

## بررسی امکان طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (SPOT5) (مطالعه موردی: جنگل‌های آرموده بانه)

هوار مدرس‌گرجی<sup>1</sup>، مهتاب پیرباوقار<sup>2</sup>، لقمان قهرمانی<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 91/12/15 تاریخ پذیرش: 92/11/27

### چکیده:

داده‌های ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود از جمله سطح پوشش وسیع و قابلیت تکرار و به‌هنگام شدن مداوم می‌توانند در تهیه نقشه تیپ‌بندی جنگل نقش موثری ایفا کنند. هدف این تحقیق بررسی امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای SPOT5 جهت تفکیک و تمایز تیپ‌های جنگلی حوزه آرموده در جنگل‌های زاگرس شمالی است. اطلاعات زمینی از طریق برداشت تعداد 448 قطعه نمونه دایره‌ای شکل 0/1 هکتاری به روش تصادفی-سیستماتیک به‌دست آمد. مجموعه ترکیب‌های مختلف بانندی از شاخص‌های گیاهی متنوع به‌منظور کاهش اثر بازتاب خاک، تجزیه مولفه اصلی به‌منظور تراکم‌سازی بیشترین اطلاعات در تعداد باندهای کمتر و همچنین باندهای اصلی در فرایند طبقه‌بندی شرکت داده شد. سه روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و فازی به‌کار رفت. نتایج نشان‌داد که در روش شبکه عصبی مصنوعی، استفاده از داده‌های کمی علاوه بر داده‌های طیفی؛ نسبت به دو روش دیگر از دقت بالاتری برخوردار است. در مجموع باتوجه به نتایج به‌دست آمده برای هر سه روش مشخص شد که داده‌های ماهواره‌ای SPOT5 قادر نیستند نتایج قابل قبولی را برای تفکیک تیپ‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه ارائه کنند که از دلایل آن می‌توان به تاج پوشش تنک و تراکم پایین درختان اشاره کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تیپ جنگل، طبقه‌بندی، شبکه عصبی مصنوعی، روش فازی

---

\*1- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج.

hgorji@ ymail.com

2- استادیار دانشکده منابع طبیعی و مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج،

mahtab\_bavaghar@ yahoo.com

3- استادیار دانشکده منابع طبیعی و مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج،

l\_ghah@ yahoo.com

## مقدمه

وسیع و قابلیت تکرار و به‌هنگام شدن مداوم می‌توانند در این زمینه نقش موثری ایفا کنند (درویش صفت، ۱۳۷۷). این داده‌ها در مطالعات مختلف مربوط به جنگل از جمله تیپ‌بندی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با افزایش شمار ماهواره‌هایی که در مدار زمین قرار می‌گیرند؛ با تنوع سنجنده‌ها و قدرت تفکیک مکانی رادیومتری طیفی و زمانی، همچنین با بهبود دسترسی به این اطلاعات و بررسی قابلیت‌های آن‌ها و ارایه معیارهای مستدل برای انتخاب پردازش و استخراج اطلاعات مفید از آنها امری اجتناب ناپذیر است (علوی‌پناه، ۱۳۸۴). محققان در راستای توسعه روش‌ها و تکنیک‌های پیشرفته طبقه‌بندی تلاش‌های وسیعی را انجام داده‌اند که می‌توان به شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و سیستم‌های هوشمند اشاره کرد. روش شبکه مصنوعی کاربردهای بسیاری در سنجش از دور دارد. کاربرد اصلی آن‌ها در طبقه‌بندی پوشش زمینی بدون توسعه هر گونه الگوی ریاضی است. شبکه‌های پرسپترون چند لایه‌ای با روش پس انتشار آموزش داده می‌شوند. فرایند آموزش و یادگیری نیاز به مجموعه‌ای از الگوهای آموزشی با ورودی و خروجی مطلوب دارد (Yuan, 2002). این قبیل شبکه‌ها دارای مجموعه‌ای از گره‌های پردازش‌کننده در لایه‌ها هستند که هر گره موجود در هر لایه توسط نرون وزن داده شده با گره لایه خروجی مرتبط می‌باشد. تعیین تعداد گره‌ها و لایه‌های پنهان مرحله‌ای حساس و مهم است که صحت و دقت طبقه‌بندی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Foody, 1996). تعداد بهینه

گسترشگاه جنگل‌های زاگرس در سراسر طول هزار کیلومتری خود تحت سیطره اقلیم متنوعی قرار دارند. این تنوع اقلیمی، همراه با تغییرات ژئولوژیک و پدولوژیک به‌ظهور سازندها و تیپ‌های گیاهی گوناگونی امکان داده که هر کدام از جهتی قابل توجهند (جزیره‌ای و رستاقی، ۱۳۸۲). منظور از هر تیپ جنگلی جامعه فعلی جنگلی است که تشخیص و نامگذاری آن با توجه به درختان و درختچه‌های غالب و شرایط رویشگاهی صورت می‌گیرد (مهاجر، ۱۳۸۴). بررسی جوامع و تیپ‌های گیاهی هر منطقه اولین گام موثر برای مدیریت اصولی و تعامل سازگار عرصه‌های منابع طبیعی در راستای توسعه پایدار می‌باشد (ناصری و همکاران، ۱۳۸۲). تهیه نقشه تیپ جنگل، لازمه برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی جنگل‌ها می‌باشد. زیرا با وجود این نقشه علاوه بر بررسی وضعیت موجود در طول زمان می‌توان تغییرات جنگل را مورد بازبینی و ارزیابی قرار داد. متداولترین شکل تهیه نقشه تیپ جنگل حضور در عرصه و تعیین موقعیت مکانی تیپ‌هاست (پرما و همکاران، ۱۳۸۸). روش‌های متداول پیمایش زمینی برای جمع‌آوری داده نیازمند صرف وقت و هزینه‌های زیادی است. بنابراین، همواره سعی می‌شود تا با استفاده از دست‌آوردهای به‌دست آمده در زمینه‌های مختلف علمی، از روش‌های جایگزین با هزینه کمتر و با سطح دقت قابل قبول استفاده کرد (ناصری و همکاران، ۱۳۸۲). داده‌های ماهواره‌ای به‌دلیل ویژگی‌های خاص خود از جمله سطح پوشش

