



مقایسه الگوریتم‌های مختلف تهیه نقشه پوشش زمین در رویشگاه‌های حساس زاگرس با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ (مطالعه موردی: بخشی از استان ایلام)

سعیده اسکندری^{*۱}

۱. استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۲ آبان ۱۳۹۷

پذیرش: ۱۹ فروردین ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۸

واژه‌های کلیدی:

تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲

ماشین بردار پشتیبان

پوشش زمین

ایلام

چکیده

جنگل‌ها و مراتع غرب کشور در رویشگاه زاگرس، طی سال‌های اخیر به دلایل مختلف تا حد زیادی تخریب شده‌اند. تهیه نقشه پوشش زمین در این رویشگاه‌ها، اولین اقدام برای حفاظت از آن‌ها و جلوگیری از تخریب بیشتر است. هدف از این تحقیق، انتخاب بهترین الگوریتم برای تهیه نقشه پوشش زمین در بخشی از رویشگاه ایلام با استفاده از تصویر سنتینل-۲ است. پس از تهیه تصویر سنتینل-۲، طبقه‌بندی نظارت‌شده آن با هفت الگوریتم (حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، فاصله ماهالانویس، نقشه بردار زاویه طیفی، نقشه بردار همبستگی طیفی، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی) انجام شد. برای ارزیابی دقت نقشه‌های پوشش زمین، مجموعه نقاط تصادفی مونه‌بندی شده ایجاد و در عرصه بازیابی شدند. در برداشت میدانی، پس از تعیین پوشش فعلی هر یک از نقاط در سطح پلات، پوشش واقعی آن‌ها با پوشش تعیین شده همان نقطه در سطح پیکسل براساس نتایج طبقه‌بندی‌ها مقایسه و دقت الگوریتم‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۷۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۰، بیشترین دقت را در تهیه نقشه پوشش زمین داشت. تجزیه و تحلیل نقشه پوشش زمین به دست آمده از این الگوریتم نشان داد که از مجموع مساحت ۱۶۰۸۵/۳۱ هکتاری منطقه مورد مطالعه، مساحت جنگل انبوه ۳۱۹/۶۴ هکتار، مساحت جنگل نیمه‌انبوه ۳۶۱/۴۴ هکتار و مساحت جنگل تنک ۱۸۳۲/۳۶ هکتار است. همچنین مساحت مرتع ۷۳۵۲/۷۸ هکتار، مساحت باغ ۶۲/۳۲ هکتار، مساحت زمین‌های کشاورزی ۶۵۸/۴۲ هکتار و مساحت کشاورزی زیراشکوب ۴۵۰۴/۶۴ هکتار است. برای مدیریت بهینه این رویشگاه حساس، تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از این الگوریتم، در سری‌های زمانی معین، برای بررسی تغییرات جنگل‌ها و مراتع و کنترل کاربری‌های انسان‌ساخت ضروری است.

* s.eskandari@rifr.ac.ir: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

موردتوجه قرار گرفته است. روش های میدانی و استفاده از عکس های هوایی از ابزارهای مهم تهیه این نقشه ها هستند. استفاده از این روش ها در سطح وسیع مستلزم صرف زمان و هزینه های بسیار زیاد است. در مقابل، داده های ماهواره ای به عنوان یک راهکار مطرح شده اند (۱). امروزه تهیه نقشه کاربری/پوشش زمین به طور عمده به کمک تصاویر ماهواره ای مناسب انجام می شود. تصاویر ماهواره ای رقومی به عنوان یکی از منابع اطلاعاتی مکانی نسبت به سایر منابع متداول (نقشه ها) دارای مزایای مختلفی از جمله پوشش وسیع و تکراری، کاهش حجم اطلاعات میدانی، کاهش هزینه و به هنگام بودن اطلاعات هستند (۱۳). ابزارهای قدرتمند سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز همراه با تصاویر ماهواره ای، در پردازش نقشه های کاربری/پوشش زمین بعد از انجام طبقه بندی کاربرد زیادی دارند و همچنین در تهیه نقشه های خروجی کمک شایانی می کنند.

تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه تهیه نقشه های کاربری/پوشش زمین و تغییرات آن ها طی دوره های زمانی مختلف در مناطق مختلف دنیا انجام شده است. استفانو و همکاران (۳۴) نقشه پوشش زمین در بخشی از آریزونای مرکزی (Central Arizona) را با استفاده از داده های لندست سال ۱۹۹۸ و با روش حداکثر احتمال تهیه کردند. قوانین تصمیم گیری لجیک با پایگاه داده های مختلف برای اختصاص مقادیر طبقه ای به هر یک از پیکسل ها استفاده شد. نتایج نشان داد که این روش با صحت کلی ۸۵ درصد و صحت کاربر ۷۳ تا ۹۹ درصد، دقت مطلوبی در طبقه بندی پوشش زمین داشته است. ملس و همکاران (۲۸) نیز برای تهیه نقشه پوشش اراضی در سه حوزه آبخیز فلوریدا در فاصله زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ از تصویر لندست و روش شاخص های پوشش گیاهی استفاده کردند و نتایج آن ها دقت مطلوب این روش را در طبقه بندی تصویر نشان داد. اربک همکاران (۲۲) نقشه پوشش زمین در استانبول ترکیه با استفاده از داده های Landsat-TM و دو روش شبکه عصبی و حداکثر احتمال در دو سری زمانی ۱۹۸۴ و ۱۹۹۸ تهیه کردند. نتایج نشان داد که روش حداکثر احتمال در

جنگل ها و مراتع غرب کشور به طور عمده بر روی رشته کوه های زاگرس قرار گرفته اند که دارای ارزش محیط زیستی فراوانی هستند و از نظر حفظ منابع آب و خاک اهمیت زیادی دارند. طی سال های اخیر، این جنگل ها به دلیل وابستگی معیشتی ساکنان، تأمین چوب سوخت، چرای دام، توسعه کشاورزی، آتش سوزی و بسیاری از عوامل مخرب دیگر، تا حد زیادی تخریب شده اند؛ به طوری که در اثر عوامل اقتصادی- اجتماعی و نبود مدیریت جامع منابع طبیعی، توان تولیدی این رویشگاه ها تا حد زیادی از دست رفته است و این مسئله روند آینده جنگل های این منطقه را به مخاطره انداخته است (۷). مدیریت و برنامه ریزی این جنگل ها با مشکلات فراوانی همراه است که کمبود اطلاعات و بررسی های لازم در منطقه زاگرس به این مسئله دامن می زند (۱۳). استخراج اطلاعات زمانی- مکانی از وضعیت این رویشگاه ها تا حد زیادی در تصمیم گیری های مدیریتی و برنامه ریزی حفاظت این جنگل ها کمک خواهد کرد. لذا پایش عرصه های جنگلی در رویشگاه زاگرس، اولین اقدام برای حفاظت از آن ها و جلوگیری از تخریب بیشتر جنگل های موجود است. به منظور پایش این جنگل ها و مدیریت بهینه آن ها، آمایش سرزمین و تهیه نقشه کاربری/پوشش زمین در آن ها امری ضروری است و به عنوان یک منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست های اصولی در تدوین برنامه های توسعه به شمار می رود (۹).

یکی از ضروری ترین اطلاعات مورد نیاز مدیران و متولیان منابع طبیعی، نقشه های کاربری/پوشش زمین است (۱۶). علم و آگاهی مدیران و کارشناسان منابع طبیعی از تغییرات کمی و کیفی و تحولات رخ داده در عرصه های طبیعی به منظور سیاست گذاری و چاره اندیشی برای رفع مشکلات موجود ضروری است (۲). به همین دلیل در مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست، آمایش سرزمین و تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی امری ضروری است. با توجه به اهمیت نقشه کاربری/پوشش زمین، تهیه آن در دهه های اخیر بسیار

نتایج نشان داد که عرصه‌های جنگلی برای منطقه مانگرو حدود دو درصد و برای منطقه خشک حدود ۳/۵ درصد افزایش یافته است.

اگرچه در بیشتر پژوهش‌های ذکر شده از تصاویر سنجنده‌های لندست استفاده شده است، طی سال‌های اخیر استفاده از تصاویر سنتینل (Sentinel) در تهیه نقشه پوشش زمین افزایش یافته و کارایی این تصاویر با توان تفکیک مکانی مطلوب در تهیه نقشه پوشش زمین بسیار موفقیت‌آمیز بوده است (۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۵ و ۳۶).

