فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
دوره ۱۲، شماره ٤٩، زمستان ١٤٠١
صص: ۳۵۸-۳٤١

تحلیل تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از مدل LCM تا افق ۲۰٤۰

محمدرضا شهبازبگیان[۱]
عضو هیات علمی دانشکده‌های علوم انسانی و علوم و فناوری‌های بین رشته‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ماجده حاتمی
دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده
دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین دریاچه داخلی کشور است که در ۲۰ سال اخیر تراز سطح آب آن به میزان چشم‌گیری کاهش‌یافته است. بسیاری از کارشناسان محیط‌زیست و مسئولان کشور بر این باورند یکی از مهم‌ترین عوامل انسانی منجر به این کاهش تراز، تغییرات کاربری اراضی بوده است. تحقیق حاضر باهدف پایش تغییرات کاربری اراضی درگذشته و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) در حوزه آبریز دریاچه ارومیه انجام پذیرفت. در این تحقیق، تصاویر ماهواره Landsat سنجنده های TM و ETM (در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد با کمترین فاصله زمانی تجزیه‌وتحلیل شد. تصاویر هر سه مقطع زمانی به شش طبقه کشاورزی، جنگل، مراتع، بدنه آبی، مناطق انسان‌ساز و پوشش کم‌توان شامل خاک و سنگ طبقه‌بندی شد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۲۰۴۰ با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های یادشده و با استفاده از مدل LCM بر پایه شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف انجام گرفت. نتایج تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در دوره اول (۲۰۰۰-۲۰۱۰) و دوره دوم (۲۰۲۰-۲۰۱۰) نشان داد کاربری اراضی کشاورزی و پوشش کم‌توان بیشترین افزایش و کاربری اراضی مراتع بیشترین کاهش را دارند. به این منظور از متغیرهای مکانی شامل شیب، ارتفاع، جهت، فرسایش‌پذیری، تراکم رودخانه و متغیرهای اجتماعی شامل جمعیت، نسبت تراکم جمعیت و متغیرهای اقلیمی شامل بارندگی، تبخیر و تعرق، دما و متغیرهای بیولوژیکی تاج پوشش، توان تولید و متغیرهای اکولوژیک شامل تراکم لکه، تراکم حاشیه، تنوع کاربری، آنتروپی نرمال به کار گرفته شد سپس بر اساس نقشه دوره اول (۲۰۰۰-۲۰۱۰)، نقشه کاربری اراضی ۲۰۲۰ با به‌کارگیری مدل‌ساز زمین پیش‌بینی شد. پس از ارزیابی مدل میزان صحت کلی ۷۰٪ به‌طوری‌که در موقعیت مکانی ۸۲٪ توافق و در آماره یا مقدار ریاضی شبکه توافق ۸۲٪ به دست آمد که بیان‌کننده انطباق زیاد بین نقشه پیش‌بینی‌شده و نقشه طبقه‌بندی‌شده است. با واردکردن نقشه‌های کاربری اراضی دوره دوم (۲۰۱۰-۲۰۲۰) به مدل‌ساز تغییر زمین، نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ تهیه شد که نتایج نشان داد که به ترتیب کاربری‌های کشاورزی، خاک و مراتع بیشترین افزایش و کاربری‌های جنگل ، مراتع و بدنه آبی بیشترین کاهش را خواهند داشت.

کلیدواژگان: کاربری اراضی، دریاچه ارومیه، LCM .

[۱] . نویسنده مسئول: Mr.Shahbazbegian@modares.ac.ir

مقدمه

واکنش هیدرولوژی یک حوضه آبریز، نماد جامعی از شرایط و خصوصیات محیط طبیعی آن حوضه می‌باشد. در یک اکوسیستم طبیعی بهره‌برداری از زمین و ایجاد تغییر در شرایط محیطی به‌ویژه پوشش گیاهی و کاربری اراضی آن اکوسیستم، بر پاسخ‌های هیدرولوژی مانند جاری شدن سیلاب و میزان فرسایش و رسوب، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها در منطقه تأثیرگذار می‌باشد. زیرا کاربری اراضی و پوشش زمین یکی از عواملی است که همواره در اکوسیستم‌های طبیعی، بهره‌برداری از زمین و ایجاد تغییر در پوشش گیاهی آن‌ها نقش بسزایی در رفتار هیدرولوژیکی حوضه دارد. این رفتار گاه به‌صورت تغییراتی در رواناب خروجی از حوضه آبریز به چشم می‌آید (sikka et al., 2003). تغییرات کاربری اراضی به‌عنوان یکی از محرک‌های اصلی تغییرات هیدرولوژی حوضه آبریز شناخته می‌شود (Bronstert et al., 2002: Ott and Uhlenbrook., 2004). دلیل افزایش تغییرات مخرّب کاربری اراضی که عمدتاً به‌وسیله فعالیت‌های انسانی انجام می‌گیرد، کشف و بارز سازی تغییرات و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آن‌ها جهت برنامه‌ریزی و مدیریت آتی منابع ضروری است. تغییرات در کاربری معمولاً به دو صورت طبیعی و انسانی و در اثر بهره‌برداری نابخردانه انسان از منابع ایجاد می‌گردد. عوامل طبیعی مانند تغییر اقلیم، سیل، آتش‌سوزی و زلزله در این میان نقش اساسی را بازی می‌کنند که باعث خشک شدن رودها، نوسان آب دریاها و تغییر و تبدیل پوشش‌های اراضی می‌شوند. در نوع غیرطبیعی، انسان نقش اصلی را بر عهده دارد که باعث تغییرات گسترده‌ای در سطح زمین می‌گردد ازآنجایی‌که رخداد تغییر کاربری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی عصر حاضر، در مقیاس‌های کلان زمانی و مکانی صورت می‌گیرد، بنابراین بارز سازی و پایش تغییرات کاربری در جهت شناخت اولیه و ارزیابی روند تغییرات آن‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری سودمند در جهت مدیریت و برنامه‌ریزی محیط مفید واقع گردد. پایش کاربری اراضی در یک اکوسیستم و پویایی آن‌ها باهدف درک و شناخت سیستم موردنظر در واکنش به اقداماتی مانند بازسازی، احیا و حفاظت اکوسیستم‌ها کمک بزرگی می‌نماید (,.Wang 2009). دریاچه ارومیه یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی کشور است که اهمیت بسیاری در بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منطقه دارد. لذا برآوردی از چشم‌انداز آینده تغییرات کاربری اراضی گامی مؤثر در مدیریت پایدار منابع و تصمیم‌گیری و چاره‌اندیشی برای رفع بحران‌های ناشی از توسعه بی‌رویه کاربری‌ها و درنتیجه به احیاء دریاچه ارومیه در سال‌های آتی کمک شایانی خواهد نمود.

مهم‌ترین منابع زیست‌محیطی که در سال‌های اخیر در ایران مورد تخریب قرارگرفته‌اند، منابع آبی و دریاچه‌ها می‌باشند که به‌طور روزافزونی در معرض نابودی و خشک شدن قرارگرفته‌اند. خشک شدن منابع آبی و تالاب‌ها بر روی تغییرات جمعیتی و بروز مشکلات و بحران‌های اجتماعی منطقه اعم از مراکز روستایی و شهری مؤثر می‌باشند. دریاچه ارومیه طی سال‌های گذشته براثر یک دوره خشک‌سالی و طرح‌های احداث سد که هم‌زمان به وقوع پیوسته‌اند، زمینه تبخیر بیش‌ازپیش آب ورودی دریاچه فراهم گردیده و تفاوت‌های قابل‌توجهی در سطوح آب دریاچه به وجود آمده است (Zamani Akbari and Maleki., 2010). مطالعات زیادی درزمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی انجام پذیرفته که می‌توان به مطالعات داخل کشور ازجمله: طالشی و رحیمی پور شیخانی نژاد (۱۳۹۶)، به مطالعه الگو یابی تخصیص پایدار کاربری زمین در نواحی روستایی شرق گیلان با بهره‌گیری از الگوی پایش زمانی تغییرات پوشش زمین پرداختند. در این بررسی از تغییرات زمانی سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و در افق سال

۲۰۱۵ میلادی انجام شد. نتایج نشان داد که سهم پوشش‌های سازگار با طبیعت کاهش‌یافته و سهم پوشش سکونتگاهی افزایش‌یافته است (Taleshi and Rahimipour Sheikhaninejad., 2017). محمدخان و همکاران (۱۳۹۸)، در مطالعه‌ای تحت عنوان پیش‌بینی روند توسعه شهری به سمت مناطق مخاطره‌آمیز با استفاده از تصاویر چند زمانه شهر مریوان پرداختند، در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ برای افق سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی‌شد. نتایج نشان داد با استفاده از مدل LCM وسعت کل نواحی سکونتگاهی در سال ۲۰۱۷ به ۱٦۱٦ افزایش پیداکرده است و نتایج پیش‌بینی تا سال ۲۰۳۵ به حدود ۲٤۱۳ کیلومترمربع روند افزایشی خواهد داشت (Mohammad khan et al., 2019). سودهاکار ردی و همکاران (۲۰۱۷)، به شبیه‌سازی میزان تخریب جنگل‌های کشور هند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل LCM پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که ٤۰ درصد از سطح جنگل‌ها در بازه زمانی ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۳ کاهش‌یافته است (Sudhakar Reddy et al. 2017: 1-16). لی و همکاران (۲۰۲۰)، به مطالعه عوامل محرک و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و مدل LCM در ایالت گانسو در چین پرداختند. در این مطالعه از الگوی LUCC و مدل LCM برای سال‌های ۱۹۸۰، ۲۰۰۵و ۲۱۰۸ برای افق سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ عوامل طبیعی، نیروی اصلی تأثیرگذار بر تغییر کاربری و پوشش زمین در گانسو بودند، درحالی‌که تأثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی قابل‌توجه نبود. پیش‌بینی کاربری و پوشش زمین در سال ۲۰۳۰ تحت سناریوی حفاظت از محیط‌زیست مطلوب‌تر از سناریوی روند تاریخی خواهد بود (Li et al., 2020). بنا به گزارش‌های موجود تاکنون چنین مطالعه‌ای مبنی بر پیش‌بینی و روند تغییرات کاربری اراضی و مدل‌سازی تأثیر عوامل محیطی و انسانی در این زمینه صورت نگرفته است و این عوامل در قالب مهندسی و مدل‌سازی فضایی موردبررسی قرارگرفته نشده است. با توجه به ارزش و اهمیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه ضروری است که اطلاعات دقیق و جامعی از روند تغییرات آن‌ها و عوامل مـؤثر بر این تغییرات به دست آورده شود. در همین راستا پژوهش حاضر در تلاش است تا با بررسی و شناسایی روش‌های تحلیل تغییرات کاربری اراضی و به‌کارگیری آن‌ها برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تغییرات کاربری اراضی و نیز نحوه برهم‌کنش این عوامل با یکدیگر شناسایی کرده و به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال ۲۰٤۰ بپردازد.

مبانی نظری

کاربری اراضی از اساسی‌ترین ویژگی‌های اکوسیستم طبیعی است که آگاهی صحیح نسبت به آن و چگونگی تغییرات آن درگذر زمان یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازها در برنامه‌ریزی‌های محیطی بوده و از طریق آن می‌توان با پیش‌بینی تغییرات آتی کاربری اراضی، نسبت به برنامه‌ریزی دقیق در راستای استفاده پایدار از اراضی اقدام نمود (Mas et al., 2014). بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین برای آگاهی یافتن از تغییرات محیط در سطح محلی و جهانی بسیار اهمیت دارد (Tiwari and Jain., 2014). نظارت بر تغییرات اراضی امری مهم در برنامه‌ریزی آینده و مدیریت منابع طبیعی است (Liu and Yang., 2015). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط‌زیست می‌شود. این مسئله در مورد مناطق حساس زیستی به‌ویژه تالاب‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است. براین اساس، پایش روند تغییرات تالاب‌ها و اراضی پیرامونی آن‌ها می‌تواند در مدیریت این

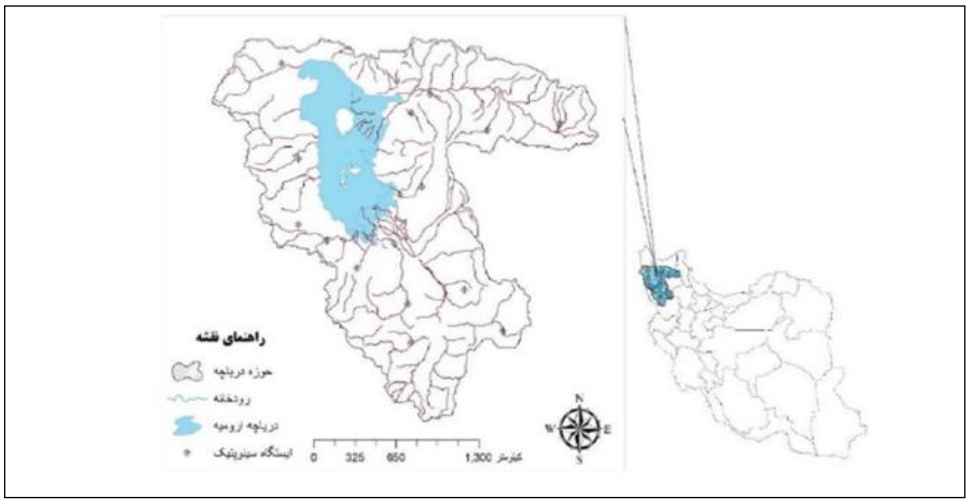
اکوسیستم‌های ارزشمند راهگشا باشد (Zebardast and jafari., 2011). پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی نقش مهمی در آشکارسازی و تجزیه‌وتحلیل تغییرات زیست‌محیطی دارند (Soffianian, 2009). آشکارسازی تغییرات[1]، امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (Lu et al., 2004). درواقع آشکارسازی تغییرات یکی از عوامل اصلی در بررسی ارتباط بین فعالیت‌های انسانی و محیط‌زیست می‌باشد (Prashant et al., 2012). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی (LCM) یک رویکرد مهم ارزیابی تنوع زیستی، طیف گسترده‌ای از تحقیقات زیست‌محیطی، اکولوژی و جغرافیا را در برمی‌گیرد (Vega et al., 2012). بنابراین در این میان، مدل‌سازی نقش مهمی در شناخت اثرات این تغییرات ایفا می‌کند و به برنامه‌ریزی مؤثر در محیط‌زیست، توسعه و تصمیم‌گیری‌ها کمک شایانی می‌کند(Borana and Yadav., 2017). به عبارتی، مدل‌ها ابزاری برای شناسایی تغییرات کاربری و اثرهای آن‌ها هستند و در کشف ارتباط کاربری زمین و عوامل مؤثر بر آن بسیار کارآمد می‌باشند.(Moghadam and Helbich., 2013) . مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای در محیط GIS شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی ارائه داده و در مدیریت آن راهکارهای مناسبی ارائه دهد (Bark et al., 2010: Mendoza et al., 2014: Coppin et al., 2004).

مواد و روش‌ها

محدوده موردمطالعه

دریاچه ارومیه به مساحت ۵۱۸۷٦ کیلومترمربع یکی از شش حوزه آبریز اصلی کشور است. دریاچه ارومیه وسیع و با شوری زیاد است که به مختصات ۳۷ درجه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ٤۵ درجه تا ٤٦ درجه طول شرقی در شمال غربی ایران و بین استان‌های آذربایجان غربی (۵۳درصد)؛ آذربایجان شرقی (۳۷درصد) و کردستان (۱۰درصد) واقع‌شده است (Hesami and Amini, 2016). این دریاچه در پایین‌ترین نقطه حوضه آبریز بسته‌ای با مساحت تقریبی ۵۲۰۰۰ کیلومترمربع که قسمت‌هایی از آن در استان کردستان واقع‌شده است، قرار دارد. طول دریاچه ۱۳۰ کیلومتر تا ۱٤٦ کیلومترمربع و عرض دریاچه ۱۵ تا ۵۸ کیلومترمربع است. ارتفاع دریاچه از سطح دریاهای آزاد ۱۲۷٤ متر و حجم متوسط آبگیری ۳۲ میلیارد مترمکعب که اکوسیستم دریاچه از سه بخش مختلف (آبی، کوهستانی و کوهپایه‌ای و دشت‌های مجاور و جزایر داخل دریاچه) تشکیل‌شده است (نقشه۱). مهم‌ترین منبع تأمین آب دریاچه ارومیه بارش مستقیم بر روی دریاچه و همچنین منابع آب ورودی به آن از طریق رودخانه‌های حوضه آبریز است. شش رودخانه از شرق، پنج رودخانه از غرب و چهار رودخانه از جنوب به‌عنوان رودخانه‌های اصلی تأمین‌کننده آب دریاچه ارومیه هستند.

[1] Change detection

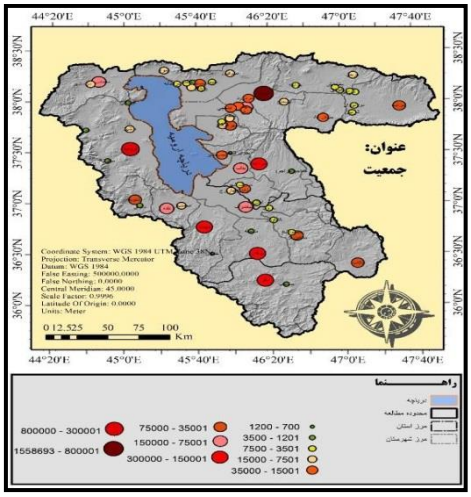


نقشه ۱. محدوده مورد مطالعه دریاچه ارومیه در نقشه ایران

تقسیمات سیاسی جمعیت

حوزه مربوطه به دریاچه ارومیه در پنج مرز سیاسی استانی واقع گردیده است که به ترتیب آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان (٤٦، ٤٣ و ١١) درصد را به خود اختصاص داده‌اند و دو استان اردبیل و زنجان تنها کمتر از یک درصد مساحت را به خود اختصاص دارند. بنابراین سه استان نام‌برده سهم مؤثری در تغییرات کاربری اراضی داشته و به‌نوعی اثر سیاسی هرگونه برنامه‌ریزی این سه استان مشخص و واضح خواهد بود.

در محدوده مطالعه نیز جمعیت و تقسیمات سیاسی شهرستان‌ها نشان می‌دهد که سی‌وشش شهرستان وجود دارد که سهم استان آذربایجان شرقی از این حوضه به ۱۷ شهرستان خواهد رسید، آذربایجان غربی ۱۲ شهرستان و کردستان با ٤ شهرستان و نیز ۲ شهرستان اردبیل و یک شهرستان زنجان در این محدوده به‌صورت مشخصی قرارگرفته‌اند. در کل این واقعیت قرارگیری جمعیت در سه استان نشان می‌دهد در حوضه دریاچه ارومیه ۷ میلیون و ٤٩٩ هزار نفر ساکن هستند (سرشماری سال ۱۳۹۵). بنابراین علیرغم سهم مراکز جمعیتی بیشتر آذربایجان غربی اما تراکم جمعیتی پایین‌تری نسبت به استان آذربایجان شرقی (۵۷٪ و ۳۹٪)دارد. در مقابل استان کردستان در کنار اثر جمعیتی کمتر ٪۱۱ مراکز جمعیتی و تنها ٤٪ جمعیت حوزه را تشکیل می‌دهد (نقشه ۲).



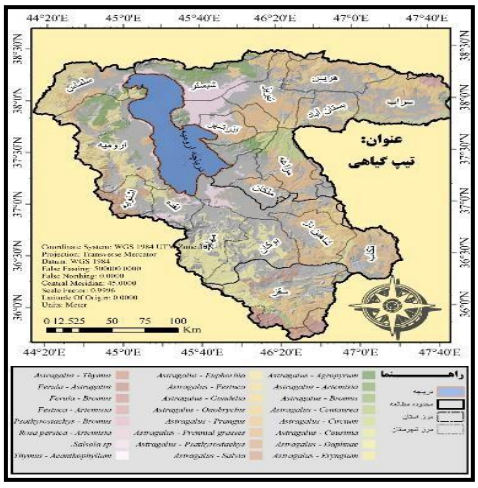
نقشه ۲. موقعیت جمعیتی در حوزه دریاچه

تغییرات جمعیت

بر طبق سرشماری‌های ۱۰ ساله از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۵ جمعیت از ٦ میلیون و ۷۷٤ هزار نفر به ۷ میلیون و ٤۹۹ هزار نفر افزایش‌یافته است. این تغییرات رشد ۵/۰۷ ٪ از جمعیت ساکن در منطقه را نشان می‌دهد. روند معکوس رشد محرض در ۹ شهرستان (خوی، تکاب، هشترود، بیجار، دیواندره، چاراویماق، بستان‌آباد، سراب، میانه و عجب‌شیر) دیده می‌شود. مشخصاً این شهرستان‌ها به سبب توسعه روستایی و قرارگیری در راه‌های اصلی برای مدت‌ها شهرها و مراکز جمعیت مناسبی بوده‌اند لذا با تغییر کاربری اراضی و اوضاع اجتماعی گرایش به مهاجرت در آن‌ها به سمت شهرهای بزرگ‌تر یا شهرهای کوچک در نزدیکی شهرهای بزرگ دارای رونق است. در بخش روستا–نشینی و ساختار معیشتی منطقه موردمطالعه جریان جمعیت به سمت شهرنشینی بسیار نگران‌کننده است به صورتی که نزدیک به ٤٪ جمعیت روستانشینان این حوزه به دلایلی روستاهای خود را تنها در ظرف ۱۰ سال اخیر ترک گفته‌اند. رشد شهرنشینان به ۹/٤۵ ٪ رسیده است. نرخ رشدی فوق‌العاده در شهرنشینی نسبت به سایر استان‌ها همچون خراسان، اصفهان و حتی بیشتر از نرخ رشد کشور است.

محیط بیولوژی

نتایج مطالعات مختلف نشان داد که افزون بر ۱٤۰۰ گونه گیاهی از مجموع گیاهان موجود در حوزه مطالعه می‌روید. این حوزه رویشگاه ۵۲۰ گونه از گیاهان دارویی بوده که ۷۰ تا ۱۰۰ گونه از این تعداد گیاهان خوراکی است، بیش از ۱٤۰۰ گونه از گیاهان موجود کشور در این بخش می‌روید. تغییرات اقلیمی از یکسو و برداشت‌های بی‌رویه از سوی دیگر زنگ انقراض گونه‌های گیاهی را به صدا درآورده است و مناطقی مانند دره شهدا، قاسملو، کوه سیر و قوشچی و ... در شهرستان ارومیه بیشتر موردتوجه مردم در این زمینه است و در معرض خطر انقراض گونه‌های گیاهی خوراکی قرار دارد. ۳٦۰ گونه از گیاهان شناسایی‌شده در این استان ازجمله بیزه، اله گز، نعناع کوهی، ریواس، کنگر و ثعلب بومی منطقه است. در کل محدوده مطالعه ٦۵٪ حوزه دارای پوشش علفی ضعیف با تاج پوشش (۱۰ تا ۲۵٪) است در محدوده‌های جنوب غربی و شمال غربی وضعیت پوشش در کوهستان‌های زاگرس مناسب‌تر بوده و این پوشش ۳۵٪ را تشکیل می‌دهد (نقشه ۳).



نقشه ۳. پراکنش تیپ گیاهی

مراحل تحقیق

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی: برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه موردمطالعه از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده های TM و ETM (در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد با کمترین فاصله زمانی استفاده شد. در مطالعه فوق شش کلاس عمده (کشاورزی، جنگل، مراتع، بدنه آبی، مناطق انسان‌ساز و پوشش کم‌توان شامل خاک و سنگ) طبقه‌بندی و معرفی گردیده است. برای روش طبقه‌بندی از الگوریتم بیشترین شباهت در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 و همچنین جهت تجزیه‌وتحلیل از نرم‌افزارARC GIS10.5 استفاده شد.

آشکارسازی تغییرات: مدل LCM به دو نقشه کاربری اراضی اول و آخر دوره به‌عنوان ورودی نیاز دارد (Kim et al., 2020). بنابراین ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده در دوره اول (۲۰۰۰–۲۰۱۰) وارد مدل LCM موجود در نرم‌افزار TerrSet شد. آنالیز تغییرات اولین مرحله جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در مدل LCM است که ارزیابی و تحلیل جامعی از روند تغییراتی که بین ۲ زمان مختلف در منطقه‌ی موردمطالعه رخ‌داده به‌صورت کمی در قالب نمودار و نقشه تجزیه‌وتحلیل شد (Vaclavik & Rogan., 2009).

مدل‌سازی نیروی انتقال: در این مرحله انتقال‌ها را بین ۲ نقشه کاربری اراضی به‌وسیله مجموعه‌ای از زیر مدل‌ها گروه‌بندی می‌کند که هر زیر مدل با مجموعه‌ای از متغیرها مشخص می‌شود. همچنین در این مرحله ابزارهایی جهت تبدیل متغیرها و جست‌وجوی قدرت پتانسیل برای هر متغیر وجود دارد. زمانی که زیر مدل‌ها مشخص شدند و متغیرها برای هر انتقال در نظر گرفته شدند، LCM سه تا الگوریتم جهت مدل‌سازی پتانسیل انتقال فراهم می‌کند که از بهترین الگوریتم‌ها MLP جزء الگوریتم‌های نظارت‌شده شبکه عصبی می‌باشد انجام گرفت (Pijanowski et al., 2002).

آزمون و انتخاب منطقه و متغیرهای کنترل‌کننده: در این مرحله آزمون سریعی از پتانسیل توصیفی قدرت متغیرها با در اختیار داشتن آماره‌ای به نام Cramers V که می‌توان متغیرهای کمی و کیفی را مورد آزمون قرار داد. البته متغیرهای کیفی را به‌صورت بولین یعنی صفر و یک به‌صورت جدا وارد مدل نمود. متغیرهایی که Cramers V حدود ۰.۱۵ یا بیشتر دارند مفید هستند درحالی‌که متغیرهایی Cramers V حدود ۰.٤ یا بیشتر دارند مناسب می‌باشد.

پیش‌بینی تغییرات و ارزیابی صحت مدل‌سازی: پس از تعیین تاریخ پایان، مقدار تغییر در هر انتقال از طریق آنالیز زنجیره مارکوف یا با تعیین ماتریس احتمال تغییر محاسبه شد. در علم احتمالات، زنجیره مارکوف به‌عنوان ابزار توصیفی، هدف عمده‌اش پیش‌بینی رفتار آینده نظام‌های مدیریتی است. تحلیل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین از یک دوره به دوره دیگر را بیان کرده و از آن به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. این کار با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد که به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه سازی دوره‌های زمانی آینده مورداستفاده قرار خواهد گرفت. با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، نسبت تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آن‌ها در آینده فراهم می‌شود (Arkhi and Isfahani., 2017). بنابراین به‌منظور پیش‌بینی نقشه تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ نقشه سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به کار گرفته شد. پس از تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ و مقایسه آن با نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ در

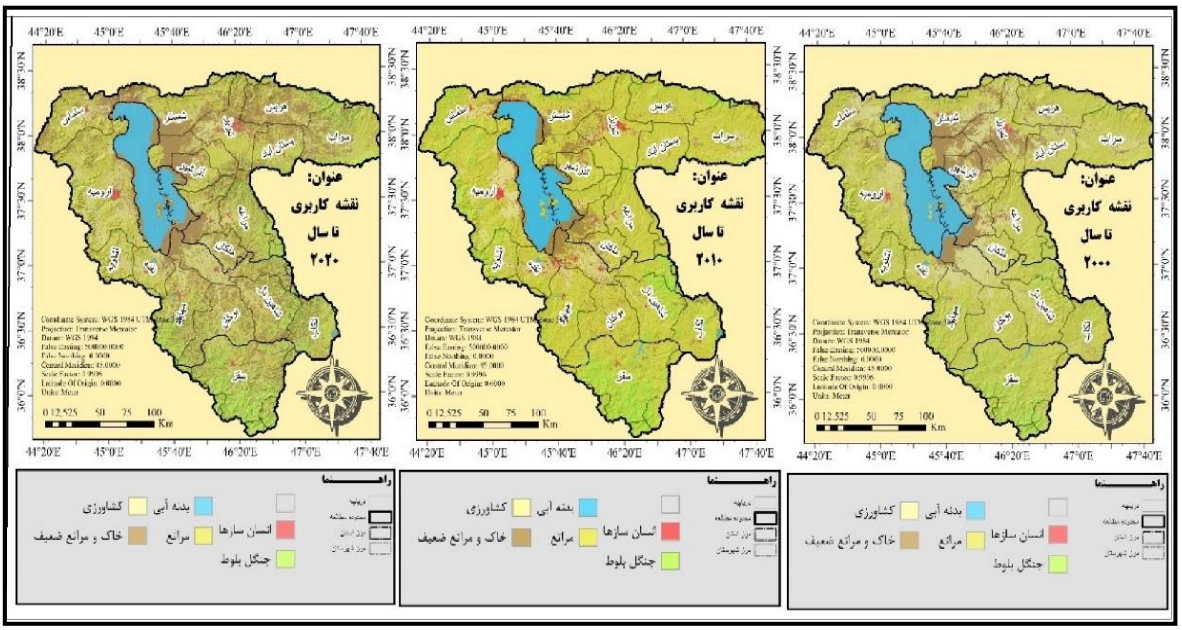
زیر بخش ارزیابی مدل LCM، شاخص توافق کاپا محاسبه شد. سپس نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ با واردکردن نقشه سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به مدل‌ساز تغییر زمین پیش‌بینی شد.

یافته‌ها

تغییرات کاربری اراضی

نتایج مطالعه تغییرات کاربری اراضی نشان می‌دهد (نقشه ٤) در محدوده مطالعه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، ۵۷ هزار هکتار کاربری انسان‌ساز قرار دارد این کاربری در حال حاضر ۱/۱ درصد کل محدوده را تشکیل می‌دهد و در طول ۲۰ سال گذشته با ثبت تغییرات ۳۰٪ در طول هر ده سال رشد کرده است. درواقع از ۲۵ هزار هکتار در سال ۲۰۰۰ به ٤۲ هزار هکتار در سال ۲۰۱۰ و نهایتاً به مساحت اخیر رسیده است. در تفکیک شهرستان‌ها قطعاً شهرستان ارومیه و تبریز در طی ۲۰ سال گذشته از ٤۰۰۰ و ۹۰۰۰ هکتار مساحت این کاربری به ۱۵ هزار و ١٤ هزار هکتار رسیده‌اند و روند رشد چند برابری را تجربه کرده‌اند. در مقابل روستاهای مراغه، سقز و اشنویه تخریب و روند منفی را گزارش می‌دهند.

در محدوده موردمطالعه ذخیره جنگل‌های بلوط به‌درستی در قسمت جنوبی و به پراکندگی در بسیاری از حوزه‌ها همچون هشترود و سراب دیده می‌شوند. مساحت این جنگل‌ها در سال ۲۰۰۰ بالغبر ٦۰۲ هزار هکتار بوده است که در مساحتی بالغبر ۱۱/۱٦ درصد را تشکیل می‌دهد. با رویه کاهشی به ۵۳۲ هزار هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است نتایج مطالعات (Vafaii et al., 2009) و (Khoi and Murayama., 2011) نیز نشان داد که میزان تخریب جنگل در دوره دوم کاهش‌یافته است. کاربری کشاورزی به‌عنوان کلیدی‌ترین شاخص تغییرات بر محیط و سیمای اکولوژیکی حوزه دارای روند سینوسی و تحت تأثیر اقلیم و شرایط هیدرولوژی بوده است لذا در سال ۲۰۰۰ مساحت این کاربری ١٤ ٪ کل حوزه بوده است پس یکی از کاربری‌های کلیدی حوزه برآورد می‌گردد. در دوره ۲۰۱۰ این کاربری دچار تحلیل رفتن اساسی شده و انقباض آن سبب شده ۷/۹۰ ٪ حوزه به این کاربری اختصاص یابد که در تحقیقات (Schulz et al., 2010) و (Dadashpoor and Jahanzad., 2016) به کار گرفته‌شده و بر اهمیت این عوامل در مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین تأکید شده است. بدنه‌های آبی دریاچه ارومیه به‌طورکلی ۹/٦۳ درصد کل منطقه را پوشش می‌دهند. با توسعه سدسازی‌ها و ذخیره آب‌های سطحی هنوز مساحت زیادی از منابع آب سطحی دچار تنزل و کاهش بوده است که در سال ۲۰۲۰ درصد کل مساحت حوزه تنها ٦/۵ درصد را پی گرفته است .در این میان دریاچه ارومیه خود با مساحتی بالغبر ٤۷۷ هزار هکتار در سال ۲۰۰۰ به مساحتی بالغبر ۳۵۰ هزار هکتار در سال ۲۰۲۰ کاهش‌یافته است در این رویه منفی ۱۵ درصد مساحت خود را ازدست‌داده است نتیجه مذکور با نتیجه (Afifi., 2018) همسویی دارد.

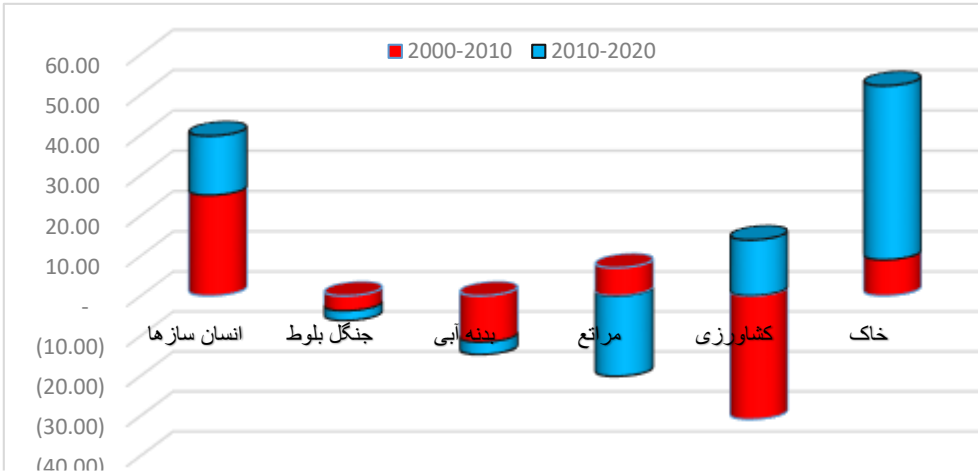


نقشه ٤. کاربری‌های اراضی سه دوره ۲۰۰۰ ، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

جدول ۱. مقدار تغییرات سطوح کاربری‌ها

زمان	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰	دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰		دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۰	
کاربری				تغییر (هکتار)	نرخ تغییر (هکتار در سال)	تغییر (هکتار)	نرخ تغییر (هکتار در سال)
بدنه آبی	۴۸۱۹۵۶	۳۸۲۱۶۴	۳۵۹۱۲	-۹۹۷۹۲	-۹۹۷۹/۲	-۲۳۱۰۴۴	-۲/۳۰۴۴
کشاورزی	۷۷۷۵۰۸	۴۱۰۴۵۹	۵۴۳۳۲	-۳۶۷۰۴۹	-۳۶۷۰۴/۹	۱۳۲/۸۶۱	۱۳/۲۸۶۱
مراتع	۲۶۱۵۲۰۰	۳۰۰۸۰۰۲	۲۰۰۰۲۴۷	۳۹۲۸۰۲	۳۹۲۸۰/۲	-۱۰۰۷۷۵۵	-۱۰۰۷۷۵/۵
خاک	۵۰۱۰۵۶	۶۰۰۲۵۰	۱۵۱۱۳۵۶	۹۹۱۹۴	۹۹۱۹/۴	۹۱۱۱۰۶	۹۱۱۱۰/۶
جنگل بلوط	۶۰۲۰۱۰	۵۵۸۸۰۰	۵۳۲۱۰۰	-۴۳۲۱۰	-۴۳۲۱	-۲۶۷۰۰	-۲۶۷۰
انسان ساخت	۲۵۲۵۶	۴۲۱۲۵	۵۶۶۳۲	۱۶۸۶۹	۱۶۸۶/۹	۱۴۵۰۷	۱۴۵۰/۷

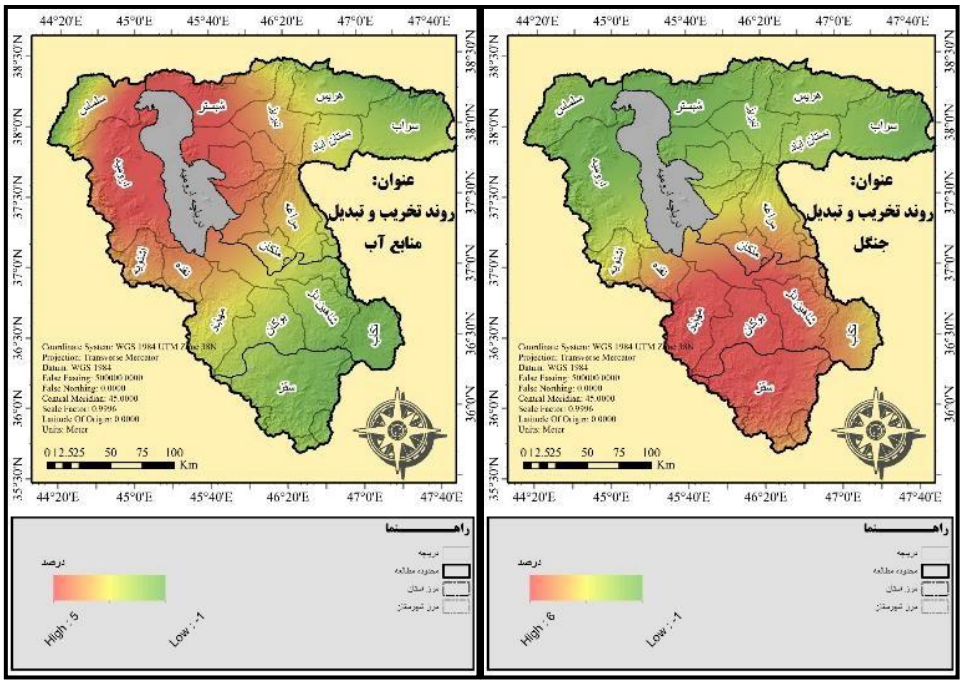
نمودار ۱.نمودار نرخ تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰



روند یابی تغییرات

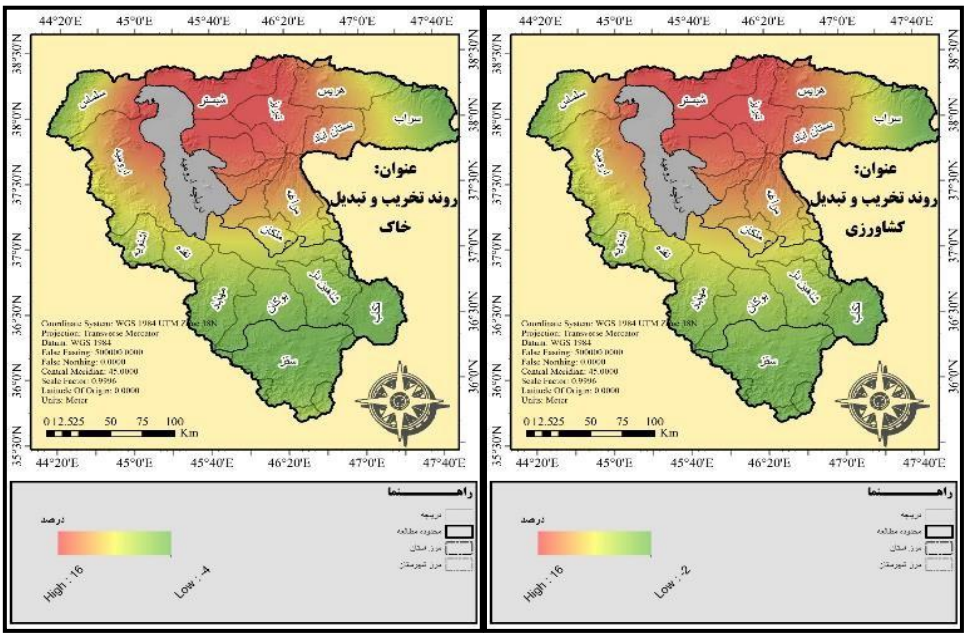
نتایج حاصل از روند تبدیل و خشک شدن در بخش جنگل (نقشه ۵) روند فضایی تخریب جنگل‌های بلوط در ارتفاعات شاهین‌دژ، سقز و بوکان چشم‌گیر است. این موضوع نیازمند اجرای برنامه‌های احیا و جنگل‌داری است.

بیش‌ترین حجم روان آب در این محدوده وجود دارد و هرگونه تغییر در مساحت پوشش جنگلی سبب تغییرات چشم‌گیری در سیل گیری و سیل‌خیزی دارد و همچنین روند نفوذ آب و اسفنج عمل کردن خاک این مناطق دچار تحلیل گردیده و بیم از اثر عمیق بر تراز آب و منابع آبی را برآورد می‌کند. در بخش منابع آب سطحی نشان می‌دهد در طول دوره ۲۰ ساله اخیر شهرستان‌های اطراف دریاچه ارومیه با بیش‌ترین کاهش سطح آبی همراه بوده است با توجه به الگوهای اقلیمی و نقشه هم‌باران و هم‌دما وابستگی حوزه به دریاچه و سطح تراز آن بسیار چشم‌گیر است. لذا در مدل‌سازی نیز شهرستان ارومیه بیش‌ترین کاهش سطح منابع آبی را دارد. به دنبال آن شهرستان شبستر در کل نقشه روند نشان می‌دهد تنها ۵٪ منابع آبی به سطوح کاربری دیگر یا پوشش‌های دیگر تبدیل‌شده‌اند. این بخش وابستگی شدید تمامی منابع آب به تراز دریاچه را بازگو می‌کند.



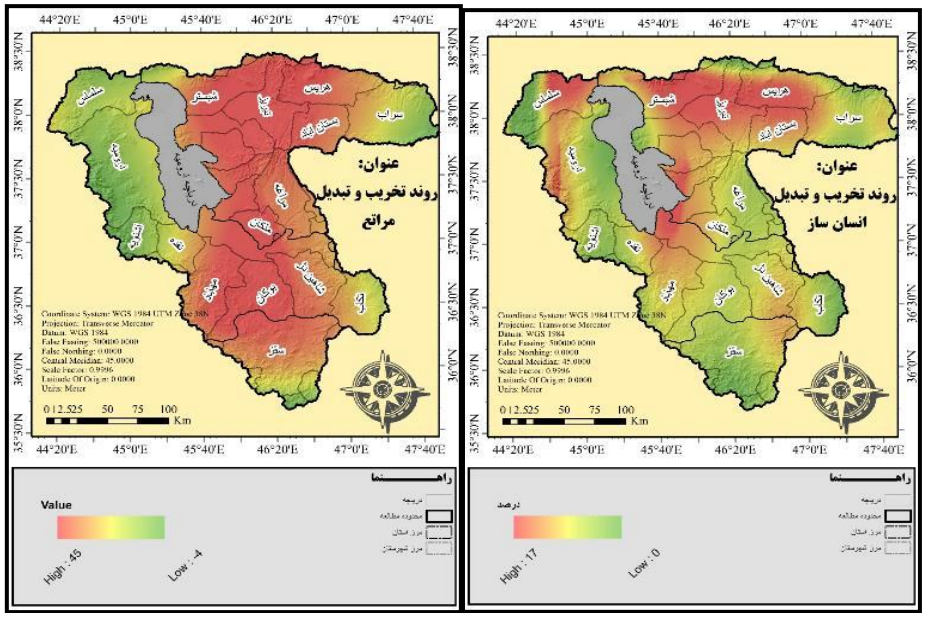
نقشه ۵. روند تخریب و تغییرات جنگل و منابع آبی

دو کاربری کشاورزی و پوشش مراتع ضعیف و خاک‌ها (نقشه ٦) به‌صورت هم‌پوشانی دیده می‌شوند که شهرستان‌های تبریز، شبستر و حواشی را با شدت بالا ١٦٪ تبدیل زمین‌های بایر به سایر کاربری‌ها و با همین سرعت نیز تبدیل کشاورزی به سایر پوشش‌ها را نشان می‌دهد. تغییرات و عدم ثبات در این بخش بیم آور است زیرا که هرگونه تغییر از دست رفت خاک را ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌دهد. بخصوص که این مناطق دارای تراکم و دشت‌های فرسایش‌پذیری و ضعیف هستند که شورشدن بیشتر دریاچه و رسوب‌گذاری بیشتر را سبب می‌شود. در تحلیل فضایی رونق کشاورزی نیز توسعه این کاربری را در شهرستان‌های سقز، بوکان و تکاب در کنار افزایش زمین‌های لخت یا بایر می‌توان شاهد بود این روند دوره‌ای افزایشی با توجه به عدم ثبات این دو کاربری در بلندمدت کانون تخریب و نابودی به این سمت گرایش می‌یابد چراکه در همین مناطق است که تخریب جنگل و پوشش طبیعی را داریم.



نقشه ٦. روند تخریب و تغییرات کشاورزی و خاک

توسعه انسان‌ساز ازلحاظ فضایی تمرکز جدی در خط شهرستان تبریز دارد و این کلان‌شهر همانندِ سیاه‌چاله بزرگی، کاربری‌ها و پوشش‌های طبیعی را با رونق شهرسازی تغییر می‌دهد. هرچند ممانعت از تمرکزگرایی در شهر تبریز سبب شده است مساحت آن در یک سرعت خاص تغییر کند ولی چون تمرکز بر شهرستان‌های نزدیک آن است، عدم توازن و تبادل خدمات یکسان را سبب شده و حاشیه‌نشینی موجود رونق بیشتر و تخریب بیشتر در شهرستان-های که زیرساخت و برنامه منسجم ندارند باعث گردیده است. پوشش طبیعی و مراتع در سال‌های اخیر با توجه تغییرات اقلیمی بخش گسترده ا ای از شمال شرقی تا جنوب شرقی را در پی داشته است (نقشه ۷).



نقشه ۷. روند تخریب و تغییرات انسان‌ساز و مراتع

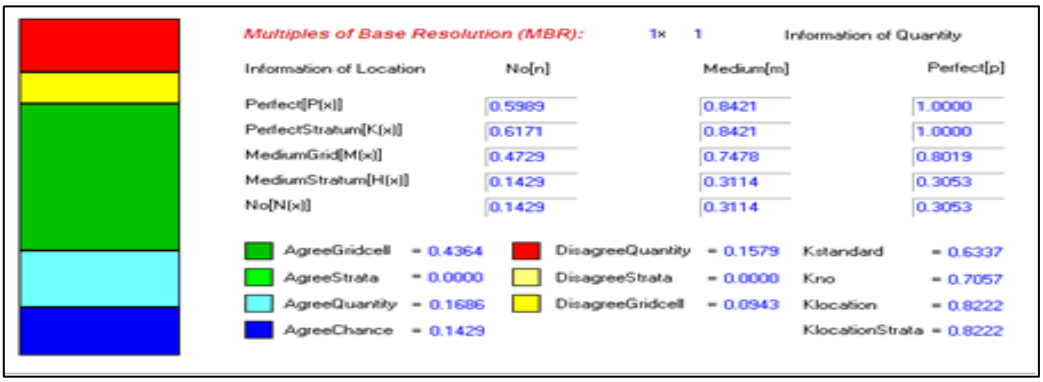
مدل‌سازی آینده و ارزیابی صحت

برای مدل‌سازی آینده تغییرات کاربری اراضی از کلیه فاکتورهای برآورد کننده تغییرات استفاده شد (جدول ۲) و به مدل‌سازی زیر مدل‌های تغییر هر کاربری به کاربری دیگر بهره گرفته شد. در این عملیات قبل از مدل‌سازی در شبکه عصبی نیاز بود برای هر زیر مدل تست همخوانی داده‌ها با آماره کرامر صورت گیرد.Cramer's V بالا نشان می‌دهد که ارزش توضیحی بالقوه متغیر خوب است، اما عملکرد قوی را تضمین نمی‌کند، زیرا نمی‌تواند نیازهای ریاضی رویکرد مدل‌سازی استفاده‌شده و پیچیدگی رابطه را نشان دهد. بااین‌حال، این نشانگر خوبی است که اگر Cramer'sV کم باشد می‌توان یک متغیر را کنار گذاشت.

جدول ۲. نتایج پیش تست ورودی‌های مدل‌سازی با آماره کرامر

	جمعیت	نسبت جنسیتی	ارتفاع	شیب	جهت	بارندگی	تبخیر و تعرق	دما	فرسایش‌پذیری	تراکم روستا	تاج پوشش	توان تولید	تراکم لکه	تراکم حاشیه	تنوع کاربری	آنتروپی نرمال
انسان‌سازها	۰.۵	۰.۶	۰.۸	۰.۳	۰.۲	۰.۵	۰.۱	۰.۲	۰.۳	۰.۱	۰.۲	۰.۱	۰.۶	۰.۳	۰.۴	۰.۵
جنگل بلوط	۰.۱	۰.۰	۰.۶	۰.۵	۰.۶	۰.۷	۰.۱	۰.۶	۰.۱	۰.۳	۰.۵	۰.۴	۰.۳	۰.۵	۰.۲	۰.۱
بدنه آبی	۰.۱	۰.۱	۰.۴	۰.۲	۰.۳	۰.۴	۰.۳	۰.۵	۰.۳	۰.۶	۰.۱	۰.۱	۰.۵	۰.۱	۰.۴	۰.۲
مراتع	۰.۲	۰.۱	۰.۶	۰.۲	۰.۳	۰.۱	۰.۳	۰.۹	۰.۴	۰.۳	۰.۹	۰.۶	۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۳
کشاورزی	۰.۶	۰.۸	۰.۶	۰.۴	۰.۶	۰.۵	۰.۵	۰.۳	۰.۱	۰.۵	۰.۴	۰.۱	۰.۷	۰.۹	۰.۸	۰.۶
خاک	۰.۱	۰.۰	۰.۵	۰.۵	۰.۴	۰.۳	۰.۴	۰.۲	۰.۳	۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۲	۰.۶	۰.۸	۰.۵
جمع	۰.۲	۰.۳	۰.۷	۰.۴	۰.۳	۰.۲	۰.۳	۰.۵	۰.۲	۰.۴	۰.۶	۰.۱	۰.۳	۰.۳	۰.۴	۰.۳

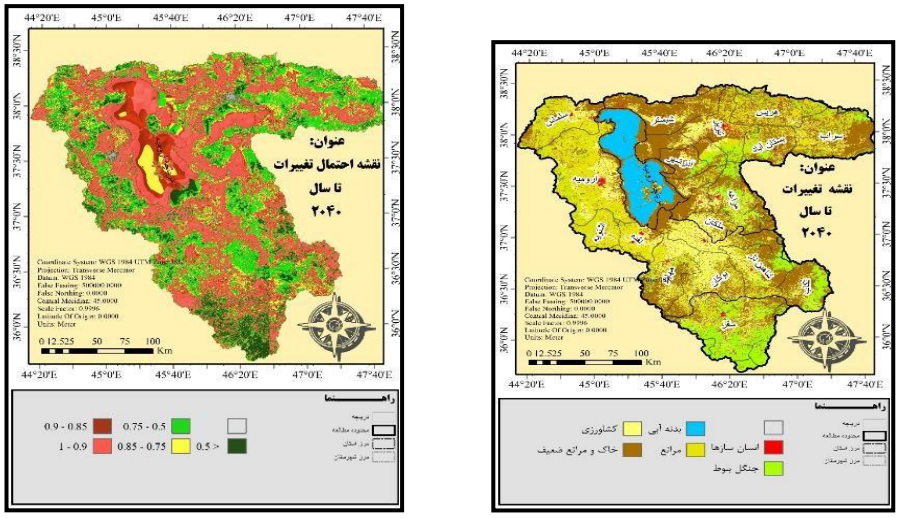
پس از معرفی لایه‌های بالا مدل‌ساز انجام شد تا در دوره کوتاه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ یک آنالیزی از کالیبراسیون و صحت مدل‌سازی برای سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی گردید که در این مقطع از درصد توافق در مقیاس مکانی و آماری استفاده شد. VALIDATE روشی را برای اندازه‌گیری توافق بین دو تصویر طبقه‌بندی‌شده یک نقشه "مقایسه" و یک نقشه "مرجع" ارائه می‌دهد. نقشه مقایسه معمولاً نتیجه یک مدل شبیه‌سازی یا طبقه‌بندی است که اعتبار آن در برابر نقشه مرجعی که واقعیت را به تصویر می‌کشد، ارزیابی می‌شود. VALIDATEشاخص‌های مختلف توافق‌نامه کاپا و آمار مربوطه را محاسبه می‌کند. نتایج خروجی نهایی نشان می‌دهد (شکل ۳) ساختار ایجادشده برای مدل پیش‌بینی سال ۲۰۲۰ دارای صحت کلی ۷۰٪ است به‌طوری‌که در موقعیت مکانی ۸۲٪ توافق و در آماره یا مقدار ریاضی شبکه توافق ۸۲٪ است. تنها ۱۵٪ عدم توافق در چینش وجود دارد و خطای ۱۰٪ کلی به چشم می‌آید بنابراین مدل فوق دارای دقت کیفی و کمی است و تضمین دقت را ضمانت می‌کند.



شکل ۱. توافق خروجی مدل برای سال ