

مقایسه سه روش سنجش از دوری، واحدهای فیزیوگرافی و ژئومورفولوژیکی جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی

- ❖ شهربانو رحمانی*؛ کارشناس ارشد مرتعداری دانشگاه شهرکرد
- ❖ عطاالله ابراهیمی؛ دکترای مرتعداری، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیز دانشگاه شهرکرد
- ❖ علیرضا داودیان دهکردی؛ دکترای زمین شناسی، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیز دانشگاه شهرکرد

چکیده

در این تحقیق سه روش سنجش از دوری، فیزیوگرافیکی و ژئومورفولوژیکی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. در روش سنجش از دور، علاوه بر تصاویرسنجنده IRS-LISSIII از نقشه مدل رقومی ارتفاعی زمین^۱ و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده^۲ به عنوان داده‌های کمکی استفاده و برای طبقه‌بندی آنها از روش نظارت‌شده حداکثر احتمال استفاده شد. بررسی دقت نقشه‌های تولیدی، نشان داد زمانی که تنها از داده‌های سنجش از دور استفاده شود، میزان دقت و ضریب کاپای حاصل به ترتیب ۸۲٪ و ۷۹/۴۳٪ و دقت و ضریب کاپای به همراه داده‌های کمکی به ترتیب ۹۳٪ و ۹۰/۶۳٪ می‌باشد. در روش فیزیوگرافی، پس از تعیین مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافیکی شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، میانگین سالانه بارش، درجه حرارت و میزان تابش خورشیدی به عنوان عوامل تعیین‌کننده پوشش گیاهی و رابطه این عوامل با پوشش گیاهی مورد آزمون قرار گرفت. بدین منظور، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای نقشه پوشش گیاهی با دقت ۴۷/۰۸٪ پیش‌بینی شد. در روش ژئومورفولوژی- نیز نقشه‌های سنگ‌شناسی، شکل پستی و بلندی و رخساره‌های ژئومورفولوژی تعیین و جهت پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. این روش دقتی برابر با ۳۹/۱٪ را نشان داد. تفاوت فاحشی که در دقت تصاویر حاصل از دو روش فیزیوگرافیکی و ژئومورفولوژیکی با روش سنجش از دور مشاهده می‌گردد، بیانگر این است که روش سنجش از دوری دقت قابل توجه بیشتری برای پیش‌بینی پوشش گیاهی در مقایسه با دو روش دیگر حتی در صورت استفاده نکردن از لایه‌های کمکی دارد.

کلید واژگان: نقشه پوشش گیاهی، تیپ‌بندی گیاهی مراتع، سنجش از دور، ژئومورفولوژی، فیزیوگرافی، سبزکوه

۱. مقدمه

یکی از سؤالاتی که از دیرباز در زمینه جوامع گیاهی مطرح بوده است این است که آیا می‌توان جوامع گیاهی را به شکل واحدهای مجزایی از یکدیگر تفکیک کرد. نظریه‌های متفاوتی در این زمینه ارائه شده است که از مهم‌ترین آنها نظریه کلمنتس می‌باشد [۸]. کلمنتس بر این عقیده بود که جوامع گیاهی را می‌توان از یکدیگر مجزا نمود، وی عقیده داشت که جوامع گیاهی را می‌توان به شکل واحدهایی مجزا در طبیعت مشاهده نموده و آنها را شناسایی و طبقه‌بندی کرد و ما بین آنها مرزهای مشخصی را در زمان و مکان ترسیم نمود. اگر فرض را بر صحت این نظریه بگذاریم؛ طبقه‌بندی و تیپ‌بندی پوشش گیاهی کاری صحیح می‌باشد. بر این اساس تیپ‌های گیاهی را می‌توان واحدهای متشکل از گونه‌های گیاهی که از لحاظ ترکیب و یا ساختار گیاهی با هم متفاوت هستند و معمولاً در یک منطقه کارکرد خاصی دارند تعریف نمود.

روش‌های متعددی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی یک منطقه توسعه یافته است که از آن جمله می‌توان به روش‌های پیمایش صحرایی [۱۶]، روش سنجش از دور [۳۰]، روش مبتنی بر واحدهای فیزیوگرافی [۶] و ژئومورفولوژی [۱۵] اشاره کرد. بجز روش اول که روشی مبتنی بر نظر افراد محسوب می‌شود، روش‌های دیگر را تا حدودی می‌توان روش‌هایی بدون دخالت انسان برشمرد. همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی یکی از مهم‌ترین مسائل تأثیرگذار در شکل‌گیری ساختار جوامع گیاهی و پراکنش آنها در هر ناحیه است [۷]. ارتباط بین الگوی توزیع گونه‌ها و جوامع گیاهی و متغیرهای محیطی به طور مکرر با استفاده از مفاهیم آنالیز گرادیانت [۲۸] و مدلسازی گرادیانت [۱۷] مطالعه شده است. مطالعات برای نشان دادن ارتباط بین ویژگی‌های محیطی و توزیع گونه‌ها و جوامع گیاهی، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده توزیع گیاهان بر اساس متغیرهای محیطی را به‌عنوان روشی قدرتمند جهت پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی پیشنهاد

می‌کنند [۱۲]. ظهور ابزارهای جدید همچون سنجش از دور^۱، سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ و تکنیک‌های قدرتمند آماری موجب پیشرفت سریع مدل‌های پیش‌بینی توزیع اکولوژیکی پوشش گیاهی شده است. چنین مدل‌هایی استاتیک و احتمالی هستند و به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی تأثیر تغییر کاربری زمین که اخیراً سرعت زیادی یافته، تست فرضیه‌های بیوژئوگرافیک (جغرافیای حیاتی)، بهبود اطلس‌های گیاهی و جانوری (فون و فلور)، شبیه‌سازی توزیع مکانی گونه‌های گیاهی خاکزی، گیاهان آبی، گونه‌های جانوری، ماهی‌ها، جوامع گیاهی، تیپ‌های گیاهی، تیپ‌های عملکردی گیاهان، بیوم و واحدهای گیاهی و تنوع زیستی گیاهی و جانوری اهمیت زیادی یافته‌اند [۱۴]. با توجه به مطالب ذکر شده، در دو روش ژئومورفولوژی و فیزیوگرافی در این مطالعه اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی شده است.

جهت تهیه نقشه الگوی واقعی پوشش گیاهی از داده‌های سنجش از دوری استفاده می‌شود. در دهه‌های گذشته مطالعات چندی در مورد استفاده از این داده‌ها برای تهیه نقشه پوشش گیاهی در مقیاس‌های مختلف صورت گرفته است، تعدادی از مطالعات قبلی استفاده از تصاویر لندست TM و IRS LISS II/III [۲۳، ۲۹، ۱۸، ۳۳] را برای نشان دادن تیپ‌های جنگلی و تغییرات آن استفاده کرده‌اند. اگرچه این تصاویر برای تهیه نقشه پوشش گیاهی در مناطق مسطح با موفقیت بالایی همراه بوده، با این وجود هنوز تهیه نقشه پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و IRS LISSII/III به علت وجود توپوگرافی بالا مشکلاتی را به همراه دارد [۲۶، ۱۰، ۵]. از اینرو از داده‌های کمکی به همراه داده‌های سنجش از دوری برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد پوشش زمین، استفاده می‌شود.

علیرغم گستردگی استفاده از روش‌های فوق‌الذکر برای تیپ‌بندی گیاهی، تاکنون به‌ویژه در یک تحقیق و به

¹ Remote Sensing

² Geographic Information System

بررسی نقشه‌های توپوگرافی منطقه نشان می‌دهد حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا ۳۸۷۰ و حداقل ارتفاع ۱۱۲۰ متر است.

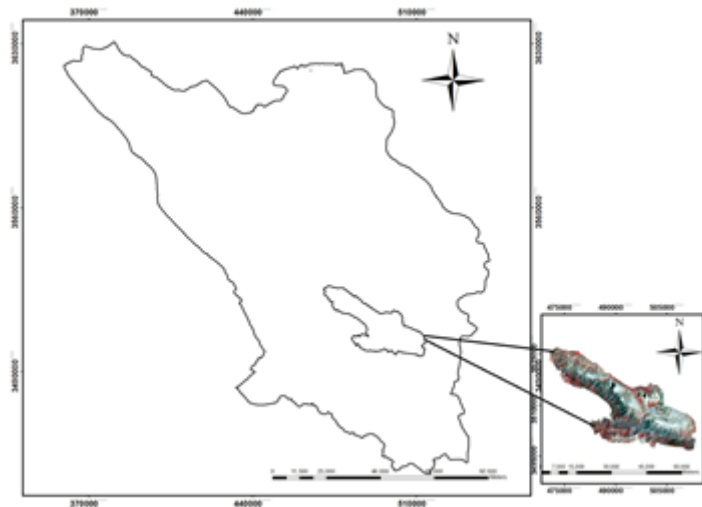
شرایط هواشناسی و اقلیمی محدوده سبزکوه بیشتر تحت تأثیر جریان‌های مدیترانه‌ای قرار داشته، بخش جنوبی آن دارای اقلیم خشک سرد و در بقیه آن نیمه‌خشک سرد غالب است. در این منطقه بیشتر؛ شیب‌های شمالی و شرقی دارای پوشش گیاهی مؤید رویشگاه نیمه‌استپی، در شیب‌های جنوبی پوشش گیاهی رویشگاه جنگل‌های خشک و در ارتفاعات پوشش گیاهی رویشگاه مناطق آلی 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 که رویشگاه‌های متفاوتی در منطقه ایجاد شوند.

شیوه‌ای علمی مورد مقایسه قرار نگرفته‌اند تا مزایا و معایب هر یک به‌طور جامع مورد بررسی قرار گیرد، قابلیت آنها مقایسه و دقت هر یک تعیین گردد. این تحقیق تلاشی است در راستای این موضوع تا بتوان با مقایسه این روش‌ها؛ قابلیت و توانایی هر یک را به‌طور جداگانه در یک منطقه مشابه سنجید و محاسن و معایب آنها را برشمرد.

۲. روش‌شناسی تحقیق

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعتی بالغ بر ۵۴۲۰۰ هکتار در ۱۳۵ کیلومتری از مرکز استان چهارمحال و بختیاری بین طول جغرافیایی $40^{\circ} 50'$ و $40^{\circ} 51'$ شرقی و عرض جغرافیایی $27^{\circ} 31'$ و $27^{\circ} 31'$ شمالی واقع شده است.



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

ثبت داده‌های زمینی، تهیه مدل رقومی ارتفاع، زمین مرجع کردن دقیق عکس‌های هوایی و تصحیح زمین مرجع تصویر ماهواره‌ای، ۳- ایجاد نقشه‌های رقومی شبکه زهکشی (آبراهه‌ها) در محدوده مورد مطالعه (جهت زمین مرجع کردن دقیق عکس‌های هوایی و تصویر

۲.۲. داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق

۱- تهیه یک قاب از تصاویر ماهواره IRS سنجنده LISSIII با فرمت TIF، ۲- تهیه داده‌های رقومی و نقشه‌های آنالوگ توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ منطقه (جهت تعیین مرز محدوده مطالعاتی، شناسایی منطقه و

نهایی تهیه گردید. این نقشه به دو بخش نمونه‌های آموزشی^۳ جهت آموزش داده‌های ماهواره‌ای در حین انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده و بخش واقعیات زمینی^۴ جهت تست نقشه‌های حاصله بعد از انجام طبقه‌بندی^۵ تصویر؛ تفکیک گردید. همچنین نقشه تیپ گیاهی و پوشش زمینی به‌عنوان نقشه پایه در دو روش فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی استفاده گردید (شکل ۲).

۴.۲. روش تحقیق

۱.۴.۲. روش سنجش از دور

جهت انجام طبقه‌بندی چندمنبعی^۶ مراحل مختلفی از جمله پیش‌پردازش تصاویر برای تصحیح خطای هندسی و رادیومتریک احتمالی، تولید لایه اطلاعات کمکی، انتخاب طرح طبقه‌بندی پوشش زمین، ساخت مجموعه داده‌های آموزشی، آنالیز تفکیک‌پذیری هریک از طبقات پوشش اراضی با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی چند منبعی، طبقه‌بندی تصویر و تعیین پوشش اراضی و نهایتاً تعیین دقت طبقه‌بندی انجام پذیرفت.

بدین ترتیب تصاویر IRS-LISS III از لحاظ هندسی با دقت تحت پیکسل معادل ۰/۳۶ تصحیح شدند. لایه اطلاعاتی DEM با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی راقومی با قدرت تفکیک مکانی ۲۳/۵ متر (مطابق با اندازه پیکسل‌های داده‌های IRS-LISS III ایجاد شد. سپس از نقشه DEM نیز به‌عنوان لایه کمکی همراه دیگر لایه‌های طیف اطلاعاتی سنجنده IRS استفاده شد [۲۴]. لایه NDVI نیز برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد و به بایت‌باینری تبدیل شد. سپس از ترکیب این دو لایه کمکی با ۴ باند ماهواره؛ ترکیب‌های بانندی مختلفی (جدول ۲) ایجاد گردید.

ماهواره‌ای و تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی برای شناسایی بهتر یال‌ها و دره‌ها و ترسیم دامنه‌های موجود در منطقه)، ۴- تهیه عکس‌های هوایی سراسری سیاه و سفید با ابعاد ۲۳*۲۳ سانتی‌متر و مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ واقع در بلوک ۲۷۸ سری عکس‌های هوایی، تهیه شده در سال ۱۳۴۸، (جهت شناسایی منطقه، انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده، تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی و اصلاح نقشه تیپ‌های پوشش گیاهی)، ۵- نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه واقع در دو بلوک بروجن و اردل به‌منظور ترسیم نقشه واحدهای سنگی، ۶- مطالعه گزارشات و طرح‌های حوزه مورد مطالعه، ۷- کاربرد نرم‌افزارهای RS و GIS از جمله Arc GIS 9.3، MicroStation 95، IDRISI Andes جهت تفسیر و پردازش عکس‌های هوایی و داده‌های ماهواره‌ای و نیز نرم‌افزارهای آماری SPSS 17 و PC-ORD به‌منظور انجام آنالیز آماری داده‌ها استفاده شدند.

۲.۳. مطالعات میدانی و تهیه نقشه پوشش گیاهی

در بهار ۱۳۸۸ عملیات برداشت زمینی به‌منظور تعیین ترکیب و ساختار پوشش گیاهی منطقه و همچنین بررسی و شناسایی عوارض و پدیده‌های موجود در منطقه از جمله اراضی کشاورزی، اراضی لخت و مارن‌ها، شبکه راه‌ها و رودخانه‌ها انجام گردید، در طی این بازدیدها در مجموع موقعیت و مختصات ۱۸۶ نقطه واقعیت زمینی بر روی نقشه‌های آنالوگ توپوگرافی ترسیم گردید. سپس این نقشه‌ها اسکن، پذیرش^۱ و زمین‌مرج^۲ شدند. نقشه پوشش گیاهی تهیه شده توسط شرکت مشاور یکم و شرکت مشاور ورزبوم [۹ و ۲۰] انتخاب و با استفاده از مشاهده جفت‌عکس‌های هوایی در زیر استریوسکوپ و همچنین نقشه حاصل از بازدیدهای صحرائی، نقشه تیپ گیاهی و پوشش زمینی نهایی تهیه و اصلاح گردید. در مرحله بعد به‌منظور تهیه نقشه رقومی نمونه‌های زمینی در روش سنجش از دوری، تعدادی پلی‌گون از روی نقشه

¹ Image Registration

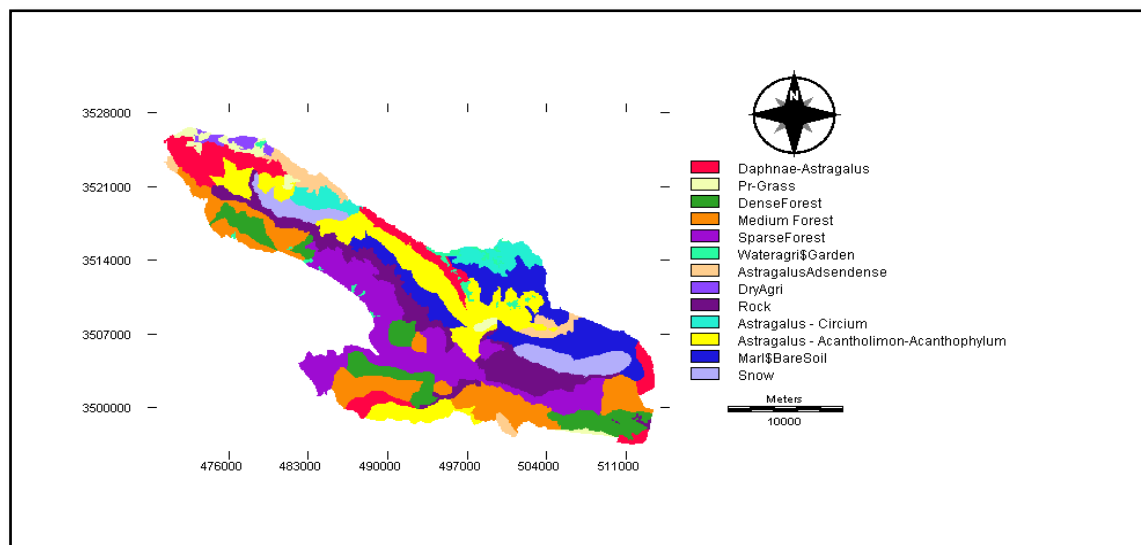
² Image Georeferencing

³ Training sites

⁴ Ground truth

⁵ Classification

⁶ Multi-Source



شکل ۲. نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه تهیه شده توسط شرکت مشاوریکم، مشاور ورزبوم و تصحیح شده به روش تفسیر بصری استریوسکوپ)

جدول ۱. طبقات تیپ‌های گیاهی و پوشش زمین (حاصل از بازدید های میدانی) در منطقه مورد مطالعه

طبقات پوشش زمین و تیپ‌های گیاهی	علائم اختصاری	تعداد طبقات
<i>Daphne macronata-Astragalus adscendens</i>	Dap mac- Ast adc	۱
Prenail Grasses (<i>Agropyron trichophorum, Bromus tomentellus, Dactylis glomerata, Festuca ovina</i>)	Per grass	۲
Dense Forest (<i>Quercus brantii, Pistatia atlantica, Acer monspessulanum</i>)	Den For	۳
Medium Forest (<i>Quercus brantii, Pistatia atlantica, Acer monspessulanum</i>)	Med For	۴
Sparse Forest (<i>Quercus brantii, Pistatia atlantica, Acer monspessulanum</i>)	Spa For	۵
Agriculture & Garden	Agri & Gar	۶
<i>Astragalus adscendens</i>	Ast adc	۷
Dry Agriculture	Dry Agr	۸
Rock	Roc	۹
<i>Astragalus adscendens- Circium bracteosum</i>	Ast adc- Cir bra	۱۰
<i>Astragalus morinus -Acantholimon festucaceum - Acanthophyllum bracteatum</i>	Ast mor-Aca fes-Acabrac	۱۱
Marl-Baresoil	Mar & Bar	۱۲
Snow	Sno	۱۳

جدول ۲. ترکیبات متفاوت بانندی و مقادیر میانگین TD، باندهای سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) و لایه DEM و NDVI به ترتیب ۲، ۳، ۴، ۵، ۱ و ۶ شماره گذاری شدند

میزان تفکیک پذیری	ترکیب بانندی
۱۹۹۳/۱۱	۱،۲،۳،۴،۵،۶
۱۹۲۷	۲،۳،۴،۵،۶
۱۹۹۲/۶۵	۱،۲،۳،۴،۶
۱۹۹۳/۲۴	۱،۲،۳،۵،۶
۱۹۸۷/۴۴	۱،۲،۴،۵،۶
۱۹۹۵/۷۹	۱،۳،۴،۵،۶
۱۹۹۴/۵۴	۱،۲،۳،۴،۵
۱۹۲۸/۹۵	۲،۳،۴،۵

دقت طبقه بندی محاسبه گردید.

۲.۴.۲. روش فیزیوگرافی

به منظور تهیه نقشه پوشش گیاهی به روش فیزیوگرافی، پس از بررسی های دقیق عوامل موسوم به (و مؤثر بر) فیزیوگرافی شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، میانگین سالانه بارش، درجه حرارت و میزان تابش خورشیدی تعیین و سپس با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چند جمله ای نقشه پوشش گیاهی پیش بینی شد. شرح مختصری از چگونگی ایجاد اطلاعات استفاده شده در ادامه آورده شده است.

