

## مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی در استخراج نقشه پوشش مرتعی (مطالعه موردی: مرتع حوزه دویرج دهلران)

حسن فتحی زاد<sup>۱\*</sup>، رشید فلاح شمسی<sup>۲</sup>، علی مهدوی<sup>۳</sup> و صالح آرخی<sup>۴</sup>

\* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران، پست الکترونیک: hasan.fathizad@gmail.com

۲- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۴- استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲

### چکیده

مراجع از مهمترین منابع تجدیدشونده هستند که بدلیل وسعت و تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی خاص، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. متأسفانه در کشور ما همانند اغلب کشورهای در حال توسعه، مراتع به دلایل مختلف از جمله مدیریت غیراصولی این منابع در معرض تخریب و نابودی قرار گرفته‌اند. فناوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات علوم مرتع و پوشش گیاهیست. یکی از کاربردهای داده‌های ماهواره‌ای تهیه نقشه کاربری مرتع است. هدف از این تحقیق مقایسه دو روش حداکثر احتمال و فازی برای پهنه‌بندی مرتع می‌باشد. برای این منظور از تصویر سال ۲۰۰۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> ماهواره Landsat استفاده شده که پس از تصحیحات هندسی و رادیومتریک و پردازش نهایی، نقشه طبقه‌بندی تهیه گردید. نتایج حاصل از ارزیابی دقت این دو روش با استفاده از ضریب کاپا نشان داده که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی با ضریب ۰/۹۶۱۴ نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب ۰/۸۰۵۸ از دقت بیشتری برخوردار است. نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که الگوریتم‌های سنتی طبقه‌بندی مانند روش‌های آماری به دلیل انعطاف‌پذیری پائین و انواع پارامتریک آن مانند روش حداکثر احتمال به علت وابستگی به مدل آمارگوسی نمی‌توانند نتایج بهینه‌ای، در صورت نرمال نبودن نمونه‌های تعلیمی فراهم آورند. در این تحقیق از نرم‌افزارهای ArcGIS 9.3 و Idrisi Andes 15. ENVI 4.5 استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: حداکثر احتمال، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی، سنجنده ETM<sup>+</sup>، طبقه‌بندی، مرتع، دویرج.

### مقدمه

دانش در رابطه با پوشش مرتعی و سلامت آن در مدیریت خاک‌ها نقش مهمی دارد. امروزه تولید یک نقشه پوشش مرتعی دقیق یکی از ابزارهای مهم در برنامه‌ریزی و توسعه بشمار می‌آید. به‌منظور بررسی و پایش پوشش مرتعی در مقیاس جهانی و ناحیه‌ای دسترسی به داده‌های به هنگام میدانی یا صحرایی معمولاً دشوار و محدود است، زیرا چنین داده‌هایی بصورت سنتی و قدیمی از مکان‌های کوچک و در

برخی از پدیده‌ها و عوارض سطح زمین نظیر پوشش مرتعی، به علل مختلف در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی به مرور زمان دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است. بعلاوه اینکه کسب آگاهی و

حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردید، بعد با کمک بافت مکانی از داده‌های TM از نظریه سیستم کارشناسی به منظور مرحله دوم طبقه‌بندی استفاده شد. نتایج حاصل صحت کلی برابر ۸۵ درصد و صحت کاربر را در محدوده ۷۳ تا ۹۹ درصد نشان داد. این نظریه می‌تواند برای طبقه‌بندی پوشش سطح زمین مفید واقع شود. Melesse و Jordan (۲۰۰۳) نیز برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند. Hutchinson (۱۹۸۲) برای بهبود طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تفکیک‌پذیری طبقه‌های پوشش سطح زمین از داده‌های رقومی غیر از داده‌های سنجش از دور استفاده نمود. نتایج او نشان داد که استفاده از این روش صحت کلی را پنج تا ده درصد افزایش می‌دهد. Wilson (۱۹۸۶) استفاده از داده‌های ماهواره لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای مطالعات پدیده‌های زمینی ارزشمند دانست. Laban و همکاران (۱۹۹۷) تغییرات پوشش سطح زمین را برای حوضه آبریز رودخانه یانا مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنان برای طبقه‌بندی، از تصاویر ماهواره لندست (MSS) و (TM) استفاده کردند. در هر دو طبقه‌بندی تشابه طیفی مراحل مختلف رشد برنج، باغ‌ها و چمن‌زار تفکیک‌پذیری از این طبقات را مشکل کرده بود. نتایج حاصل از طبقه‌بندی توسط آنان صحت کلی معادل ۷۷/۳ درصد و ۸۱/۳ را نشان داد.

هدف از این مقاله امکان دستیابی به نقشه‌هایی با صحت بالاتر برای نواحی با پوشش مرتعی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه کارایی دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی در حوزه دوبرج دهلران می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

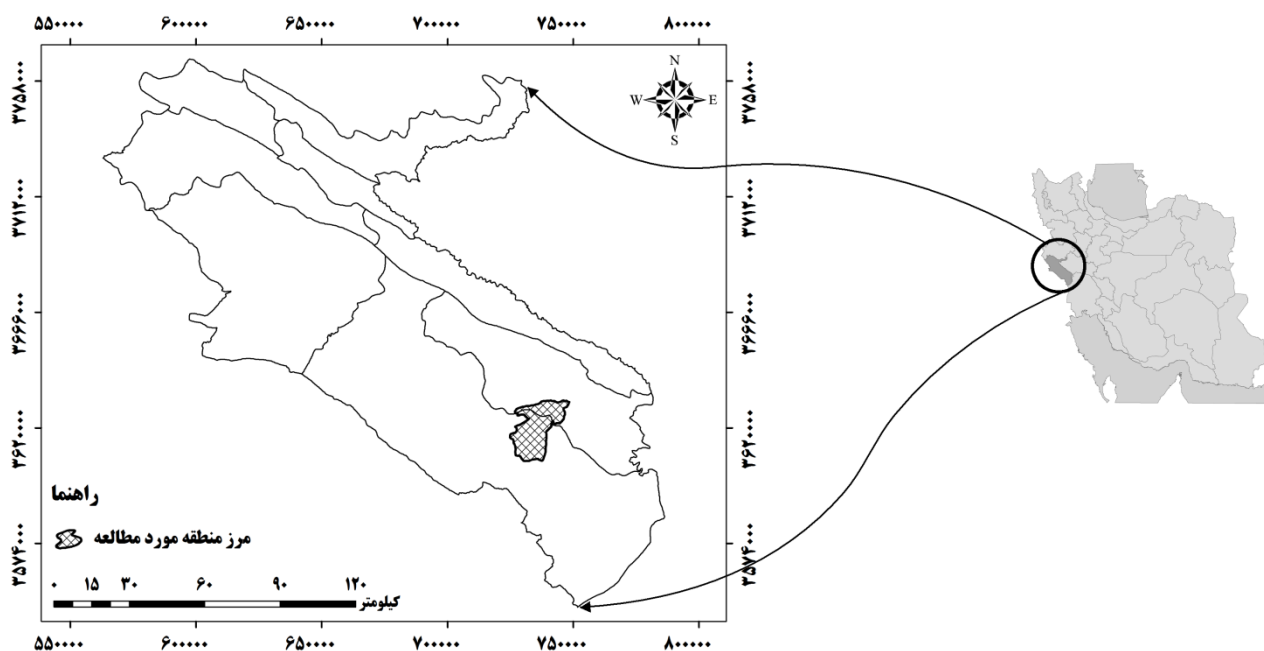
### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه قسمت جنوبی حوزه آبخیز دوبرج در ۱۵ کیلومتری شهرستان دهلران در جنوب تا جنوب شرقی استان ایلام قرار گرفته و دارای مختصات