جنگل آموزشی خیرودکنار نوشهر با استفاده از روش حداکثر احتمال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بکارگیری همزمان داده‌های غیرطیفی موجب بهبود صحت نتایج تیپ‌بندی از 1 تا 10% شد. (عادلی و همکاران، 1385)، از تصاویر ماهواره‌ای  $ETM^+$  و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال جهت تهیه نقشه تیپ‌های جنگلی زاگرس در جنوب دزفول اقدام به مطالعه کردند. صحت کلی و شاخص کاپا به ترتیب برابر 55 درصد و 0/38 به دست آمد. باتوجه به نتایج به دست آمده آنان اعلام کردند که داده‌های مورد استفاده دارای قابلیت متوسط جهت طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی منطقه مورد هستند. (امیری و همکاران، 1385)، از سه روش طبقه‌بندی فازی، شبکه عصبی مصنوعی و کمترین فاصله برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای Quickbird استفاده کردند. سه طبقه پوشش گیاهی، منطقه شهری و آب از هم تفکیک شدند. مشخص شد که روش طبقه‌بندی شبکه عصبی در مقایسه با دو روش دیگر دارای دقت بیشتری است. (طباطبایی و همکاران، 1388)، با هدف مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی پایه و درخت تصمیم برای تهیه نقشه تیپ جنگل با تصویر ماهواره‌ای، در جنگل‌های آستارا در شمال ایران اقدام به مطالعه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در روش شبکه عصبی مصنوعی، صحت کلی برابر 52/04% و ضریب کاپا 0/39 حاصل شد. در روش نزدیکترین همسایه و توابع فازی صحت کلی 63/3% و ضریب کاپا 0/54 به دست آمد. در این تحقیق به دلیل تشابه طیفی تیپ‌های آمیخته

گره‌های موجود در لایه‌های پنهان به روش آزمون و خطا و تجربیات قبلی تعیین می‌شود (kavzoglu & Mather, 2003). استفاده از منطق فازی در طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور به دلیل قابلیت‌های ویژه آن‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای در حال گسترش است (Zhang & Foody, 1998). به طور کلی طبقه‌بندی فازی تکنیکی است که به طور اساسی ارزش‌های سطوح قراردادی را به ارزش فازی بین صفر و یک تبدیل می‌کند که نشان‌دهنده درجه عضویت برای هر کلاس است (Tso and Mather, 2001).

باتوجه به محدودیت قدرت تفکیک طیفی و مکانی تصاویر ماهواره‌ای در طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل، به تنهایی نمی‌توانند باعث استخراج و تفکیک آن‌ها شوند. بسیاری از تحقیقات نشان داده است بکارگیری همزمان داده‌های کارشناسی و غیرطیفی با داده‌ای طیفی و همچنین تلفیق آن‌ها با یکدیگر می‌تواند باعث بهبود نتایج طبقه‌بندی‌ها شود. نتایج تحقیقات گذشته نشان داده که طبقه‌بندی بر اساس داده‌های طیفی برای تیپ‌های خالص نتایج قابل قبولی ارائه می‌کند ولی در مورد تفکیک تیپ‌های آمیخته جنگل بکارگیری داده‌های طیفی به تنهایی کافی نیست. در این موارد استفاده از داده‌های غیر طیفی موثر بر پراکنش علاوه بر داده‌های طیفی می‌تواند موثر باشد از آن‌جا که می‌توان برای افزایش صحت طبقه‌بندی استفاده کرد (علائی روزبهانی و همکاران، 1388). (شتایی و همکاران، 1383)، به کارگیری همزمان داده‌های غیرطیفی (جهت دامنه و ارتفاع) و تلفیق آن با تصاویر ماهواره‌ای لندست 7 را در

**ETM<sup>+</sup>** ماهواره لندست 7 و روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده کردند. صحت کلی 72/2% برای پوشش اراضی و 32/8% برای تیپ‌های جنگلی به دست آمد.

هدف این تحقیق ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره SPOT5 در تفکیک تیپ‌های جنگلی و مقایسه دقت طبقه‌بندی سه روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و فازی در این راستا می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های سنجنده HRG ماهواره SPOT5 مربوط به تاریخ نهم جولای سال 2005 استفاده شد. اندازه تفکیک مکانی در باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک 10 متر و 20 متر در باند مادون قرمز میانی این سنجنده می‌باشد. این تصاویر توسط شرکت عرضه کننده از نظر رادیومتری و هندسی در سطح ارتو مورد تصحیح قرار گرفته بود. خطاهای رادیومتریکی نظیر راه راه شدگی باتوجه به بزرگ‌نمایی تصویر بر روی صفحه نمایش و بررسی آن دیده نشد. انطباق لایه آبراهه و جاده بر روی داده‌های ماهواره‌ای نشان‌دهنده تطابق هندسی مناسب داده-های ماهواره‌ای با نقشه و عدم لزوم تصحیح هندسی آن بود (شکل 1).

