

مقایسه روش های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دریاچه ارومیه)

چکیده:

امروزه داده های سنجش از دور قادر به ارائه جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش زمین و کاربری های اراضی می باشند. این تصاویر به دلیل ارائه اطلاعات به هنگام، تنوع اشکال، رقومی بودن و امکان پردازش در تهیه نقشه های کاربری از اهمیت بالایی برخوردارند. در این راستا هدف از انجام این پژوهش مقایسه نه روش نظارت شده در طبقه بندی پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ جهت استخراج نقشه کاربری اراضی دریاچه ارومیه می باشد. ماهیت این پژوهش توسعه ای-کاربردی و روش انجام آن توصیفی-تحلیلی است. بدین منظور تصاویر ماهواره ای سنجنده OLI مربوط به تاریخ (۲۰۱۶/۰۷/۸ و ۲۰۱۶/۰۷/۶) از سایت USGS بارگیری شد و پس از اعمال پیش پردازش با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت یاب جهانی نمونه های تعلیمی برای هر کاربری (دریاچه، شوزار، کشاورزی، سایر اراضی) در محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. در مرحله بعد طبقه بندی با استفاده از نه الگوریتم نظارت شده (شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، ماهالانویس، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، واگرایی اطلاعات طیفی، کدهای باینری، زاویه طیفی) انجام شد. در مرحله آخر به منظور بررسی دقت و صحت طبقه بندی تصاویر از معیارهای ارزیابی (دقت تولید کننده، دقت کاربر، صحت کلی، ضریب کاپا) استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپای ۹۹.۵۷ درصد، روش شبکه عصبی با ضریب کاپای ۹۸.۶۶ درصد، روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۹۸.۵۸ درصد نسبت به سایر روش ها دارای دقت بیشتری می باشند. همچنین کمترین دقت را الگوریتم های کدهای باینری سطوح موازی و زاویه طیفی دارند. بنابراین استفاده از روش های رایج طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی مانند حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین که به طور عمده در تحقیقات و پروژه های اجرایی استفاده می شوند نسبت به روش های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی دارای دقت پایین تری می باشند.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، طبقه بندی، روش های نظارت شده، تصویر ماهواره ای، دریاچه ارومیه.

مقدمه

کاربری اراضی^۱ از دو کلمه، کاربری و اراضی تشکیل شده است. اراضی به کلیه امکانات طبیعی یا خصوصیات و شرایط طبیعی یک محل نظیر اقلیم، زمین شناسی، خاک، توپوگرافی، هیدرولوژی و... اطلاق می شود. کاربری یعنی استفاده از امکانات طبیعی موجود بر حسب نیازهای انسانی که ممکن است منطبق بر استعداد اراضی و به شیوه‌های علمی یا به روش سنتی و احتمالاً تخریب کننده اراضی باشد (فائو^۲، ۱۹۸۱). یکی از منابع اطلاعات که به طور موثر و مفید قابل کاربرد در شناسایی پوشش های اراضی می باشد، داده‌های سنجنش از دور^۳ می باشد. داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع ترین و کم هزینه ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی می باشد (پال و می تر^۴، ۲۰۰۵). تجزیه و تحلیل این داده‌ها می تواند بینش‌های صحیح جهت تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. به خصوص استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر چند طیفی می تواند به انسان جهت شناسایی پوشش زمین کمک کند (برایان^۵ و میکائیل، ۲۰۱۱). یکی از روش های رقومی پر کاربرد استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای طبقه بندی می باشد. منظور از طبقه بندی اطلاعات ماهواره‌ای، تفکیک مجموعه های طیفی مشابه و تقسیم بندی تصاویر به گروه ها یا طبقاتی است که در هر طبقه، طیف ها با یک ارزش واحد قرار می گیرند. (زبیری، ۱۳۸۵). اساس کار طبقه بندی اطلاعات، بر مقایسه ارزش طیفی پیکسل های تصویر با نمونه هایی است که مفسر آن ها را معرفی کرده یا با کلاس ها یا با طبقات اولیه ای است که به طور خود کار هنگام تفسیر رقومی، تشکیل می شوند. به این ترتیب، پیکسل هایی که ارزش طیفی آن ها از نظر آماری، اختلاف معنی داری ندارند، در یک گروه یا طبقه طیفی قرار می گیرند. ضرورت انجام پژوهش حاضر بدین قرار است که، آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر ر شد جمعیت، نیازمند تجزیه و تحلیل تغییرات سطح کاربری ها و تعیین الگوریتم های مناسب می باشد زیرا این تغییرات منجر به تخریب اکوسیستم، برهم خوردن تعادل بوم شناختی، آلودگی محیط زیست، تخریب زمین های کشاورزی، و.. می شود بنابراین تعیین مناسب

