



دانشگاه گواردنی و منابع طبیعی گوارا

نشریه مرتعداری

سال دوم، شماره دوم، ۱۳۹۴

<http://jrm.gau.ac.ir>

## پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی بر مبنای عوامل ژئومورفولوژی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: سبزکوه استان چهارمحال و بختیاری)

\*شهربانو رحمانی<sup>۱</sup>، عطاالله ابراهیمی<sup>۲</sup> و علیرضا داوودیان دهکردی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مرتعداری دانشگاه شهرکرد، <sup>۲</sup> دانشیار مرتعداری، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیز دانشگاه شهرکرد،

<sup>۳</sup> دانشیار زمین‌شناسی، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیز دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۲۵

### چکیده

نقشه‌های پوشش گیاهی بنیانی‌ترین ابزار مدیریت پوشش محسوب می‌شوند. روش‌های متعددی برای تهیه این نقشه‌ها پیشنهاد شده که هر یک مبتنی بر اطلاعات پایه‌ای خاص و از دقت متفاوتی برخوردارند. روش ژئومورفولوژیکی یکی از این روش‌هاست که هدف این تحقیق بررسی دقت آن است. برای پیش‌بینی نقشه الگوی توزیع تیپ‌های گیاهی، سه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی، سنگ‌شناسی و شکل زمین به عنوان متغیرهای مستقل و نقشه پوشش گیاهی منطقه نیز (روش فیزیونومی-فلوریستیک) به عنوان متغیر وابسته در مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده شد. نتایج نشان داد مدل مذکور قادر به بیان ۳۹/۱ درصد تغییرات متغیر وابسته است. این امر برای طبقات مختلف یکسان نبوده به طوری که قدرت تفکیک پذیری این مدل در مورد تیپ‌های گیاهی (Sparse Forest (sparse oak forest) و *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum bracteatum* به ترتیب با ۶۴/۴ درصد و ۶۱/۵ درصد بیشترین دقت پیش‌بینی و در مورد طبقه باغات و اراضی کشاورزی (ناشی از دخالت‌های انسانی و نه عوامل ژئومورفولوژیکی) با وسعت تنها ۰/۳ درصد منطقه با ۱/۲ درصد کمترین دقت پیش‌بینی را داشت. هر چند توزیع پوشش گیاهی تحت تأثیر متغیرهای دیگری مانند

\* مسئول مکاتبه: [sh.rahmani67@yahoo.com](mailto:sh.rahmani67@yahoo.com)

اقلیم و خاک که در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته است، نتایج نشان می‌دهد این روش در پیش‌بینی توزیع پوشش گیاهی طبیعی تا حدودی با نتایج خوبی همراه بوده، اما دقت متغیرهای ورودی، عدم انطباق وضع فعلی با وضع پتانسیل پوشش، گاه‌ها همپوشانی آشیان اکولوژیک تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی بر موفقیت این روش تأثیر می‌گذارد. بنابراین، توصیه می‌شود این روش برای تفکیک پوشش‌های گیاهی که به پوشش طبیعی پتانسیل نزدیک‌تر هستند، به کار رود.

**واژه‌های کلیدی:** مدل‌سازی پوشش گیاهی، توزیع پوشش گیاهی، عوامل ژئومورفولوژیکی، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، سبزکوه.

#### مقدمه

نقشه‌های پوشش گیاهی یا به عبارتی تیپ‌های گیاهی به عنوان بنیانی‌ترین ابزارهای مدیریت جنگل‌ها و مراتع محسوب می‌شوند. علیرغم اهمیت این نقشه‌ها با وجود پیشرفت‌های چشمگیری که در علوم مختلف ایجاد شده است، توجه جدی به چگونگی تهیه و توسعه این نقشه‌ها و روش‌های بهبود کیفیت آنها نشده است. یک تیپ گیاهی را می‌توان پوشش گیاهی یک منطقه جغرافیایی که از نظر ترکیب و ساختار همگن باشد تعریف کرد. در یک طبقه‌بندی کلی روش‌های تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی را می‌توان به روش‌های مستقیم، غیر مستقیم و یا روش‌های ترکیبی تقسیم‌بندی کرد (کوچلر، ۱۹۷۹؛ رحمانی، ۲۰۱۰). روش‌هایی همچون پیمایش صحرایی و آماربرداری از پوشش گیاهی در عرصه جزء روش‌های مستقیم محسوب می‌گردد، حال آنکه استخراج نقشه پوشش گیاهی از ارتباط بین عوامل تعیین کننده پراکنش پوشش گیاهی همچون نقشه خاک، متغیرهای آب و هوایی (بارش و درجه حرارت) و پستی و بلندی‌ها، زمین‌شناسی و رخساره‌های ژئومورفولوژیکی جزء روش‌های غیرمستقیم محسوب می‌گردد. تلفیق روش‌های مستقیم و غیر مستقیم استخراج پوشش گیاهی نیز روش‌های ترکیبی را شکل می‌دهند. به عبارتی پیش‌بینی نقشه‌های پوشش گیاهی را می‌توان پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پوشش‌های گیاهی دارای ترکیب و ساختار همگن در یک چشم‌انداز از طریق متغیرهای محیطی معرف پراکنش پوشش گیاهی تعریف کرد. این امر می‌تواند به کمک نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی با سهولت صورت پذیرد (پالو، ۲۰۰۵).

این پیش‌بینی بنابر تئوری آشیان اکولوژیکی گونه‌ها و تحلیل شیب و برحسب نیاز به نقشه‌الگوی پوشش گیاهی در مناطق بزرگ برای برنامه‌ریزی حفاظت از منابع طبیعی و برای پیش‌بینی تأثیر تغییرات محیطی بر روی توزیع پوشش گیاهی بنا نهاده شده است. در این زمینه در طول چهار دهه گذشته، تهیه نقشه پوشش گیاهی با استفاده از آنالیزهای اطلاعات جغرافیایی رقومی پیشرفت زیادی کرده است. همچنین تعدادی روش آماری و اخیراً یادگیری/ماشینی (یادگیری/خودکار) برای ایجاد و پیاده‌سازی مدل‌های پراکنش مکانی پوشش گیاهی بوجود آمده‌اند (فرانکلین، ۱۹۹۵).

امروزه همچنین ژئومورفولوژی، پایه و اساس مطالعات منابع طبیعی تجدید شونده به‌شمار می‌رود (احمدی و فیض‌نیا، ۲۰۰۶). تجزیه و تحلیل همزمان شکل اراضی<sup>۱</sup> و پوشش گیاهی و ارتباط بین آنها که فیتوژئومورفولوژی نامیده می‌شود، در دهه‌های اخیر در نقاط مختلف دنیا و از آن جمله در کشور ما نیز توجه زیادی را به خود جلب کرد که تحقیقات زیادی در این زمینه نیز انجام گرفت. اسدی بروجنی (۱۹۹۱) جنبه‌های اکولوژیکی جوامع گیاهی سبزکوه چهارمحال و بختیاری را با توجه به خاک و واحدهای ژئومورفولوژی بررسی نمود و نتیجه‌گیری کرد که به علت تغییرات بسیار ناشی از عوامل مختلف بویژه دخالت انسان اصولاً پیدا شدن ارتباط بین عوامل ژئومورفولوژی و خاک با جوامع گیاهی فعلی مشکل است ولی در عین حال بسته به تغییرات فیزیوگرافی زمین، سنگ‌شناسی، خاک و اقلیم تغییراتی در واحدهای گیاهی قابل مشاهده است. شیبانی (۲۰۰۱) پوشش گیاهی منطقه قره‌آقاج شهرستان پاکدشت استان تهران را در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ به روش گیاگانی - چهره‌شناختی بررسی نمود. بدیهی است که استقرار یک جامعه گیاهی تحت تأثیر عوامل خاکی، اقلیمی و زیستی است. در این مطالعه علاوه بر شناسایی گونه‌ها و تعیین نحوه زیست و نیاز بوم‌شناختی آنها اقدام به تفکیک جوامع گیاهی و تهیه نقشه رستنی‌های گیاهی شد. برداشت‌های گیاگانی در قطعات نمونه (رولوه) بر روی عکس‌های هوایی انجام گرفت و جهت آنالیز اطلاعات گیاهی از روش براون بلانکه استفاده شد. به این ترتیب ضمن به دست آوردن کلیه اطلاعات اکولوژیکی منطقه و تهیه نقشه‌های لازم، ۲۷ جامعه گیاهی بر روی نقشه مشخص گردید. همچنین اکبرزاده قره‌تپه (۱۹۹۰) در مطالعه‌ای برای منطقه سیراچال در مساحت حدود ۱۵۰۰ هکتار به روش فلورستیک و فیزیونومیک، نقشه پوشش گیاهی را تهیه کردند. مطالعات فلورستیک در قطعات نمونه در داخل واحدهای گیاهی جدا شده انجام گرفته و

## 1. Land Form

برای آنالیز آن از روش براون بلانکه استفاده شد. بدین ترتیب ۸۳ جامعه گیاهی بر روی نقشه جدا شد. همچنین در این تحقیق، مطالعه فیزیونومیک براساس روش کوچلر انجام گرفت. جوامع گیاهی تفکیک یافته، طبقه‌بندی گردید. ابتدا باتوجه به ترکیب فلورستیک و شرایط رویشگاه جوامع گیاهی به دو گروه جوامع طبیعی یا نیمه طبیعی و جوامع تخریب یافته تقسیم شد و سپس جوامع گیاهی براساس فرم‌های حیاتی، معیار فلورستیک و گاهاً خصوصیات رویشگاه، تراکم رستنی و سایر خصوصیات گیاهان؛ به واحدهای فرعی تر طبقه‌بندی شد. جوامع گیاهی تفکیک یافته با ترکیبی از رنگ و الگو بر روی نقشه نمایش داده شدند. یکی از عوامل ژئومورفولوژیکی مهم در تهیه نقشه توزیع پوشش گیاهی، ترسیم نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژیکی است. تعیین الگوهای توزیع پوشش گیاهی و ارتباط آن با عوامل محیطی نقش مهمی در انتخاب پوشش گیاهی برای احیاء پوشش گیاهی تخریب‌یافته نیز دارد (هوارد و میچل، ۱۹۸۵).