فواصل زمانی متفاوت جمع‌آوری می‌شوند که از لحاظ نوع و درجه اعتبار با یکدیگر متفاوت می‌باشند (Pettorelli, 2005). سنجش از دور فناوری بسیار مفیدی است که می‌توان آن را برای بدست آوردن لایه‌های اطلاعاتی از پوشش مرتعی بکار برد. خصوصیات نظیر فراهم‌ساختن دید وسیع و یکپارچه از یک منطقه، قابلیت تکرارپذیری، سهل‌الوصول بودن اطلاعات و دقت بالای اطلاعات حاصل و صرفه‌جویی در زمان از ویژگی‌های این تکنولوژی است. بر همین اساس محققان زیادی به منظور بررسی پوشش گیاهی از داده‌های سنجش از دور استفاده کرده و این تکنیک را مناسب این گونه مطالعات ارزیابی نموده‌اند (مختاری و همکاران، ۱۳۷۹). از مطالعات انجام شده می‌توان به تحقیقات علوی‌پناه و مسعودی (۱۳۸۰) اشاره کرد. آنان برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست (Thematic Mapper) برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه موک استان فارس از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند. نتایج حاصل ارزیابی دقت طبقه‌بندی کارایی روش مذکور را در تولید نقشه کاربری اراضی نشان داد. براساس تحقیقات آنان با توجه به کوهستانی بودن منطقه، انتخاب راهبرد مناسب برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای ضروری می‌باشد. همچنین Alavi Panah و Goosens (۱۹۹۹) و قیاسی (۱۳۷۲)، استفاده از داده‌های ماهواره اسپات و لندست را در تهیه کاربری و پوشش اراضی مفید دانستند. Stahler و Lambin (۱۹۹۴) برای تجزیه و تحلیل طیفی تغییرات پوشش زمین از ابزار قدرتمندی به نام تجزیه و تحلیل تغییر بردار (Change-vector) استفاده نمودند. روش آنان به منظور تهیه شاخص‌های سنجش از دور شرایط سطح زمین از قبیل شاخص پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح بکار رفت. آنان برای طبقه‌بندی و تغییرات پوشش سطح از داده‌های ماهواره NOAA (Notional Oceanic and atmospheric Administration) استفاده نمودند. Stefanov و همکاران (۲۰۰۱) به منظور طبقه‌بندی تغییرات پوشش زمین یک نظریه کارشناسی (آزمایش فرض) با استفاده از داده‌های TM پیشنهاد دادند. در ابتدا داده‌های ماهواره‌ای توسط روش

متوسط بارندگی ۲۶۴/۴ میلی‌متر، متوسط تبخیر سالیانه ۳۵۵۳ میلی‌متر در تشتک تبخیر و ۳۱۱۷ میلی‌متر در سطح آزاد بوده و متوسط دمای سالیانه ۳۱/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مساحت منطقه ۳۱۹۳۷ هکتار برآورد شده است.

جغرافیایی "۴۷°۲۳'۴۸" تا "۴۷°۳۹'۱۱" طول شرقی و "۳۲°۳۴'۵۰" تا "۳۲°۴۶'۵۴" عرض شمالی می‌باشد (شکل ۱). بر اساس بررسی‌های انجام‌شده توسط سازمان هواشناسی، این منطقه از نظر طبقه‌بندی اقلیمی کوبین، جزء اقلیم خشک با تابستان‌های گرم می‌باشد. بر اساس آمار هواشناسی،



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه

استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده به ۵ طبقه (جنگل، اراضی بایر، مرتع فقیر، مرتع متوسط و مرتع خوب) طبقه‌بندی شده و با استفاده از تصویر ترکیب رنگی کاذب (RGB) و اطلاعات کمکی تفسیر شد. طبقه‌هایی که بصورت خالص تفکیک شده بودند، مشخص شدند و آنهایی که دارای اختلاط بین طبقه‌های مختلف بودند مجدداً به زیر طبقات جزئی‌تر تفکیک شده‌اند و مجدداً تفسیر و طبقه‌هایی که در یک گروه پوشش قرار گرفتند با یکدیگر تلفیق و در نهایت نقشه پوشش گیاهی در ۵ طبقه به دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی تولید شد. نقشه‌های تولیدی مربوط به هر الگوریتم با نقشه پوشش گیاهی استان ایلام، تهیه‌شده توسط سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور مقایسه شدند و در نهایت بهترین الگوریتم

داده ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق عبارت است از یک تصویر ماهواره لندست سنجنده  $ETM^+$  بتاریخ ۲۴/۵/۲۰۰۷ می‌باشد. این تصویر دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر است. از نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری برای ژئورفرنس کردن تصاویر مربوطه استفاده شده است. در این تحقیق از نرم‌افزارهای ENVI 4.5، Idrisi Andes15 و ArcGIS9.3 استفاده شده است. به منظور تهیه نقشه پوشش مرتع منطقه دویرج در سال ۲۰۰۷ تصویر ماهواره‌ای مورد نظر تهیه گردید. در مرحله بعد مرتع منطقه دویرج با استفاده از نقشه رقوم اصلاح‌شده استان برش داده شد. سپس تصحیحات رادیومتریک را بر روی تصویر اعمال و مرتع منطقه را از تصویر جدا کردیم. تصویر برش داده شده با

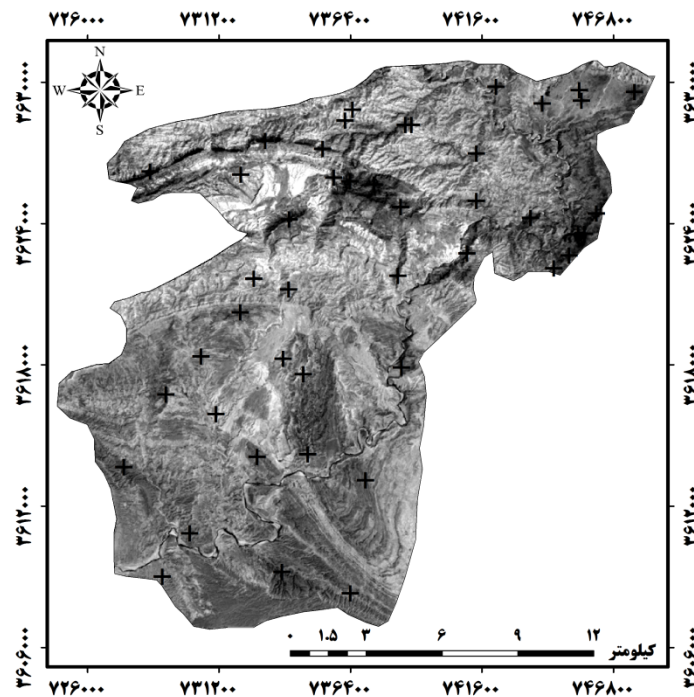
مشخص شد.

تصحیح هندسی (Geometric Correction)، از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ تهیه شده از سازمان جغرافیایی ارتش استفاده گردید. تصاویر بکار رفته در تحقیق به روش استفاده از نقاط کنترل زمینی و معادلات نمونه‌گیری مجدد تصحیح شده است. برای این کار از ۴۵ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب و در تقاطع جاده‌ها، آبراهه‌ها و ... استفاده گردید (شکل ۲)، تا مدل ریاضی از دقت بیشتری برخوردار گردد. خطاهای بدست آمده برای سنجنده ETM<sup>+</sup> برابر با ۰/۵۴ پیکسل بود که بسیار مطلوب می‌باشد.

روش کار در تحقیق مورد نظر به صورت مراحل زیر می‌باشد:

#### تصحیح هندسی

تصاویر اولیه و خام داده‌های ماهواره‌ای بنا به دلایل مختلف مانند گردش زمین و تغییر در ارتفاع ماهواره دارای هندسه ناصحیح بوده و در این حالت قابل استفاده با سایر داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه با یکدیگر نیستند. بنابراین برای این که بتوان داده‌های مختلف را پردازش و تفسیر کرد، ابتدا تصاویر چند طیفی و چند زمانه به یک سیستم مختصات واحد تبدیل شدند (علوی پناه و احسانی، ۱۳۸۲). به منظور



شکل ۲- موقعیت نقاط مرجع زمینی برای تصحیح هندسی

سختی است (Du et al., 2002). در مقابل تصحیحات رادیومتریک نسبی با هدف کاهش متغیرهای اتمسفریک و غیرمنتظره در میان تصاویر چندزمانه صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی، کاهش تیرگی پدیده‌هاست. کاهش تیرگی پدیده یک روش ساده است که بطور گسترده در بسیاری از موارد بکار گرفته می‌شود (Chavez et al., 1994). برای انجام تصحیح رادیومتری در

#### تصحیح رادیومتریک

دو نوع تصحیح رادیومتریک (Radiometric Correction) وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی. روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و بخصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار

می‌شود. بعبارتی طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای می‌گویند (علوی پناه، ۱۳۸۴). در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای پیکسل‌هایی با ارزش عددی یکسان در یک گروه قرار می‌گیرد. البته طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به شکل نظارت نشده یا نظارت شده انجام می‌گیرد. در طبقه‌بندی نظارت شده برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌گردد، بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. در این مطالعه، از روش نمونه‌برداری تصادفی برای طبقه‌بندی داده‌ها استفاده گردید. نمونه‌ها با توجه به بازدهی‌های محلی از منطقه مورد مطالعه با استفاده از GPS تعدادی پلی‌گون به روش انتخابی از هر گروه از پوشش اراضی ثبت گردید. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی سعی شد ضمن اینکه معرف خوبی برای طبقات مورد نظر باشد، از پراکنش خوبی نیز برخوردار باشد. با توجه به بازدید میدانی و بررسی عکس‌های هوایی مربوط به منطقه، مشاهده گردید که در سال ۲۰۰۷ پنج طبقه پوشش جنگل، اراضی بایر، مرتع فقیر، مرتع متوسط و مرتع خوب وجود داشته است. در تحقیق حاضر برای طبقه‌بندی از دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی در استخراج نقشه پوشش گیاهی استفاده شده است.

طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای با روش حداکثر احتمال از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال (Maximum Likelihood classification) تاکنون به‌عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش‌های ذکر شده است (Bolstad & Lillesand, 1991). روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال، واریانس و کواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند. برای این کار فرض می‌شود همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد. بنابراین

اولین گام ارزش‌های رقومی به تابش طیفی تبدیل می‌شود که این عمل با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده و با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود (Bruce & Hilbert, 2004).

$$L = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Offset}$$

که در آن L تابش طیفی ( $\text{Wem}^{-2} \text{Ster}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) ارزش رقومی پیکسل (۰ تا ۲۵۵) و Gain و offset ضرایب کالیبراسیون سنجنده می‌باشند. در مرحله بعد مطابق با رابطه زیر مقدار تابش طیفی به بازتاب طیفی تبدیل می‌شود (Lillesand & Kiefer, 1994).

$$p = \frac{\pi L d^2}{ESUN \cdot \cos(SZ)}$$

P: بازتاب طیفی بدون واحد بین صفر تا یک

$$3/14:\pi$$

L: تابش طیفی در دریچه سنجنده

d<sup>2</sup>: مجذور فاصله زمین و خورشید بر اساس واحدهای

ستاره‌شناسی

ESUN: ارتفاع خورشید

SZ: زاویه خورشید در هنگام تابش در زمان ضبط

تصویر ماهواره‌ای

با تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب طیفی آثار مربوط به تغییر شرایط نوردهی، فصل، عرض جغرافیایی و شرایط آب و هوایی روی تصاویر حذف می‌گردد و نتیجه حاصل نسبتاً استاندارد شده است که بطور مستقیم برای مقایسه بازتاب پدیده‌ها بین تصاویر مختلف و یک تصویر در زمان‌های متفاوت کاربرد دارد. در این مطالعه نیز از روش کاهش تیرگی پدیده که به راحتی در نرم‌افزار ENVI قابل اجراء است برای تصحیح رادیومتریک استفاده شده است. این فرایند برای کاهش اثرات پخش اتمسفری بر روی تصویر است.

طبقه‌بندی تصویر

به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی (Supervised Classification) آنها که دارای رفتار طیفی یکسانی باشد، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته

ماتریس - کواریانس هر طبقه  $c$  برای باند  $K$  و  $V_c$  استفاده می‌کند. بر این اساس،  $X$  در طبقه  $C$  قرار می‌گیرد.

$$P_c = [-0.5 \log_e \{\det(v_c)\}] - 0.5 [X - M_c]^T (V_c)^{-1} (X - M_c)$$

طبقه‌ها باشد، کاربر می‌تواند مجموعه‌ای از احتمال پیشین‌های در اولویت را برای عارضه‌ها تعریف کند و در این صورت رابطه کمی اصلاح می‌شود (علوی‌پناه و ولدنی، ۱۳۸۹).

$$P_c(a_c) = \log_e(a_c) - [-0.5 \log_e \{\det(v_c)\}] - 0.5 [X - M_c]^T (V_c)^{-1} (X - M_c)$$

عملگر AND فازی جایگزین می‌شود. حال در ادامه به بررسی توسعه تئوریک روش ARTMAP فازی می‌پردازیم. تعریف ۱- بردارهای فعالیت: هر سیستم ART شامل سه لایه  $F_0$ ،  $F_1$  و  $F_2$  است. گره‌های مبین بردار ورودی فعلی، لایه  $F_0$  را تشکیل می‌دهد. لایه  $F_1$  ورودی‌هایی از لایه پایینی خود ( $F_0$ ) و نیز از لایه بالایی خود ( $F_2$ ) دریافت می‌کند. بردار فعالیت  $F_0$  با  $I = (I_0, \dots, I_M)$  و مؤلفه‌های بهنجار  $I_i$  نمایش داده می‌شود. بردار فعالیت  $F_1$  با  $x = (x_1, \dots, x_M)$  و بردار فعالیت  $F_2$  با  $y = (y_1, \dots, y_M)$  نمایش داده می‌شوند.

تعریف ۲- بردار وزن: به ازای هر گره مشخص‌کننده دسته در لایه  $F_2$ ، بردار وزن  $w_j = (w_{j1}, \dots, w_{jM})$  به‌عنوان حافظه بلندمدت (Long term memory) وجود دارد.

تعریف ۳- پارامترها: در شبکه ART فازی پارامترهای انتخاب ( $\alpha > 0$ )، میزان یادگیری ( $\beta \in [0, 1]$ ) و مراقبت ( $\rho \in [0, 1]$ ) در نظر گرفته شده است.

تعریف ۴- انتخاب طبقه: به ازای هر ورودی  $I$  و گره  $j$  در لایه  $F_2$ ، تابع انتخاب  $T_j$  براساس رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$T_j = \frac{|I \wedge w_j|}{a + |w_j|} \quad \text{رابطه ۱}$$

شرط توزیع نرمال در روش حداکثر احتمال اهمیت خاصی دارد (علوی‌پناه، ۱۳۸۴). به‌طوری‌که این روش از داده‌های آموزشی برای محاسبه میانگین برداری  $M_c$  برای هر طبقه و

که در آن  $P_i(a_c) > P_c(a_c)$ ،  $r_i = 1, 2, 3, \dots, m$  احتمال وجود آن طبقه است.

در صورتی‌که دانش مورد نظر در مورد آن عارضه زمینی وجود نداشته باشد از لحاظ نظری به  $P_i$  برای هر طبقه وزن مساوی داده می‌شود. اگر احتمال یک طبقه بیش از دیگر

که در آن  $P_i(a_c) > P_c(a_c)$ ،  $r_i = 1, 2, 3, \dots, m$  می‌باشند. در این تحقیق برای طبقه‌بندی حداکثر احتمال از روش دادن مقدار مشخص احتمالی که از قبل تعیین شده بود برای هر کاربری استفاده شد. این مقدار را با توجه به مقدار مساحتی که هر کاربری از سطح منطقه به خود اختصاص داده بود، تعیین گردید.

طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای با روش شبکه عصبی مصنوعی آرت‌مپ فازی

شبکه عصبی مصنوعی آرت‌مپ فازی (Art map Fuzzy) بر پایه نظریه تشدید انطباقی (Adaptive Resonance Theory) می‌باشد. ساختار شبکه‌های مبتنی بر نظریه تشدید انطباقی با آموزش با نظارت، با نام آرت‌مپ شناخته شده است (Carpenter et al., 1991). هر سیستم ARTMAP از دو مدول ( $ARTa$ ،  $ARTb$ ) تشکیل شده که طبقات بازشناسی پایداری را در پاسخ به دنباله‌های دلخواه از الگوهای ورودی ایجاد می‌کند. این دو مدول با یگدیگر از طریق یک مدول واسط به نام ناحیه نگاشت ( $Fab$ ) پیوند می‌یابند. ARTMAP باینری سیستم ART1 را به‌عنوان مدول‌های  $ARTa$  و  $ARTb$  بکار می‌گیرد و این در حالیکه که ARTMAP فازی از سیستم‌های ART فازی، بدین منظور بهره می‌گیرد. بدین ترتیب که مثلاً عملگر ( $\Omega$ ) با

که عملگرهای نرم  $|0|$  و  $\Lambda$  چنین تعریف می‌شوند:

$$|p| \equiv \sum_{i=1}^M |p_i| \quad \text{رابطه ۲}$$

طبقه انتخاب شده با  $J$  مشخص می‌شود:

$$j = \max\{T_j; j=1 \dots N\} \quad \text{رابطه ۴}$$

در این شرایط  $y_1=1$  و  $y_j \neq 1$  ;  $j \neq 1$  بردار فعالیت  $F_1$  نیز از رابطه ۵ تبعیت می‌کند:

$$(\Lambda q)_i \equiv \min(p_i, q_i) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$x = \begin{cases} I & \text{اگر } f_2 \text{ غیرفعال باشد;} \\ I \quad \Lambda w_j & \text{اگر } J \text{ ام از لایه } f_2 \text{ انتخاب شود;} \end{cases} \quad \text{رابطه ۵}$$

بصورت کد مکمل  $A = (a, a^c)$  و  $B = (b, b^a)$  هستند.  $x^a$  و  $y^a$  به ترتیب مبین بردارهای خروجی  $F_1^a$  و  $F_2^a$  هستند.  $w_j^a$  نیز بردار وزن  $J$  امین گره از  $ART^a$  است. مشابه این نمادگذاری برای  $RT^b$  نیز در نظر گرفته می‌شود. این ناحیه نگاشت نیز  $x^{ab}$  مبین بردار خروجی  $F^{ab}$  و  $w_j^{ab}$  مبین بردار وزن از  $J$  امین گره  $F_2^a$  به  $F^{ab}$  است.