1 Land Use Map
2 FAO
3 Remote Sensing
4 Pal & Mather.
5 Brian&Michael

ترین الگوریتم امری ضروری در آشکارسازی تغییرات کاربری می‌باشد. سوال پژوهش حاضر عبارت است از: مناسب‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی، به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی دریاچه ارومیه کدام الگوریتم می‌باشد؟ به طور کلی برای طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای از دو روش اصلی استفاده می‌شود که عبارتند از طبقه‌بندی با نظارت و طبقه‌بندی بدون نظارت. که می‌توان در روش نظارت شده به روش‌های حداکثر احتمال، شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، طبقه‌بندی ماهالانویس، طبقه‌بندی زاویه طیفی، طبقه‌بندی واگرایی اطلاعات طیفی و طبقه‌بندی کدهای باینری اشاره نمود. هدف از انجام این پژوهش مقایسه نه روش نظارت شده در طبقه‌بندی پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ جهت استخراج نقشه کاربری اراضی دریاچه ارومیه می‌باشد. از جمله مطالعات انجام شده بر روی روش‌های طبقه‌بندی در خارج از کشور می‌توان به مطالعات زیر اشاره داشت: (چن^۶ و همکاران، ۱۹۹۵)، (آتکینسون و تاتنال^۷، ۱۹۹۷)، (لو^۸ و همکاران، ۱۹۹۹)، (راهداری^۹ و همکاران، ۲۰۰۹)، (لی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۰). اوتیوکی و بلاسچک^{۱۱} (۲۰۱۰)، به ارزیابی تغییرات پوشش زمین با استفاده از سه مدل (MLC)، (SVM) و (DTS) پرداختند. مقایسه نتایج نشان داد هر سه مدل دقت قابل قبولی داشته و به ترتیب هر مدل دارای ۹۳٪، ۶۷/۹۳٪ و ۹۴٪ مقدار دقت برای ارزیابی پوشش زمین بوده است. تروپولوس^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۱)، در پژوهشی با عنوان «تعیین نواحی سوخته از یک منظر تک زمانه بر اساس طبقه

6 Chen

7 Atkinson & Tanal

8 Lou

9 Rahdari

10 Liu

11 Otioki & Blaschk

12 Tropulus

بندی تصویر ماهواره TM با استفاده از ماشین های بردار پشتیبان^{۱۳}، به ترسیم نقشه های نواحی سوخته پرداختند. نتایج حاصل از کاربرد SVM حاکی از صحت کلی معادل ۸/۹۵٪ و ضریب کاپای ۰/۹۴۸ بوده است. گوا^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۲)، در مقایسه ای که بین دو طبقه بندی شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان بر روی تصاویر ETM برای استخراج کاربری اراضی در شهر وهان (Wuhan) چین انجام دادند نتیجه گرفتند که هر دو نوع طبقه بندی دارای دقت بالای ۹۷ درصد هستند، اما ماشین بردار پشتیبان با دقت کلی ۱/۴ درصد بهتر است. فتحی و مجیدی^{۱۴} (۲۰۱۸)، در مقاله خود با هدف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی توسعه فیزیکی شوان را در مدت زمان ۳۱ ساله مورد پردازش قرار دادند، نتایج تحقیقات حاکی از آن است که، رشد کاربری ساخت و ساز بیش از ۱۰۹ درصد بوده است. میرزایی^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی تغییرات سیمای سرزمین شهرستان خلخال را واکاوی کردند، نتایج پژوهش ایشان نشان داد که لکه های کشاورزی، مراتع و مسکونی نسبت به زمان های گذشته بیشتر شده است. پن^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۹)، تاثیر تغییرات کاربری بر جزایر حرارتی شهری را مورد بررسی قرار دادند که نتایج حاکی از این حقیقت بود که، توسعه شهری منجر به افزایش جزایر حرارتی شهری می شود

از جمله مطالعات انجام شده بر روی روش های طبقه بندی در داخل کشور می توان به مطالعات زیر اشاره داشت: (دهستانی، ۱۳۷۷)، (یوسفی آذر، ۱۳۸۱)، (رفیعیان و همکاران، ۱۳۸۲)، (ماهینی و همکاران، ۱۳۸۷).

