



Efficiency of different land use/land cover mapping methods in Kasilian representative watershed

Faezeh Kamari Yekdangi¹ | Fatemeh Sarouneh² | Abdulvahed Khaledi Darvishan^{3*} | Vahid Moosavi⁴ | Soheila Aghabeigi Amin⁵

1. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: faezeh.kamari1997@gmail.com
2. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: fatemeh.saroneh@gmail.com
3. Corresponding Author, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: a.khaledi@modares.ac.ir
4. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: v.moosavi@modares.ac.ir
5. Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: s.aghabeigi@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received May 12, 2023
Revised June 12, 2023
Accepted July 13, 2023
Published online 12 December 2023

Keywords:
*Accuracy assessment,
Landsat sensor,
Neural Network,
Support Vector Machine,
Visual interpretation.*

ABSTRACT

In line with the study of land use and land cover, remote sensing technology has been welcomed by many researchers as a source of spatial information production and suitable tools, which shows the accuracy and validity of these maps. The purpose of this research is to evaluate and compare the accuracy of preparing land use maps using two methods of remote sensing and one method of visual interpretation of Google Earth images in the Kasilian representative watershed. In this research, after taking educational samples using Google Earth software and implementing them on the Landsat 9 image of 2021, classification of images was done in ENVI software, and the land use map was prepared based on training samples, Neural Network and SVM methods. In the method of visual interpretation, all land uses in Google Earth images were manually digitized and a land use map was obtained. Then, the accuracy of the map was checked for all three methods and the results showed that the map obtained from visual interpretation of Google Earth images with overall accuracy and Kappa coefficient of 100% was in agreement with the ground reality compared to Neural Network and SVM methods with overall accuracies of 87.6% and 88.2% and Kappa coefficients of 76% and 77.8%, respectively. However, due to the time-consuming visual interpretation method, especially for large watersheds, and the acceptable accuracy of Neural Network and SVM methods, it is suggested to use advanced methods to prepare land use maps, especially in large watersheds.

Cite this article: Kamari Yekdangi, F.; Sarouneh, F.; Khaledi Darvishan, A.; Moosavi, V. & Aghabeigi Amin, S.. (2023). Efficiency of different land use/land cover mapping methods in Kasilian representative watershed. *ECO HYDROLOGY*.10 (3), 321-334. Doi: doi.org/10.22059/ije.2023.361471.1743



© Faezeh Kamari Yekdangi, Fatemeh Sarouneh, Abdulvahed Khaledi Darvishan, Vahid Moosavi, Soheila Aghabeigi Amin **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/ije.2023.361471.1743>



انتشارات دانشگاه تهران

کارایی روش‌های مختلف تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی در حوضه آبخیز معرف کسلیان

فائزه کمری یکدانگی^۱ | فاطمه سارونه^۲ | عبدالواحد خالدی درویشان^{۳*} | وحید موسوی^۴ | سهیلا آقاییگی امین^۵

۱. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایانامه: faezeh.kamari1997@gmail.com

۲. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایانامه: fatemeh.saroneh@gmail.com

۳. نویسنده مسئول، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایانامه: a.khaledi@modares.ac.ir

۴. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایانامه: v.moosavi@modares.ac.ir

۵. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: s.aghabeigi@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

کلیدواژه:

تفسیر چشمی،

سنجنده Landsat

شبکه عصبی،

صحت‌سنجی،

ماشین بردار پشتیبان.

در راستای مطالعه کاربری و پوشش زمین، فناوری سنجش از دور به عنوان منشأ تولیدی اطلاعات مکانی و ابزارهای مناسبی که دارد، مورد استقبال بسیاری از پژوهشگران قرار گرفت که دقت و صحت این نقشه‌ها اعتبار و قابلیت کارایی آن‌ها را نشان می‌دهد. هدف از انجام تحقیق حاضر، ارزیابی و مقایسه صحت تهیه نقشه کاربری اراضی به دو روش سنجش از دور و یک روش تفسیر چشمی تصاویر Google Earth در حوضه آبخیز معرف کسلیان است. در تحقیق حاضر پس از برداشت نمونه‌های تعلیمی با استفاده از نرم‌افزار Google Earth و پیاده‌سازی روی تصویر Landsat ۹ مربوط به سال ۲۰۲۱، طبقه‌بندی تصاویر در نرم‌افزار ENVI انجام شده و نقشه کاربری اراضی بر اساس نمونه‌های آموزشی و روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان تهیه شد. در روش تفسیر چشمی تمام کاربری‌ها در تصاویر Google Earth به صورت دستی رقومی شد و نقشه کاربری اراضی به دست آمد. سپس صحت‌سنجی نقشه برای هر سه روش صورت گرفت و نتایج نشان داد نقشه حاصل از تفسیر چشمی تصاویر Google Earth با صحت کلی و ضریب Kappa ۱۰۰ درصد نسبت به روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی به ترتیب ۸۷/۶ و ۸۸/۲ درصد و ضریب Kappa به ترتیب ۷۶ و ۷۷/۸ درصد، به واقعیت زمینی نزدیک‌تر بود. با این حال به دلیل زمان‌بر بودن روش تفسیر چشمی به‌ویژه برای آبخیزهای بزرگ و صحت قابل قبول روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان، پیشنهاد می‌شود که به‌ویژه در آبخیزهای بزرگ برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش‌های نوین استفاده شود.

استناد: کمری یکدانگی، فائزه؛ سارونه، فاطمه؛ خالدی درویشان، عبدالواحد؛ موسوی، وحید و آقاییگی امین، سهیلا (۱۴۰۲). کارایی روش‌های مختلف تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی در حوضه آبخیز معرف کسلیان. *آب هیدرولوژی*، ۱۰ (۳) ۳۲۱-۳۳۴.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ije.2023.361471.1743>

© فائزه کمری یکدانگی، فاطمه سارونه، عبدالواحد خالدی درویشان، وحید موسوی و سهیلا آقاییگی امین

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ije.2023.361471.1743>



۱. مقدمه

فعالیت‌های انسانی همچون تخریب پوشش گیاهی، توسعه کشت نادرست و روش‌های نامناسب کشاورزی، فرایندهای طبیعی را تغییر داده است [۱]؛ که این خود موجب تغییر در کارایی و کاربری زمین می‌شود. کاربری اراضی به شیوه‌ای گفته می‌شود که زمین توسط انسان‌ها و زیستگاه آن‌ها با تأکید بر نقش عملکردی زمین در فعالیت‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲]. نقشه کاربری اراضی یکی از عوامل اساسی در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت محیط زیست است و اطلاع از تغییرات کاربری اراضی و بررسی علل و عوامل آن‌ها در یک دوره زمانی از موضوعات مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران است [۳].

شناخت و درک تغییرات کاربری اراضی و عوامل اثرگذار آن از ارکان اصلی توسعه و برنامه‌ریزی پایدار اراضی به شمار می‌رود [۴ و ۵]. پس به‌یانی، تغییرات کاربری اراضی در نتیجه فعالیت‌های انسانی از سویی می‌تواند بر یکپارچگی سامانه منابع طبیعی و خروجی و خدمات بوم‌سازگان‌های اثر بگذارد و از سوی دیگر، با برنامه‌ریزی دقیق و توسعه الگوهای جدید کاربری می‌تواند در افزایش رفاه بشر نقش مؤثری داشته باشد [۶].