اکولوژیست‌ها استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی را برای مدلسازی از سال ۱۹۹۰ شروع کردند (ازسمی و همکاران، ۲۰۰۶). شبکه‌های عصبی مصنوعی مزیت‌هایی برای مطالعات اکولوژیکی دارند از جمله جایگاه اطلاعات به ندرت با فرض‌های آماری پارامتریک مواجهه شده و ارتباطات غیرخطی متداول دارند. این مدل‌ها همچنین برای انجام بهتر مدل‌های خطی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال شبکه‌های عصبی مصنوعی معایبی نیز دارند. نیاز به محاسبه زیاد، تعیین پارامترهای بسیار با راهنمایی کم، عدم وجود روش استاندارد برای تعیین معماری شبکه و نبود روشی جهانی برای تعیین زمان متوقف کردن آموزش از جمله این معایب است (ازسمی و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین شبکه‌های عصبی به ترکیب مجموعه داده‌های آموزش و پارامترهای اولیه شبکه حساس هستند. در نتیجه آنها به عنوان مدل‌های جعبه سیاه در نظر گرفته شده‌اند. شبکه عصبی چند لایه پرسپترون (MLP)<sup>۱</sup> معمول‌ترین روش شبکه عصبی است که در اکولوژی استفاده می‌شود. این امر شاید به علت درک آسان این نوع شبکه باشد (ازسمی و همکاران، ۲۰۰۶).

با توجه به اینکه ارتباط بین رخساره‌های ژئومورفولوژیکی و پوشش گیاهی تا حدود زیادی به اثبات رسیده (اسدی بروجنی، ۱۹۹۱؛ احمدی، ۲۰۰۶؛ ابات و همکاران، ۲۰۰۶؛ اگویر و همکاران، ۲۰۰۷)، هدف از انجام این تحقیق این است که با استفاده از این ارتباط، نقشه‌ی پراکنش پوشش گیاهی

---

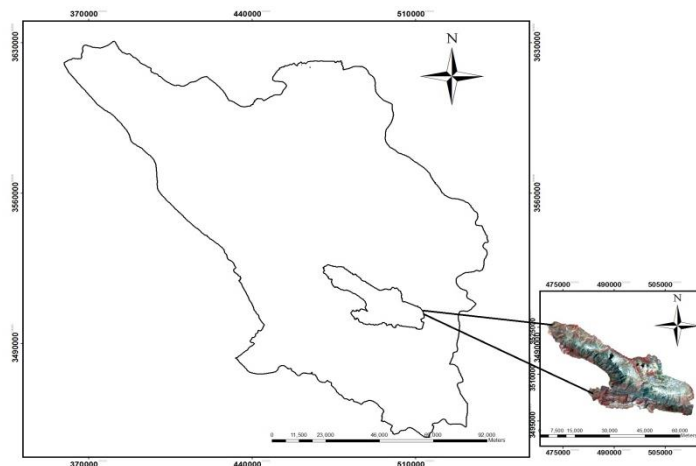
## 1. Multilayer Perceptron

پیش‌بینی شود. از آنجا که این ارتباط لزوماً ارتباطی خطی و تعریف شده نیست، از مزیت تجزیه و تحلیل شبکه عصبی و امکان انجام پیش‌بینی این روش نیز بهره‌گرفته شد تا روابط احتمالی بین رخساره‌های ژئومرفولوژیکی و پوشش گیاهی به عنوان داده‌هایی توصیفی کشف شود و از این روابط پوشش گیاهی سایر مناطق پیش‌بینی گردند. به بیانی دیگر در این تحقیق بررسی شد که رخساره‌های ژئومرفولوژیکی که خود حاصل برآیند عوامل متعدد محیطی هستند تا چه حد می‌توانند بیانگر پراکنش پوشش گیاهی باشند. در این راستا از مزیت پیش‌بینی غیر خطی و آموزش‌پذیری شبکه عصبی مصنوعی نیز بهره‌گرفته شد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه با وسعتی بالغ بر ۵۴۲۰۰ هکتار در ۱۳۵ کیلومتری از مرکز استان چهارمحال و بختیاری بین طول‌های جغرافیایی ۲۳° ۳۷' ۵۰" و ۲° ۱۵' ۵۱" شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۳° ۲۹' ۳۱" و ۵۵° ۵۹' ۳۱" شمالی واقع شده است. بررسی نقشه‌های توپوگرافی منطقه نشان می‌دهد حداکثر ارتفاع منطقه ۳۸۷۰ و حداقل ارتفاع ۱۱۲۰ متر از سطح دریا است (شکل ۱).

شرایط هواشناسی و اقلیمی محدوده سبزکوه بیشتر تحت تأثیر جریان‌های مدیترانه‌ای قرار داشته (اسدی بروجنی و ابراهیمی، ۲۰۰۹)، بخش جنوبی آن دارای اقلیم خشک سرد و در بقیه آن نیمه خشک سرد غالب است. به علت کوهستانی بودن منطقه سبزکوه دارای تغییرات ارتفاعی شدید و اقلیم آن بیشتر تحت تأثیر تغییرات ارتفاع است. از مشخصات بارز بارندگی در این منطقه بارندگی‌های با مدت و شدت نسبتاً زیاد و گسترش وسیع می‌باشد. دامنه مقادیر بارش بین ۷۸۲ الی ۳۴۰ میلی‌متر است. در منطقه سبزکوه بیشتر شیب‌های شمالی و شرقی دارای پوشش گیاهی مؤید رویشگاه نیمه استپی، در شیب‌های جنوبی پوشش گیاهی رویشگاه جنگل‌های خشک و در ارتفاعات پوشش گیاهی رویشگاه موسوم به مناطق آبی را می‌توان مشاهده کرد. تاکنون بالغ بر ۷۳ تیره گیاهی، ۲۸۵ جنس و ۴۳۳ گونه گیاهی در منطقه شناسایی شده است. تنوع توپوگرافی و اقلیمی باعث شده است که رویشگاه‌های متفاوتی در منطقه رویش یابند (اسدی بروجنی و ابراهیمی، ۲۰۰۹).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نمایی از منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه استان چهارمحال و بختیاری.

- داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:
- داده‌های رقومی و نقشه‌های کاغذی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور به تعداد ۱۳ شیت، واقع در دو بلوک رامهرمز (بلوک شماره ۷۷) و بروجن (بلوک شماره ۷۸).
  - نقشه‌های رقومی شبکه زهکشی (آبراهه‌ها) محدوده مورد مطالعه که به همراه فایل نقشه‌های رقومی توپوگرافی وجود دارند. نقشه‌های فوق جهت تعیین مرز محدوده مطالعاتی، شناسایی منطقه و زمین مرجع کردن دقیق عکس‌های هوایی به کار رفتند.
  - عکس‌های هوایی سیاه و سفید با ابعاد ۲۳×۲۳ سانتی‌متر و مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه واقع در بلوک ۲۷۸ سری عکس‌های هوایی که در سال ۱۳۴۸ تهیه شدند. این عکس‌ها پس از اسکن و زمین مرجع شدن جهت شناسایی منطقه، تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی و اصلاح نقشه تیپ‌های پوشش گیاهی استفاده شدند.
  - نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه واقع در دو بلوک بروجن و اردل که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شدند. این نقشه‌ها پس از زمین مرجع و در کنار هم چیده شدن، به منظور ترسیم نقشه واحدهای سنگی به کار رفتند.
  - نرم‌افزارهای RS و GIS از جمله JDRISI Andes، MicroStation<sup>95</sup> و ILWIS<sup>3.7</sup> جهت تفسیر و پردازش عکس‌های هوایی و نرم‌افزارهای آماری SPSS<sup>17</sup>، SPLUS<sup>6.1</sup> و PC-ORD به منظور انجام آنالیز آماری داده‌ها استفاده شدند.