همچنین از دو برگ نقشه توپوگرافی رقومی با مقیاس 1:25000 به منظور بررسی میزان صحت هندسی تصاویر و همچنین تهیه نقشه‌های شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا و آبراهه به عنوان داده‌های کمی در روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

جنگل و تفکیک‌پذیری پایین آن‌ها از اطلاعات بافت و توپوگرافی شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب و فاصله از شبکه آبراهه در کلاسه‌بندی تیپ‌های آمیخته استفاده شد.

(پرما و همکاران، 1388)، تصاویر چندطیفی و پانکروماتیک سنجنده‌های **ETM<sup>+</sup>** ماهواره Landsat 7 و LISS III ماهواره IRS-P6 از جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه را در تهیه نقشه تیپ‌های جنگلی قلاجه استان کرمانشاه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد قابلیت نسبتاً بهتر داده‌های سنجنده LISS III در مقایسه با **ETM<sup>+</sup>** می‌باشد. همچنین باز بودن تاج پوشش و نیز اختلاط بازتاب خاک و پوشش گیاهی در منطقه مورد نظر مانع از دستیابی به نتایج مطلوب شد. (پرما و همکاران، 1390)، قابلیت داده‌های سنجنده ماهواره لندست 7 را در تفکیک تیپ‌های جنگلی منطقه قلاجه کرمانشاه مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال نسبت به الگوریتم‌های حداقل فاصله از میانگین و متوازی السطوح جهت تفکیک تیپ‌های جنگلی مناسب‌تر است.

(Huang et al., 2001)، در تهیه نقشه پوشش جنگلی منطقه Chesapeake از داده‌های حاصل از آماربرداری و تصاویر ماهواره‌ای لندست و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده کردند. سه تیپ شامل جنگل‌های خزان‌کننده، همیشه‌سبز و مخلوط شناسایی شدند و صحت کلی برابر با 80% به دست آمد. (Gunlu et al., 2008)، با هدف تهیه نقشه تیپ‌بندی جنگلی و پوشش اراضی منطقه‌ای در ترکیه از تصاویر ماهواره‌ای

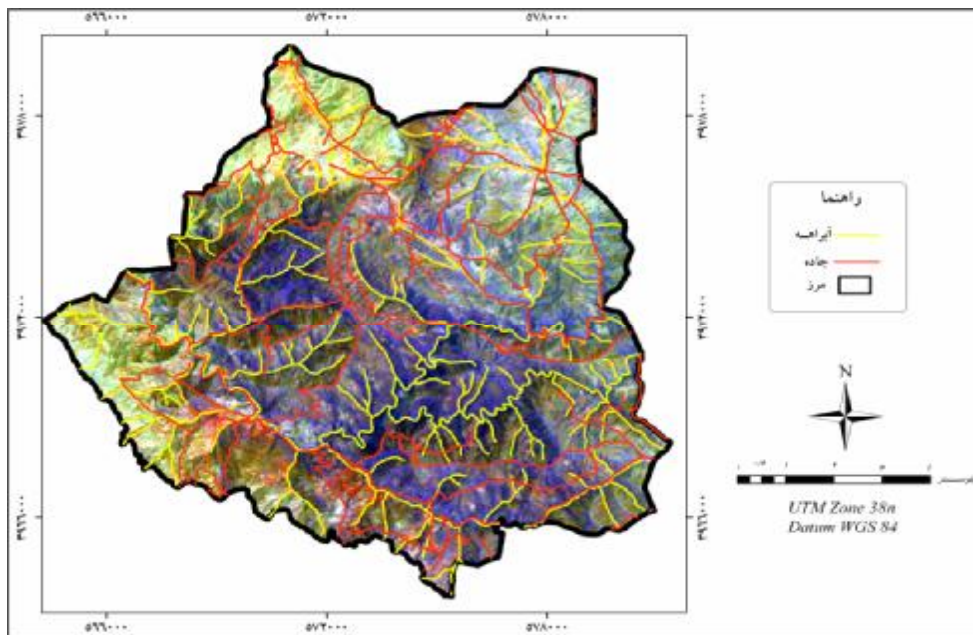
## منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جنگل‌های حوزه آرمرده بانه به مساحت 16842/44 هکتار انجام شد. منطقه مورد مطالعه از نظر طول و عرض جغرافیایی در محدوده 45° 42' 47" تا 45° 54' 3" طول شرقی و 35° 48' 54" تا 35° 57' 46" عرض شمالی قرار گرفته است. پایین‌ترین و بالاترین ارتفاع از سطح دریا برابر با 1220 متر و 1940 متر است. در ترکیب گونه‌ای جنگل مورد مطالعه گونه وی‌ول (*Quercus libani*) با میزان 47/07% بیشترین درصد حضور، سپس گونه‌های برودار (*Q. brantii*) و مازودار (*Q. infectoria*) به ترتیب با میزان 26/15% و 22/13% حضور دارند. همچنین گونه‌های زالک وحشی (*Cratagus spp*)، گلابی وحشی (*Pyrus spp*)، کیکم (*Acer cinerascens*)، ون (*Fraxinus sp*) و بنه (*atlantica*) به عنوان گونه‌های همراه جنس بلوط

4/65% از ترکیب گونه‌ای جنگل مورد مطالعه را به خود اختصاص داده بودند.

