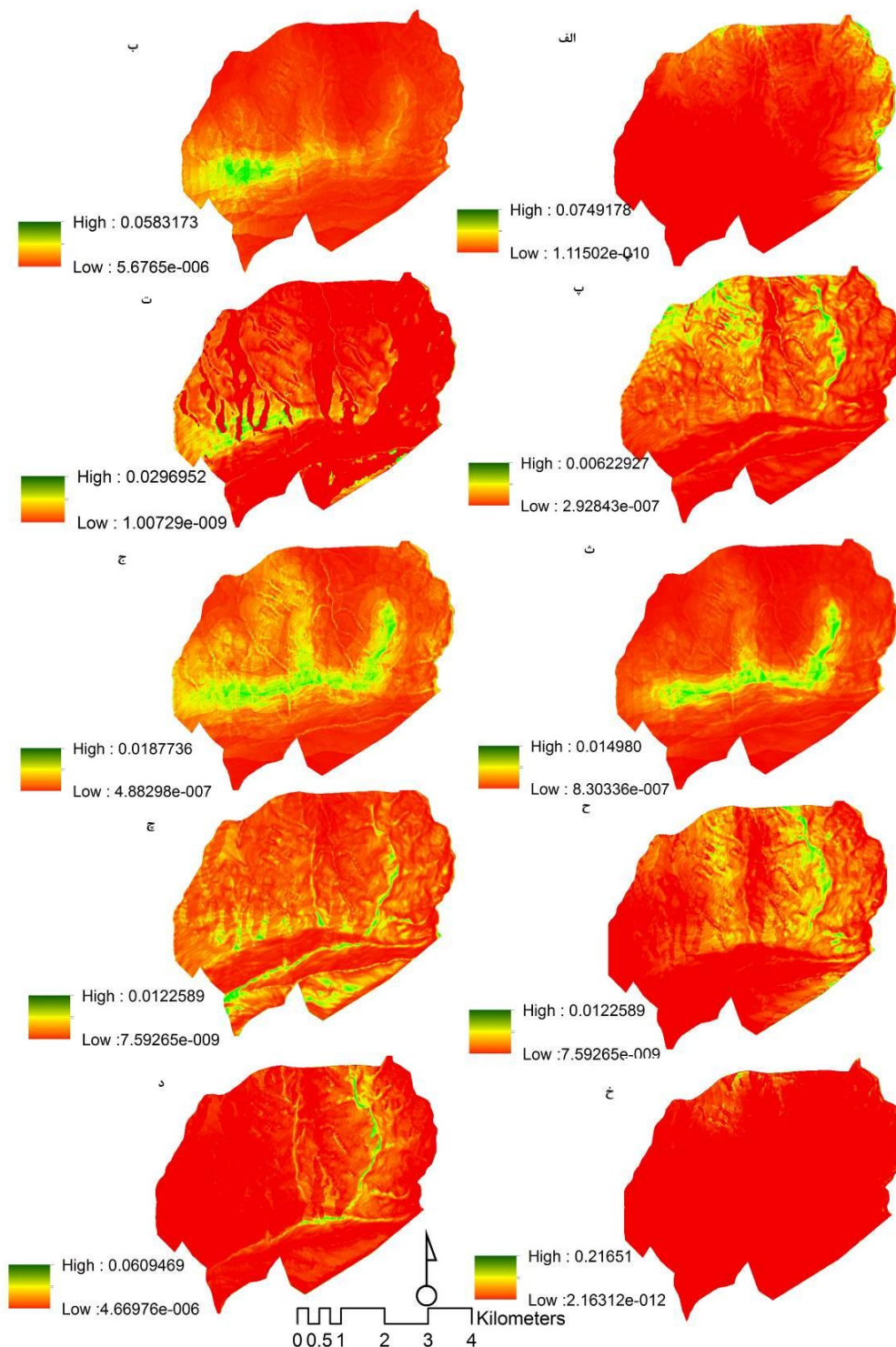
این تیپ نیز پراکنشی مانند تیپ راش - توسکا دارد که می‌تواند تأییدکننده دلایل استقرار توسکا در خاک‌های دست‌خورده باشد (جدول ۳، شکل ۲ چ).

