

پایش وضعیت دریاچه بختگان و اراضی اطراف آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و هوش محاسباتی

غزال ترابی^۱، حسین آقامحمدی زنجیرآباد^{۲*}، سعید بهزادی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست،

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران

۲. استادیار گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد

اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران

۳. استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۶/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۱۰/۱۴)

چکیده

در حال حاضر، یک ابزار مهم برای شناسایی تغییرات زمین و پایش آنها علم سنجش از دور است. طبقه‌بندی تصاویر چندباندی یکی از تکنیک‌های مهم برای تفکیک واحدهای زمین است. هدف کلی تحقیق حاضر، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با بهره‌گیری از روش‌های هوش محاسباتی است. پدیده گرمایش جهانی، گسترش سدسازی، ذخیره آب در پشت سدها و بهره‌برداری بیش از حد از آب موجود برای کاربری‌های انسانی سبب خشک شدن دریاچه‌ها از جمله دریاچه بختگان شده است. به این منظور، در تحقیق حاضر تصاویر لندست سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ دریاچه بختگان و محدوده اطراف آن گرفته شد. این تصاویر پس از انجام پیش‌پردازش‌ها و تصحیحات مورد نیاز، با روش نظارت‌شده بیشترین شباهت، براساس نمونه‌های آموزشی در چهار کلاس پهنه‌آبی، پوشش گیاهی، کوه و مناطق شهری طبقه‌بندی شد. سپس، همان تصویر با روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در کلاس‌های یادشده طبقه‌بندی شد. در نهایت، برای هر دو روش ماتریس خطا استخراج شد و صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد. صحت کلی برای سال ۱۹۹۱ به ترتیب برای روش بیشترین احتمال و شبکه عصبی ۸۷ و ۹۳ درصد و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۹۰ محاسبه شد. بنابراین، با توجه به دقت بیشتر شبکه عصبی، تصاویر سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ با این روش طبقه‌بندی شد. بعد از طبقه‌بندی به منظور ارزیابی آن، از Google Earth برای هر کلاس اطلاعاتی نمونه تست در نظر گرفته شد و صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۸۹ درصد و ۰/۸۵ محاسبه شد. در نهایت، مساحت پهنه‌آبی به صورت چشمگیری کاهش یافته و به سایر کلاس‌ها افزوده شده است.

کلیدواژگان: بیشترین شباهت، پرسپترون چندلایه، شبکه عصبی، طبقه‌بندی، نمونه‌های آموزشی.

مقدمه

جوامع امروزی در زمان حیات خود، تغییر و تحولات گوناگونی را تجربه می‌کنند و در آینده نیز تحولات بیشتری را شاهد خواهند بود. از جمله تغییراتی که طی سالیان گذشته بر جوامع اثر گذاشته و در آینده نیز تأثیرگذار خواهد بود، تغییرات در خور توجه در منابع طبیعی و محیط زیست کره خاکی است که بر اثر فعالیت‌های مخرب انسان به وجود آمده است [۱]. در حال حاضر، مهم‌ترین ابزار برای شناسایی تغییرات زمین و پایش آنها به منظور کنترل، علم سنجش از دور است. سنجش از دور علم و فن به دست آوردن اطلاعات درباره یک پدیده است که از راه تحلیل داده‌هایی به دست می‌آید که در تماس مستقیم با آن پدیده نیستند [۲]. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان پدیده‌های سطح زمین را شناخت، آنها را در کلاس‌های مختلف طبقه‌بندی کرد و تغییرات زیست‌محیطی را بررسی کرد. محققان از روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرده‌اند و طبق نظر آنها علوم هوش محاسباتی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی با دقت بیشتری عمل می‌کنند. انسان در صورت استفاده نامناسب و مهارنشده از طبیعت، سبب تخریب و به هم خوردن تعادل اکوسیستم خواهد شد. آنچه به عنوان تخریب محیط زیست از آن یاد می‌شود، نتیجه برنامه‌ها و سیاست‌های نادرست در مدیریت یک سرزمین است، که نمونه بارز آن دریاچه‌های طشک و بختگان است. خشکاندن تالاب‌ها و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی در چند دهه گذشته، قابلیت زیستگاهی دریاچه را برای پرندگان کاهش داده است و همان طور که می‌دانیم وقتی شرایط محیط زیستی نامناسب باشد، تعداد و تنوع پرندگان کاهش می‌یابد [۳]. پایین رفتن سطح آب در اطراف دریاچه، سبب نابودی نیزارهای طبیعی پیرامون آن، یعنی تالاب کمجان شده است. وجود این نیزارها، که سبب می‌شد در زمان وقوع سیلاب‌های فصلی، شوری آب دریاچه در سطح تالاب کمجان کاهش پیدا نکند، هم‌اکنون از بین رفته و سبب شده با وجود سیلاب‌ها، گستره دریاچه افزایش و عمق آن به شدت کاهش یابد و تبخیر از این دریاچه با سرعت بیشتری انجام گیرد [۴]. اگر خشک شدن دریاچه بختگان و طشک ادامه یابد، توفان‌های گردوغبار و نمک تأثیر جبران‌ناپذیری روی سلامتی موجودات زنده و محصولات کشاورزی خواهند گذاشت. استفاده از فن سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه‌های کاربری

اراضی در مقایسه با استفاده از تصاویر هوایی و نقشه‌برداری زمینی موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در وقت، افزایش دقت و سرعت می‌شود [۵]. در اغلب مطالعات سنجش از دور، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای فقط بر اساس بازتاب طیفی پیکسل‌های تصویر در محدوده امواج الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد. مشکل اساسی که در تولید نقشه‌های مناسب کاربری با استفاده از تصاویر سنجش از دور ایجاد می‌شود، آن است که ممکن است مناطق شامل ترکیب‌های پیچیده‌ای از نوع پوشش زمین باشند که هر یک مشخصات طیفی مختلفی دارند [۶]. بنابراین، انتخاب یک الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی ضروری است. روش‌های مرسوم طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شامل طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده هستند. روش‌های نظارت‌شده به اطلاعات اولیه نظیر تعداد کلاس‌ها، خصوصیات آنها و نیز تعداد نمونه‌های معلوم از هر کلاس نیاز دارند. در مقابل، روش‌های نظارت‌نشده بیشتر روش‌های خودکاری هستند که به نمونه‌های معلوم نیازی ندارند و بر اساس مقادیر خود پیکسل‌ها درباره طبقه‌بندی آنها تصمیم‌گیری می‌کنند. هزینه، زمان و نیز اطلاعات مورد نیاز روش‌های نظارت‌نشده کم و در مقابل دقت نتایج آنها نیز نسبت به روش‌های نظارت‌شده در سطح پایین‌تری قرار دارد [۷]. در میان روش‌های مختلفی که برای طبقه‌بندی تصاویر وجود دارد، طبقه‌بندی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی دقت زیادی دارند. این روش به علت اینکه در آن هیچ پیش‌فرضی درباره توزیع داده‌ها نشده است، به عنوان یک ابزار بارز برای طبقه‌بندی به‌شمار می‌آید [۸].

تا کنون مطالعات و کوشش‌های زیادی در زمینه طبقه‌بندی تصاویر چندمقیاسی برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی صورت گرفته است [۵]. جعفری و همکارانش [۹] توانایی داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه TM و ETM+ در طبقه‌بندی کاربری اراضی و تأثیر باند حرارتی در افزایش دقت نقشه‌های کاربری را بررسی کردند و در نهایت از روش‌های نظارت‌شده برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده کردند.

