نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و سوم، شماره ۶۸، بهار ۱۴۰۲

ارزیابی تغییرات پوشش بخش جنوبی دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۹ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۲/۲۱

صفحات: ۱۵-۱

خدیجه میکائیلی حاجی کندی: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: Kmikaili@yahoo.com
بهروز سبحانی: استاد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[1]
Email: Sobhani@uma.ac.ir
سعید ورامش: استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: varameshs@uma.ac.ir

چکیده

مطالعه تغییرات پوشش و کاربری اراضی کاربرد گسترده‌ای در برنامه‌ریزی‌های محیطی دارد. در طول یک دهه اخیر رشد روز افزون خشکی در حوضه دریاچه ارومیه به یک معضل مهم منطقه‌ای و حتی ملی تبدیل شده است. هدف پژوهش حاضر آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی در بخش جنوبی و جنوب‌شرقی این حوضه با استفاده از دو تصویر تیر ماه در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ است. برای انجام پژوهش از تصاویر سنجنده‌های TM و OLI ماهواره لندست و شاخص NDVI استفاده شد. نقشه‌های کاربری منطقه در دو سال مورد بررسی، با استفاده از دو سری داده شامل باندهای طیفی (سری داده اول) و همچنین باندهای طیفی و لایه فیلتر بافت (سری داده دوم) به روش الگوریتم حداکثر احتمال تهیه و شش طبقه کاربری شامل اراضی کشاورزی آبی، دیم، باغ، مراتع، بایر و آب تفکیک گردید. ارزیابی و مقایسه صحت نقشه‌های کاربری به دست آمده از هر سری داده، با استفاده از نمونه‌های تعلیمی برداشت شده از تصاویر گوگل ارث انجام شد و شاخص‌های ضریب کاپا، دقت کلی، دقت تولید کننده و دقت کاربر محاسبه گردید. طبق نتایج، سری داده‌های دوم از صحت طبقه‌بندی بالاتری برخوردار بوده و دقت کلی نقشه‌های سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ حاصل از سری داده‌های دوم به ترتیب ۹۸/۹۳ و ۹۸/۲۹ و سری داده‌های اول ۹۹/۲۸ و ۹۱/۴۵ بدست آمد. همچنین فیلتر بافت باعث کاهش اختلاط بین کلاسه‌های مرتع، اراضی کشاورزی آبی و باغ شد. نتایج ارزیابی تغییرات، گویای افزایش قابل توجه در مساحت اراضی کشاورزی آبی (۱۳/۴۴ درصد) و باغ (۱/۵۸) بوده، همچنین در بازه زمانی مورد مطالعه از مساحت پهنه-های آبی و مرتع به میزان ۱/۵۸ و ۲۲/۹۴ درصد کاسته شده است.

کلید واژگان: الگوریتم حداکثر احتمال، فیلتر بافت، برش تراکمی، ماهواره لندست، NDVI

۱. **نویسنده مسئول**: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه اقلیم‌شناسی ۰۹۱۴۱۵۲۹۵۶۸

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

مقدمه

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و پوشش اراضی و نحوه‌ی تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که بایستی در انجام برنامه‌ریزی‌ها به آن توجه کرد؛ زیرا در این صورت می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی نمود و اقدامات درخور را انجام داد (فیضی‌زاده و میررحیمی، ۱۳۸۷: ۲). نقشه‌برداری تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای اهداف مختلف در برنامه‌ریزی‌ها و ارزیابی‌های محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد که مستلزم نقشه-برداری‌های پیوسته بوده و هزینه و زمان بسیاری را می‌طلبد. سنجش از دور به دلیل قابلیت آن در مدلسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین، مطالعات کشاورزی، هیدرولوژی و ارزیابی آب، خاکشناسی و تنوع زیست‌محیطی، تعیین الگوی کشت محصولات زراعی (ریاحی و همکاران) با دسترسی آسان، صرف زمان و هزینه کم و در عین حال با دقت بالا، مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است. طبقه‌بندی تصاویر رقومی با استفاده از روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که برای دریافت اطلاعات قابل اطمینان از تصاویر ماهواره‌ای در زمینه‌ی بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین، انتخاب الگوریتم‌های مناسب برای طبقه‌بندی اهمیت ویژه‌ای دارد(لو و ونگ[۲]، ۲۰۰۷: ۸۲۴). تأثیر نوع الگوریتم، باندها (باندهای اصلی یا مشتق شده) و اطلاعات مختلف جهت طبقه‌بندی کاربری‌ها ثابت شده است (خی و همکاران[۳]، ۲۰۰۸: ۹). روش‌های مورد استفاده در این زمینه به دو دسته روش‌های معمول یا رایج (کمترین فاصله از میانگین[۴]، بیشترین احتمال[۵]) و پیشرفته (شبکه‌های عصبی مصنوعی[۶]، ماشین‌های بردار پشتیبان[۷]، شی‌گرا) طبقه‌بندی می‌شوند (عمر و همکاران[۸]، ۲۰۱۰: ۲).

اهمیت کاربری اراضی و تأثیرات آن بر روی برنامه‌ریزی‌ها، سبب شده است که محققان بسیاری همچون ژانگ و همکاران[۹] (۲۰۱۰)، ژانگ و ژو[۱۰] (۲۰۱۱)، سیلا و همکاران[۱۱] (۲۰۱۲)، کاسیم و همکاران[۱۲] (۲۰۱۳)، ژو و وودکوک[۱۳] (۲۰۱۴)، ویلایت و همکاران[۱۴] (۲۰۱۵)، پوروانتو و همکاران[۱۵] (۲۰۱۶)، هاگو و باساک[۱۶] (۲۰۱۷)، گاردرانی و همکاران[۱۷] (۲۰۱۸)، محمودی و امین‌خواه (۱۳۹۷)، به شیوه‌های مختلف و با استفاده از سنجش از دور به مطالعه تغییرات پوشش و کاربری بپردازند. اتوکی و بلاسکی[۱۸] (۲۰۱۰) با استفاده از الگوریتم‌های درخت تصمیم‌گیری، ماشین‌های بردار پشتیبان و بیشترین احتمال، تغییرات کاربری پوشش زمین منطقه‌ای از اوگاندا

2.Lu and Weng
3.Xie et al
4.Minimum Distance to Means
5.Maximum Likelihood Classification
6.Artificial Neural Networks
7.Support Vector Machines
8.Omer et al
9.Zhang et al
10.Zhang and Zhu
11.Sylla et al
12.Qasim et al
13.Zhu and Woodcock
14.Vliet et al
15.Purwanto et al
16.Haque and Basak
17.Gadrani et al
18.Otukei and Blaschke