- گزارشات و طرح‌های انجام گرفته در حوزه مورد مطالعه (طرح جامع احیاء و توسعه‌ی اراضی کشاورزی و طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ۲۰۰۰؛ طرح مدیریت منطقه‌ی حفاظت شده سبزکوه، ۲۰۰۲).

### روش تحقیق

**مطالعات میدانی و تهیه نقشه پوشش گیاهی:** در ابتدا به منظور تعیین ترکیب و ساختار پوشش گیاهی منطقه و همچنین بررسی و شناسایی عوارض و پدیده‌های موجود در منطقه از جمله اراضی کشاورزی، اراضی عاری از پوشش و مارن‌ها، شبکه راه‌ها و رودخانه‌ها؛ عملیات برداشت زمینی انجام شد. در طی این بازدیدها در مجموع موقعیت و مختصات ۸۶ نقطه واقعیت زمینی بر روی نقشه‌های کاغذی توپوگرافی ترسیم شد. این نقشه‌ها اسکن، ثبت<sup>۱</sup> و زمین مرجع<sup>۲</sup> شدند. همچنین نقشه پوشش گیاهی تهیه شده توسط شرکت مشاور یکم و ورزبوم در قالب طرح‌های مطالعاتی (طرح جامع احیاء و توسعه‌ی اراضی کشاورزی و طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ۲۰۰۰؛ طرح مدیریت منطقه‌ی حفاظت شده سبزکوه، ۲۰۰۲) انتخاب شد. این نقشه‌ها، با مشاهده جفت عکس‌های هوایی در زیر استریسکوپ و همچنین نقشه سنجش از دوری حاصل از بازدیدهای صحرایی تصحیح و تدقیق شد و ضمن بازدید و کنترل صحرایی، نقشه تیپ گیاهی نهایی (به روش فیزیونومی - فلوریستیک) تهیه گردید (کوچلر و زونولد، ۲۰۱۲).

**زمین مرجع کردن عکس‌های هوایی:** کلیه عکس‌های هوایی منطقه مورد مطالعه به مقیاس خاکستری<sup>۳</sup> و با قدرت تفکیک ۶۰۰ dpi (فایلی حدود ۳۵ مگابایت برای هر عکس) اسکن گردیدند. سپس با ایجاد سیستم مختصات متریک و معرفی مدل رقومی ارتفاع به هر عکس و با کمک داده‌های رقومی نقشه‌های توپوگرافی و استفاده از روش ارتوفوتو<sup>۴</sup> عمل زمین مرجع سازی انجام شد. بدین صورت که با معرفی مختصات ۶ گوشه عکس<sup>۵</sup> که از قبل اندازه‌گیری شده بود، میزان خطا<sup>۶</sup> برای هر دو ستون و ردیف عکس برآورد گردید که باید کمتر از ۱۰ پیکسل باشد. این عمل بر روی ۱۳۰ عکس هوایی موجود درحوزه مورد مطالعه انجام شد (ولج و همکاران، ۲۰۰۲).

1. Image Registration
2. Image Georefencing
3. Grayscale
4. Orthophoto
5. Fiducial Marks
6. Root Mean Square Error

تهیه نقشه واحدهای سنگی: نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور واقع در دو شیت بروجن و اردل استخراج شد و با بازدیدهای میدانی تدقیق گردید. بدین صورت که بعد از زمین مرجع سازی فایل برداری، نقشه سنگ‌شناسی از روی این نقشه‌ها ترسیم شد. سازندهایی که ساختار زمین‌شناسی مشابهی داشتند یک واحد سنگ را به خود اختصاص دادند.

**تعیین واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های ژئومورفولوژی:** به منظور تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی طبق دستورالعمل تهیه شده، در ابتدا بر روی عکس‌های هوایی زمین مرجع شده منطقه، با مشاهده زوج عکس‌های هوایی در زیر استریسکوپ به ترتیب نوع واحدها، تیپ‌ها، زیر تیپ‌ها و همچنین اجزای تیپ‌های ژئومورفولوژی که شامل یال و دره و دامنه است، برای تمامی عکس‌ها ترسیم شد. از آنجایی که یال و دره به صورت خطی نمایش داده می‌شوند و گستره کمی را در بر می‌گیرند و بیشتر اقدامات و بهره‌برداری‌ها بر روی دامنه‌ها است، لذا در مطالعات ژئومورفولوژی دامنه به عنوان واحد کاری قلمداد شده و در مرحله تعیین اجزای تیپ‌های ژئومورفولوژی تنها رخساره‌های دامنه از اجزای هر تیپ ترسیم و مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه نیز در نهایت، دامنه‌های موجود در منطقه مشخص، سپس نوع هر دامنه از لحاظ منظم یا نامنظم بودن تعیین شد و این عمل تا تعیین زیر رخساره‌های ژئومورفولوژی ادامه یافت، به این ترتیب نقشه رخساره‌ها تهیه شد (اختصاصی، ۲۰۰۰). پس از تهیه نقشه رخساره‌ها با رفتن به منطقه مورد مطالعه، نقشه رخساره‌های مقدماتی با رخساره‌های فعلی موجود در عرصه انطباق داده شد و اصلاحات لازم انجام گردید.

**استخراج نقشه شکل پستی و بلندی (TopoShape):** این نقشه با استفاده از دستور TopoShape و با معرفی نقشه مدل ارتفاع رقومی<sup>۱</sup> منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار IDRISI-Andes تهیه شد که مواردی همچون خط‌الرأس<sup>۲</sup>، دره<sup>۳</sup>، دامنه محدب، دامنه مقعر، دامنه با شیب تند<sup>۴</sup>، دامنه‌های بین دو قله زین اسبی شکل<sup>۵</sup>، دامنه‌های انحنایی محدب<sup>۶</sup> و دامنه ناشناخته<sup>۷</sup> را نشان می‌دهد.

1. DEM
2. Ridge
3. Raavine
4. Slope hillside
5. Saddle hillside
6. Inflection hillside
7. Unknown hillside



پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی: در این مطالعه برای تدوین مدل و انتخاب ساختار شبکه عصبی مصنوعی به کار رفته برای پیش‌بینی توزیع پوشش گیاهی، چهار نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی، سنگ شناسی، شکل زمین و همچنین نقشه پوشش گیاهی با استفاده از دستور Collection Editor در نرم‌افزار IDRISI-Andes با یکدیگر ترکیب شدند و سپس از محیط آدریسی به نرم‌افزار آماری S-PLUS 6.1 وارد شدند. سپس فایل مذکور به نرم‌افزار SPSS 17 انتقال داده شد. اطلاعات سه نقشه رخساره ژئومورفولوژی، سنگ شناسی و شکل زمین به عنوان متغیر ورودی و نقشه تیپ‌های گیاهی به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شدند. بعد از مشخص نمودن داده‌های ورودی و خروجی مدل، عمل چیدن تصادفی<sup>۱</sup> ردیف‌ها روی صفحه گسترده انجام شد (فتی‌پورجلیلیان و نجبا، ۲۰۱۰). در ادامه ۷۰ درصد از ردیف‌های هر ستون برای آموزش، ۱۰ درصد برای ارزیابی و ۲۰ درصد برای آزمون جدا شدند. در این تحقیق به‌طور کلی از ۱۵۰۰۲۲ (اندازه سلول رستری ۶۰×۶۰ متری) داده برای تدوین مدل استفاده شد.

## نتایج

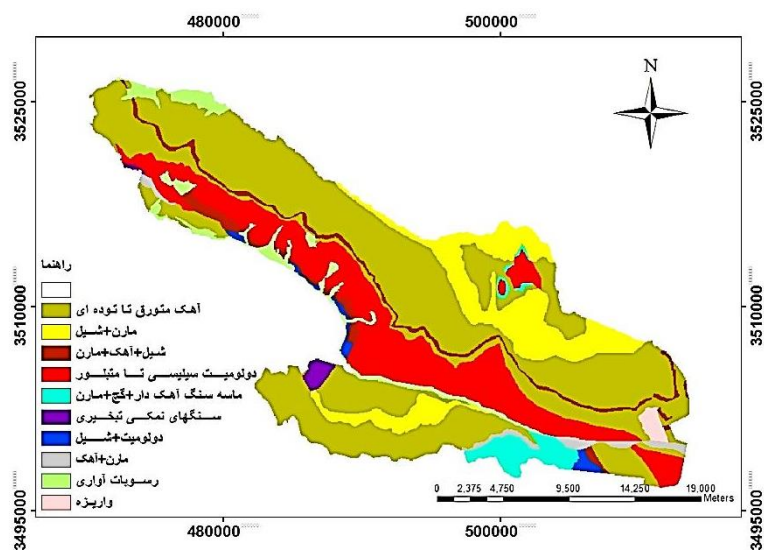
تهیه نقشه پوشش گیاهی: تیپ‌های گیاهی نهایی (به روش فیزیونومی - فلوریستیک) مشخص گردیدند (جدول ۱).

جدول ۱- تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی منطقه سبزکوه به همراه گونه‌های همراه.

| شماره طبقات | طبقات پوشش زمین و تیپ‌های گیاهی  |
|-------------|--|
| ۱           | <i>Daphne macronata</i> - <i>Astragalus adscendens</i>   |
| ۲           | Prenail Grasses ( <i>Agropyron trichophorum</i> , <i>Bromus tomentellus</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca ovina</i> ) |
| ۳           | Dense Forest ( <i>Quercus brantii</i> , <i>Pistatia atlantica</i> , <i>Acer monspessulanum</i> )                                 |
| ۴           | Medium Forest ( <i>Quercus brantii</i> , <i>Pistatia atlantica</i> , <i>Acer monspessulanum</i> )                                |
| ۵           | Sparse Forest ( <i>Quercus brantii</i> , <i>Pistatia atlantica</i> , <i>Acer monspessulanum</i> )                                |
| ۶           | Agriculture&Garden   |
| ۷           | <i>Astragalus adscendens</i>   |
| ۸           | Dry Farming  |
| ۹           | Rock   |
| ۱۰          | <i>Astragalus adscendens</i> - <i>Circium bracteosum</i>   |
| ۱۱          | <i>Astragalus morinus</i> - <i>Acantholimon festucaceum</i> - <i>Acanthophyllum bracteatum</i>                                   |
| ۱۲          | Marl-Baresoil  |
| ۱۳          | Snow   |

### 1. Randomization

استخراج واحدهای سنگ‌شناسی: نقشه زمین‌شناسی نشان می‌دهد که در منطقه سبزکوه تعداد ۲۴ سازند زمین‌شناسی وجود دارد. با توجه به هدف ما که بررسی پوشش گیاهی است و همچنین کم کردن تعداد متغیرها، سازندهایی که از نظر سنگ‌شناسی مشابه بودند با هم تلفیق شده که در نهایت ۱۲ واحد سنگی بدست آمد (شکل ۳ و جدول ۲).



شکل ۳- نقشه سنگ‌شناسی حاصل از تلفیق سازندهای نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

جدول ۲- واحدهای سنگی و میزان فرسایش پذیری آنها (احمدی و فیض‌نیا، ۲۰۰۶).

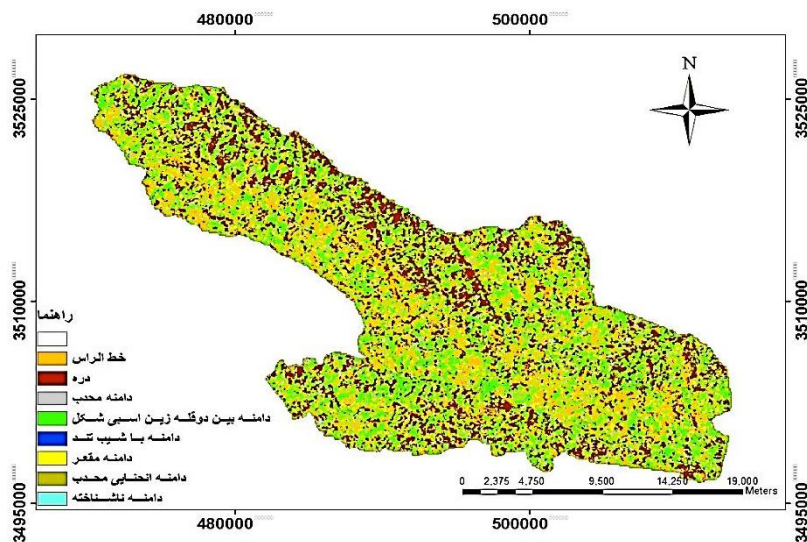
| حساسیت به فرسایش   | مساحت<br>برحسب هکتار | واحد سنگی                    |
|--|----------------------|------------------------------|
| تا حدی مقاوم به فرسایش آبی و تیپ فرسایشی توده سنگی، بیرون زدگی سنگی، واریزه و فرسایش انحلالی در آن دیده می‌شود.          | ۲۸۶۳۹                | آهک متورق تا توده‌ای         |
| -  | ۶۳۰۷                 | مارن + شیل                   |
| تیپ فرسایش آبی (سطحی، شیبی، آبراهه‌ای و هزاردره)، بیرون زدگی سنگی و واریزه در آن قابل مشاهده است.                        | ۱۷۰۱                 | شیل + آهک + مارن             |
| تیپ فرسایش آبی (سطحی، هرز آب، شیار، آبراهه و بدلدند)، حرکت‌های توده‌ای، فرسایش خندقی، بیرون زدگی سنگی در آن دیده می‌شود. | ۱۳۴۶                 | ماسه سنگ آهک دار + گچ + مارن |

| حساسیت به فرسایش   | مساحت<br>برحسب هکتار | واحد سنگی                           |
|--|----------------------|-------------------------------------|
| مقاوم به فرسایش آبی و تیپ فرسایش کارست، توده سنگی و بیرون زدگی سنگی در آن دیده می‌شود.               | ۱۳۶۹                 | دولومیت ریزدانه<br>سیایسی تا متبلور |
| مقاوم به فرسایش و تیپ فرسایشی توده سنگی، بیرون زدگی سنگی، واریزه و دامنه منظم در آن قابل مشاهده است. | ۱۵۸                  | کنگومرا + ماسه سنگ                  |
| تیپ فرسایش آبی، واریزه، بیرون زدگی سنگی و فرسایش انحلالی در آن دیده می‌شود.                          | ۳۸۳                  | سنگ‌های نمکی تبخیری                 |
|  | ۵۰۱۷                 | دولومیت + شیل                       |
| دارای تیپ فرسایشی توده سنگی، بیرون زدگی سنگی، واریزه و فرسایش انحلالی                                | ۳۰۱۸                 | مارن + آهک                          |
|  | ۱۰۰۴                 | رسوبات آواری                        |
|  | ۵۱                   | واریزه                              |

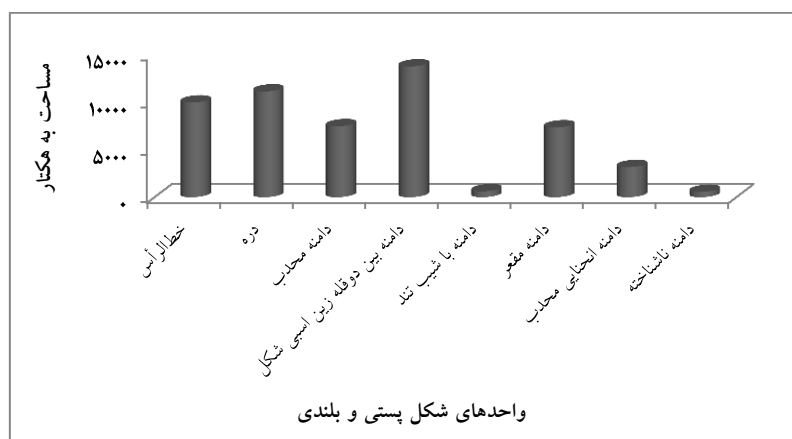
استخراج نقشه شکل پستی و بلندی<sup>۱</sup>: بررسی نقشه شکل پستی و بلندی‌های زمین در منطقه مورد مطالعه نشان داد که عوارض خط‌الرأس، دره، دامنه محدب، دامنه‌های بین دو قله زین اسبی شکل، دامنه با شیب تند، دامنه مقعر، دامنه‌های انحنایی محدب و دامنه‌های ناشناخته از مجموع ۵۴۰۰۰ هکتار مساحت منطقه، به ترتیب ۹۹۶۳/۷، ۱۱۱۳۰/۱، ۷۴۶۳/۹، ۱۳۷۵۵/۶، ۶۱۹/۲، ۷۳۴۸/۷، ۳۱۷۱/۹ و ۵۵۴/۸ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. این امر نشان می‌دهد که دامنه‌های بین دو قله زین اسبی شکل بیشترین (۱۳۷۵۵/۶ هکتار) و دامنه‌های ناشناخته کمترین (۵۵۴/۸ هکتار) مساحت منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده است (شکل ۴ و شکل ۵).

در بین واحدهای شکل پستی و بلندی منطقه دامنه‌های بین دو قله زین اسبی شکل و دره‌ها و پس از آن خط‌الرأس‌ها بیشترین سطح منطقه و دامنه‌های با شیب تند و دامنه‌های انحنایی محدب به ترتیب کمترین سطوح را به خود اختصاص دادند. حدود ۱ درصد از منطقه که بخش بسیار ناچیزی است نیز از لحاظ پستی و بلندی‌ها ناشناخته باقی ماند و برنامه قادر به طبقه‌بندی آن نشد.