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه تهیه نقشه پوشش زمین و تغییرات سطح جنگل‌ها به صورت جزئی در مناطق مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلف انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. نیازی و همکاران (۱۶) دو روش شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال را برای استخراج نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده استر (ASTER) در حوزه سد ایلام مقایسه کردند. نتایج نشان داد که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی با ضریب کاپای ۰/۸۶ دقت بیشتری نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۶۹ در استخراج نقشه کاربری اراضی داشته است. مهدوی و فلاح‌شمسی (۱۳) تغییرات سطح جنگل در شهرستان ایلام را در فاصله سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۵ با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای IRS-Liss III بررسی کردند. ارزیابی نتایج طبقه‌بندی تصویر با نقشه واقعیت زمینی نشان داد که بیشترین صحت کلی (۸۳ درصد) و ضریب کاپا (۰/۷۸) مربوط به نقشه به دست آمده از روش حداکثر احتمال بوده است. همچنین نتایج نشان داد که طی ۴۲ سال حدود ۱۶۰۰۰ هکتار از سطح جنگل‌های مورد مطالعه کاسته شده است. آرخی و همکاران (۳) نقشه‌های کاربری اراضی در دره‌شهر ایلام را با داده‌های سنجنده ETM⁺ و با استفاده از الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و درختی تهیه کردند. نتایج نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی با صحت کلی ۹۲ درصد و ضریب کاپای ۰/۹ کارایی بیشتری نسبت به روش طبقه‌بندی درختی داشته است. حیدریان و همکاران (۵)

حالت طبقه‌بندی داده‌های ترکیبی چندزمانه دقت بیشتری از روش مقایسه‌ای بعد از طبقه‌بندی در تهیه نقشه پوشش زمین داشت. روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه نیز نتیجه مطلوبی در بررسی تغییرات پوشش زمین نشان داد. چاهان و نایاک (۲۱) تغییرات پوشش زمین در منطقه هازیرا (Hazira) هند را با استفاده از تصاویر IRS-Liss III در دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۲ بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در طول دوره مورد بررسی، مساحت جنگل‌ها و زمین‌های کشاورزی کاهش و مساحت مناطق شهری و صنعتی افزایش پیدا کرده است. کاکیر و همکاران (۲۰) تغییرات سطح جنگل در ایالت ماکا (Macka) ترکیه را با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MMS (۱۹۷۵)، TM (۱۹۸۷) و ETM⁺ (۲۰۰۰) و نرم‌افزارهای GIS و FragStats بررسی کردند. نتایج نشان داد که در طول ۲۵ سال، مساحت جنگل تولیدی و تخریب شده افزایش یافته و مساحت جنگل پهن‌برگ کاهش یافته است. به علاوه تعداد قطعات کوچک در منطقه جنگلی افزایش یافته است که نشان‌دهنده قطعه‌قطعه شدن زیستگاه و خطری برای تنوع زیستی است. مصطفی و همکاران (۳۰) برای تهیه نقشه کاربری اراضی در مکه (Makkah) عربستان از تصویر سنجنده ALOS AVNIR-2 مربوط به سال ۲۰۰۸ و روش‌های شبکه عصبی و حداکثر احتمال استفاده کردند. نتایج دقت مطلوب این دو روش را با صحت‌های کلی به ترتیب ۸۹ و ۸۳ درصد نشان داد. کومار و همکاران (۳۳) تغییرات پوشش جنگل در بخشی از جنگل‌های منطقه کانکر در استان چاتیسگره (Chhattisgarh) هند را با استفاده از تصاویر سنجنده Landsat-TM و رگرسیون لجستیک در فاصله زمانی ۱۰ سال (۱۹۹۰-۲۰۰۰) بررسی کردند و روند تغییرات آن را با استفاده از این روش مدل‌سازی و پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد مدل رگرسیون لجستیک دقت زیادی در پیش‌بینی تغییرات پوشش جنگل داشته است (ROC=۰/۸۷) و فاصله تا حاشیه جنگل، بیشترین تأثیر را بر جنگل‌زدایی داشته است. آندریو (۱۸) تغییرات پوشش زمین در غرب آفریقا (Western Africa) را با استفاده از داده‌های Landsat-TM در فاصله زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۵ ارزیابی کرد.

آرتمپ فازی با ضریب کاپای ۰/۹۶ دقت بیشتری نسبت به روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۸۰ در استخراج نقشه کاربری مرتع در منطقه مورد مطالعه داشته است. مهدوی و همکاران (۱۴) نیز روند تغییرات پوشش جنگلی در سیروان ایلام را با استفاده از تصاویر سنجنده های MMS و OLI در فاصله سال های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۳ بررسی کردند. نتایج نشان داد که طی ۲۷ سال، حدود ۵۹۱۰ هکتار از سطح جنگل های سیروان کاسته شده است. همچنین شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا ارتباط معنی داری با میزان تخریب جنگل در منطقه مورد مطالعه داشته اند. اگرچه الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در مطالعات داخل ایران بسیار محدود استفاده شده است (۶، ۱۵ و ۱۷)، اما دقت آن در تهیه نقشه پوشش زمین توسط محققان دیگر در سراسر جهان به اثبات رسیده است (۲۴، ۲۷، ۲۹ و ۳۶).

با وجود پژوهش های زیاد انجام شده در استان ایلام با استفاده از تصاویر ماهواره ای مختلف، تاکنون تحقیق جامعی در خصوص تهیه نقشه پوشش زمین در این رویشگاه حساس با استفاده از تصاویر ماهواره ای با توان تفکیک مکانی مطلوب مانند سنتینل و الگوریتم های جدید مانند ماشین بردار پشتیبان انجام نشده است. اگرچه تحقیقات محدودی در خصوص استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان برای تهیه نقشه کاربری اراضی در سال های اخیر در ایران انجام شده است، اما تصویر مورد استفاده لندست بوده است (۶، ۱۵ و ۱۷). این در حالی است که طی دهه اخیر، جنگل های زاگرس در استان ایلام، دچار پدیده زوال شده اند که تغییرات اقلیمی و دخالت های انسانی بر این مسئله تأثیر دارد. لذا تهیه نقشه پوشش زمین در شرایط فعلی با استفاده از دقیق ترین روش و تصویری مطلوب و تکرار تهیه آن در سری های زمانی معین برای بررسی تغییرات سطح این رویشگاه حساس ضروری است. از این رو با توجه به تخریب روزافزون جنگل ها و مراتع زاگرس در استان ایلام و نبود اطلاعات پایه، دقیق و جدید از آخرین وضعیت این رویشگاه در استان ایلام از یک طرف و قابلیت های زیاد تصاویر ماهواره ای سنتینل-۲ با توان تفکیک مکانی مطلوب (۱۰ متر)

تغییرات کاربری اراضی در شهر تهران را در فاصله زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵ با استفاده از داده های لندست ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که نقشه های تهیه شده با روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۸۸ و ۰/۹۱ از صحت بالایی برخوردار هستند. نتایج نشان داد که طی دوره مورد بررسی، زمین های باز و پوشش گیاهی کاهش یافته و مناطق ساخته شده، پارک ها و مناطق آبی افزایش یافته است و تغییرات در غرب تهران بیشتر بوده است. یوسفی و همکاران (۱۷) الگوریتم های مختلف برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای ETM⁺ لندست در تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان نور را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان از دقت و صحت بیشتری نسبت به روش های نه گانه دیگر برخوردار است و بهتر است این روش در تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شود. داودی منظم و همکاران (۶) طی تحقیق دیگری، تغییرات کاربری اراضی زراعی شهرستان شهریار را با سه روش حداکثر احتمال، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان طی بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۸ با استفاده از داده های رقومی لندست بررسی کردند. نتایج نشان داد که طی دوره ۲۲ ساله، توسعه شهری منطقه روندی افزایشی و اراضی کشاورزی روندی کاهشی داشته است. همچنین روش های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی کارایی بیشتری نسبت به روش حداکثر احتمال داشته اند. میرزایی زاده و همکاران (۱۵) نیز دقت الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده غیرپارامتریک شامل الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم گیری و شبکه عصبی مصنوعی فازی آرتمپ را در تهیه نقشه پوشش زمین در حوزه آبخیز ارکواز شهرستان ملکشاهی با استفاده از تصاویر لندست ۸ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۰/۹۱/۲۶ و ضریب کاپای ۰/۸۷ نتایج مطلوب تری نسبت به سایر الگوریتم ها داشته است. فتحی زاد و همکاران (۱۰) دو روش طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی و حداکثر احتمال را برای استخراج نقشه کاربری مرتع با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ در حوزه دویرج دهلران ایلام مقایسه کردند. نتایج نشان داد که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