## تهیه نقشه واقعیت زمینی

در این تحقیق از اطلاعات تعداد 448 قطعه نمونه دایره‌ای شکل 0/1 هکتاری که در قالب طرح ساماندهی و مدیریت گلازنی که در سال 1384 (بی‌نام، 1384) و همزمان با تاریخ برداشت تصاویر در منطقه اجرای تحقیق پیاده شده بودند استفاده شد. در هر یک از قطعه نمونه‌ها، تمامی درختانی که دارای قطر برابر سینه بالاتر از 5 سانتی‌متر بودند؛ به تفکیک گونه اندازه‌گیری شدند. طبقه‌بندی تپ‌های جنگلی منطقه بر مبنای درصد آمیختگی درختان در قطعات نمونه بر اساس روش گرجی بحری، 1379 (جدول 1) و جنگل‌گردشی انجام گرفت.



شکل 1- انطباق لایه جاده‌ها و آبراهه‌ها با تصویر ماهواره‌ای SPOT5 منطقه مورد مطالعه

جدول 1- روش نام‌گذاری تیپ‌های جنگلی براساس درصد آمیختگی (گرچی-بحری، 1379)

درصد آمیختگی درختان			نام تیپ	نوع تیپ
برودار	مازودار	وی‌ول		
--	--	90درصد>	وی‌ول خالص	اصلی
--	50درصد<	50-90درصد	وی‌ول- مازودار	
--	50درصد<	50درصد<	وی‌ول، مازودار	
10درصد>	50درصد<	50-90درصد	وی‌ول- مازودار همراه برودار	فرعی
10درصد>	50درصد<	50درصد<	وی‌ول، مازودار همراه برودار	

شاخص TSAVI ارزش‌های باند قرمز به‌عنوان متغیر مستقل و برای تهیه شاخص‌های PVI، DVI و WDVI باند ارزش باند مادون قرمز نزدیک به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند (Eastman, 2006). در این تحقیق شاخص‌های NDVI, RVI, NRVI, DVI, WDVI، گیاهی SAVI, PVI, TSAVI تهیه و در طبقه‌بندی استفاده شد.

### تجزیه مولفه اصلی

علوی پناه (1384)؛ هدف تبدیل تجزیه مولفه‌های اصلی، کاهش تعداد باندها در داده‌ها و متراکم سازی بیشترین اطلاعات اصلی در تعداد باندهای کمتر است. باندهای جدید حاصل از این فرایند مولفه نامیده می‌شوند.

### طبقه‌بندی

مجموعه ترکیب‌های مختلف بانندی از شاخص‌های گیاهی متنوع، تجزیه مولفه اصلی به همراه باندهای اصلی در فرایند طبقه‌بندی با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و فازی شرکت داده شد. در نهایت ترکیبی که بیشترین مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا را داشتند انتخاب شد. قابل ذکر است که مجموعه

### بهبود و بارزسازی داده‌های ماهواره‌ای

برای استخراج هرچه بهتر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان آن‌ها را مورد پردازش قرار داد. در این تحقیق از پردازش‌های نسبت-گیری طیفی و تجزیه مولفه‌های اصلی استفاده شد. نسبت‌گیری طیفی منجر به ایجاد یک سری شاخص‌های گیاهی می‌شود که بیشتر بر اساس اختلاف قابل توجه بازتاب طیفی گیاهان در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک می‌باشد. در این دو باند تمایز بین خاک و پوشش گیاهی حداکثر است (Leblon, 1997).

مختصات UTM نقاط خالی از پوشش گیاهی و خاک لخت در طرح ساماندهی و مدیریت گل‌آزنی ثبت شده بودند. ارزش‌های باندهای قرمز و مادون قرمز هرکدام از پلی‌گون‌ها در محل این نواحی استخراج شد. در مرحله بعد رابطه رگرسیونی مابین ارزش‌های باند قرمز و ارزش‌های باند مادون قرمز در نظر گرفته شد. از ضریب خط خاک (شیب و مقدار ثابت) به دست آمده از این رابطه؛ جهت ایجاد شاخص‌های گیاهی مناسب برای کاهش اثر خاک و بازتاب زمینه استفاده شد (Jelenak, 2001). برای تهیه

و مرحله سوم تهیه نقشه طبقه‌بندی است (wijaya, 2005).

در این ساختار، برای آموزش شبکه، نمونه‌های آموزشی از طریق لایه ورودی وارد شبکه شده و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها وارد لایه میانی می‌شوند. در هر نرون از لایه میانی یک تابع فعالیت بر روی ورودی‌ها اعمال شده و مقادیر محاسبه شده به لایه خروجی فرستاده می‌شوند. در این مرحله خروجی شبکه با مقدار مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و مقدار خطای موجود از روش‌های مختلف یا تغییر در وزن‌های ارتباط دهنده‌ی نرون‌ها در شبکه تعدیل می‌شود. معمولاً برای اینکار از الگوریتم‌هایی مثل پس انتشار خطا<sup>2</sup> استفاده می‌شود. این الگوریتم با استفاده از گرادینان تابع هزینه وزن‌های شبکه را برای کاهش میزان خطای شبکه تعدیل می‌کند و این کار تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مقدار خطای شبکه به ازای تمامی نمونه‌های آموزشی به یک مقدار حداقل که برای شبکه از قبل تعیین شده برسد. بنابراین شبکه عصبی براساس نمونه‌های آموزشی و خروجی‌های مطلوب پیکربندی می‌شود (نیازی و همکاران به نقل از Lu and Weng, 2007)