نیازی و همکارانش [۱۰] دو روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال و شبکه عصبی مصنوعی برای استخراج نقشه کاربری اراضی از تصویر ماهواره‌ای ASTER را مقایسه کردند و پس از ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌ها این نکته را یادآور شدند که شبکه عصبی مصنوعی به علت غیرخطی و

طبقه‌بندی صورت‌گرفته، دقت کلی و ضریب کاپا برای هر یک از نقشه‌ها محاسبه شد. نتایج پژوهش آنها نشان داد عوامل انسان‌ساخت (ساختمان و جاده) سبب بیشترین میزان تغییرات در شهرستان بهارستان شده بود.

قاسملو و همکارانش [۱۶] برای طبقه‌بندی گیاهان براساس گونه‌های مختلف گیاه از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کردند. با توجه به اینکه در شبکه‌های عصبی مصنوعی هیچ‌گونه پیش‌فرضی درباره توزیع داده نمی‌شود، آنها به این نتیجه رسیدند که روش مبتنی بر شبکه عصبی دقت بیشتری نسبت به روش بیشترین شباهت داشته است.

یوسفی و همکارانش [۱۷] تصاویر ماهواره‌ای را از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان برای تهیه نقشه کاربری اراضی مطرح کردند. آنها از سه روش مختلف، برای طبقه‌بندی تصاویر سنجنده ETM+ استفاده کردند و در پایان نتایج تحقیق خود را به این شکل اعلام کردند که روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش‌های دیگر دقت بیشتری دارد. اولویت دقت روش‌های نه‌گانه به ترتیب به‌صورت، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی، فاصله ماهالانوبی، بیشترین احتمال، کمترین فاصله از میانگین، نقشه زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی، سطوح موازی و در نهایت روش کدهای باینری است.

بوالحسنی و همکارانش [۱۸] برای بررسی و ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی در دهه‌های اخیر از تکنیک‌های GIS و RS استفاده کردند. آنها در مطالعه خود با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI حاصل از اطلاعات تصاویر ماهواره لندست شامل سنجنده‌های TM، MSS، ETM+ و OLI/TIRS طی سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۶۶، ۱۳۷۷، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ در محدوده مطالعاتی مرودشت-خرامه استفاده کردند و مقدار پوشش گیاهی و تغییرات و گسترش آن را تعیین و نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه را تهیه کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که بیشترین کاهش عمدتاً شامل تخریب اراضی با پوشش خوب و ضعیف و تبدیل آن به اراضی بدون پوشش است.

صابری و همکارانش [۱۹] از طبقه‌بندی به عنوان یکی از روش‌های استخراج اطلاعات به کمک کامپیوتر یاد کردند که از اهداف اصلی آن تهیه نقشه کاربری اراضی است. یکی از روش‌های نوین در بهبود طبقه‌بندی، که بسیار مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از الگوریتم‌های

غیرپارامتریک بودن نسبت به روش بیشترین احتمال دقت بهتری دارد.

یعقوب‌زاده و همکارانش [۱۱] نقشه کاربری اراضی را به کمک الگوریتم‌های بیشترین احتمال، کمترین فاصله و فاصله ماهالانوبیس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای بررسی منحنی رواناب و دبی حداکثر سیلاب تعیین کردند. این تحقیق مشخص کرد که تغییر الگوریتم طبقه‌بندی، اثر زیادی بر شماره منحنی و دبی سیلاب می‌گذارد.

احمدپور و همکارانش [۱۲] میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه پوشش گیاهی را مقایسه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد در بین روش‌های به‌کار برده‌شده، روش بیشترین احتمال بیشترین میزان دقت را در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای دارد و در مقابل روش متوازی‌السطوح کمترین میزان دقت را در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی در منطقه مطالعه‌شده داشته است.

مطلق و همکارانش [۱۳] به شناسایی اتوماتیک نواحی گوناگون در تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ویژگی بافت پرداختند و تصویر ماهواره‌ای IKONOS را در چهار کلاس منازل مسکونی و بزرگراه و خیابان و پوشش گیاهی طبقه‌بندی کردند و به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی MLP^۱ بیشترین راندمان را دارد.

علیمردادی و همکارانش [۱۴] به‌منظور بررسی روند میزان تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آینده، از شبکه عصبی استفاده کردند. آنها در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ برای طبقه‌بندی استفاده کردند و با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی ایجادشده و متغیر مستقل و زنجیره مارکوف و شبکه عصبی سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۶ را پیش‌بینی کردند. در نهایت، نتایج این تحقیق بیان‌کننده کارآبودن روش شبکه عصبی در پیش‌بینی آینده حوضه آبخیز بود.

خضری احمدآباد و همکارانش [۱۵] برای پایش تغییرات کاربری اراضی شهرستان بهارستان از تصاویر سنجنده ETM+ و OLI-TIRS ماهواره لندست استفاده کردند و نقشه کاربری اراضی با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از الگوریتم بیشترین احتمال را تولید کردند. سپس، برای ارزیابی دقت

بهترین نتایج با روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به دست آمد. حتی در این پژوهش نتایج روش شبکه عصبی نسبت به متدهای آماری فازی برتری داشت.

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور، نیاز به توسعه مدل‌های طبقه‌بندی به کمک شبکه‌های عصبی، که به تولید نقشه‌های کاربری اراضی با دقت زیاد منجر می‌شود، بسیار احساس می‌شود. دریاچه بختگان، دومین دریاچه وسیع ایران در استان فارس است که اکنون در شرایط بحرانی قرار دارد. امروزه، خبرهایی که از دریاچه ارومیه به گوش می‌رسد، ما را به بازگشت دریاچه‌های ایران امیدوار می‌کند.

منطقه مطالعه شده

این مطالعه در استان فارس، محدوده دریاچه بختگان و طشک و اطراف در محدوده جغرافیایی $29^{\circ}13'$ تا $30^{\circ}34'$ شمالی و $52^{\circ}36'$ تا $54^{\circ}12'$ شرقی انجام شده است. مساحت منطقه مطالعه شده ۲۳۲۳۰ کیلومتر مربع است. شکل ۱ محدوده مطالعه شده را نشان می‌دهد. دریاچه بختگان یکی از ۱۲ دریاچه دائمی و فصلی استان فارس است. مهم‌ترین منبع تأمین آب این دریاچه رودخانه کر است. وجود سه سد درودزن، ملاصدرا و سیوند در بالادست دریاچه، احداث چاه‌های غیرمجاز و برداشت بی‌رویه آب، مانع از رسیدن آب به دریاچه بختگان می‌شود.

داده‌ها و روش‌ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست سنجنده^۱ TM و^۲ ETM+ و^۳ OLI-TIRS استفاده شده است، جدول ۱ مشخصات تصاویر استفاده شده را نشان می‌دهد.