مدل رقومی ارتفاع زمین از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه و نقشه شیب از نقشه DEM در سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد، نقشه جهات جغرافیایی طبق جهات های اصلی جغرافیایی تهیه و مطابق رابطه ۱ تبدیل کسینوس انجام شد [۱۲]. دامنه مقادیر این پارامتر به نوعی درجه اهمیت هر زاویه شیب را برای پوشش گیاهی نشان می دهد. مقادیر این پارامتر بین ۱ تا ۱- می باشد به طوری که به دامنه های ۵۰ درجه (با پاسخ بهینه برای پوشش گیاهی) ارزش ۱ داده شده؛ به دامنه های با عرض ۹۰ درجه ارزش ۰ و نیز به دامنه های جنوب غربی ارزش ۱- داده می شود. سایر جهات

در این مطالعه؛ ۱۴ طبقه پوشش سطح اراضی تعیین شد که شرح جزئیات ۱۳ طبقه آن در جدول ۱ آمده و طبقه دیگر پهنه های آبی و سایه می باشد. تجزیه و تحلیل تفکیک پذیری هر یک از طبقات پوشش اراضی با استفاده از لایه های اطلاعاتی چندمنبعی با اجرای الگوریتم SEPSIG (signatures separation) و با انتخاب گزینه Transformed Divergence، با استفاده از مجموعه داده های آموزشی که قبلاً انتخاب شده بودند انجام گرفت. پس از محاسبه میزان تفکیک پذیری بین زوج طبقات پوشش زمین برای هر ترکیب بانندی و به دست آوردن مقادیر TD، با معرفی نمونه های معرف طیفی^۱ و اعمال روش طبقه بندی حداکثر احتمال، طبقه بندی نظارت شده بر روی ترکیب بانندی مورد نظر صورت گرفت. سپس برای تعیین دقت طبقه بندی با استفاده از نقاط کنترل زمینی حاصل از بازدیدهای صحرائی، نمونه ای از پیکسل های آزمون صحت بر روی تصویر طبقه بندی شده انتخاب گردید. در ماتریس خطا شاخص کاپای کلی^۲، خطای امیسیون^۳ و کمیسیون^۴ مربوط به جداول خطا ثبت شد و

¹ Signature File

² Overall Kappa

³ Errors of Omission

⁴ Errors of Commission

۳.۴.۲. روش ژئومورفولوژی

جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی به روش ژئومورفولوژی در ابتدا عکس‌های هوایی منطقه مورد مطالعه زمین مرجع گردیدند. جهت انجام این امر کلیه عکس‌های هوایی منطقه مورد مطالعه به مقیاس خاکستری^۲ و با قدرت تفکیک ۶۰۰ dpi [۲۷] اسکن و عمل زمین مرجع‌سازی بر روی ۱۳۰ عکس هوایی موجود در حوزه مورد مطالعه انجام گردید.

نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی از عکس‌های هوایی زمین مرجع شده و با مشاهده زوج عکس‌های هوایی در زیر استریوسکوپ به ترتیب نوع واحدها، تیپ‌ها، زیرتیپ‌ها و همچنین اجزاء تیپ‌های ژئومورفولوژی که شامل یال و دره و دامنه است ترسیم گردید. نوع هر دامنه از لحاظ منظم یا نامنظم بودن تعیین گردید و این عمل تا تعیین زیررخساره‌های ژئومورفولوژی ادامه یافت. به این ترتیب نقشه رخساره‌ها تهیه گردید. رخساره‌های شناسایی شده در منطقه شامل برونزد سنگی، توده سنگی، واریزه و برونزد سنگی، فرسایش آبراه‌های، فرسایش آبراه‌های و انحلالی، دامنه منظم، فرسایش ورقه‌ای، فرسایش ورقه‌ای و آبراه‌های، کشاورزی دیم، فرسایش شیاری، فرسایش بدلندی، واریزه و فرسایش آبراه‌های، واریزه تثبیت نشده و کشاورزی آبی و باغ بود. در رخساره‌های ترکیبی رخساره غالب تعیین کننده است. پس از تهیه نقشه رخساره‌ها با مراجعه به منطقه مورد مطالعه، نقشه رخساره‌های مقدماتی با رخساره‌های فعلی موجود در عرصه انطباق داده شده و اصلاحات لازم انجام گردید. نقشه سنگ‌شناسی منطقه از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور (شیت‌های بروجن و اردل) استخراج گردید. سازندهایی که ساختار زمین‌شناسی مشابهی داشتند یک واحد سنگ را به خود اختصاص دادند. نقشه شکل پستی و بلندی زمین نیز با استفاده از نقشه DEM منطقه مورد مطالعه تهیه گردید که مواردی همچون خط‌الرأس، دره،

جغرافیایی بسته به میزان آفتاب‌گیری و پاسخ بهینه برای پوشش گیاهی ارزشی بین مقادیر فوق را خواهند گرفت.

$$\text{Swness} = \text{Cosin}(\text{Aspect}-225) \quad \text{رابطه (۱)}$$

نقشه بارش محدوده مورد مطالعه پس از بررسی‌های متعدد و ایجاد ارتباط بین بارش و متغیرهای ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های موجود در استان از رابطه ۲ تعیین شد. نقشه رستری بارش با دامنه مقادیر بین (۳۴۰-۷۸۲) میلی‌متر به صورت متغیر پیوسته تهیه گردید.

$$\text{رابطه (۲)}$$

$$P = 14679 + (0.007X) + (-0.003Y) + (0.109H)$$

نقشه دما نیز پس از تعیین رابطه رگرسیونی بین ارتفاع و میانگین دمای سالانه بلندمدت ایستگاه‌های استان (رابطه ۳)، برآورد و نقشه رستری دما با دامنه مقادیر بین (۲/۷- تا ۱۹) درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

$$T = 28/12 + (0.008H) \quad \text{رابطه (۳)}$$

نقشه تابش خالص خورشیدی، از مدل رقومی ارتفاع و با معرفی عرض جغرافیایی و ویژگی‌های زمان تصویربرداری داده ماهواره‌ای، به صورت یک ساعته و بر حسب وات/متر مربع با استفاده از زیر منوی AreaSolarRadiation در نرم افزار Arc GIS 9.3 ایجاد گردید. سپس جهت پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی مدل رگرسیون لجستیک چند جمله‌ای^۱ بر روی فایل‌های تصویری که در آن نقشه تیپ‌های گیاهی و پوشش زمینی با ۱۳ طبقه به‌عنوان متغیر وابسته و ۶ نقشه؛ شامل زاویه شیب، جهت شیب تبدیل شده، مدل رقومی ارتفاع، دما، بارش و تابش خورشیدی به‌عنوان متغیرهای مستقل پیوسته در نظر گرفته شد، انجام پذیرفت. برای این منظور مدل آماری با روش نمونه‌برداری با طبقات تصادفی و با استفاده از ۲۵ درصد داده‌ها جهت تست مدل انجام گردید.

^۱ Multivariate Logistic Regression

^۲ Grayscale

بیشترین میانگین تفکیک‌پذیری را بین جفت‌طبقات (TD = ۱۹۹۵/۷۹) داشت، ترکیب باندی ۵، ۴، ۳، ۲ (باندهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱ ماهواره) مقدار میانگین تفکیک‌پذیری برابر با ۱۹۲۸/۹۵ را به خود اختصاص داد. نتایج حاصل از تصحیح توپوگرافی که با افزودن دو لایه کمکی DEM و NDVI بر روی داده‌های مورد استفاده انجام شد و مربوط به ماتریس خطای نقشه حاصل از ترکیب باندی ۶، ۵، ۴، ۳، ۱ بود نشان داد که دقت کلی و کاپای کل نقشه حاصل به ترتیب ۹۳٪ و ۹۰/۶۳٪ است که افزایشی حدود ۱۱٪ را در مقایسه با زمانی که تنها باندهای ماهواره‌ای استفاده می‌شوند را نشان می‌دهد. دقت کلی و کاپای کل نقشه حاصل از ترکیب باندی (۲، ۳، ۴، ۵) به ترتیب ۸۲٪ و ۷۹/۴۳٪ بود. با توجه به نتایج ذکر شده، نقشه حاصل از ترکیب باندی (۶، ۵، ۴، ۳، ۱) جهت مقایسه با نقشه حاصل از روش‌های دیگر به کار رفت (شکل ۳).

در این ترکیب باندی چنانچه در جدول (۳) مشاهده می‌شود دقت تولیدکننده طبقات پوشش اراضی و تیپ‌های گیاهی به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار مربوط به طبقات (۱۰۰٪) Rock (Roc)، (۱۰۰٪) Snow & Cloud (Sno & Clo)، (۹۹٪) Water & Shadow Agriculture (Agri & Gar)، (۹۸٪) Marl & Baresoil (Mar & Bar) & Garden Dry (Dry Agr)، (۹۷٪) Sparse Forest (Spa For)، (۹۵٪) Perennial grasses (Per grass)، (۹۳٪) Agriculture Medium Forest (Med For)، (۹۲٪) *Acanthophylum (Ast mor-Aca fes-Aca brac)* - *Acantholimon festucaceum-bracteatum* Dense (Den For)، (۹۲٪) *Astragalus morinus* *Astragalus adcendense (Ast adc)*، (۹۰٪) *Daphne macronata - (Dap mac- Ast adc)*، (۸۶٪) *Astragalus adcendense (Ast adc- Cir bra)* و (۷۷٪) *Astragalus adcendense-Astragalus adcendense-Cirsium bracteosum* می‌باشد. حال آنکه دقت استفاده‌کننده از بیشترین به

دامنه محدب، دامنه مقعر، دامنه با شیب تند، دامنه های بین دو قله زین اسبی شکل^۱، دامنه‌های انحنایی محدب^۲ و دامنه ناشناخته را نشان می‌دهد.

جهت پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی در این بخش از مطالعه، از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. برای تدوین مدل و انتخاب ساختار شبکه عصبی مصنوعی به کار رفته برای پیش‌بینی توزیع پوشش گیاهی، سه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی، سنگ‌شناسی، شکل زمین همچنین نقشه پوشش گیاهی به‌عنوان متغیر مستقل و پوشش گیاهی به‌عنوان متغیر وابسته یا خروجی در نظر گرفته شد. چیدن تصادفی^۳ ردیف‌ها روی صفحه گسترده انجام گردید. در ادامه ۷۰ درصد از ردیف‌های هر ستون برای آموزش، ۱۰ درصد برای ارزیابی و ۲۰ درصد برای آزمون جدا شدند. در این تحقیق به طور کلی از ۱۵۰۰۲۲ (سلول رستری ۶۰*۶۰) داده برای تدوین مدل استفاده گردید. در طراحی ساختار شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه، 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، 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^۴ و یک لایه پنهان با ۱۹ گره انتخاب گردید.