در روش‌های کلاسیک طبقه‌بندی مرزهای مناطق آموزشی به صورت ناگهانی تغییر می‌کند و به صورت تدریجی نیست. در این روش رتبه عضویت می‌تواند مقداری بین صفر و یک در نظر گرفته شود، در صورتی که در حالت عادی عضویت نظریه مجموعه‌ها، رتبه عضویت فقط

ترکیب‌های باندی انتخاب شدند که هم میزان تفکیک‌پذیری و هم میزان صحت بالاتری داشتند. برای انتخاب نمونه‌های تعلیمی، 25% از کل قطعه نمونه‌های متعلق به هر تیپ استفاده شد. پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی اقدام به بررسی تفکیک‌پذیری طبقات با استفاده از شاخص تفکیک‌پذیری واگرایی تبدیل شده<sup>1</sup> گردید. در این حالت تفکیک‌پذیری طبقه‌ها در دامنه صفر تا 2000 قرار می‌گیرد عدد صفر بیانگر عدم تفکیک‌پذیری، و 2000 نشان‌دهنده تفکیک‌پذیری کامل می‌باشد. در صورت پایین بودن تفکیک‌پذیری برای بهبود نتیجه طبقه‌بندی، طبقات دارای تفکیک‌پذیری کم در یکدیگر ادغام می‌شوند. پس از بررسی میزان تفکیک‌پذیری طبقات مشخص شد که فقط دو تیپ وی-ول-مازودار و تیپ وی-ول-برودار همراه مازودار میزان تفکیک‌پذیری خفیلی کم است بنابراین این دو تیپ در هم ادغام شدند.

در روش حداکثر احتمال، میانگین و جدول کوواریانس برای باندهای مورد استفاده در طبقه‌بندی محاسبه شده و عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیکسل‌ها به طبقات، بر اساس بالاترین میزان احتمال صورت می‌گیرد (درویش صفت، 1377).

به‌طورکلی فرایند طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی شامل 3 مرحله است. مرحله نخست فرایندی آموزشی با استفاده از داده‌های وردی است. گام دوم، اعتبارسنجی است که موفقیت مرحله آموزشی و صحت شبکه را تعیین می‌کند

<sup>2</sup>. Back propagation

<sup>1</sup> Transformed Divergence

صورت مجموعه فازی برای هر طبقه تعریف می-شود (سفیانیان، 1390 به نقل از Farn Chen and Tan Li, 2000)

$$\mu_c^* = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)} \quad \text{تابع (1)}$$

$$\sum_c^* = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(x_i) (x_i - \mu_c^*) (x_i - \mu_c^*)^T}{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)} \quad \text{تابع (2)}$$

صفر یا یک اختیار می‌شود، برای انجام این رده‌بندی انتخاب مناطق آموزشی لازم است. با انتخاب مناطق تعلیمی پارمترهای میانگین و کواریانس به ترتیب با استفاده از توابع 1 و 2 به

$\mu_c^*$  = میانگین فازی نمونه تعلیمی طبقه C

$\sum_c^*$  = کواریانس فازی نمونه تعلیمی طبقه C

$x_i$  = ارزش برداری پیکسل ام

$f_c(x_i)$  = تابع عضویت پیکسل  $x_i$  برای نمونه تعلیمی طبقه C

T = تابع تبدیل

N = کل پیکسل‌های نمونه تعلیمی

پس از انجام طبقه‌بندی، صحت نتایج به دست آمده با استفاده از 75% قطعه نمونه‌ها انجام گرفت و جدول خطا تشکیل شد.

### نتایج

تعداد تیپ‌های به دست آمده و درصد سطح پراکنش آن‌ها در منطقه مورد مطالعه در جدول 2 ارائه شده است.

در این تحقیق در طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی یک‌بار فقط با استفاده از داده‌های طیفی و به منظور افزایش تفکیک پذیری تیپ‌ها از یکدیگر یک‌بار با داده‌های طیفی و کمی استفاده شد. داده‌های کمی شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا و فاصله از بودند.

نام تیپ	درصد پراکنش هریک از تیپ‌ها در کل منطقه	مساحت (هکتار)
وی‌ول-مازودار	35/68	4647/53
برودار-مازودار	20/88	2720/38
وی‌ول خالص	12/12	1578/82
مازودار-برودار	10/97	1429/21
وی‌ول-برودار همراه مازودار	8/64	1125/42
برودار-سایر گونه‌ها همراه مازودار	4/82	628/20
برودار، وی‌ول همراه سایر گونه‌ها	4/25	554/06
برودار خالص	2/62	341/86