با توجه به هدف اصلی تکنولوژی سنسج از دور، که شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی و قراردادن آنها در گروه‌ها یا طبقات مشخص است، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به‌شمار آورد. طبقه‌بندی تصویر یک فرایند پیچیده است و نیاز به در نظر گرفتن عوامل زیادی دارد. مراحل کلی طبقه‌بندی تصویر شامل انجام پیش‌پردازش‌های لازم، تعیین یک سیستم طبقه‌بندی

فراابتکاری مانند حرکت ذرات، ژنتیک و شبکه عصبی است. آنها برای طبقه‌بندی از روش بیشترین احتمال به عنوان یکی از روش‌های رایج طبقه‌بندی تصویر و روش SVM به عنوان یک الگوریتم فراابتکاری استفاده کردند و نتایج بهبود درخور توجهی در طبقه‌بندی تصاویر با اعمال الگوریتم‌های فراابتکاری را نشان داد.

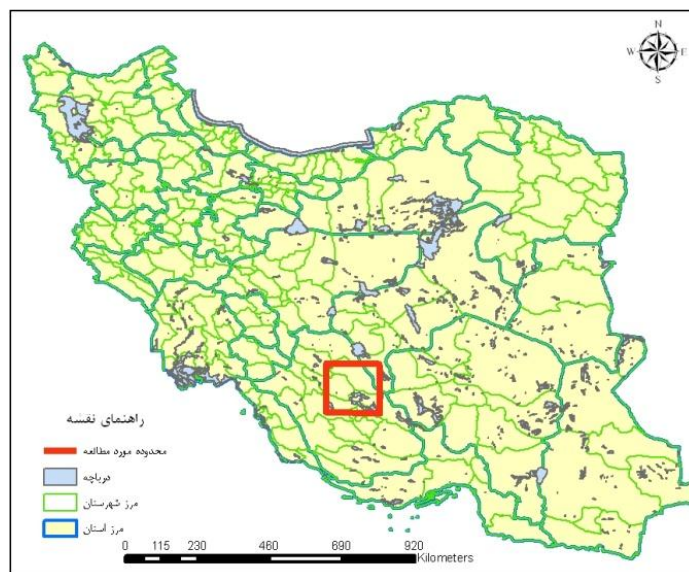
Giacinto و همکارانش [۲۰] در مقاله‌ای به توسعه الگوریتمی بر پایه روش آماری نظارت‌شده مانند بیشترین احتمال و روش شبکه عصبی پرداختند. آنها در این پژوهش مشخص کردند که نمی‌توان یکی از این روش‌ها را بر دیگری برتر دانست و همچنین دست‌یابی به یک الگوریتم طبقه‌بندی‌کننده با دقت بسیار زیاد، به فازهای طراحی پرهزینه نیاز دارد. در نهایت، آنها در پژوهش خود نشان دادند ترکیب دو روش طبقه‌بندی آماری و شبکه عصبی می‌تواند به عنوان روشی جایگزین باشد، که فازهای طراحی کمتری نسبت به حالتی دارد که از یک روش طبقه‌بندی استفاده شود و در عین حال دقت بیشتری دارد.

Hepner [۲۱] در تحقیقی روش‌های نظارت‌شده را با روش شبکه عصبی مقایسه کرد. او در این تحقیق از باند ۱-۴ سنجنده TM و کمترین نمونه آموزشی برای هر دو روش استفاده کرد. او در طبقه‌بندی با روش‌های مرسوم به این نتیجه رسید که برای دست‌یابی به خروجی قابل قبول به دو برابر نمونه آموزشی نیاز است، به‌خصوص در قسمت‌هایی از تصویر که پهنه‌های آبی وجود دارد.

Dennison و همکارانش [۲۲] در تحقیقی در شمال غربی اردن از تصاویر ETM+ برای تهیه نقشه پوشش سطح زمین استفاده کردند. طبقه‌بندی این تصاویر به صورت نظارت‌شده و نظارت‌نشده منطقه را در سه کلاس منطقه اراضی شهری، بوته‌زارها و مراتع تقسیم‌بندی کردند.

Victor-emil Neagoen و همکارانش [۲۳] با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی و متدهای آماری و روش نظارت‌نشده و نظارت‌شده، نقشه پوشش اراضی منطقه مارکارید سودان را تهیه کردند. آنها از تصاویر سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰۶ ماهواره لندست هفت سنجنده ETM+ استفاده کردند. تعداد کل پیکسل‌های منطقه مطالعه شده، ۴۰۰*۴۰۰ پیکسل بود. در طبقه‌بندی نظارت‌شده دو هزار پیکسل برای آموزش شبکه و ۱۵۸ هزار پیکسل برای تست شبکه استفاده شد، در حالی که با روش نظارت‌نشده همه پیکسل‌ها استفاده شد. در پایان،

1. Thematic Mapper
2. Enhanced Thematic Mapper plus
3. Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor



شکل ۱. محدوده مطالعه شده

جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده شده در تحقیق

ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویربرداری	تعداد باند	قدرت تفکیک زمینی
Landsat 5	TM	۱۹۹۱/۰۸/۲۱	۷	۳۰*۳۰
Landsat 7	ETM+	۲۰۰۰/۰۸/۰۵	۸	۳۰*۳۰
Landsat 7	ETM+	۲۰۱۰/۰۸/۲۶	۸	۳۰*۳۰
Landsat 8	OLI	۲۰۱۷/۰۶/۲۵	۱۱	۳۰*۳۰

تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. در مرحله پیش پردازش، با یک سری عملیات روی داده‌های خام (قبل از هر گونه پردازش بصری یا رقومی)، خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین، شناسایی و تشخیص خطاهای احتمالی موجود در داده‌های ماهواره‌ای اهمیت زیادی دارد. لازم است پس از دریافت داده‌ها، بررسی دقیقی درباره آنها صورت بگیرد. نظر به اهمیت تصحیح هندسی بر صحت نتایج آشکارسازی تغییرات، اقدام به تصحیح هندسی در این تحقیق ضروری به نظر می‌رسید، اما با توجه به اینکه داده‌های گرفته شده از ماهواره لندست در ایستگاه زمینی تصحیح هندسی شده‌اند، نیازی به انجام چنین تصحیحی وجود نداشت. بنابراین، هیچ‌گونه تصحیح هندسی روی تصاویر استفاده شده انجام نگرفت. پس، با نظر به اینکه تصاویر دانلود شده خطای دستگامی نداشتند با پیش پردازش و تصحیح اتمسفری اقدام به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار Envi 5.1 شد.