#### مدل لجستیک تیپ راش - ممرز

گسترده‌گی این تیپ در بخش‌های مرکزی و شمالی

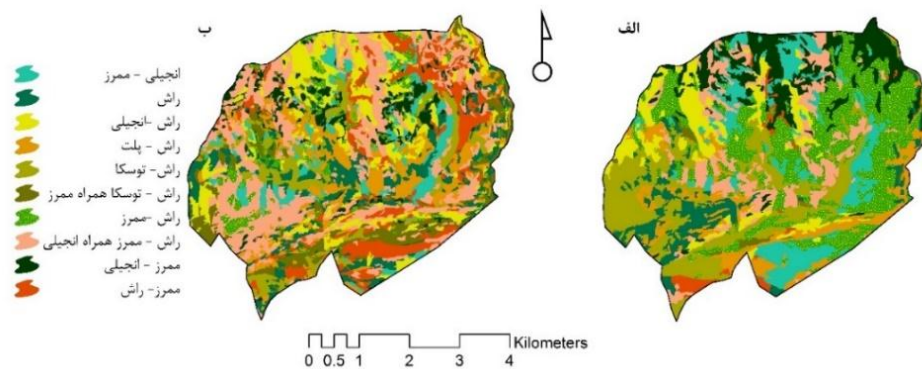
جدول ۳ مساحت آنها را نشان می‌دهد.

درصد منطقه تحقیق را به خود اختصاص داده است. شکل ۳ نقشه هر یک از کاربری‌های پیش‌بینی شده و



شکل ۲- نقشه پیش‌بینی حضور تپ‌های جنگلی طرح جنگلداری زیارت: الف) انجیلی - ممرز؛ ب) راش؛  
 پ) راش - انجیلی؛ ت) راش - پلت؛ ث) راش - توسکا؛ ج) راش - توسکا - ممرز؛ چ) راش - ممرز؛ ح) راش - ممرز - انجیلی؛  
 د) ممرز - انجیلی؛ ر) ممرز - راش.





شکل ۳- نقشه تپ تپه‌شده طرح جنگلداری زیارت؛ الف) رگرسیون لجستیک؛ ب) شبکه عصبی مصنوعی.

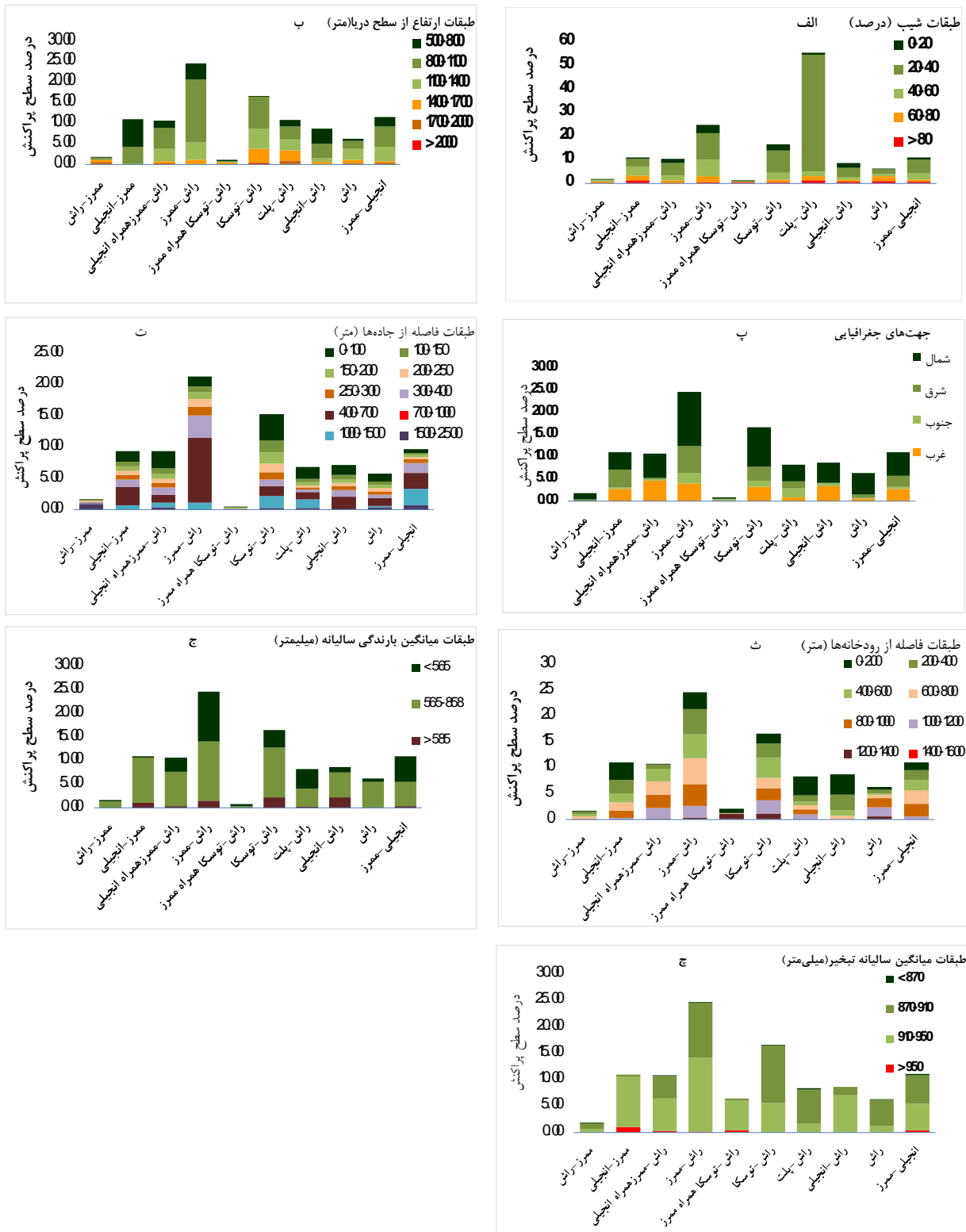
را دارد که نشان می‌دهد در فواصل نزدیک جاده‌های جنگلی این دو گونه صنعتی بیشتر برداشت شده‌اند و گونه‌های دیگر جایگزین آنها شده‌اند (شکل ۴ پ). تیپ راش-توسکا در فواصل ۴۰۰-۲۰۰ متر از رودخانه‌ها بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین تیپ راش-ممرز نیز در این طبقه دارای فراوانی بیشتری از تیپ‌های دیگر است (شکل ۴ ت). بیشترین پراکنش گونه راش در طبقه بارندگی ۵۸۵-۵۶۵ میلی‌متر قرار دارد. به طوری که مشخص است گونه تیپ راش خالص در طبقه بالای ۵۸۵ میلی‌متر بارندگی وجود ندارد (شکل ۴ ث). در مناطقی با تبخیر ۹۱۰-۸۷۰ و ۹۵۰-۹۱۰ میلی‌متر بیشترین پراکنش تیپ راش-ممرز وجود دارد. همچنین در مناطقی با تبخیر بیشتر از ۹۵۰ میلی‌متر، پراکنش گونه راش کاهش چشمگیری پیدا می‌کند، به طوری که در این طبقه گونه راش وجود ندارد (شکل ۴ ب).