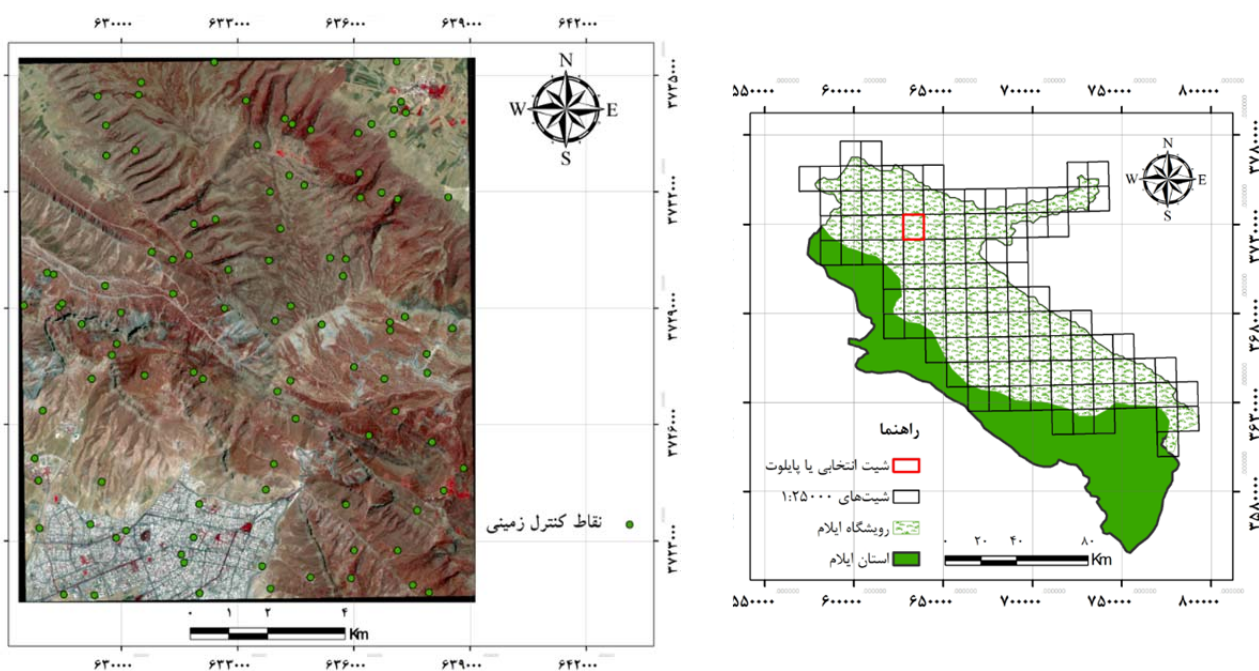
در تهیه نقشه پوشش زمین از طرف دیگر، این پژوهش برای اولین بار به انتخاب بهترین الگوریتم برای تهیه نقشه پوشش زمین در بخشی از رویشگاه حساس زاگرس (ایلام) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ پرداخته است.

انتخاب شد (شکل ۱). در انتخاب محدوده پایلوت، سعی بر آن بود که منطقه‌ای انتخاب شود که شامل همه پوشش‌های مورد انتظار (جنگل انبوه، جنگل نیمه‌انبوه، جنگل تنک، مرتع، باغ، کشاورزی، کشاورزی زیراشکوب، صخره و زمین بایر) باشد. لازم به ذکر است که پوشش جنگل، خود شامل سه طبقه تنک (تاج‌پوشش ۵-۲۵ درصد)، نیمه‌انبوه (تاج‌پوشش ۲۵-۵۰ درصد) و انبوه (تاج‌پوشش بالای ۵۰ درصد) بود. سپس تصویر سنتینل-۲ منطقه پایلوت با مساحت تقریبی ۱۶۰۰۰ هکتار در محیط نرم‌افزار ArcMap[®] 10.3 جداسازی شد (شکل ۱) تا دقت الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده در محدوده مورد نظر بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق شامل یک برگ نقشه ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری واقع در بخشی از رویشگاه جنگلی استان ایلام بود. این منطقه پایلوت، برای آزمایش دقت الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده بر روی تصویر سنتینل-۲ به منظور تهیه نقشه پوشش زمین در بخشی از رویشگاه استان ایلام، در موقعیت جغرافیایی ۶۲۷۴۳۹ تا



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط کنترل زمینی

زیاد هستند که از سال ۲۰۱۵ توسط سازمان فضایی اروپا ESA به‌عنوان بخشی از برنامه کوپرنیکوس توسعه یافته‌اند. تصاویر سنتینل-۲ دارای ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه با قدرت

داده‌های مورد استفاده

برای انجام این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ که دومین سری از ماهواره‌های سنتینل هستند، استفاده شد. تصاویر سنتینل-۲، تصاویری چندطیفی با توان تفکیک مکانی

سایت مربوطه (<https://scihub.copernicus.eu>) دریافت شد و از ترکیب باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ به دلیل برخورداری از توان تفکیک مکانی مطلوب (۱۰ متر) استفاده شد (۲۳).

تفکیک مکانی ۱۰ تا ۶۰ متر می‌باشند (جدول ۱). برای انجام این تحقیق، تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ مربوط به منطقه مورد مطالعه به تاریخ ۲۸ جولای ۲۰۱۷ (۶ مرداد ۱۳۹۶) از

جدول ۱. مشخصات باندهای طیفی تصویر سنتینل-۲

شماره باند	نام اصلی باند	نام فارسی باند	میانگین طول موج (میکرومتر)	توان تفکیک مکانی (متر)
B01	Coastal aerosol	گردوغبار ساحلی	۰/۴۳	۶۰
B02	Blue	آبی	۰/۴۹	۱۰
B03	Green	سبز	۰/۵۶	۱۰
B04	Red	قرمز	۰/۶۵	۱۰
B05	Vegetation Red Edge	لبه قرمز پوشش گیاهی	۰/۷۰	۲۰
B06	Vegetation Red Edge	لبه قرمز پوشش گیاهی	۰/۷۴	۲۰
B07	Vegetation Red Edge	لبه قرمز پوشش گیاهی	۰/۷۸	۲۰
B08	NIR	مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴	۱۰
B08a	Narrow NIR	مادون قرمز نزدیک باریک	۰/۸۶	۲۰
B09	Water vapour	بخار آب	۰/۹۴	۶۰
B10	SWIR-Cirrus	مادون قرمز طول موج کوتاه-سیروس	۱/۳۷	۶۰
B11	SWIR	مادون قرمز طول موج کوتاه	۱/۶۱	۲۰
B12	SWIR	مادون قرمز طول موج کوتاه	۲/۱۹	۲۰

ماهواره لندست (Landsat) ناسا و دسترسی رایگان به آن‌ها با توان تفکیک مکانی متوسط، این تصاویر به کرات در تهیه نقشه‌های کاربری/پوشش زمین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین تصاویر اسپات (Spot) و آی آر اس (IRS) هند در این زمینه بسیار استفاده شده‌اند. طی سال‌های اخیر، با شروع مأموریت ماهواره سنتینل (Sentinel) سازمان فضایی اروپا و با توجه به توان تفکیک مناسب آن، استفاده از آن در نقشه برداری پوشش زمین بسیار مرسوم شده است. مأموریت اصلی سنتینل-۲، نظارت و پایش پوشش زمین شامل پوشش گیاهی، آب، خاک و همچنین راه‌های آبی و مناطق ساحلی است (۲۳).

همراه با تنوع تصاویر ماهواره‌ای، الگوریتم‌ها یا روش‌های مختلفی از طبقه‌بندی این تصاویر در دوره‌های مختلف، متناسب با توان تفکیک طیفی، مکانی و زمانی تصاویر

نقشه‌های مرز محدوده استان ایلام و محدوده رویشگاه زاگرس در این استان از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه شد. همچنین برای انتخاب منطقه مورد مطالعه، کلیه برگ‌های نقشه ۱:۲۵۰۰۰ تقسیم‌بندی کشور از سازمان نقشه برداری کشور تهیه شد و برگ‌هایی که محدوده رویشگاه استان ایلام را تحت پوشش قرار می‌دادند (۱۱۰ برگ نقشه)، تفکیک شدند (شکل ۱).

روش تحقیق

با توجه به تنوع تصاویر ماهواره‌ای، تاکنون از تصاویر سنجنده‌های مختلفی برای تهیه نقشه‌های پوشش زمین یا کاربری اراضی استفاده شده است. نظر به قدمت تصاویر

در این رابطه؛ n تعداد کل پیکسل‌های واقعی زمینی، n_{i+} مجموع عناصر سطر i ام، n_{+i} مجموع عناصر ستون i ام، n_{ii} مجموع عناصر روی قطر اصلی و Z تعداد کاربری را نشان می‌دهد. شاخص کاپا مقدار عددی‌ای بین صفر تا یک خواهد بود، که عدد صفر بیان‌گر طبقه‌بندی کاملاً نامطلوب و مقدار یک حالت ایده‌آل طبقه‌بندی است (۱۲).

پیش‌پردازش‌های تصویر

تصویر سنتینل-۲ مورد استفاده در این پژوهش از نوع Level-1C بود که تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریکی بر روی آن انجام شده بود (۲۳). بنابراین تنها ترکیب باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ (Layer Stack)، برای ایجاد ترکیب رنگی انجام شد.

طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر

در این پژوهش، طبقه‌بندی تصویر سنتینل-۲، با الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده انجام شد. با توجه به تعداد کاربری‌های مورد انتظار (۹ کاربری شامل جنگل انبوه، جنگل نیمه‌انبوه، جنگل تنک، مرتع، باغ، کشاورزی، کشاورزی زیراشکوب، صخره و زمین بایر)، نمونه‌های تعلیمی (Training area) به صورت مجموعه‌های پیکسل‌پایه (مجموعه پیکسل‌هایی که دارای ارزش طیفی یکسان بودند)، به تعداد حداقل ۱۰ مجموعه در هر طبقه پوشش/کاربری انتخاب شدند. سپس الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده شامل حداکثر احتمال (Maximum Likelihood; ML)، حداقل فاصله از میانگین (Minimum Distance; MD)، فاصله ماحالانوبیس (Mahalanobis Distance; MaD)، نقشه‌بردار زاویه طیفی (Spectral Angle Mapper; SAM)، نقشه‌بردار همبستگی طیفی (Spectral Correlation Mapper; SCM)، ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine; SVM) و شبکه عصبی (Neural Network; NN) در نرم‌افزار Envi[®]5.4 بر روی تصویر پیاده‌سازی و اعمال شدند. دلیل انتخاب این الگوریتم‌ها،

ماهواره‌ای مختلف، شرایط منطقه مورد مطالعه و اهداف پژوهش‌ها توسعه یافته‌اند. به عنوان مثال الگوریتم‌های پیکسل پایه برای مناطق طبیعی، در حالتی که توان تفکیک تصاویر متوسط تا مطلوب (مانند تصاویر لندست و سنتینل) باشد، کاربرد زیادی دارند. در این میان، الگوریتم حداقل فاصله از میانگین (Minimum Distance) برای مناطق طبیعی و همگن دقت زیادی نشان داده است. در حالی که الگوریتم‌های حداکثر احتمال (Maximum likelihood)، ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine) و شبکه عصبی (Neural Network) برای مناطق طبیعی ناهمگن کاربرد مطلوبی دارند. الگوریتم‌های شیء پایه که طبقه‌بندی را نه بر مبنای پیکسل، بلکه بر مبنای شکل پدیده‌ها انجام می‌دهند، در مناطق شهری و همگن که پدیده‌ها دارای اشکال منظم و خاصی هستند، بیشترین کارایی را دارند و زمانی که توان تفکیک مکانی تصویر بسیار بالا باشد، مانند تصاویر QuickBird، IKONOS، WorldView و GeoEye بهترین مطلوبیت را دارند. در این تحقیق با توجه به قدرت تفکیک مکانی تصویر سنتینل-۲ (۱۰ تا ۶۰ متر)، شرایط ناهمگن منطقه و طبیعی بودن عرصه، از روش‌های پیکسل پایه برای طبقه‌بندی تصویر استفاده شد.

برای محاسبه دقت نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نیز معیارهای مختلفی وجود دارد. دو مورد از معتبرترین معیارها در این خصوص، صحت کلی (Overall Accuracy) و شاخص کاپا (Kappa Index) هستند. معیار صحت کلی، نسبت تعداد پیکسل‌های پیش‌بینی شده صحیح را به تعداد کل پیکسل‌ها نشان می‌دهد. لذا پیکسل‌های اشتباه طبقه‌بندی شده را در نظر نمی‌گیرد. شاخص کاپا یکی از شاخص‌های آماری مهم دیگر برای ارزیابی صحت است و مزیت آن این است که برخلاف صحت کلی، پیکسل‌هایی که درست پیش‌بینی نشده‌اند را نیز مدنظر قرار داده و در محاسبات اعمال می‌کند. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۲).

$$\hat{k} = \frac{n \sum_{i=1}^J n_{ii} - \sum_{i=1}^J n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^J n_{i+} n_{+i}} \quad [1]$$

با پراکنش تصادفی یا روش تصادفی مونه بندی شده (Stratified Random) استفاده شد (۸). در این روش، تعداد نقطه ای که به هر طبقه پوشش/کاربری اختصاص می یابد، به نسبت مساحت آن طبقه پوشش/کاربری است و پراکنش نقاط داخل هر پوشش/کاربری نیز به صورت تصادفی است. براساس مطالعات پیشین، روش مونه بندی در تعیین سطح جنگل های زاگرس دقت بیشتری نسبت به روش های نمونه برداری منظم - تصادفی و نواری نشان داده است (۱۱)؛ به همین دلیل در این تحقیق از این روش استفاده شد. در نهایت، همه نقاط تصادفی با معلوم بودن مختصات آنها در نرم افزار Arc Map[®] 10.3 فراخوانی شدند. سپس مشخصات و مختصات این نقاط با استفاده از نرم افزار MapSource به داخل دستگاه موقعیت یاب مدل GPS Map Garmin 64SC منتقل شدند و با مراجعه به عرصه طی عملیات میدانی در تابستان، همه نقاط قابل دسترس بازیابی شدند و پوشش/کاربری فعلی هر نقطه در عرصه در سطح ابعاد پیکسل (۱۰×۱۰ متر) تعیین شد. بدین معنی که طی عملیات میدانی، کاربری هر نقطه کنترل، در یک قطعه مربعی شکل ۱۰×۱۰ متری که مطابق با ابعاد پیکسل (۱۰×۱۰ متر) در تصویر سنتینل بود، ارزیابی شد (شکل ۲). زیرا نمونه های تعلیمی در تصویر سنتینل به منظور طبقه بندی نظارت شده، به صورت پیکسل پایه انتخاب شده بودند. برای برخی نقاط که دسترسی به آنها طی عملیات میدانی در شرایط کوهستانی دشوار بود، موقعیت و کاربری نقاط در تصویر بینگ (Bing) با توان تفکیک مکانی زیاد (تفکیک ۵۰ سانتی متر) کنترل شد. پوشش/کاربری فعلی (واقعی) هر یک از نقاط در سطح پیکسل (۱۰×۱۰ متر) با کاربری تعیین شده همان نقطه بر اساس نتایج طبقه بندی مقایسه شد و با استفاده از شاخص های صحت کلی و ضریب کاپا، دقت الگوریتم های مختلف طبقه بندی مورد ارزیابی قرار گرفت.

همانند آنچه در مبانی نظری تحقیق بیان شد، توان تفکیک مکانی تصویر (۱۰ متر)، شرایط منطقه (ناهمگن) و هدف پژوهش (تهیه نقشه پوشش زمین) بود.

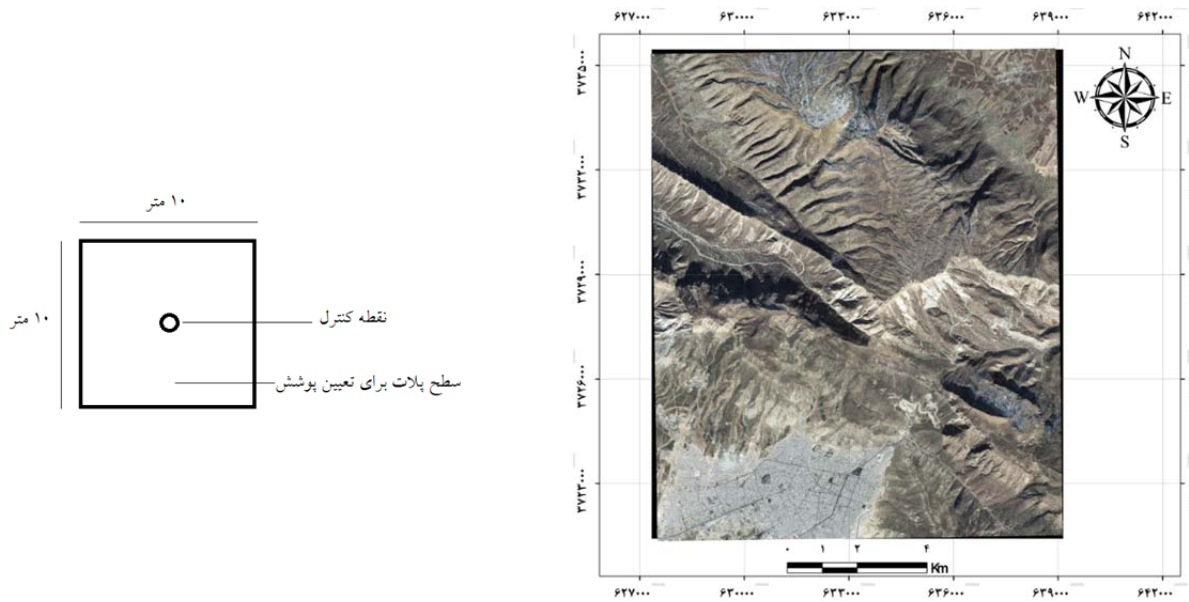
پس پردازش نقشه های طبقه بندی

بعد از انجام طبقه بندی تصویر با الگوریتم های مختلف، به منظور حذف پیکسل های کوچک در میان پوشش/کاربری های بزرگ از دستورهای Clump و Eliminate بر روی هر نقشه طبقه بندی استفاده شد (۱۹) و سپس خروجی های هر یک از نقشه های پوشش زمین ذخیره سازی شد.

ارزیابی دقت روش های طبقه بندی

برای ارزیابی دقت طبقه بندی، می توان از برداشت نمونه ها داخل عرصه، تصاویر ماهواره ای با توان تفکیک مکانی زیاد و یا نقشه های پایه موجود استفاده کرد. از آنجایی که نقشه های پایه منطقه مورد مطالعه بهنگام نبودند، برای ارزیابی صحت نقشه های طبقه بندی شده پوشش زمین در این تحقیق، از عملیات میدانی در فصلی مطابق با زمان تصویر سنتینل (تابستان) و نیز تصاویر ماهواره ای بینگ (Bing) با توان تفکیک مکانی زیاد (۵۰ سانتی متر) (برای مناطق غیرقابل دسترس و کوهستانی) استفاده شد (شکل ۲).

برای ارزیابی دقت نتایج طبقه بندی، ابتدا با استفاده از دستور Accuracy assessment، مجموعه ای از نقاط تصادفی طبقه بندی شده در نرم افزار Erdas Imagine 2014 ایجاد شد. به همین منظور، تعداد ۱۰۰ نقطه با پراکنش تصادفی با در نظر گرفتن مساحت تقریبی هر پوشش/کاربری، در نرم افزار ایجاد شد. بدین معنی که برای اطمینان از اختصاص تعداد کافی نقطه به هر طبقه پوشش/کاربری، از روش مونه بندی تقسیم به نسبت

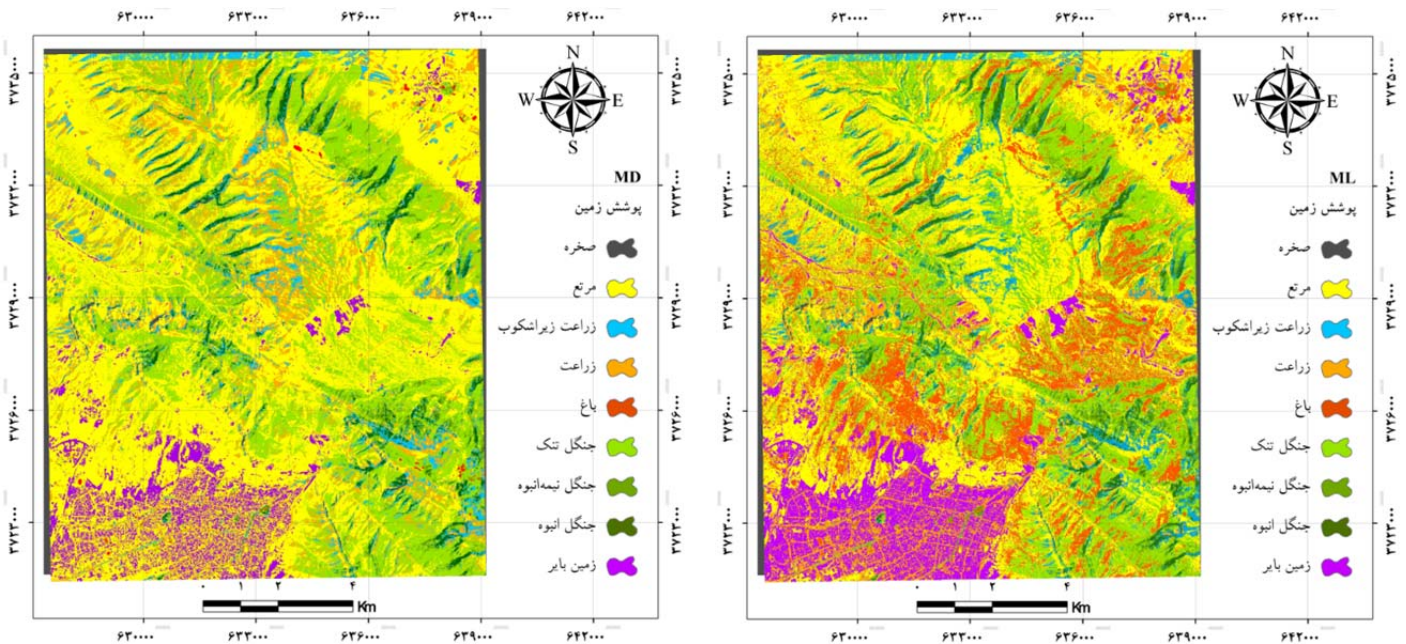


شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای بینگ (Bing) منطقه و پلات بررسی پوشش زمین و موقعیت نقطه کنترل در آن

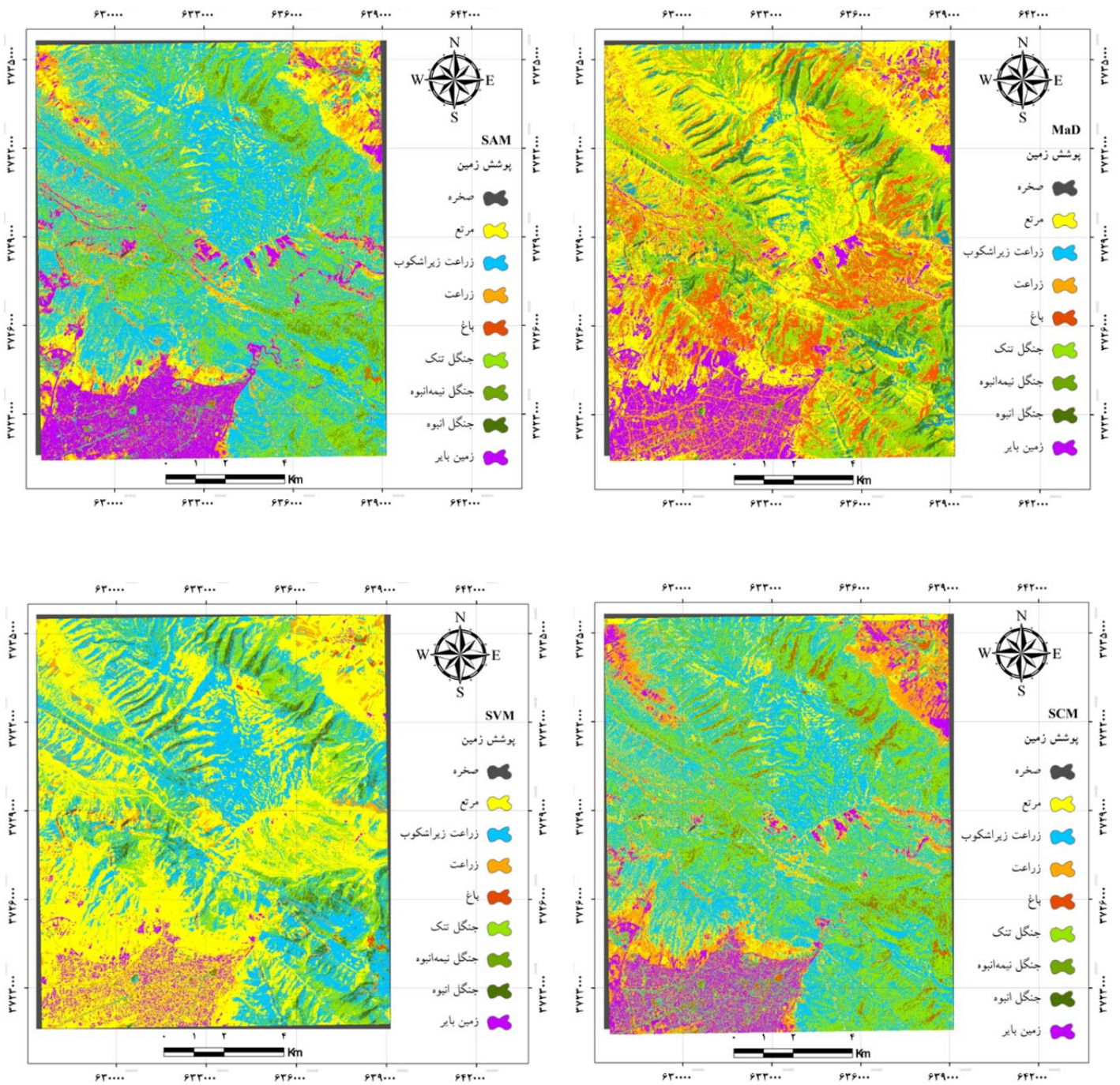
الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین مساحت طبقات مختلف پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج

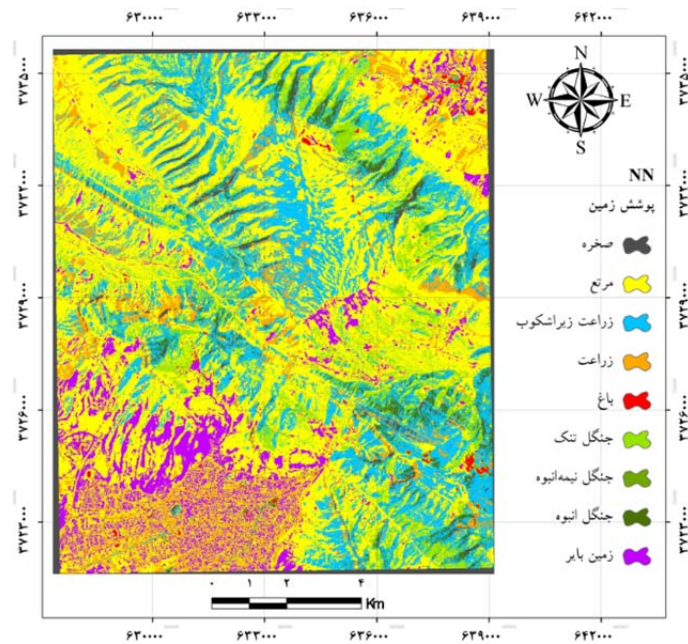
نقشه‌های پوشش زمین با روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده
نقشه‌های پوشش زمین منطقه مورد مطالعه در استان ایلام
حاصل از طبقه‌بندی تصویر ستینل-۲ با استفاده از



شکل ۳. طبقه‌بندی نظارت شده تصویر با الگوریتم حداکثر احتمال (ML)؛ حداقل فاصله از میانگین (MD)



ادامه شکل ۳. طبقه بندی نظارت شده تصویر با الگوریتم فاصله ماهالانویس (MaD)؛ و نقشه بردار زاویه طیفی (SAM)؛ نقشه بردار همبستگی طیفی (SVM)؛ و ماشین بردار پشتیبان (SCM)



ادامه شکل ۳. طبقه‌بندی نظارت شده تصویر با الگوریتم شبکه عصبی (NN)

جدول ۲. مساحت کاربری‌های مختلف پوشش زمین با استفاده از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده

روش طبقه‌بندی							
شبکه عصبی	ماشین بردار پشتیبان	نقشه بردار همبستگی طیفی	نقشه بردار زاویه طیفی	فاصله ماهالانویس	حداقل فاصله از میانگین	حداکثر احتمال	مساحت پوشش (هکتار)
۳۷۶/۵۸	۳۱۹/۶۴	۳۷۳/۳۸	۲۹۴/۰۵	۳۳۱/۱۸	۳۸۷/۳۲	۳۶۱/۱۳	جنگل انبوه
۷۷/۰۸	۳۶۱/۴۴	۳۱/۸	۲۳۷/۱۵	۵۸۸/۹۵	۴۳۸/۴۷	۵۲۹/۴۵	جنگل نیمه انبوه
۱۲۷۵/۸۸	۱۸۳۲/۳۶	۴۴۸۶/۰۹	۳۶۹۳/۷۱	۳۴۴۶/۶۸	۳۸۳۶/۸۳	۳۵۷۹/۸۱	جنگل تنک
۷۲۱۱/۳۶	۷۳۵۲/۷۸	۲۱۳۷/۹۹	۲۱۵۲/۴۲	۵۵۳۹/۴۵	۷۶۵۸/۱۲	۵۷۸۸/۱	مرتع
۸۲/۶۲	۶۲/۳۲	۱۸۸/۴۸	۳۴/۳۵	۲۶۳۸/۳۳	۳۰/۴۱	۲۳۵۹/۳۵	باغ
۱۴۱۵/۲۵	۶۵۸/۴۲	۱۸۹۷/۰۲	۱۵۲۸/۹۱	۱۱۹۸/۶۷	۲۰۸۴/۰۹	۱۱۸۵/۳۱	کشاورزی
۳۵۱۴/۷۷	۴۵۰۴/۶۴	۵۷۵۴/۹۸	۶۴۰۱/۷۱	۷۴۸/۰۸	۷۱۴/۲۴	۷۴۹/۸۶	کشاورزی زیراشکوب
۶۴۹/۲۱	۵۱۷/۵۹	۴/۴۲	۸۸/۶۷	۱۳/۷۲	۲۳/۶۷	۱۳/۹۳	صخره
۱۴۸۰/۴	۴۷۳/۹۶	۱۲۰۸/۹۹	۱۶۵۴/۳۴	۱۵۸۰/۲۵	۹۱۲/۱۶	۱۵۱۸/۳۷	زمین بایر
۱۶۰۸۵/۳۱	۱۶۰۸۵/۳۱	۱۶۰۸۵/۳۱	۱۶۰۸۵/۳۱	۱۶۰۸۵/۳۱	۱۶۰۸۵/۳۱	۱۶۰۸۵/۳۱	کل

درصد و ضریب کاپای ۰/۷۰، بیشترین دقت را در تهیه نقشه پوشش زمین داشت (جدول ۳).

نتایج ارزیابی دقت الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از معیارهای صحت کلی و ضریب کاپای نشان می‌دهد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۷۹

جدول ۳. ارزیابی دقت الگوریتم های مختلف طبقه بندی نظارت شده

معیار صحت		روش طبقه بندی
ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)	
۰/۶۲	۷۱	حداکثر احتمال
۰/۴۹	۶۵	حداقل فاصله از میانگین
۰/۶۱	۷۰	فاصله ماهالانویس
۰/۲۷	۳۸	نقشه بردار زاویه طیفی
۰/۲۹	۴۱	نقشه بردار همبستگی طیفی
۰/۷۰	۷۹	ماشین بردار پشتیبان
۰/۴۵	۶۲	شبکه عصبی

بحث و نتیجه گیری

روش شبکه عصبی مصنوعی را در طبقه بندی جنگل های غرب ایران تأیید کرده اند (۲، ۸ و ۱۳)؛ البته لازم به ذکر است که در مطالعات مذکور روش ماشین بردار پشتیبان به کار گرفته نشده بود. در خصوص روش های دیگر، الگوریتم های حداقل فاصله از میانگین، شبکه عصبی، نقشه بردار زاویه طیفی و نقشه بردار همبستگی طیفی با ضریب کاپای کمتر از ۰/۵، کمترین دقت را در طبقه بندی تصویر منطقه داشتند. لذا استفاده از آن ها برای پایش تغییرات پوشش زمین رویگاه های غرب کشور در تحقیقات آینده توصیه نمی شود.

بر اساس نتایج طبقه بندی تصویر با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، از مجموع مساحت ۱۶۰۸۵/۳۱ هکتاری منطقه مورد مطالعه، مساحت جنگل انبوه ۳۱۹/۶۴ هکتار، مساحت جنگل نیمه انبوه ۳۶۱/۴۴ هکتار و مساحت جنگل تنک ۱۸۳۲/۳۶ هکتار بود. همچنین مساحت مرتع ۷۳۵۲/۷۸ هکتار، مساحت باغ ۶۲/۳۲ هکتار، مساحت زمین های کشاورزی ۶۵۸/۴۲ هکتار و مساحت کشاورزی زیر اشکوب ۴۵۰۴/۶۴ هکتار بود. به علاوه ۵۱۷/۵۹ هکتار از سطح منطقه مورد مطالعه را صخره و ۴۷۳/۹۶ هکتار از آن را زمین بایر پوشانده بود.

