

مقایسه تصاویر سنجنده‌های چند طیفی Sentinel 2 و Spot 5 به منظور تهیه نقشه تراکم پوشش مرتعی در استان لرستان (حوزه آبخیز کشکان میانی)

طاها منصوری^۱، جواد وروانی*^۲، حمید ترنج زر^۳، نوراله عبدی^۴، عباس احمدی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰)

چکیده

مراتع دارای ارزش‌های مختلفی هستند و از طرف دیگر دارای تغییرات بالای مکانی و زمانی هستند. بنابراین با توجه به تغییرات مداوم مراتع و همچنین جایگاه مراتع در اقتصاد و نقش آن در حفاظت آب و خاک، مطالعه و مدیریت مناسب مراتع اهمیت می‌یابد. به منظور ارزیابی قابلیت تصاویر چند طیفی ماهواره‌های Sentinel 2 و Spot 5 در تهیه نقشه تراکم مرتع، حوزه آبخیز کشکان میانی در استان لرستان انتخاب گردید. تصاویر با استفاده از نقاط کنترل زمینی و مدل رقومی ارتفاعی منطقه با دقت کمتر از ۰/۲۱ پیکسل تصحیح هندسی شدند. طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی به روش متوازی السطوح، حداقل فاصله، حداکثر احتمال و شبکه عصبی بر روی تصویر چند طیفی اصلی هر ماهواره و همچنین بر روی تصویر ادغام شده Spot 5 انجام شد و نقشه تراکم مرتع در سه طبقه تراکمی ۲۵-۵۰، ۵۰-۲۵ و ۵۰ درصد به بالا تهیه شد. به منظور صحت طبقه‌بندی، ۱۱۷ نقطه کنترل زمینی بر روی نقشه توپوگرافی منطقه مشخص و مختصات تعیین شده به دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) داده شد و مکان دقیق نقاط در منطقه مورد مطالعه تعیین و در نهایت نقشه واقعیت زمینی منطقه تهیه شد. بررسی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد که تصویر Spot 5 با ترکیب باندی PCA-۱-۳ و الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی با صحت کلی ۷۰/۵۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۶۵ نسبت به تصویر Sentinel 2 با ترکیب باندی PCA-۲-۸ و الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی با صحت کلی ۶۵/۷۲ و ضریب کاپا ۰/۰۸ نتیجه بهتری ارائه داده است. این تحقیق نشان داد که تصاویر ماهواره Spot 5 برای تهیه نقشه پوشش مرتع در سه طبقه تراکمی از کارایی بیشتری نسبت به تصاویر ماهواره Sentinel 2 برخوردار می‌باشند. از آنجا که فواصل عکس‌برداری هوایی از مناطق مرتعی در ایران زیاد است، می‌توان از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و طیفی مناسب برای تهیه نقش تراکم مرتع، کنترل و جلوگیری از تخریب مراتع در غرب کشور در سری‌های زمانی مشخص استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: طبقه‌بندی نظارت شده، چند طیفی، ترکیب باندی، صحت کلی، ضریب کاپا

منصوری ط.، وروانی ج.، ترنج زر ح.، عبدی ن.، احمدی ع. ۱۴۰۲. مقایسه تصاویر سنجنده‌های چند طیفی Sentinel 2 و Spot 5 به منظور تهیه نقشه تراکم پوشش مرتعی در استان لرستان (حوزه آبخیز کشکان میانی). تحقیقات کاربردی خاک صفحه: ۷۵-۸۷.

- ۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
 - ۲- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک (مکاتبه کننده)
 - ۳- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
 - ۴- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
 - ۵- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
- * پست الکترونیک: javad.varvani@yahoo.com

مقدمه

امروزه تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع داده برای تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و مرتعی شناخته می‌شوند (Thanh Noi & Kappas, 2017). کسب اطلاعات از مناطق وسیع مرتعی با روش‌های میدانی هزینه بر و زمان بر است. استفاده از موزاییک عکس‌های هوایی هر چند نقشه‌های بسیار دقیقی تولید می‌کند ولی تا حدودی زمان بر است. بنابراین لازم است از فنون ساده و کم هزینه، متناسب با شرایط منطقه و نوع اطلاعات مورد نیاز استفاده شود. در چنین مواردی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان راه حلی مناسب مطرح می‌گردد (Phiri *et al.*, 2020). تصاویر ماهواره‌ای به دلیل مزایایی مانند چند طیفی بودن، تصویربرداری در دوره‌های بسیار کوتاه مدت و در دسترس بودن امکان استخراج اطلاعات در سریع‌ترین زمان، بررسی روند تغییرات را امکان‌پذیر می‌کنند. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج اطلاعات پوشش گیاهی و تهیه نقشه سابقه طولانی دارد ولی یکی از معایب برخی تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی، قدرت تفکیک مکانی پایین آن‌ها است و دقت و زمان پردازش نقشه‌های کاربری-پوشش زمین با استفاده از تصاویر سنجنش از دور هنوز یک چالش برای جامعه سنجنش از دور است (Gómez *et al.*, 2016). لذا با توجه به تعدد سنجنده‌های چند طیفی، انتخاب تصویر مناسب می‌تواند باعث کاهش هزینه تهیه نقشه‌های ملی با دقت بالا گردد. همچنین با استفاده از فنون و تصاویر دورسنجی می‌توان نقشه‌های موضوعی مرتبط با علوم مرتع از جمله نقشه تراکم مرتع و نقشه مناطق احیا شده را تهیه کرد و تغییرات را نسبت به دوره زمانی قبلی مورد ارزیابی قرار داد. بر همین اساس، محققین زیادی به منظور بررسی پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای استفاده نموده و این تکنیک را مناسب مطالعات دینامیک پوشش گیاهی مرتع ارزیابی نموده‌اند (Abdi *et al.*, 2020). فتحی‌زاده و همکاران (Fathizad *et al.*, 2013) در تحقیقات خود از روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و روش حداکثر احتمال^۱ برای تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده نمودند و بیان داشتند این روش مناسب‌ترین روش برای تهیه نقشه کاربری و آشکارسازی تغییرات است. دلفان و همکاران (Delfan *et al.*, 2017) از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ و روش‌های طبقه‌بندی ناپارامتریک در تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه بسطام شهرستان سلسله استفاده کردند. نتایج

مراتع اولین حلقه از چرخه زنجیره غذایی و تداوم بخش حیات است (Mirdavoodi *et al.*, 2007). مراتع یکی از منابع طبیعی تجدید شونده هستند که دارای ارزش‌هایی در زمینه‌های تولید محصولات دامی، حفاظت خاک، تأمین آب، زیستگاه حیات وحش، تفریح و توریسم، محصولات فرعی نظیر گیاهان دارویی و رنگرزی، اکولوژیک، محصولات چوبی، حفظ ذخایر ژنتیکی گیاهی و جانوری، تأمین سوخت و غذا، زیستگاه موجودات و ذخیره کربن می‌باشند (Karami & Sharifi, 2020). علاوه بر ارزش‌های متفاوت مراتع و ضرورت بررسی آن، مرتع یک زیست بوم پویاست و در اثر ایجاد آشفتگی‌های محیطی و مدیریتی دچار تغییر می‌شود. همچنین مراتع مهم‌ترین بستر برای بقا و توسعه پایدار است. امروزه با توجه به اهمیت پایش اکوسیستم‌های طبیعی جهت رسیدن به توسعه پایدار، تهیه نقشه پوشش گیاهی، ارزیابی و بررسی روند تغییرات به مساله بسیار مهم و اساسی در مدیریت منابع طبیعی به طور عام و مراتع به طور خاص بدل شده است (Raufirad *et al.*, 2017). دخالت‌های بی‌رویه انسان مانند تبدیل اراضی با کاربری مرتع به دیم، ایجاد تأسیسات و شبکه راه‌ها، قطع اشجار، چرای مفرط دام‌های اهلی، بوته کنی و سایر موارد سبب تشدید سرعت تغییرات سطح زمین می‌شود. جهت اعمال مدیریت صحیح، علمی و منطقی پایش این تغییرات ضروری است (Han *et al.*, 2008).

پایش تغییرات پوشش گیاهی مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بررسی ارتباط آن با عوامل اقلیمی می‌تواند کمک قابل توجهی در مدیریت و بهره‌برداری بهینه از مراتع نماید. پایش مراتع این امکان را فراهم می‌کند که توسط مدیریت مرتع، تصمیماتی به منظور جلوگیری از تخریب خاک، شرایط گیاهان، حیوانات و پاسخ آن‌ها نسبت به فعالیت‌های انسانی و محیط زیست اتخاذ گردد (Lindenmayer & Likens, 2010). به منظور بررسی، پایش و تهیه نقشه تراکم پوشش مرتعی، دسترسی به داده‌های میدانی معمولاً دشوار، محدود و زمان‌بر است. داده‌های سنجنش از دور به دلیل یکپارچگی و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های ارزان در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات از قابلیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

از تصاویر ماهواره SPOT 6 به دست آوردند. نتایج شان داد که رابطه بین مقادیر زیست توده و شاخص‌های پوشش گیاهی یک رابطه خطی بوده و شاخص NDVI در سطح تمامی مناطق بیشترین سطح معنی‌داری و بالاترین ضریب همبستگی با زیست توده را داشته است.

مراعات کشور دارای ارزش‌های مختلفی هستند و از طرف دیگر دارای تغییرات بالای مکانی و زمانی هستند. بنابراین با توجه به تغییرات مداوم مراعات و همچنین جایگاه مراعات در اقتصاد کشور و نقش آن در حفاظت آب و خاک، مطالعه و مدیریت مناسب مراعات اهمیت می‌یابد. دستیابی به اطلاعات پایه‌ای به روز از مراعات نیازمند اندازه‌گیری مناسب و همچنین پایش متوالی آن‌ها است. چنین داده‌هایی هم برای برنامه‌ریزان کلان‌کشوری و هم برای بهره‌برداران از مراعات اهمیت فوق‌العاده دارد و از طرف دیگر زمینه را برای به کارگیری فناوری پیشرفته و به روز ارزیابی مراعات نظیر سنجش از دور فراهم می‌کند. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که ویژگی‌های تصاویر ماهواره‌ای، تیپ گیاهی، الگوریتم طبقه‌بندی و نیز منطقه مورد مطالعه بر روی استخراج تراکم پوشش گیاهی تأثیر فراوان دارد. هدف از مطالعه حاضر مقایسه تصاویر سنجنده‌های چند طیفی Sentinel 2 و Spot 5 به منظور تهیه نقشه تراکم پوشش مرعی در استان لرستان (حوزه آبخیز کشکان میانی) در سال ۱۳۹۸ بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۳۳۱۹۶ هکتار در موقعیت طول جغرافیایی 48° تا $30^{\circ} 07' 48''$ و عرض جغرافیایی $45^{\circ} 45'$ تا $30^{\circ} 52' 33''$ در استان لرستان و شهرستان-های دورود و سلسله واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارندگی و دمای سالیانه منطقه به ترتیب ۵۲۰ میلی‌متر و ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه نیز نیمه مرطوب می‌باشد. خاک‌های منطقه مورد مطالعه که دارای کاربری غالب مرتع می‌باشند در رده‌های آنتی‌سول و اینسپتی‌سول و زیر رده‌های Calcixerepts, Haploxerepts, Xerorthents و Xerofluvents طبقه‌بندی می‌شوند.

نشان داد روش شبکه عصبی^۱ با صحت کلی ۹۱/۷۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۳ نتایج بهتری در استخراج نقشه کاربری اراضی داشته است.

رودیاستاری و همکاران (Rudiastuti *et al.*, 2018) در تحقیقی با تولید نقشه زیست توده جنگل‌های حرا با استفاده از داده‌های Spot 6 در شرق لمبک کشور اندونزی به این نتیجه رسیدند که برآورد زیست توده انباشته در جنگل حرا برای ارزیابی بهره‌وری و پایداری، همچنین در آشکار کردن میزان احتمالی کربن که می‌تواند به صورت دی‌اکسید کربن در هنگام جنگل‌زدایی منتشر شود حائز اهمیت است. هونگ و همکاران (Huong *et al.*, 2017) در راستای تهیه نقشه کاربری و پوشش گیاهی در فصول مختلف با استفاده از چهار الگوریتم طبقه‌بندی از تصاویر سنتینل ۲ در محدوده منطقه داک نونگ ویتنام یازده کلاس استخراج نمودند. برای کل فصول و الگوریتم‌های طبقه‌بندی دقت کلی بین ۶۳/۹ تا ۸۰/۳ درصد و ضریب کاپا بین ۰/۶۱۱ تا ۰/۸۱۳ به دست آمد.

یوسفی و همکاران (Yousefi *et al.*, 2022) از تصاویر ماهواره Sentinel-2 و طبقه‌بندی نظارت شده (ماشین بردار پشتیبان)^۲ برای تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه مرکزی ایران استفاده کردند. چهار کلاس اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی، زمین‌های بایر و اراضی ساخته شده (مسکونی) استخراج شد. آن‌ها بیان کردند که استفاده از تصاویر Sentinel-2 و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای برنامه ریزی و مدیریت زیست محیطی می‌تواند قابل استفاده باشد. محرمی و سامانی (Moharrami & Samany, 2022) تهیه نقشه پوشش اراضی در شهر تبریز را با استفاده از تصویر ماهواره Sentinel-2 به دست آوردند. برای طبقه‌بندی از دو الگوریتم جنگل تصادفی^۳ و شبکه عصبی استفاده کردند و پنج کلاس: اراضی بایر، مناطق ساخته شده، راه، پوشش گیاهی و آب استخراج شد. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم شبکه عصبی با صحت کلی ۹۵/۲ درصد عملکرد بهتری را نسبت به الگوریتم جنگل تصادفی با صحت کلی ۹۳/۱ درصد ارائه کرد.

قنبری مطلق و همکاران (Ghanbari Motlagh *et al.*, 2020) برآورد زیست توده جنگل‌های هیرکانی را با استفاده

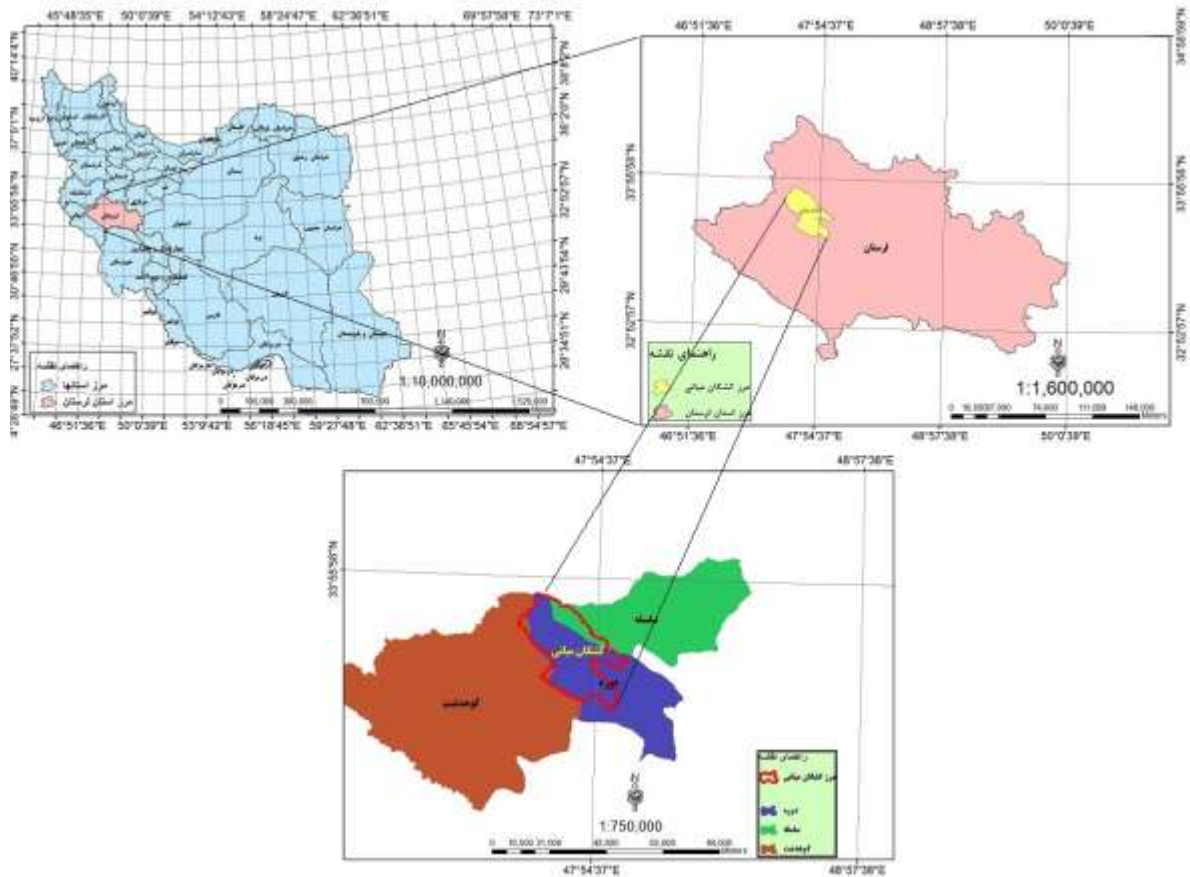
5Random forest

1Artificial neural network

2Overall accuracy

3Kappa coefficient

4Support Vector Machine



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area

۱۰ متر، باندهای ۵، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۲ دارای تفکیک مکانی ۲۰ متر و باندهای ۱، ۹ و ۱۰ دارای تفکیک مکانی ۶۰ متر هستند (جدول ۱). این ماهواره قدرت تفکیک رادیومتریک ۱۲ بیتی و قدرت تفکیک زمانی ۱۰ روزه ماموریت تصویربرداری از سطح زمین را بر عهده دارد (Mohamadi *et al.*, 2021). تصاویر ماهواره Sentinel 2 در ۱۲ اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۸ از سایت earthexplorer.usgs.gov دانلود شد. همچنین از داده‌های سنجنده HRG ماهواره Spot 5 که شامل چهار باند چند طیفی (سبزی، قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی) با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ و ۲۰ متر می‌باشد مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). داده‌های سنجنده HRG ماهواره Spot 5 نیز در ۲۵ اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۸ از سازمان نقشه‌برداری کشور خریداری شد. از ۲ شیت نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای شناسایی و بازدید از منطقه و کمک به تهیه نقشه واقعیت زمینی

منطقه مورد مطالعه دارای تیپ مرتعی، اراضی جنگلی، مناطق کشاورزی، مسکونی و مناطق صخره‌ای است. بیشتر اراضی منطقه مورد مطالعه نیز دارای شیب ۰ تا ۵٪ می‌باشد. بخش شمال و شمال شرقی منطقه را قلمرو زون ساختمانی زاگرس خرد شده و بخش جنوبی و غربی را قلمرو زاگرس چین خورده با طاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های منظم تشکیل می‌دهند. قدیمی‌ترین چینه‌های منطقه مطالعاتی را سنگ‌های دولومیتی آهکی مربوط به تریاس تشکیل می‌دهند.

روش تحقیق

در این تحقیق از تصاویر ماهواره Sentinel 2 که دارای مداری قطبی و از ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه است استفاده شد. این باندها از لحاظ تفکیک مکانی به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند. باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ دارای تفکیک مکانی

استفاده شد. دسترسی رایگان به داده‌ها و اطلاعات این تصاویر باعث شده است تا این ماهواره‌ها و داده‌های به دست آمده از آن از پتانسیل و قابلیت مناسبی در مطالعات سنجش از دور برخوردار باشند.

جدول ۱. مشخصات ماهواره Sentinel 2

Table 1. Characteristics of the Sentinel 2 satellite

Band	Resolution (m)	Central Wavelength (nm)	Description
B1	60	443	Ultra blue (Coastal and Aerosol)
B2	10	490	Blue
B3	10	560	Green
B4	10	665	Red
B5	20	705	Visible and Near Infrared (VNIR)
B6	20	740	Visible and Near Infrared (VNIR)
B7	20	783	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8	10	842	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8a	20	865	Visible and Near Infrared (VNIR)
B9	60	940	Short Wave Infrared (SWIR)
B10	60	1375	Short Wave Infrared (SWIR)
B11	20	1610	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20	2190	Short Wave Infrared (SWIR)

جدول ۲. مشخصات سنجنده HRG ماهواره Spot 5

Table 2. Characteristics of the HRG sensor of the Spot 5 satellite

Sensor	Band	Resolution (m)	Wavelength (nm)
HRG	Green	10	0.5-0.59
	Red	10	0.61-0.68
	NIR	10	0.79-0.89
	SWIR	20	1.55-1.75

بررسی کیفیت داده‌های ماهواره‌ای

قبل از به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه و تحلیل رقومی و تصحیح هندسی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری^۱ مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت رادیومتری داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده از نظر وجود خطاهای رادیومتری مانند راه‌راه شدگی زیر هم قرار نگرفتن دسته‌های خطوط اسکن و پیکسل‌های تکراری از طریق بزرگنمایی تصویر و بررسی هیستوگرام و آمار مربوط به آن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند و هیچگونه ناهنجاری در آن‌ها مشاهده نگردید. به منظور هم مرجع نمودن تصاویر به ماهواره‌ای با واقعیت زمینی، عمل تطابق هندسی تصاویر به روش غیر پارامتری و با استفاده از نقشه و نقاط کنترل زمینی صورت گرفت. برای این منظور ابتدا تعداد ۵۵ نقطه کنترل زمینی از روی نقشه رقومی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه انتخاب شدند و تطابق هندسی با استفاده از معادله

درجه اول و با RMSE برابر ۰/۲۱ پیکسل صورت گرفت. عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه انجام گردید. با روی هم‌گذاری عارضه خطی بر روی تصاویر مشخص شد که تصحیح هندسی به خوبی انجام شده است.

روش آماری آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)^۲

با توجه به امکان استفاده از قابلیت پردازش‌های مختلف روی تصاویر به همراه داده‌های اصلی در فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها، از پردازش‌های مختلف مانند انجام تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های هر دو سنجنده استفاده شده است که در این روش برای تجزیه داده‌ها به مؤلفه‌های اصلی از پارامترهای آماری باندهای مختلف استفاده می‌شود. در این روش با توجه به تعداد باندهای موجود اولیه و با در نظر گرفتن میزان همبستگی بین باندهای تصاویر جدیدی تولید شده، که باند اول دارای بیشترین حجم اطلاعات،

²Principal component analysis

¹Radiometric

می‌گیرد. اساس آن بر مشخصه‌های آماری نمونه‌های تعلیمی (نه تنها مقادیر میانگین و انحراف معیار برای هر باند در نظر گرفته می‌شود بلکه همبستگی بین باندها را نیز در نظر می‌گیرد) در فضای چند بعدی باندها است. این الگوریتم با محاسبه احتمال تعلق هر پیکسل به طبقات مختلف، پیکسل را به طبقه‌ای اختصاص می‌دهد که دارای بیشترین احتمال باشد.

شبکه عصبی: شبکه‌های عصبی روش‌های محاسباتی نوینی برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده بهم پیوسته با نام نرون تشکیل شده که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می‌کنند و توسط سیناپس‌ها اطلاعات را منتقل می‌کنند.

تهیه نقشه واقعیت زمینی

برای بررسی صحت طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، وجود نقشه واقعیت زمینی به منظور مقایسه ضروری است. در این تحقیق نقشه واقعیت زمینی با استفاده از روش نمونه‌برداری سیستماتیک-خوشه‌ای تهیه گردید. در این روش شبکه‌ای اصلی به ابعاد $1000 * 1000$ متر در محل تقاطع خطوط UTM نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ طراحی و بر این اساس تعداد ۱۱۷ قطعه نمونه برداشت شد که موقعیت مکانی مراکز قطعه نمونه با استفاده از دستگاه GPS ثبت و در دو جهت شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در هر قطعه نمونه برداشت گردید (شکل ۲). همچنین درصد پوشش مرتعی در قطعه نمونه با در نظر گرفتن مساحت قطعه نمونه محاسبه و با توجه به تعریف سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در سه طبقه تراکمی ۲۵-۵۰، ۵۰-۲۵ و ۵۰ درصد به بالا طبقه‌بندی گردید (Abdolahi & Joybari, 2012).

بیشترین انحراف معیار و واریانس می‌باشد و به همین ترتیب این مقادیر در باندهای بعدی کاهش یافته است. در این تحقیق بعد از تولید تصاویر موجود بر اساس تجزیه مؤلفه-های اصلی اولین باند که دارای بیشترین حجم اطلاعات می‌باشد برای استفاده در به دست آوردن بهترین ترکیب باندی و استفاده در طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت.

طبقه‌بندی و تهیه نقشه تراکم مرتع

پس از انتخاب نمونه‌های آموزشی مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره‌ای و با شناخت از منطقه و با استفاده از اطلاعات جنبی و بر روی تصویر رنگی، طبقه‌بندی تراکم مرتع صورت گرفت. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم-های طبقه‌بندی^۱ به روش متوازی السطوح^۲ حداقل فاصله^۳ حداکثر احتمال و شبکه عصبی با استفاده از مجموعه باندی مناسب صورت گرفت.

الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

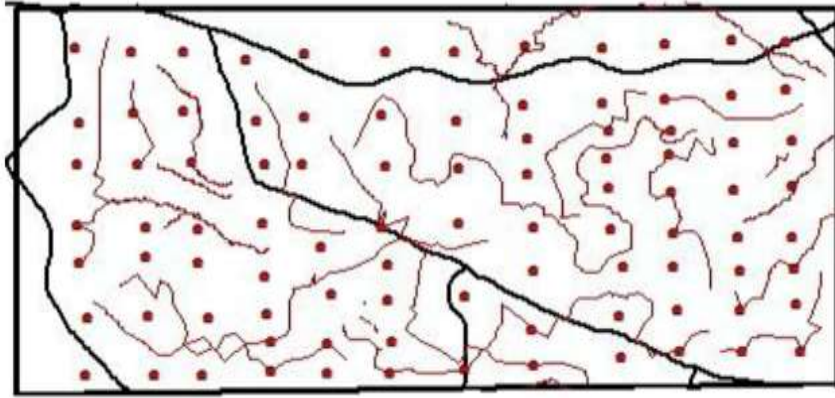
طبقه‌بندی متوازی السطوح: این طبقه‌بندی بر اساس میزان واریانس طیفی طبقات و با تعیین حداقل و حداکثر محدوده ارزش‌های طیفی هر طبقه به صورت متوازی السطح عمل می‌کند. هر پیکسلی که در محدوده طیفی طبقه‌ای قرار گیرد به آن تعلق می‌گیرد و پیکسل‌هایی که در محدوده هیچ طبقه‌ای قرار نگیرد بدون طبقه‌بندی می‌مانند.

طبقه‌بندی حداقل فاصله: این طبقه‌بندی کننده بر اساس میانگین نمونه‌های تعلیمی طبقات و فاصله هر پیکسل از میانگین‌ها در فضای چند باندی عمل می‌کند. بدین ترتیب که با محاسبه فاصله طیفی یکایک پیکسل‌ها از میانگین طبقات، هر پیکسل به طبقه‌ای تعلق می‌گیرد که کمترین فاصله را با آن داشته باشد.

طبقه‌بندی حداکثر احتمال: این الگوریتم به عنوان دقیق-ترین و رایج‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی مورد استفاده قرار

3minimum distance

1classification algorithms
2parallelepiped



شکل ۲. نقشه پراکنش نقاط واقعیت زمینی بر روی نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه
Figure 2. The distribution map of ground reality points on the topographic map of the study area

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+j})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+j})} \quad (2)$$

که در آن K ضریب کاپا، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum x_{ii}$ مجموع درآیه‌های قطر اصلی ماتریس خطا، x_{i+} مجموع سطر i ام در ماتریس خطا و x_{+j} مجموع ستون j ام در ماتریس خطا می‌باشد. در مواردی که مقایسه صحت طبقه‌بندی مورد توجه است از ضریب کاپا استفاده می‌شود. دامنه کاپا بین صفر و یک می‌باشد که عدد یک نشان دهنده همسویی صد درصد نقشه طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی است (Jensen, 2015). در این تحقیق از نرم افزار ENVI 5.3 برای پردازش، طبقه‌بندی تصاویر و ارزیابی صحت استفاده شد.

نتایج و بحث

نقشه واقعیت زمینی

با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و نقاط کنترل زمینی و آشنایی به وضعیت منطقه، نقشه واقعیت زمینی در سه کلاس مرتع (۲۵-۵۰)، (۵-۲۵)، و ۵۰ درصد به بالا تهیه شد (شکل ۳).

بررسی صحت

به منظور ارزیابی صحت، نتایج حاصل از طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای با نقشه واقعیت زمینی و نقاط کنترل مورد مقایسه قرار گرفتند و جدول‌های خطا برای ارزیابی مقادیر خطا تشکیل گردید. ارزیابی صحت با استفاده از معیارهای صحت کلی و ضریب کاپا انجام گرفت. صحت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$O. A. = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ij}}{N} \quad (1)$$

که در آن C تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E اعضای قطری ماتریس خطا و $O.A.$ دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد (Jensen, 2015). دقت کلی یکی از ساده‌ترین پارامترهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه ندارد.

ضریب کاپا یک شاخص آماری است که از ماتریس خطا به دست می‌آید و صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی بیان می‌کند. معادله محاسبه ضریب کاپا به صورت زیر است:



شکل ۳. نقشه واقعیت زمینی مناطق مرتعی در سه کلاس تراکمی
Figure 3. Ground reality map of rangeland areas in three density classes

Spot 5 به دست آمد که در شکل ۴ ارائه شده است. تفاوت میزان تفکیک پذیری طبقات در تصاویر مختلف می‌تواند ناشی از دامنه طیفی متفاوت باندها، تداخل طیفی باندهای تصاویر، اختلاف ویژگی‌های آماری ارزش‌های عددی نمونه-ها در تصاویر و الگوریتم‌های طبقه‌بندی باشد (Sekovski *et al.*, 2014). پاک‌خصال و اسلام بنیاد (Pakkhesal and Bonyad, 2013) طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش جنگل‌های خزری را با استفاده از داده‌های سنجنده Landsat ETM⁺ مورد بررسی قرار دادند و نقشه تراکم تاج پوشش در طبقه‌های ۲۵-۵، ۲۵-۵۰، ۲۵-۷۵، ۷۵-۱۰۰ درصد و یک طبقه فاقد جنگل تهیه شد. از بین نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی مرتع به سه طبقه تراکمی، در تصویر Sentinel 2 نقشه حاصل از طبقه‌بندی شبکه عصبی با ترکیب باندی ۲-۸-۱-۲ و با صحت کلی ۶۵/۷۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۰۸ و در تصویر Spot 5 نقشه حاصل از شبکه عصبی با ترکیب باندی ۳-۱-۲-۱-۳ و با صحت کلی ۷۰/۵۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۶۵ دارای بیشترین صحت بودند (جدول ۳). بذرافکن و همکاران (Bazrafkan *et al.*, 2014) الگوریتم‌های طبقه‌بندی متوازی السطوح، حداقل فاصله از میانگین، حداکثر

برای استفاده مطلوب از داده‌های چند طیفی، لازم است تا بهترین ترکیب باندی مشخص شود. در این راستا با توجه به اینکه در روش فاکتور شاخص بهینه^۱ برخلاف فاکتور آنالیز که فقط از ضریب همبستگی استفاده می‌شود، از ضریب همبستگی و واریانس استفاده می‌شود، لذا برای به دست آوردن بهترین ترکیب باندی از روش فاکتور شاخص بهینه استفاده شد و با در نظر گرفتن چهار باند اصلی موجود و همچنین ادغام آن‌ها با باند اول از باندهای حاصل از تولید تصویر به روش آماری آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تصاویر Sentinel 2 و Spot 5 با پنج باند تولید شد که بهترین ترکیب باندی استخراج شده برای Sentinel 2 ۲-۴-۸ و با در نظر گرفتن باند PCA ترکیب ۸-۴-۱-۳ و برای Spot 5 ترکیب ۱-۲-۴-۱ و با در نظر گرفتن باند PCA ترکیب ۱-۲-۳-۱-۲ می‌باشد.

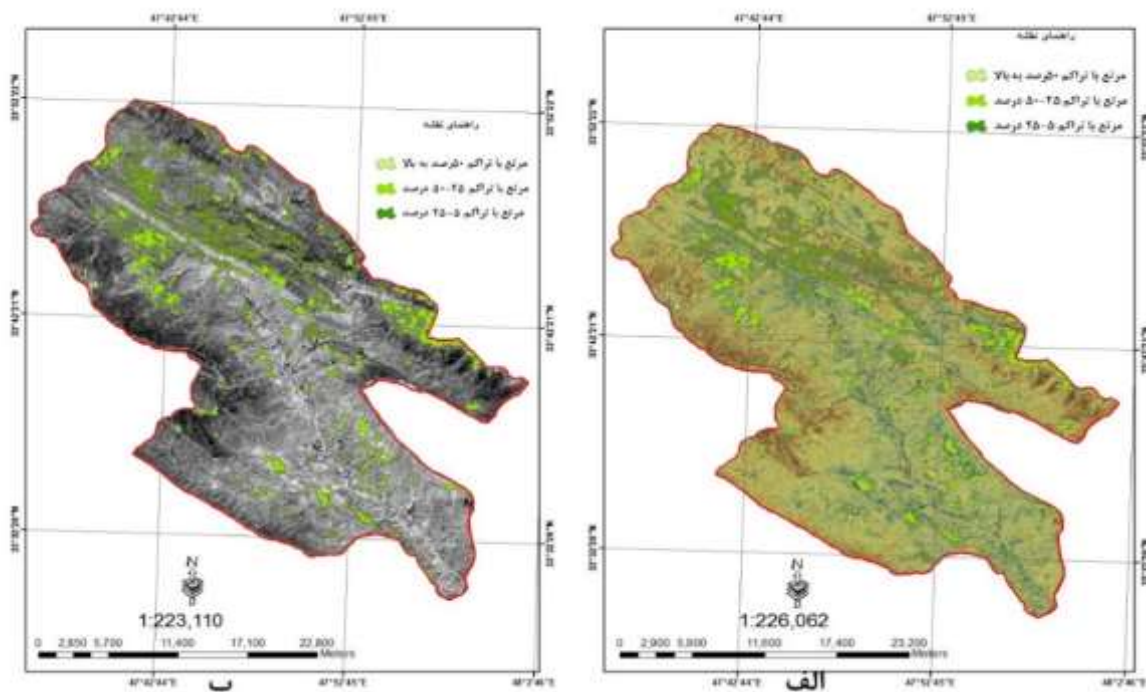
طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

پس از انتخاب مناسب‌ترین ترکیب باندی و استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نقشه طبقه‌بندی مناطق مرتعی به سه طبقه تراکمی (۲۵-۵ درصد، ۲۵-۵۰ درصد و مرتع با تراکم ۵۰ درصد به بالا) با استفاده از تصاویر Sentinel 2 و

1 optimal index factor

الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی تهیه کردند. نتایج نشان داد که صحت کلی نقشه طبقه‌بندی شده ۸۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۶ است. همچنین نویسندگان بیان داشتند که صحت کلی طبقه‌بندی شبکه عصبی ۵/۰ و ۱۴/۰ به ترتیب در مقایسه با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال بهبود پیدا کرد.

احتمال و شبکه عصبی را برای تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل‌های زاگرس به کار بردند. طبقه‌بندی با سه طبقه تراکمی (تنک، نیمه انبوه و انبوه) انجام گرفت و بیشترین صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب معادل ۷۸/۴۷ درصد و ۰/۶۶ با روش شبکه عصبی به دست آمد. هو و همکاران (Hu *et al.*, 2018) نقشه پوشش گیاهی کینگهوانگداو در چین را با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat 8 و بر اساس



شکل ۴. طبقه‌بندی مناطق مرتعی به سه طبقه تراکمی الف: تصویر Sentinel 2 و ب: Spot 5

Figure 4. Classification of rangeland areas into three density classes A: Sentinel 2 image and B: Spot 5

جدول ۳. نتایج برآورد صحت حاصل از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی در تصاویر Sentinel 2 و Spot 5

Table 3. Accuracy estimation results of different classification algorithms in Sentinel 2 and Spot 5 images

images	parallel		Minimum distance		Maximum likelihood		Neural network	
	overall accuracy (%)	kappa coefficient	overall accuracy (%)	kappa coefficient	overall accuracy (%)	kappa coefficient	overall accuracy (%)	kappa coefficient
Sentinel 2	51.18	0.06	21.22	-0.18	36.82	0.06	65.72	0.08
Spot 5	60.85	-0.02	50.32	0.08	51.82	0.1	70.53	0.65

صورت زیر است: طبقه دوم با تراکم ۵۰-۲۵ درصد (مساحت ۲۲۹۶۲) هکتار < طبقه اول با تراکم ۲۵-۵ درصد (مساحت ۹۸۰۴) هکتار < طبقه سوم با تراکم ۵۰ درصد به بالا با مساحت (۴۳۰) هکتار (جدول ۴). بر این اساس بیشترین سطح منطقه مورد مطالعه دارای تراکم مرتعی ۲۵-۵۰ درصد است. بنابر این ضروری است گام‌های جدی

با توجه به صحت کلی (۷۰/۵۳) و ضریب کاپا (۰/۶۵) الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی در تصویر Spot 5 در جدول ۳ می‌توان بیان کرد که تصویر این ماهواره برای تولید نقشه پوشش مرتعی در سه طبقه تراکمی از صحت بالاتری برخوردار است. بر اساس نقشه طبقه‌بندی حاصل از تصاویر Spot 5 مساحت هر یک از طبقات تراکم مرتع به

بهتری می‌رسیم انجام گرفت. از فیلتر نما 3×3 به روش میانگین در تصویر طبقه‌بندی شده Sentinel 2 و Spot 5 در محدوده مورد نظر استفاده شد (جدول ۵). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت تصاویر طبقه‌بندی شده ماهواره Spot 5 از تک پیکسل منفرد بیشتری نسبت به تصاویر Sentinel 2 برخوردار هستند.

توسط ارگان‌های مختلف نظیر سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور با حمایت سایر دستگاه‌های تصمیم‌گیر برای حفظ و احیای مراتع و جلوگیری از تخریب این اکوسیستم‌های ارزشمند گام‌های اساسی برداشته شود (Motamedi *et al.*, 2020). پس از اتمام طبقه‌بندی با استفاده از دستور فیلتر نما مقایسه جهت اینکه آیا به نتایج

جدول ۴. مساحت هر یک از طبقات تراکم مرتع حاصل از الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی با استفاده از تصویر Spot 5

Table 4. The area of each rangeland density class resulting from neural network classification algorithm using Spot 5 image

Rangeland density	Area (ha)
5-25 %	9804
25-50 %	22962
> 50 %	430

جدول ۵. مقایسه نتایج حاصل در طبقه‌بندی مرتع به سه طبقه تراکمی و استفاده از فیلتر نما

Table 5. Comparison of the results obtained in the classification of rangeland into three density classes and the use of filter

Image classification	overall accuracy (%)	kappa coefficient
Sentinel 2 using 3*3 filter Majority	67.35	0.1
Spot 5 using 3*3 filter Majority	71.61	0.23

با Sentinel 2 نتایج بهتری را برای طبقه‌بندی تراکم مرتع نشان می‌دهد. بیشترین سطح منطقه مورد مطالعه نیز دارای تراکم مرتعی ۵۰-۲۵ درصد است. نقشه طبقه‌بندی تراکم مرتع می‌تواند به عنوان نقشه پایه برای مدیریت اصولی جهت بهره‌برداری از مراتع، کاهش فشار بر مراتع و در نهایت کاهش تخریب مراتع مورد استفاده قرار گیرد و با توجه به این‌که تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش وسیع و امکان دسترسی در اسرع وقت می‌توانند به عنوان راه حلی مناسب جهت تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و مرتع مورد استفاده واقع شوند و ارزیابی و کنترل و پایش مراتع در دوره‌های زمانی مشخص به کار گرفته شوند.

نتیجه‌گیری کلی

مقایسه تصاویر سنجنده‌های چند طیفی Sentinel 2 و Spot 5 در تهیه نقشه تراکم پوشش مرتعی در استان لرستان (حوزه آبخیز کشکان میانی) نشان داد که در هر دو تصویر الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی نسبت به دیگر الگوریتم‌ها دارای بیشترین صحت بود. با توجه به صحت کلی (۷۰/۵۳) و ضریب کاپا (۰/۶۵) الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی در تصویر Spot 5 می‌توان بیان کرد که تصویر این ماهواره برای تولید نقشه پوشش مرتعی در سه طبقه تراکمی از صحت بالاتری برخوردار است. استفاده از قابلیت طیفی، از اهمیت بیشتری نسبت به قابلیت تفکیک مکانی برخوردار است و به همین علت تصاویر Spot 5 در مقایسه

References

- Abdi, A.M. 2020. Land cover and land use classification performance of machine learning algorithms in a boreal landscape using Sentinel-2 data. *GIScience & Remote Sensing*, 57 (1):1-20.
- Abdollahi H., and Joybari. 2012. Comparative evaluation of IRS-P6-LISS-III and LISS IV images for canopy cover mapping of Zagros forests (Case Study: Javanroud Forests). *Journal of Wood & Forest Science and Technology*. 19 (1): 43-60. (In Persian)
- Bazrafkan A., Bavaghar M.P., and Fathi P. 2014. Capability of Liss III data for forest canopy density mapping in Zagros forests (Case study: Marivan Forests). *Iranian Journal of Forest*. 6 (4): 387-401. (In Persian)
- Delfan E., Naghavi H., Maleknia R., and Noraldini A. 2017. Investigating the effectiveness of Sentinel 2 satellite images and non-parametric classification methods in preparing land use maps. *The first national conference on applied research in science and engineering*. 1-12. (In Persian)
- Fathizad H., Nohegar A., Faramarzi M., and Tazeh M. 2013. An Investigation of Changes in land Use According to the Analysis of Landscape Ecology Metrics by Using Remote Sensing and GIS in Arid and Semi-arid Region of Dehloran. *Town and country planning*, 5 (1): 79-99. (In Persian)
- Ghanbari Motlag M., Babaie Kafaky S., Mataji A., and Akhavan R. 2020. Estimation of Forest Above Ground Biomass in Hyrcanian Forests Using Satellite Imagery. *Scientific & Research Journals Management System*. 22 (5): 1-13. (In Persian).
- Gómez C., White J.C., and Wulder, M.A. 2016. Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116: 55-72.
- Han, A.J.G., Zhange, Y. J., Wang, B C. J., W. M., BaiC. Y. R. Wang D, and Han, B. (2008). Rangeland degradation and restoration management in China. *The Rangeland Journal*, 30: 233-239.
- Hu Y., Zhang Q., Zhang, Y., and Yan H. 2018. A deep convolution neural network method for land cover mapping: A case study of Qinhuangdao, China. *Remote Sensing*, 10 (12): 1-16.
- Huong N.T.T., Tuan T.A., Thach V.T., and Tin H.C. 2017. A review of seagrass studies by using satellite remote sensing data in the Southeast Asia: status and potential. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55 (4C): 148-154.
- Jensen, J.R. 2015. Digital Image Processing, 4th Edition, University of South Carolina.
- Karami Z., Sharifi Z. 2020. Assessment Effect of Land Use Change from Rangeland to Rainfed Wheat on Soil Physical and Chemical Properties Using Soil Quality Index. *Applied Soil Research*, 8(2): 201-213. (In Persian)
- Lindenmayer D.B., and Likens G.E. 2010. The science and application of ecological monitoring. *Biological. Conservation*. 143, 1317–1328.
- Mirdavoodi H.R., Zahedi H., Shakoei M., and Tourkan J. 2007. Relationships between the most important ecological factors and rangeland vegetative using multivariate data analysis methods. (case study :South of Markazi province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 13 (3): 201-211. (In Persian)
- Mohamadi P., Ahmadi A., Feyzizadeh B., Jafarzadeh A.A and Rahmati M. 2021. Evaluation of pixel and object-oriented classification techniques for detection and zoning of erosion lands using sentinel-2 remote sensing data (case study: Lighvan watershed). *Applied Soil Research*. 9 (1): 28-40. (In Persian)
- Moharrami M., and Neysani Samany N. 2022. Comparative assessment of Deep Learning and Random Forest methods for urban land cover classification (A case study Tabriz city). *Journal of Geomatics Science and Technoligy*. 11 (4): 11-23. (In Persian)
- Motamedi J., Jalili A., Arzani H., and Khodaghohi M. 2020. Causes of rangeland degradation in the country and solutions to get out of the current situation. *Journal of IRAN NATURE*. 5(4): 21-44. (In Persian).
- Pakkhesal E., and Bonyad A.E. 2013. Classification and delineating natural forest canopy density using FCD model (Case study: Shafarud area of Guilan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21 (1): 99-114 (In Persian)
- Phiri D., Simwanda M., Salekin S., Nyirenda V.R., Murayama Y., and Ranagalage, M. 2020. Sentinel-2 data for land cover/use mapping: a review. *Remote Sensing*, 12(14): 1-35.
- Raufirad V., sabouhi R., shojae G., and bagheri., S. 2017. Study on the relationship between rangeland size, number of animal units and rangeland users with range condition (Case study: Range

- management plans of Isfahan province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24 (1): 57-66. (In Persian)
- Rudiastuti A.W., Yuwono, D.M., and Hartini S. 2018, June. Mangrove mapping using SPOT 6 at East Lombok Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65 (1): 1-12.
- Sekovski I., Stecchi F., Mancini F., and Del Rio, L. 2014. Image classification methods applied to shoreline extraction on very high-resolution multispectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 35 (10): 3556-3578.
- Thanh Noi P., and Kappas, M. 2017. Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector machine classifiers for land cover classification using Sentinel-2 imagery. *Sensors*, 18(1): 1-18.
- Yousefi S., Mirzaee S., Almohamad H., Al Dughairi A.A., Gomez C., Siamian N., Alrasheedi M. and Abdo, H.G. 2022. Image classification and land cover mapping using sentinel-2 imagery: optimization of SVM parameters. *Land*, 11(7): 1-14.

Comparison of Multi-Spectral Satellite Images of Spot5 and Sentinel 2 for Mapping of Rangeland Vegetation Covers Density in the Middle Kashkan Basing (Lorestan Province)

Taha mansouri¹, Javad Varvani^{2*}, Hamid Toranjzar³, Nourollah Abdi⁴, Abbas Ahmadi⁵

(Received: September, 2022

Accepted: December, 2022)

Abstract

The values of rangeland vary, and there are significant temporal and spatial changes. Since rangeland are constantly changing, they play a crucial role in the economy and in the protecting the land and water. So it is crucial to grasp them and manage them properly. The middle "Kashkan" watershed in the "Lorestan" province was chosen in order to assess the capability of multi-spectral pictures from Sentinel 2 and Spot 5 satellites in creating rangeland density maps. Using ground control points and the region's digital height model, the photos were geometrically adjusted with an accuracy of less than 0.21 pixels. On the primary multispectral image of each satellite as well as the integrated image of Spot 5 and the rangeland density map, supervised classification utilizing the parallelepiped, minimum distance, maximum likelihood, and neural network classification techniques was carried out. Three density classes—5–25, 25–50, and 50% and above—were prepared for it. 117 ground control points were located on the topographic map of the area in question in order to measure the classification's accuracy. The global positioning system (GPS) was then used to pinpoint the locations of the points in the study area, and the ground reality map of the region was created using the determined coordinates. The Spot 5 image with PCA-3-1 band composition and a neural network classification algorithm, which had an overall accuracy of 70.53% and a Kappa coefficient of 0.65 compared to the Sentinel 2 image with PCA-8-2 band composition and a neural network classification algorithm, which had an overall accuracy of 65.72 and a Kappa coefficient of 0.08, produced better results, according to a study that examined the accuracy of classified images. This study showed that Spot 5 satellite photos outperform Sentinel 2 satellite images when creating rangeland coverage maps with three different densities. It is possible to use satellite images with spatial and spectral resolution suitable for creating a map of rangeland density and regulating and trying to prevent the destruction of rangeland in the west of the country over a certain period of time because the distances for aerial photography of rangeland areas in Iran are great.

Keywords: Supervised classification, Multispectral, Band composition, Overall accuracy, Kappa coefficient

Mansouri T., Varvani J., Toranjzar H., Abdi N. and Ahmadi A. 2023. Comparison of multi-spectral Satellite images of Spot5 and Sentinel 2 for mapping of rangeland vegetation covers density in the middle Kashkan basing (lorestan province). *Applied Soil Research*. 11(3):75-87.

1. Ph.D. Student, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Branch of Arak

2. Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Branch of Arak

3. Assistant. Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Branch of Arak

4. Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Branch of Arak

5. Assistant. Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Branch of Arak

* Corresponding Author Email: javad.varvani@yahoo.com