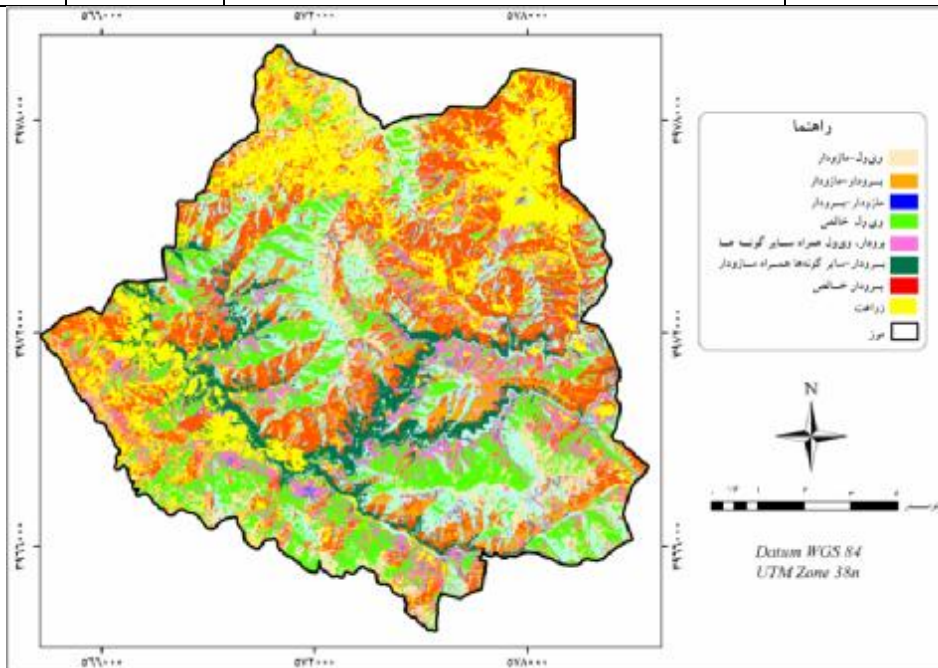


استفاده از داده‌های طیفی و کمی نشان داده شده- است. همچنین مقادیر کمی معیارهای صحت تولید کننده و صحت کاربر به دست آمده در روش‌های مختلف طبقه‌بندی در جدول 4 ارائه شده است.

در جدول 3 برای هر سه روش طبقه‌بندی ترکیب‌های مختلف بانندی از شاخص‌های گیاهی، تجزیه مولفه اصلی و باندهای اصلی که بیشترین تفکیک‌پذیری، صحت و ضریب کاپا را داشتند ارائه شده است. در شکل 2 نقشه حاصل از طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی با

جدول 3- مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا برای روش‌های مختلف طبقه‌بندی و داده‌های مورد استفاده در هر کدام از روش‌ها

روش طبقه بندی	داده‌های مورد استفاده	ضریب کاپا	صحت کلی
شبکه عصبی مصنوعی	باندهای 1، 2، 3 و 4، شاخص‌های گیاهی، PVI, NRVI, NDVI,	0/17	27%
شبکه عصبی مصنوعی	باندهای 1، 2، 3 و 4، شاخص‌های گیاهی، PVI, NRVI, NDVI, داده‌های شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا	0/26	37%
فازی	باندهای 1، 2، 3 و 4، شاخص‌های گیاهی، PVI, NDVI, NRVI	0/11	22%
بیشترین احتمال	باندهای 1، 2، 3 و 4، شاخص گیاهی NDVI	0/18	30%



شکل 2- نقشه تیپ‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده‌های طیفی و کمی

جدول 4- مقادیر کمی معیارهای صحت تولید کننده و صحت کاربر طبقات تیپ‌های جنگلی به دست آمده با الگوریتم‌های مختلف

روش‌های طبقه‌بندی						طبقه‌های تیپ
فازی		حداکثر احتمال		شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های طیفی و کمی		
دقت کاربر	دقت تولید کننده	دقت کاربر	دقت تولید کننده	دقت کاربر	دقت تولید کننده	
0/59	0/09	0/55	0/25	0/72	0/27	وی‌ول-مازودار
0/17	0/25	0/17	0/31	0/21	0/03	برودار-مازودار
0/3	0/7	0/43	0/52	0/51	0/61	وی‌ول خالص
0/15	0/13	0/16	0/29	0/21	0/37	مازودار-برودار
0/05	0/05	0/11	0/06	0/39	0/32	برودار-سایر گونه‌ها همراه مازودار
0/09	0/24	0/16	0/05	0/1	0/28	برودار، وی‌ول همراه سایر گونه‌ها
0/09	0/05	0/23	0/3	0/21	0/41	برودار خالص
0/38	0/42	0/63	0/46	0/54	0/75	زراعت

**بحث و نتیجه‌گیری**

تولیدکننده و کاربر شده‌است. این نظر را نتایج تحقیق طباطبایی و همکاران (1388) و Brockhaus et al., (1992) تایید کرده‌است. شاید یکی از دلایل بالا بودن مقادیر دقت تولید کننده و دقت کاربر برای نواحی زراعی، بازتاب طیفی متفاوت این مناطق با نواحی جنگلی باشد. هر چند که نتایج صحت طبقه‌بندی برای سه روش به کار رفته پایین بود اما در روش شبکه عصبی مصنوعی با تلفیق داده‌های کمی شیب، جهت شیب، ارتفاع و آبراهه، نتایج نسبتاً بهتری به دست آمد. در این خصوص (Yuan et al., 2005) اشاره کرده‌اند که استفاده از داده‌ها و اطلاعات کمی در طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی در تفکیک طبقات پوششی کمک فراوانی می‌کند. شتایی و همکاران (1383) نیز در طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال به این نتیجه دست یافتند.