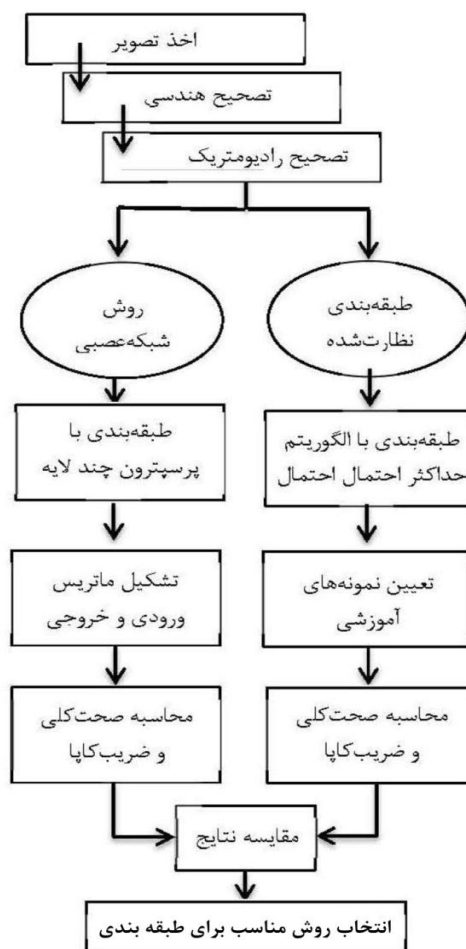
مناسب از بین روش‌های موجود، انتخاب نمونه‌های آموزشی با توجه به واقعیت‌های زمینی، انجام طبقه‌بندی و پس پردازش مورد نیاز بعد از طبقه‌بندی و در پایان ارزیابی دقت و صحت است. هیچ طبقه‌بندی‌ای تا زمانی که دقت آن ارزیابی نشده است، تکمیل نیست و برای کسب اطمینان از نسبت صحت نقشه استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای دقت آن باید ارزیابی شود. دقت طبقه‌بندی بیان‌کننده سطح اعتماد به نقشه استخراج شده است. فرایند کلی پردازش و بررسی تصاویر ماهواره‌ای شامل سه گام پیش پردازش (آماده‌سازی تصاویر، تصحیح هندسی و اتمسفری)، پردازش (طبقه‌بندی تصاویر)، و پس پردازش (تعیین دقت طبقه‌بندی) است. در گام نخست این فرایند چون محدوده مطالعاتی در دو تصویر متفاوت لندست قرار گرفته است، باید دو تصویر را در برنامه Envi موزاییک کرد. سپس، از کل مساحت تصویر موزاییک شده، محدوده مطالعاتی برش داده شود. بنابراین، در ArcGIS پلیگون مربوط به محدوده منطقه مطالعه شده تهیه شد. سپس، با استفاده از آن در برنامه Envi منطقه مد نظر از

شاخص مطلوب^۲ (OIF) استفاده شد. باید میانگین و انحراف از معیار باندهای انعکاسی سنجنده TM با توجه به ماتریس همبستگی ترکیب باندهای محاسبه شود.

در جدول ماتریس همبستگی سنجنده TM محدوده مطالعاتی، عناصر قطری واریانس، ارزش‌های استاندارد هستند که همیشه واحدند و در واقع کواریانس هر باند با خودش است و عناصر غیرقطری ماتریس همبستگی شامل کواریانس ارزش‌های استاندارد می‌شوند. دامنه تغییرات ضریب همبستگی از -۱ تا +۱ است. ضریب همبستگی -۱ تا +۱ بیان‌کننده همبستگی کامل بین درجه روشنایی دو باند است و ضریب همبستگی صفر وجودنداشتن رابطه بین دو باند را نشان می‌دهد [۲]. جدول ۲ محاسبات ضرایب همبستگی باندهای لندست ۵ را نشان می‌دهد. روند همبستگی بین باندهای ۳ و ۲ و ۱ به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۸۸ و ۰/۹۶ برای سنجنده TM است که روندی مشابه و نزدیک به یک دارند. در حالی که روند همبستگی باند مادون قرمز حرارتی و باندهای مرئی (باند ۱ و ۲) نزدیک به صفر (۰/۱ و ۰/۲۳) است. همبستگی نزدیک به صفر باند حرارتی نسبت به باند مرئی بیان‌کننده تمایز اطلاعات باند حرارتی نسبت به سایر باندها بر کواریانس باندها با یکدیگر به دست می‌آید و هر چه عدد حاصل بزرگ‌تر باشد یعنی آن سه باند اطلاعات بیشتری از تصویر را در اختیار ما خواهند گذاشت. این شاخص در نرم‌افزار متلب برای تصویر سال ۱۹۹۱ محاسبه شد. ترکیب سه باندهی ۱-۲-۵ سنجنده TM دارای بیشترین OIF برابر با ۴۷/۲۴ و بیشترین درصد اطلاعات است.

با دستیابی به بهترین ترکیب باندهای می‌توان از آن به‌عنوان تصویر پس‌زمینه لایه‌های رقومی برای طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده کرد. اولین قدم برای انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده، تعیین نوع و تعداد کلاس‌هاست. طبقه‌بندی نظارت‌شده بر پایه پیش‌شناخت دقیق منطقه مد نظر استوار است. این پیش‌شناخت‌ها به‌عنوان نمونه‌های آموزشی در طبقه‌بندی داده‌ها نامیده می‌شوند. پس از انتخاب و تعیین طبقه‌ها باید برای هر یک از آنها نمونه‌های آموزشی تعیین کرد. جدول ۳ توصیف کلاس‌های طبقه‌بندی‌شده در محدوده مطالعه شده را نشان می‌دهد.

شکل ۲ مدل مفهومی روند کلی تحقیق را نشان می‌دهد. در مرحله نخست برای تصحیح اتمسفری از روش FLAASH^۱ استفاده شد. این الگوریتم براساس رادیانس عمل می‌کند. این برنامه برای اجرای درست الگوریتم روی داده به معرفی اطلاعات مربوط به سنجنده شامل نوع سنجنده، ارتفاع و اندازه پیکسل، هندسه تصویربرداری، منطقه تصویربرداری شامل موقعیت مرکز Scene، میانگین ارتفاع پرواز و تاریخ و زمان عکس‌برداری، مدل جو و مدل هواویزها نیاز دارد.



شکل ۲. مدل مفهومی روند کلی تحقیق

روش‌های متعددی برای انتخاب بهترین ترکیب باندهای به‌منظور استخراج اطلاعات و طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر لندست وجود دارد. در این مطالعه از فاکتور

1. Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes

2. Optimation Index Factor

جدول ۲. محاسبات ضرایب هم‌بستگی باندهای لندست ۵

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6
TM1	۱	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۶۳	۰/۱۵	۰/۱
TM2	۰/۹۵	۱	۰/۹۶	۰/۶۹	۰/۲۹	۰/۲۳
TM3	۰/۸۸	۰/۹۶	۱	۰/۷۵	۰/۴۵	۰/۳۹
TM4	۰/۶۳	۰/۶۹	۰/۷۵	۱	۰/۵۹	۰/۴۵
TM5	۰/۱۵	۰/۲۹	۰/۴۵	۰/۵۹	۱	۰/۹۶
TM6	۰/۱	۰/۲۳	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۹۶	۱
میانگین	۱۱۱/۱۵	۶۰/۰۳	۷۳/۵۹	۷۲/۸۵	۱۱۹/۳۹	۷۵/۵۲
انحراف معیار	۲۱/۸۶	۱۲/۳۲	۱۷/۳۷	۱۸/۲۳	۳۲/۰۷۶	۲۱/۲۲

جدول ۳. توصیف کلاس‌های مطالعه‌شده

نام طبقه	توصیف
شهری	مناطق مسکونی، صنعتی و تجاری، راه و جاده
پوشش گیاهی	انواع پوشش گیاهی شامل کشاورزی، فضای سبز شهری
پهنه آبی	انواع پهنه‌های آبی، دریاچه و رودخانه‌ها
کوه	مناطق کوهستانی و رخنمون‌های سنگی و دشت‌های بایر و پهنه‌آبی خشک‌شده