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

را به دست آوردند. آنان به این نتیجه رسیدند که هر سه ضریب کاپا و دقت کلی بالاتر از ۸۵ درصد داشتند و نتایج قابل قبولی را برای ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش ارائه می‌دهند. کالیراج و همکاران[۱۹] (۲۰۱۷)، تغییرات کاربری و پوشش مناطق ساحلی هند را در طی دو دوره‌ی زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ با استفاده از الگوریتم بیشترین احتمال مطالعه نموده‌اند. دقت کلی این الگوریتم برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ به ترتیب ۸۱/۱۶ و ۷۷/۵۲ بوده است و دقت مورد قبولی داشته است. ایسلام و همکاران[۲۰] (۲۰۱۸) نیز با استفاده از تصاویر لندست ۸ و TM به طبقه‌بندی کاربری اراضی و بررسی تغییرات منطقه حیات وحش چوناتی بنگلادش پرداختند. این طبقه‌بندی با استفاده از روش بیشترین احتمال صورت گرفت و دقت کلی آن برای سال ۲۰۰۵، ۸۳/۹۶ درصد، ۲۰۱۰، ۸۶/۱۵ و برای سال ۲۰۱۵، ۹۲/۱۶ درصد بوده است. کاظمی و همکاران (۱۳۹۶) برای تهیه نقشه کاربری بخشی از استان فارس از ۸ الگوریتم استفاده کرد که روش بیشترین احتمال با دقت کلی ۸۳/۹۸ نسبت به سایر روش‌ها طبقه‌بندی مناسبی انجام داده است.

از سویی نیز به دلیل اهمیت روزافزون منطقه‌ی حوضه دریاچه‌ی ارومیه، تحقیقات متعددی (رضایی مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، فیضی‌زاده و بهرامی (۱۳۹۵)، فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) با روش‌های مختلف درباره تغییرات کاربری و پوشش آن به خصوص در دهه‌ی اخیر صورت گرفته است. متکان و همکاران (۱۳۸۹) نیز با استفاده از روش بیشترین احتمال به ارزیابی تغییرات پوشش اراضی منطقه طالقان در سه دوره ۱۳۶۶، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۶ پرداختند و به دلیل دقت بالای آن در این امر، از نتایج آن برای بررسی تغییرات مکانی کلاسه‌ها با استفاده از شاخص QL استفاده کردند. ضیائیان و همکاران (۱۳۹۲) تغییرات حوضه‌ی کویر میقان را با استفاده از روش بیشترین احتمال و داده‌های اقلیمی طبقه‌بندی کردند که در طی سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ انجام شد. آنان به این نتیجه رسیدند که میزان اراضی کویری این منطقه در سال ۲۰۱۱ نسبت به سال‌های پیشین افزایش چشمگیری داشته است و میزان افزایش آن با کاهش بارش همبستگی دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود روش MLC یکی از الگوریتم‌هایی است که قابلیت آن توسط بسیاری از محققان تأیید شده است و به همین دلیل در پژوهش حاضر استفاده گردید. امروزه منطقه مورد مطالعه با معضل کم آبی و خشکسالی مفرطی دست و پنجه نرم می‌کند و تغییر اقلیم می‌تواند یکی از عوامل این معضل باشد. کشاورزی یکی از عواملی است که به دلیل رابطه‌ی مستقیم با آب و اقلیم منطقه، با کشت محصولات با نیاز آبی فراوان همچون سیب و چغندرقند و عدم توجه به شرایط اقلیمی منطقه از جمله میزان بارش و دما و تبخیر و تعرق منطقه باعث استفاده‌ی بیش از حد از این منبع آبی شده است. به همین منظور، هدف این مطالعه بررسی و شناخت تغییرات پوشش بخش جنوبی دریاچه ارومیه با استفاده از وارد کردن اطلاعات و انجام پیش‌پردازش‌هایی برای بالا بردن دقت طبقه‌بندی با استفاده از روش بیشترین احتمال است که با ارائه‌ی نتایج درست و با دقت بالا، راهگشای اتخاذ تصمیمات مناسب درباره‌ی انتخاب محصولات قابل کشت متناسب با شرایط منطقه‌ی مورد نظر باشد.

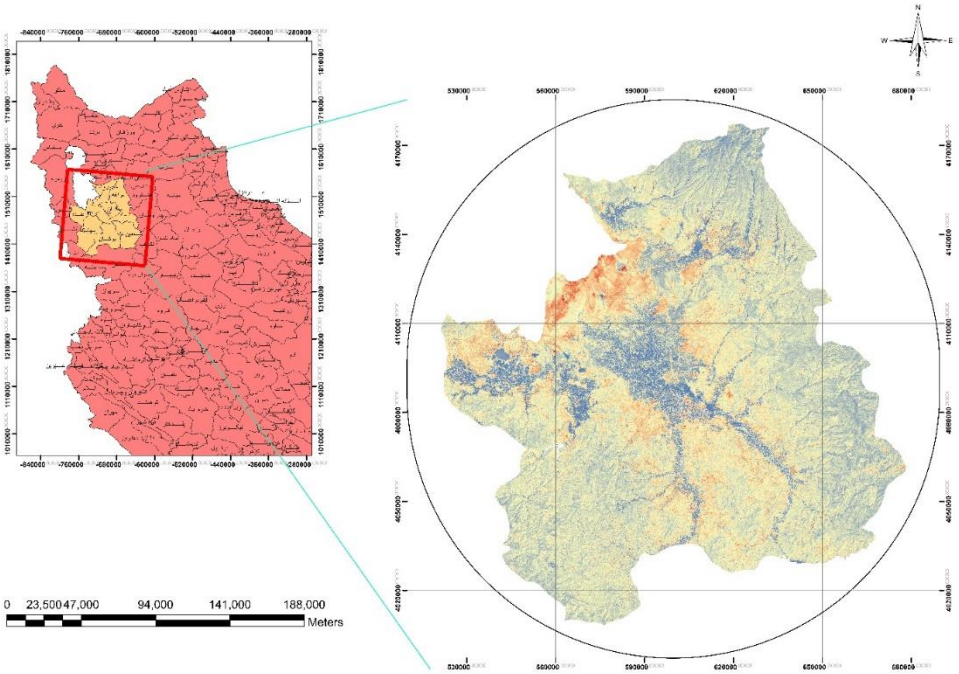
1.Kaliraj et al
2.Islam et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر، بخش جنوبی دریاچه ارومیه است که با مساحت حدود ۱۵۲۶۴/۵۴۱۳۸۴ کیلومتر مربع، بین طول جغرافیایی ۷۲/ ۲۲ '۱۴ °۴۵ و ۶۹/ ۳۴ '۵۹ °۴۶ و عرض جغرافیایی ۳۱/ ۵۵ '۱۲ °۳۶ و ۵۸/ ۴ '۴۴ °۳۷ قرار گرفته است شکل(۱). منطقه‌ی مورد مطالعه حوضه جنوب و جنوب شرق دریاچه ارومیه را شامل می‌شود و شهرستان‌های شاهین‌دژ، میاندوآب، بوکان، مهاباد و نقده از استان آذربایجان‌غربی و شهرستان-های مراغه، بناب، ملکان و عجب‌شیر از استان آذربایجان‌شرقی را شامل می‌شود شکل(۱).



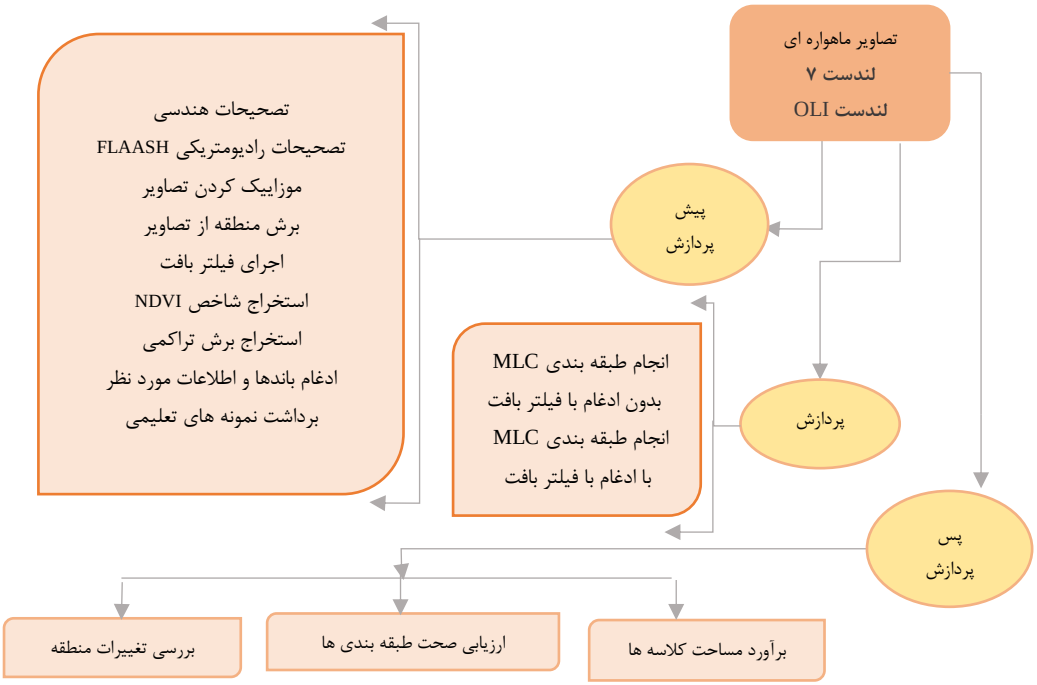
شکل(۱). موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

سنجش از دور امکان استفاده از روش‌های قوی و تکرارپذیر در زمینه‌های بررسی تغییر کاربری و پوشش را فراهم می‌کند (ماس[۱]، ۲۰۰۵: ۷۰؛ وانگ و همکاران[۲]، ۲۰۰۹: ۷۴۸). در پژوهش حاضر، نظارت بر تغییرات منطقه‌ی بخش جنوبی دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های سنجنده‌های Landsat 7 و OLI در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ صورت گرفت. انتخاب تصاویر با بازه‌ی زمانی مشابه به منظور کاهش اثرات جوی و همچنین فصلی بودن فعالیت-های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه و به منظور افزایش دقت و از سویی محدود بودن تصاویر، اهمیت داشت و از این سو تصاویر منتخب مربوط به تصویر ۱۴ جولای ۲۰۰۰ مصادف با ۲۴ تیر ۱۳۷۹ برای لندست ۷ و تصویر

1.Mas
2.Wang et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

۲۱ جولای ۲۰۱۷ مصادف با ۳۰ تیر ۱۳۹۶ برای لندست ۸ بود. روند کار در پژوهش حاضر در شکل(۲) آمده است.



شکل(۲). روند کار پژوهشی در مطالعه حاضر

برداشت نمونه‌های تعلیمی

به منظور آموزش به الگوریتم بیشترین احتمال و صحت‌سنجی مدل بایستی نمونه‌های تعلیمی از تصاویر برداشت شود. شناخت منطقه یکی از مهم‌ترین عوامل برای انتخاب نمونه‌ها است. با توجه به نوع پژوهش، ۶ کلاس مراتع، پهنه‌های آبی، پوشش باغی، پوشش کشاورزی آبی، پوشش کشاورزی دیم و اراضی بایر (مناطق شوره‌زار، برونزدهای سنگی و مناطق مسکونی) جهت طبقه‌بندی انتخاب شدند. بنا به نوع و حساسیت هر کدام از کلاسه‌ها، تعداد برداشت‌ها نیز متفادت بوده است و در مجموع ۴۹۶ نمونه‌ی تعلیمی انتخاب شد که ۶۴ نقطه برای کلاس کشاورزی آبی، ۶۲ نقطه برای کشاورزی دیم، ۷۲ نقطه برای مرتع، ۷۳ نقطه برای باغ، ۹۴ نقطه برای کاربری مسکونی و بایر و ۱۳۱ نقطه برای آب برداشت شده است شکل(۱). بخشی از نمونه‌ها از طریق گوگل ارث و برای صحت‌سنجی و آزمون الگوریتم تعیین شد و بخش دیگر نیز برای آموزش مدل با استفاده از روش‌های آشکارسازی تصاویر همچون شاخص NDVI و برش تراکمی و ترکیب باندهای مادون قرمز نزدیک، قرمز و سبز تصاویر برداشت شد که در ادامه به طور کامل توضیح داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

مرحله پیش پردازش مهترین مرحله‌ی انجام کار در این پژوهش می‌باشد؛ زیرا بعد از تهیه تصویر از سایت Earth Explorer، بایستی تصحیحاتی بر روی آن‌ها صورت گیرد تا در مرحله پردازش مشکلی رخ ندهد. بررسی این تصحیحات با توجه به دقت اندازه‌گیری ماهواره‌ها است که با توان تفکیک مکانی، زمانی، رادیومتریک و طیفی آن‌ها سنجیده می‌شود. دقت مکانی ماهواره لندست ۳۰ در ۳۰ متر است که برای شناسایی عوارض سطح زمین نقش موثری دارد. تفکیک زمانی نیز دوره بازگشت برای ثبت جدید تصویر از یک منطقه مشخص را در برمی‌گیرد. تفکیک طیفی نیز تعداد باندها با پهنای هر باند را نشان می‌دهد این در حالی است که تفکیک رادیومتریک نشان دهنده این است که یک تصویر تا چه حد می‌تواند انرژی‌های الکترومغناطیس را شناسایی کند و هر چه قدرت تفکیک رادیومتریک یک ماهواره بیشتر باشد در واقع انرژی را با جزئیات بیشتری دریافت می‌کند. برای مثال لندست ۷ انرژی را در یک بازه ۰ - ۲۵۵ و لندست ۸ در یک بازه ۰ - ۶۵۵۳۵ شناسایی می‌کند. با توجه به مطالب مذکور، مهمترین تصحیحات که در این مرحله انجام شد، تصحیحات هندسی و تصحیحات اتمسفری FLAASH بوده است. تصحیحات هندسی یا ژئورفرنس کردن از آن جهت انجام می‌شود که تصویر ماهواره‌ای مورد نظر درست بر روی منطقه‌ی ما منطبق شود. بر این اساس ابتدا تصویر ماهواره‌ای از طریق نرم‌افزار ENVI5.1 بر روی گوگل ارث انتقال داده شد و سپس لایه وکتوری منطقه نیز که از طریق GIS به دست آمده بود نیز روی گوگل ارث منتقل گردید. بعد از مشاهده‌ی انطباق آن‌ها با یکدیگر، از انجام تصحیحات هندسی بر روی منطقه چشم‌پوشی شد. سپس تصحیح اتمسفری FLAASH انجام شد. از آن‌جایی که عوامل جانبی همچون میزان آلبیدو، ارتفاع از سطح دریا، ذرات معلق، ضخامت ابر و درجه حرارت سطح و جو بر روی بازتاب دقیق سطح اثرگذار هستند؛ تصحیح اتمسفری FLAASH با کاهش آثار این عوامل در بهبود بازتاب نقش مهمی دارد. این تصحیح در محدوده ۰/۴ تا ۲/۵ میکرومتر با استفاده از اطلاعات حاصل از باندهای تصویر تصحیح انجام می‌دهد. یکی از ویژگی‌های مهم این تصحیح این است که می‌توان تصحیحات آن را بومی کرد و با توجه به شرایط متنوع جو، بخار آب و شرایط دید، میزان ارتفاع از سطح دریا، وارد کردن ویژگی منطقه همچون میزان ذرات معلق و قابلیت دید یکی از قوی‌ترین روش‌ها است که برای اصلاح آثار پخش نور در پیکسل‌های مجاور مفید است که با تبدیل DN به رادیانس و سپس انعکاس صورت می‌گیرد (نورالدینی و بنیاد، ۱۳۹۶: ۹۹). بر همین اساس میزان انحراف از معیار تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.1 بررسی شد و نتیجه به دست آمده نشان داد که در هر دو سال میزان انحراف معیار بسیار کاهش یافت و دقت تصویر در دریافت انرژی بالا رفته است جدول(۱). تأثیر این عمل بر روی دقت کلی و ضریب کاپای تصویر که بالاتر از ۹۰ درصد بوده است در جداول (۲ و ۳) مشهود است.

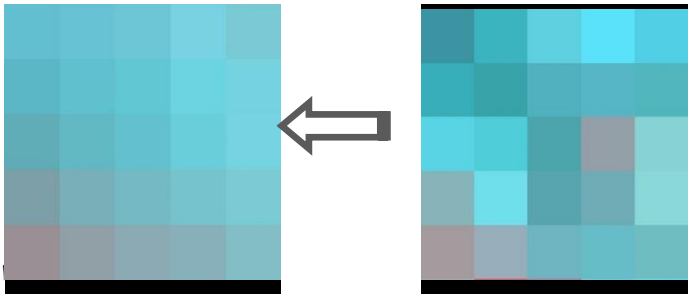
بعد از تصحیح، با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در بین دو سین در مسیر ۱۶۸ و سطر ۳۴ و ۳۵ ابتدا با موزاییک کردن به هم پیوستند و منطقه بر روی تصویر قرار داده شد و عمل subset انجام و منطقه برش خورد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

جدول (۱). انحراف معیار تصویر تصحیح نشده و تصویر تصحیح شده با FLAASH برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ به صورت تفکیک رنگی کاذب باندهای ۴، ۳ و ۲ (پوشش گیاهی)

باندها	انحراف از میانگین تصویر تصحیح نشده سال ۲۰۰۰	انحراف از میانگین تصویر تصحیح شده با FLAASH سال ۲۰۰۰	انحراف از میانگین تصویر تصحیح نشده سال ۲۰۱۷	انحراف از میانگین تصویر تصحیح شده با FLAASH سال ۲۰۱۷
باند ۱	۴۰/۱۳۴۳۵۷	۰/۰۵۸۹۰۵	۵۸۷۷/۲۶۸۲۴۲	۰/۱۲۸۴۵۷
باند ۲	۴۰/۸۹۳۰۴۰	۰/۰۸۸۲۶۴	۵۸۵۴/۱۶۲۳۳۳	۰/۱۳۱۵۷۲
باند۳	۵۲/۵۶۹۰۴۲	۰/۱۱۴۵۰۵	۶۳۱۴/۹۴۰۲۳۵	۰/۱۸۸۲۴۵
باند ۴	۴۵/۹۸۱۷۹۵	۰/۱۵۴۳۴۵	۷۲۱۳/۵۳۳۱۳۵	۰/۲۳۵۷۲۱
باند ۵	۵۳/۰۴۹۳۵۲	۰/۱۶۲۷۷۴	۹۶۲۹/۴۹۰۴۷	۰/۳۲۳۲۱۸
باند ۶	۴۲/۴۸۶۵۱۶	۰/۱۳۰۴۳۱	۹۶۸۰/۲۲۳۳۹۳	۰
باند ۷	-	-	۸۱۰۸/۶۹۶۹۱۱	۰/۰۸۲۰۱۸

همان‌طور که در مباحث بالا نیز ذکر شد، به نظر می‌رسد وارد کردن اطلاعات مختلف و ادغام آن‌ها با باندهای اصلی تصاویر، کیفیت طبقه‌بندی را بالا می‌برد؛ به همین منظور، از فیلتر بافت و الگوریتم برش تراکمی جهت تفکیک هرچه بهتر مرتع از پوشش کشاورزی آبی و پوشش باغی و شاخص NDVI که مناطق با پوشش گیاهی متراکم و یا بدون پوشش را از طریق اختلاف باند مادون قرمز از باند قرمز بهتر نشان می‌دهد، استفاده شد.کاربرد فیلترها در شناسایی و آشکارسازی پدیده‌های روی زمین است عملکرد آن‌ها بر حسب نوع کار پژوهشی متفاوت است. فیلترها به دلیل وجود فرکانس‌های مختلف هر پدیده سبب از بین رفتن فرکانس‌های بسیار پایین یا بالا شده و بدین ترتیب باعث هموارسازی پدیده‌ها می‌شود و بر اساس انتخاب پنجره‌های متفاوت که به صورت فرد است انجام می‌گیرد. با این وجود از روی فرکانس‌های همسایه‌ی هر پیکسل، یک میانگین گرفته و آشکارسازی پدیده‌ها صورت می‌گیرد. در اینجا از روش فیلتر تصادفی بافت با پنجره ۵ در ۵ استفاده شده است شکل(۳) که در واقع هر سطر و ستون ۵ پیکسل را شامل می‌شود و پیکسل مرکزی، عدد میانگین پیکسل‌های همسایه را کسب می‌کند و تک پیکسل‌ها یا بد پیکسل‌ها که دقت طبقه‌بندی را کاهش می‌دهند بدین ترتیب از بین می‌روند.



الف: تصویر فیلتر نشده ب: تصویر فیلتر شده

شکل (۳). تغییرات حاصل از فیلتر بافت

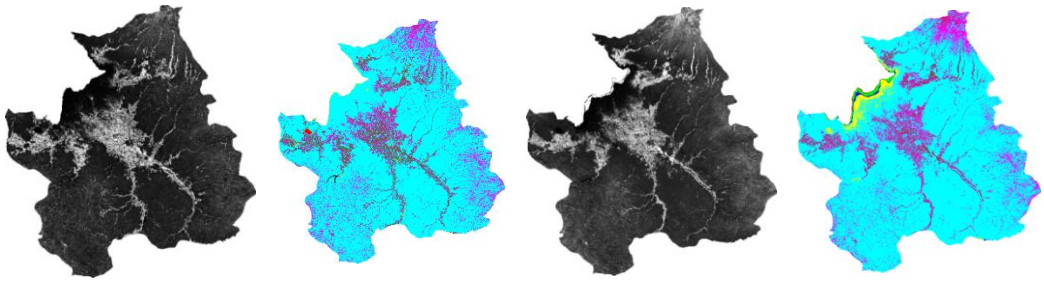
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

استخراج شاخص NDVI[۲۳] (شاخص تفاضلی نرمال شده) از تصاویر تصحیح شده

استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی به طور کلی به عنوان معیارهایی مهم برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی و سایر عوامل دیگر به کار برده می‌شوند (موراویتز و همکاران [۲۴]، ۲۰۰۶: ۸۹). در این پژوهش نیز از شاخص NDVI استفاده شد تا در نمونه‌گیری دقت بیشتری صورت گیرد. این شاخص از طریق رابطه(۱) محاسبه می‌شود.

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red)$$ رابطه(۱)

در معادله فوق NIR انعکاس اشعه‌ی تابیده شده در مادون قرمز نزدیک و Red انعکاس اشعه‌ی تابیده شده در طول موج قرمز مرئی است. هر چه نتیجه‌ی به دست آمده به ۱ نزدیک باشد نشان دهنده‌ی پوشش گیاهی متراکم است و هرچه به عدد ۱- نزدیک باشد پهنه‌های آبی را نشان می‌دهد. شاخص مذکور برای دو دوره‌ی زمانی مورد مطالعه به دست آمد شکل(۴). بخش‌های سفید در تصویر پوشش گیاهی متراکم را نشان می‌دهد که در تصویر سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است. در ادامه، برش تراکمی[۲۵] شکل(۴) نیز بر روی تصاویری که شاخص NDVI بر روی آن‌ها اعمال شده بود استخراج گردید. برش تراکمی نیز روشی برای تفکیک مراتع و پوشش گیاهی از سایر کلاس‌ها است.



الف: برش تراکمی سال ۲۰۰۰ ب: شاخص NDVIسال ۲۰۰۰ ج: برش تراکمی سال ۲۰۱۷ د: شاخص NDVIسال ۲۰۱۷

شکل(۴). شاخص NDVI (اشکال ب و د) و برش تراکمی (الف و ج) سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

همان‌طور که در شکل الف و ج که حاصل برش تراکمی است مشاهده می‌شود مقدار مراتع سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ کاهش چشم‌گیری داشته (رنگ صورتی) و افزایش در پوشش گیاهی و باغی به وضوح مشاهده می‌شود (رنگ سبز). نقاط ذکر شده در شکل ب و د با رنگ سفید مشخص هستند که نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۷ میزان مراتع به صورت چشم‌گیری کاهش و مناطق با پوشش گیاهی افزایش داشته است. بر همین اساس می‌توان گفت دو روش NDVI و برش تراکمی مکمل یکدیگر در بررسی میزان پوشش گیاهی هستند؛ زیرا شاخص تفاضلی نرمال شده به تفکیک پوشش گیاهی از سایر پوشش‌ها می‌پردازد و روش برش تراکمی به تفکیک مراتع

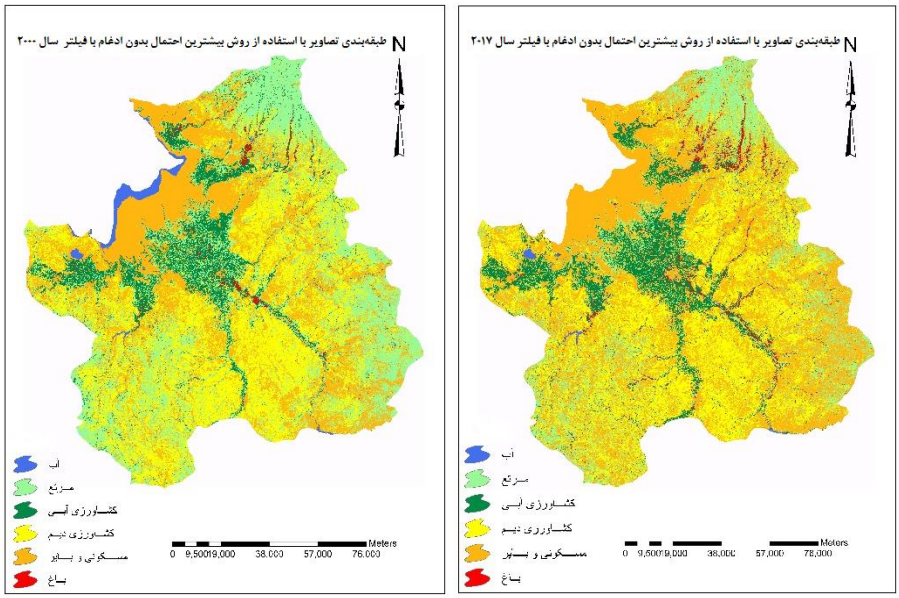
1.Normalized Difference Vegetation Index
2.Morawitz et al
3.Density Slice

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

و پوشش گیاهی از سایر مناطق کمک می‌نماید و دقت در برداشت نمونه‌های تعلیمی برای انجام طبقه‌بندی افزایش می‌یابد.

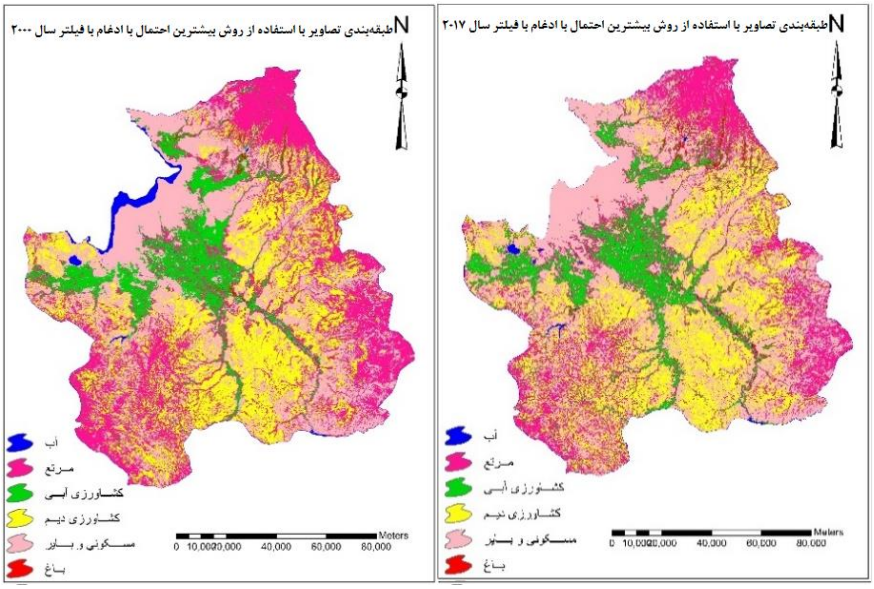
پردازش

در مرحله‌ی پردازش انجام طبقه‌بندی به واسطه الگوریتم MLC، صورت گرفت. این روش یکی از محبوب‌ترین روش طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از داده‌های سنجش از دور است. این روش بر احتمال این‌که هر پیکسل متعلق به یک کلاس خاص بوده منطبق است و این احتمال برای همه کلاس‌ها برابر بوده و فرض بر نرمال بودن داده‌ها است (Al-Ahmadi and Hames, 2009). رایج بودن این روش بیشتر به دلیل این است که نسبت به سایر الگوریتم‌ها برای محاسبه زمان کمی نیاز دارد و در عین حال نتایج قابل قبولی را نیز ارائه می‌دهد اشکال(۵ و ۶). با توجه به مطالب فوق که در ارتباط با فیلتر بافت و شکل(۳) توضیح داده شده است در طبقه‌بندی تصاویر با روش بدون ادغام با فیلتر بافت، همگنی کلاس‌ها کمتر بوده و تک پیکسل‌هایی به ویژه در بین کلاس‌های مرتع و کشاورزی آبی که فرکانس‌های مشابهی دارند مشاهده می‌شود شکل(۵) و دقت طبقه‌بندی بدین جهت کاهش می‌یابد. این در حالی است که اثر فیلتر بافت در حذف تک پیکسل‌ها سبب هموارسازی و همگنی پدیده‌ها شد که تأثیر آن در اختلاط کمتر دو کلاس مرتع و کشاورزی آبی مشهود است شکل(۶).



شکل(۵). طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش بیشترین احتمال بدون ادغام با فیلتر بافت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]



شکل(۶). طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش بیشترین احتمال با ادغام با فیلتر بافت

نتایج

پس پردازش

یکی از مراحل مهم دیگر در ارزیابی منطقه و تغییرات آن توسط الگوریتم‌های به کار رفته، صحت سنجی روش‌ها است. نرم‌افزار ENVI این قابلیت را دارد تا علاوه بر ارائه‌ی ضریب کاپا و دقت کلی الگوریتم، خطای مربوط به دقت کاربر و دقت تولیدکننده را نیز برآورد کند جدول(۲). در این پژوهش برای ارزیابی نتایج از نقاط کنترل زمینی استفاده شد که با استفاده از گوگل ارث تهیه شده بود. سپس مساحت هر کدام از کلاسه‌ها نیز از نتیجه‌ی طبقه‌بندی استخراج گردید. مساحت و درصد هر یک از کاربری‌های به دست آمده نشان می‌دهد که تغییراتی قابل توجه در میزان آن‌ها به وجود آمده است شکل(۵). مساحت کلاسه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی‌های با ضریب کاپا و دقت کلی بالا در هر تصویر به دست آمد جداول(۲ و ۳). همچنین در جداول(۲ و ۳) میزان دقت کاربر و دقت تولید کننده با استفاده از روش confusion matrix نیز به دست آمد و در ادامه از روش class statistic مساحت و درصد هر کلاس برای سه دوره زمانی نیز برآورد شد.

با توجه به نتایج آمده در جداول(۲ و ۳)، در طیقه‌بندی سال ۲۰۰۰ تداخل در بین کلاس‌های کشاورزی آبی (با دقت تولید کننده (۶۲/۲۲) و دقت کاربر (۷۶/۰۵))، باغ (دقت تولید کننده (۶۴/۱۶) و دقت کاربر (۴۸/۸۵)) و مرتع (دقت تولید کننده (۸۵/۴۵) و دقت کاربر (۶۷/۴۸)) مشاهده می‌شود. در حالی‌که طبقه‌بندی سال ۲۰۱۷ نتایج مطلوب‌تری را در پی داشته است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

جدول(۲). دقت تولید کننده و کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی تصویر تیر ماه سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ به روش بیشترین احتمال بدون ادغام با فیلتر بافت

نام کلاس (سال ۲۰۰۰)	دقت تولید کننده	دقت کاربر	مساحت	درصد
دیم	۹۹/۷۴	۹۹/۶۷	۴۵۵۴۹۰/۵	۳۰/۰۱
اراضی کشاورزی آبی	۶۲/۲۲	۷۶/۰۵	۱۳۵۱۲۰/۲	۸/۹
باغ	۶۴/۱۶	۴۸/۸۵	۹۴۸۴/۸۳	۰/۶۲
مرتع	۸۵/۴۵	۶۷/۴۸	۴۱۶۹۰۸/۴	۲۷/۴۸
مسکونی و بایر	۱۰۰	۹۹/۹۴	۴۸۰۹۸۱/۲	۳۱/۷
آب	۱۰۰	۹۹/۹۴	۱۹۵۸۳/۸۲	۱/۲۹
ضریب کاپای کلی		۰/۹۶		
دقت کلی به درصد		۹۹/۲۸		
نام کلاس (سال ۲۰۱۷)	دقت تولید کننده	دقت کاربر	مساحت	درصد
دیم	۶۱/۱۱	۹۹/۶۴	۴۰۰۰۱۳/۷	۲۶/۳۶
اراضی کشاورزی آبی	۹۹/۲۱	۸۸/۴۳	۱۴۸۱۹۰/۹	۹/۷۶
باغ	۸۶/۲۶	۹۸/۱۳	۲۶۷۲۵/۵۹	۱/۷۶
مرتع	۹۷/۳۹	۸۳/۷۱	۲۴۲۲۸۵/۳	۱۵/۹۶
مسکونی و بایر	۱۰۰	۸۴/۷۳	۶۹۷۱۰۲/۷	۴۵/۹۳
آب	۱۰۰	۹۹/۶۳	۳۱۷۱/۱۵	۰/۲۱
ضریب کاپای کلی		۰/۸۹		
دقت کلی به درصد		۹۱/۴۵		