1. TopoShape



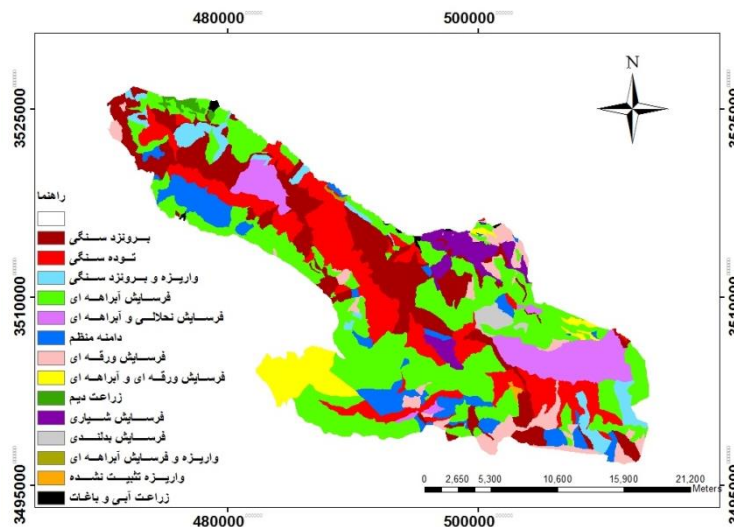
شکل ۴- نقشه شکل پستی و بلندی منطقه مورد مطالعه.



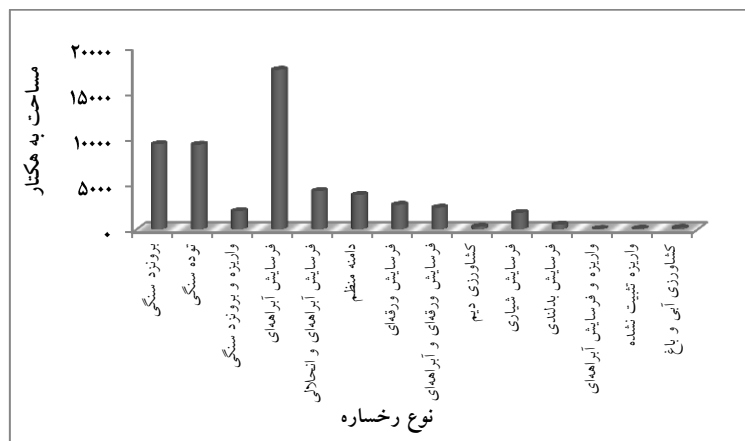
شکل ۵- واحدهای شکل پستی و بلندی منطقه مورد مطالعه.

استخراج رخساره‌های ژئومورفولوژی: در مرحله تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی طبق دستورالعمل تهیه شده، دو واحد کوهستان و دشت سر با در بر داشتن سه تیپ کوه، تپه و دشت که به ترتیب ۸۵/۹، ۱۰/۵ و ۳/۶ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند، مشاهده گردید. از لحاظ زیر تیپ، منطقه دارای ساخت رسوبی بوده که هر دو تشکیلات آهکی و غیرآهکی را شامل می‌شود.

در منطقه مورد مطالعه هر دو رخساره دامنه منظم و غیر منظم دیده شد که البته میزان رخساره دامنه منظم بسیار پایین است (شکل ۶). بعد از تعیین نوع دامنه، رخساره‌های ژئومورفولوژیکی بر روی دامنه نامنظم تعیین شدند (شکل ۷). نقشه رخساره نهایی در مدل شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش‌بینی توزیع تیپ‌های گیاهی و پوشش زمین مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۶- نقشه نهایی رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه.



شکل ۷- مساحت رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه.

پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی: در طراحی ساختار شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه، تعداد نرون‌های لایه‌های ورودی و خروجی به ترتیب با توجه به تعداد متغیرهای ورودی و خروجی مدل انتخاب شد. در این مرحله برای انتخاب مناسب‌ترین مدل، شبکه‌های عصبی مختلفی، با تغییر نرخ یادگیری، مقدار مومنتم (تکانه)، تابع انتقال و قانون آموزش، ساخته و اجرا شد که در نهایت مناسب‌ترین مدل با مقدار مومنتم ۰/۹، نرخ یادگیری ۰/۴، الگوریتم آموزش شیب نزولی، روند آموزش باز<sup>۱</sup> و یک لایه پنهان با ۱۹ گره انتخاب شد.

جدول ۳ نشان می‌دهد که ۱۰۴۹۱۳ مورد به عنوان نمونه آموزشی، ۳۰۱۰۵ مورد نمونه اعتبار سنجی و ۱۵۰۰۴ مورد از پیکسل‌های نقشه‌های مورد نظر به عنوان نمونه‌های راستی‌آزمایی مدل در نظر گرفته شد و هیچ پیکسلی از تحلیل حذف نشد.

جدول ۳- خلاصه فرآیند شبکه عصبی اجرا شده.

|                                   | تعداد  | درصد |
|-----------------------------------|--------|------|
| نمونه آموزشی <sup>۲</sup>         | ۱۰۴۹۱۳ | ۶۹/۹ |
| نمونه اعتبارسنجی مدل <sup>۳</sup> | ۳۰۱۰۵  | ۲۰/۱ |
| راستی‌آزمایی مدل <sup>۴</sup>     | ۱۵۰۰۴  | ۱۰   |
| معتبر                             | ۱۵۰۰۲۲ | ۱۰۰  |
| خارج شده از آنالیز                | ۰      |      |
| جمع کل                            | ۱۵۰۰۲۲ |      |

جدول ۴، اطلاعات مربوط به شبکه عصبی را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود، شبکه دارای یک لایه ورودی که شامل سه نقشه پیش‌بینی کننده با ۳۴ واحد و یک لایه پنهان با ۱۹ واحد با تابع فعال کننده تانژانت هیپربولیک است. همچنین تعداد واحدها در لایه خروجی برابر با ۱۳ واحد، که در واقع نشان‌دهنده تعداد تیپ‌های گیاهی و طبقات پوشش زمینی است است. از آنجایی که متغیر وابسته اسمی<sup>۵</sup> است، در نتیجه تابع فعال کننده لایه خروجی از نوع Softmax انتخاب شده است.

1. Online
2. Training
3. Validation
4. Test
5. Nominal

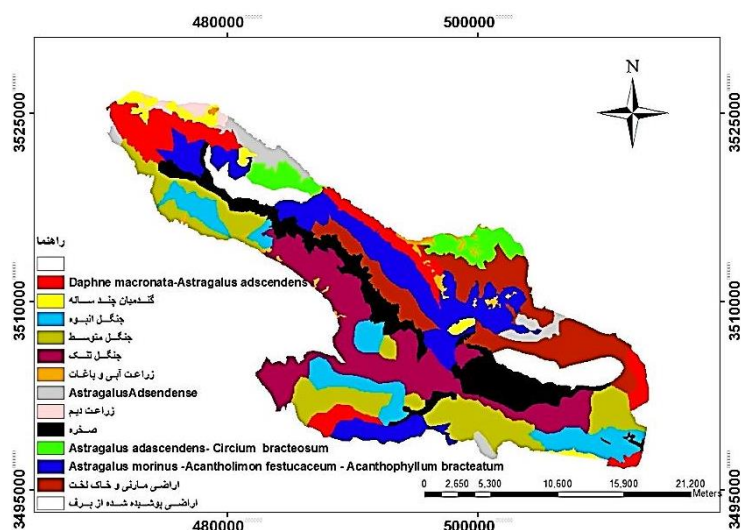
جدول ۴- اطلاعات کلی مدل شبکه عصبی مصنوعی.

| لایه ورودی | عوامل            | شکل پستی و بلندی رخساره‌های ژئومورفولوژی سنگ‌شناسی |
|------------|------------------|--|
| لایه پنهان | تعداد واحدها     | ۳۴   |
|            | تعداد لایه پنهان | ۱  |
|            | تعداد واحدها     | ۱۹   |
|            | تابع فعال کننده  | تانزانت هیپربولیک                                  |
| لایه خروجی | متغیر وابسته     | نقشه پوشش گیاهی                                    |
|            | تعداد واحدها     | ۱۳   |
|            | تابع فعال کننده  | Softmax  |
|            | تابع خطا         | Cross – entropy                                    |

جدول ۵، نتایج طبقه‌بندی حاصل از استفاده از شبکه را نشان می‌دهد. در هر مورد پیش‌بینی و طبقه‌بندی انجام شده بر مبنای بالاترین احتمال تعلق انجام گرفته است. در این جدول سلول‌های قرار گرفته بر روی قطر اصلی پیش‌بینی‌های صحیح می‌باشند و سلول‌هایی که بر روی قطر اصلی قرار نمی‌گیرند، پیش‌بینی‌های نادرست هستند. به‌طورکلی ۳۹/۱ درصد از موارد آموزش به درستی طبقه‌بندی شده است. از نمونه‌های راستی‌آزمایی جهت ارزیابی و اعتبارسنجی مدل استفاده شده است. در اینجا ۳۸/۹۵ درصد از موارد توسط مدل به درستی طبقه‌بندی شده‌اند. این مقدار تقریباً کم است و نشان می‌دهد که مدل در حقیقت ۲ بار از ۵ بار صحیح عمل می‌کند.