باتوجه به جدول 3 مشخص می‌شود که دقت تولید کننده و کاربر به ترتیب در تیپ‌های وی‌ول خالص، نواحی زراعی و برودار خالص در سه روش طبقه‌بندی به کار رفته مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. در این خصوص عادلی (1385) اشاره کرده است تیپ‌های بلوط خالص و بادام خالص از میزان صحت تولید کننده و صحت کاربر بیشتری نسبت به تیپ‌های آمیخته برخوردار هستند. در این تحقیق در تیپ‌های آمیخته درصد حضور متفاوت گونه‌های مختلف، بر روی ارزش طیفی پیکسل‌های گونه‌ها و میزان بازتاب یک تیپ معین در نقاط مختلف تاثیر گذاشته و موجب تداخل بازتاب طیفی بین تیپ‌های مجاور و عدم تفکیک دقیق آن‌ها از یکدیگر و در نتیجه باعث پایین آمدن صحت

حوزه مورد مطالعه پرداخته بودند بیشترین صحت طبقه‌بندی را در استفاده از باندهای اصلی و شاخص‌های گیاهی کسب کرده بودند. در روش بیشترین احتمال بهترین عملکرد با باندهای اصلی و شاخص گیاهی NDVI، به‌دست آمد. ناصری و همکاران (1385) و مرادی و همکاران (1388)، نتایج مناسبی را در استفاده از شاخص گیاهی NDVI کسب کردند.

در مجموع باتوجه به نتایج به‌دست آمده برای هر سه روش مشخص شد که داده‌های ماهواره‌ای SPOT5 قادر نیستند نتایج قابل قبولی را برای تفکیک تیپ‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه ارائه کنند که از دلایل آن می‌توان به درجه پایین تاج پوشش و تراکم پایین درختان اشاره کرد.

در مجموع باتوجه به معیارهای ارزیابی کننده دقت و صحت، می‌توان گفت که داده‌های SPOT5 در تفکیک تیپ‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه قادر نیست که نتایج مناسبی را برآورد کند. اما نتایج به‌دست آمده در بهبود قدرت تفسیر بصری داده‌ها نقش به‌سزایی دارد. از دلایل پایین بودن صحت طبقه‌بندی می‌توان به ساختار جنگل‌های زاگرس اشاره کرد به‌ویژه جنگل‌های حوزه مورد مطالعه به‌لحاظ شرایط اقلیمی و اداپتیکی نسبت به جنگل‌های شمال دارای توان تولیدی و رویشی کمتری هستند. همچنین به‌دلیل وابستگی اقتصادی و معیشتی، مورد بهره برداری‌های متوالی واقع شده و این شرایط سبب شده که این جنگل‌ها دارای تاج پوشش کم و تراکم پایینی باشند. ناصری و همکاران (1382) در جنگل‌های خشک و نیم‌خشک کرمان، عادل و همکاران (1385) در جنگل‌های دزفول، پرما و همکاران (1388) در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه و Schmidt & Karnieli, (2001) نیز در پژوهش‌های خود اعلام کردند که بازتاب حاصل از خاک و بیرون‌زدگی سنگی سبب ایجاد اختلاط طیفی با بازتاب پوشش گیاهی می‌شود که در پایین آمدن معیارهای برآورد کننده صحت موثر بوده است.

در این تحقیق بیشترین صحت کلی به‌دست آمده در استفاده از باندهای اصلی بوده و تجزیه مولفه اصلی تأثیری در بهبود نتایج نداشته است. مرادی و همکاران (1388)، نیز در تحقیقی که به بررسی تغییرات گستره جنگل با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای SPOT5 در بخش‌هایی از

## منابع

- 1- امیری، ع، چاوشی، ح، امینی، ج.، مقایسه سه روش طبقه‌بندی فازی، شبکه عصبی و کمترین فاصله در تصاویر ماهواره‌ای (Quickbird)، گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده فنی دانشگاه تهران، 9 صفحه.
- 2- بی‌نام، طرح جنگلداری چند منظوره با تاکید بر ساماندهی و مدیریت گل‌زنی در حوزه آرمرده. دانشگاه کردستان، مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی، 527 صفحه.
- 3- پرما، ر، شتایی، ش، خداکرمی، ی، حبشی، ه. 1388. ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای ETM+ و LISS III برای تهیه نقشه تیپ در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه)، مجله تحقیقات ژنگل و صنوبر ایران، 4: 594-606.
- 4- پرما، ر، شتایی، ش، 1389. بررسی امکان تهیه نقشه‌های تنوع و تراکم تاج پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ (مطالعه موردی جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه)، مجله جنگل ایران، 3: 231-242.
- 5- پرما، ر، شتایی، ش، خداکرمی، ی، حبشی، ه. 1390. بررسی قابلیت تصاویر سنجنده در تفکیک تیپ‌های جنگلی زاگرس (مطالعه موردی جنگل-های قلاجه استان کرمانشاه) مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، 18: 61-76.
- 6- جزیره ای، م، ابراهیمی رستاقی، م، 1382. جنگلشناسی زاگرس. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، انتشارات دانشگاه تهران، 560 صفحه.
- 7- درویش صفت، ع، 1377. جزوه درسی سنجش از دور، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، 164 صفحه.
- 8- سفیانیان، ع، خداکرمی، ل. 1390. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی (مطالعه موردی سه زیر حوزه آبخیز کبودآهنگ، رزن-قهاوند و خونجین-تلخاب در استان همدان). مجله آمایش سرزمین، 3: 95-114.
- 9- شتایی، ش، درویش صفت، ع، سبحانی، ه. 1383. بهبود طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل از طریق تلفیق داده‌های طیفی و کمکی به روش تعیین پیش احتمال و ایجاد مدل‌های مکانی وقوع طبقات، مجموعه مقالات کنفرانس ملی ژئوماتیک 83.
- 10- عادل، ک، لطیفی، ه، اولادی، ج، آبادیان، ج. 1385. بررسی توان داده‌های ماهواره‌ای ETM+ جهت تفکیک تیپ‌های پوششی جنگل در جنوب زاگرس (مطالعه موردی دزفول)، همایش ژئوماتیک 85. 31-35.
- 11- علوی‌پناه، ک، 1384. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران.
- 12- علائی روز بهانی، ر، 1388. ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی و حداکثر احتمال برای استخراج پوشش گیاهی دیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS در حوضه کشور، همایش ژئوماتیک 88.
- 13- گرجی بحری، ی، 1379. بررسی طبقه‌بندی تیپولوژی جنگل و برنامه ریزی جنگل شناسی جنگل تحقیقاتی واز. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، 139 صفحه.
- 14- مرادی، ر، 1388. بررسی ساختار و بررسی تغییرات گستره جنگل در زاگرس شمالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SPOTS (مطالعه موردی: جنگل‌های بانه). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، 89 صفحه.
- 15- مروی مهاجر، م. 1384، جنگلشناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، 387 صفحه.
- 16- نیازی، ی، اختصاصی، م، حسینی، ز، 1389. مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه‌ی کاربری