#### نتایج ارزیابی الگوریتم رگرسیون لجستیک

براساس نتایج ارزیابی، دقت مدل‌های پیش‌بینی تیپ‌های انجیلی-ممرز، راش خالص، راش-ممرز، راش-ممرز همراه انجیلی، ممرز-انجیلی، و ممرز-راش خوب ارزیابی شد و دقت دیگر مدل‌ها متوسط تشخیص داده شد (جدول ۳).

#### وضعیت تیپ‌های جنگلی روی نقشه عوامل

فیزیوگرافی، اقلیمی، فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها قسمت اعظم مساحت منطقه تحقیق در طبقه شیب ۲۰-۴۰ درصد قرار گرفته است. در این طبقه تیپ راش-پلت بیشترین سطح را به خود اختصاص داده است. همچنین طبقه شیب بیشتر از ۸۰ درصد دارای کمترین پراکنش است. از طرفی نتایج دیگر نشان می‌دهد که تیپ ممرز-انجیلی بیشترین سطح را در این طبقه به خود اختصاص داده است (شکل ۴ الف). بیش از نیمی از سطح سری هشت طرح جنگلداری زیارت در طبقه ارتفاع ۸۰۰-۱۱۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته و در این طبقه تیپ راش-ممرز بیشترین سطح را به خود اختصاص داده است. همچنین طبقه ارتفاعی بالای ۲۰۰۰ متر دارای کمترین پراکنش است. از طرفی نتایج نشان می‌دهد که فقط تیپ‌های راش-توسکا و راش-ممرز همراه انجیلی در این طبقه قرار دارند (شکل ۴). بیشتر سطح منطقه تحقیق در جهت جغرافیایی شمالی قرار دارد که در این دامنه تیپ راش-ممرز بیشترین سطح را به خود اختصاص داده است. همچنین جهت غربی دارای کمترین پراکنش است، شایان ذکر است که تیپ راش-ممرز در این جهت نیز دارای بیشترین سطح است (شکل ۴ ج)، تیپ راش-ممرز در فاصله‌های ۴۰۰-۷۰۰ متر از جاده‌ها بیشترین فراوانی



شکل ۴- درصد پراکنش تپ‌های جنگلی روی نقشه عوامل فیزیوگرافی، خطی و اقلیمی:

الف) شیب (درصد)؛ ب) ارتفاع (متر)؛ پ) جهت (درجه)؛ ت) فاصله از جاده جاده (متر)؛ ث) فاصله از رودخانه (متر)؛

ج) میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)؛ چ) میانگین تبخیر سالانه (میلی‌متر).