13 Goa

14 Fethi & Magidi

15 Mirzaei

16 Pan

آرخی و ادیب‌نژاد (۱۳۹۰)، قابلیت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با چهار نوع هسته را برای تهیه نقشه نقشه کاربری اراضی، با استفاده از داده‌های ETM در حوزه سد ایلام ارزیابی و نتایج آن را با الگوریتم حداکثر احتمال مقایسه کرده‌اند. نتایج نشان داده است که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، به ویژه با سه کرنل خطی و چند جمله‌ای و شعاعی، دقتی بیش از روش حداکثر احتمال دارد. یوسفی و همکاران (۱۳۹۰)، الگوریتم‌های متفاوت طبقه‌بندی را به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، با استفاده از داده‌های ETM، با هم مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که دقت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بالاتر از روش‌های دیگر بود. شنائی وزارعی (۱۳۹۵)، در پژوهشی به آشکارسازی تغییرات سیمای سرزمین حوضه آبخیز ابوالعباس پرداختند، بازه زمانی مورد مطالعه ۱۹ ساله بود. نتایج پژوهش ایشان حاکی از آن بود که بیشترین کاهش مساحت مربوط به کاربری جنگل‌های انبوه و در رتبه بعد جنگل‌های نیمه انبوه بوده است. در مقابل مساحت مراتع در روندی افزایش را تجربه کرده است. محمدیاری و همکاران (۱۳۹۷)، در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی شهر کرج بررسی کرده‌اند، که مشخص شده میزان کاربری سبز سیر نزولی داشته در مقابل لکه‌های اراضی ساخت و ساز شیرافزایشی داشته است. نظر نژاد و همکاران (۱۳۹۸)، در تحقیقی تغییرات کاربری سرزمین حوزه آبخیز بالانچ چای ارومیه را مورد پژوهش قرار دادند، نتایج تحقیقات ایشان حاکی از آن بود که محدوده مورد نظر از بعد نوع کاربری موجود متنوع‌تر و از بعد یکبارچگی عناصر ساختاری، ناپیوسته‌تر شده است. بررسی این مطالعات نشان می‌دهد که نتایج آنها ممکن است بسیار متفاوت باشد. جمع‌بندی سوابق تحقیق نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه مطالعات زیادی در این زمینه در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است ولی اکثر این تحقیقات فقط چند روش طبقه‌بندی را در

نظر گرفته اند. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد از میان الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بهترین روش جهت تهیه نقشه کاربری اراضی را معرفی کند.

موارد و روش ها

داده های مورد استفاده

با توجه به موضوع تحقیق و در راستای اهداف تعریف شده در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای با مشخصات مندرج در جدول (۱) و نرم افزارهای Google Earth، ENVI4.8، ArcGIS10.2 استفاده شده است.

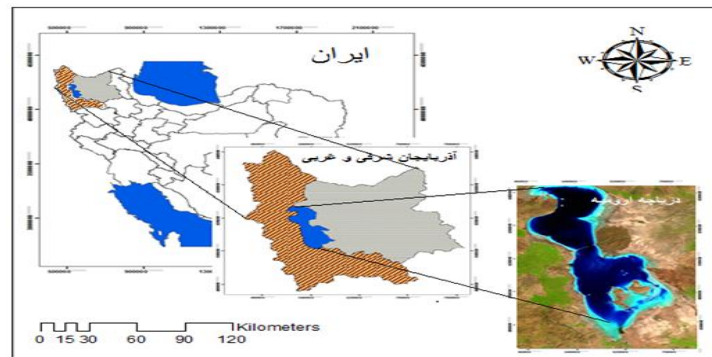
جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره ای مورد استفاده در تحقیق

شماره گذر pass	شماره ردیف row	تاریخ به شمسی Data/ Helical	تاریخ به میلادی Data/ ad	سنجنده Sensor	تصویر image
۱۶۸	۳۴	۱۳۹۵/۰۴/۱۶	۲۰۱۶/۰۷/۰۶	OLI	Landsat8
۱۶۹	۳۴	۱۳۹۵/۰۴/۱۸	۲۰۱۶/۰۷/۰۸	OLI	Landsat8
تعداد اخذ تصویر در روز	هندسه تصویر برداری	عرض تصویر برداری	طول موج	باندهای طیفی	قدرت تفکیک رادیومتریک
۴۰۰	Push Broom	۱۸۵ کیلومتر	1.390 μm 0.433	۱-۹	۱۲ بیت

محدوده مورد مطالعه

دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران بزرگ ترین و مرتفع ترین دریاچه داخلی ایران است. این دریاچه در بین آذربایجان شرقی و غربی، در گودترین بخش آن، میان کوه های سلان، سهند، می شوداغ، مهاباد، تخت سلیمان و ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه واقع شده و تنها دریاچه قابل کشتی رانی ایران

می‌باشد. دریاچه ارومیه پس از بحرالمت اردن، شورترین دریاچه جهان است. دریاچه ارومیه یکی از چاله های تکتونیکی و گودال کشیده‌ای است که در مغرب فلات آذربایجان از شمال به جنوب کشیده شده است که با ابعاد بزرگی، آبهای حوضه‌ای به مساحت 35.000 کیلومتر مربع از فلات آذربایجان را به خود اختصاص داده و به طور طبیعی موجبات تقسیم آذربایجان به دو قسمت شرقی و غربی را فراهم ساخته است (شکل ۱). دریاچه ارومیه بین 37 درجه و 5 دقیقه تا 38 درجه و 16 دقیقه عرض شمالی و 45 درجه و 10 دقیقه تا 46 درجه طول شرقی قرار گرفته است (نادر صفت، ۱۳۹۰).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

روش مورد استفاده در تحقیق

رویکرد حاکم بر پژوهش حاضر توسعه‌ای-کاربردی و روش انجام آن توصیفی-تحلیلی می‌باشد به علت واقع شدن محدوده مورد مطالعه در دو زن (۱۶۸-۳۴-۱۶۹-۳۴) ابتدا تصاویر موزاییک^{۱۷} شدند.

سپس به منظور تصحیح خطای رادیومتری از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره استفاده شد. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر از تصاویر سنجنده OLI استفاده شده است (تصاویر سنجنده OLI دارای سیستم مختصات هستند) نیازی به تصحیح هندسی نیست. و برای افزایش قدرت تفکیک مکانی تصویر با استفاده از روش HVS باند پانکروماتیک (باند 8) را با باندهای مرئی دیگر ادغام کردیم. در قسمت ساختن لایراستکینگ (یک دسته کردن همه باندها) نیز عملیات ریسمپل برای تغییر سایز پیکسل‌ها انجام گرفت. سپس با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی نمونه‌های تعلیمی برای هر کاربری (Waste land, Salty land, Agricultural land, Lake) در محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. در مرحله بعد طبقه‌بندی با استفاده از نه الگوریتم نظارت شده (شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، ماهالانویس، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، واگرایی اطلاعات طیفی، کدهای باینری، زاویه طیفی) تهیه گردید. نهایتاً به منظور بررسی دقت و صحت طبقه‌بندی تصاویر از معیارهای ارزیابی (دقت تولید کننده، دقت کاربر، صحت کلی، ضریب کاپا) استفاده شد.

طبقه‌بندی تصاویر

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، فاصله ماهالانویس، نقشه بردار زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی و کدهای باینری استفاده گردید. به این ترتیب که برای کاربری‌های موجود در منطقه با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی نمونه‌های تعلیمی برای هر کاربری در منطقه تهیه گردید. بخشی از نمونه‌ها جهت آموزش تصویر ماهواره ای و

بخشی از آن برای برآورد صحت نتایج حاصل از الگوریتم‌های طبقه‌بندی مذکور به کار گرفته شده است.

معیارهای ارزیابی دقت و صحت طبقه‌بندی

در این تحقیق به منظور بررسی دقت و صحت طبقه‌بندی تصاویر از معیارهای ارزیابی به شرح زیر استفاده شد:

ماتریس خطا

یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی دقت طبقه‌بندی، آماده کردن ماتریس خطای طبقه‌بندی است. ماتریس خطا به‌طور گسترده‌ای در مطالعات سنجش از دور به کار می‌رود. در این روش فایل نمونه‌برداری که متشکل از ارزش‌های تمامی پیکسل‌های کلاس‌های تعریف شده است، با تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از همان فایل استفاده شده تلاقی داده می‌شود. در این صورت تک تک پیکسل‌های نمونه‌برداری شده با کلاس‌های طبقه‌بندی شده تلاقی می‌یابد و در نتیجه امکان بررسی صحت طبقه‌بندی پیکسل‌ها فراهم می‌گردد (علوی پناه، ۱۳۸۲). به منظور درستی ایجاد ماتریس خطا، باید عوامل زیر را در نظر گرفت: ۱- جمع‌آوری داده‌های مرجع، ۲- طبقه‌بندی، ۳- روش‌های نمونه‌برداری، ۴- واحد همبستگی فضایی ۵- حجم و واحد نمونه. پس از تولید ماتریس خطا، سایر عناصر مهم ارزیابی دقت و صحت از جمله دقت کلی، دقت کاربر، دقت تولیدکننده و ضریب کاپا را می‌توان به دست آورد (ستاری و بربراولی^{۱۸}، ۲۰۱۲). به منظور تعیین دقت طبقه‌بندی، برداشت زمینی موقعیت کاربری‌ها با GPS انجام گرفت که به عنوان داده‌های مرجع برای مقایسه با تصویر طبقه‌بندی

شده بکار گرفته شد. هم چنین از موارد طبقه‌بندی شده و کلاس‌های مشابه هم برداشت به عمل آمد و جدول ماتریس خطا تشکیل گردید.