19-Bolstad, P.V. & Lillesand, T.M. (1992). Improved Classification Of Forest Vegetation In Northern Wisconsin Through A Rule-Based Combination Of Soils, Terrain, And Landsat Thematic Mapper Data . Forest Science, 38(1): 5-20.

20-Eastman, J.R., 2006. Guide to GIS and Image Processing, Idrisi 15. Clark University.

21-Foody, G. M, (2002). Hard and soft classifications by a neural network with a nonexhaustively defined set of classes. International Journal of Remote Sensing, 23.

22-Farn Chen, C. and Y. Tan Li. (2000), *Supervised Classification of Multi-Temporal Remote Sensing Images*, Int: 20 Th Asian Conferences on Remote Sensing.

23-Foody, M.G, 1996. Relating the Land-Cover composition of mixed pixels to artificial neural network classification output, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, VOL. 62, 491-499.

24-Gunlu, A., Sivrikaya, F., Baskent, E.z., Keles, S., Cakir, G. and Kadiogullari, A. I., 2008. Estimation of Stand Type Parameters and Land Cover mapping Using Landsat ETM Imagery: A Case Study from Turkey, Sensors 8: 2509-2525.

25-Huang, Ch., L. Yang, C. Homer, M. Coan, R. Rykhus, Z. Zhang, B. Wylie, K. Hegge & Zh. Zhu, 2001. Synergistic use of FIA plot data and landsat 7 ETM image for large area forest mapping, proceeding of the thirty fifth annual Midwest forest mensurationists meeting and the third annual forest inventory and analysis symposium, Traverse City, MI. USA, 9 PP.

26-Jelenak, A., 2001. Application of optical and infrared remote sensing to the retrieval of selected land and sea features, Ph.D. Thesis, University of Waikato, 341pp.

27-Kavzoglu, T. and P.M. Mather, 2003. The use of back propagation artificial neural network in land cover classification, international journal of remote sensing, vol. 24, 4907-4938.

28-Lu, D, and Weng, Q, (2007), A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. International Journal of Remote Sensing Vol 28, No. 5, 10 March 2007, 823-870

اراضی مطالعه موردی: (حوزه سد ایلام). جغرافیا و توسعه، شماره 20: 119-132.

17- طباطبایی، ه.، علی محمدی، ع.، متکان، ع.

ضیائی، پ.، 1388. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه، شی‌پایه و درخت تصمیم در تهیه نقشه تیپ‌های جنگل با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (مطالعه موردی: جنگل آستارا)، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، 10(13)، 7-26.

18- ناصری، ف.، درویش صفت، ع.، 1382.

طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی و برآورد مشخصه‌های کمی آنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنگل‌های مناطق خشک و نیم خشک (مطالعه موردی: پارک ملی خبر - استان کرمان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران 202 صفحه.

29-Leblon, B., 1997. Soil and vegetation optical properties (The remote sensing core curriculum project).

30-Schmid, B., Matzler, C., & Schanda, E., 1991. Temporal evolution of vegetation indices and atmospheric effects, proc. Of the 11 EARSEL Symposium, Graz, Austria, pp. 355-368.

31-Tso, B. AND Mather, P.M., 2001. Classification Method for Remotely Sensed Data, Taylor & Francis, first Published. USA.

32-Wijaya, A., 2005, Application of Multi-stage Classification to Detect Illegal Logging with the Use of Multi-source Data , MSc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands.

33-Yuan, F., Bauer, M.E., Heinert, N.J. and Holden, G.R., 2005, Multi-level Land Cover Mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal, Geocarto International, Vol. 20, No. 2, pp. 5-14. Landsat TM/ETM+ Data.

34-Zhang, J. and G.M.Foody.1998. Afuzy classification of sub-urban land cover from Remote Sensing Imagery, International Journal of Remote Sensing, Vol.19,2721-2738.