امروزه فن‌سنجش از دور^۱، امکانات مناسبی را برای استخراج نقشه‌های کاربری در اختیار محققان قرار می‌دهد [۷]. داده‌های ماهواره‌ای، ابزار مناسبی برای تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی، مخصوصاً در مناطق جغرافیایی وسیع است [۸]؛ چرا که این داده علاوه بر اینکه به‌سادگی قابل دسترسی بوده است، به موجب فراهم ساختن دید وسیع و یکپارچه از یک منطقه، کیفیت تصویر ثابت [۹]، قابلیت تکرارپذیری، دقت زیاد اطلاعات به‌دست‌آمده و سرعت بالای تجزیه و تحلیل بسیار مورد استقبال قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح برای تعامل انسان با محیط طبیعی را فراهم کند به‌خصوص برای شناسایی پوشش زمین، از تجزیه و تحلیل تصاویر چندطیفی استفاده می‌شود [۸]. در این عصر روش‌های سنتی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی کمتر مورد توجه است، ولی از داده‌های ماهواره‌ای به دو صورت تفسیر چشمی و رقومی (با گرایش به تفسیر رقومی) بیشتر استفاده می‌شود. با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان نقشه‌های کاربری اراضی را در سطوح مختلف تهیه و وضعیت کاربری/پوشش اراضی^۲ را بررسی کرد [۱۰].

سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی^۳ ابزارهای ضروری در به دست آوردن داده‌های مکانی دقیق و به‌موقع از کاربری زمین و تجزیه و تحلیل تغییرات آن‌ها در یک منطقه مورد مطالعه هستند [۱۱]. همچنین در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی نقش فراوانی در تجزیه و تحلیل هر یک از کلاس‌های کاربری‌ها دارند، به طوری که با پردازش تصاویر و صحت طبقه‌بندی و انتخاب مناسب باندها می‌توان به نتایج قابل قبولی در امر مدیریت سرزمین و پیش‌بینی تغییرات آینده دست پیدا کرد. لذا ارزش و قابلیت کارایی نقشه‌های کاربری به میزان صحت و دقت آن‌ها بستگی دارد [۷]. تصاویر سنجش از دور با وضوح متغیر در ترکیب با مدل‌های توصیفی، چشم‌انداز فوق‌العاده‌ای را برای مشخص کردن اراضی نشان می‌دهند [۱۲].

یکی از روش‌های پرکاربرد استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی است که به کاربران امکان تولید اطلاعات مختلف را می‌دهد. برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق‌تر اطلاعات، با توجه به نوع روش طبقه‌بندی، منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های نقاط تعلیمی نتایج متفاوتی حاصل می‌شود [۱۳]. یکی دیگر از ابزارهای تهیه نقشه‌های کاربری و پهنه‌بندی مناطق نرم‌افزار Google Earth pro است. نقشه‌های این برنامه با کنار هم قرار دادن تصاویر انتخاب‌شده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌برداری هوایی و سامانه اطلاعات مکانی سه‌بعدی جهان به دست می‌آید [۱۴]. تصاویر ماهواره Google Earth به علت دسترسی آسان و رایگان بسیار مورد توجه عموم قرار گرفته است [۱۵].

در همین راستا تحقیقات فراوانی در سطح ایران و جهان انجام شده است. به عنوان نمونه، محمد حسن پور با استفاده از تصاویر Google Earth و سامانه اطلاعات جغرافیایی حوضه گردنه قوشچی ارومیه نقشه کاربری اراضی تهیه شد و نتیجه گرفتند که تصاویر Google Earth قابلیت تولید نقشه کاربری اراضی با صحت و دقت زیادی دارد [۱۶]. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی، پان‌دیان و همکاران، تغییرات کاربری اراضی منطقه تأمیل نادو کشور هند را در دو بازه زمانی مورد بررسی

1. Remote Sensing (RS)

2. Land use/cover

3. Geographic Information System (GIS)

قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد در بازه‌های زمانی مورد نظر در پژوهش، تغییرات عمده در کاربری اراضی ایجاد شده است، که از آن جمله می‌توان به تغییرات اراضی با کاربری کشاورزی که از ۳۳/۹ درصد به ۲۶/۳ درصد کاهش یافته و درصد زمین‌های بایر که از ۴۳/۹ درصد به ۵۴ درصد افزایش یافته است، اشاره کرد [۱۷]. کیانی و همکاران به ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای با استفاده از Google Earth به منظور تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی حوضه آبخیز طالقان پرداختند و نتیجه گرفتند استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و حتی تفسیر بصری کاربری/پوشش اراضی استفاده شود [۱۸]. همچنین ویوو و همکاران در پژوهش خود تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی شهر Tangerang در کشور اندونزی را با استفاده از داده‌های Google Earth مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد شاهد تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی در هر سال بود و همچنین داده‌های Google Earth در تشخیص تغییرات نقشه‌های کاربری اراضی اهمیت فراوانی دارند [۱۹]. گیتا و همکاران در منطقه‌ای از هند با هدف شناخت میزان پوشش زمین و کاربرد آن به تهیه نقشه کاربری اراضی و محاسبه درصد سهم هر کاربری با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و سامانه Google Earth Engine پرداختند و نشان دادند نقشه طبقه‌بندی تهیه‌شده از صحت کلی^۱ بالایی برخوردار است و ضریب کاپا^۲ ۰/۸۶۶ نشان‌دهنده خوب و تقریباً دقیق بودن طبقه‌بندی است [۲۰]. جواهری و همکاران نیز طی پژوهشی روش‌های تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان کامیاران استان کردستان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها بیانگر آن بود که روش ماشین بردار پشتیبان^۳ با صحت کلی ۹۱/۴ درصد و ضریب کاپای ۸۸ درصد نسبت به دیگر روش‌ها دقت بیشتری دارد [۲۱].

لیو و همکاران در پژوهشی به بررسی استفاده از تصاویر Google Earth و روش‌های مبتنی بر شی‌گرا و کاربرد آن در نقشه کاربری اراضی در شهر گاننان در کشور چین پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد دقت طبقه‌بندی کلی بین ۸۹/۱۴ و ۹۱/۴۱ درصد متغیر است و مقادیر کاپا بیشتر از ۸۶/۵۵ درصد بود که نشان می‌دهد نتایج طبقه‌بندی به طور قابل اعتمادی دقیق هستند [۲۲]. در پژوهشی دیگر دامتا و همکاران تحلیل فضایی- زمانی تغییرات پوشش زمین در حوضه چموگا در اتیوپی، با استفاده از تصاویر Landsat و Google Earth پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد دقت کلی ۸۵/۴ درصد و آماره کاپا ۰/۸۱ بود که نشان می‌دهد طبقه‌بندی اراضی رضایت‌بخش بود. همچنین گسترش فضای ساخته‌شده و زمین‌های کشاورزی عامل اصلی تکه‌تکه شدن چشم‌انداز و تخریب منابع طبیعی در این حوضه بود [۲۳]. مرادی و همکاران مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی نوع کاربری در تهیه نقشه کاربری اراضی در حوضه آبخیز زنوزچای استان زنجان را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش بررسی صحت تصویر TM، نشان داد الگوریتم حداکثر احتمال^۴ صحت کلی ۷۳/۸۴ درصد و ضریب کاپای ۶۹ درصد از کارایی بالاتری نسبت به روش‌ها در طبقه‌بندی تصویر در چهار کلاس کاربری اراضی برخوردار است و همچنین استفاده از روش حداکثر احتمال در تهیه نقشه کاربری نسبت به روش‌های دیگر قابلیت بیشتری دارد [۲۴]. و در نهایت میکائیلی‌حاجی‌کندی و همکاران تغییرات کاربری/پوشش اراضی بخش جنوبی دریاچه ارومیه را با تصاویر ماهواره‌ای Landsat و شاخص NDVI در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از داده‌های باندهای طیفی (سری اول) و باندهای طیفی به همراه لایه فیلتر بافت (سری دوم) صحت نقشه‌ها ارزیابی شد و نتایج نشان داد سری داده‌های دوم از صحت طبقه‌بندی بالاتری برخوردار بوده و دقت کلی نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ حاصل از آن به ترتیب ۹۸/۹۳ و ۹۸/۲۹ و برای سری داده‌های اول ۹۹/۲۸ و ۹۱/۴۵ به دست آمد. نتایج ارزیابی تغییرات، گویای افزایش مساحت اراضی کشاورزی آبی و باغ و کاهش مساحت پهنه‌های آبی و مرتع بود (۲۵).