۳. نتایج

۱.۳. روش سنجش از دور

از میان ترکیب‌های تصویری انتخاب شده جهت ایجاد نمونه‌های معرف طیفی، ترکیب باندی ۴، ۳، ۱، ۵، ۶ (باندهای ۳، ۴، ۵ ماهواره، نقشه DEM و نقشه NDVI

¹ Saddle hillside

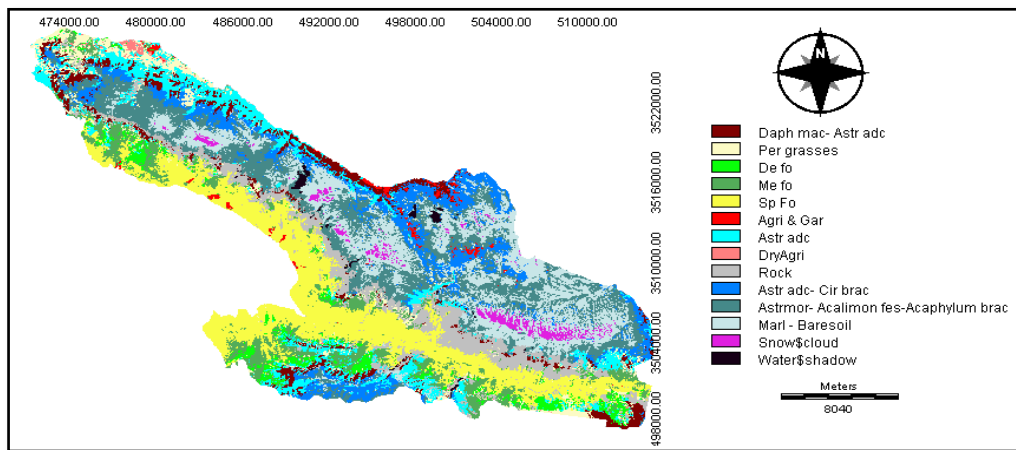
² Inflection hillside

³ Randomization

⁴ Online

Ast (/۸۳), *Med For* (/۳۰), *Ast adc* (/۹۰), *Ast adc*
Ast adc- Cir bra (/۷۵) و *mor-Aca fes-Aca brac*
 است.

کمترین مربوط به طبقات (*Roc* (/۱۰۰), (*Mar & Bar* (/۹۹), *Watr & Sha* (/۱۰۰), *Sno & Clo*
 (*Den For* (/۹۷), *Spa For* (/۹۷), *Agri & Gar* (/۹۸)
Dap mac- (/۹۳), *Per grass* (/۹۴), *Dry Agr* (/۹۴)



شکل ۳. نقشه نهایی طبقات پوشش اراضی حاصل از ترکیب باندی ۱، ۴، ۵، ۶، ۳

جدول ۳. مقادیر خطاهای امیسیون، کمیسیون، دقت تولیدکننده و دقت استفاده کننده نقشه حاصل از ترکیب باندی (۱، ۴، ۵، ۶، ۳)

ردیف	طبقات پوشش	خطای امیسیون (درصد)	خطای کمیسیون (درصد)	دقت تولیدکننده (درصد)	دقت استفاده کننده (درصد)
۱	Dap mac- Ast adc	۱۴	۷	۸۶	۹۳
۲	Per grass	۷	۶	۹۳	۹۴
۳	Den For	۸	۳	۹۲	۹۷
۴	Med For	۷	۱۲	۹۳	۸۷
۵	Spa For	۳	۳	۹۷	۹۷
۶	Agri & Gar	۳	۱	۹۹	۹۸
۷	Ast adc	۱۰	۱	۹۰	۹۰
۸	Dry Agr	۵	۶	۹۵	۹۴
۹	Roc	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۰	Ast adc- Cir bra	۲۳	۲۵	۷۷	۷۵
۱۱	Ast mor-Aca fes-Aca brac	۸	۱۷	۹۲	۸۳
۱۲	Mar & Bar	۲	۱	۹۸	۹۹
۱۳	Sno & Clo	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۴	Watr & Sha	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
		ضریب کاپای کل			۹۰/۶۳
		دقت کلی			۹۳

۲.۳. روش فیزیوگرافی

همانگونه که جدول ۴ نشان می‌دهد رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای، مدل را با جدول متقاطع که ردیف‌های آن متغیر وابسته مشاهده شده و ستون‌ها نیز نتایج ناشی از پیش‌بینی است که با استفاده از روش حداکثر احتمال برآورد شده‌اند.

چنانچه در جدول ۴ مشاهده می‌شود دقت پیش‌بینی تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی به ترتیب از بیشترین به کمترین دقت مربوط به طبقات (Spa For (۰.۷۲/۲۷)، *Ast mor-Aca fes-Aca brac* (۰.۷۱/۵۰)، *Dry Agr* (۰.۵۹/۴۴)، *Mar & Bar* (۰.۶۹/۷۰)، *Dap mac- Ast adc* (۰.۴۰/۹۳)، *Roc* (۰.۴۵/۰۳)، *Agri &* (۰.۲۰/۶۳)، *Sno* (۰.۲۵/۱۸)، *Med For* (۰.۳۹/۶۲)، *Gar* (۰.۱۳/۷۵)، *Ast adc- Cir bra* (۰.۳/۱۳)، *Per grass* (۰.۰/۲۵) و *Ast adc* (۰.۰) می‌باشد. دقت کل این پیش‌بینی برابر با ۴۷/۰۸ درصد است.

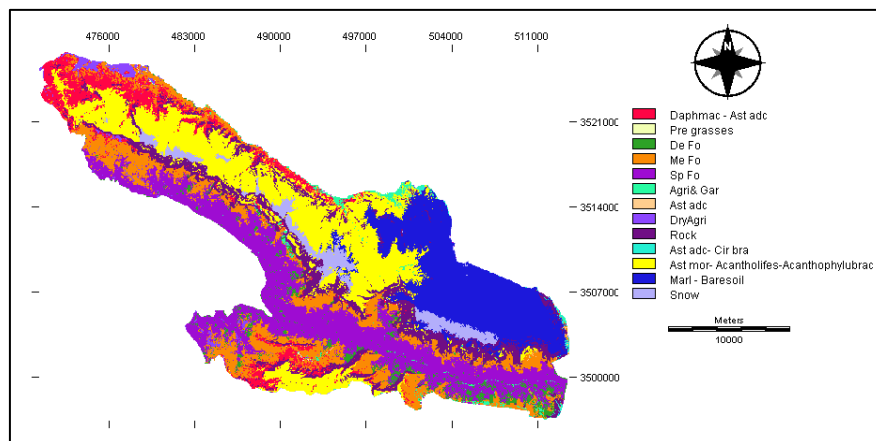
همچنین این جدول میزان درصد مساحتی که هر طبقه از کل مساحت نقشه پیش‌بینی شده را در بر گرفته نشان می‌دهد. طبقات (Spa For (۰.۲۰/۷۸)، *Mar & Bar* (۰.۱۵/۹۵)، *Ast mor-Aca fes-Aca brac* (۰.۷/۳۹)، *Roc* (۰.۱۰/۸۸)، *Med For* (۰.۱۴/۵۱)، *Dap mac- Ast adc* (۰.۲/۸۵)، *Sno* (۰.۳/۸۴)، *Agri & Gar* (۰.۱/۰۸)، *DryAgr* (۰.۱/۲۹)، *Ast adc* (۰.۰/۰۴) و *Per grass* (۰.۰/۰۶)، *adc- Cir bra* از ۱۰۰ درصد کل مساحت نقشه پیش‌بینی شده منطقه

مورد مطالعه را پوشانده‌اند (شکل ۴).

۳.۳. روش ژئومورفولوژی

ساختار و نتایج آماری اجرای مدل شبکه عصبی و خلاصه‌ای از فرآیند نشان می‌دهد که ۱۰۴۹۱۳ مورد به‌عنوان نمونه آموزشی، ۳۰۱۰۵ مورد نمونه آزمایشی و ۱۵۰۰۴ مورد از پیکسل‌های نقشه‌های مورد نظر به‌عنوان نمونه جدانگه‌داشته شده در نظر گرفته شده است و هیچ موردی از آنالیز خارج نگردیده است.

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 است که در واقع نشان‌دهنده تعداد تیپ‌های گیاهی و طبقات پوشش زمینی است؛ می‌باشد. از آنجایی که متغیر وابسته مطلق (Categorical) است در نتیجه تابع فعال کننده لایه خروجی از نوع Softmax انتخاب گردیده است. جدول طبقه‌بندی (۵) نتایج خاصی که حاصل استفاده از شبکه می‌باشد را نشان می‌دهد. در هر مورد پیش‌بینی انجام شده؛ دسته‌ای است که دارای بالاترین شبه احتمال پیش‌بینی شده باشد. 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.



شکل ۴. نقشه پیش‌بینی شده تیپ گیاهی و پوشش اراضی حاصل از عوامل فیزیوگرافی

جدول ۴. مانریس حاصل از متغیرهای پاسخ مشاهده شده و پیش‌بینی شده به روش فیزیوگرافی

طبقات	نقشه پیش‌بینی شده													درصد صحت
	Daphmac- Ast adc	Per Grass	DeFo	MeFo	SpFo	Agr&Gar	Ast adc	DryAgri	Roc	Ast adc-Cir brac	Ast mor- Acali fes- Acaph brac	Mar&Bar	Sno	
Daph mac- Astr adc	۵۳۵۳	۱	۱۴۵	۱۲۸۸	۱۵	۲۱۴	۲۹	۶۶	۱۶۳۴	۱۸۸	۳۳۰۹	۸۱۱	۰	۴۰/۹۳
Per grass	۷۶۹	۷	۲۶	۷۵۱	۲۴	۱۰۴	۰	۲۸۴	۱۴	۱	۸۱۸	۰	۰	۰/۲۵
De Fo	۴۱۷	۹	۱۷۰۷	۴۲۲۷	۵۰۶۷	۱۹۵	۰	۲۰۷	۵۵۹	۸	۱۴	۰	۰	۱۳/۷۵
Me Fo	۱۴۵۹	۲۷	۱۰۵۲	۷۹۷۰	۶۸۱۳	۱۱۸	۲۵	۲۰۴	۱۷۴۶	۸	۴۶۷	۲۱۸	۰	۳۹/۶۲
Sp Fo	۱۰۶	۴	۷۶۳	۳۱۲۴	۱۶۹۲۷	۱۳۶	۰	۲۳۷	۱۷۴۶	۶	۲۰۵	۱۵۸	۵	۷۲/۲۷
Agri & Gar	۹۸	۷	۱۹	۶۲	۳۰۰	۳۵۹	۰	۴۵	۶	۳۷	۶۸۶	۱۰۸	۰	۲۰/۶۳
Astr adc	۱۶۱۷	۴	۳۱	۱۰۷۴	۳	۳۳	۰	۲۹	۲۸۸	۳	۲۵۹	۱۵۷۸	۲	۰
DryAgri	۱۹۵	۱۹	۴	۲۸۰	۰	۹	۰	۷۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۵۹/۴۴
Roc	۴۱۶	۶	۴۵۸	۱۶۹۰	۱۹۷۳	۱۰۰	۰	۸۸	۷۲۶۲	۳۵	۲۰۲۱	۷۴۰	۱۳۳۳	۴۵/۰۳
Astr adc- Cir brac	۲۸۳	۰	۱	۹۷	۰	۲۶۰	۰	۰	۷۳۸	۱۹۱	۳۱۲۸	۱۳۹۴	۰	۳/۱۳
Astr mor- Acali fes- Acaph brac	۹۰۶	۰	۸	۵۸۰	۶۰	۵۸	۰	۲	۱۴۸۶	۲۵	۱۵۴۶۰	۲۵۹۲	۴۴۳	۷۱/۵۰
Mar&Bar	۱۳	۰	۰	۰	۱	۶	۰	۰	۷۰۴	۱۰	۲۷۸۴	۱۲۶۱۶	۱۹۶۶	۶۹/۷۰
Sno	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۷	۰	۲۰۵۴	۳۶۷۵	۱۹۷۱	۲۵/۱۸
درصد از کل (نسبت نمونه‌ای)	۷/۳۹	۱/۰۶	۲/۸۵	۱۴/۵۱	۲۰/۸۲	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۲۹	۱۰/۸۸	۱/۴	۲۰/۷۸	۱۵/۹۵	۳/۸۴	۴۷/۰۸

نقشه واقعی (مشاهده شده)

به گونه‌ای که از بیشترین به کمترین دقت پیش‌بینی مربوط به طبقات ($Spa For$ (۰/۶۴/۴)، ($Ast mor-$ (۰/۶۱/۵)، ($Ast adc-$ (۰/۳۹/۶)، (Sno (۰/۵۲/۷)، ($Aca fes-Aca brac$ (۰/۳۲/۷)، ($Med For$ (۰/۳۴/۴)، (Roc (۰/۳۸/۷)، ($Cir bra$ (۰/۱۷/۵)، ($Dap mac- Ast adc$ (۰/۲۹/۴)، ($Den For$ ، ($Per grass$ (۰/۶/۹)، ($Mar & Bar$ (۰/۹/۸)، ($DryAgr$ ، ($Agri & Gar$ (۰/۱/۲) و ($Ast adc$ (۰/۱/۴) می‌باشد.

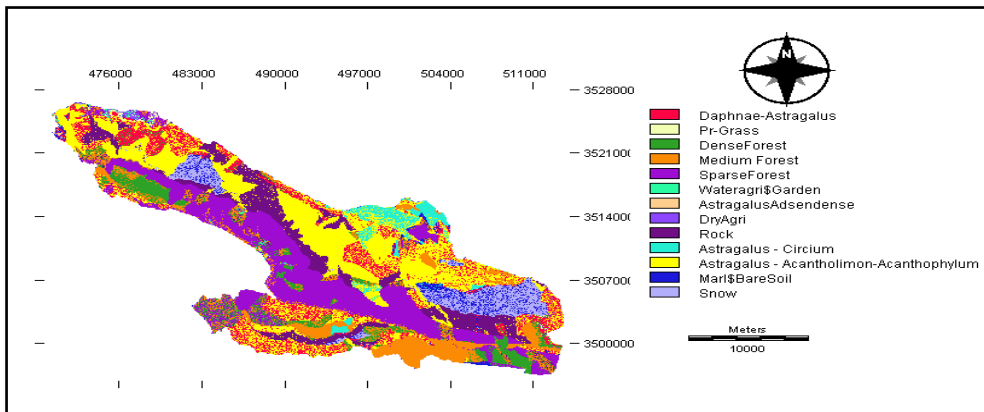
همچنین این جدول میزان درصد مساحتی که هر طبقه از کل مساحت نقشه پیش‌بینی شده را در بر گرفته

به طور کلی ۳۹/۱ درصد از موارد آموزش به‌درستی طبقه بندی شده است. از نمونه‌های جدانگه‌داشته‌شده جهت ارزیابی و اعتبارسنجی مدل استفاده گردیده است. که در اینجا ۳۸/۹۵ درصد از موارد توسط مدل به‌درستی طبقه‌بندی گردیده‌اند. این مقدار تقریباً کوچک است و نشان می‌دهد که مدل در حقیقت ۲ بار از ۵ بار صحیح عمل می‌نماید.

بررسی مقادیر آزمایش شبکه در جدول طبقه‌بندی (۵) نشان می‌دهد که به طور خاص مدل در شناخت طبقات $Ast mor-Aca fes-$ و $Sparse Spa For Forest$

دارای بیشترین و کمترین وسعت نقشه پیش‌بینی شده را پوشانده‌اند (شکل ۵).

نشان می‌دهد. طبقه *Ast mor-Aca fes-Aca brac* و *DryAgr* به ترتیب با ۲۶/۳، ۰/۲ و ۰/۲ درصد



شکل ۵. نقشه پیش‌بینی شده طبقات تیپ گیاهی و پوشش اراضی حاصل از عوامل ژئومورفولوژیکی

جدول ۵. طبقه‌بندی پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه براساس روش شبکه عصبی

نمونه	مشاهده شده	پیش‌بینی شده													درصد صحیح
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	
آزمایشی	۱	۷۴۳	۰	۹۱	۱۱۳	۸۴	۹	۱	۰	۴۵۳	۳۰	۹۸۳	۱۶	۳	۲۹,۴٪
	۲	۱۵۲	۳۹	۲۴	۳۰	۸۳	۱۰	۶	۱۱	۱۷	۰	۱۶۴	۳۱	۰	۶,۹٪
	۳	۱۶۵	۰	۸۰۴	۵۶۹	۶۴۸	۰	۰	۰	۸۹	۳	۱۷۰	۱۱	۰	۳۲,۷٪
	۴	۴۵۶	۶	۵۳۵	۱۴۱۷	۷۷۸	۱	۵	۰	۲۴۲	۵۷	۵۶۱	۱۶	۴۳	۳۴,۴٪
	۵	۲۱۷	۰	۳۲۵	۵۷۶	۳۰۶۹	۲۷	۲	۷	۲۸۰	۲۰	۲۲۳	۱۹	۴	۶۴,۴٪
	۶	۲۴	۱۱	۴	۲۷	۳۶	۴	۰	۸	۶	۹۴	۱۲۵	۱	۱	۱,۲٪
	۷	۲۹۵	۴	۱۱	۱۰۸	۴	۱	۱۴	۰	۸۸	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	۱۷	۹۵	۱۳۱۹	۱۱	۵	۰	۱۲۳۳	۱۱	۳۴۸	۲۸	۲۷	۳۸,۷٪
	۱۰	۵۰	۰	۱۱	۵۱	۳	۰	۰	۰	۱۷۰	۵۰۰	۲۵۱	۷۹	۱۴۷	۳۹,۶٪
	۱۱	۷۸۷	۰	۷۵	۱۴۱	۳۴	۹	۷	۰	۴۷۵	۷۶	۲۷۶۰	۴۶	۷۹	۶۱,۵٪
	۱۲	۳۵۵	۳	۱۹	۱۸۲	۱۶۵	۰	۱۴	۰	۲۸۵	۱۵۷	۱۶۲۹	۳۵۲	۴۳۳	۹,۸٪
	۱۳	۲۳	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۲۵	۰	۲۸۷	۳۸۲	۸۰۰	۵۲,۷٪
	درصد از کل	۱۱,۲٪	۰,۳٪	۶,۴٪	۱۱,۱٪	۲۱٪	۰,۳٪	۰,۲٪	۰,۲٪	۱۱,۲٪	۳,۲٪	۲۶,۳٪	۳,۵٪	۵,۲٪	۳۹,۱٪

ماهورهای؛ گذشته از محدودیت‌ها، قابلیت‌های فراوانی در تهیه نقشه تیپ‌های گیاهی و پوشش زمین به‌ویژه به‌هنگام ادغام با لایه‌های کمکی دارند، چنانچه در جدول ۳ نشان داده شد، مقادیر مشاهده شده در قطر ماتریس خطا بسیار بیشتر از مقادیر خارج از قطرها بوده و همین امر مؤید دقت نسبتاً بالای این روش می‌باشد. ضریب

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۴.۱. روش سنجش از دور

نقشه نهایی حاصل از طبقه‌بندی و ماتریس خطای به دست آمده از مقایسه نقشه واقعیت زمینی با نقشه حاصل از طبقه‌بندی، گویای این مطلب است که داده‌های

بردند. برای مثال در مطالعه‌ای داده‌های سنجش از دوری ماهواره IRS-IC LISS-III (باندهای سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز موج کوتاه را همراه با لایه NDVI و DEM) برای انجام طبقه‌بندی چندمنبعی با اعمال طبقه‌بندی‌کننده حداکثر احتمال در یک منطقه با ارتفاع بالا و ناهموار در هیمالیا استفاده شد. در این پژوهش بر اساس سیستم طبقه بندی آندرسون، ۹ طبقه پوشش زمینی (شامل جنگل متراکم، پوشش گیاهی تنک، اراضی کشاورزی، اراضی آیش، اراضی بایر، مناطق مسکونی، رسوبات ته‌نشین شده، گستره‌های آبی و برف) تعیین شد. نتایج، بهبود قابل توجهی در دقت طبقه‌بندی با دخالت دادن NDVI و DEM به‌عنوان داده‌های کمکی نسبت به طبقه‌بندی که تنها با داده‌های سنجش از دوری انجام شد را نشان داد. به طوری که دقت تولیدکننده طبقات پوشش گیاهی تنک، اراضی کشاورزی، اراضی بایر، مناطق مسکونی افزایش قابل توجهی داشت و دقت کلی طبقه بندی از ۸۶ درصد به ۹۲ درصد افزایش یافت [۲۴].

همچنین در مطالعه دیگری به منظور تهیه نقشه پوشش زمین منطقه پناهگاه حیات وحش Nongkhyillem واقع در شمال شرقی هند از مجموعه‌ای از داده‌ها، ۶ لایه (۴ باندها) تصاویر چند طیفی IRS-LISS-III و داده کمکی DEM و NDVI) برای تهیه نقشه پوشش اراضی استفاده شد. طرح طبقه بندی سطح II آندرسون با ۹ کلاس (گراسلند، مناطق مسکونی، گستره‌های آبی، خیزران، جنگل‌های همیشه سبز مرطوب، جنگل‌های برگ‌ریز مرطوب، جنگل‌های پهن برگ، بوته‌ای‌ها و مرز منطقه) و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال اعمال شد. دقت کلی طبقه‌بندی تنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ۸۶٪ بود، با دخالت DEM و NDVI دقت به ۹۳٪ رسید اما زمانی که تنها از NDVI به همراه داده‌های ماهواره‌ای استفاده شد دقت طبقه‌بندی کاهش یافت [۲۲].

با توجه به مطالب فوق و نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان گفت که روش سنجش از دوری قابلیت‌های

کاپای معادل ۹۰/۶۳٪ و دقت کلی ۹۳٪ در طبقه‌بندی نیز دلیل متقنی بر تأیید دقت نسبی این روش در طبقه‌بندی تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی می‌باشد. طبق ماتریس خطا، دقت تولیدکننده برای تیپ بوته‌ای *Ast adc- Cir bra* که کمترین مقدار را دارا بود، معادل ۷۷ درصد، برای سایر تیپ‌های مرتعی، جنگلی و اراضی کشاورزی مقادیری بیش از این مقدار و برای اراضی صخره‌ای، برف و پهنه‌های آبی برابر با ۱۰۰ درصد برآورد گردید (جدول ۳).

نگاهی به جدول ۳ نشان می‌دهد که به طور کلی ساختارهای پوشش اراضی و تیپ‌های گیاهی تا حدود زیادی به وسیله این روش قابل تشخیص‌اند. هر چند ۳۹ پیکسل از مجموع ۴۵۹ پیکسل واقعیت زمینی تیپ *Dap mac- Ast adc* به‌عنوان تیپ *Ast adc- Cir bra* تشخیص داده شده است ولی به دلیل حضور گونه غالب مشترک *Asts adce* این تداخل تشخیص تیپ‌های امری عادی تلقی می‌شود. چرا که حضور این گونه ترکیب بازتاب طیفی نسبتاً مشابهی را در هر دو تیپ گیاهی ایجاد می‌کند. این امر موجب می‌شود که تا حدودی تفکیک بین این دو تیپ گیاهی دچار مشکل گردد. چنین امری را می‌توان در مورد تفکیک جنگل‌های با پوشش متوسط *Med For* با جنگل‌هایی با پوشش متراکم *Den For* با ترکیب پوشش یکسان نیز مشاهده کرد. جایی که ۴۴ پیکسل از مجموع ۷۱۲ پیکسل واقعیت زمینی به جای *Den For* به‌عنوان *Medium Forest* طبقه‌بندی شده است. همچنین عدم تشخیص به ترتیب تعداد ۳۲ و ۲۵ پیکسل از مجموع ۲۵۲ پیکسل از تیپ گیاهی *Ast mor-Aca* را به جای تیپ گیاهی *Ast adc- Cir bra* و تیپ گیاهی *fes-Aca brac* نیز *Dap mac- Ast adc* مؤید این واقعیت است که حضور گونه‌های مشترک در دو تیپ گیاهی موجب کاهش تفکیک‌پذیری این تیپ‌های گیاهی خواهد شد، که امری طبیعی محسوب می‌گردد.

محققان دیگر نیز تصاویر ماهواره IRS-LISS-III را به همراه لایه کمکی برای طبقه‌بندی پوشش گیاهی به کار

متوسط هستند نیز صدق می‌کند چنانچه مدل در تفکیک این تیپ‌ها نیز از یکدیگر دچار مشکل است.

دقت نسبتاً پایین طبقه اراضی متراکم را نیز می‌توان به علت عدم تفکیک‌پذیری این طبقه جنگل از سایر طبقات جنگل دانست. به گونه‌ای که از ۱۲۴۱۰ پیکسل موجود در نقشه مشاهده شده تنها ۱۷۰۷ مورد درست طبقه‌بندی شده و ۵۰۶۷ و ۴۲۲۷ از پیکسل‌ها به ترتیب جزء اراضی جنگلی تنک و متوسط در نظر گرفته شده است

خطای زیاد یا به عبارتی دقت کم پیش‌بینی دو تیپ *Ast adc- Cir bra* و *Per grass* را می‌توان به علت عملکرد پایین مدل در تفکیک این تیپ‌ها از تیپ *Ast mor-Aca fes-Aca brac* دانست. به طوری که از ۲۷۹۸ پیکسل مربوط به طبقه گراس‌های چند ساله ۸۱۸ مورد و از ۶۰۹۲ پیکسل مربوط به تیپ *Ast adc- Cir bra* از ۳۱۲۸ پیکسل جزء تیپ *Ast mor-Aca fes-Aca brac* محسوب گردیده است.

صفر بودن دقت پیش‌بینی تیپ بوته‌ای *Ast adc* را می‌توان ناشی از عدم تفکیک‌پذیری این طبقه از تیپ بوته‌ای *Dap mac- Ast adc* و طبقه اراضی مارنی و خاک لخت دانست. چرا که از مجموع ۴۹۲۱ پیکسل موجود در نقشه مشاهده شده هیچ موردی درست طبقه‌بندی نشده و ۱۶۱۷ و ۱۵۷۸ از پیکسل‌ها به ترتیب جزء تیپ *Dap mac- Ast adce* و طبقه اراضی مارنی و خاک لخت در نظر گرفته شده است.

قابلیت بسیار پایین مدل در پیش‌بینی تیپ *Ast adc* و همچنین قابلیت پایین و متوسط آن در پیش‌بینی سایر تیپ‌های مرتعی را می‌توان به یکسان بودن شرایط رویشگاهی تیپ‌هایی که به جای یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند نسبت داد. این گفته در مورد تیپ‌های جنگلی نیز صدق می‌کند.

در اصل تفسیر الگوی باقیمانده‌ها با مقایسه نقشه پوشش گیاهی مشاهده شده و پیش‌بینی شده به شدت پیچیده است چون خطاهای پیش‌بینی می‌تواند از هر دو

نسبتاً خوبی در تهیه نقشه تیپ‌های گیاهی و پوشش زمینی دارد؛ چرا که در این تحقیق نیز کلیه پوشش‌های اراضی بین ۷۷ تا ۱۰۰ درصد به‌خوبی تفکیک شدند. هرچند به طور کلی تفکیک تیپ‌های مرتعی و جنگلی از یکدیگر با محدودیت‌هایی نیز مواجه بود ولی به طور کلی دقت تولیدکننده ۹۳ درصدی طبقه‌بندی پوشش اراضی و تیپ‌های گیاهی در این منطقه گویای توان بالای این روش در تفکیک تیپ‌های گیاهی می‌باشد. آنچه در این روش قابل توجه است این است که به دلیل تولید داده‌های مکانی چندزمانه، در صورت تغییرات پوشش گیاهی امکان تفکیک پوشش اراضی نیز وجود دارد.

۲.۴. روش فیزیوگرافی

نقشه حاصل (شکل ۴) و دقت ۴۷/۰۸ درصدی (جدول ۴) به دست آمده از مدل رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای نشان داد که عوامل فیزیوگرافیکی تا حدود زیادی (۴۷/۰۸ درصد) قادر به پیش‌بینی تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی بوده و تغییرات آن را نشان می‌دهند. عوامل فیزیوگرافیکی هرچند کاملاً پیش‌بینی‌کننده دقیقی از پوشش اراضی نیستند ولی بخش زیادی از این تغییرات توسط این عوامل امکان پیش‌بینی دارند.

مقادیر جدول ۴ بیانگر این نکته است که طبقه اراضی جنگل تنک و تیپ مرتعی *Ast mor-Aca fes-Aca brac* دقت پیش‌بینی بالایی را نشان دادند. در مورد تیپ مرتعی *Ast mor-Aca fes-Aca brac* علت این امر را می‌توان به دلیل حضور این تیپ گیاهی در ارتفاعات بالا به گونه‌ای که سایر تیپ‌های گیاهی در منطقه و محدوده ارتفاعی این تیپ گیاهی حضور ندارند دانست.

دقت پیش‌بینی اراضی کشاورزی دیم و آبی نیز در حد متوسطی به ترتیب برابر با ۵۹/۴۴ و ۲۰/۶۳ درصد برآورد گردید.

دقت متوسط اراضی جنگل متوسط را نیز می‌توان ناشی از عدم تفکیک‌پذیری آن از دیگر طبقات جنگل دانست. این نکته در مورد تیپ‌های مرتعی که دارای دقت

حدودی غیر عملی بوده و کار آسانی نیست. با این وجود بینشی در مورد شرایط زیستگاهی تیپ‌های مرتعی و جنگلی متفاوت فراهم می‌کند که می‌توانند به آسانی به مدل اکولوژیکی انتقال داده شوند. دقت پیش‌بینی ۴۷/۰۸ درصدی پوشش گیاهی توسط روش مبتنی بر فیزیوپرفایکی نشان می‌دهد که هر چند این روش تا حدودی توانسته است تغییرات پوشش گیاهی منطقه کوهستانی مورد مطالعه را بیان کند با این وجود نتایج حاصله هنوز تا بیان امیدواری کامل در مورد پیش‌بینی پوشش گیاهی فاصله زیادی دارد این امر را می‌توان تا حدودی مربوط به دو عامل دانست: ۱- روش‌های پیش‌بینی گسترش پوشش گیاهی مبتنی بر عوامل محیطی تا حدودی بیان‌کننده پوشش گیاهی پتانسیل‌اند حال آنکه برهم‌کنش عوامل زنده و غیر زنده می‌تواند پوشش گیاهی موجود را تا حدود زیادی از پوشش گیاهی پتانسیل متفاوت سازد که دشواری پیش‌بینی این پوشش گیاهی را به وسیله چنین روش‌هایی موجب می‌شود، حال آنکه روش مبتنی بر سنجش از دور حاصل انعکاس طیفی شرایط موجود پوشش گیاهی است و نه شرایط پتانسیل آن؛ ۲- دقت مدل‌های پیش‌بینی پوشش گیاهی؛ مبتنی بر دقت ورودی‌های مدل است و طبیعتاً هر یک از مقادیر ورودی از جمله بارش و دما که خود نیز به شکل نقطه‌ای برآورد شده و به شکل سطحی و پیوسته میانمایی می‌شوند، دارای مقادیری خطا بوده و خود این امر نیز باعث بروز خطاهایی در پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی خواهد شد. به‌عنوان مثال نقشه‌های جهات جغرافیایی، بارش و نقشه دما و تابش خالص خورشیدی نیز از نقشه مدل رقومی ارتفاع زمین محاسبه شده و در صورت وقوع خطا در نقشه؛ این خطاها به شکل تجمعی افزایش می‌یابند.

نتایج این مطالعه نشان داد که مدل‌های کارتوگرافی نمی‌توانند جایگزین نمونه‌برداری صحرائی در ارزیابی پوشش گیاهی شوند. با این حال انواع تجزیه و تحلیل‌های کارتوگرافیک در واقع مکمل روش‌های بررسی صحرائی

خطا در نقشه‌های متغیرهای محیطی، که این خطا در متغیرهای استخراج گردیده از روی مدل رقومی ارتفاع به علت وجود خطا در ساخت DEM، کوهستانی بودن منطقه، وجود مناطق پوشیده شده از سایه در نقشه‌های توپوگرافی حوزه و همچنین نارسایی مدل‌های آماری سرچشمه بگیرد.