دقت کلی

میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد. دقت کلی طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود. که در آن C: تعداد کلاس‌ها N: تعداد کل پیکسل‌های معلوم E_{ii} : اعضای قطری ماتریس خطا

$$O.A = \frac{\sum_{n=1}^c E_{ii}}{N} \times 100 \quad \text{رابطه (1)}$$

دقت تولید کننده و کاربر

دقت تولید کننده، احتمال اینکه طبقه‌بندی کننده پیکسلی را به یک کلاس خاص نسبت داده باشد در صورتی که کلاس واقعی آن مشخص باشد، را بیان می‌کند. به بیان دیگر نسبت عنصر قطری هر کلاس به جمع مقادیر هر ستون (هر کلاس) می‌باشد. در صورتی که دقت کاربر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی را بیان می‌کند. به بیان دیگر نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های یک سطر (کلاس) می‌باشد (اکبری و شکاری، ۱۳۹۲).

ضریب کاپا

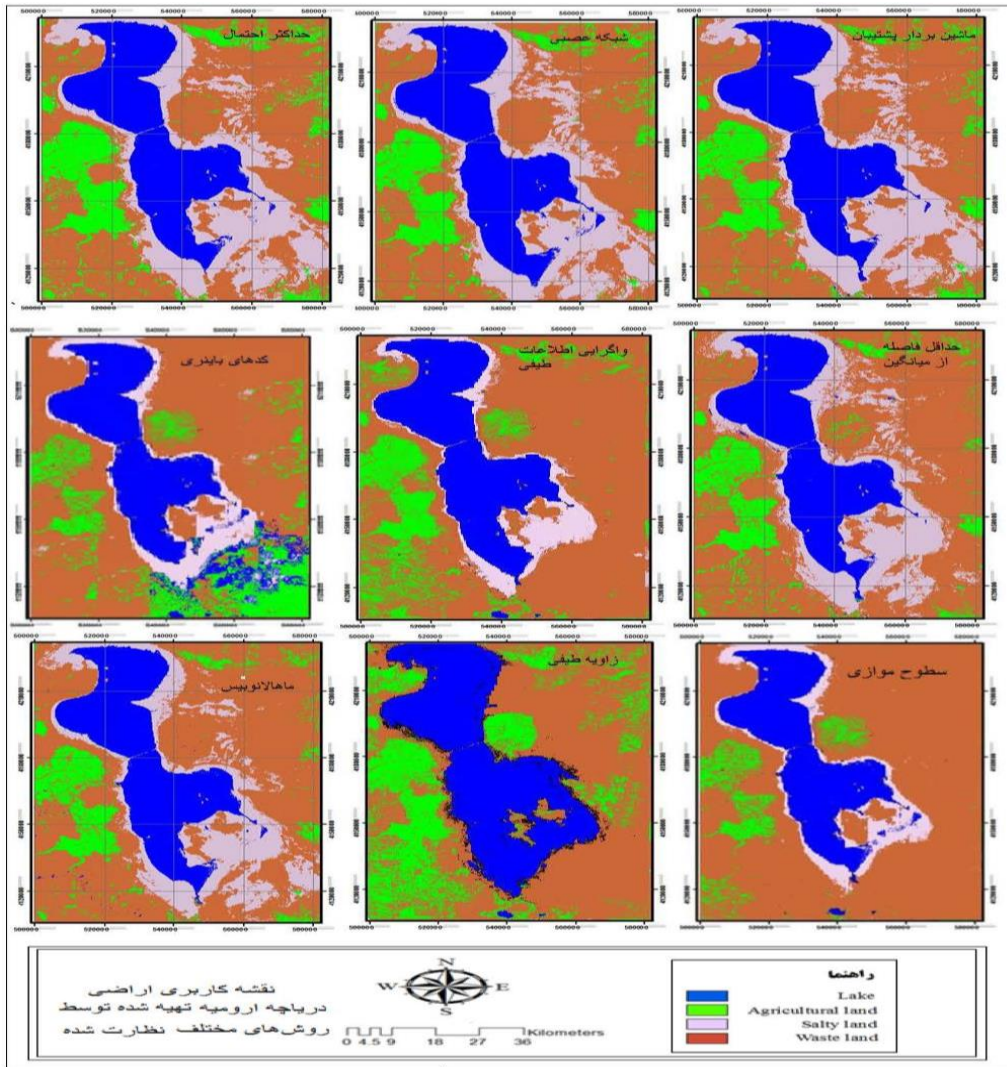
ضریب کاپا یکی دیگر از پارامترهای دقت است که از ماتریس خطا استخراج می شود و دقت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی محاسبه می کند (فاطمی و باقری، ۱۳۸۹). این ضریب با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}} \quad \text{رابطه (2)}$$

در این معادله N تعداد کل پیکسل های واقعیت زمینی (پیکسل های نمونه تعلیمی) r تعداد ردیف های جدول خطا، x_{ii} تعداد مشاهدات مربوط به ردیف i و ستون i ، (در روی قطر بزرگ)، x_{i+} مشاهدات در ردیف i و x_{+i} کل مشاهدات در ستون i است.