تعریف ۷- فعالیت ناحیه نگاشت: اگر یکی از دسته‌های  $ART^a$  و  $ART^b$  فعال شوند، آنگاه  $F^{ab}$  فعال می‌شود. اگر هم هر دوی  $ART^a$  و  $ART^b$  فعال باشند، آنگاه اگر  $ART^a$  همان دسته‌ای که  $ART^b$  پیش‌بینی کرده را ارائه نماید، در این صورت  $F^{ab}$  فعال خواهد شد. بردار خروجی  $F^{ab}$  از رابطه ۸ تعیین می‌شود:

تعریف ۵- تشدید یا بازنشانی: اگر شرط زیر برقرار باشد، آنگاه پدیده تشدید اتفاق می‌افتد.

$$\frac{|I \Lambda w_j|}{|I|} \geq \rho \quad \text{رابطه ۶}$$

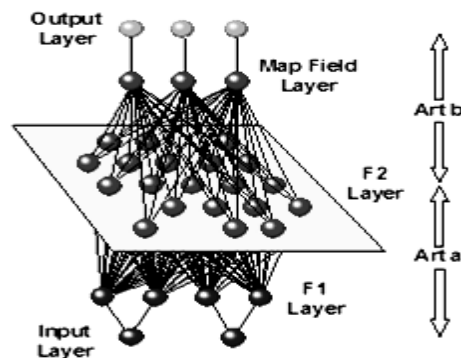
بدیهی است که در صورت عدم برقراری شرط فوق، فرمان بازنشانی مبین عدم تطبیق صادر و نمایه جدیدی بجای  $J$  انتخاب و جستجو برای یافتن دسته‌ای که شرط ۵ را برآورده کند ادامه می‌یابد.

تعریف ۶- یادگیری: پس از اتمام فرایند جستجو، بردار وزن  $w_j$  براساس رابطه ۷ تجدید می‌شود:

$$w_j^{(new)} = \beta (I \Lambda w_j^{(old)}) + (1 - \beta) w_j^{(old)} \quad \text{رابطه ۷}$$

ورودی به  $ART^a$  و  $ART^b$  در شبکه  $ARTMAP$  فازی

$$x^{ab} = \begin{cases} y^b \Lambda_j^{ab}, & J \text{ امین گره از } F_2^b \text{ فعال و } F_2^a \text{ نیز فعال است} \\ w_j^{ab}, & J \text{ امین گره از } F_2^b \text{ فعال و } F_2^a \text{ غیرفعال است} \\ y^b, & F_2^b \text{ غیرفعال و } F_2^a \text{ فعال است} \\ 0, & F_2^b \text{ و } F_2^a \text{ غیرفعال است} \end{cases} \quad \text{رابطه ۸}$$



شکل ۳- روند آموزش در شبکه عصبی مصنوعی آرت‌مپ فازی

نتایج طبقه‌بندی باشد. زیرا در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه ۹ بدست می‌آید (علوی‌پناه و احسانی، ۱۳۸۲).

$$\text{رابطه ۹} \quad OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii}$$

در این رابطه: OA- دقت کلی، N- تعداد پیکسل‌های آزمایشی و  $\sum P_{ii}$  - جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست

بدلیل ایرادات وارده بر دقت کلی، اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مورد توجه قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود (مسگری، ۱۳۸۱).

$$\text{رابطه ۱۰} \quad Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

می‌باشد، که توسط روابط ۱۱ و ۱۲ محاسبه می‌گردد (مسگری، ۱۳۸۱).

$$\text{رابطه ۱۱} \quad UA = \frac{ta}{n_1} \times 100$$

و

$$\text{رابطه ۱۲} \quad PA = \frac{ta}{ga} \times 100$$

تهیه خروجی نهایی

نقشه طبقه‌بندی نهایی از ترکیب نتایج روش‌های فوق‌الذکر و حتی استفاده از نتایج باندهای ترکیبی بدست می‌آید. با توجه به خصوصیات هر طبقه عوارض، می‌توان به جای استفاده از یک الگوریتم طبقه‌بندی برای کل منطقه، هر طبقه را با توجه به ویژگی آن با یکی از تکنیک‌های مناسب طبقه‌بندی استخراج نمود. به‌منظور حذف پیکسل‌های منفرد می‌توان از فیلتر اکثریت (Majority Filter) استفاده نمود که در این تحقیق از فیلتر ۳\*۳ استفاده شده است.

برآورد صحت حاصل از طبقه‌بندی

برآورد صحت (Accuracy assessment) برای درک نتایج بدست آمده و بکاربردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمولترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کلی (Overall accuracy)، دقت تولیدکننده (Producer's Accuracy)، دقت کاربر (User's Accuracy) و ضریب کاپا هستند (Lu et al., 2004). از نظر تئوری احتمالات، دقت کلی نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی

که در این رابطه:  $p_o$  = درستی مشاهده شده و  $p_c$  = توافق مورد انتظار.

دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد



حداکثر احتمال، دقت تولیدکننده برای طبقه جنگل ۹۵/۹۶ بوده است. در ضمن، همچنین مشاهده شد که پایین‌ترین دقت استفاده‌کننده در مورد طبقه مرتع متوسط بوده است. این طبقه با دقت استفاده‌کننده ۷۱/۷۵٪ برای تصویر این منطقه طبقه‌بندی شده است (در حالت استفاده از روش حداکثر احتمال). نتایج طبقه‌بندی با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتیمپ فازی در جدول ۱ ارائه شده است. طبق جدول‌های ۱ و ۲، روش شبکه عصبی مصنوعی آرتیمپ فازی به ترتیب دقت کل ۹۷/۸۲ و ضریب کاپای ۰/۹۶ درصد را ایجاد نموده، در حالی‌که روش حداکثر احتمال به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپای ۸۳ و ۸۰/۸۵ درصد ایجاد نموده است. از این‌رو، روش شبکه عصبی مصنوعی آرتیمپ فازی (با صحت کلی ۱۴/۸۲ و ضریب کاپای متوسط ۱۵/۴۲٪ بیشتر) نسبت به روش حداکثر احتمال برای مجموعه داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از دقت بالاتری برخوردار بوده است.