می‌توان گفت حتی در مناطق دست‌نخورده چنین معادلات یا مدل‌های پوشش گیاهی با نتایج پیچیده‌ای در پیش‌بینی الگوهای واقعی پوشش گیاهی مواجه می‌شوند و این مسئله به علت پیچیدگی و پویایی رفتار جوامع گیاهی در محدوده‌ای از مقیاس مکانی و زمانی رخ می‌دهد.

هر پارامتر محیطی، اطلاعات بیشتری در مورد توزیع پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه فراهم می‌کند. با این وجود، هنوز هم برخی از تغییرات غیرقابل توضیح درون داده‌های پوشش گیاهی وجود دارد که داده‌های مستقل ورودی به روش فیزیوگرافیکی به خوبی نمی‌توانند گویای تغییرات پوشش گیاهی باشند. از اینرو برخی از الگوهای فضایی گسترش پوشش گیاهی نمی‌توانند به طور کامل توسط پارامترهای محیطی توضیح داده شوند و باید به عوامل تأثیرگذار دیگر، مانند سایر عوامل محیطی مثل خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و همچنین تأثیر انسان بر طبیعت و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی توجه شود. با وجود اینکه اطلاعات واضح مکانی راجع به بعد انسانی وجود ندارد، اما ویژگی‌های محیطی استخراج شده از روی مدل رقومی ارتفاع زمین قادرند میزان زیادی از تنوع مکانی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه را توضیح دهند. تیپ‌هایی که نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند، شرایط محیطی نسبتاً یکسانی دارند. برای مثال تیپ گیاهی *Per grass Ast adc- Cir bra Ast adc* و 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 [۱]. در نهایت می‌توان گفت تفسیر اکولوژیکی با استفاده از عوامل محیطی تا

سنتی محسوب می‌گردند.

بنابراین چگونگی انجام و تفسیر مدل بسیار تأثیرگذار است.

۳.۴. روش ژئومورفولوژی

در مورد رابطه بین ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی افراد زیادی در ایران نیز تحقیق کرده و روش ژئومورفولوژی را برای تهیه نقشه پوشش گیاهی در واحد کوهستان مفید دانستند. این محققان به تطابق بالایی بین مرز رخساره‌های ژئومورفولوژی و واحدهای گیاهی در این واحد رسیدند [۳، ۱۳، ۱۱، ۱۵].

در مطالعه‌ای محققین در مجاورت منطقه مورد مطالعه، جنبه‌های اکولوژیکی جوامع گیاهی را با توجه به خاک و واحدهای ژئومورفولوژی بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که به علت تغییرات زیاد ناشی از عوامل مختلف به‌ویژه 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 [۲]. نتایج به دست آمده از این مطالعه نیز نشان می‌دهد که ارتباط بین رخساره‌های ژئومورفولوژی و واحدهای سنگ‌شناسی با پوشش گیاهی تا حدودی قابل تفسیر است. شاید مهم‌ترین علت این باشد که به دلیل تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دامداران و روستائیان در این منطقه اصولاً پیدا کردن ارتباط بین عوامل ژئومورفولوژی و خاک با تیپ‌های گیاهی و پوشش زمینی فعلی تا حدودی مشکل شده است.

در این بخش توانایی عوامل ژئومورفولوژیکی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه برای پیش‌بینی طبقات تیپ‌های گیاهی، در منطقه‌ای که تخریب‌های انسانی نسبتاً بالایی را در گذشته نه چندان دور تجربه کرده، مورد آزمون قرار گرفته است. 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.

پیش‌بینی تولیدشده توسط مدل شبکه عصبی، براساس اینکه آنها به چه اندازه با تیپ‌های مشاهده شده مطابق‌اند، ارزیابی شد. چنانچه نتایج حاصل از آزمایش شبکه عصبی (جدول ۵) 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 می‌باشد. مدل در پیش‌بینی دو تیپ *Spa For* و *Ast mor-Aca fes-Aca brac* دقت نسبتاً بالایی دارد.

دقت متوسط مدل در پیش‌بینی دو طبقه اراضی جنگل متراکم و متوسط را می‌توان ناشی از عدم تفکیک‌پذیری این طبقات از یکدیگر دانست. توجه به جدول (۵) 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 تنها ۸۰۴ و ۱۴۱۷ مورد به ترتیب به درستی پیش‌بینی شده است.

همچنین دقت متوسط مدل در پیش‌بینی دو تیپ *Dap mac- Ast adc* و *Ast adc- Cir bra* تا حدود زیادی به علت عدم تفکیک‌پذیری این طبقات از تیپ *Ast mor-Aca fes-Aca brac* است. به طوری که از ۲۵۲۶ پیکسلی که برای آزمون طبقه *Dap mac- Ast adc* در نقشه مشاهده شده در نظر گرفته شده تنها ۷۴۳ پیکسل درست طبقه‌بندی شده و ۹۸۳ پیکسل جزء طبقه *ap mac- Ast adce* به حساب آمده است. در مورد تیپ‌های *Ast adc- Cir bra* از ۱۲۶۲ پیکسل در نظر گرفته شده، ۲۵۱ مورد جزء طبقه ذکر شده محسوب گردیده است.

دقت پایین طبقه‌بندی دو تیپ *Ast adc* و *Per grass* به علت عدم تفکیک‌پذیری آنها از دو تیپ *Ast mor-Aca fes-Aca brac* و *Dap mac- Ast adc* دانست، چرا که از مجموع ۹۶۳ پیکسلی که به‌عنوان تیپ *Ast adc* برای آزمایش شبکه به مدل معرفی شده تنها ۴ پیکسل

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 ژئومورفولوژیکی که متغیرهایی هستند که عمدتاً بیانگر وضعیت پتانسیل پوشش گیاهی هستند نمی‌توانند گویای وضع فعلی پوشش گیاهی باشند.

مطالعات اولیه در مورد استفاده از روش MLP برای کاربردهای اکولوژیکی، ساختمان خاک را از روی اطلاعات نمونه خاک طبقه‌بندی [۱۹] تغییرات گونه‌های غالب جوامع گراسلند را بر اساس متغیرهای اقلیمی ورودی به مدل [۲۵] و شاخص تفاضلی نرمال شده مورد استفاده در سنجش از دور را به روش MLP [۲۱]، 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 با نتایج خوبی همراه بوده است. البته میزان دقت متوسط در این مطالعه، چنانچه ذکر شد، شاید تا حدود زیادی مربوط به نوع متغیرهای ورودی آن و عدم انطباق وضع فعلی با وضع پتانسیل باشد.

بنابراین می‌توان گفت که پیش‌بینی پوشش گیاهی از روی متغیرهای ژئومورفولوژیکی، ساختار سنگ‌شناسی و شکل لندفرم دارای دقت نسبتاً متوسطی است که دلیل این امر شاید علاوه بر موارد فوق‌الذکر، به دلیل دست‌خورده بودن بیش از حد اکوسیستم سبزکوه و تأثیر فعالیت‌های انسانی نسبتاً بالا در منطقه، تفکیک‌پذیری پایین و خطا در نقشه‌های ورودی به ویژه در نقشه ساختار سنگ‌شناسی، نقص مدل‌های پیش‌بینی آماری و... باشد. که برای رفع آنها باید علاوه بر تدقیق نقشه‌های ورودی و انجام مطالعات تفصیلی و دقیق‌تر، متغیرهای دیگری به منظور بهبود پیش‌بینی در مدل گنجانده شوند. همچنین شایان ذکر است که شبکه‌های عصبی؛ دارای ساختارهای

به‌درستی طبقه‌بندی شده و ۴۰۴ و ۲۹۵ پیکسل آن به ترتیب جزء طبقات *Ast mor-Aca fes-Aca brac* و *Dap mac- Ast adc* در نظر گرفته شده و از مجموع ۵۶۷ مورد تیپ گراس‌های چندساله به ترتیب ۱۶۴ و ۱۵۲ پیکسل آن جزء تیپ‌های *Ast mor-Aca fes-Aca brac* و *Dap mac- Ast adc* 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 *Ast mor-Aca fes-Aca brac* و *Ast adc- Cir bra* می‌باشد. به گونه‌ای که از ۳۴۱ پیکسل که به‌عنوان اراضی آبی معرفی شده‌اند به ترتیب ۱۲۵ و ۹۴ مورد آن جزء *Ast mor-Aca fes-Aca brac* و *Ast adc- Cir bra* طبقه‌بندی شده‌اند.

دلیل عدم تفکیک تیپ‌های مرتعی از یکدیگر توسط شبکه را می‌توان تا حدود زیادی به علت نزدیکی رویشگاه‌های آنها به یکدیگر و در نتیجه یکسان بودن ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، سنگ‌شناسی و شکل پستی و بلندی تقریباً یکسان در آنها ذکر کرد. این تیپ‌ها بیشتر در مناطقی با ساختار سنگ‌شناسی آهکی و رخساره‌های بیرون‌زدگی سنگی و تا حدودی توده‌سنگی قرار گرفته‌اند. خطای مدل در جداسازی اراضی جنگلی از یکدیگر و پیش‌بینی آنها را نیز می‌توان تا حدود زیادی به یکسان بودن شرایط رویشگاهی آنها و همچنین قرارگیری آنها در طبقات ارتفاعی تقریباً مشابه نسبت داد.

علت طبقه‌بندی نادرست اراضی کشاورزی آبی با تیپ‌های *Ast mor-Aca fes-Aca brac*، *Ast adc- Cir bra* و همچنین اراضی دیم را با اراضی جنگلی تنک، می‌توان به اولاً عدم انعکاس کلیه عوامل متغیر تعیین‌کننده 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 دخالت مستقیم و غیرمستقیم خود مانند شخم اراضی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و یا از طریق چرای دام اجازه حضور و بروز پوشش پتانسیل و واقعی اراضی را نمی‌دهد، ممکن

است. در مطالعه‌ای برای پیش‌بینی توزیع تیپ‌های جنگلی در محدوده‌ای از شمال کلرادو در ابتدا دو روش شبکه عصبی مصنوعی و آنالیز تشخیصی را با استفاده از متغیرهای ورودی کارتوگرافیک مقایسه شد. در این مطالعه داده‌های نوع پوشش از اطلاعات سرویس ارزیابی جنگل ایالات متحده گرفته شد و متغیرهای کارتوگرافیک شامل ارتفاع، جهت، شیب، نوع خاک، تابش خورشید و... با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست آمدند. نتایج مقایسه نشان داد که مدل شبکه عصبی به طور دقیق‌تری نوع پوشش جنگل را نسبت به مدل سنتی آنالیز تشخیصی با دقتی برابر با ۷۰/۵ درصد پیش‌بینی می‌کند. این محققین همچنین به منظور مقایسه داده‌های کارتوگرافیک با سنجش از دوری، منطقه مورد مطالعه را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست به ۱۱ طبقه گسترده طبقه‌بندی کردند و به دقت برابر با ۷۱/۱ درصد دست یافتند. آنها بیان کردند هر چند داده‌های سنجش از دور دقت بالاتری را ارائه می‌دهند و روش شبکه عصبی دارای اشکالاتی هست اما این روش می‌تواند جایگزین بالقوه‌ای برای مدل‌های سنتی جهت پیش‌بینی توزیع پوشش گیاهی با استفاده از متغیرهای کارتوگرافیک شود [۴].