با توجه به سوابق پژوهش مطالعه‌شده می‌توان نتیجه گرفت که در این بین با نزدیک بودن مقدار صحت کلی به ۱۰۰ و همچنین ضریب کاپا نزدیک به یک هر اطلاعاتی نشان‌دهنده هم‌سویی آن اطلاعات با واقعیت است، به طوری که اگر ضریب کاپا برابر یک شود، نمایانگر تطابق ۱۰۰ درصدی اطلاعات با واقعیت‌های زمینی است.

نقشه کاربری/پوشش اراضی از مبانی مهم و اساسی در مطالعات مرتبط با منابع طبیعی در مقیاس‌های توجیهی، نیمه‌تفصیلی و

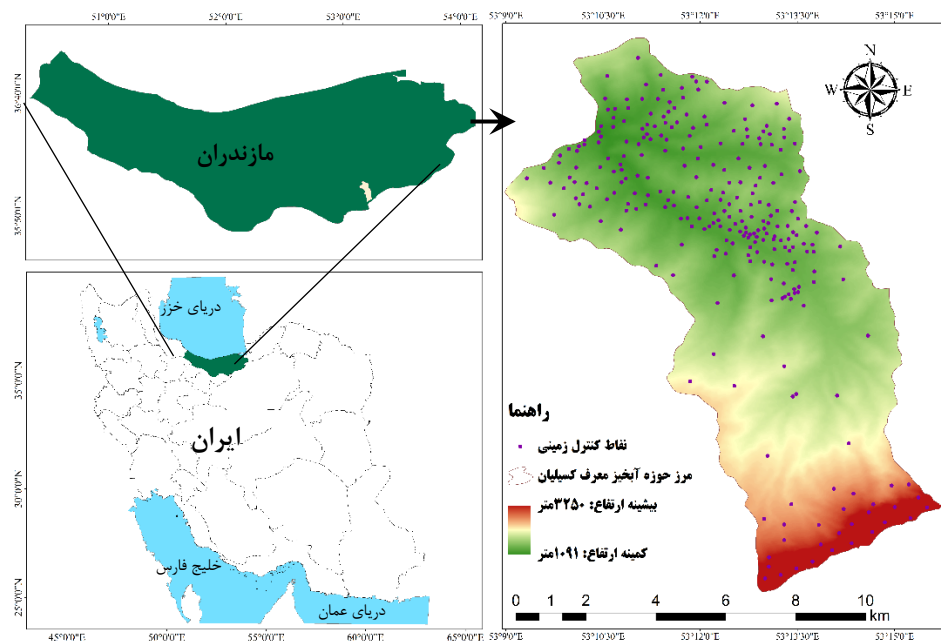
1. Overall Accuracy
2. Kappa coefficient
3. Support vector machine (SVM)
4. Maximum likelihood

تفصیلی اجرایی و به‌ویژه مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز است و لذا مدیران و برنامه‌ریزان باید توجه ویژه‌ای به تغییرات کاربری/پوشش اراضی و علل تغییر آن داشته باشند. در همین راستا ضرورت دارد بهترین و مناسب‌ترین روش تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی را متناسب با شرایط آبخیز مطالعاتی، زمان و هزینه انتخاب کرد. هدف از این مطالعه، ارزیابی و صحت‌سنجی نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی استخراج‌شده به روش‌های شبکه عصبی^۱، ماشین بردار پشتیبان و تفسیر چشمی در نرم‌افزار Google Earth pro است که بر اساس صحت کلی، ضریب کاپا، صحت کاربر، صحت تولیدکننده، بیش تخمینی و کم تخمینی همچنین مقایسه مساحت کاربری‌ها به منظور مشاهده میزان اختلاف انجام می‌شود. هدف دیگر این پژوهش پس از اثبات کارایی نقشه‌ها با توجه به نیازها و محدودیت‌هایی مانند کمبود زمان، پیشنهاد مناسب‌ترین روش تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی برای استفاده در مطالعات اجرایی کشور است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز معرف کسلیان به عنوان یکی از سرشاخه‌های رودخانه تالار شناخته شده است و در بخش ارتفاعات زون مرکزی سلسله‌کوه‌های البرز در استان مازندران، در محدوده جغرافیایی $53^{\circ}08'$ تا $53^{\circ}15'$ طول شرقی و $35^{\circ}58'$ تا $36^{\circ}07'$ عرض شمالی با وسعت $66/75$ کیلومتر مربع واقع شده است [۲۶] که از شمال به کوه‌های ستیک و چهارتب، از شرق به کوه چهارتب، از جنوب به کوه‌های میروزاد و گلراد و از غرب به کوه گوتجا محدود می‌شود [۲۷]. حداقل ارتفاع آن 1091 و حداکثر ارتفاع آن 3250 متر از سطح دریا و دارای سه ایستگاه کليما تولوژی و نه ایستگاه باران‌سنجی است، همچنین ایستگاه هیدرومتری حوضه در ارتفاع 1200 متر از سطح دریا و در نزدیکی روستای ولیک‌بن قرار دارد. متوسط بارندگی در حوضه آبخیز حدود 791 میلی‌متر [۲۸] و براساس طبقه‌بندی دومارتن، اقلیمی نیمه‌مرطوب تا بسیار مرطوب را دارد [۲۹]. این حوضه آبخیز از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران جزء البرز مرکزی محسوب می‌شود و سطح حوضه آبخیز از سنگ‌هایی که اکثراً از نظر زمانی مربوط به دوران دوم، سوم، و چهارم زمین‌شناسی تشکیل شده است. بخش زیادی از این حوضه آبخیز توسط گونه‌های جنگلی پوشانده شده است و کاربری‌هایی همچون مرتع، مناطق روستایی و کشاورزی نیز در کنار کاربری جنگل وجود دارد. خاک‌های حوضه آبخیز کسلیان نیز عمدتاً از نوع پدزولیک، قهوه‌ای جنگلی و رسوبی است [۳۰]. در شکل ۱ موقعیت عمومی منطقه ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز معرف کسلیان و در استان مازندران و ایران

۲.۲. داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده در روش شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان

انتخاب و پردازش تصاویر ماهواره‌ای: به منظور مشخص کردن تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز معرف کسبیلان از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده Landsat استفاده شده است که از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا^۱ دانلود شد. تصاویر ماهواره‌ای ارائه‌شده در این تحقیق از ماهواره Landsat 9 مربوط به سال ۲۰۲۱ است. داده‌های تصویر به گونه‌ای انتخاب شده که دارای حداکثر سطح پوشش گیاهی جنگل، مراتع، کشاورزی و حداقل سطح پوشش ابر باشد.