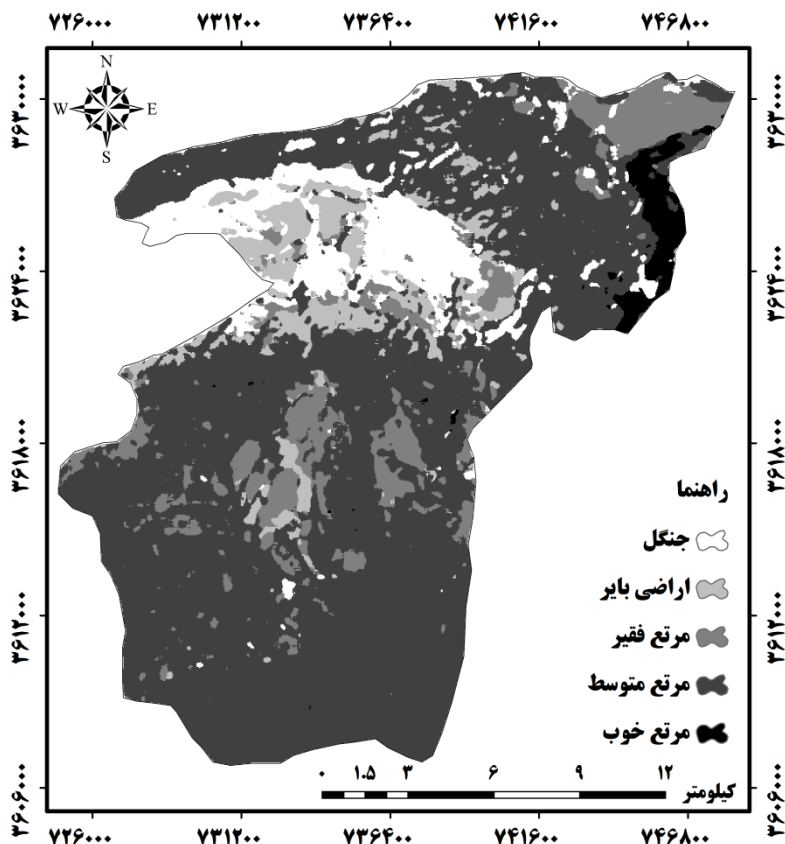
که در روابط فوق:  $PA$  = درصد دقت کلاس  $a$  برای دقت تولیدکننده.  $ta$  = تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به‌عنوان کلاس  $a$ .  $ga$  = تعداد پیکسل‌های کلاس  $a$  در واقعیت زمینی.  $UA$  = درصد دقت کلاس  $a$  برای دقت کاربر.  $n_1$  = تعداد پیکسل‌های کلاس  $a$  در نتیجه طبقه‌بندی می‌باشد.

برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، با قطع‌دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی، ماتریس خطا ( Confuse Matrix ) تشکیل شد و بر اساس آن دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید.

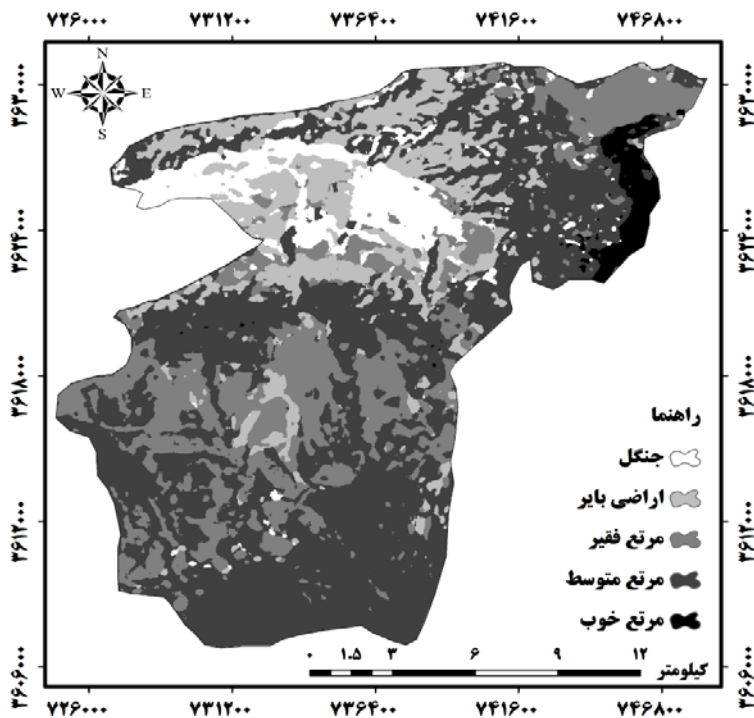
## نتایج

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌های کاربری اراضی منطقه مورد نظر در ۵ کاربری اراضی (جنگل، اراضی بایر، مرتع فقیر، مرتع متوسط و مرتع خوب) تعیین و بعد نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، کلاس‌های کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه تعیین و پس از مشخص نمودن میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها، طبقه‌بندی بصورت نظارت‌شده و با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی آرتیمپ فازی و حداکثر احتمال انجام گردید و نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شد (شکل‌های ۴ و ۵).

زمانی‌که نتایج جدول‌های ۱ و ۲ آنالیز می‌شود، چندین نتیجه مهم گرفته می‌شود: نخست اینکه مشاهده شد که طبقه جنگل با دقت تولیدکننده ۹۹/۸۹٪ طبقه‌بندی شده است (در حالت استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی آرتیمپ فازی). این نشان‌دهنده قابلیت تفکیک طیفی بالا برای این طبقه است. درثانی، طبق نتایج مشاهده شد که پایین‌ترین دقت تولیدکننده در مورد طبقه مرتع متوسط بوده است. این طبقه با دقت تولیدکننده ۹۲/۲۰٪ برای تصویر این منطقه طبقه‌بندی شده است. در حالی‌که در روش طبقه‌بندی



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی الگوریتم حداکثر احتمال شبکه عصبی مصنوعی آرتیفاقی



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی الگوریتم حداکثر احتمال

جدول ۱- ارزیابی دقت الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی برای منطقه دوبرج

طبقه‌بندی آرتمپ فازی	جنگل	اراضی بایر	مرتع فقیر	مرتع متوسط	مرتع خوب	کل	دقت کاربر (%)
جنگل	۲۸۷۰	۲	۲۴	۷۵	۱	۲۹۷۲	۸۷/۹۳
اراضی بایر	۲۰	۱۱۴۸	۵	۱۲۵	۰	۱۲۹۸	۹۵/۶۴
مرتع فقیر	۱۶۲	۲	۴۱۸۲	۱۲۸۴	۲۶	۵۶۵۶	۸۵/۲۰
مرتع متوسط	۱۵۱	۴۵	۴۸۲	۹۵۹۲	۲۰۴	۱۰۴۷۴	۷۱/۷۵
مرتع خوب	۰	۰	۰	۱۳۴	۸۷۹	۱۰۱۳	۷۸/۱۶
کل	۳۲۰۳	۱۱۹۷	۴۶۹۳	۱۱۲۱۰	۱۱۱۰	۲۱۴۱۳	-
دقت تولیدکننده (%)	۹۵/۹۶	۸۷/۷۶	۶۶/۶۲	۸۲/۳۳	۸۶/۰۵	-	-
دقت کل (%)							۸۳/۷۴
ضریب کاپا (%)							۸۰/۵۸