نتایج

پس از اعمال الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده بر روی تصاویر ماهواره ای سنجنده OLI، نقشه ی کاربری اراضی تهیه گردید (شکل ۲). سپس دقت طبقه بندی ها مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام این کار نمونه های تعلیمی از سطح منطقه ی مورد مطالعه جمع آوری شد. پس از پیاده سازی نمونه های تعلیمی بر سطح تصویر، ماتریس خطای طبقه بندی، مشخصات آماری دقت تولید کننده، دقت استفاده کننده، صحت کلی و ضریب کاپا برای هر کدام از کلاس ها تعیین گردید. نتایج حاصل در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده می توان بیان کرد که نتایج حاصل از آنالیزهای آماری ضرائب صحت نشان داد که روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپای ۹۹/۵۷ درصد بعد از ماشین بردار پشتیبان روش شبکه عصبی با ضریب کاپای ۹۸/۶۶ درصد و بعد از شبکه عصبی روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۹۹/۵۸ درصد نسبت به سایر روش ها دارای دقت بیشتری می باشند.



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی دریاچه ارومیه تهیه شده با نه روش نظارت شده

جدول ۲- ضرائب صحت الگوریتم‌های طبقه‌بندی در محدوده مورد مطالعه

ضرب کاپا	صحت کلی	دقت کاربر	دقت تولید کننده	نوع کاربری اراضی	روش طبقه‌بندی
99.57	99.72	100	99.94	Lake	ماشین بردار پشتیبان
		97.17	98.74	Agricultural land	
		99.48	100	Salty land	
		99.83	99.28	Waste land	
98.66	99.12	99.99	98.42	Lake	شبکه عصبی
		98.33	98.71	Agricultural land	
		99.92	100	Salty land	
		97.47	99.79	Waste land	
98.58	99.07	99.97	98.41	Lake	حداکثر احتمال
		98.11	98.31	Agricultural land	
		99.95	99.88	Salty land	
		97.37	99.77	Waste land	
97.68	98.49	99.65	98.39	Lake	ماهالانویس
		97.27	96.14	Agricultural land	
		99.81	98.14	Salty land	
		96.18	99.19	Waste land	
93.57	95.86	99.87	99.82	Lake	حداقل فاصله
		70.17	96.42	Agricultural land	
		96.06	93.38	Salty land	
		94.12	89.84	Waste land	
63.48	75.21	100	70.08	Lake	واگرایی اطلاعات طبقه‌بندی
		33.68	92.51	Agricultural land	
		86	62.44	Salty land	
		98.45	79.95	Waste land	
39.7	56.55	60.29	73.76	Lake	کدهای باینری
		31.06	99.34	Agricultural land	
		27.84	50.51	Salty land	
		99.90	38.7	Waste land	
36.43	52.83	63.29	80.75	Lake	سطوح موازی
		82.87	5.85	Agricultural land	
		58.84	68.96	Salty land	
		23.71	62.06	Waste land	
36.21	62.62	۱۰۰	89.83	Lake	زاویه طبقه‌بندی
		71.64	93.64	Agricultural land	
		۰.۰۰	۰.۰۰	Salty land	
		93.06	62.44	Waste land	

منبع: نویسندگان

نتیجه گیری

جمع بندی سوابق تحقیق نشان می دهد که علیرغم اینکه مطالعه زیادی در این زمینه در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است ولی اکثر این تحقیقات فقط چند روش طبقه بندی را در نظر گرفته اند. همچنین در مناطق شمالغرب کشور که با توجه به منابع طبیعی غنی آن بیشتر تحت تأثیر تخریب می باشد و اهمیت ویژه ای برای کشور ایران دارد، روش خاصی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی این مناطق با استفاده از تصاویر ماهواره ای هنوز ارائه نشده است. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد با تمرکز بر روی مناطق شمالغرب کشور در میان الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بهترین روش جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در این مناطق را معرفی کند. در این مطالعه از نه روش طبقه بندی نظارت شده (شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، ماهالانویس، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، واگرایی اطلاعات طیفی، کدهای باینری، زاویه طیفی) جهت استخراج نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای سنجنده OLI استفاده شده است. با انجام مقایسه دقت طبقه بندی حاصل از روش های ذکر شده مشخص گردید که روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپای ۹۹/۵۷ در صد، بعد از ماشین بردار پشتیبان روش شبکه عصبی با ضریب کاپای ۹۸/۶۶ در صد و بعد از شبکه عصبی روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۹۸/۵۸ در صد نسبت به سایر روش ها دارای دقت بیشتری می باشند. همچنین کمترین دقت را الگوریتم های کدهای باینری سطوح موازی و زاویه طیفی دارند. با توجه به نتایج گرفته شده هر دو روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی روش هایی دقیق برای استخراج کاربری های اراضی و در تفکیک پدیده هایی که رفتار