دارد که گره را به عنوان یک نورون مصنوعی در نظر می‌گیرد. در یک شبکه عصبی مجموعه‌ای از نورون‌ها در یک شبکه با هم کار می‌کنند. شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، نخستین بار توسط روژن بلات در سال ۱۹۸۵ طراحی شدند. این نوع شبکه‌ها از یک لایه ورودی برای اعمال ورودی‌های مسئله یک لایه پنهان، یک لایه خروجی، که در نهایت پاسخ‌های مسئله را ارائه می‌کنند، استفاده می‌شود. آموزش این شبکه توسط الگوریتم پس از انتشار انجام می‌شود که شامل گسترش خطا از لایه خروجی به منظور اصلاح مقادیر وزن است برای یادگیری و تعمیم، بستگی به MPL لایه‌های ورودی تکراری به قابلیت معماری آن (تعداد لایه‌های مخفی و گره) و پارامترهای آموزش (میزان یادگیری، سرعت و تعداد تکرارها، یادگیری الگوریتم پس از انتشار) دارد [۱۴]. باید صحت طبقه‌بندی انجام‌شده را با تعیین نمونه‌های تست برای هر کلاس اطلاعاتی در نرم‌افزار Envi و Matlab برآورد کرد. ماتریس خطا^۱ مطابقت بین اطلاعات به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی و اطلاعات براساس واقعیت زمینی را با صحت کلی^۲ و شاخص کاپا^۳ نشان می‌دهد [۱۱]. در واقع، صحت کلی و ضریب کاپا (K) به‌منظور خلاصه‌کردن اطلاعات ایجادشده به وسیله ماتریس خطا به کار برده می‌شوند.

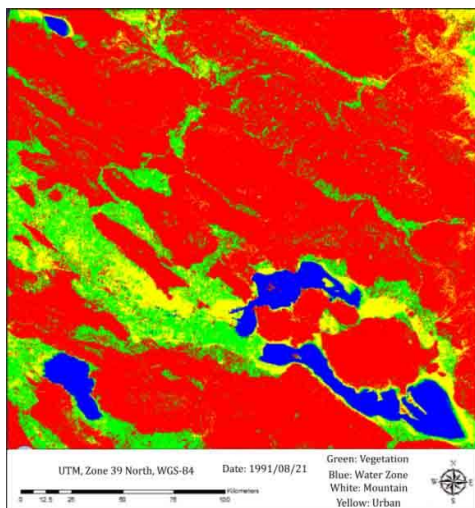
در این مطالعه برای تعیین نمونه‌های آموزشی برای طبقه‌بندی با روش بیشترین احتمال، در نرم‌افزار Envi از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ استان فارس استفاده شد و برای انجام طبقه‌بندی با روش شبکه عصبی در نرم‌افزار متلب، ماتریس ورودی و خروجی در نرم‌افزار ArcGIS تشکیل شد. ماتریس ورودی شامل مقادیر بازتاب در باندهای ۱-۵ و ۷ برای هر نمونه است و ماتریس خروجی شامل کلاس دربرگیرنده هر نمونه است.

روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال هنوز هم از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی تصویر است. در این روش احتمال اینکه یک پیکسل بتواند به n کلاس موجود تعلق یابد بررسی می‌شود و سپس پیکسل به کلاسی که بیشترین احتمال را دارد اختصاص می‌یابد. در واقع، الگوریتم بیشترین احتمال با تابع چگالی گوس نمایش داده می‌شود و کاملاً با بردار میانگین و ماتریس واریانس-کواریانس حاصل از همه باندهای طیفی موجود مشخص می‌شود. با محاسبه این پارامترها، محاسبه احتمال آماری یک بردار پیکسل، که در نهایت عضو یکی از کلاس‌های فضای طیفی می‌شود، امکان‌پذیر خواهد بود [۲۴]. هر شبکه مجموعه‌ای از گره‌ها و اتصالات بین گره‌هاست. تعامل بین گره‌ها از طریق اتصالات سبب بروز یک رفتار کلی از سوی شبکه می‌شود که چنین رفتاری به‌تنهایی در هیچ‌یک از المان‌های شبکه دیده نمی‌شود [۸]. انواع مختلفی از شبکه‌ها وجود دارد. در این بین شبکه‌ای وجود

1. Confusion Matrix
2. Overall Accuracy
3. Kappa Coefficient

نتایج و بحث

بعد از تعیین نمونه‌های آموزشی برای هر کلاس در نرم‌افزار Envi، با الگوریتم بیشترین احتمال طبقه‌بندی انجام شد. شکل ۵ تصویر طبقه‌بندی شده با الگوریتم بیشترین احتمال را نشان می‌دهد.



شکل ۵. تصویر طبقه‌بندی شده با الگوریتم بیشترین احتمال

در نهایت، برای برآورد صحت نقشه‌های تهیه شده از نرم‌افزار Envi، برای هر کلاس آب، پوشش گیاهی، کوه و مناطق شهری و روستایی داده‌های تست تهیه شد. جدول ۴ ماتریس خطای حاصل شده از طبقه‌بندی با الگوریتم بیشترین احتمال را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۴ می‌توان دقت تولیدکننده و دقت کاربر و خطای Omission و خطای Comission را برای کلاس‌های مطالعه شده محاسبه کرد. جدول‌های ۵ و ۶ نتایج این محاسبات را نشان می‌دهند.

با توجه به جدول‌های ۴-۶ صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه‌بندی با الگوریتم بیشترین احتمال به ترتیب ۸۷/۱۲ درصد و ۰/۸۶ محاسبه شد. بعد از آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز برای آموزش شبکه، در نرم‌افزار متلب با دستور Pattern Recognition app به آموزش شبکه پرداخته شد. تعداد نورون‌های ورودی همان تعداد باندها یعنی شش نورون، تعداد نورون‌های خروجی همان تعداد کلاس‌ها یعنی چهار کلاس و تعداد نورون‌های Hidden layer، 10 نورون در نظر گرفته شد. شایان یادآوری است با تعداد نورون‌های کمتر از ۱۰ برای Hidden layer، دقت مناسبی برای طبقه‌بندی به دست نمی‌آید و تعداد نورون‌های ۱۰ تا ۱۶ تفاوت درخور توجهی در دقت ایجاد نمی‌کرد و تعداد نورون‌های بیش از ۱۶ موجب

فرایند کلی پردازش و بررسی تصاویر ماهواره‌ای شامل سه گام پیش‌پردازش (آماده‌سازی تصاویر، تصحیح هندسی و اتمسفری)، پردازش (طبقه‌بندی تصاویر)، و پس‌پردازش (تعیین دقت طبقه‌بندی) است. در مرحله نخست این فرایند تصاویر بعد از انجام تصحیحات مورد نیاز، موزاییک شدند و براساس منطقه مطالعه شده برش داده شد. شکل ۳ تصویر لندست سال ۱۹۹۱ منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد.

به‌منظور تعیین بهترین ترکیب باندی از فاکتور شاخص مطلوب استفاده شد و از آن به‌عنوان تصویر پس‌زمینه لایه‌های رقومی برای تعیین نمونه‌های آموزشی به‌منظور طبقه‌بندی نظارت شده شد. شکل ۴ ترکیب رنگی ۵-۲-۱ منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳. تصویر لندست سال ۱۹۹۱ منطقه مطالعه شده



شکل ۴. تصویر لندست سال ۱۹۹۱ منطقه مطالعه شده

تراپی و همکاران: پایش وضعیت دریاچه بختگان و اراضی اطراف آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و هوش محاسباتی ۲۵۹

در نهایت، شبکه بعد از ۴۱ بار تکرار آموزش یافت. بعد از آموزش شبکه تصویر محدودۀ مطالعه شده در متلب به‌عنوان ورودی به شبکه آموزش دیده وارد شد. شکل ۶ تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۱۹۹۱ با شبکه عصبی را نشان می‌دهد.