جدول ۲- ارزیابی دقت الگوریتم حداکثر احتمال برای منطقه دوبرج

طبقه‌بندی حداکثر احتمال	جنگل	اراضی بایر	مرتع فقیر	مرتع متوسط	مرتع خوب	کل	دقت کاربر (%)
جنگل	۳۱۹۹	۰	۲	۱	۰	۳۲۰۲	۹۹/۸۵
اراضی بایر	۰	۱۱۵۳	۱	۰	۰	۱۱۵۴	۹۶/۱۱
مرتع فقیر	۰	۰	۴۳۱۴	۱۰۰	۰	۴۴۱۴	۸۹/۸۳
مرتع متوسط	۴	۴۴	۳۷۶	۱۱۱۰۹	۵	۱۱۵۳۸	۹۸/۰۵
مرتع خوب	۰	۰	۰	۰	۱۱۰۵	۱۱۰۵	۹۹/۵۳
کل	۳۲۰۳	۱۱۹۷	۴۶۹۳	۱۱۲۱۰	۱۱۱۰	۲۱۴۱۳	-
دقت تولیدکننده (%)	۹۹/۸۹	۹۹/۹۱	۹۷/۱۰	۹۲/۲۰	۱۰۰	-	-
دقت کل (%)							۹۷/۸۲
ضریب کاپا (%)							۹۶/۱۴

## مقایسه طبقه‌بندی

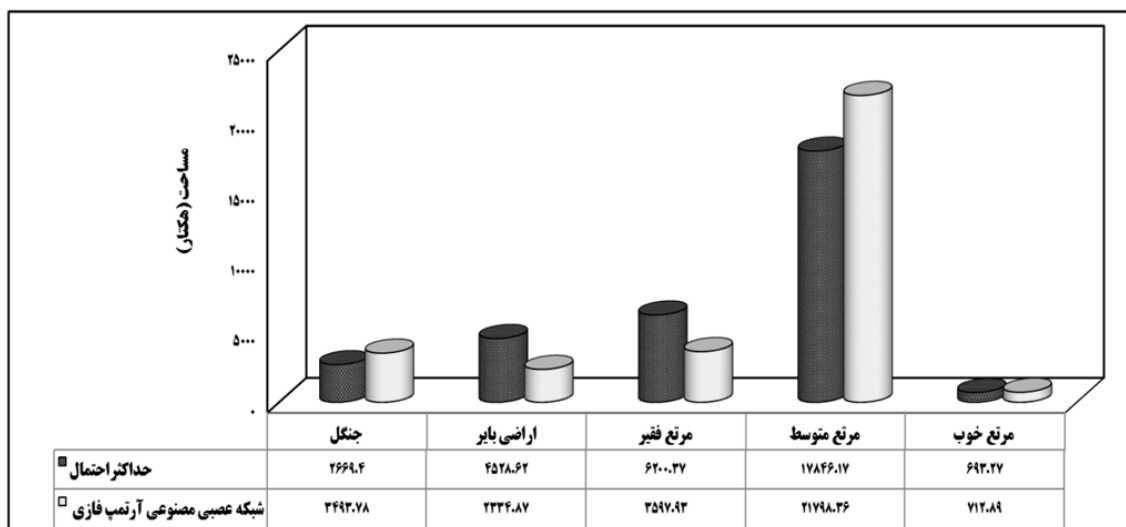
احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی تقریباً نزدیک هم هستند. در حالی که مساحت سایر کاربری‌ها در دو الگوریتم حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی با هم تفاوت دارند که ناشی از تفاوت دقت این دو الگوریتم است.

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی با دو روش طبقه‌بندی، ابتدا مساحت و درصد ۵ طبقه کاربری اراضی بدست آمد (جدول ۳) که نتایج حاصل از آن در نمودار ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۶ مشخص است، مساحت کاربری مرتع خوب در نقشه‌های حاصل از الگوریتم حداکثر

جدول ۳- مساحت طبقه‌های پوشش اراضی طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی و حداکثر احتمال در سال ۲۰۰۷

(برحسب هکتار)

طبقه	فازی	حداکثر احتمال
جنگل	۳۴۹۳/۷۸	۲۶۶۹/۴
اراضی بایر	۲۳۳۴/۸۷	۴۵۲۸/۶۲
مرتع فقیر	۳۵۹۷/۹۳	۶۲۰۰/۳۷
مرتع متوسط	۲۱۷۹۸/۳۶	۱۷۸۴۶/۱۷
مرتع خوب	۷۱۲/۸۹	۶۹۳/۲۷
مجموع	۳۱۹۳۷/۸۳	۳۱۹۳۷/۸۳



نمودار ۱- درصد فراوانی طبقه‌های پوشش اراضی طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی آرت‌مپ فازی و حداکثر احتمال در سال ۲۰۰۷

## بحث

مقایسه دقت طبقه‌بندی حاصل از الگوریتم فازی و حداکثر احتمال مشخص گردید که روش شبکه عصبی مصنوعی آرت‌مپ فازی به ترتیب با دقت کل ۹۷/۸۲ و ضریب کاپای ۰/۹۶ نسبت به روش حداکثر احتمال با دقت کل ۸۰/۵۸ و ضریب کاپای ۰/۸۳ دارای دقت بالاتری است که این بدلیل غیرخطی بودن و غیرپارامتریک بودن شبکه مصنوعی آرت‌مپ فازی می‌باشد. اما طبقه‌بندی بوسیله حداکثر احتمال داده‌های آموزش نقش حیاتی دارند. در این روش فرض بر این است که توزیع در داخل نمونه‌های آموزشی نرمال باشد که اگر نتوان این شرط را برآورد نمود دقت طبقه‌بندی بشدت پائین می‌آید. در حالی‌که روش‌های عصبی بر مبنای ویژگی‌ها و ساختار خود داده‌ها عمل می‌کنند و به این دلیل است که شبکه‌های عصبی در ترکیب داده‌های با منبع مختلف موفق‌ترند. از این‌رو با استفاده از قابلیت‌های شبکه‌های عصبی ضمن کاهش خطا در طبقه‌بندی امکان افزایش تعداد کلاس‌ها و جداسازی کلاس‌های دقیق‌تر در پروژه‌های کاربردی فراهم می‌باشد.