بررسی مقادیر اعتبارسنجی شبکه در جدول طبقه‌بندی (جدول ۵) نشان می‌دهد که به‌طور خاص مدل در شناخت طبقات Sparse Forest و *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophylum bracteatum* عملکرد نسبتاً قوی دارد. به‌گونه‌ای که از بیشترین به کمترین دقت پیش‌بینی مربوط به طبقات Sparse Forest، *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophylum*، *Medium Forest*، *Rock Astragalus adcondense-Cirsium bracteatum*، *Snow bracteatum*، *Marl & Baresoil*، *Dry Agriculture*، *Daphne macronata-Astragalus adcondense*، *Dense Forest*، *Perennial grasses*، *Astragalus adcondense* و *Agriculture & Garden* به ترتیب با مقادیر برابر با ۶۴/۴، ۶۱/۵، ۵۲/۷، ۳۹/۶، ۳۸/۷، ۳۴/۴، ۳۲/۷، ۲۹/۴، ۱۷/۵، ۹/۸، ۶/۹، ۱/۴ و ۱/۲ است.

همچنین این جدول میزان درصد مساحتی که هر طبقه از کل مساحت نقشه پیش‌بینی شده را در بر گرفته نشان می‌دهد. طبقات *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum bracteatum*، *Dense Forest*، *Medium Forest*، *Daphne macronata-Astragalus adscendense*، *Rock*، *Sparse Forest*، *Agriculture & Garden*، *Astragalus adscendense-Cirsium bracteosum*، *Marl&Baresoil*، *Snow*، *Dry Agriculture*، *Perennial grasses* و *Astragalus adscendense* به ترتیب ۲۶/۳، ۲۱، ۱۱/۲، ۱۱/۲، ۱۱/۱، ۶/۴، ۵/۲، ۳/۵، ۳/۲، ۰/۳، ۰/۳، ۰/۲ و ۰/۲ درصد از کل وسعت نقشه پیش‌بینی شده را پوشانده‌اند (شکل ۶).



شکل ۶- نقشه پیش‌بینی شده طبقات تیپ گیاهی و پوشش اراضی حاصل از عوامل ژئومورفولوژی.



جدول ۵- مقایسه طبقه‌بندی پوشش اراضی (پیش‌بینی و نقشه آزمایشی) منطقه مورد مطالعه براساس روش شبکه عصبی مصنوعی.

| نمونه | مشاهده شده | نقشه پیش‌بینی شده |     |      |      |     |     |     |      |     |      |     |     |      | درصد |
|-------|------------|-------------------|-----|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|------|
|       |            | #۱                | ۲   | ۳    | ۴    | ۵   | ۶   | ۷   | ۸    | ۹   | ۱۰   | ۱۱  | ۱۲  | ۱۳   |      |
| ۱     | ۷۴۳        | ۰                 | ۰   | ۱۹   | ۱۱۱  | ۷۴  | ۶   | ۰   | ۴۵۳  | ۳۰  | ۹۷۳  | ۶۱  | ۳   | ۲۹/۴ |      |
| ۲     | ۱۵۲        | ۳۹                | ۲۴  | ۳۰   | ۳۷   | ۱۰  | ۱۱  | ۱۱  | ۱۱۷  | ۰   | ۱۶۴  | ۳۱  | ۰   | ۶/۹  |      |
| ۳     | ۱۶۵        | ۰                 | ۸۰۴ | ۵۶۹  | ۷۴۷  | ۰   | ۰   | ۰   | ۸۹   | ۳   | ۱۷۰  | ۱۱  | ۰   | ۳۲/۷ |      |
| ۴     | ۴۵۶        | ۶                 | ۵۳۵ | ۱۴۱۷ | ۷۷۸  | ۱   | ۵   | ۰   | ۲۴۲  | ۵۷  | ۵۶۱  | ۶۱  | ۴۳  | ۳۴/۴ |      |
| ۵     | ۲۱۷        | ۰                 | ۳۲۵ | ۵۷۶  | ۳۰۶۹ | ۲۷  | ۲   | ۷   | ۲۷۰  | ۲۰  | ۲۲۳  | ۱۹  | ۴   | ۶۴/۴ |      |
| ۶     | ۲۴         | ۱۱                | ۴   | ۲۷   | ۳۶   | ۴   | ۰   | ۷   | ۶    | ۹۴  | ۱۲۵  | ۱   | ۱   | ۱/۲  |      |
| ۷     | ۲۹۵        | ۴                 | ۱۱  | ۷۰۱  | ۴    | ۱   | ۱۴  | ۰   | ۷۷   | ۰   | ۴۰۴  | ۳۳  | ۴   | ۱/۴  |      |
| ۸     | ۶          | ۲۳                | ۱   | ۳۲   | ۹۳   | ۳۲  | ۱   | ۴۳  | ۱    | ۰   | ۵    | ۷   | ۲   | ۱۷/۵ |      |
| ۹     | ۹۰         | ۰                 | ۷۱  | ۹۵   | ۶۳۱  | ۱۱  | ۵   | ۰   | ۱۲۳۳ | ۱۱  | ۳۴۸  | ۲۷  | ۲۷  | ۳۸/۶ |      |
| ۱۰    | ۵۰         | ۰                 | ۱۱  | ۱۵   | ۳    | ۰   | ۰   | ۰   | ۱۸۰  | ۵۰۰ | ۲۵۱  | ۶۷  | ۱۴۷ | ۳۹/۶ |      |
| ۱۱    | ۷۷۷        | ۰                 | ۵۷  | ۱۴۱  | ۳۴   | ۵   | ۸   | ۰   | ۵۷۵  | ۶۷  | ۲۷۶۰ | ۴۶  | ۶۷  | ۶۱/۵ |      |
| ۱۲    | ۳۵۵        | ۳                 | ۶۱  | ۱۷۱  | ۵۶۱  | ۰   | ۴   | ۰   | ۲۸۵  | ۱۵۷ | ۱۶۶۹ | ۳۵۲ | ۴۳۳ | ۶۱/۵ |      |
| ۱۳    | ۲۳         | ۰                 | ۰   | ۰    | ۱    | ۰   | ۰   | ۰   | ۲۵   | ۰   | ۲۸۷  | ۳۸۲ | ۸۰۰ | ۵۲/۷ |      |
| ۱۴    | ۱۱/۲       | ۳                 | ۶/۴ | ۱/۱۱ | ۲    | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۱۱/۲ | ۳/۲ | ۲۶/۳ | ۳/۵ | ۵/۲ | ۳۹/۱ |      |

× عناوین تیپ‌های گیاهی به شرح ذیل است. ۱: *Daphne macronata-Astragalus adscondens*; ۲: *Daphne tomentellus*; ۳: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*; ۴: *Quercus brantii*, *Pistatia atlantica*, *Acer monspessulanum*; ۵: *Quercus brantii*, *Pistatia atlantica*, *Acer monspessulanum*; ۶: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*, *Daphne tomentellus*; ۷: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*, *Daphne tomentellus*; ۸: *Quercus brantii*, *Pistatia atlantica*, *Acer monspessulanum*; ۹: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*, *Daphne tomentellus*; ۱۰: *Quercus brantii*, *Pistatia atlantica*, *Acer monspessulanum*; ۱۱: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*, *Daphne tomentellus*; ۱۲: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*, *Daphne tomentellus*; ۱۳: *Agropyron trichophorum*, *Bromus tomentellus*, *Daphne tomentellus*.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق توانایی عوامل ژئومورفولوژیکی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه برای پیش‌بینی طبقات تیپ‌های گیاهی، در منطقه‌ای که تخریب‌های انسانی را نیز تا حدودی در گذشته نه چندان دور تجربه کرده، آزمون شد. مدل MLP هیچ فرضی در مورد توزیع داده‌های تحت بررسی که باید در روش‌های آماری استاندارد رعایت شود، ندارد. در عوض محقق باید روند مدل‌سازی را روشن کند. بنابراین چگونگی انجام و تفسیر مدل بسیار تأثیرگذار است.

در جدول (۴) اطلاعات مربوط به نتایج آموزش انجام شده، اعتبارسنجی شبکه و استفاده از شبکه نهایی در مورد نمونه‌های جدا نگه داشته شده جهت راستی‌آزمایی مشاهده می‌شود. خطای آنتروپی به دلیل اینکه در لایه خروجی از تابع فعال کننده Softmax استفاده شده است در جدول آورده شده است. شبکه در طی فرآیند خود سعی دارد میزان این تابع خطا را به کمترین میزان خود برساند. الگوریتم محاسبه به دلیل آنکه پس از گذر یک مرحله‌ای در آن، میزان خطا کاهش نیافته؛ متوقف شده است. از آنجایی که درصد پیش‌بینی‌های نادرست تقریباً در نمونه‌های آموزش، اعتبارسنجی و راستی‌آزمایی برابر است، این مسئله تا حدودی این اطمینان را که در مدل، آموزش اضافی رخ نداده و میزان خطاهایی که در آینده توسط شبکه ثبت می‌گردد، به میزان خطاهای ثبت شده در این جدول نزدیک خواهد بود را به همراه دارد. به عبارتی دیگر پایداری شبکه از این طریق به اثبات می‌رسد.

پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی به عنوان خروجی مدل شبکه مصنوعی از طریق ورودی‌های مدل یعنی نقشه‌های پستی و بلندی، رخساره‌های ژئومورفولوژیکی و سنگ‌شناسی به عنوان ورودی‌های مدل ارزیابی شد (جدول ۵). این امر بیان کننده آن خواهد بود که تیپ‌های گیاهی مشاهده شده تا چه حد با عوامل تعیین کننده مورفولوژیکی انطباق دارند. چنانچه نتایج حاصل از آزمایش شبکه عصبی نشان داد، مقادیر مشاهده شده در قطر ماتریس خطا تا حدود زیادی بیشتر از مقادیر خارج از قطرها بوده و همین امر مؤید دقت متوسط این روش است. مدل در پیش‌بینی دو تیپ Sparse Forest و *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum* و *Acanthophyllum bracteatum* دقت نسبتاً بالایی دارد.

دقت متوسط مدل در پیش‌بینی دو طبقه اراضی جنگل متراکم و متوسط را می‌توان ناشی از عدم تفکیک پذیری این طبقات از یکدیگر دانست. توجه به نتایج بیانگر این واقعیت است که از ۲۴۵۶ و ۴۱۱۷ پیکسلی - که در آزمایش شبکه به ترتیب برای طبقات جنگل متراکم و متوسط در نقشه مشاهده شده - در نظر گرفته شده، به ترتیب ۸۰۴ و ۱۴۱۷ مورد به درستی پیش‌بینی شده است. به عبارتی، دقت طبقه بندی در این دو طبقه به ترتیب ۳۲/۷ و ۳۴/۴ درصد است.

ویژگی‌های ژنومرفولوژیکی به ترتیب ۲۹/۴ درصد و ۳۹/۶ درصد توانایی پیش‌بینی پوشش‌های گیاهی دو تیپ *Daphne macronata-Astragalus adcendense* و *Astragalus adcendense-Cirsium bracteosum* را دارند که تا حدود زیادی می‌تواند به علت عدم تفکیک پذیری این طبقات از تیپ *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum* تلقی شود. به طوری که از ۲۵۲۶ پیکسلی که برای آزمون طبقه‌بندی *Daphne macronata-Astragalus adcendense* در نقشه مشاهده شده در نظر گرفته شده، تنها ۷۴۳ پیکسل درست طبقه‌بندی شده و ۹۸۳ پیکسل جزء طبقه *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum* به حساب آمده است. این امر را تا حدودی می‌توان ناشی از مشابهت این دو تیپ گیاهی بوته‌ای برشمرد با این وجود ۲۹/۴ درصد از پراکنش این تیپ گیاهی توسط عوامل مرفولوژیکی بیان شده است. در مورد تیپ‌های *Astragalus adcendense-Cirsium bracteosum* از ۱۲۶۲ پیکسل در نظر گرفته شده، ۵۰۰ مورد جزء طبقه ذکر شده محسوب گردید. این امر بیانگر آن است که این تیپ گیاهی حدود ۳۹/۶ درصد به واسطه عوامل مرفولوژیکی قابل پیش‌بینی است (جدول ۵).

طبقه‌بندی دو تیپ گیاهی *Astragalus adcendense* و *Perennial grasses* با موفقیت انجام نشده و عوامل ژنومرفولوژیکی نتوانسته به خوبی در منطقه مورد مطالعه این دو تیپ گیاهی را پیش‌بینی نماید. به طوری که دقت پیش‌بینی این دو تیپ گیاهی به ترتیب ۱/۴ و ۶/۹ درصد بوده است. این امر وقتی که به مساحت اولیه این دو تیپ گیاهی در منطقه نگریسته شود، به خوبی قابل توجیه است. چرا که تنها ۰/۳ و ۰/۲ درصد از منطقه توسط این دو تیپ گیاهی پوشیده شده است و این وسعت اندک علاوه بر اینکه به تبع آن تنوعی را در عوامل ژنومرفولوژیکی پیش‌بینی کننده ایجاد نمی‌کند، از طرفی دیگر نمونه‌های لازم برای آموزش مدل را نیز برای این طبقات خاص ایجاد نمی‌کند. به بیانی دیگر هرچند مدل به کلیت خود پایدار است ولی در مورد این دو طبقه خاص به دلیل ضعف در نمونه‌ها و همچنین ضعف در تنوع عوامل تعیین کننده، قدرت پیش‌بینی لازم را نخواهد داشت. به همین دلیل دقت لازم را نیز نداشته است. وقتی علت عدم تفکیک‌پذیری این دو تیپ گیاهی بیشتر بررسی می‌شود ملاحظه می‌شود که بیشترین تداخل و عدم تفکیک‌پذیری نیز با دو تیپ *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum* و *Daphne macronata-Astragalus adcendense* اتفاق افتاده است. چرا که از مجموع ۹۶۳ پیکسلی که به‌عنوان تیپ *Astragalus adcendense* برای آزمایش شبکه به مدل معرفی شده، تنها ۴ پیکسل به درستی طبقه‌بندی شده و ۴۰۴ و ۲۹۵ پیکسل آن به ترتیب جزء طبقات *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum* و

*Daphne macronata-Astragalus adcendense* در نظر گرفته شده است. این امر ما را به این واقعیت رهنمون می‌سازد که شاید تنوع تیپ‌های گیاهی در نظر گرفته شده نیز بیش از حد به تفصیل در نظر گرفته شده و تیپ گیاهی *Astragalus adcendense* را شاید بتوان با توجه به محدودیت سطح و تداخل با تیپ‌هایی که در گونه غالب مشترکند، به عنوان یک تیپ گیاهی در نظر گرفت. همین نکته نیز در مورد تیپ گیاهی گندمیان چندساله نیز به گونه‌ای مشابه هم در بحث تعداد نمونه و سطح نیز صادق است. چرا که از مجموع ۵۶۷ مورد تیپ گراس‌های چندساله به ترتیب ۱۶۴ و ۱۵۲ پیکسل آن جزء تیپ‌های *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophylum* و *Daphne macronata-Astragalus adcendense* طبقه‌بندی شده است.

ضعف مدل و دقت بسیار پایین در پیش‌بینی طبقه اراضی کشاورزی آبی و باغستان‌ها ناشی از عدم تفکیک‌پذیری آن از دو تیپ *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophylum* و *Astragalus adcendense-Cirsium bracteosum* است. به‌گونه‌ای که از ۳۴۱ پیکسل که به‌عنوان اراضی آبی معرفی شده‌اند، به ترتیب ۱۲۵ و ۹۴ مورد آن جزء *Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophylum* و *Astragalus adcendense-Cirsium bracteosum* طبقه‌بندی شده‌اند. این نکته نیز از دو طریق قابل بررسی است. اولاً اینکه اراضی کشاورزی و باغات از آنجا که به صورت دست کاشت می‌باشند، چندان تابع عوامل ژئومرفولوژیکی نبوده و به همین دلیل بر روی رخساره‌های خاصی (رخساره‌هایی که امکان کشت دارند و معمولاً محدود نیز هستند)، شکل می‌گیرند. از طرف دیگر محدودیت سطوح و به تبع آن مشکلات پدید آمده بر تعداد نمونه‌ها در مورد این طبقات نیز به نوعی صادق است. چرا که این طبقه از اراضی نیز تنها ۰/۳ درصد از منطقه را در بر می‌گیرد. هنگامی که سهم نسبی عوامل تعیین کننده و طبقات درون یک عامل یکسان باشد، بهتر می‌توان در مورد نقش هر یک از عوامل و طبقات درون هر عامل قضاوت کرد. اما در تحقیق حاضر که از یک نمونه واقعی (سبزکوه چهارمحال و بختیاری) بدست آمده است چنین محدودیت‌های نمونه‌ای بیشتر نمایان خواهد شد. عبدالعلی زاده (۲۰۱۰) طی مطالعه‌ای که در منطقه مورد مطالعه داشت به نتایج مشابهی رسید که تیپ‌هایی که نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند، شرایط محیطی یکسانی دارند. برای مثال تیپ گیاهی *Astragalus adcendense-Cirsium bracteosum* و *Perennial grasses Astragalus adcendense* اراضی کشاورزی دیم و آبی نزدیک به یکدیگر واقع شده‌اند و شاید همین امر موجب شخم اراضی مرتعی و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی دیم شده است.

در نقشه واحد شکل پستی و بلندی‌ها، دامنه تند با ۶۱۹ هکتار مساحت قرار گرفته که حداقل مساحت را به خود اختصاص داده است در صورتی که دامنه بین دو قله زین اسبی شکل با ۱۳۷۵۵ هکتار بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴ و شکل ۵) که این امر مؤید عدم تأثیرگذاری یکسان این دو پدیده بر روی پراکنش پوشش گیاهی هستند.

علت طبقه‌بندی نادرست اراضی کشاورزی آبی با تیپ‌های *Astragalus morinus-Acantholimon* و همچنین اراضی *Astragalus adcondense-Cirsium bracteosum festucaceum-Acanthophyllum* دیم را با اراضی جنگلی تنک، می‌توان اولاً به عدم انعکاس کلیه عوامل متغیر تعیین کننده پراکنش پوشش گیاهی و دوماً به تغییرات و دخالت‌های ناشی از حضور انسان و تأثیرگذاری وی در پراکنش پوشش گیاهی دانست. چرا که انسان با حضور و دخالت مستقیم و غیر مستقیم خود اجازه نمی‌دهد پوشش پتانسیل و واقعی اراضی حضور و بروز نمایند. بلکه با شخم اراضی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی، اراضی دیم و یا از طریق چرای دام ممکن است در نقاطی که توان رویشگاه پوشش اراضی خاصی باشد، شرایط را به سود حضور پوشش دیگری فراهم آورد و به همین دلیل متغیرهای محیطی نتوانند به خوبی قادر به پیش‌بینی پوشش‌های اراضی و گیاهی واقعی در محل باشند. در چنین شرایطی متغیرهای ژئومرفولوژیکی که بعنوان متغیرهای بیانگر وضعیت پتانسیل پوشش گیاهی هستند، نمی‌توانند گویای وضع فعلی پوشش گیاهی باشند.

مطالعات اولیه در مورد استفاده از روش پرسپترون چندلایه برای کاربردهای اکولوژیکی انجام شده است. به عنوان مثال؛ لوین و همکاران (۱۹۹۶)، ساختمان خاک را از روی اطلاعات نمونه خاک طبقه‌بندی کردند. همچنین تان و سمینز (۱۹۹۶) تغییرات گونه‌های غالب جوامع گراسلند را بر اساس متغیرهای اقلیمی ورودی به مدل پیش‌بینی کردند. پارلو و توماسل (۱۹۹۷) شاخص تفاضلی نرمال شده<sup>۱</sup> (NDVI) مورد استفاده در سنجش از دور را به روش پرسپترون چند لایه پیش‌بینی کردند و نشان دادند که این روش، روش قدرتمندی است و مزیت‌هایی بر روش‌های خطی دارد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نیز نشان داد که این روش تا حدودی در پیش‌بینی توزیع پوشش گیاهی بر مبنای عوامل مرفولوژیکی به تنهایی با نتایج نسبتاً خوبی همراه بوده است. البته میزان دقت متوسط در این مطالعه، چنانچه ذکر شد، شاید تا حدود زیادی مربوط به تفکیک‌پذیری پایین و خطای نسبی در

## 1. Normalized Difference Vegetation Index

نقشه‌های ورودی به ویژه در مناطق صعب العبوری که امکان دسترسی و کنترل زمینی نقشه‌های ورودی نمی‌باشد، عدم انطباق وضع فعلی با وضع پتانسیل در واقع دست‌خورده بودن اکوسیستم سبزکوه و تأثیر فعالیت‌های انسانی در منطقه و از طرفی دیگر در پوشش‌های گیاهی و پوشش اراضی با وسعت بسیار کم محدودیت‌های نمونه‌ای، باشد.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که عوامل ژئومورفولوژیکی تا حدود زیادی قادر به پیش‌بینی متغیر پوشش اراضی یا تیپ‌های گیاهی هستند، مشروط بر آن که شرایط لازم از جمله وسعت و تعداد نمونه لازم، عدم تغییرات فاحش در پوشش طبیعی منطقه (پوشش پتانسیل)، آشیانه نسبتاً قابل تفکیک و مجزای اکولوژیک تیپ‌های گیاهی، عدم تعدد بیش از حد طبقات پوشش گیاهی، تدقیق نقشه‌های ورودی، انجام مطالعات تفصیلی و دقیق‌تر، گنجاندن متغیرهای تأثیرگذار دیگر در مدل و سایر موارد احتمالی دیگر در نظر گرفته شود. شایان ذکر است که شبکه‌های عصبی دارای ساختارهای متنوعی هستند، بنابراین توصیه می‌شود انواع دیگر شبکه‌های عصبی در مورد این تحقیق نیز به کار رود و نتایج با هم‌دیگر مقایسه گردند. همچنین مقایسه نتایج شبکه‌های عصبی با دیگر روش‌های آماری نیز قابل توصیه است.

#### منابع

1. Abbate, G., Cavalli, R.M., Pascucci, S., Pignatti, S., and Poscolieri, M. 2006. Relations between morphological settings and vegetation covers in a medium relief landscape of Central Italy. *Journal of Annals of Geophysics*. 49: 153-165.
2. Abdolalizade, Z. 2010. Study of land cover changes over the past three decades and predict the future situation in the region Sabzkuh, Chaharmahal and Bakhtiari province. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University. 74p. (In Persian)
3. Aguirre, M.C.G., Ortiz, M.A., Zamorano, J.J., and Reyes, Y. 2007. Vegetation and landform relationships at Ajusco volcano Mexico, using a geographic information system (GIS). *Journal of Forest Ecology and Management*. 239: 1-12.
4. Ahmadi, H. 2006. Applied geomorphology. Vol. 1, Water Erosion, Tehran University Publications, 688p. (In Persian)
5. Ahmadi, H., and Feiznia, S. 2006. Quaternary formation (theoretical and applied principles in natural resources). Tehran University Publications. 628p. (In Persian)

6. Akbarzadeh Gharah Tape, M. 1990. Vegetation mapping with using floristic physiognomic method in Toochal area. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj. 115p. (In Persian)
7. Asadi Boroujeni, E. 1991. Ecologic Study of plant communities in Sabzekoh region, Chaharmahal and Bakhtiary Province, with references to soil and geomorphologic units. M.Sc. Thesis of Rangeland, Faculty of Natural Resources, Tarbit Modares University. 125p. (In Persian)
8. Asadi Boroujeni, E., and Ebrahimi, A. 2009. Introduction and collection of flora of Sabzkouh Protected area. Department of Environment in Chahrmahal-Va-Bakhtiari, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. 98p. (In Persian)
9. Ekhtesasi, M.R. 2000. Applied geomorphology, Vol. 1, Yazed University Publications. 78p. (In Persian)
10. Fatipur Jalilian, A.R., and Najba, M. 2010. Neural network in SPSS. Kian Daneshgahi Press, Tehran, 100p. (In Persian)
11. Frankline, J. 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography*. 19(4): 474-499.
12. Howard, J.A., and Mitchel, C.W. 1985. *Phyto-geomorphology*. John Wiley and Sons, Inc. 222p.
13. Integrative Restoration Plan and Development of Agriculture and nature of Charmahal and Bakhtiari province. 2000. First Consulting. 210p. (In Persian)
14. Kuchler, A.W. 1979. Manual to accompany the map potential natural vegetation conterminous United states. NEW YORK, American Geographical Society Special Publication. 36p.
15. Kuchler, A.W., and Zonneveld, I.S. 2012. *Vegetation mapping*. Vol. 10. Springer Science & Business Media. 632p.
16. Levine, E.R., Kimes, D.S., and Sigillito, V.G. 1996. Classifying soil structure using neural networks. *Journal of Ecological Modeling*. 92: 101-108.
17. Managerial plan of Sabzkouh protected area. 2002. Varzboom Cooperation. 185p. (In Persian)
18. Ozesmi, S.L., Tan, C.O., and Ozesmi, U. 2006. Methodological issues in building, training, and testing artificial neural networks in ecological applications. *Journal of Ecological Modeling*. 195: 83-93.
19. Palo, A., Aunap, R., and Mander, U. 2005. Predictive vegetation mapping based on soil and topographical data: A case study from Saare County, Estonia. *Journal for Nature Conservation*. 13: 197-211.

20. Paruelo, J.M., and Tomasel, F. 1997. Prediction of functional characteristics of ecosystems: A comparison of artificial neural networks and regression models. *Journal of Ecological Modeling*. 98: 173-186.
21. Rahmani, S. 2010. Comparison of three methods of vegetation/land cover mapping, including remote sensing, physiographic and geomorphologic. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University. 137p. (In Persian)
22. Sheibani, H.A. 2001. Ecological studies and the preparing vegetation map of Ghare Aghaj in Pakdasht. Post-Doc Thesis, Islamic Azad University, Tehran Unit of Sciences and Researches. 110p. (In Persian)
23. Tan, S.S., and Smeins, F.E. 1996. Predicting grassland community changes with an artificial neural network model. *Journal of Ecological Modeling*. 84: 91-97
24. Welch, R., Madden, M., and Jordan, T. 2002. Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation databases of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 57: 53-68.