کاهش دقت طبقه‌بندی می‌شد. بنابراین، برای دستیابی به بیشترین دقت، ۱۰ نورون برای Hidden layer در نظر گرفته شد. شکل ۶ گراف ساده‌ای از شبکه عصبی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم بیشترین احتمال

کلاس	پوشش گیاهی	پهنه‌آبی	شهری	کوه	مجموع
پوشش گیاهی	۱۳۲۴	۲۲	۷	۵۲	۱۴۰۵
پهنه‌آبی	۰	۴۰۰	۰	۲۷	۴۲۷
شهری	۰	۹	۲۷۵	۹۰	۳۴۷
کوه	۱	۲۳	۴	۱۸۹۸	۱۹۲۶
مجموع	۱۳۲۵	۴۵۴	۲۸۶	۲۰۶۷	۴۱۳۲

در این مطالعه بعد از ورود اطلاعات، ۷۰ درصد داده‌ها (۱۵۶۴ نقطه) برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد (۳۳۵ نقطه) برای ارزیابی و ۱۵ درصد (۳۳۵ نقطه) برای تست شبکه در نظر گرفته شد و ماتریس خطا برای آن محاسبه شد، شکل ۷ نتیجه محاسبات را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۷ می‌توان دقت تولیدکننده و دقت کاربر و خطای Omission و خطای Comission را برای کلاس‌های مطالعه‌شده محاسبه کرد. جدول‌های ۷ و ۸ نتایج این محاسبات را نشان می‌دهند.

جدول ۵. نتایج محاسبات دقت تولیدکننده و دقت کاربر

کلاس	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
پوشش گیاهی	٪۹۹/۹۲	٪۹۴/۲۳
پهنه‌آبی	٪۸۸/۱	٪۹۳/۶۷
شهری	٪۸۸/۴۲	٪۲۳/۵۲
کوه	٪۹۱/۸۲	٪۹۸/۵۴

جدول ۶. نتایج محاسبات خطای Omission و خطای Comission

کلاس	Omission	Comission
پوشش گیاهی	٪۰/۱۰۸	٪۵/۷۷
پهنه‌آبی	٪۱/۱۹	٪۶/۳۳
شهری	٪۱/۱۵۸	٪۲۶/۴۸
کوه	٪۸/۱۸	٪۱/۴۶

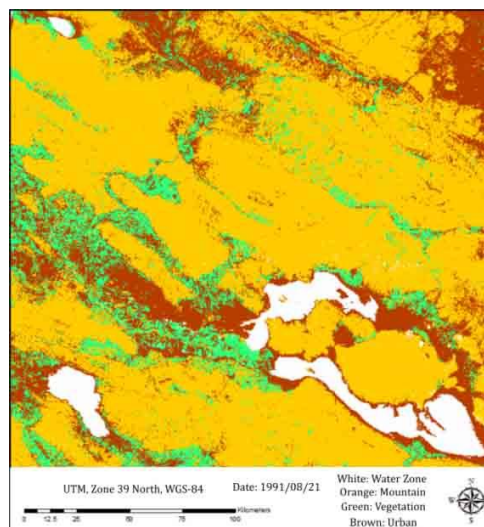
All Confusion Matrix

Output Class	Target Class				
	1	2	3	4	
1	212 9.5%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
2	0 0.0%	1058 47.4%	2 0.1%	11 0.5%	98.8% 1.2%
3	0 0.0%	41 1.8%	281 12.6%	28 1.3%	80.3% 19.7%
4	1 0.0%	32 1.4%	29 1.3%	539 24.1%	89.7% 10.3%
	99.5% 0.5%	93.5% 6.5%	90.1% 9.9%	93.3% 6.7%	93.6% 6.4%

شکل ۷. ماتریس خطای به‌دست آمده از طبقه‌بندی با شبکه عصبی

جدول ۷. نتایج محاسبات دقت تولیدکننده و دقت کاربر

کلاس	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
پوشش گیاهی	٪۹۹/۵	٪۱۰۰
پهنه‌آبی	٪۹۹/۵	٪۹۸/۸
شهری	٪۹۰/۱	٪۸۰/۳
کوه	٪۹۳/۳	٪۸۹/۷



شکل ۶. تصویر طبقه‌بندی‌شده با شبکه عصبی

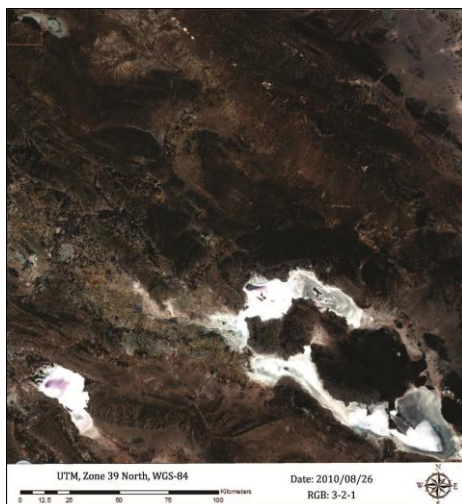
جدول ۸. نتایج محاسبات خطای Omission و خطای Comission

کلاس	Omission	Comission
پوشش گیاهی	٪۰/۱۵	٪۰
پهنه آبی	٪۶/۱۵	٪۱/۲
شهری	٪۹/۹	٪۱۹/۷
کوه	٪۶/۷	٪۱۰/۳

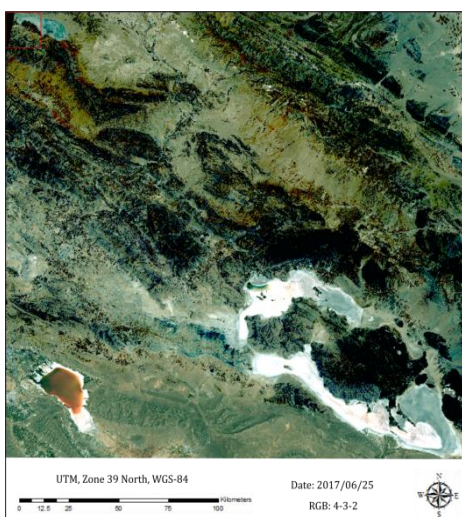
با توجه به شکل ۷ و جدول های ۷ و ۸ صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه بندی با پرسپترون چندلایه به ترتیب ۹۳/۶ درصد و ۰/۹۰ محاسبه شد.