به دلیل این‌که منطقه‌ی انتخاب شده وسیع بوده و تنوع کلاسی بالایی را دارا است. دقت طبقه‌بندی در برخی کلاس‌ها پایین بوده است به همین منظور برای ارتقای کیفیت آن، از روش فیلتر بافت استفاده شد زیرا این روش برای تفکیک مرتع و پوشش گیاهی مناسب است و به همین دلیل طبقه‌بندی به روش بیشترین احتمال برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷، بر روی تصاویری که با فیلتر بافت ادغام شده بود صورت گرفت تا تأثیر این روش بر روی طبقه‌بندی نیز ارزیابی شود و نتیجه‌ی درست و دقیقی به دست آید؛ به دلیل این‌که این نتایج در بررسی تغییرات منطقه موثر هستند، دقت بالای طبقه‌بندی مورد تأکید است. همان‌طور که در شکل(۵) و در جدول(۳) دیده می‌شود نتایج با دقت کلی و ضریب کاپای بالاتری نسبت به روش طبقه‌بندی بدون ادغام با فیلتر به دست آمد. ضمن آن‌که اختلاط بین کلاس‌های مطرح شده در بالا نیز به کمترین میزان خود رسید زیرا اختلاط کمتر در بین کلاس‌ها صحت نقشه‌های کاربری اراضی را افزایش می‌دهد. به همین دلیل بر اساس دقت بالای نتایج حاصل شده از طبقه‌بندی با روش ادغام تصویر با فیلتر بافت اطمینان شده و به تفسیر آن‌ها پرداخته شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

جدول(۳). دقت تولید کننده و کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی تصویر تیر ماه سال ۲۰۰۰ به روش بیشترین احتمال با ادغام تصویر اصلی با فیلتر بافت (مساحت به هکتار)

نام کلاس (سال ۲۰۰۰)	دقت تولید کننده	دقت کاربر	مساحت	درصد
دیم	۹۷/۹۶	۹۶/۹۷	۳۸۲۳۷۱/۱۲	۲۵/۰۶
اراضی کشاورزی آبی	۹۷/۹۵	۷۸/۹۹	۱۵۵۷۷۰/۸۳	۱۰/۲۱
باغ	۷۶/۱۷	۹۹/۹۴	۸۹۳۰/۲۵	۰/۵۸
مرتع	۹۸/۰۹	۹۱/۸۶	۴۶۷۲۵۳/۴۵	۳۰/۶۳
مسکونی و بایر	۹۹/۹۸	۱۰۰	۴۸۳۹۲۷/۶۶	۳۱/۷۲
آب	۱۰۰	۹۹/۹۳	۲۷۲۱۰/۸۷	۱/۷۸
ضریب کاپای کلی		۰/۹۱		
دقت کلی به درصد		۹۸/۹۳		
نام کلاس (سال ۲۰۱۷)	دقت تولید کننده	دقت کاربر	مساحت	درصد
دیم	۹۸/۷۲	۶۰/۸۲	۴۱۳۴۴۳/۲۶	۲۷/۲۴
اراضی کشاورزی آبی	۹۵/۵۳	۸۴/۰۲	۲۰۳۹۸۳/۶۵	۱۳/۴۴
باغ	۹۹/۹۶	۹۷/۹۹	۲۸۱۵۶/۶۸	۱/۸۵
مرتع	۹۷/۹۱	۹۹/۹۵	۱۱۶۷۳۷/۳۸	۷/۶۹
مسکونی و بایر	۹۸/۷۵	۹۹/۴۸	۷۵۱۹۹۷/۲۵	۴۹/۵۵
آب	۸۶/۳۰	۹۹/۹۲	۳۱۷۱/۱۵	۰/۲۰
ضریب کاپای کلی		۰/۸۵		
دقت کلی به درصد		۹۸/۲۹		

نتیجه‌گیری

یک عنصر کلیدی در نظارت بر محیط اطراف، دسترسی قابل اعتماد، مؤثر و به موقع بر آن محیط می‌باشد. استفاده از سنجش از دور این امکان را فراهم می‌کند تا با صرف کمترین هزینه و زمان، بررسی و نظارت نسبتا دقیق و قابل قبولی در منطقه صورت گیرد. انتخاب سنجنده مناسب با هدف پژوهش، الگوریتم‌های توانمند در بخش طبقه‌بندی، ترکیب باندهای مناسب و پیش‌پردازش‌ها و پردازش‌های دقیق، پژوهشگر را در تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین روش کمک می‌کند. این عمل همچنین به دلیل ارائه نتایج دقیق‌تر و قابل قبول، وضعیت درست‌تری از منطقه را در طی گذشته تا حال حاضر نشان می‌دهد و ارزیابی شرایط منطقه را در آینده فراهم می‌کند. بر این اساس نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در این بخش از حوضه دریاچه ارومیه تغییرات نسبتاً چشم‌گیری در کاربری پوشش و اراضی وجود داشته است. این تغییرات به خصوص در تمامی کلاسه‌ها محسوس می‌باشد؛ افزایش شدید پوشش کشاورزی آبی و باغی نیز با کاهش شدید آب منطقه توام بوده است.

بعد از انجام طبقه‌بندی با روش ادغام تصویر با فیلتر بافت، نتیجه‌ی مناسب و مورد قبول (دقت کلی ۹۸/۹۳ برای سال ۲۰۰۰ و دقت کلی ۹۸/۲۹ برای سال ۲۰۱۷) به دست آمد. دقت بالای این الگوریتم با مطالعات محققانی همچون اتوکی و بلاسکی (۲۰۱۰) و کالیراج و همکاران (۲۰۱۷) و کاظمی و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. نتایج طبقه‌بندی مذکور نشان می‌دهد میزان آب به شدت کاهش یافته و مناطق بایر (شوره‌زارها) در مناطقی که پیش‌تر پهنه‌ی آبی بود افزایش یافته است. از سویی افزایش وسعت شهرها و به تبع آن افزایش جمعیت، موجب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

فشار بیشتر بر منطقه‌ی مذکور شده و سبب افزایش اراضی کشاورزی و باغی شده است. مراتع کاهش یافته و اراضی کشاورزی، دیم و باغی افزایش داشته‌اند.

از سویی گرمایش جهانی که دانشمندان بیش از پیش بر آن تأکید می‌کنند و شرایط اقلیمی منطقه و تغییرات رژیم بارشی و کاهش بارندگی نیز دلیلی بر درستی گفته‌های آنان است لزوم کاهش فشار بر این منطقه را دو چندان می‌کند. اما از آن جایی که معیشت اغلب جمعیت این ناحیه بر پایه‌ی کشاورزی می‌باشد بایستی تغییر الگوی کشت بر این منطقه حاکم شده و محصولاتی همچون زعفران و گل محمدی که با شوری، کم آبی و دمای بالا سازگاری دارند جایگزین شوند.

منابع

رضایی مقدم، محمدحسین؛ رضایی بنفشه درق، مجید؛ فیضی زاده، بختیار؛ نظم فر، حسین. (۱۳۸۹). **طبقه‌بندی پوشش اراضی / کاربری اراضی بر اساس تکنیک شی گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی**، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، **۲۳(۲)**، پیاپی ۸۷: ۳۵-۲۰.

ریاحی، وحید؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ عزیزپور، فرهاد؛ دارویی، پرستو. (۱۳۹۸). **تعیین و بررسی سطح زیرکشت محصولات زراعی در ناحیه لنجانات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۱۹(۵۲)**: ۱۶۹-۱۴۷.

ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ تلخابی، حمیدرضا؛ حسینجانی، لیلا. (۱۳۹۲). **آشکارسازی تغییرات حوضه کویر میقان با استفاده از تصاویر MSS ,TM+, ETM و داده های اقلیمی در دوره ۲۰۱۱-۱۹۷۳**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۱۳(۳۱)**: ۱۸۹-۱۷۳.

فیضی‌زاده، بختیار؛ بهرامی، مریم. (۱۳۹۵). **آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی دریاچه ارومیه، به وسیله پردازش شیءگرای- فازی تصاویر ماهواره‌ای Landsat**، کنفرانس بین المللی پیامدهای جغرافیایی و اثرات زیست محیطی شرایط دریاچه ارومیه، تبریز، دانشگاه تبریز، ۶-۱.

فیضی‌زاده، بختیار؛ حاجی میررحیمی، سیدمحمود. (۱۳۸۷). **آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه)**، همایش ژئوماتیک ۸۷، تهران، سازمان نقشه برداری کشور، ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار؛ خدمت‌زاده، علی؛ نیکجو، محمدرضا. (۱۳۹۷). **ریز طبقه‌بندی اراضی باغی و زراعی با استفاده از تکنیک‌های پردازش شیء پایه و الگوریتم‌های فازی با هدف تخمین سطح زیر کشت**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۱۸(۴۸)**: ۲۱۶-۲۰۱.

کاظمی، محمد؛ نوحه‌گر، احمد؛ میردامادی. (۱۳۹۶). **انتخاب بهترین روش طبقه‌بندی در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸(مطالعه موردی حوضه آبخیز بهشت گمشده، استان فارس)**، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، **۸(۱)**، پیاپی ۲۷: ۹۷ – ۷۹.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]

[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

متکان، علی‌اکبر؛ سعیدی، خاطره؛ شکیبا، علیرضا؛ حسینی‌اصل، امین. (۱۳۸۹). **ارزیابی تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با احداث سد طالقان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۱۶(۱۹)**: ۶۴-۴۵.

نورالدینی، احمدرضا؛ بنیاد، امیراسلام. (۱۳۹۶). **بررسی کارآیی روش‌های تصحیح اتمسفر در برآورد تراکم تاج پوشش جنگل‌های گیلان با استفاده از شاخص‌های گیاهی حاصل از لندست ۸**، سنجش از دور و GIS ایران، **۹(۱)**: ۹۹.

Al-Ahmadi F. S, Hames A. S. 2009. **Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia**, JKAU; Earth Sci, **20(1)**: 167-191, DOI.org/doi /10.4197/Ear.20-1.9.

Gadrani L, Lominadze G, Tsitsagi F. 2018. **assessment of landuse/landcover (LULC) change of Tbilisi and surrounding area using remote sensing (RS) and GIS**, Annals of Agrarian Science, **16(2)**: 163-169, DOI.org/doi:10.1016/j.aasci.2018.02.005.

Haque M. d, Basak R. 2017. **Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, **20(2)**: 251-263, DOI.org/doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.003.

Islam K, Jashimuddin M, Nath B, Nath Kumar. T. 2018. **Land use classification and change detection by using multi-temporal, remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, **21,(1)**: 37–47, DOI.org/doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.005.

Kaliraj S, Chandrasekar N, Ramachandran K. K, Srinivas, Y, Saravanan S. 2017. **Coastal landuse and land cover change and transformations of Kanyakumari coast, India using remote sensing and GIS**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, **20(2)**, 169–185, DOI.org/doi:10.1016/j.ejrs.2017.04.003.

Lu D, Weng Q. 2007. **A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance**, International Journal of Remote Sensing, **26(5)**: 823–870, DOI.org/doi:10.1080/01431160600746456.

Mas J. F. 2005. **Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer areas environmentally similar to the target area**, Environmental Monitoring and Assessment, **105(1-3)**, 69–80, DOI.org/doi:10.1007/s10661-005-3156-5.

Morawitz D, Blewett T, Cohen A, Alberti, M. 2006. **Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget sound**, Environmental Monitoring and Assessment, **114(1-3)**: 85-106, DOI.org/doi:10.1007/s10661-006-1679-z.

Omer G, Mutanga O, Abdel-Rahman E, Elhadi M. I. A. 2015. **Performance of Support Vector Machines and Artificial Neural Network for Mapping Endangered Tree Species Using WorldView-2 Data in Dukuduku Forest, South Africa**, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, **8(10)**, 1 – 16, DOI.org/doi:10.1109/JSTARS .2015.2461136.

Otukei J. R, Blaschke T. 2010. **Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, **12(S)**: 27–31, DOI.org/doi:10.10 16 /j.jag .20 09 .11.002.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]

Purwanto H. U, Dwiyono R, Kurniawan B. 2016. **Spatio temporal analysis trend of land use and land cover change against temperature based on remote sensing data in Malang City**, Procedia - Social and Behavioral Sciences, **227**, 232 – 238, DOI.org/doi :10.1016 /j.sb spro .20 16 .06.066.

Qasim M, Hubacek K, Termansen M. 2013. **Underlying and proximate driving causes of land use change in district Swat**, Pakistan. Land Use policy, **34**, 146–157, DOI.org/ doi:10.1016/j.landusepol.2013.02.008.

Sylla L, Xiong D, Zhang H. Y. Bangoura S. T. 2012. **A GIS technology and method to assess environmental problems from land use/cover changes: Conakry, Coyah and Dubreka region case study. Egypt**. Remote Sens. Space Sci. **15(1)**, 31–38, DOI.org/doi: 10.1016 /j.ejrs .2011. 12.002.

Van Vliet J, de Groot H. L, Rietveld P. Verburg P. H. 2015. **Manifestations and underlying drivers of agricultural land use change in Europe,** Landsc Urban Plan. **133**, 24–36, DOI.org/doi:10.1016/j.landurbplan.2014.09.001.

Wang K, Franklin S. E, Guo X, He Y, Dermid G. J. 2009. **Problems in remote sensing of landscapes and habitats**, Progress in Physical Geography: Earth and Environment, **33**: 747–768, DOI.org/doi:10.1177/0309133309350121.

Xie Y, Sha Z, Yu M. 2008. **Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review**, Journal of Plant Ecology, **1(1)**: 9–23, DOI.org/doi:10.1093/jpe/rtm005.

Zhang R, Zhu D. 2011. **Study of land cover classification based on knowledge rules using high-resolution remote sensing images**, Expert Syst. Appl, **38(4)**: 3647–3652, DOI.org/doi:10.1016/j.eswa.2010.09.019.

Zhang X, Kang T, Wang H, Sun Y. 2010. **Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, **12(2)**: 145-150, DOI.org/doi: 10.1016/j.jag.2010.04.011.

Zhu Z, Woodcock C. E. 2014. **Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data**, Remote Sens. Environ, **144**, 152–171, DOI.org/doi: 10.1016/j.rse.2014.01.011.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.33.6]
[DOI: 10.52547/jgs.23.68.1]