نگاهی به نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که روش سنجش از دوری تقریباً برای تفکیک تمامی کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی دقت مناسبی دارد؛ چرا که دقت طبقه‌بندی هر یک از طبقات بین ۷۷ تا ۱۰۰ درصد متغیر بوده حال آنکه در مورد دو روش دیگر چنین چیزی مشاهده نمی‌گردد. در این روش پوشش اراضی برف، سایه و آب و اراضی کشاورزی با دقت بسیار بالایی تفکیک شده‌اند حال آنکه در دو روش دیگر و به‌ویژه روش ژئومرفولوژی این پوشش اراضی به‌خوبی تفکیک نشده‌اند. دلیل این امر را می‌توان بازتابش عینی این نوع از پوشش اراضی در تصاویر ماهواره‌ای دانست؛ در صورتیکه در دو روش دیگر، پتانسیل حضور هر یک از کاربری‌ها لحاظ شده و به همین دلیل این پتانسیل به دلیل محدودیت‌ها و موانع موجود از جمله دخالت‌های پیچیده انسان در

متنوعی هستند، بنابراین توصیه می‌شود انواع دیگر شبکه‌های عصبی در مورد این مساله نیز به کار رود و نتایج با همدیگر مقایسه گردد. همچنین مقایسه نتایج شبکه‌های عصبی با دیگر روش‌های آماری نیز قابل توصیه است.

۴.۴. مقایسه سه روش سنجش از دوری،

فیزیوگرافیکی و ژئومرفولوژیکی در تعیین تیپ‌های گیاهی

بدیهی است که روش‌های فیزیوگرافیکی و ژئومرفولوژیکی تا حدود زیادی در صورت دقت متغیرهای ورودی، پوشش پتانسیل اراضی را نشان خواهند داد. حال آنکه، روش سنجش از دوری نمایانگر تفاوت‌های طیفی موجود در پوشش گیاهی زمان برداشت تصاویر می‌باشد. در صورتی که تفاوت‌های طیفی موجود در پوشش‌های گیاهی و یا کاربری فعلی اراضی به اندازه‌ای زیاد باشد که این پوشش‌های گیاهی از لحاظ بازتاب طیفی متمایز باشند، روش سنجش از دوری می‌تواند به‌خوبی آنها را از یکدیگر متمایز نماید. البته ناگفته نماند که در این خصوص، زمان تصویربرداری نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تفاوت فاحشی که در دقت تصاویر حاصل از دو روش فیزیوگرافیکی و ژئومرفولوژیکی با روش سنجش از دوری مشاهده می‌گردد (به ترتیب دقت ۴۷/۰۸ و ۳۹/۱ درصد، در مقابل دقت ۹۳ درصدی روش سنجش از دوری)، گویای این واقعیت است که روش سنجش از دوری دقت قابل توجه بیشتری برای پیش‌بینی پوشش گیاهی در مقایسه با دو روش دیگر حتی در صورت استفاده نکردن از لایه‌های کمکی دارد. در سال‌های اخیر به‌ویژه با افزایش دقت طیفی، مکانی و زمانی تصاویر ماهواره‌ای گرایش بسیار زیادی به استفاده از این داده‌ها برای کاربردهای متعددی به وجود آمده است. با این وجود در کشور ما علیرغم کمبود اطلاعات در مورد پوشش گیاهی کشور به‌ویژه از دیدگاه ساختاری آن از این پتانسیل داده‌های ماهواره‌ای به‌خوبی استفاده نشده

۴ و ۵). با توجه به یافته‌های این تحقیق توصیه می‌شود در تعیین پوشش گیاهی اراضی مشابه از روش سنجش از دوری بیش از روش‌های سنتی استفاده گردد زیرا نتایج حاصل از آن به شرط درستی تجزیه و تحلیل اطلاعات و استخراج اطلاعات تا حدود زیادی امیدوارکننده و مطلوب است.

طبیعت ممکن است، تا حدود زیادی با توان منطقه متفاوت باشد از این رو مشاهده می‌گردد که دو روش فیزیوگرافی و ژئومرفولوژیکی نتایج تا حدود زیادی متفاوت را در مورد پوشش‌های اراضی فوق‌الذکر در بر داشته‌اند با این وجود هر دو روش بیشترین دقت را در پیش‌بینی تیپ اراضی جنگلی تنک و تیپ *Ast mor* - *Aca fes-Aca brac* و در پیش‌بینی دو تیپ مرتعی *Per grass* و *Ast adc* بسیار پایینی داشتند (جداول

References

- [1] Abdul Ali Zadeh, Z.(2010). Study of changes in the surface of the land over the past three decades and the prediction of the future situation in Sabzkouh province. Master's Degree, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University.
- [2] Asadi Borujeni, A. (1990). An Investigation of the Ecology of Vegetation Communities in Sabzkouh Region of Chaharmahal & Bakhtiari Province with regard to Soil and Geomorphology Units. Master thesis, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University.
- [3] Azarnivand, H. (1989). Study of vegetation and soil in relation to geomorphologic units in Damghan. Master thesis of Rangeland, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University
- [4] Blackard, J.A. and Dean, D.J. (1999). Comparative accuracies of artificial neural networks and discriminant analysis in predicting forest cover types from cartographic variables. Computers and Electronics in Agriculture, 24, 131-151.
- [5] Blesius, L. and Weirich, F. (2005). The use of the minnaert correction for land-cover classification in mountainous terrain. International Journal of Remote Sensing, 26, 3831-3851.
- [6] Brown, D.G. (1994). Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. Journal of Vegetation Science, 5, 642-656.
- [7] Burke, A. (2001). Classification and ordination of plant communities of the Nauklaft mountain, Namibia. Journal of Vegetation Science, 12, 53-60.
- [8] Clements, F.E. (1916). Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institute, Publication 242, Washington, D.C.
- [9] Consulting company Warzbum. (2002). Management Plan for Sabzkouh Protected Area. Environmental Protection Agency
- [10] Dorren L, K. A., Maier, B. and Seijmonsbergen, A.C. (2003). Improved Landsat-based forest mapping in steep mountainous terrain using object-based classification. Forest Ecology Management, 183, 31-46.
- [11] Ematati Noush Abadi, A. (1994). Geobotonic study of watershed of Cham Rud Kashan. Master thesis of Rangeland, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
- [12] Franklin, J., McCullough, P. and Gray, C. (2000). Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in Southern California. In Terrain Analysis: Principles and Applications, Wilson J.P. and Gallant J.C. (Eds.), John Wiley and Sons, New York.
- [13] Giti, A., Ahmadi, H., Mashhadi, N. and Reyahi, A. (2001). A Survey and Comparison of Geomorphologic Facies Boundary Adaptation and Land Unit Components with Vegetation Type Borders, Case Study of Watershed Ardehal Mashhad. Journal of Natural Resources, Volume 54 (Issue 2)

- [14] Guisan, A. and Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135,147–186
- [15] Jafarian Jaludar, Z. (2003). Preparation of vegetation map with two geomorphologic and physiographic units. Master thesis of Rangeland, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
- [16] Javanshir, K. (1986). Vegetation Study and Park Mapping, Khajir and Sorkhe Hesar Parking Design
- [17] Kessell, S.R. (1976). Gradient modeling: a new approach to fite modeling and wilderness resource management. *Enviromental Management*, 1, 39-48.
- [18] Kilpelainen, P. and Tokola, T. (1999). Gain to be achieved from stand delineation in LANDSAT TM image-based estimates of stand volume. *Forest Ecology and Management*, 124,105-111.
- [19] Levine, E.R., Kimes, D.S. and Sigillito, V.G. (1996). Classifying soil structure using neural networks. *Ecological modelling*, 92,101–108.
- [20] Moshaver 1 company. (2000). Comprehensive Plan for the Recovery and Development of Agriculture and Natural Resources in Chaharmahal va Bakhtiari Province
- [21] Paruelo, J.M. and Tomasel, F. (1997). Prediction of functional characteristics of ecosystems: a comparison of artificial neural networks and regression models. *Ecological modelling*, 98,173-186.
- [22] Reddy, M. B. and Blah, B. (2009). Topographic normalization of satellite imagery for image classification in northeast India. *Progress in Physical Geography*, 33(6), 815-836.
- [23] Roy, P.S., Ranganath, B.K., Diwakar, P.G., Vohra, T.P.S., Bhan, S.K. and Singh, I.J. (1991). Tropical forest type mapping and monitoring using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 2205-2228.
- [24] Saha, A.K. Arora, M.K., Csaplovics, E. and Gupta, R.P. (2005). Land Cover Classification Using IRS LISS III Image and DEM in a Rugged Terrain: A Case Study in Himalayas. *Geocarto International*, 20(2), 33-40.
- [25] Tan, S.S. and Smeins, F.E. (1996). Predicting grassland community changes with an artificial neural network model. *Ecological modelling*, 84, 91–97.
- [26] Tokola, T. Sarkeala, J. and Van der Linden, M. (2001). Use of topographic correction in Landsat TM-based forest interpretation in Nepal. *International Journal of Remote Sensing*, 22,551–563.
- [27] 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.
- [28] Whittaker, R.H. (1991). A criticism of the plant association and climatic climax concepts. *Northwest Scientist*, 25, 17-31.
- [29] Woodcock, C.E., Collins, J.B., Gopal, S., Jakabhazy, V.D. Li X., and Macomber, S. (1994). Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model. *Remote Sensing of Environment*, 50, 240-254.
- [30] Wulder, M.A., Dechka, J.A., Gillis, M.A., Luther, J.E., Hall, R.J. and Beaudoin, A. (2003). Operational mapping of the land cover of the forested area of Canada with Landsat data, EOSD land cover program. *Forestry Chronicle*, 79, 1075-1083.