بررسی روند خشک شدگی دریاچه بختگان

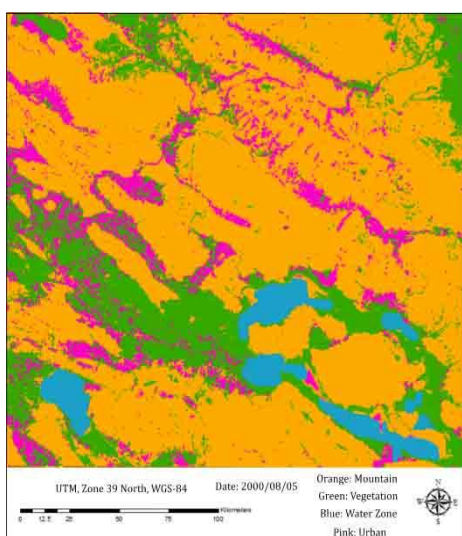
با توجه به آنچه گفته شد، برای بررسی روند خشک شدگی دریاچه بختگان، روش شبکه عصبی برای طبقه بندی به عنوان روش مبنا در نظر گرفته شد و از این روش برای طبقه بندی تصاویر سال های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ استفاده شد. به این منظور، ابتدا تصحیح ها و پیش پردازش های مورد نیاز از جمله موزاییک تصاویر و برش براساس محدوده مطالعه شده روی تصاویر انجام شد. شکل های ۸ تا ۱۰ به ترتیب تصاویر تصحیح و موزاییک شده سال های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ منطقه مطالعه شده را نشان می دهد. پس از انجام تصحیح ها و پیش پردازش های مورد نیاز، تصویر به دست آمده با شبکه عصبی آموزش دیده، با نظر به دقیق تر و بهتر بودن روش شبکه عصبی طبقه بندی شد. شکل های ۱۱ تا ۱۳ به ترتیب تصویر طبقه بندی شده با شبکه عصبی آموزش دیده، برای سال های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ را نشان می دهد.



شکل ۹. تصویر لندست سال ۲۰۱۰ منطقه مطالعه شده



شکل ۱۰. تصویر لندست سال ۲۰۱۷ منطقه مطالعه شده



شکل ۱۱. تصویر طبقه بندی شده سال ۲۰۰۰ با شبکه عصبی



شکل ۸. تصویر لندست سال ۲۰۰۰ منطقه مطالعه شده

خطای Comission را برای کلاس‌های مطالعه شده محاسبه کرد. این محاسبات در جدول‌های ۹ و ۱۰ آمده است.

جدول ۹. نتایج محاسبات دقت تولیدکننده و دقت کاربر

کلاس	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
پوشش گیاهی	٪۸۰	٪۸۸/۹
پهنه‌آبی	٪۱۰۰	٪۷۷/۸
شهری	٪۱۰۰	٪۸۸/۹
کوه	٪۸۱/۸	٪۱۰۰

جدول ۱۰. نتایج محاسبات خطای Omission و خطای Comission

کلاس	Omission	Comission
پوشش گیاهی	٪۲۰	٪۱۱/۱
پهنه‌آبی	٪۰	٪۲۲/۲
شهری	٪۰	٪۱۱/۱
کوه	٪۱۸/۲	٪۰

با توجه به جدول‌های ۹ و ۱۰ صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه‌بندی با روش شبکه عصبی آموزش دیده قابل محاسبه است. در ادامه، نتایج این محاسبات آورده شده است.

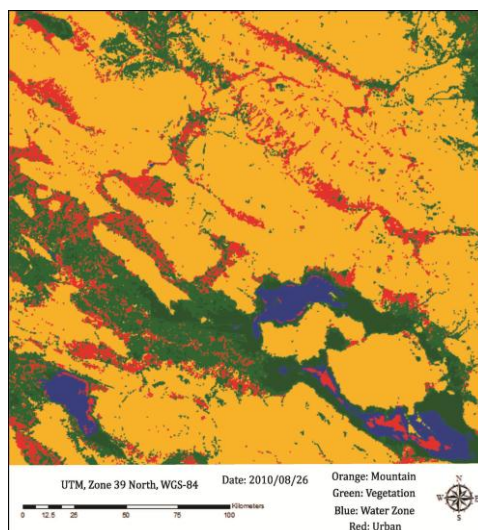
$$\text{Overall Accuracy} = (32/36) * 100 = 88.9\%$$

$$\text{Kappa Coefficient} = 0.8518$$

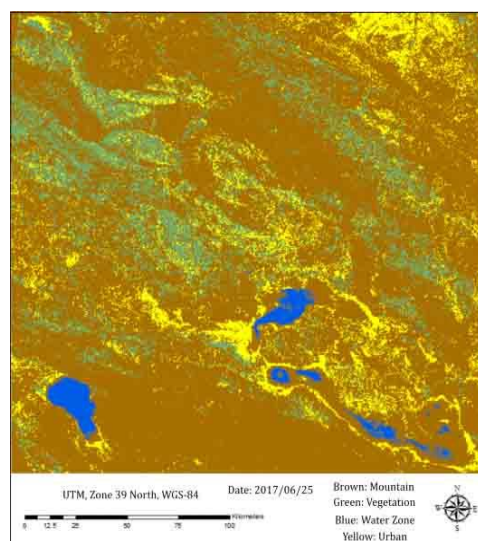
در مرحله آخر، از تصویر طبقه‌بندی شده با شبکه عصبی آموزش دیده، برای مساحت هر یک از کلاس‌های مطالعاتی استخراج شد. جدول ۱۱ این مهم را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد مساحت کلاس پهنه‌آبی حدود ۸۰ درصد کاهش داشته است که بیشترین سهم از این کاهش برای دریاچه بختگان و طشک است. این کاهش مساحت دریاچه به سایر کلاس‌ها افزوده شده است.

جدول ۱۱. مقایسه مساحت کاربری‌های مطالعه شده در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۷

کاربری	مساحت (درصد)	
	سال ۱۹۹۱	سال ۲۰۱۷
پهنه‌آبی	۵/۴۶	۱/۸۶
پوشش گیاهی	۱۰/۰۳	۱۲/۱۱
کوه	۶۳/۶۳	۶۷/۸۹
مناطق شهری	۲۰/۸۶	۱۸/۱۴



شکل ۱۲. تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۰ با شبکه عصبی



شکل ۱۳. تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۷ با شبکه عصبی

در مرحله بعد تصویر طبقه‌بندی شده با شبکه عصبی آموزش دیده ارزیابی شد. به این منظور، از سایت Google Earth، ۳۶ نمونه آموزشی به صورت نقطه در چهار کلاس پهنه‌آبی، پوشش گیاهی، کوه، مناطق شهری تهیه شد. هفت نمونه آموزشی برای کلاس پهنه‌آبی، ۱۰ نمونه آموزشی برای کلاس پوشش گیاهی، ۱۱ نمونه آموزشی برای کلاس کوه و هشت نمونه آموزشی برای کلاس مناطق شهری در نظر گرفته شد و در نرم‌افزار متلب به عنوان داده تست به شبکه افزوده شد. با توجه به نتایج به دست آمده از نرم‌افزار متلب می‌توان دقت تولیدکننده و دقت کاربر و خطای Omission و

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف توسعه الگوریتمی به منظور بهبود دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از هوش محاسباتی صورت گرفت. در این مطالعه از دو روش بیشترین احتمال و شبکه عصبی برای طبقه‌بندی دریاچه بختگان و محدوده اطراف استفاده شد. نتایج طبقه‌بندی روی تصاویر لندست منطقه مطالعه شده نشان می‌دهد هر دوی این روش‌ها، می‌توانند به خوبی این طبقه‌بندی را انجام دهند؛ اما در بحث تشخیص کلاس‌ها به نظر می‌رسد استفاده از یک شبکه عصبی MLP که با دقت زیادی آموزش دیده باشد، می‌تواند به خوبی الگوها را شناسایی کند. با محاسبه صحت کلی و ضریب کاپا برای هر دو روش این نتیجه به دست آمد که روش شبکه عصبی صحت کلی و ضریب کاپای بهتر و در نهایت دقت بیشتری نسبت به روش بیشترین احتمال دارد. در این مطالعه در طبقه‌بندی با شبکه عصبی تعداد نورون‌های مختلف برای Hidden Layer تست شد و در نهایت بهترین نتیجه‌ای که به دست آمد، تعداد نورون ۱۰ بود، حتی بعد از نورون ۱۶، دقت کاهش می‌یافت.

