دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ویکم، شماره‌ی ۷۵
پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۷۴-۵۵

DOI:10.52547/GeoSpa.21.3.55

معصومه صوفی[۱]
*بهلول علیجانی[۲]
رضا برنا[۳]
فریده اسدیان[٤]

پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی حوضه دریاچه ارومیه بر اساس داده‌های سنجش از دور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۳

چکیده

یکی از مهم‌ترین و محسوس‌ترین اثراتی که سدها بر طبیعت می‌گذارند تغییر در نوع کاربری زمین‌های اطراف آن می‌باشد. ایجاد مخزن سد تبدیل اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی و کارخانجات صنعتی و تبدیل کشته‌ای دیم به کشت آبی از جمله این تغییرات است. هدف اصلی این تحقیق پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی بر اساس داده‌های سنجش‌ازدور در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، دو تصویر ماهواره‌ای Landsat با اختلاف زمانی ۱۵ سال در بازه زمانی ماهانه یکسان انتخاب شدند. همچنین تصاویر مربوط به ماهواره Landsat سنجنده‌های +ETM (لندست ۷) و OLI (لندست ۸) مورد استفاده قرار گرفته است. طبق نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی طی ۲۰ سال آینده، درصد افزایش مساحت مرتع‌های با پوشش ضعیف ۱۹، اراضی شوره‌زار ٤۲ و اراضی بایر یا بدون پوشش ۱۷ است. از طرفی درصد کاهش گستره اراضی باغی ۱٦، اراضی کشاورزی ۱۱، مناطق مسکونی روستایی ۱/۱۱، مرتع با پوشش

۱- دانشجوی دکتری تخصصی آب‌وهواشناسی، واحد علوم و تحیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
*۲- گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). E-mail: bralijani@gmail.com
۳- گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
٤- گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

متراکم ۵، مرتع با پوشش متوسط ۳ و پهنه آبی ٢٤ خواهد بود. این پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ١٤١٧ نشان می‌دهد که شدت کاهش مساحت برای پهنه‌های آبی و شدت افزایش برای اراضی شوره‌زار بسیار زیاد خواهد بود. بر مبنای نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال ١٤١٧، مساحت اراضی بایر، مرتع با پوشش کم و شوره‌زار از سال ۱۳۹۷ تا سال ١٤١٧ به‌ترتیب به ١٦٦٨، ٧٢٥٧ و ٤٤٩٧ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت. در طرف مقابل، مساحت کاربری‌های کشاورزی، مرتع با پوشش متراکم، مرتع متوسط، باغ، مسکونی و پهنه-های آبی (دریاچه) طی این بازه زمانی ۲۰ ساله به‌ترتیب تا ١٨٣٥٦، ٦٦٢٢، ٥٥٧٨، ٢٩٧٤، ٥٣٥ و ٢٩١١ کیلومتر مربع کاهش پیدا می‌کنند.

کلید واژه‌ها: سد، کاربری اراضی، سنجش‌ازدور، دریاچه ارومیه.

مقدمه

در سال‌های اخیر کاهش قابل ملاحظه سطح آب مشکلاتی را برای محیط‌زیست دریاچه ارومیه و ساکنان آن به همراه داشته است. بروز این مشکلات توجه و ارزیابی نوسان‌های سطح آب این دریاچه را با استفاده از روش‌های علمی و مناسب اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (Abdullahi et al., 2006). سدها یکی از سازه‌های مهم در سیستم‌های انتقال و منابع آب می‌باشند. این سازه‌ها از زمان‌های قدیم بدون دستیابی به اطلاعات کامل هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، هیدرومکانیکی و غیره ساخته شده‌اند. سدها دارای اثرات مثبت و منفی بر روی محیط‌زیست می‌باشند. از جمله مزایای آن را می‌توان کنترل رژیم جریان در نتیجه جلوگیری از وقوع سیلاب، تأمین آب کشاورزی و مصارف شهری از طریق ذخیره آب و تولید انرژی عنوان کرد. هر چند احداث سدهای بزرگ به‌واسطه مزایای اجتماعی و هزینه‌های زیاد آن‌ها و با وجود منافع زیاد آن، مضراتی را نیز به همراه داشته که در پاره‌ای از موارد جبران‌ناپذیر هستند. گرچه تاثیرات آب بر زندگی بشر و گسترش تمدن‌ها در سراسر جهان شناخته شده است اما ادعا شده که مزایای اقتصادی مورد نظر، از پروژه‌هایی که برای بهره‌برداری از منابع آب طراحی شده، حاصل نشده و همچنین پیش‌بینی‌های ضروری برای کاهش مضرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به درستی انجام نشده‌اند .حتی برخی سازمان‌های بین‌المللی، مطالعاتی به‌منظور متوقف کردن پروژه‌های تامین آب در کشورهای در حال توسعه انجام داده‌اند. به همین دلیل در مدیریت منابع آب، توسعه فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مورد توجه قرار گرفته و تاثیرات زیست‌محیطی که حاصل این مطالعات است اهمیت روزافزون یافته است (Mahdavi, 2002). در سال‌های اخیر کاهش قابل ملاحظه سطح آب مشکلاتی را برای محیط‌زیست دریاچه ارومیه و ساکنان آن به همراه داشته است. بروز این مشکلات توجه و ارزیابی نوسان‌های سطح آب این دریاچه را با استفاده از روش‌های علمی و مناسب اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. (Jahanbakhsh et al., 2010). در شرایط فعلی، پایین رفتن سطح آب و افزایش غلظت نمک موجب کاهش شدید

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

تنوع و درصد پوشش گیاهی شده است و تعادل و نظم زون بندی جوامع بر هم ریخته به طوری که در بخش‌های وسیعی از اراضی حاشیه دریاچه هیچ‌گونه پوششی دیده نمی‌شود. طی دو دهه اخیر و تحت تاثیر تحولات کلیماتولوژیک کلان در شمال غرب ایران، کاهش میزان نزولات آسمانی، تبخیر-تعرق فراوان ناشی از افزایش متوسط درجه حرارت در شمال غرب کشور به همراه دخالت عوامل انسان ساختی از قبیل سدسازی‌ها و جلوگیری موثر از برقراری توازن و تعادل طبیعی در بیلان آب دریاچه ارومیه سبب بروز زمینه‌ی یک مخاطره زیست‌محیطی جبران‌ناپذیر در شمال غرب ایران شده است. مخاطرات زیست‌محیطی متعدد و حاد در کنار نگرانی‌ها و توجهات اخیر نظام مدیریت کلان کشور به امر ممانعت از نابودی دریاچه ارومیه به‌عنوان یک میراث طبیعی ملی و بین‌المللی، به دلیل اضمحلال دریاچه و نیز توجه جامعه جهانی به آن به‌عنوان یک میراث زیست‌محیطی، از جمله ضرورت‌های اساسی در پرداختن به چنین پژوهش‌هایی است (Asghari Zamani, 2011). در دهه‌های اخیر با در دسترس قرار دادن اطلاعات و تصاویر ماهواره‌ای محققان زیادی به تلاش و تحقیق در زمینه تغییرات کاربری اراضی در حوضه-های آبریز توسط ماهواره پرداخته و تکنیک‌های متعددی را توسعه داده یا بهبود بخشیده است. تعدادی از مطالعات مهم و مرتبط با موضوع تحقیق مورد بررسی عبارتند از:

Abdullahi (2006) بررسی اثرات زیست‌محیطی تغییر کاربری اراضی روی پوشش گیاهی مناطق شهری با به‌کارگیری تکنیک سنجش‌ازدور به سرانجام رساند. نتایج این تحقیق به‌صورت نمودارهایی نشان داده شد که بیانگر تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی طی ۱۲ سال برای هر یک محل‌های مورد مطالعه است. Hadian et al (2011) بررسی تخریب پوشش گیاهی در اثر احداث سد، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را در سد ملاصدرا انجام دادند. نتایج نشان داد که با ساخت سد ملاصدرا سطح بسیاری از اراضی مرتعی و کشاورزی (۷۹۱ هکتار) نابود شده و میزان خاک بدون پوشش نیز در منطقه افزایش داشته است (از ٤٣/ ١٠١ به ٧٤/ ١٦١٨ هکتار). شجاعیان (۲۰۱۳) کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در تشخیص تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل ماتریس ضرب کاربری‌ها را مطالعه کرد. Imani et al (2014) بررسی روند تغییرات کاربری پوشش اراضی استان همدان در سه دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر زیستگاه‌های حیات‌وحش در این استان به‌شدت در معرض نابودی قرار گرفته‌اند. Hayatzadeh et al (2016) نظارت و ارزیابی روند تغییر کاربری اراضی حوزه آبخیز فخرآباد مهریز را با استفاده از سنجش‌ازدور انجام دادند. نتایج نشان داد که روند تغییرات کاربری در کاربری‌های باغی و مسکونی بارزتر بود. Kiani et al (2016) کاربری اراضی بخش مرکزی شهرستان چاپیاره را با استفاده از GIS بررسی و ارزیابی کردند. همچنین Soltani et al (2017) کاربرد تصاویر ماهواره‌ای لندست و الگوریتم شبکهٔ عصب مصنوعی در بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضهٔ سد ایلام را انجام دادند. Mohammadi Joe et al (2017) آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی لاهیجان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش‌ازدور

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

انجام دادند. بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی و جداول مساحت‌های کاربری‌ها و تغییرات آن‌ها نشان می‌دهد در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱٦، شهر شاهد روند افزایش پهنه شهری و کشاورزی بوده این در حالی است که کاربری جنگل و پهنه آبی روند کاهشی داشته است. Tahmasebi et al (2017) تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست را انجام دادند. Karimi et al (2017) تغییرات کاربری اراضی در تالاب امیرکلایه گیلان در سال‌های گذشته را بررسی کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان از کاهش آب تالاب و مساحت اراضی کشاورزی و افزایش مناطق دارای پوشش گیاهی در طی زمان است. Yari et al (2017)روند تغییرات کاربری اراضی در بخشی از حوزه آبخیز قره سوه را بررسی کردند. Nouri et al (2018) تغییرات در کاربری اراضی و خدمات اکولوژیک محدوده سد سهند را با استفاده از تکنیک سنجش از دور انجام دادند.(2018) Tayabi et al آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور را به سرانجام رساندند. Kamyar et al (2018) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در دهستان میدان چای با پردازش تصاویر ماهواره‌ای را انجام دادند. (2018) Dehdari et al آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی سدهای کارون ۳ و ٤ را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند. Christensen (2004) مانیتور تغییرات و پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را انجام دادند. Eastman (2006) تغییر کاربری روی داده بر اثر احداث سدها در رودخانه مکونگ را جهت پی بردن به اثرات زیست‌محیطی آن با استفاده از GIS مدل‌سازی کرد. وی به این نتیجه رسید که استفاده از سدهای بزرگ به دلیل اثرات مخرب آن بر زمین‌های اطراف و تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی این زمین‌ها چندان مناسب نیست Barja (2010) شناسایی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای را به سرانجام رساند. (2010) Al-Kouri در مورد تغییر کاربری اراضی بر این نکته اشاره دارد که سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور نقش بسیار مهمی در ایجاد ارتباط و تحلیل بین داده‌های حاصل از تغییر کاربری‌ها و مدیریت پایدار زمین و ارزیابی زیانباری تغییرات دارد. Banta (2012) تغییر پوشش اراضی و کاربری اراضی را با استفاده از سنجش از راه دور و پیامدهای اقلیمی آن را بررسی کرد. نتایج نشان داد که منطقه تحت کشاورزی شدید از ١٤٥٩ تا ٣٥٠٠ کیلومتر مربع و میزان تالاب از ٣٦٨ تا ٦٤٨ کیلومتر مربع در دوره ۱۹۷۳–۱۹۹۹ افزایش یافته است. Wang (2014) et al به مطالعه تغییر کاربری‌ها و ارزیابی اثرات آن در روند کاهش آب‌های زیرزمینی می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد که احداث سدهای بزرگ اثرات زیانباری را در میزان آب‌های زیرزمینی داشته است. Peng et al (2017) با کمک روش‌های GIS پایه و استفاده از نقشه‌های پوشش /کاربری اراضی تهیه شده توسط ابزارهای سنجش‌ازدور به بررسی آثار احداث سد بر کاربری اراضی یک حوزه آبخیز در هند پرداختند. نتایج نشان داد سد مخزنی به‌طور مستقیم بر ۲۸۸۹ هکتار از زمین‌های کشاورزی تأثیر گذاشته و منجر به تغییر ٣٣٤٧ هکتار از سایر اراضی اطراف مخزن شده است. Vardon (2017) در مطالعه خود از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به‌منظور تعیین تغییرات پوشش و کاربری

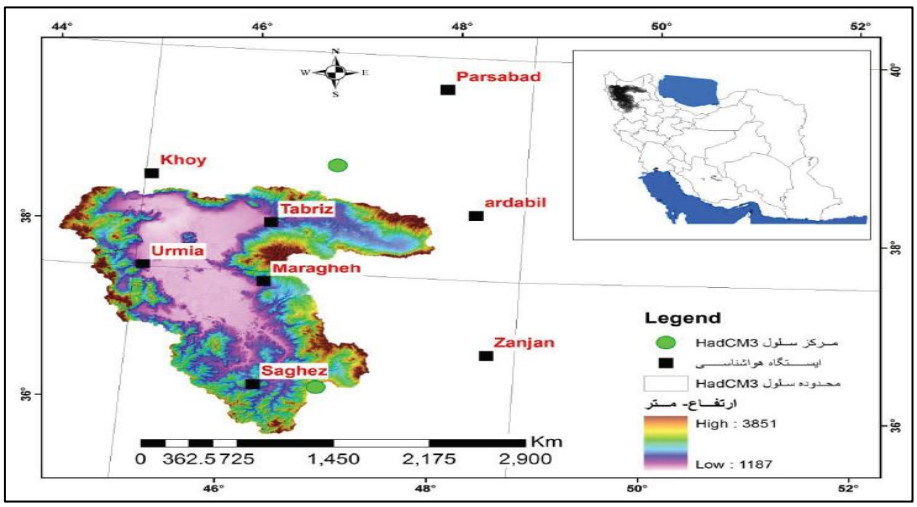
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

اراضی در حوزه آبریز سد پاکستان استفاده نمودند. هدف نهایی این پژوهش بررسی و پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی بر اساس داده‌های هیدروکلیماتولوژی و سنجش‌ازدور در حوضه دریاچه ارومیه است.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال‌غرب ایران با مساحت ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع بین مختصات ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ٤٤ درجه و ١٤ دقیقه تا ٤٧ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این حوزه در شمال‌غربی ایران قرار گرفته و به‌وسیله بخش شمالی کوه‌های زاگرس، دامنه جنوبی کوه سبلان و دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند احاطه شده است. این حوزه از سمت شمال به حوضه آبریز رودخانه ارس، از سمت شرق به حوضه آبریز رودخانه سفیدرود، از جنوب به حوضه آبریز رودخانه‌های سفیدرود و سیروان و از غرب به حوضه آبریز رودخانه زاب محدود گشته است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دریاچه ارومیه

Figure 1: Geographical location of the Urmia Lake

این حوضه بین استان‌های آذربایجان‌غربی (٤٦ درصد)، آذربایجان‌شرقی (٤٣ درصد) و کردستان (۱۱ درصد) قرار دارد. دریاچه ارومیه به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران و از مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران و جهان به‌شمار می‌آید. اکوسیستم این دریاچه نمونه‌ای شاخص از یک حوضه آبریز بسته است که کلیه رواناب‌های جاری در رودخانه‌های حوضه به آن تخلیه می‌گردد. همچنین اکوسیستم فعال آن شامل دریاچه و حوضه آبریز آن است. در نتیجه مرز حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مرز دقیقی را برای مدیریت عوامل مؤثر بر دریاچه و زیستگاه‌های مهم در حوضه به‌وجود آورده است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه به‌وسیله بخش شمالی کوه‌های زاگرس و دامنه‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

جنوبی کوه سبلان و نیز دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند احاطه شده است. حدود ۳۳٤٦۹ کیلومتر مربع از سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه را مناطق کوهستان (٦۵ درصد)، ۱۲۵٦٤ کیلومتر مربع آن را دشت‌ها و کوهپایه-ها (۲٤ درصد) و ۵۳۲۰ کیلومتر مربع آن را نیز دریاچه ارومیه (۱۰ درصد) در بر گرفته است.