## منابع مورد استفاده

-قیاسی، م.، ۱۳۷۲. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و GIS منطقه دشت ارومیه و شبه جزیره شاهی، اداره

در حال حاضر استفاده از نقشه‌های اراضی یکی از ارکان مهم در تولید اطلاعات برای برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد می‌باشد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امروزه به‌عنوان راهکاری مناسب در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مطرح است. استفاده و کاربرد این تصاویر در زمینه‌های مختلف می‌تواند قابلیت و محدودیت‌های این داده‌ها را مشخص کند. اما آنچه که مهم است بررسی قابلیت این داده‌ها با توجه به پیشرفت‌های روزافزون قابلیت‌های طیفی و مکانی آنها می‌باشد. همچنین بررسی این داده‌ها در شرایط محیطی با تنوع کاربری‌ها و پوشش گیاهی ضروری بنظر می‌رسد. هدف این مطالعه، تعیین کارایی روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی آرت‌مپ فازی برای طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از مجموعه داده چند طیفی در مقایسه با روش حداکثر احتمال بود. پس از تصحیحات لازم و پیش‌پردازش‌های اولیه تصاویر، اقدام به طبقه‌بندی داده‌ها به دو روش مختلف گردید. به‌منظور حذف بیکسل‌های منفرد از فیلتر اکثریت استفاده شد، ولی برای پرهیز از جابجایی مرز واحدهای دیگر توصیه می‌شود بیش از یکبار از این فیلتر استفاده نشود و در صورت لزوم از الگوریتم خاص حذف بیکسل‌های منفرد در نرم‌افزار مورد نیاز، استفاده شود. با

- Chavez, P. S. J. R. and Mackinnon, D. J., 1994. Automatic detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60: 571-583.
- Du, Y., Teillet, P. M. and Cihlar, J., 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment*, 82: 123-134.
- Hutchinson, C. F., 1982. Technique for combining landsat and ancillary data for digital classification improvement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (1): 123-130.
- Laban, M., Smith, S. D. and Degloria, S. D., 1997. Landsat based land cover mapping in the Dominican Republic in the Lower Yuna River Watershed in the Dominican Republic. *International Journal of Remote Sensing*, 18(4):3011-3025.
- Lambin, E. E. and Strahler, A. H., 1994. Indicators of land cover change – vector analysis in multitemporal space at coarse spatial scale. *International Journal of Remote Sensing*, 15: 2099-2119.
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and Sons, USA, 750.
- Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365-2407.
- Melesse, A. M., and Jordan J. D., 2003. Spatially distributed watershed mapping and modeling, Thermal maps and vegetation indices to enhance land cover and surface microclimate mapping; Part I. *Journal of Spatial Hydrology*, 3(2): 325-338.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J. and Stenseth, N. C., 2005. Using the satellite –derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Journal of Trends in Ecology and Evolution*, 20(9):503-510.
- Stefanov, W. L., Ramsey, M. S. and Christensen, P. R., 2001. Monitoring urban land cover change; an expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. *Remote Sensing of Environment*, 77:173-18.
- Wilson, P. M., 1986. Using landsat data within a geographic information system mapping from modern imagery. *Proceeding of a Symposium Held by Commission IV of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Edinburg, Scotland*, 8-12 , September:491-499.
- کل آمار اطلاعات وزرات کشاورزی، نشریه ۲۵، ۲۵-۱۴.
- علوی پناه، سید کاظم، ۱۳۸۴. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران. ایران.
- علوی پناه، ک. و مسعودی، م.، ۱۳۸۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست TM و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه موک استان فارس). *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱: ۶۵-۷۶.
- علوی پناه، س. ک. و احسانی، ا.، ۱۳۸۲. بررسی بیابان‌زایی و تغییرات اراضی پلايای دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه و چندطیفی. *بیابان*، ۹ (۱): ۱۴۳-۱۵۴.
- علوی پناه، ک. و ولدنی، م.، ۱۳۸۹. سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۱۵۳-۱۴۹.
- مختاری، ا.، فیض نیا، س.، احمدی، ح.، خواجه الدین، س.ج. و رهنما، ف.ا.، ۱۳۷۹. کاربرد سنجش از دور در تهیه لایه های اطلاعاتی کاربری اراضی و پوشش سطح زمین در مدل فرسایش خاک MPSIAC. *پژوهش و سازندگی*، ۴۶: ۸۷-۸۲.
- مسگری، س.، ۱۳۸۱. بررسی روند تغییر سطوح جنگلها با استفاده از GIS و سنجش از دور، تهران، طرح پژوهشی دانشکده فنی، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی.
- Alavi Panah, S. K. and Goosens, R., 1999. The role of TM thermal band in describing the state/stress of remote sensing in Iranian Desert. *Proceeding of remote sensing in the 21 century, economic and environmental applications. 19th EARSEL Symposium, University of Valladolid, Spain, 31 May-2 June, 31-37.*
- Bolstad, P. V. and Lillesand, T. M., 1991. Rapid maximum likelihood classification. *Photogram. Engineering Remote Sensing*: 57(1):67-74.
- Bruce, C. M. and Hilbert, D. W., 2004. Pre-processing methodology for application to Landsat TM/ETM+Imagery of the wet tropics. *Cooperative Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management*, 44p.
- Carpenter, G. A., Grossberg, S. and Reynolds, J. H., 1991. ARTMAP: Supervised real-time learning and classification of non stationary data by a self-organizing neural networks. *Neural Networks*, 4: 565-588.

## Comparison of two classification methods of maximum probability and artificial neural network of fuzzy Artmap to produce rangeland cover maps (Case study: Rangeland of Doviraj, Dehloran)

H. Fathizad<sup>1\*</sup>, R. Fallah Shamsi<sup>2</sup>, A. Mahdavi<sup>3</sup> and S. Arekhi<sup>4</sup>

1\*-Corresponding author, Ph.D. Student in Combat Desertification, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Iran, Email: hasan\_fathizadah@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Desert Regions Management, College of Agriculture, Shiraz University, Iran

3- Associate Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran

4- Assistant Professor, Department of Geography, College of Human Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

Received:9/23/2012

Accepted:7/13/2013

### Abstract

Rangelands are one of the most important renewable resources and because of their extent and economic, social and distinctive environmental impacts are of very special importance. Unfortunately, in our country, like most developing countries, rangelands have been exposed to degradation for various reasons including the non-systematic management of these resources. Remote sensing technology and satellite data are useful tools in the studies of rangeland and vegetation sciences. One of the applications of satellite data is mapping range land use. The aim of this study was to compare two methods of maximum probability and fuzzy for rangeland zonation. For this purpose, Landsat ETM<sup>+</sup> was used; then, after final geometric and radiometric corrections, the final classification map was prepared. According to the results of accuracy of these two methods using the kappa coefficient, the artificial neural network algorithm of fuzzy Artmap with a coefficient of 0.9614 was more accurate than the maximum probability algorithm with a coefficient of 0.8058. Results of this study also indicated that the traditional algorithms of classification such as statistical methods due to their low flexibility, and parametric types such as maximum probability method because of the dependence on the Gaussian statistics model, could not provide optimal results, when the samples were not normal. In this study, ENVI 4.5, Idrisi Andes 15 and Arc GIS9.3 software were used.

**Keywords:** Maximum probability, artificial neural network algorithm of fuzzy Artmap, Landsat ETM<sup>+</sup>, classification, Rangeland, Doviraj.