در خصوص پوشش جنگل، این نتیجه به دست آمد که مساحت جنگل تنک بسیار بیشتر از جنگل انبوه است. لذا مدیریت بهینه این جنگل ها برای حفاظت مؤثر آن ها ضروری به نظر می رسد. اولین گام در راستای این هدف، طرح ریزی و اجرای یک برنامه حفاظتی در جنگل های منطقه است.

پژوهش پیش رو با هدف مقایسه و ارزیابی دقت روش های مختلف طبقه بندی نظارت شده تصویر سنتینل برای تهیه نقشه پوشش زمین و انتخاب بهترین روش برای این منظور در بخشی از رویشگاه حساس زاگرس (ایلام) انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که الگوریتم های ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۷۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۰ و حداکثر احتمال با صحت کلی ۷۱ درصد و ضریب کاپای ۰/۶۲، بیشترین دقت را تهیه نقشه پوشش زمین منطقه داشتند. نتایج بسیاری از مطالعات دیگر در جهان (۲۴، ۲۷، ۲۹ و ۳۶) و ایران (۶، ۱۵ و ۱۷) نیز دقت روش ماشین بردار پشتیبان را در طبقه بندی پوشش زمین نشان داده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. مهدوی و فلاح شمسی (۱۳)، برزافکن و همکاران (۴) و حیدریان و همکاران (۵) نیز در بررسی تغییرات کاربری اراضی و سطح جنگل در ایران، و استفانو و همکاران (۳۴)، اربک و همکاران (۲۲) و مصطفی و همکاران (۳۰) نیز در مطالعات خود در سایر نقاط جهان، دقت روش حداکثر احتمال را در تهیه نقشه کاربری پوشش زمین تأیید کرده اند.

بعد از روش های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال، الگوریتم فاصله ماهالانویس (صحت کلی ۷۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۶۱) بیشترین دقت را در طبقه بندی تصویر و تهیه نقشه پوشش زمین داشت؛ حال آنکه برخی مطالعات دیگر، کارایی

جنگل‌های انبوه (۳۱۹/۶۴ هکتار) از نظر تنوع زیستی اهمیت زیادی دارند و باید به‌عنوان زیستگاه گونه‌های جانوری و گیاهی رویشگاه زاگرس حفاظت شوند. جنگل‌های نیمه‌انبوه (۳۶۱/۴۴ هکتار) از نظر حفاظت آب‌و‌خاک اهمیت زیادی دارند و باید بدین منظور مدیریت شوند. جنگل‌های تنک (۱۸۳۲/۳۶ هکتار) حساس‌ترین و شکننده‌ترین اکوسیستم‌ها در منطقه هستند و اگر به‌درستی مدیریت نشوند، ممکن است در آینده به کشاورزی، زمین‌بایر و حتی منطقه شهری تبدیل شوند. بنابراین با توجه به وسعت قابل‌توجه آن‌ها، نیاز به احیای آن‌ها از طریق اجرای طرح‌های جنگل‌کاری است. در خصوص پوشش/کاربری‌های طبیعی دیگر، خوشبختانه پوشش مرتع با وسعت ۷۳۵۲/۷۸ هکتار، سطح قابل‌توجهی را به‌خود اختصاص داده است که با مدیریت حفاظتی مناسب، پشتوانه مهمی برای حفظ گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه محسوب می‌شود.

در خصوص پوشش/کاربری‌های انسان‌ساخت (کشاورزی، کشاورزی زیراشکوب و باغ)، پوشش/کاربری زمین‌های کشاورزی با مساحت ۶۵۸/۴۲ هکتار، سطح نسبتاً وسیعی را به‌خود اختصاص داده است که با توجه به گستردگی آن در مراتع و در حاشیه جنگل‌های تنک، خطری جدی برای تخریب منطقه، کاهش تنوع زیستی و کاهش سطح جنگل‌های منطقه محسوب می‌شود. به‌خصوص آنکه پوشش/کاربری کشاورزی زیراشکوب نیز با وسعت قابل‌توجه ۴۵۰۴/۶۴ هکتار به توسعه آن دامن می‌زند. احتمال تبدیل کشاورزی زیراشکوب به کشاورزی خالص و پاک‌تراشی جنگل‌ها در آینده‌ای نزدیک، بسیار زیاد است و خطری جدی برای کاهش سطح جنگل‌های منطقه محسوب می‌شود. لذا در صورت عدم مدیریت بهینه کشاورزی زیراشکوب و ساماندهی کشاورزان در سامان‌های عرفی مشخص و عدم ارائه برنامه حفاظتی مناسب، امکان توسعه بیشتر آن در آینده و تخریب جنگل‌ها و مراتع وجود خواهد داشت، بنابراین توسعه این کاربری باید به‌سرعت کنترل شود. همچنین پوشش/کاربری باغ، ۶۲/۳۲ هکتار از سطح منطقه را به‌خود اختصاص داده که اگرچه خطر آن در مقایسه با

توسعه کشاورزی برای جنگل‌ها و مراتع کمتر است، اما با توجه به گسترش دخالت‌های انسانی در رویشگاه زاگرس، توسعه آن در آینده، تهدیدی برای گونه‌های بومی منطقه به‌شمار می‌رود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، پیشنهاد می‌شود برای بررسی تغییرات پوشش زمین در آینده، نقشه پوشش زمین در سری‌های زمانی معین به‌صورت دوره‌ای در منطقه پایلوت با استفاده از تصاویر سنتینل و الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال تهیه‌شده و تکرار شود. این امر مدیریت جنگل‌ها و مراتع منطقه و کنترل کاربری‌های انسان‌ساخت را تسهیل خواهد کرد.

نتایج کلی این پژوهش نشان داد که تصاویر سنتینل-۲ در صورت استفاده از الگوریتم مناسب با توجه به شرایط منطقه، کارایی مطلوبی در طبقه‌بندی و تهیه نقشه پوشش زمین دارند. با توجه به اینکه یکی از مأموریت‌های اصلی این ماهواره نیز برداشت انواع مختلف پوشش زمین بوده است، نتایج مطالعه پیش‌رو در خصوص کارایی این تصاویر در تهیه نقشه پوشش زمین منطقی به‌نظر می‌رسد. قابلیت این تصاویر در نقشه‌برداری پوشش/کاربری زمین، پوشش گیاهی و پوشش جنگلی در مناطق مختلف جهان توسط پژوهشگران دیگر نیز به اثبات رسیده است (۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۵ و ۳۶) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از زحمات آقای دکتر مرادی که در عملیات میدانی کمک زیادی نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

- اسکندری، س. و ا. مرادی. ۱۳۹۱. کاربری اراضی و تحلیل عناصر چشم‌انداز روستای سیور از نظر زیست‌محیطی. محیط‌شناسی، ۳۸(۲): ۳۵-۴۴.
- امینی، م. ر.، ش. شتایی، ه. غضنفری و م. ه. معیری. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات گستره جنگل‌های زاگرس با استفاده از

مرتعی (مطالعه موردی: مرتع حوزه دویرج دهلران). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۲(۱): ۵۹-۷۲.

۱۱. فلاح، ا.، م. زبیری، ا. رحیمی پور سی سخت، و ح. نقوی. ۱۳۹۱. بررسی چهار روش نمونه برداری به منظور برآورد سطح

تاج پوشش در جنگل های بلوط زاگرس (مطالعه موردی: جنگل های مهران شهرستان یاسوج). تحقیقات جنگل و

صنوبر ایران، ۲۰(۲): ۱۹۴-۲۰۳.

۱۲. ملکی، د. ۱۳۸۹. مدل سازی توسعه شهری با استفاده از روش

آتوماتای سلولی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۲۲ صفحه.

۱۳. مهدوی، ع. و س. ر. فلاح شمسی. ۱۳۹۱. تهیه نقشه تغییرات

سطح جنگل با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر LISS-III ماهواره IRS (مطالعه موردی: شهرستان ایلام).

پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹(۱): ۷۷-۹۱.

۱۴. مهدوی، ع.، س. رنگین، ح. مهدی زاده، و و. میرزایی زاده. ۱۳۹۶. ارزیابی روند تغییرات پوشش جنگلی و تعیین مهم ترین

عوامل فیزیوگرافی مرتبط با تخریب جنگل ها در استان ایلام (مطالعه موردی: شهرستان سیروان). تحقیقات حمایت و

حفاظت جنگل ها و مراتع ایران، ۱۵(۱): ۱-۱۶.

۱۵. میرزایی زاده، و.، م. نیک نژاد، و ج. اولادی قادی کلایی. ۱۳۹۴. ارزیابی الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده غیرپارامتریک در

تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. نشریه سنجش ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی،

۶(۳): ۲۹-۴۴.

۱۶. نیازی، ی.، م. اختصاصی، ح. ملکی نژاد، و س. ز. حسینی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه

عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). جغرافیا و توسعه، ۲۰: ۱۱۹-۱۳۲.

۱۷. یوسفی، ص.، م. تازه، س. میرزایی، ح. ر. مرادی و ش. توانگر. ۱۳۹۳. مقایسه الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر

ماهواره ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور). نشریه سنجش ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۳): ۶۷-۷۶.

۱۸. Andrieu J. 2018. Land cover changes on the West-African coastline from the Saloum Delta (Senegal) to Rio Geba (Guinea-Bissau) between 1979 and 2015. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1):

عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: جنگل های آرمرده بانه). علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۲): ۱-۱۲.

۳. آرخی، ص.، ی. نیازی و ح. ابراهیمی. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی الگوریتم های طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی و درختی در

تهیه لایه کاربری اراضی با کمک داده های ETM⁺ (مطالعه موردی: حوزه دره شهر استان ایلام). فضای جغرافیایی، ۱۳(۴۴): ۴۷-۷۲.

۴. بزرافکن، ع.، ا.، م. پیرباوقار و پ. فاتحی. ۱۳۹۳. بررسی قابلیت داده های سنجنده Liss-III به منظور تهیه نقشه تراکم

تاج پوشش جنگل های زاگرس (مطالعه موردی جنگل های مریوان). مجله جنگل ایران، ۶(۴): ۳۸۷-۴۰۱.

۵. حیدریان، پ.، ک. رنگزن، س. ملکی و ا. تقی زاده. ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مقایسه پس

از طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: اراضی شهر تهران). نشریه سنجش ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی

در منابع طبیعی، ۴(۴): ۱-۱۰.

۶. داودی منظم، ز.، ع. حاجی نژاد، م. عباس نیا و س. پورهاشمی. ۱۳۹۳. پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک

سنجش ازدور (مطالعه موردی: شهرستان شهریار). نشریه سنجش ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی،

۵(۱): ۱-۱۳.

۷. دریکوندی، ا.، م. خسروی، م. تاسه و ا. حیدرپور منفرد. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات گستره جنگل های زاگرس میانی با

استفاده از تفسیر عکس های هوایی و بهره گیری از GIS (مطالعه موردی: منطقه کاکا رضای استان لرستان). اکوسیستم-

های طبیعی ایران، ۵(۴): ۹۵-۱۰۹.

۸. زبیری، م. ۱۳۸۶. بیومتری جنگل. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۵ صفحه.

۹. شتایی، ش. و ا. عبدی. ۱۳۸۶. تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق کوهستانی با استفاده از داده های سنجنده (منطقه مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم آباد لرستان). علوم کشاورزی

و منابع طبیعی، ۱۴(۱): ۱-۱۰.

۱۰. فتحی زاد، ح.، س. ر. فلاح شمسی، ع. مهدوی و ص. آرخی. ۱۳۹۴. مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه

عصبی مصنوعی آرتمپ فازی در استخراج نقشه پوشش

- modeling: thermal maps and vegetation indices to enhance land cover and surface microclimate mapping (part 1). *Journal of Spatial Hydrology*, 3(2): 325-338.
29. Mustafa A, Rienow A, Saadi I, Cools M, Teller J. 2018. Comparing support vector machines with logistic regression for calibrating cellular automata land use change models. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1): 391-401.
 30. Mustapha M, Lim H, Iafri MM. 2010. Comparison of Neural Network and Maximum Likelihood Approaches in Image Classification. *Journal of Applied Sciences*, 10(22): 2847-2854.
 31. Phan ThN, Kappas M, Degener J. 2017. Land cover classification using Sentinel-2 image data and random forest algorithm. *ICGRS 2017, Proceedings of The 19th International Conference on Geoscience and Remote Sensing*, 18-19 September, Rome, 613- 617.
 32. Puletti N, Chianucci F, Castaldi C. 2017. Use of Sentinel-2 for forest classification in Mediterranean environments. *Annals of Silvicultural Research*, doi: 10.12899/ASR-1463.
 33. Kumar R, Nandy S, Agarwal R, Kushwaha S. 2014. Forest cover dynamics analysis and prediction modeling using logistic regression model. *Ecological Indicators*, 45: 444-455.
 34. Stefanov WL, Ramsey MS, Christensen PR. 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(2): 173-185.
 35. Szostak M, Hawryło P, Piela D. 2018. Using of Sentinel-2 images for automation of the forest succession detection. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1): 142-149.
 36. Topaloglu RH, Sertel E, Musaoglu N. 2016. Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat8 data for land cover/use mapping. *Proceedings of The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B8, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July, Prague, 1055-1059.
 37. 314-325.
 19. Anonymous. 2006. *Erdas Imagine Tour Guide*. Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, USA. 758p.
 20. Çakır G, Sivrikaya F, Keleş S. 2008. Forest cover change and fragmentation using Landsat data in Maçka State Forest Enterprise in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137(1-3): 51-66.
 21. Chauhan H, Nayak S. 2005. Land use/land cover changes near Hazira Region, Gujarat using remote sensing satellite data. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*, 33(3): 413-420.
 22. Erbek FS, Özkan C, Taberner M. 2004. Comparison of maximum likelihood classification method with supervised artificial neural network algorithms for land use activities. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9): 1733-1748.
 23. ESA (European Space Agency). 2015. User guide of Sentinel-2 level-1C. Available at: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-1>.
 24. Hawryło P, Bednarz B, Węzyk P, Szostak M. 2018. Estimating defoliation of Scots pine stands using machine learning methods and vegetation indices of Sentinel-2. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1): 194-204.
 25. Immitzer M, Vuolo F, Atzberger C. 2016. First experience with Sentinel-2 data for crop and tree species classifications in central Europe. *Remote Sensing*, 8(166): 2-27.
 26. Inglada J, Arias M, Tardy B, Hagolle O, Valero S, Morin D, Dedieu G, Sepulcre G, Bontemps S, Defourny P. 2015. Assessment of an operational system for crop type map production using high temporal and spatial resolution satellite optical imagery. *Remote Sensing*, 7(9): 12356-12379.
 27. Jędrych M, Zagajewski B, Marcinkowska-Ochtyra A. 2017. Application of Sentinel-2 and EnMAP new satellite data to the mapping of alpine vegetation of the Karkonosze Mountains. *Polish Cartographical Review*, 49(3): 107-119.
 28. Melesse AM, Graham WD, Jordan JD. 2003. Spatially distributed watershed mapping and



Comparison of different algorithms for land cover mapping in sensitive habitats of Zagros using Sentinel-2 satellite image: (Case study: a part of Ilam province)

S. Eskandari^{1*}

1. Assist. Prof. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 November 2018

Accepted 8 April 2019

Available online 20 May 2019

Keywords:

Sentinel-2 satellite image

Support vector machine

Land cover

Ilam

ABSTRACT

The western forests and rangelands of Iran in Zagros habitats have mainly been destroyed by various reasons in recent years. The preparation of the land cover map in these sites is the first step to protect them and to prevent further destruction. The aim of this research was to select the best algorithm for land cover mapping in a part of Ilam site using the Sentinel-2 image. After providing Sentinel-2 the supervised classification of it was performed by seven different algorithms (maximum likelihood, minimum distance from the average, mahalanobis distance, spectral angle mapper, spectral correlation mapper, support vector machine, neural network). For accuracy assessment of the land cover maps, the stratified random points were created and found in the field. In the field visit, after determining the current land cover of each point in the plot area, the real land cover of each point was compared with the defined land cover of the same point in the pixel area based on classification results and the accuracy of the algorithms was evaluated. The results showed that the support vector machine algorithm had the highest accuracy in providing the land cover map with a general accuracy of 79% and a Kappa index of 0.70. The analysis of the land cover map obtained from this algorithm showed that the dense forest area was 319.64 ha, semi-dense forest area was 361.44 ha and sparse forest area was 1832.36 ha from the total area of the study area (16085.31 ha). Also, the rangeland area was 7352.78 ha, the garden area was 62.32 ha, the agricultural area was 658.42 ha and understorey agriculture was 4504.64 ha. For optimal management of this sensitive ecosystem, land cover mapping using this algorithm in certain temporal intervals is essential to investigate the forests and rangelands change and to control the human-made land uses.

* Corresponding author e-mail address: s.eskandari@rifr.ac.ir