مواد و روش‌ها

با توجه به هدف اصلی پژوهش، برای بررسی نوسان‌های تراز آب دریاچه ارومیه از داده‌های تراز آب دریاچه، دبی رودخانه‌ها و سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی استفاده شد. داده‌های تراز آب دریاچه ارومیه برای دوره آماری ٤۸ ساله (۱۹٦۵تا ۲۰۱۳) از مدیریت منابع آب وزرات نیرو جمع‌آوری شد. آمار دبی رودخانه‌های موجود در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای ۷۱ ایستگاه هیدرومتری وزرات نیرو در تحلیل تغییرات دبی ورودی به دریاچه ارومیه به کار گرفته شد. برای تنظیم داده‌های سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی، از میان ۱۰۵٤ حلقه چاه، ۱۲۳ حلقه که در دوره آماری داده‌های کاملی داشتند، انتخاب شدند. به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، دو تصویر ماهواره‌ای Landsat با اختلاف زمانی ۱۵ سال در بازه زمانی ماهانه یکسان انتخاب شدند. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به قرار گرفتن گستره حوضه آبریز دریاچه ارومیه در ۸ سین از تصویر Landsat، مجموعاً ۱٦ شیت تصویر ماهواره‌ای جمع‌آوری شده است. جهت ارتقای دقت طبقه-بندی، انتخاب تصاویر از ماه June یعنی زمانی که پوشش گیاهی به حداکثر رشد رویشی رسیده باشد، صورت گرفت و سعی شد تا تصاویر انتخابی تا حد ممکن در یک بازه زمانی انتخاب شود (Shahkooeei et al., 2014). بر اساس بررسی‌های انجام گرفته و نیاز به تصاویر ماهواره‌ای و مرتبط با هدف پژوهش، تصاویر مربوط به ماهواره Landsat سنجنده‌های +ETM (لندست ۷) و OLI (لندست ۸) مورد استفاده قرار گرفته است. تصاویر ماهواره‌ای Landsat در سطوح پایین مورد تصحیحات هندسی قرار گرفته‌اند؛ ولی دقت آن‌ها خیلی‌کم و در حدود ۵۰۰ متر نسبت به موقعیت واقعی می‌باشد. در این پژوهش برای تطابق هندسی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و تصاویر ماهواره‌ای GeoEye با قدرت تفکیک مکانی بهتر از ۱ متر و همچنین تصاویر Google Earth استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از تعداد نقطه کنترل زمینی مناسب و با خطای هندسی نیم پیکسل (RMSE=0.5) و روش نزدیک‌ترین همسایه در سیستم مختصات UTMZ38-N تصحیح هندسی شدند.

طبقه‌بندی و استخراج طبقات کاربری اراضی

نسبت باندها[5]

5- Band Ratio

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

تقسیم و نسبت مقادیر پیکسل‌ها در باندهای مختلف یکی از تکنیک‌های معتبر برای حذف تأثیر برخی پدیده‌ها در تصویر و تشخیص عوارض خاص در کاربری‌های مختلف سنجش‌ازدور است. به‌عنوان مثال در تصاویر ماهواره‌ای +ETM، از نسبت‌های Band 4/ Band 3 برای شناخت وضعیت و تراکم پوشش گیاهی، Band 4/ Band 1 برای استخراج مرز منابع آبی (دریا، دریاچه، آب‌بندان، هور، باتلاق، مرداب و ...)، Band 7/ Band 5 برای تشخیص کانی-های رسی و سنگ‌های دگرگونی هیدروترمال، Band 3/ Band 1 برای تشخیص اکسید آهن و Band 5/ Band 4 برای کانی‌های آهن استفاده می‌شود. همچنین برای تشخیص پوشش گیاهی (نوع و تراکم)، می‌توان از انواع شاخص-های پوشش گیاهی نظیر (NDVI)[6]، (RVI)[7] یا (SAVI)[8] استفاده نمود.

طبقه‌بندی ترکیبی نظارت شده و نظارت نشده

نکته اصلی در این روش، تفاوت بین کلاس‌های اطلاعاتی و کلاس‌های طیفی است. با هدف استخراج طبقات کاربری اراضی آبریز دریاچه ارومیه از روش طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم بیش‌ترین شباهت (حداکثر احتمال) استفاده شده است. انتخاب نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز به‌منظور استخراج نوع کاربری اراضی در منطقه جهت طبقه-بندی با استفاده از اطلاعات جنبی و بر روی تصویر رنگی مرکب (RGB: ۲، ۳ و ٤) برای تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده صورت گرفت. برای این منظور در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه به فراخور سهم هر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه تعداد مناسبی نمونه تعلیمی با استفاده از بررسی Google Earth، تصویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بهتر از یک متر و نقشه کاربری تهیه شده توسط مرکز داده‌های علوم زمین و همچنین تصاویر رنگی مرکب انتخاب گردیدند. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی سعی شد که این نمونه‌های تعلیمی از پراکنش مناسب برخوردار بوده و معرف خوبی برای طبقات مورد نظر باشند. با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال، لایه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در ۹ کلاس کاربری مسکونی، کشاورزی، باغ، مرتع با پوشش‌های متراکم، متوسط و ضعیف، شوره‌زار، دریاچه و بایر تهیه گردید (Suriya and Mudgal, 2011).

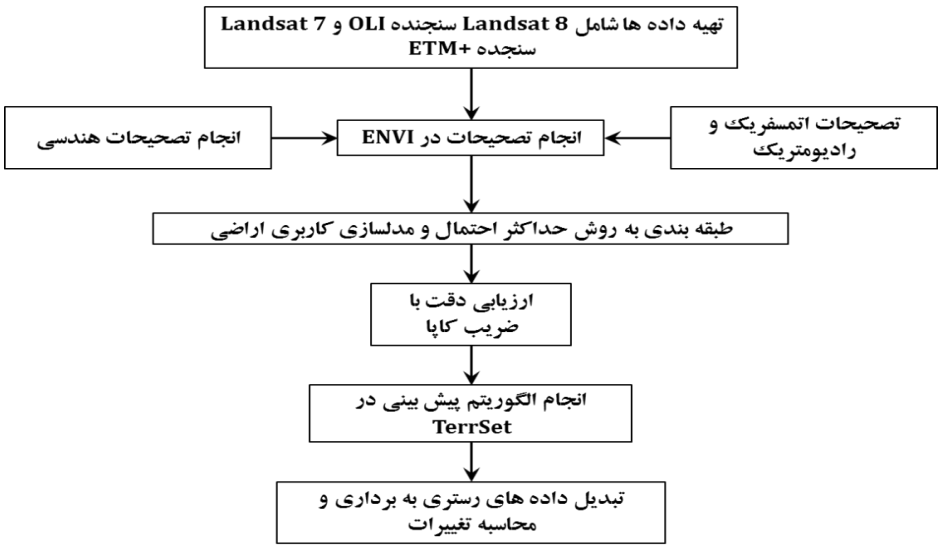
پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی ابزاری ضروری برای تحلیل‌های زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی است (Arkhi and Esfahani, 2014). زنجیره مارکوف برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی زمین در جایی که توصیف تغییرات و فرآیندهای سیمای سرزمین مشکل باشد، ابزاری مناسب است. در این مطالعه، پیش‌بینی وضعیت ۹ کلاس کاربری اراضی شامل مسکونی، کشاورزی، باغ، مرتع با پوشش‌های متراکم، متوسط و ضعیف، شوره‌زار،

6- Normalized Difference Vegetation Index
7- Ratio Vegetation Index
8- Soil Adjusted Vegetation Index

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

دریاچه و بایر بر اساس نقشه‌های کاربری حاصل از طبقه‌بندی در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ با استفاده از نرم‌افزارهای Clark_Labs_TerrSet_18.31 انجام گرفته است. پس از آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، ماتریس احتمال انتقال برای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سال آینده با خطای ۰/۱۵ درصد محاسبه شد. با اتمام این مرحله، عملکرد CA مارکوف در نرم‌افزار ادریسی با لحاظ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ به‌عنوان نقشه پایه و معرفی مساحت‌های قابل انتقال از مرحله قبل، اجرا و نقشه کاربری اراضی تا سال ۲۰۳۵ با استفاده از مدل مذکور پیش‌بینی شد (شکل ۲).