در مطالعه انجام‌شده مشابه مطالعه مطلق و همکارانش [۱۳] روش شبکه عصبی دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها داشت و می‌توان از شبکه عصبی آموزش‌دیده برای پیش‌بینی سال‌های آینده همچون مطالعه علیمرادی و همکارانش [۱۴] استفاده کرد. همان‌طور که قاسملو و همکارانش [۱۶] مطرح کردند، چون در شبکه‌های عصبی مصنوعی هیچ‌گونه پیش‌فرضی درباره توزیع داده‌ها نمی‌شود، این روش نسبت به روش بیشترین احتمال دقت بیشتری دارد.

بررسی انجام‌شده در سال ۱۹۹۱ نشان داد مساحت پهنه آبی ۱۳۰۲۳۲/۸۰۵ هکتار بوده است و در سال ۲۰۱۷ مساحت به ۴۳۴۵۱/۹۰۷ هکتار رسیده است و ۸۶۷۸/۸۹۸ هکتار به کلاس‌های دیگر اضافه شده است. این مهم نشان می‌دهد طی این سال‌ها روند خشک‌شدگی دریاچه بختگان سرعت زیادی دارد. این روند خشک‌شدگی حاصل تغییر در رژیم آبیگری دریاچه است که متأثر از عوامل انسانی همچون گسترش سدسازی در منطقه به خصوص روی رودخانه کر (حوضه آبریز دریاچه)، حفر چاه‌های عمیق در اطراف دریاچه و برداشت بی‌رویه آب، تغییر نوع کشت در مزارع بالادست دریاچه و کاشت محصولاتی همچون برنج و عوامل طبیعی همچون کاهش

متوسط بارش سالیانه، گرم‌شدن هوا و افزایش تبخیر آب از سطح دریاچه است.

منابع

- [1]. Khosravani Z, Khajedin J, Mohebbi M, Safianian A. Check satellite imagery capability P5 and P6 in preparation of desert areas map, M.Sc degree Agriculture. Faculty of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology.2008 [Persian].
- [2]. Alavipanah SK. Application of remote sensing in earth sciences. 4nd ed. Tehran: Tehran University. 2009. [Persian].
- [3]. Khoshnudi N. www.irna.ir ..2017; May 09. [Persian].
- [4]. Teimuri I, Purahmad A, Habibi L, Salarvandian F. Determination of environmental liability of Tashk and Bakhtegan lakes using C-Fuzzy classification method. Natural Geography Research.2011; 77. 21-37. [Persian].
- [5]. Zahedifard N, Khajeddin SJD. Application of digital data of TM sensor in preparation of land use map of Bazoft watershed basin. Agricultural Science and Technology.2004; 8(2). 91-105. [Persian].
- [6]. Ghasemlu N, Mohammadzade A, Sahebizoj MR. The classification of large scale satellite images using artificial neural network methods and comparing them with the most similarity and least distances from the mean. Geomatics National Conference. Tehran: National Cartographic Center. 2009. [Persian].
- [7]. Fatemi SB, Rezaee Y. Basics of remote sensing. 2nd ed. Tehran: Azadeh; 2014. [Persian].
- [8]. Rahimzadegan M, Mobashri MR, Valadanzoj MJ, Maghsudimerani Y. Provides a method for classifying AVIRIS hybridization data by extracting attributes and combining classifiers. Iran Remote sensing and GIS.2014; 1(1). 99-114. [Persian].
- [9]. Jafari M, Zahtabian GhR, Ehsani AH. Investigating the effect of thermal bonding and satellite-controlled satellite sorting algorithms on land use planning(case study: Kashan). Research on Range and Desert of Iran. 2015; 20(1). 72-87. [Persian].
- [10]. Shafiee M, Sarkargarardakani A, Vahidnia MH. Comparison of classification with random forestry algorithms and neural networks on simulated hyperspectral images. Geomatics National Conference. Tehran: National Cartographic Center. 2017. [Persian].

- [11]. Yaghubzade M, Akbarpur A. Investigation of the effect of satellite image categorization algorithms on the runoff and flood excursion maximum flood number using RS and GIS. *Geography and development*. 2011; 9(22). 5-22. [Persian].
- [12]. Ahmadpur A, Soleimani K, Shokri M, Ghorbanipashakalae J. Comparison of the efficiency of three common methods of supervised satellite data classification in coarse shear study. *Remote Sensing and GIS in Natural Resources Science*. 2011; 2(2). 69-81. [Persian].
- [13]. Saberi A, Esmaili A, Bagheri H. Improved ASTER image classification using ACO and GA algorithms. *Geomatics National Conference*. Tehran: National Cartographic Center. 2014. [Persian].
- [14]. Alimoradi N, Jamali AA, Mazraemolae M, Khajepur H. Investigation of land use change process using LCM model and landsat satellite image and future forecasting using neural network (MLP) (Borujerd County). *Geomatics National Conference*. Tehran: National Cartographic Center. 2017. [Persian].
- [15]. Khezriahmadabad M, Bameri M, Bashghare M, Arkhi S. Monitoring land use change using satellite images and RS and GIS techniques (Case Study: Baharestan). *Geomatics National Conference*. Tehran: National Cartographic Center. 2017. [Persian].
- [16]. Ghasemlu N, Mohammadzade A, Sahebi MR, Valadanzoj MJ. The classification of large-scale satellite images using artificial neural network methods and comparing them with the max-likelihood and min distance from the mean. *Geomatics National Conference*. Tehran: National Cartographic Center. 2008. [Persian].
- [17]. Yusefi S, Taze M, Mirzaee S, Moradi HR, Tavangar Sh. Comparison of different satellite image classification algorithms for land use mapping (case study: Noor city). *Remote Sensing and GIS in Natural Resources Science*. 2014; 5(3). 67-76. [Persian].
- [18]. Bolhasani K, Zareei H, Kabolizade M. Investigating and evaluating the changes in vegetation in recent decades using RS and GIS. *Geomatics National Conference*. Tehran: National Cartographic Center. 2017. [Persian].
- [19]. Giacinto G, Roli F, Bruzzone L. Combination of neural and statistical algorithms for supervised classification of remote sensing images. *Pattern Recognition Letters*. 2000; 21(5). 385-397.
- [20]. Hepner N, George F. Artificial neural network classification using a minimal training set: comparison to conventional supervised classification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1990; 56(4). 65-78.
- [21]. Dennison F, Roberts D, Peterson S. Spectral shape based temporal composition algorithms for MODIS surface reflectance data. *Remote Sensing of Environment*. 2007; 109(4). 510-522.
- [22]. Neagoen V, Neghina M, Datcu M. Neural network techniques for automated land-cover change detection in multispectral satellite time series imagery. *Mathematical Models and Methods In Applied Sciences*. 2012; 1(6). 130-139.
- [23]. Zeraati M, Matinfar HR, Alavipanah SK. Investigating and evaluating quantitative and qualitative methods of land use and land cover changes in Kashan region using remote sensing images analysis TM and ETM+. *Geomatics National Conference*. Tehran: National Cartographic Center. 2014. [Persian].