به طور کلی مراحل کار سنجش از دور شامل: پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش تصاویر است. مرحله پیش‌پردازش در واقع تصحیح و بهینه‌سازی اطلاعات است و خطاهای نظام‌مند و غیرنظام‌مند موجود در تصاویر در این مرحله تصحیح می‌شود. پیش‌پردازش داده‌ها به منظور آماده‌سازی آن‌ها برای ورود به طبقه‌بندی صورت می‌گیرد [۳۱] و تمامی محاسبات بعدی بر اساس تصویر تولیدشده در این مرحله انجام می‌گیرد؛ بنابراین در این مرحله خطاها شامل دو گروه هندسی^۲ و رادیومتریک^۳ شناسایی و توسط کاربر اصلاح شد [۳۱ و ۳۲]. هر عامل یا پارامتری که امواج الکترومغناطیس EMR رسیده به سنجنده را تحت تأثیر قرار دهد به گونه‌ای که ماهیت و نهاد نخستین آن را تغییر دهد به عنوان یک عامل اثرگذار و خطای رادیومتریکی شناخته می‌شود. اتمسفر و سنجنده به عنوان مهم‌ترین عوامل ابداع خطاهای رادیومتریکی زمین معرفی شده‌اند [۳۳]. در پژوهش حاضر برای انجام پیش‌پردازش‌ها از نرم‌افزار ENVI 5.6 استفاده شد.

تصحیح اتمسفری به عنوان بخشی از تصحیح رادیومتریکی به واسطه پخش‌شدگی و ربایش مولکولی ذرات موجود در اتمسفر در حین تابش و هنگام بازتاب از سطح در حسگر ایجاد می‌شود [۳۳]. به طور کلی تبدیل و تحول در سامانه مختصات اجزای تشکیل‌دهنده تصویر و انطباق آن با تصاویر مرجع (تصویری که قبلاً روی آن تصحیح هندسی صورت گرفته است) و یا نقشه‌های هم‌ارز را تصحیح هندسی یک تصویر می‌گویند [۳۴].

طبقه‌بندی تصاویر تحلیل مهم بعدی است که روی تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌شود. در این مرحله پیکسل‌ها در تعداد مشخصی از طبقات، بر اساس ارزش‌های بازتابی ثبت‌شده در فضای هر تصویر ماهواره‌ای دسته‌بندی و به اطلاعات قابل درک تبدیل شدند [۳۵ و ۳۶]. همچنین استفاده از برخی متغیرهای کمکی به‌ویژه لایه رقومی ارتفاعی (DEM) و شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) در طبقه‌بندی تصاویر کمک کرد که نتایج به واقعیت نزدیک‌تر شود [۳۷].

به طور کلی می‌توان روش‌های طبقه‌بندی را به دو روش نظارت‌شده^۴ و نظارت‌نشده^۵ تقسیم کرد [۳۷]. به منظور طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر، پس از تعیین انواع کاربری اراضی ابتدا برداشت نمونه‌های تعلیمی یا آموزشی برای هر یک از طبقات با دقت انجام شد. محل برداشت این نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که تمام سطح منطقه مورد مطالعه با کاربری‌های مختلف را با پراکنش مناسب در سطح تصویر پوشش داد. نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز ابتدا در Google Earth pro که نرم‌افزاری تأیید و توصیه شده توسط محققان مختلف است [۳۸]، با دقت و بزرگ‌نمایی بالا برداشت شد. سپس برای تأیید و صحت نمونه‌ها، بازدید میدانی به عمل آمد و با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، نوع کاربری و موقعیت جغرافیایی دقیق هر نمونه تعلیمی ثبت شد. به دنبال گردآوری نمونه‌های تعلیمی و پیاده‌سازی روی تصاویر در نرم‌افزار ENVI با استفاده از روش شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان که زیرمجموعه روش طبقه‌بندی نظارت‌شده است، تصاویر دسته‌بندی شد. در نهایت نقشه اولیه کاربری اراضی با استفاده از روش‌های یادشده و براساس نمونه‌های تعلیمی، تهیه شد.

۲.۳. داده‌های مورد استفاده برای روش تفسیر چشمی در نرم‌افزار Google Earth pro

تفسیر چشمی، به‌خصوص برای تصاویر با قدرت تفکیک بالا، به عنوان یکی از روش‌های سنتی در سنجش از دور شناخته شده

1. United States Geological Survey (USGS)
2. Geometric error
3. Radiometric error
4. supervised Classification
5. Unsupervised Classification
6. Global Positioning System

است که مستلزم زمان و نیروی انسانی است، اما با نگرش به صحت بالای آن تا کنون متداول بوده است [۲]. در این روش ابتدا در نرم‌افزار Google Earth pro که دارای تصویری با ترکیب رنگ واقعی بوده، که این خود موجب سهولت تفسیر تصویر توسط کاربر می‌شود، تمام کاربری‌ها اعم از مرتع، کشاورزی، جنگل، مناطق مسکونی و رخنمون سنگی به صورت دستی با ابزار Path جدا کرده و در قالب لایه‌ای با فرمت KML به نرم‌افزار ArcMap اضافه و پس از اعمال دستورهای مورد نیاز نقشه کاربری اراضی از آن استخراج شد. در شکل ۲ مراحل انجام کار در قالب نمودار جریان ارائه شده است.

۴.۲. ارزیابی نقشه‌های کاربری حاصل از روش‌های سنجش از دور و تفسیر چشمی

برای استفاده و مقایسه دست‌مابه‌های حاصل‌شده در هر علمی، اطلاع از صحت و دقت آن لازمه کار است که با استفاده از معیارها و شاخص‌هایی تعیین می‌شود [۳۹]. در این تحقیق دقت و صحت نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی به‌دست‌آمده به شیوه‌های متفاوت، با ماتریس خطا^۱ و نرم‌افزار انوی محاسبه و ارزیابی شد. به همین منظور از ضرایب صحت کلی، کاپا، صحت کاربر^۲، صحت تولیدکننده^۳، خطا کم‌تخمینی^۴ و خطا بیش‌تخمینی^۵ استفاده شد.

ضریب صحت کلی: این شاخص که حاصل تقسیم مجموع عناصر قطر اصلی ماتریس بر تعداد کل پیکسل‌ها است، به عنوان سنجش ارزش‌گذاری درستی و صحت طبقه‌بندی است [۴۰] و طبق رابطه ۱ به دست آمد. همچنین در رابطه ۲ محاسبه ضریب کاپا بیان شده است [۴۱ و ۴۲].

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r D_{ii}}{N} \quad (1)$$

در رابطه ۱، OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی و $\sum_{i=1}^r D_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا است. **ضریب کاپا:** شاخص آماری دیگری که با استفاده از ماتریس خطا به دست می‌آید ضریب کاپا است که صحت طبقه‌بندی را بسته به هر طبقه به طور کاملاً تصادفی بیان می‌کند [۴۰]. به سبب اشکال‌های واردشده بر صحت کلی در کارهای اجرایی ضریب کاپا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \quad (2)$$

در رابطه ۲ نیز X_{ii} تعداد پیکسل‌های سطر i و ستون i است. X_{i+} و X_{+i} به ترتیب مجموع حاشیه‌ای سطر i و ستون i هستند و N تعداد کل پیکسل‌ها است [۴۳].

دامنه تغییرات این شاخص بین صفر و یک است و هرچه به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌می‌دهد طبقه‌بندی انجام‌شده با واقعیت زمینی هم‌سازتر و هم‌سوتر است.

شاخص صحت کاربر و صحت تولیدکننده: شاخص صحت کاربر مشخص می‌کند که چند درصد احتمال دارد یک طبقه معین در واقعیت روی همان طبقه در تصویر طبقه‌بندی‌شده واقع شود و صحت تولیدکننده نیز درصد احتمال صحیح قرار گرفتن یک پیکسل از طبقه‌ای در تصویر طبقه‌بندی‌شده روی واقعیت را نشان می‌دهد [۴۴]. روابط ۳ و ۴ محاسبات این دو شاخص را نشان می‌دهد:

$$UA = \frac{t_a}{n_1} * 100 \quad (3)$$

1. Confusion matrix
2. User Accuracy
3. Producer Accuracy
4. Ommision
5. Commision

$$PA = \frac{t_a}{g_a} * 100 \quad (۴)$$

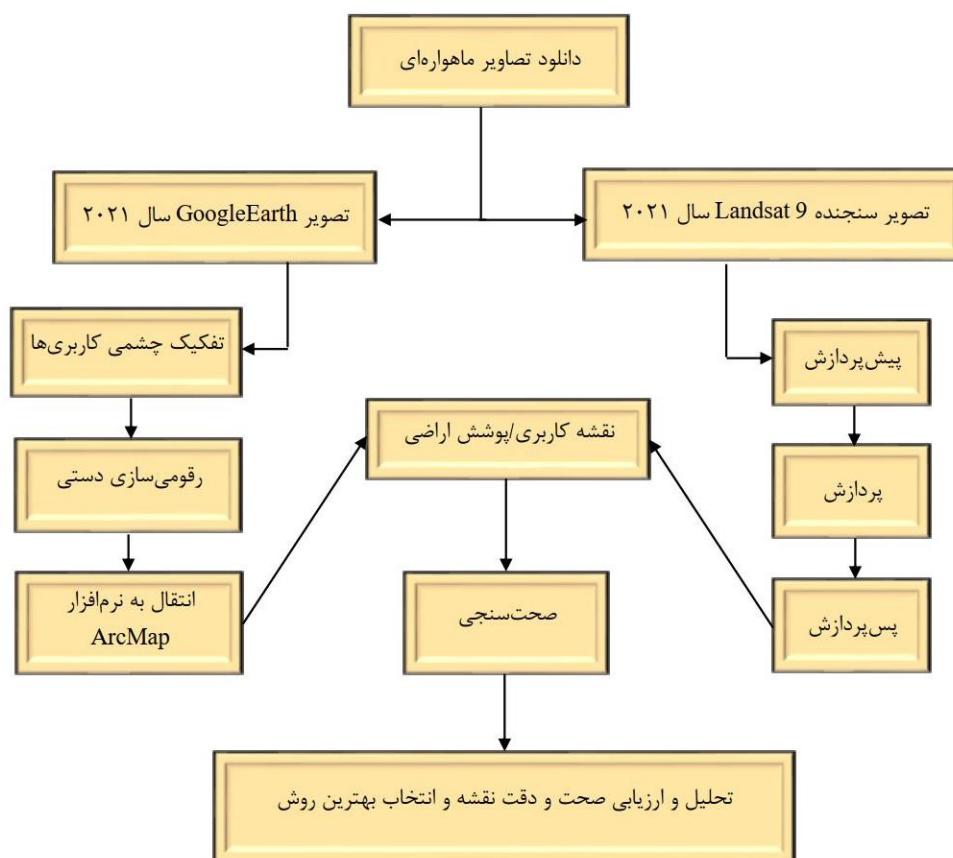
در این روابط UA درصد دقت طبقه a برای صحت کاربر، n_1 تعداد پیکسل‌های طبقه a در نتیجه طبقه‌بندی است و t_a تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a است. PA درصد دقت طبقه a برای صحت تولیدکننده، g_a تعداد پیکسل‌های طبقه a در واقعیت زمینی است.

شاخص بیش تخمینی و کم تخمینی: بر اساس دو شاخص دقت یادشده، بیش تخمینی و کم تخمینی به صورت روابط ۵ و ۶ بیان و تعریف شد [۴۰]:

$$C_e = (1 - UA) * 100 \quad (۵)$$

$$O_e = (1 - PA) * 100 \quad (۶)$$

C_e درصدی از پیکسل‌هایی است که در حقیقت به طبقه مورد نظر متعلق نبوده، ولی نرم‌افزار آن‌ها را بخشی از آن طبقه در نظر گرفته است. O_e مربوط به درصدی از پیکسل‌هایی است که در واقع به طبقه مورد نظر مربوط است، ولی در طبقات دیگر قرار گرفته است [۴۴].

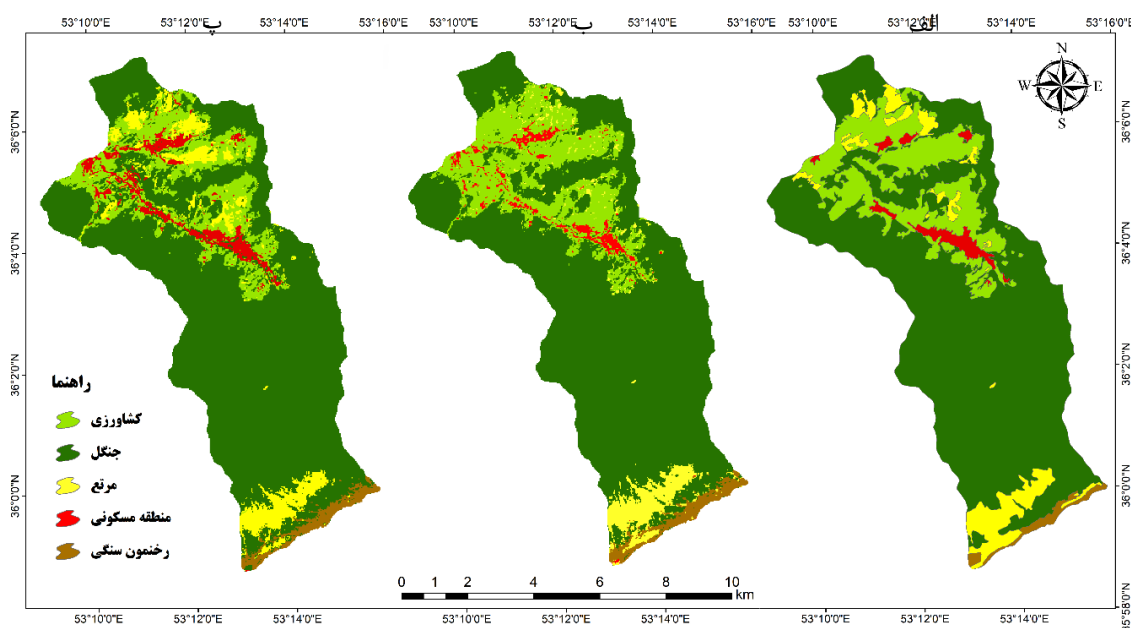


شکل ۲. نمودار جریان‌ی مراحل انجام پژوهش

۳. نتایج و بحث

با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه کلیماکس مراتع و اراضی دیم در یک زمان از سال رخ می‌دهد و انعکاس طیفی این دو کاربری در تصاویر Landsat بسیار نزدیک به هم بوده، تعیین و تفکیک آن‌ها مشکل است و نیاز به شناخت کامل از منطقه دارد. بنابراین در بررسی تغییرات کاربری زراعت آبی و دیم ادغام شده است. همچنین به دلیل اینکه انعکاس طیفی اراضی روستایی و

جاده‌ها نیز تقریباً مشابه یکدیگر هستند و تفکیک آن‌ها در تصاویر به‌سختی صورت می‌پذیرد، لذا این دو در یک طبقه به نام مناطق مسکونی نام‌گذاری و طبقه‌بندی شده‌اند. در انتها در شکل ۳ نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل کاربری‌های جنگل، کشاورزی، مرتع، رخنمون سنگی و مناطق مسکونی که به روش‌های شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان و تفسیر چشمی Google Earth استخراج شده، ارائه و نتایج ارزیابی صحت‌سنجی و مقایسه مساحت‌های این سه نقشه در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج کسب‌شده، صحت کلی و ضریب کاپا هر سه نقشه بالا و مناسب بوده اما تفسیر چشمی Google Earth با بالاترین صحت و دقت به عنوان معیار قرار گرفت و اختلاف نسبی مساحت هر کاربری در سایر نقشه‌ها با نقشه معیار محاسبه شد، که به طور میانگین اختلاف نسبی نقشه‌های حاصل از روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان با نقشه به‌دست‌آمده از روش تفسیر چشمی Google Earth به ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۰۹ است. اختلاف نسبی کاربری‌ها در هر روش با روش معیار به تفکیک در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز معرف کسلیان به روش‌های تفسیر چشمی (الف)، ماشین بردار پشتیبان (ب) و شبکه عصبی (پ)

جدول ۱. نتایج ارزیابی صحت‌سنجی کلی و ضریب کاپا

ردیف	روش تهیه نقشه	صحت کلی (%)	ضریب کاپا (%)
۱	روش شبکه عصبی	۸۷/۶	۷۶/۰
۲	روش ماشین بردار پشتیبان	۸۸/۲	۷۷/۸
۳	روش تفسیر چشمی	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰

جدول ۲. مقایسه مساحت‌های هر کاربری در نقشه‌ها

ردیف	نوع کاربری	مساحت کاربری‌ها در روش شبکه عصبی (هکتار)	مساحت کاربری‌ها در روش ماشین بردار پشتیبان (هکتار)	مساحت کاربری‌ها در روش تفسیر چشمی (هکتار)
۱	جنگل	۴۹۶۴/۱	۴۶۴۸/۰	۴۹۲۶/۷
۲	کشاورزی	۱۰۰۱/۸	۱۳۲۵/۰	۱۲۲۱/۰
۳	مرتع	۴۸۸/۰	۳۶۳/۷	۴۸۸/۵
۴	رخنمون سنگی	۱۴۸/۸	۱۶۱/۵	۸۹/۲
۵	مناطق مسکونی	۲۶۹/۶	۱۲۵/۲	۱۴۸/۹

جدول ۳. اختلاف نسبی مساحت‌های هر کاربری در نقشه‌های حاصل از شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان با نقشه معیار

ردیف	نوع کاربری	روش شبکه عصبی	روش ماشین بردار پشتیبان
۱	جنگل	۰/۰۱	-۰/۰۲
۲	کشاورزی	-۰/۱۸	۰/۰۹
۳	مرتع	۰/۰۰	-۰/۲۶
۴	رخمون سنگی	۰/۶۷	۰/۸۱
۵	مناطق مسکونی	۰/۸۱	-۰/۱۶
	میانگین	۰/۲۶	۰/۰۹

در این پژوهش علاوه بر اینکه از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی نقشه‌های تولیدشده استفاده شد. برای برآورد دقت طبقه‌بندی از معیارهای درصدی صحت تولیدکننده (Prod. Acc)، صحت کاربر (User. Acc)، کم تخمینی (Omission) و بیش تخمینی (Commission) نیز استفاده و نتایج در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. برآورد دقت طبقه‌بندی از معیارهای آن در نقشه‌های کاربری اراضی

ردیف	روش	معیارهای سنجش				
		نوع کاربری/پوشش اراضی	جنگل	مرتع	کشاورزی	رخمون سنگی
۱	روش شبکه عصبی	Prod. Acc (%)	۹۸/۴۹	۳۹/۹۸	۸۸/۶۵	۹۸/۵۵
		User Acc (%)	۹۶/۳۹	۹۶/۱۱	۶۰/۸۶	۱۰۰/۰۰
		Omission (%)	۱/۵۱	۶۰/۰۲	۱۱/۳۵	۱/۴۵
		Commission (%)	۳/۶۱	۳/۸۹	۳۹/۱۴	۰/۰۰
۲	روش ماشین بردار پشتیبان	Prod. Acc (%)	۹۸/۲۹	۵۱/۸۱	۸۲/۰۰	۱۰۰/۰۰
		User Acc (%)	۹۷/۲۶	۸۰/۳۱	۶۳/۶۴	۱۰۰/۰۰
		Omission (%)	۱/۷۱	۴۸/۱۹	۱۸/۰۰	۰/۰۰
		Commission (%)	۲/۷۴	۱۹/۶۹	۳۶/۳۶	۰/۰۰
۳	روش تفسیر چشمی	Prod. Acc (%)	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰
		User Acc (%)	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰
		Omission (%)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
		Commission (%)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

نتایج ارزیابی صحت نقشه‌ها نشان داد نقشه حاصل از تفسیر چشمی از طریق نرم‌افزار Google Earth pro، دارای صحت کلی ۱۰۰ درصد است و تمام پیکسل‌های مربوط به کاربری‌های یادشده، درست طبقه‌بندی شده است که این نمایانگر دقت بالا، قدرت تفکیک و وضوح بسیار مناسب Google Earth است. همچنین از دیگر مزایای این روش می‌توان به سهولت در دسترسی و به‌صرفه بودن آن اشاره کرد؛ البته درخور یادآوری است که زمان‌بر بودن و وابستگی نتایج آن به میزان توانایی و نظر کارشناس در روند طبقه‌بندی و نیاز به نیروی انسانی برای مناطق وسیع از معایب این روش محسوب می‌شود. پژوهشگران دیگری نیز به صحت بالای نتایج روش تفسیر چشمی نسبت به سایر روش‌ها با هدف تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی [۱۵] و یا اهداف دیگری مانند تفکیک و طبقه‌بندی واحدهای اکولوژیک گیاهی [۴۵] اشاره کرده‌اند. در تحقیق حاضر مجموع کل زمان لازم برای تهیه و نهایی‌سازی نقشه کاربری اراضی در دو روش شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان ۹ ساعت و در روش تفسیر چشمی برابر ۱۷ ساعت بوده است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی به روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان علی‌رغم نمونه‌گیری و تعلیم خوب طبقه‌بندی، قدرت تفکیک پایین‌تری نسبت به نقشه کاربری اراضی حاصل از تفسیر چشمی دارد. در پژوهش حاضر تمام نقاط کنترل زمینی استفاده‌شده در بررسی صحت نقشه‌های تولیدشده در روش‌های مختلف توسط همان کاربر استخراج‌کننده نقشه تفسیر چشمی تصاویر Google Earth تعیین شد و در نتیجه کاربری همه نقاط در نقشه تفسیر چشمی نیز به‌درستی تشخیص داده شد. به همین دلیل صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه تفسیر چشمی ۱۰۰ درصد به دست آمد. به بیان

دیگر، در صورتی که کاربر تهیه‌کننده نقشه تفسیر چشمی و کاربر تعیین‌کننده نقاط کنترل زمینی برای سنجش صحت نقشه‌ها یکسان نباشد، ممکن است صحت کلی و ضریب کاپا کمی کمتر از ۱۰۰ درصد محاسبه شود. نتایج حاصل از صحت‌سنجی همه روش‌ها نیز طبقه‌بندی نزدیک به واقعیت را تأیید کرده است، از این نظر که با نتایج تحقیقات درویش صفت و همکاران که ضرایب صحت کلی و کاپا بیشتر از ۷۰ درصد در طبقه صحت خیلی خوب و کمتر از ۴۰ درصد در طبقه صحت ضعیف عنوان شده است، مطابقت دارد [۴۶]. همان‌طور که در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است، مساحت کاربری‌ها در هر سه روش تقریباً نزدیک به یکدیگر بوده و این خود نشان‌دهنده پذیرش تطابق نقشه‌ها است. با توجه به آنچه پیش‌تر یاد شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که روش تفسیر چشمی تصاویر Google Earth با پایه آماری مستحکم‌تری که دارد مرز بین طبقات را بهتر از روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان تفکیک می‌کند و با این روش می‌توان بهترین نقشه کاربری اراضی را برای منطقه مورد مطالعه تهیه و تنظیم کرد؛ به طوری که در تحقیقات به عنوان داده صحیح و مرجع کنترلی ایفای نقش کند. این یافته‌ها با نتایج حاصل از پژوهش قربانی و همکاران همخوانی دارد [۱۵]. اما همان‌طور که گفته شد، روش تفسیر چشمی بسیار زمان‌بر بوده و نمی‌توان این روش را برای همه حوضه‌ها به‌ویژه حوضه‌های آبخیز بزرگ پیشنهاد کرد.

۴. نتیجه‌گیری

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی به عنوان یکی از پایه‌های بنیادین در بررسی‌ها و تحقیقات منابع سطح و زیرزمین و نیز اطلاع از شرایط کنونی و راهبرد اصولی برای مدیریت در آینده است. در دهه گذشته برای تهیه این نقشه‌ها به طور معمول به سبب سهولت در دسترسی، هزینه پایین استخراج اطلاعات در زمان کم، دسترسی به نقاط دورافتاده و کوهستانی و پوشش سطح وسیع از داده‌های سنجش از دور و روش‌های کمی آماری استفاده می‌شود. لذا در روند تهیه نقشه کاربری اراضی از طریق سنجش از دور علاوه بر مزایای یادشده، معایبی نیز موجود است و می‌توان به عدم توانایی ابزارهای مورد استفاده نظیر تصاویر ماهواره Landsat اشاره کرد که با وجود توانمندی زیاد در مشخص کردن پوشش زمین و کاربری آن، در برخی از حوضه‌های مورد مطالعه در تفکیک زراعت‌های دیم از مراتع، معبر و گذرگاه از روستاها و ... به علت تشابه خصوصیات طیفی و سطح کوچک آن‌ها ناتوان است.

در این پژوهش مطابق با یکی از اهداف که مقایسه و صحت‌سنجی روش‌های شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان و تفسیر چشمی تصاویر Google Earth بوده، نقشه‌های کاربری اراضی با این روش‌ها از حوضه آبخیز معرف کسلیان استخراج شد و نتایج نشان داد صحت کلی و ضریب کاپای نقشه تولیدی از تصاویر Google Earth به ترتیب ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد بوده که صحت و دقت بالا تفکیک مکانی تصاویر را اظهار می‌کند. همچنین نسبت به نقشه به‌دست‌آمده از روش ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۸۸/۲ و ضریب کاپای ۷۷/۸ درصد و نقشه به‌دست‌آمده از روش شبکه عصبی با صحت کلی ۸۷/۶ و ضریب کاپای ۷۶ درصد به عنوان روشی برتر به حساب می‌آید. در این بین در نقشه حاصل از روش شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان، علت خطا در کاربری مرتع و کشاورزی زمین‌هایی بود که در گذشته مرتع بوده اما تغییر کاربری به کشاورزی داده شد و به دلیل بازدهی نامناسب رها شده و دوباره به مراتعی به نسبت ضعیف تبدیل شده است. هرچند که تشخیص این اراضی در روش تفسیر چشمی نیز بسیار دشوار بود و نیاز به بازدید از محل و مصاحبه با مردم بومی داشت. در هر دو روش شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان کاربری رخنمون سنگی بیش تخمین بوده که احتمالاً به دلیل مشابه و نزدیک بودن انعکاس طیفی خاک لخت و صخره این خطا رخ داده است.

در مجموع باید گفت که روش‌های نوین همچون روش شبکه عصبی و روش ماشین بردار پشتیبان در مقایسه با روش تفسیر چشمی تصاویر Google Earth برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه‌های آبخیز با مساحت زیاد مناسب‌تر است هرچند به نسبت صحت کمتری داشته اما با توجه به توسعه دانش سنجش از دور و همچنین توجه به هزینه و زمان در عرصه‌های گسترده ضرورت دارد از روش‌های پیشرفته پیکسل پایه استفاده شود. در نهایت، برحسب یافته‌های این پژوهش توصیه می‌شود سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و سازمان محیط زیست در شرح خدمات و مطالعات اجرایی خود، به‌خصوص برای مناطق و حوضه‌های با مساحت کم، بر ضرورت تهیه نقشه کاربری با استفاده از روش‌های سنجش از دور تأکید و اهتمام ورزند.

منابع

- [1]. Eskandari S, Moradi A, Oladi J. Land use and landscape analysis of gel sefid village in terms of environment using RS and GIS. *Town and Country Planning*. 2011;3(4):137-162. (In Persian)
- [2]. Kakehmami A, Ghorbani A. Comparison of three visual, object-based, and supervised classification methods of land use/cover mapping in Mollah-Ahmad watershed, Ardabil. *Natural Ecosystems of Iran*. 2018;8(4):29-43. (In Persian)
- [3]. Johnson RD, Kasischke E. Change vector analysis: A technique for the multispectral monitoring of land cover and condition. *International Journal of Remote Sensing*. 1998;19(3):411-426.
- [4]. Pour Ahmad A, Seifoddini F, Parnoon Z. the role of migration in change of Islamshahr land use. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2011;4(6):49-61. (In Persian)
- [5]. Shao Y, Lunetta RS, Macpherson AJ, Luo J, Chen G. Assessing sediment yield for selected watersheds in the Laurentian Great Lakes Basin under future agricultural scenarios. *Environmental management*. 2013;51:59-69.
- [6]. Miryaghoub Zadeh M, Khosravi S. Land use change detection in barandouz chay watershed from Lake Urmia River Basin using remotely sensed landsat5 and sentinel imagery. *Watershed Engineering and Management*. 2022;14(4):481-493. (In Persian)
- [7]. Zakerinejad R, Vosooghy S, Entezari M. Comparison of accuracy of difference supervised classification methods for land use mapping (case study: Alamarvdasht Watershed). *Journal of Environmental Erosion Research*. 2022;12(2):138-153. (In Persian)
- [8]. Soltani N, Mohammad Nejad V. Efficiency of Google Earth Engine (GEE) system in land use change assessment and predicting it using CA-Markov model (case study of Urmia plain). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 2021;12(3):101-114. (In Persian)
- [9]. Afify HA. Evaluation of change detection techniques for monitoring land-cover changes: A case study in new Burg El-Arab area. *Alexandria Engineering Journal*. 2011;50(2):187-195.
- [10]. Jansen LJM, Gregorio ADi. Obtaining land-use information from a remotely sensed land cover map: results from a case study in Lebanon. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2004;5(2):141-157.
- [11]. Singh SK, Mustak S, Srivastava PK, Szabó S, Islam T. Predicting spatial and decadal LULC changes through cellular automata Markov chain models using earth observation datasets and geo-information. *Journal of Environmental Processes*. 2015;2(1):107-115.
- [12]. Mohammadpour P, Arjmandi R, Hasani A H, Ghoddousi J. Classification and assessment of the land use changes using landsat satellite imagery (case study: Rey Plain). *Human & Environment*. 2022;20(3):279-297. (In Persian)
- [13]. Mokhtari M, Najafi A. Comparison of support vector machine and neural network classification methods in land use information extraction through landsat TM data. *Journal of Water and Soil Science*. 2015;19(72):35-45. (In Persian)
- [14]. Arazi S. Zoning by eye interpretation in Google Earth (case study: Lipar Region, Chabahr). *Environment and Interdisciplinary Development*. 2020;5(68):1-10. (In Persian)
- [15]. Ghorbani A, Kakehmami A, Mohamad Hasanpoor M, Aslami F, Ghafari S, Raufi Masole A. Comparison of different methods with common method of producing land use/cover maps of natural resources studies (case study: Ghoshchi Watershed, Urmia). *Natural Ecosystems of Iran*. 2018;9(1):19-32. (In Persian)
- [16]. Mohammad Hasanpour M. Preparation of land use map of Gardne Ghoshchi area of Urmia using Google Earth Images and Geographic Information System. the third Environmental Planning and Management Conference, Tehran. 2013. (In Persian)
- [17]. Pandian M, Rajagopal N, Sakthivel G, Amrutha DE. Land use and land cover change detection using remote sensing and GIS in parts of Coimbatore and Tiruppur districts, Tamil Nadu, India. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*. 2014;3(1):15-20.
- [18]. Kiyani V, Alizade Shaabani A, Nazari Samani A. Assessing the classification accuracy of LISS-III Sensor Image of IRS-P6 Satellite using Google Earth's database to provide land coverage/ land use maps (case study: Taleghan Watershed). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*. 2014;23(90):59-51. (In Persian)
- [19]. Wibowo A, Salleh KO, Frans FTRS, Semedi JM. Spatial temporal land use change detection using Google Earth data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2016;47(1):012031.
- [20]. Geetha M, Karegowda A, Sudhira HS. Land use and land cover mapping of davangere using Google Earth Engine. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2019;8(3):339-347.
- [21]. Javaheri S, Jorahi AA, Javakoli Jabour SM. Ability to prepare methods land use maps using satellite images (case study: Kamyaran city). *Application of Geography Information System and Remote Sensing in Planning*. 2020;10(4):90-106. (In Persian)

- [22]. Liu C, Li W, Zhu G, Zhou H, Yan H, Xue P. Land use/land cover changes and their driving factors in the Northeastern Tibetan Plateau based on Geographical Detectors and Google Earth Engine: A case study in Gannan Prefecture. *Remote Sensing*. 2020;12(19):3139.
- [23]. Damtea W, Kim D, Im S. Spatiotemporal analysis of land cover changes in the chemoga basin, Ethiopia, using Landsat and Google Earth Images. *Sustainability*. 2020;12(9):1-14.
- [24]. Moradi H, Rezaei V. Comparison of land use type classification algorithms in the land use mappreparation in Zenouzchai Watershed. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*. 2021;1(2):80-88. (In Persian)
- [25]. Mikaeli Hajikandi K, Sobhani B, Varamesh S. Assessment of land-cover change in south part of Lake Urmia using satellite imagery. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*. 2023;23(68):1-15. (In Persian)
- [26]. Saadati H, Gholami SA, Sharifi F, Ayub Zadeh SA. Investigation of the effects of land use change on simulating surface runoff using SWAT mathematical model. *Iranian Journal of Natural Resources (Not Publish)*. 2009;4(3):1-15. (In Persian)
- [27]. Derakhshan S. Studying the flood potential of Kasilian watershed using Geographic Information System. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*. 2009;10(10):51-63. (In Persian)
- [28]. Janizadeh S, Vafakhah M. Flood hydrograph modeling using artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system based on rainfall components. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021;14(5):1-14.
- [29]. Sadeghi SHR, Safaiyan NA, Ghanbari SA. Investigating the role of land use on the type and intensity of soil erosion (case study: Kasilian watershed). *Journal of Agricultural Engineering Research*. 2006;7(26):85-98. (In Persian)
- [30]. Zare M, Nazari Samani A, khalighi S, bazrafshan J, hasan joury M. Anticipating of spatial changes trend of land uses based on the cellular Automaton-Markov model in Kasilian watershed. *Journal of Range and Watershed Management*. 2017;70(2):373-383. (In Persian)
- [31]. Song C, Woodcock CE, Seto KC, Lenney MP, Macomber SA. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effect. *Remote Sensing of Environment*. 2001;75(2):230-244.
- [32]. Chander G, Markham BL, Helder DL. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*. 2009;113(5):893-903.
- [33]. San BT, Suzan ML. Evaluation of different atmospheric correction algorithms for EO-1 Hyperion imagery. *International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Science*. 2010;38(8):392-397.
- [34]. Rafei Sharifabad J, Nohegar A, Zehtabian G, Khosravi H, Gholami H. An assessment of the impacts of land use changes on groundwater quality in Yazd-Ardakan plain. *Geography (Regional Planning)*. 2017;6(25):189-199. (In Persian)
- [35]. Omidvar K, Narangifard M, Abbasi H. Detecting the changes of land uses and vegetation cover using remote sensing in Yasooj city. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*. 2015;16(5):111-126. (In Persian)
- [36]. Mountrakis G, Im J, Ogole C. Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2011;66(3):247-259.
- [37]. Oommen T, Misra D, Twarakavi NK, Prakash A, Sahoo B, Bandopadhyay S. An objective analysis of support vector machine based classification for remote sensing. *Mathematical Geosciences*. 2008;40(4):409-424.
- [38]. Chen J, Zhu X, Vogelmann JE, Gao F, Jin S. A simple and effective method for filling gaps in Landsat ETM+ SLC-off images. *Remote sensing of environment*. 2011;115(4):1053-1064.
- [39]. Asghari S, Jalilyan R, Jirozineghad N, Madadi A, Yadeghari M. Evaluation of water extraction indices using landsat satellite images (case study: Gamasiab River of Kermanshah). *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*. 2020;20(58):53-70. (In Persian)
- [40]. Rostamizad G, khababaei Z, Tahmoreth M. Assessing the accuracy of supervised classification algorithms for land use map extraction (study area: Taham Watershed). *Journal of Environmental Erosion Research*. 2022;12(4):141-157. (In Persian)
- [41]. Das N, Mondal P, Sutradhar S, Ghosh R. Assessment of variation of landuse/land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2021;24(1):131-14.
- [42]. Kafy AA, Naim MdNH, Subramanyam G, Faisal AA, Ahmed NU, Rakib A, et al. Cellular Automata approach in dynamic modelling of land cover changes using RapidEye images in Dhaka, Bangladesh. *Environmental Challenges*. 2021;4: 100084.
- [43]. Wang SW, Munkhnasan L, Lee WK. Land use and land cover change detection and prediction in Bhutan's high altitude city of Thimphu, using cellular automata and Markov chain. *Environmental Challenges*. 2021;2: 100017.

- [44]. Abbas Z, Jaber HS. Accuracy assessment of supervised classification methods for extraction land use maps using remote sensing and GIS techniques. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020;745(1):159-166.
- [45]. Mahzooni-Kachapi SS, Ebrahimi A, Tahmasebi P, Jouri MH. Investigation of classification tree analysis algorithm using Landsat 8 and Sentinel 2 satellite images and visual interpretation of Google Earth Images in separation and classification of plant ecological units. Iranian Journal of Range and Desert Research. 2022;29(4): 608-626. (In Persian)
- [46]. Darvish Sefat AA, Ghaffari Dafchahi F, Bonyad AE. Feasibility of satellite imagery for Poplar plantation mapping (case study: Sowme'eh Sara). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2014;22(3):392-401. (In Persian)