شکل ۲: چارچوب مفهومی استخراج، مدل‌سازی، آشکارسازی تغییرات و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی بر اساس داده‌های ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸

Figure 2: Conceptual framework for extraction, modeling, detection of changes and forecasting of land use changes in the catchment area of the Urmia Lake based on satellite data in 2010 and 2018

یافته‌ها و بحث

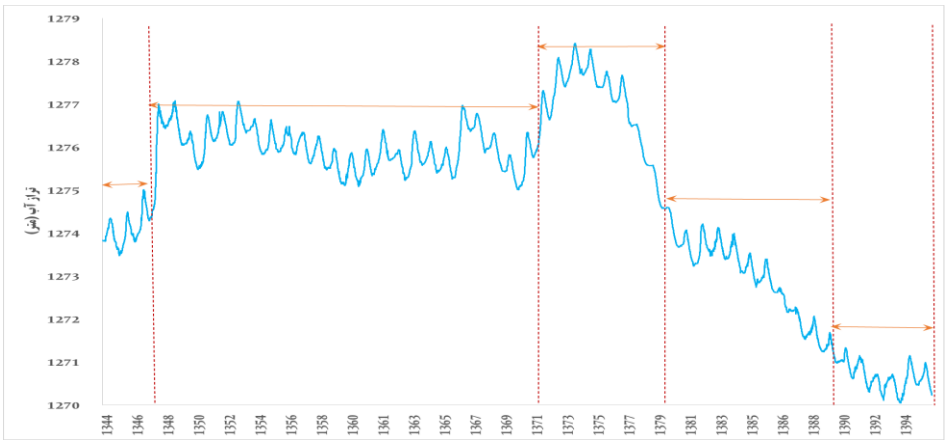
با توجه به اهمیت احداث سدهای مختلف در حوضه و میزان اثرگذاری آن‌ها هم بر تغییرات تراز آب دریاچه و هم بر توسعه اراضی کشاورزی در سطح منطقه، آشکارسازی روند گسترش مساحت اراضی زراعی با به‌کار بردن تکنیک‌های مکانی و سنجش‌ازدوری و همچنین تصاویر ماهواره‌ای مناسب به‌منظور تشخیص ارتباط آن با احداث سدها، هدف اصلی پژوهش حاضر است.

روند تغییرات دریاچه ارومیه

روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه در طی ۵۲ اخیر بر اساس داده‌های ثبت شده توسط وزارت نیرو در شکل (۳) ترسیم گردیده است. همان‌طور که در شکل به‌خوبی مشخص است، روند نزولی این دریاچه پس از دوران پرآبی آن

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

در سال ۱۹۹۵، شروع گردیده و در طی بیست سال، تراز دریاچه بیش از ۸ متر افت کرده است. در واقع با توجه به ارقام ثبت شده، به‌طور متوسط دریاچه در این بیست سال اخیر سالیانه با افت ٤٠ سانتی‌متری مواجه بوده است. با توجه به عمق کم این دریاچه، این میزان افت تراز منجر به خشکی درصد قابل ملاحظه‌ای از سطح دریاچه گردیده و بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب از حجم آب آن در اثر عدم ورود منابع آبی کافی به آن از بین رفته است. در طی دوره آماری سال‌های ۱۹٦٥ تا ۲۰۱۷، پایین‌ترین تراز آب دریاچه (۱۲۷۰/۰٤ متر) در ماه‌های مهر و آبان سال ۲۰۱۵ و بالاترین تراز (۱۲۷۸/٤۱ متر) در خرداد ماه ۱۳۷٤ ثبت گردیده است.



شکل ۳: روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه طی سال‌های ۱۳٤٤ تا ۱۳۹٦ بر اساس داده‌های مدیریت منابع آب

Figure 3: The trend of changes in the level of the Urmia Lake during the years 1965 to 2017based on water resources management data

احداث سدها/ توسعه نامتوازن بخش کشاورزی حوضه

در ارتباط با تأثیر سدهای احداث شده بر روی اکوسیستم حوضه دریاچه ارومیه، می‌توان به تغییر کاربری اراضی و توسعه کشاورزی اشاره نمود؛ به نحوی که مجموع زراعت آب و باغات از ۳۳۵ هزار هکتار در سال ۱۳۵۳ به ٤٦۲ هزار هکتار در سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است (Dynamic Knowledge Strategy Engineering Research Institute, 2012). علاوه بر افزایش سطح زیر کشت در بخش کشاورزی حوضه، عوامل دیگری همچون تغییر الگوی کشت کم‌مصرف آبی به الگوی پرمصرف، افزایش سطح زیر کشت باغی در حوضه و تولید بیش از نیاز برخی از محصولات در سطح حوضه و صادرات آن به خارج از حوضه نیز از عوامل مؤثر در توسعه نامتوازن بخش کشاورزی و استفاده بیش از حد مجاز از منابع آبی تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. کاهش مساحت دریاچه به اندازه ۱۲۰ هزار هکتار و تبدیل شدن بستر خشک آن به شوره‌زار و عدم توازن در میزان آب ورودی به دریاچه و کاهش تراز بیش از ۸ متر طی دو دهه اخیر هم از جمله تأثیرات سدسازی و توسعه اراضی کشاورزی آبی در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

بارزسازی تصاویر ماهواره‌ای

با توجه به این‌که انتخاب بهترین ترکیب باندی از طریق مقایسه چشمی مشکل و وقت‌گیر است، لذا برای این کاربر اساس همبستگی و واریانس بین باندها به انتخاب بهترین ترکیب سه‌تایی باندها پرداخته شد. با توجه به آنالیز ماتریس همبستگی برای تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش، مشخص شد که بهترین ترکیبات باندی برای تصاویر +ETM (Year2010) باندهای ۲، ۳ و ٤ و برای تصاویر OLI (Year, 2018) باندهای ۳، ٤ و ۵ می‌باشد؛ این باندها در تصاویر ذکر شده دارای کم‌ترین همبستگی در میان همه باندها هستند (جدول ۱ و ۲) و بنابراین بیش‌ترین داده‌ها را منعکس می‌سازند.

جدول ۱- ماتریس آنالیز همبستگی باندهای تصویر ماهواره‌ای +Landsat ETM سال ۱۳۸۹

Table 1- Correlation analysis matrix of Landsat ETM + satellite image bands in 2010

باند	۱	۲	۳	٤	۵	۷
۱	۱	۰/۹۹	۰/۹	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۹۵
۲	۰/۹۹	۱	۰/۸۷	۰/۹٦	۰/۸۱	۰/۹۷
۳	۰/۹	۰/۸۷	۱	۰/۹۳	۰/۸٦	۰/۸٦
٤	۰/۹۵	۰/۹٦	۰/۹۳	۱	۰/۸۱	۰/۹۸
۵	۰/۸۹	۰/۸۱	۰/۸٦	۰/۸۱	۱	۰/۷٦
۷	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۸٦	۰/۹۸	۰/۷٦	۱

جدول ۲- ماتریس آنالیز همبستگی باندهای تصویر ماهواره‌ای Landsat OLI سال ۱۳۹۷

Table 2- Correlation analysis matrix of Landsat OLI satellite image bands in 2018

باند	۱	۲	۳	٤	۵	۷
۱	۱	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۸٤	۰/۸٤	۰/۸٤
۲	۰/۸٤	۰/۸٦	۰/۸۲	۱	۰/۸۸	۰/۸۱
۳	۰/۹۱	۰/۹۷	۱	۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۹۵
٤	۰/۹۷	۱	۰/۹۷	۰/۸٦	۰/۹	۰/۹۱
۵	۰/۸٤	۰/۹	۰/۹۲	۰/۸۸	۱	۰/۹۷
۷	۰/۸٤	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۹۷	۱

تغییرات کاربری اراضی حوضه دریاچه ارومیه

در سطح کاربری/ پوشش اراضی منطقه مطالعاتی طی ٤۸ سال گذشته تغییرات بسیاری رخ داده است. پایش تغییرات کاربری‌های اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که در طی دوره‌های مختلف، کاربری‌های مورد نظر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

به چه کاربری تبدیل شده است. نتایج تغییرات خالص کاربری‌ها نشان می‌دهد که در تمامی دوره‌ها، طبقه مرتع بیش‌ترین تبدیل به کاربری کشاورزی آبی را داشته است؛ اما بیش‌ترین میزان تبدیل طبقه مرتع به کشاورزی آبی در دوره دوم (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۶) رخ داده است. از طرف دیگر در تمامی دوره‌ها بالاترین تبدیل سطح از طبقه آب به مناطق نمک‌زار و بدون پوشش صورت گرفته است؛ هرچند در دوره سوم (۲۰۰۶ تا ۲۰۱٤) بیش‌ترین حالت را داشته است. در تمامی دوره‌ها معمولاً سایر طبقات به طبقه انسان‌ساخت تبدیل شده‌اند که بیش‌ترین تبدیل از طبقه مرتع و سپس کاربری کشاورزی آبی بوده است؛ اما واقعیت این است که طی ۸ سال گذشته (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸)، با توجه به کاهش بارندگی‌های منطقه و همچنین کاهش آب‌های ذخیره شده در پشت سدها و نیز پایین رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی، از کاربری‌های وابسته به استفاده از منابع آبی (از جمله سطح زیر کشت و باغات) کاسته شده است. پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک، برای تحلیل تغییرات با استفاده از LCM[9] نیاز به دو تصویر طبقه‌بندی شده کاربری اراضی است که می‌تواند به‌عنوان پایه برای فهم طبیعت تغییرات در منطقه مورد مطالعه به‌کار گرفته شوند. برای این منظور، تصاویر رنگی کاذب دو سال ۲۰۰٦ و ۲۰۱۸ با استفاده از ترکیب باندها تولید شدند که به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. در اولین گام این روش، انتخاب ۹ ناحیه تعلیمی[10] از روی کلاس‌های کاربری اراضی تشخیص داده شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، شامل مسکونی، کشاورزی، باغ، مرتع با پوشش‌های متراکم، متوسط و ضعیف، شوره‌زار، دریاچه و بایر اقدام به طبقه‌بندی کاربری‌های منطقه با استفاده از روش حداکثر احتمال شد (شکل ٤). جدول (۳) درصد و مساحت هر یک از کاربری‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳- وضعیت کاربری/ پوشش اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷

Table 3- The status of Land use / land cover of Urmia Lake catchment in 2010 and 2018

طبقه کاربری	سال ۱۳۸۹		سال ۱۳۹۷		درصد تغییر	نرخ رشد (Km^2)
	مساحت (Km^2)	%	مساحت (Km^2)	%		
بایر (بدون پوشش)	۱۳۳۱	۲/٦	۱٤۲٦	٤/۷	٦/٦	۹٤
کشاورزی	۲۱۸۷۵	٤۲/٤	۲۰٦۲۵	۳۹/۹	٦	-۱۲۵۰
مرتع با پوشش متراکم	۷٦۳۳	۱٤/۸	٦۹۷۱	۱۳/۵	۹/۵	-٦٦۲
مرتع با پوشش متوسط	۵۹۱۸	۱۱/۵	۵۷٦۰	۱۳/۱	۲/۷	-۱۵۸
مرتع با پوشش کم	۵۷۸۱	۱۱/۲	٦۳۲۵	۱٤/۲	۸/٦	۵٤٤

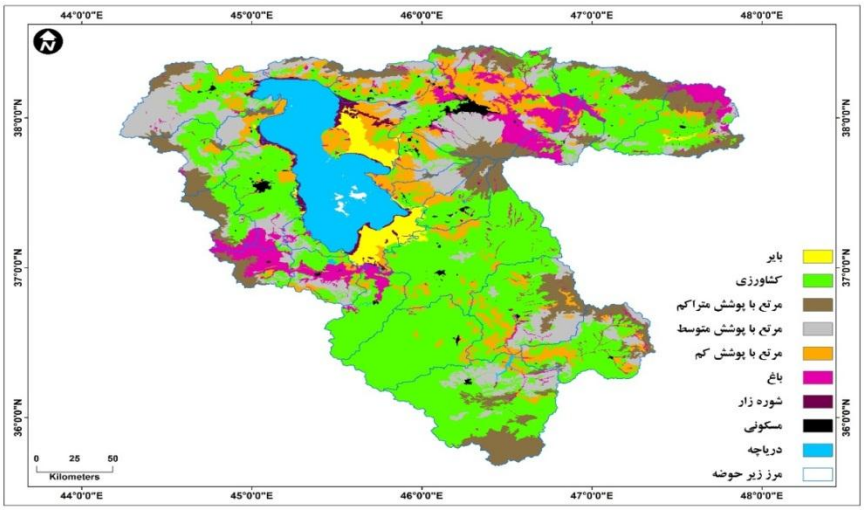
9- Landuse Change Modeler
10- Regions of Interest

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

ادامه جدول ۳- وضعیت کاربری/ پوشش اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷

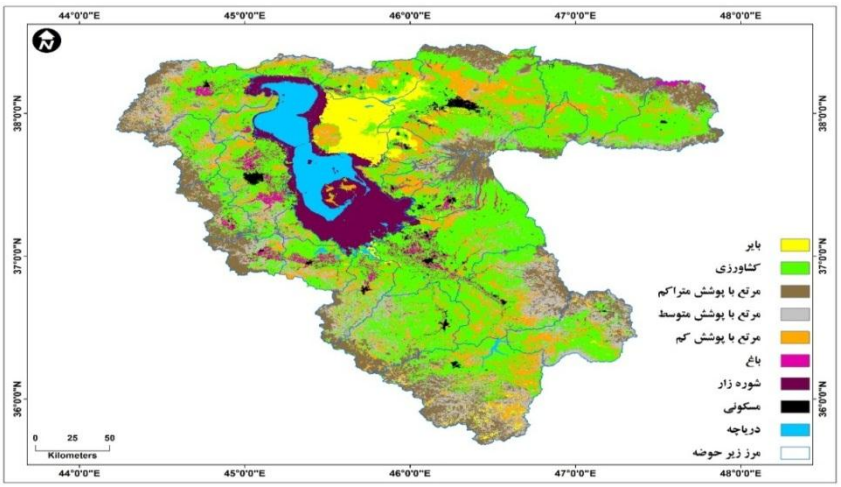
Continue of Table 3- the status of Land use / land cover of Urmia Lake catchment in 2010 and 2018

	سال ۱۳۸۹		سال ۱۳۹۷		درصد تغییر	نرخ رشد (Km^2)
	مساحت (Km^2)	%	مساحت (Km^2)	%		
باغ	۳۶۶۹	۷/۱	۳۵۴۰	۳	۳/۷	-۱۳۰
شوره‌زار	۵۵۴	۱/۱	۳۱۶۷	۶/۱	۸۲/۵	۲۶۱۲
مسکونی	۴۳۸	۰/۸	۵۴۶	۱/۱	۱۹/۹	۱۰۹
پهنه آبی (دریاچه)	۴۴۳۴	۸/۶	۳۳۸۵	۴/۶	۳۱	-۱۰۴۹



شکل ٤: الف) نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۹ (ماه ژوئن سال ۱۳۸۹)

Figure 4: A Land use map of Urmia Lake catchment in 2010 (June 2010



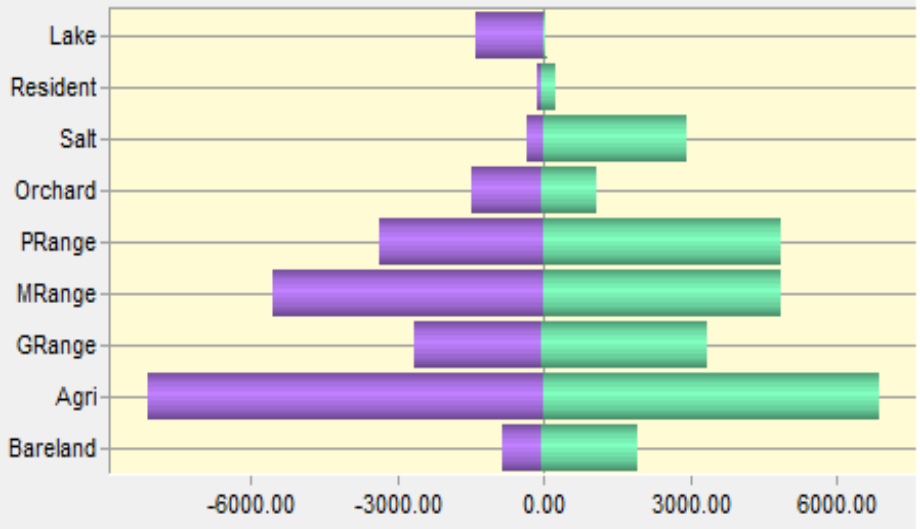
ادامه شکل ٤: ب) نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۷ (ماه ژوئن سال ۲۰۱۸)

Continue of Figure 4: B) Land use map of Urmia Lake catchment area in 2018 (June 2018)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

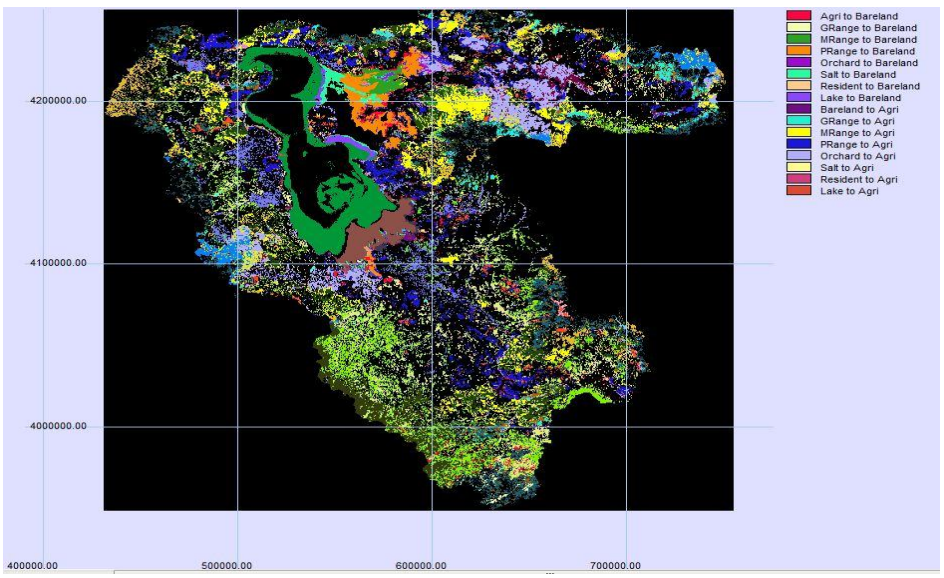
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

با توجه به نقشه‌های به‌دست آمده در طی دوره زمانی ۱۲ ساله، مشاهده می‌شود که کاربری کشاورزی، مرتع با پوشش متراکم و متوسط، باغ و پهنه آبی کاهش مساحت پیدا کرده‌اند؛ از طرفی اراضی مرتع با پوشش کم، بایر (بدون پوشش)، شوره‌زار و مسکونی افزایش مساحت داشته‌اند. نمودار و نقشه آنالیز تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در اشکال (۵ و ٦) آورده شده است.



شکل ۵: نمودار تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷

Figure 5: Chart and map of land use changes in the catchment area of Urmia Lake during the years 2010 to 2018



شکل ٦: نقشه تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷

Figure 6: Map of land use changes in the catchment area of Lake Urmia lake during the years 2010 to 2018

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

سناریوسازی/ پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

طبق نقشه‌های پیش‌بینی شده با استفاده از CA- Markov در نرم‌افزار IDRISI TerrSet به‌صورت جدول (۵) و شکل (٦) مشاهده می‌شود که کاربری باغ، کشاورزی، مناطق مسکونی و پهنه آبی روند نزولی و در مراتع با پوشش کم و اراضی شور روند صعودی طی ۲۰ سال آینده در منطقه مورد مطالعه وجود خواهد داشت.

جدول ۵- ماتریس احتمال انتقال کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

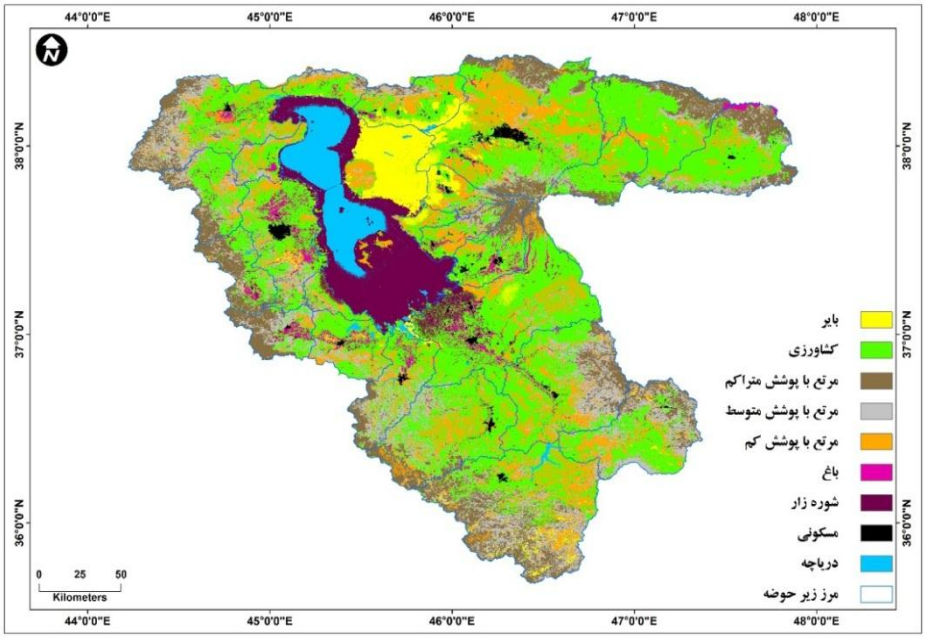
Table 5- Probability of land use transfer matrix between 2010 and 2018 in the catchment area of Urmia Lake

کاربری	بایر	کشاورزی	مرتع متراکم	مرتع متوسط	مرتع ضعیف	باغ	شوره‌زار	مسکونی	آب
بایر	۰/۳	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰٦	۰/۰۰۷	۰/۳٦	۰/۰۰۲	۰/۰٦
کشاورزی	۰/۰۵	۰/٤٦	۰/۱۳	۰/۱٤	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰٤
مرتع متراکم	۰/۰٤	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱٤	۰/۰۰٤	۰/۰۰۲
مرتع متوسط	۰/۰۷	۰/۳۸	۰/۱۳	۰/۱٤	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۰٤	۰/۰۰۸	۰/۰۰٦
مرتع ضعیف	۰/۱۲	۰/۳۹	۰/۱۳	۰/۱٤	۰/۱۹	۰/۰۹۲	۰/۰٤	۰/۰۰٤	۰/۰۰۲
باغ	۰/۰٤	۰/٤۳	۰/۱٦	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵
شوره‌زار	۰/۳	۰/۱٦	۰/۰۱۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۷	۰/۳۷	۰/۰۰۲	۰/۰۷
مسکونی	۰/۱	۰/۳۳	۰/۰۳٤	۰/۰٤۷	۰/۰٦٦	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۰۰٦
آب	۰/۲٦	۰/۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲	۰/٤۳	۰/۰۰۰۳	۰/۲۱

درصد افزایش مساحت مرتع‌های با پوشش ضعیف ۱۳/۱۱، اراضی شوره‌زار ٤۰/۹٦ و اراضی بایر یا بدون پوشش ۱۵ است. از طرفی درصد کاهش گستره اراضی باغی ۱۹/٤۱، اراضی کشاورزی ۱۳/۱، مناطق مسکونی روستایی ۱/۱۱، مرتع با پوشش متراکم ۵، مرتع با پوشش متوسط ۳ و پهنه آبی ۲۷/۱۸ خواهد بود. این پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۱٤۱۷ نشان می‌دهد که شدت کاهش مساحت برای پهنه‌های آبی و شدت افزایش برای اراضی شور بسیار زیاد خواهد بود. روند نزولی پهنه‌های آبی و کاربری‌های کشاورزی وابسته به آب را می‌توان به کاهش مقدار بارندگی‌های منطقه، استفاده نامناسب از اراضی و استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی توسط کشاورزان نسبت داد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]



شکل ۷: نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال ۱۴۱۷

Figure 7: Land use map of Urmia Lake catchment for 2038

طبق نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی با استفاده از Markov Chain طی ۲۰ سال آینده (سال ۲۰۳۸) در منطقه مورد مطالعه، در کاربری‌های باغ، کشاورزی، مناطق مسکونی و پهنه آبی روند نزولی و در کاربری‌های مرتع با پوشش کم، اراضی شور و اراضی بایر روند صعودی وجود خواهد داشت (جدول ٦).

جدول ٦- تغییرات کاربری‌های کلاس‌های ۹ گانه در افق ۲۰ ساله در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Table 6- Changes in the uses of 9 classes in the 20-year horizon in the catchment area of Lake Urmia Lake

کاربری	درصد افزایش	درصد کاهش
بایر	۱۷	-
کشاورزی	-	۱۱
مرتع متراکم	-	۵
مرتع متوسط	-	۳
مرتع ضعیف	۱۹	-
باغ	-	۱٦
شوره‌زار	٤۲	-
مسکونی	-	۱/۱
آب	-	۲٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

این پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ١٤١٧ نشان می‌دهد که شدت کاهش مساحت برای پهنه‌های آبی و شدت افزایش برای اراضی شوره‌زار بسیار زیاد خواهد بود. همچنین ذخایر آبی این منطقه کاهش می‌یابد و شوره-زارهای حاصل از خشک شدن دریاچه افزایش می‌یابد که با جابجایی نمک‌ها توسط باد به زمین‌های سطح حوضه، شوری خاک افزایش پیدا کرده و در نتیجه کشت محصولات کشاورزی را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد.

بر مبنای نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال ۲۰۳۸، مساحت اراضی بایر، مرتع با پوشش کم و شوره‌زار از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۳۸ به‌ترتیب به ١٦٦٨، ۷۲۵۷ و ٤٤٩٧ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت. در طرف مقابل، مساحت کاربری‌های کشاورزی، مرتع با پوشش متراکم، مرتع متوسط، باغ، مسکونی و پهنه‌های آبی (دریاچه) طی این بازه زمانی ۲۰ ساله به‌ترتیب تا ١٨٣٥٦، ٦٦٢٢، ٥٥٧٨، ٢٩٧٤، ٥٣٥ و ۲۹۱۱ کیلومتر مربع کاهش پیدا می‌کنند.

نتیجه‌گیری

بر مبنای تحلیل کاربری اراضی و تغییرات آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشخص می‌شود که طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۹ تغییرات بسیار ناچیزی در سطح آن رخ داده است و این را می‌توان از کاربری/ پوشش اراضی حوضه ارومیه در سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۸۹ تشخیص داد. این تغییرات کم به‌خصوص در سطح آب دریاچه که تأثیرپذیرترین طبقه نسبت به فعالیت‌های انسانی می‌باشد، قابل مشاهده است و این بیانگر میزان مصرف اندک آب نسبت به کل آب ورودی به دریاچه می‌باشد.

تا سال ۱۹۸۹، ٤ سد با حجم آب قابل تنظیم ۸۰۷ میلیون متر مکعب ساخته شده‌اند؛ اما به‌دلیل جمعیت پایین منطقه و شرایط آب‌وهوایی مناسب، تأثیر آن‌چنانی بر توسعه سطح کشت منطقه نداشته است. بعد از سال ۱۹۷۵ این آثار نسبتاً افزایش پیدا کرده و به‌نوعی می‌توان شروع تأثیر عوامل درون‌سیستمی مثل سدسازی و توسعه سطح کشت را در این دوره مشاهده کرد.

طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰٦ تغییرات بسیاری در سطح اکوسیستم منطقه رخ داده است. برای مثال رشد جمعیت در طی این دوره به‌دلیل ثبات منطقه بسیار بالا بوده است؛ به‌صورتی که جمعیت در سال ۲۰۰٦ بالغ بر ١/٤ برابر اندازه جمعیت در سال ۱۹۸۹ رسیده است. این افزایش جمعیت منجر به یک سری فعالیت‌های انسانی برای تأمین نیاز در سطح منطقه شده است. از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به سدسازی‌های صورت گرفته در سطح منطقه اشاره کرد که در این دوره بلند مدت، ٦ سد دیگر با مجموع حجم آب قابل تنظیم ٨٤٢ میلیون متر مکعب به بهره‌برداری رسیدند. مهم‌ترین آن‌ها، سد شهرچای و افزایش ارتفاع سد شهید کاظمی بوکان می‌باشد که به همراه آثار تجمعی سدهای ساخته شده در دوره قبل با تأمین آب در سطح اکوسیستم منطقه منجر به افزایش سطح کشاورزی آبی به ۱/۳۵ برابر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

دوره قبل و همچنین تغییر الگوی کشت در منطقه شده است؛ به‌طوری‌که بالاترین افزایش کاربری کشاورزی آبی در این دوره رخ داده است. این عوامل منجر به کاهش حجم آب ورودی دریاچه به کمتر از میانگین ٤٠ سال اخیر شده و به دنبال آن سطح تراز آب دریاچه نیز به پایین‌تر از سطح اکولوژیک خود رسیده است. در طی دوره سوم که دوره کوتاه مدتی نیز هست، بیش‌ترین تغییرات نسبت به سایر دوره‌ها صورت گرفته است.

در این دوره ۸ سد با مجموع آب قابل تنظیم ۲۸۵ میلیون متر مکعب در منطقه احداث شده‌اند. در مجموع تا این مقطع زمانی ۱۸ سد با مجموع آب قابل تنظیم ۱۹۳٤ میلیون متر مکعب در سطح منطقه ایجاد شده‌اند که این سدها کنترل آب را برای استفاده از پتانسیل منابع آب سطحی منطقه بالا برده است. به‌طوری‌که در این دوره بالاترین نرخ تغییرات سالیان کاربری کشاورزی آبی رخ داده است و مساحت کشاورزی آبی به حدود ۳۹۱ هزار هکتار (۱/۱۸ برابر دوره قبل) رسیده است. البته این تغییرات در مناطق پایین‌دست سدها صورت گرفته است و در مناطق بالادست تغییراتی در آن رخ نداده است. در نتیجه، این عوامل منجر شده که میزان حجم آب ورودی به دریاچه به ۱۲۰۰ میلیون متر مکعب یعنی حدود ۳۵ درصد مقدار اکولوژیک آن برسد و پیامد آن رسیدن سطح تراز آب دریاچه به کم‌ترین میزان طی ۵ دهه اخیر می‌باشد.

اگرچه، پایش تغییرات کاربری‌های اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که در تمامی دوره‌ها، طبقه مرتع بیش‌ترین تبدیل به کاربری کشاورزی آبی را داشته است و از طرفی در تمامی دوره‌ها بالاترین تبدیل سطح از طبقه آب به مناطق نمک‌زار و بدون پوشش صورت گرفته است؛ همچنین معمولاً سایر طبقات به طبقه انسان‌ساخت تبدیل شده‌اند که بیش‌ترین تبدیل از طبقه مرتع و سپس کاربری کشاورزی آبی بوده است؛ اما واقعیت این است که طی ۸ سال گذشته (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸)، با توجه به کاهش بارندگی‌های منطقه و همچنین کاهش آب‌های ذخیره شده در پشت سدها و نیز پایین رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی، از کاربری‌های وابسته به استفاده از منابع آبی (از جمله سطح زیر کشت و باغات) کاسته شده است. بر اساس طبقه‌بندی نظارت شده کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸، مشاهده می‌شود که کاربری کشاورزی، مرتع با پوشش متراکم و متوسط، باغ و پهنه آبی کاهش مساحت پیدا کرده‌اند؛ از طرفی اراضی مرتع با پوشش کم، بایر (بدون پوشش)، شوره‌زار و مسکونی افزایش مساحت داشته‌اند.

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۳۸ نشان می‌دهد که شدت کاهش مساحت برای پهنه‌های آبی و شدت افزایش برای اراضی شوره‌زار بسیار زیاد خواهد بود. بر مبنای نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال ۲۰۳۸، مساحت اراضی بایر، مرتع با پوشش کم و شوره‌زار از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۳۸ به‌ترتیب به ١٦٦٨، ۷۲۵۷ و ٤٤٩٧ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت. در طرف مقابل، مساحت کاربری‌های کشاورزی، مرتع با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

پوشش متراکم، مرتع متوسط، باغ، مسکونی و پهنه‌های آبی (دریاچه) طی این بازه زمانی ۲۰ ساله به‌ترتیب تا ۱۸۳۵٦، ٦٦۲۲، ۵۵۷۸، ۲۹۷٤، ۵۳۵ و ۲۹۱۱ کیلومتر مربع کاهش پیدا می‌کنند.

همان‌طور که در حال حاضر بسیاری از کارکردهای اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی دریاچه ارومیه و تالاب‌های حاشیه‌ای آن مختل گردیده و خسارات محسوس و نامحسوس این اختلال نه تنها طبیعت منطقه، بلکه معیشت‌های محلی و جوامع انسانی را نیز تحت تأثیر قرار داده است؛ بنابراین، نیاز به انجام پژوهش‌های دقیق و کاربردی در این حوضه بسیار احساس می‌شود. پژوهش‌هایی که با بهره‌گیری از دیدگاه تحلیل سیستمی، به‌دنبال ایجاد راهکارهایی مفید و اجرایی برای نجات دریاچه ارومیه و اکوسیستم‌های وابسته آن باشند.

در پژوهش حاضر سعی بر این شد تا تمامی عوامل مؤثر بر تغییرات چشم‌اندازی حوضه دریاچه ارومیه و تراز آب این دریاچه با استفاده از روابط همبستگی و تحلیل‌های رگرسیونی چند متغیره با به‌کار بردن تکنیک‌های مکانی و سنجش‌ازدوری و همچنین تصاویر ماهواره‌ای مناسب به‌منظور تشخیص ارتباط آن با احداث سدها و در نهایت ارائه مدل یا چارچوب مفهومی تحلیل شود؛ اما هر پژوهشی کاستی‌های خود را دارد که می‌شود در پژوهش‌های مرتبط بعدی آن‌ها را مرتفع نموده و هرچه بیش‌تر به حل مسأله پژوهش نزدیک شد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

References

- Arkhi, P., Esfahani, M., (2014), "***Idrisi education***", Golestan University Press, Golestan[In Persian].
- Al-Kouri, O., (2010), "Geostatistical analysis of karst landscapes", ***Electronic Journal of Geotechnical Engineering***, 15: 913-916.
- Abdullahi, A., Universal, A., Free, B., Mohammadi Fasil, A., (2006), "Evaluation of dam effects on land use changes in the west-south sub-basins and urmia lake with satellite images", ***Environmental Research***, 15 (8): 39-50. [In Persian].
- Banta, R. M., (2012), "The role of mountain flows in making clouds, Chapter 9 of Atmospheric processes over complex terrain, Meteorol. Monogr, 23, American Meteorological Society.
- Barja, B., Antuna, J. C., (2010), "Cirrus clouds physical and spatiotemporal features in the Wider Caribbean", ***Atmósfera***, 23 (2): 185-196.
- Dehdari, S., Armand, N., (2018), "Detection of land use changes in Karun 3 and 4 dams using satellite images", ***Journal of Rangeland and Watershed Management***, 71 (1): 85-96. [In Persian].
- Eastman, J. R., (2006), "***IDRISI andes guide to GIS and image processing***", Clark University, Worcester, 328 pp.
- Hassanzadeh, A., Zarghami, M., (2011), "Modeling the effect of surface water flow on reducing the level of urmia lake with the help of systems dynamics", ***Journal of Civil and Environmental Engineering***, 41 (2): 23-35. [In Persian].
- Hayatzadeh, M., Exclusive, M., (2016), "Monitoring and evaluation of land use change process in Fakhrabad Mehriz Yazd watershed using remote sensing, First national Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran, Volume11. Yasuj University on Tuesday, April 20 (2016). [In Persian].
- Hadian, F., Jafari, R., Yaghmaei, L., (2011), "Investigation of the effects of Baghkol Dam on land cover / land use changes", 2nd International Conference on Landscape Ecology, Esfahan, Esfahan University of Technology, 5 and 6 November (2016) . [In Persian].
- Imani, J., Kaboli, M., (2015), "Investigation of the trend of land use change Land cover of Hamadan province in the last three decades using satellite images", ***Environmental Research***, 67 (1): 12-22. [In persian].
- Kamyar, K., Salmans, S., (2018), "Modeling land use changes in chai square rural area by processing satellite images", Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning in the Islamic world. university of Tabriz., Thursday, 10 May (2016). [In Persian]
- Karimi, B., Yousefi, H., (2017), "Land use changes in Amirkalayeh wetland in Guilan in the past years", Fourth Conference and Environment Exhibition, Tehran, Mah Danesh Atran Engineering Company., Tehran, May 10, (2017),(4). [In Persian].
- Kiani, M., Kiani Deh, I., (2016), "Study and evaluation of land use status in Khoy city using Geographic Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) (Case study: Safaieh section), The first scientific conference on civil engineering, architecture and Sustainable Environment", Tehran., 5 June 2016. [In Persian].
- Kristensen, P., (2004), "***The DPSIR framework***", National Environmental Research Institute: Copenhagen.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]

- Mohammadi Joo, M. Ms., Mohammadi, M., (2017), "Detection of land use changes in Lahijan using satellite images and remote sensing", 4th International Conference on Environmental Planning and Management, 2-5 June 2017, Tehran. [In Persian].
- Mahdavi, M., (2002), "***Applied hydrology***", Volume II, Tehran, University of Tehran Press.
- Masoumi, F., Moshiri, R. S., "Application of landscape spatial metrics and remote sensing data in the analysis of spatio-temporal changes in land use / urban land: A Case study: ardabil urban area," ***Geographical Space***, 45 (14): 179-196. [In Persian].
- Noori, F., Viseh, Mirzaei, R., (2018), "Changes in land use and ecological services in the area of Sahand dam using remote sensing techniques", ***Quarterly Journal of Environmental Sciences***, 16 (1): 207-224. [In Persian].
- Peng, J., Zhang, H., Li, Z. Q., (2017), "Temporal and spatial variationss of global deep cloud systems based on cloudSat and CALIPSO satellite observations", ***Advances in atmospheric sciences***, 31: 593-603.
- Soltani, A., (2018)., "Application of landsat satellite images and artificial neural network algorithm in investigating land use changes in Ilam dam basin", ***Journal of Desert Ecosystem Engineering***, 19 (7): 33-46. [In Persian].
- Shojaeian, A., (2013), "Application of satellite images in detecting land use changes using the multiplication matrix model", ***Geographical Information Quarterly***, 86: 55-62. [In Persian].
- Shahkooeei, E., Arekhi, S., Najafi Kani, A., (2014), "Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land use changes using support vector machine algorithm (Case study: Ilam dam watershed)", ***International Research Journal of Applied and Basic Sciences***, 8 (4): 464-473. [In Persian].
- Suriya, S., Mudgal, B. V., (2012), "Impact of urbanization on flooding: The thirusoolam sub watershed - A case study", ***Hydrology Journal***, 412: 210-219
- Shayesteh, K., Abedian, J., (2014), "Long-term evaluation of the hydrological effects of land use change on the annual runoff in the Ziarat catchment", ***Geographical Space***, 66 (19): 43-61. [In persian].
- Tahmasebi, I. Abdullahi, Kh., (2017)., "Preparation of land use map using Landsat 8 satellite images (Case study: Kaklek watershed)", 4th International Conference on Environmental Planning and Management. Tehran., 2.3 June, (2017). [In Persian]
- Atayabi. S., Organi., M., (2018), "Detection of land use changes using remote sensing data, Conference on Civil Engineering", Architecture and Urban Planning in the Islamic World, 10 pages. [In Persian].
- Wang, X., Yu, S., Huang, G. H., (2014), "Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level", ***Landscape Urban Plann***, 66: 61-74.
- Yari, M., Soltani Gardfaramarzi., R., Ghasemi Dastgerdi., M.,Taghizadeh M. R., (2017), "A study of land use change in a part of Qara Sooh watershed", 8th scientific conference on watershed management and soil and water resources management, Kerman 6 February, 2017. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.5.1]