جدول ۳- ضرب ثابت هر کدام از تیپ‌ها، ضرایب ثابت متغیرها، درصد صحت طبقه بندی برای مناطق وجود و نبود تیپ های مورد بررسی در رگرسین لجستیک

| تطلاق | داده‌های مدل داده‌های ارزیابی | متغیرها          |               |         |         |         |                 |         |         |         |           | مساحت   | درصد | تیپ                   |
|-------|-------------------------------|------------------|---------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|-----------|---------|------|-----------------------|
|       |                               | فاصله از رودخانه | فاصله از جاده | تبخیر   | دما     | بارش    | انحراف سطح زمین | ارتفاع  | جهت     | شیب     | ضریب ثابت |         |      |                       |
| خوب   | ۶۶/۱                          | ۶۱/۰۱            | ۰             | ۰/۰۰۰۴  | -۰/۰۰۰۱ | -۰/۰۰۸۳ | ۰/۰۴۵۰          | -۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۵۰۱  | ۰/۰۰۰۸  | ۰/۰۰۰۷    | ۰/۰۲۲۸  | ۳۸/۵ | انجیلی-سمرز           |
|       | ۶۸/۱                          | ۶۷/۰۲            | ۱             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۶۶/۰۵                         | ۶۶/۳۸            | صحت کلا       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۷۲/۰۳                         | ۷۰/۳۴            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| خوب   | ۷۳/۰۷                         | ۷۱/۱۶            | ۱             | ۰/۰۰۰۸  | -۰/۰۰۱۶ | -۰/۰۵۴۰ | -۰/۰۲۲۵۲        | ۰/۰۷۲۵  | ۰/۱۶۴۸  | ۰/۰۰۰۱  | ۰/۰۰۰۱    | ۰/۰۴۴۲  | ۱۰/۳ | راش                   |
|       | ۷۲/۳۶                         | ۷۱/۴۱            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۵۵/۱۳                         | ۵۲/۵۶            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| متوسط | ۵۳/۱۶                         | ۵۳/۰۲            | ۱             | -۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۱  | ۰/۰۶۵۹  | ۰/۱۰۳۵          | ۰/۰۴۹۳  | -۰/۱۲۵۷ | ۰/۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۳    | ۰/۰۰۱۶  | ۳۶/۶ | راش-انجیلی            |
|       | ۵۴/۰۵                         | ۵۴/۳۸            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۵۱/۳۲                         | ۵۱/۰۱            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| متوسط | ۵۰/۱۶                         | ۵۳/۴۲            | ۱             | ۰/۰۰۰۳  | -۰/۰۰۰۱ | -۰/۰۴۱۱ | ۰/۳۴۲۵          | ۰/۰۱۰۲  | -۰/۳۳۶  | -۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۳     | ۰/۰۰۱۵  | ۲۴/۴ | راش-پلت               |
|       | ۵۰/۳۵                         | ۵۲/۹۸            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۵۲/۰۲                         | ۵۱/۰۱            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| متوسط | ۵۴/۳۵                         | ۵۳/۴۲            | ۱             | ۰/۰۰۰۹  | -۰/۰۰۲۱ | -۰/۰۰۹۹ | ۰/۴۰۰۱          | ۰/۰۱۴۳  | -۰/۴۰۲۱ | ۰/۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۲    | ۰/۰۲۵۴  | ۸/۱  | راش-توسکا             |
|       | ۵۲/۲۳                         | ۵۲/۹۸            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۵۲/۳۲                         | ۵۴/۵۱            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| متوسط | ۵۵/۱۶                         | ۵۴/۳۲            | ۱             | ۰/۰۰۰۱  | -۰/۰۰۲۱ | ۰/۰۰۷۹  | ۰/۴۴۵۸          | ۰/۰۰۰۲  | -۰/۴۳۲۱ | ۰/۰۰۰۵  | ۰/۰۰۰۳    | ۰/۰۳۵۱  | ۱۷/۴ | راش-توسکا همراه سمرز  |
|       | ۵۴/۳۵                         | ۵۳/۴۸            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۶۷/۱۴                         | ۶۲/۰۱            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| خوب   | ۶۸/۴۱                         | ۶۵/۲۲            | ۱             | ۰/۰۰۰۸  | ۰/۰۰۱۷  | ۰/۰۳۳۸  | ۰/۰۶۷۸          | -۰/۵۰۵  | -۰/۰۳۱۳ | -۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱    | -۰/۰۲۱۸ | ۲/۹  | راش-سمرز              |
|       | ۶۶/۰۵                         | ۶۶/۵۷            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۶۲/۵۴                         | ۶۰/۲۱            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| خوب   | ۶۶/۴۱                         | ۶۲/۶۲            | ۱             | ۰/۰۰۰۹  | ۰/۰۰۰۵  | ۰/۰۵۴۱  | ۰/۰۶۱۰          | ۰/۱۱۰۴  | ۰/۰۹۲۹  | -۰/۰۰۳۱ | ۰/۰۰۰۴    | ۰/۰۰۲۳  | ۱۳/۴ | راش-سمرز همراه انجیلی |
|       | ۶۶/۳۵                         | ۶۲/۴۱            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۶۲/۵۴                         | ۶۱/۵۱            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| خوب   | ۶۵/۴۱                         | ۶۳/۳۲            | ۱             | ۰/۰۰۰۲  | -۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۲۹۰  | -۰/۰۴۴۷۵        | ۰/۰۶۷۲  | ۰/۳۴۱۶  | -۰/۰۱۳۷ | ۰/۰۰۰۸    | ۰/۰۰۰۶  | ۲۲/۳ | سمرز-انجیلی           |
|       | ۶۶/۲۵                         | ۶۴/۴۱            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
|       | ۷۰/۲۵                         | ۶۹/۵۲            | ۰             |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |
| خوب   | ۷۱/۱۷                         | ۷۰/۳۶            | ۱             | -۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۳  | -۰/۱۳۳۶ | -۰/۱۷۴۲         | ۰/۱۶۷۶  | ۰/۱۸۰۲  | ۰/۰۰۴۶  | -۰/۰۰۰۱   | ۰/۰۲۲۵  | ۳۰/۱ | سمرز-راش              |
|       | ۷۰/۳۶                         | ۶۹/۳۱            | صحت کلی       |         |         |         |                 |         |         |         |           |         |      |                       |

آموزش انتخاب‌شده در مرحله قبل، با تعداد یک تا دو لایه پنهان، ساخته و اجرا شد و مشاهده شد که با افزایش تعداد لایه پنهان، مقدار خطا کاهش نمی‌یابد و کمترین مقدار خطا با همان یک لایه پنهان حاصل می‌شود. بنابراین برای هر چهار رویشگاه، شبکه عصبی با یک لایه پنهان به‌عنوان بهترین ساختار در نظر گرفته شد. تعداد نوروں لایه پنهان نیز به روش آزمون و خطا تعیین شد، نقشه تیپ‌ها در شکل ۳ ب، مساحت و نتایج ارزیابی آنها در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از تهیه نقشه تیپ با استفاده از روش ناپارامتریک (شبکه عصبی)

نتایج تیپ‌بندی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که بیشترین مساحت منطقه مربوط به تیپ راش-ممرز به‌همراه انجیلی با ۲۳/۳۲ درصد است. همچنین تیپ راش-ممرز حدود ۱ درصد منطقه را به خود اختصاص داده است. دقیق‌ترین مدل‌ها در همه رویشگاه‌ها با استفاده از تابع انتقال تانژانت سیگموئید و قانون آموزش لونبرگ مارکواریت حاصل شد. برای یافتن بهترین تعداد لایه پنهان، شبکه‌های عصبی مختلف با تابع انتقال و قانون

جدول ۴- نتایج حاصل از اجرای مدل شبکه عصبی

| نام تیپ               | مساحت |        | آستانه بهینه حضور | ضریب کاپا | تطابق بین مقادیر پیش‌بینی شده و ارزیابی شده |
|-----------------------|-------|--------|-------------------|-----------|---|
|                       | هکتار | درصد   |                   |           |   |
| انجیلی-ممرز           | ۶/۱۴  | ۱۵۸/۵۱ | ۰/۶               | ۶۹/۷۸     | خوب   |
| راش                   | ۹/۴۴  | ۲۴۳/۹  | ۰/۶               | ۶۹/۳۱     | خوب   |
| راش-انجیلی            | ۱۳/۲۲ | ۳۴۱/۵۴ | ۰/۷۵              | ۶۷/۸۸     | خوب   |
| راش-پلت               | ۱۰/۲۴ | ۲۶۴/۳۸ | ۰/۶۰              | ۶۴/۴۳     | خوب   |
| راش-توسکا             | ۷/۸۹  | ۲۰۳/۸۷ | ۰/۲               | ۵۳/۰۹     | متوسط                                       |
| راش-توسکا همراه ممرز  | ۸/۵۵  | ۲۲۰/۹۵ | ۰/۳               | ۵۴/۴۸     | متوسط                                       |
| راش-ممرز              | ۴/۳۳  | ۱۱۱/۸۳ | ۰/۵               | ۶۱/۵۷     | متوسط                                       |
| راش-ممرز همراه انجیلی | ۲۳/۳۲ | ۶۰۲/۳۴ | ۰/۶               | ۷۵/۸۱     | عالی  |
| ممرز-انجیلی           | ۶/۰۷  | ۱۵۶/۸۴ | ۰/۶               | ۶۷/۳۸     | خوب   |
| ممرز-راش              | ۱۰/۸۰ | ۲۷۸/۸۷ | ۰/۷               | ۷۶/۳۱     | عالی  |

ضریب کاپا: متوسط ۶۰-۵۰٪، خوب ۷۰-۶۰٪، عالی >۷۰٪

### بحث

برای تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی، افزون بر مقدار عددی عوامل مطالعه‌شده، نقشه این عوامل نیز مورد نیاز است. روش‌های مهمی مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین‌آمار، این کار را ممکن می‌کنند.

نتایج تحلیل داده‌های زمینی نشان داد که تیپ‌های راش-ممرز و راش خالص بیشترین فراوانی را از نظر

تعداد مشاهده‌های زمینی به خود اختصاص دادند. برای مشخص کردن تیپ‌های غالب منطقه از روش رگرسیون لجستیک استفاده شد که در تحقیق‌های دیگری از جمله Piri Sahragard et al. (2015) نیز به‌کار رفته است. همچنین در مطالعه حاضر از متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی برای پیش‌بینی تیپ‌های جنگلی استفاده شد. استفاده از پارامترهای فیزیوگرافی از نتایج بهتری نسبت به پراکنش گونه در

مدل‌سازی داشتند که این با یافته‌های Mohammadi Sarvallah et al. (2014) دارد. نتایج نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا که به‌وضوح در پراکنش گونه‌اش به‌خوبی خود را نشان داد، نسبت به متغیرهای اقلیمی دارای تأثیر بیشتری در پراکنش گونه‌های درختی است که علت آن را می‌توان تأثیرپذیری اقلیم از ارتفاع از سطح دریا دانست. در بخش دوم این پژوهش کارایی شبکه‌ی پرسپترون چندلایه در پیش‌بینی پراکنش مکانی رویشگاه گونه‌های تحت مطالعه با استفاده از خصوصیات محیطی ارزیابی شد. براساس نتایج، دقیق‌ترین مدل‌ها در همه‌ی رویشگاه‌ها با استفاده از تابع انتقال تانژانت سیگموئید و قانون آموزش لوبنبرگ مارکوارت حاصل شد. این نتایج گویای آن است که پیش‌پردازش متغیرهای ورودی با استفاده از رگرسیون لوجستیک اثر مثبتی بر عملکرد پیش‌بینی شبکه‌ی عصبی داشت، به‌گونه‌ای که حد تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از مدل‌های شبکه‌ی عصبی با نقشه‌ی واقعی در تیپ ممرز-راش و راش-ممرز همراه انجیلی تطابق عالی با ضرایب کاپای (۷۶/۳۱، ۷۵/۸۱) و در تیپ‌های انجیلی-ممرز، راش خالص، راش-پلت، ممرز-انجیلی تطابق خوب با ضرایب کاپای (۶۹/۷۸، ۶۹/۳۱، ۶۴/۴۳، ۶۷/۳۸) با نقشه‌های واقعیت زمینی داشتند. متغیرهای واردشده به مدل شامل عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی بودند. از عوامل فیزیوگرافی، عامل ارتفاع به‌عنوان عامل مؤثر شناخته شد، از آنجا که خود ارتفاع یکی از عوامل تعیین‌کننده اقلیم است، به نظر می‌رسد تأثیرپذیری این عوامل به‌طور غیر مستقیم تأثیر عامل ارتفاع را نشان می‌دهد؛ از این‌رو نتایج این تحقیق با نتایج Piri Sahragard et al. (2015) همسوست.

در این تحقیق از الگوریتم رگرسیون لوجستیک به‌عنوان یک الگوریتم پارامتریک و از الگوریتم شبکه‌ی عصبی به‌عنوان یک الگوریتم ناپارامتریک استفاده شد. برای بررسی موفقیت شبکه‌ی عصبی به تکرار مراحل مدل‌سازی با الگوریتمی با ساختاری متفاوت، نیاز بود

مدل‌سازی پراکنش جوامع گیاهی است. به همین دلیل طبیعی است که متغیرهای توپوگرافی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین لایه‌های اطلاعاتی در فرایند مدل‌سازی محیطی در نظر گرفته شود. تغییرات ارتفاعی سبب تغییرات اکولوژیکی همانند تغییر فشار هوا، تغییرات شدت پرتو فرابنفش، تغییر نوع و مقدار بارندگی و نوسان رطوبت نسبی و مطلق هوا می‌شود (Marvi Mohajer, 2014). این عوامل بر پراکنش گونه‌های درختان تأثیرگذار است. در این تحقیق نتایج پیش‌بینی پراکنش تیپ‌های جنگلی نشان داد که ارتفاع از سطح دریا در مدل‌سازی گسترش گونه‌های درختی دارای بیشترین تأثیر است که این یافته با نتایج تحقیق Uri et al. (2013) مطابقت دارد. از سوی دیگر پراکنش تیپ‌های جنگلی با پارامترهای شیب و جهت ارتباط کمتری دارد، یعنی یک تیپ می‌تواند در جهت‌ها و شیب‌های مختلف حضور داشته باشد. بنابراین می‌توان گفت تأثیرگذاری عوامل فیزیوگرافی شیب و جهت دامنه در پراکنش گونه‌های درختی و در مجموع پوشش گیاهی کمتر از عامل ارتفاع از سطح دریاست، زیرا بیشتر تغییر گونه‌ها با توجه به عامل ارتفاع اتفاق افتاده است. این نتیجه با یافته‌های Modares Gorji et al. (2015)، همخوانی دارد و با یافته‌های Guoyu et al. (2013) ناهم‌سوست. خصوصیات بیولوژیکی مشابه گونه‌های درختی و عملیات بهره‌برداری و دخالت‌های انسانی سبب به‌هم‌خوردگی پراکنش گونه‌های درختی و در نتیجه کاهش رابطه بین آنها و عوامل شیب، جهت و انحنای زمین شده است. آب، گرما، نور، تبخیر و تعرق و دیگر پارامترهای اقلیمی در گسترش یک اکوسیستم طبیعی تأثیر اساسی دارند. تحت هر شرایط اقلیمی مختلف، نوع و تراکم جنگل‌ها، مقدار محصول‌دهی و دیگر خصوصیات جنگل تفاوت دارد. به همین دلیل نوع گونه‌ها، تراکم و پراکنش آنها در شرایط اقلیمی مختلف با هم متفاوت است. نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر متغیر بارندگی و تبخیر تأثیر بیشتری در

باشد. در صورتی که آموزش این شبکه‌ها به‌درستی انجام گیرد و ساختار مناسبی برای پیش‌بینی به‌دست آید، شبکه خواهد توانست پیش‌بینی مناسبی از داده‌های جدید ارائه دهد. به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده از رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی نشان داد که هر دو الگوریتم نتایج قابل قبولی را با توجه به محدودیت متغیرهای ورودی و پیچیدگی اکوسیستم جنگل ارائه دادند، اما در کل روش شبکه عصبی دارای برتری نسبی نسبت به رگرسیون لجستیک بود. همچنین در بین متغیرهای توپوگرافی، متغیر ارتفاع؛ و از میان متغیرهای اقلیمی، متغیر بارندگی از تأثیر بیشتری برخوردار بودند.

که نتایج این دو الگوریتم در شرایط برابر با هم سنجیده شوند. همچنین بهتر است عمل درون‌یابی و مدل‌سازی حداقل با استفاده از دو مدل پیش‌بینی شود تا نتایج بهتری به‌دست آید. نتایج نشان داد که هر دو الگوریتم توانستند نتایج قابل قبولی در تهیه نقشه پراکنش تیپ‌های جنگلی ارائه دهند، اما براساس مقایسه عددی جدول‌های ۴ و ۵ مشخص شد که صحت طبقه‌بندی روش شبکه عصبی بیشتر از روش رگرسیون لجستیک است. هرچند تفسیر مستقیم و احتمالاتی برای وزن‌های شبکه امکان‌پذیر نیست، اما استفاده از شبکه‌های عصبی می‌تواند رهیافت مناسبی برای برآورد پراکنش گونه‌های گیاهی

## References

- Ahadi, Z., Alavi S.J., & Hosseini, S.M. (2018). Investigation on the potential of regression kriging for mapping oriental beech forest site productivity in research Forest of Tarbiat Modares University. *Iranian Journal of Forest*, 9(4), 571-585.
- Bollandsa, O.M., Maltam, M., Gobakken, T., & Nasset, E. (2013). Comparing parametric and non-parametric modelling of diameter distributions on independent data using airborne laser scanning in a boreal conifer forest. *Forestry an International Journal of Forest Research*, 86, 493-501.
- Darvishsefat, A.A., Abbasi, M., & Marvi Mohadjer, M.R. (2009). Investigation on the possibility of beech forest type mapping using Landsat ETM+ data. *Iranian Journal of Forest*, 1(2): 105-113.
- Demir, M. (2007). Impacts, management and functional planning criterion of forest road network system in Turkey. *Transportation Research Part A, Policy and Practice*, 41(1): 56-68
- Guoyu, L., Hu, Y., & Zhu, H. (2011). Topography related spatial distribution of dominant tree species in a tropical seasonal rain forest in China. *Forest Ecology and Management*, 262(8), 1507-1513.
- Forests, Range and Watershed Management Organization. (2010). Hanbook of Ziatat Forestry Plan. 73p.
- Hosseini, S. Z., Kappas. M., Zare Chahouki. M. A., Gerold, G., Erasmi. S., & Rafiei Emam, A. (2013). Modelling potential habitats for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and geostatistics. *Ecological Informatics*, 18, 61-86.
- Marvie Mohajer, M.R. (2014). *Silviculter*. University of Tehran Press. 387p.
- Matsuura, T., & Suzuki, W. (2012). Analysis of topography and vegetation distribution using a digital elevation model: case study of asnowy mountain basinin north eastern Japan. *Landscape and Ecological Engineering*, 9 (1), 143-155.
- Melesse, A.M., & Hanley, R.S. (2005). Artificial neural network application for multi-ecosystem carbon flux simulation. *Ecological Modeling*, 189: 305-314.
- Mi, C., Yang, J., Li, S., Zhang, X., & Zhu. D. (2010). Prediction of accumulated temperature in vegetation period using artificial neural network. *Mathematical and Computer Modelling*, 51, 1453-1460.

- Modares Gorji., H., Pir Bavaghar., & Ghahramani, L. (2014). Modeling distribution of forest types of Armardeh forests at Baneh, using logistic regression method. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(4), 629-642.
- Mohammadi Sarvallah, F., Pirbavaghar, M., & Shabaniyan, N. (2014). Correlation of physiographic, human and climate factors with spatial distribution of *Quercus brantii*-*Pistacia atlantica* type in Sarvabad, Kurdistan province. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 21(1), 85-102.
- Pearson, R., Dawson, T. P., & Liu, C. (2004). Modelling species distributions in Britain: a hierarchical integration of climate and land-cover data. *Echography*, 27:285-298.
- Piri Sahragard, P., Chahooki, Z., & Ebrahimi, M. (2015). Predictive Spatial distribution maps of plant species habitats in the Khalejstan Rangelands of Qom Province. *Wataershaed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 109, 29-39.
- Porma, R., Shataee Joybari, Sh. Khodakarami, Y., & Habashi, H. (2010). Evaluation of Landsat-ETM+ and IRS-LISS III satellite data for forest type mapping in Zagros forests (Case study: Ghalajeh forest, Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(4):598-606.
- Sadat Fatemi Azarkhavarani, S., Rahimi, M., Tarkesh, M., & Ravanbakhsh, H. (2017). Prediction of *Juniperus excelsa* M.Bieb. geographical distribution using by climate data under the conditions of current and future in Semnan Province. *Iranian Journal of Forest*, 9(2): 233-248.
- Sepahvand, M., Khormali, F., Kiani, F., & Eftekhari, K. (2018). Modeling Soil Depth and Topographic Attributes Relationship for Predicting Soil Depth in Rimeleh Catchment, Lorestan Provinc. *Iranian Journal of Soil Research*, 31(4):601-612
- Shojaee, M., Kiani, B., & Azimzadeh, H.R. (2017). Investigating the role of topographic factors on spatial distribution of plant species using logistic regression (Case study: Baghe-Shadi forest, Harat, Yazd). *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 7(1), 1-11.
- Taleshi, H., Jalali, S. GH., Alavi, S.J., Hosseini, S.M., & Naimi, B. (2018). Impacts of Climate Change on the Distribution of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian Forests, Iran. *Iranian Journal of Forest*, 10(2), 255-266.
- Urli, N., Delzon, S., Eyermann, A., Couallier, V., García-Valdés, R., Angel Zavala, M., & Porté, A.J. (2013). Inferring shifts in tree species distribution using asymmetric distribution curves: a case study in the Iberian mountains. *Journal of Vegetation Science*, 25(1), 147-159.
- Zangiabadi, S., Naseri, F., & Ahmadimoghadam, A. (2017). Separating vegetation types using LISS III, IRS-P6 satellite images. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 6 (1):4-39.



Research Article

## Distribution mapping of forest types in Ziarat Forestry Plan using parametric and nonparametric algorithm

M. Amiri<sup>1\*</sup>, M. Mostafa<sup>2</sup>, and M. Rahimi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Semnan University, Semnan, I. R. Iran

<sup>2</sup>Assistant Prof., Natural Resources Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, I. R. Iran

<sup>3</sup>Associate Prof., Department of Comat to Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, I. R. Iran

(Received: 9 March 2019, Accepted: 26 May 2019)

### Abstract

Due to the interaction of Tree species and its environment, descriptions and analysis of forest types are necessary. The aim of present study was to evaluate modeling distribution of forest types using parametric and nonparametric algorithm. Current research was carried out in Ziarat forestry plan, Golestan province, Iran. 556 samples were taken to measure the quantitative parameters of trees including tree height, diameter at the breast height and type of species via Systematic- Randomize pattern with 150×200 m. After that, the forest types have been determined according to frequency of species. Subsequently, the map of forest types have been produced using Physiographic factors (elevation, slope and aspect), Climate factor (rain fall, evaporating and temperature) via Parametric algorithm (Logistic Regression (LR)), Nonparametric algorithm (Artificial Neural Network (ANN)). The results showed that based LR and ANN, the largest area of forest type was observed in Fageto - Carpinetum with *Parrotia persica* (23.32%) followed by Fageto –Carpinetum (24.69%). In both methods, the elevation and rainfall events have been recognized as impotent factors. Regarding the limitation of input data and complexity of forest ecosystem, the result of LR and ANN are acceptable. Generally, ANN was more effective compared to LR. However, both algorithms are recommended in distribution mapping of forest type.

**Keywords:** Logistic Regression, Artificial Neural Network, Physiographic factors, Climate factor.