طیفی نزدیک دارند بسیار موفق عمل می کنند و به خصوص ما شین بردار پشتیبان که اندکی موفق تر عمل کرد. به طور کلی به دلیل این که الگوریتم شبکه عصبی بر مبنای ویژگی ها و ساختار شبکه خود کار می کند و علاوه بر آن هر رشته عصبی در ترکیب داده ها بسیار دقیق عمل می کند، لذا این روش ضمن کاهش خطا در فرآیند طبقه بندی امکان جدا سازی صحیح طبقات را در پروژه های کاربردی فراهم می کند. طبق نتایج اگر چه استفاده از الگوریتم شبکه عصبی، صحت بالاتری در مقایسه با روش طبقه بندی حداکثر احتمال ارایه می دهد لکن روش طبقه بندی حداکثر احتمال نیز با توجه به ضریب کاپای ۹۸/۵۸ در صد، روش مطلوبی در استخراج نقشه کاربری اراضی محسوب می شود. روش حداکثر احتمال، میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه را محاسبه کرده و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه بندی نشده به یکی از گروه ها یا نمونه های طیفی نیز استفاده می کند. بر این اساس در خروجی های این روش مناطق طبقه بندی نشده و یا مناطق خالی و گپ (GAP) کمتر دیده می شود. چنانکه این مناطق گپ در روش های نقشه بردار زاویه طیفی و یا کدهای باینری بیشتر از سایر روش ها دیده می شوند. در روش حداکثر احتمال برای بررسی نحوه توزیع ارزش های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه های نمونه از ماتریس واریانس و بردار میانگین که خود واریانس و همبستگی ارزش های طیفی را تعریف می کنند، استفاده می شود. بر این اساس برای افزایش دقت این روش و بازدهی مناسب آن نسبت به سایر روش های طبقه بندی تعداد مناسب و بیشتر نمونه های تعلیمی الزامی می باشد. اما در روش ما شین بردار پشتیبان حتی در صورت محقق نشدن تعداد مناسب نمونه های

آموزشی و کم بودن تعداد آنها نتایج با دقت بیشتر ارائه می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استفاده از روش های رایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی مانند حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین که به طور عمده در تحقیقات و پروژه‌های اجرایی استفاده می‌شوند نسبت به روش های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی دارای دقت پایین تری می‌باشند.

منابع :

- آرخی، صالح. ادیب نژاد، 1390 ارزیابی کارایی الگوریتم های ماشین بردار جهت طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده از داده های ماهوار های ETM لندست (مطالعه موردی :حوزه سد ایلام)، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران.
- دهستانی، غلامرضا (۱۳۷۷). طبقه‌بندی تصاویر چند طیفی سنجش از دور با استفاده از شبکه عصبی، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- رفیعیان، امید. درویش صفت، علی اصغر. نمیریان، منوچهر (۱۳۸۲)، تعیین تغییرات گسترده جنگل های شمال کشور بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم. شماره سوم.
- زبیری، محمود. مجده (۱۳۷۵)، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی (اطلاعات ماهواره‌ای، عکس هوایی و فضایی). انتشارات دانشگاه تهران
- شوازی، منیره. کرم، امیر. غفاریان مالگیری، حمید رضا (۱۳۹۶)، مقایسه کارایی برخ الگوریتم‌های طبقه‌بندی در مطالعه تغییرات لندفرم‌های بیابانی دشت یزد- اردکان. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. سال ششم. شماره ۱. صص ۷۳-۵۷.

- شنایی، هویزه، زارعی، حیدر (۱۳۹۵)، بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره ۱۴. صص ۲۴۴-۲۳۷.
- علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۲)، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران.
- فاطمی، سید باقر، رضایی، یوسف (۱۳۸۹). مبانی سنجش از دور. چاپ دوم. انتشارات آزاده. تهران.
- کاظمی، محمد، نوجه گر، احمد، میردادی، میرداد (۱۳۹۶)، انتخاب بهترین روش طبقه بندی در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست (۸) مطالعه موردی حوزه آبخیز بهشت گمشده. استان فارس. فصلنامه اکوسیستم های طبیعی ایران. سال هشتم. شماره اول.
- محمدی، صدیقه (۱۳۹۵)، تعیین بهترین الگوریتم طبقه بندی نظارت شده جهت تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان بافت). علوم مراتع. صص ۲۹۷-۳۰۸.
- محمدیاری، فاطمه، پورخباز، حمیدرضا، توکلی، مرتضی، اقدر، حسین (۱۳۹۳)، تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۳. شماره ۹. صص ۲۳-۳۴.
- نادر صفت، محمد حسین (۱۳۹۰)، ویژگی‌های ژئومورفولوژی دریاچه ارومیه و تاثیر آن در اکوسیستم این منطقه. مجله دانشنامه جغرافیا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- نظرنژاد، حسین. ایرانی، حبیب. مرتضی، طیبه (۱۳۹۷)، استفاده از سنجی های سیمای سرزمین در ارزیابی تغییرات ساختار چشم انداز حوزه آبخیز قره سو کرمانشاه. جغرافیا و مختارات محیطی. شماره ۷. صص ۲۳-۳۶.
- یوسفی، طالح، میرزایی، مهدی، مرادی، سمیه. توانگر، حمیدرضا (۱۳۹۰)، مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. صص ۶۷-۷۶.
- یوسفی آذر، پیمان (۱۳۸۱). امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه پوشش گیاهی در منطقه‌ی فندقلو. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی جنگلداری. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات.

- Arekhi, S., and Adibnejad, M. 2011. Efficiency assessment algorithms, support vector machines to classify land use and desertification of pasture research, the eighteenth year, No. 3(44). (In Persian).
- Atkinson, P. M. and A. R. L. Tatnall (1997). Neural networks in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (4), 699-709.
- Brian, W. S., C. Qi and B. Michael. 2011. A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography*, 31: 525-532.
- FAO Soils bulletin 32 (1981). A framework for land evaluation. FAO Publication, Rome.
- 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.
- Feyzizadeh, B., Azizi, H. & Valizadeh, K.K.H., 2007, Extraction Land Uses Malekan City Using Satellite Images ETsr (In Persian), *Amayesh*, Vol. 2, No.3, PP. 1-10.
- Guo, Y. K, De Jong. F, Liu. X, Wang. and C, Li. 2012. A Comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines on Land Cover Classification, Springer-verlag Berlin Heidelberg, ISICA, CCIS 316, 531-539.
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
- Chavez jr. P.S. 1988. An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. *Remote Sensing of Environment*, 24:459-479.
- Chen, K. S, Tzeng, Y.C, Chen, C.F. and Kao, W. L, (1995). Land-cover classification of multispectral imagery using a dynamic learning neural network. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61.
- Huang, C. L.S, Davis. and J.R.G, Townshend. 2003. An assessment of support vector machines for land cover classification, *International J. of Remote Sensing* 23(4): 725-749.

-Li, C., Wang, J., Wang, L., Hu, L., Gong, P. (2014) Comparison of Classification Algorithms and Training Sample Sizes in Urban Land Classification with Landsat Thematic Mapper Imagery, *Remote Sens*, 6 (2), pp. 964-983.

-Low, H.K., Chuah, H.T. and Ewe, H.T, (1999). A neural network land use classifier for SAR images using textural and fractal information. *Geocarto International*, 14.

-Mazer, A. S., M. Martin, M. Lee and J. E. Solomon. 1988. Image processing software for imaging spectrometry analysis, *Remote Sensing of the Environment*, 24 (1): 201-210.

-Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A., Keivan Behjou, F., (2018) "Land use/cover change detection using landsat and IRS imagery: A case study, Khalkhal county", *Journal of Geographical Space*, 17 (60): 101-116.

-Magidi, J., & Ahmed, F. (2018) Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (1984–2015). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.

-Otukei, J. R., & Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, S27-S31.

-Pal, M. and P. M. Mather. 2005. Support vector machines for classification in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 26 (5): 1007-1011.

-Petropoulos, G. P., Kontoes, C. and Keramitsoglou, I, (2011), Burnt area delineation from a uni-temporal perspective based on Landsat TM imagery classification using Support Vector Machines, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, V.13, pp.70–80.

-Pan, Z., Wang, G., Hu, Y., & Cao, B. (2019) Characterizing urban redevelopment process by quantifying thermal dynamic and landscape analysis. *Habitat International*, 86, 61-70.

-Rahdari ,Vahid; Maleki Najfabdai ,Saeideh; Khajeddin, Seyed Jamaledin;

-Richards J., A. 2013. *Remote sensing digital image analysis*, fifth edition, springer, 494

- Şatır, O., & Berberođlu, S. (2012). Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning. Landscape Planning, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), ISBN, 978-953.
- Swain, P.H. and S.M. Davis. 1987. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill. USA.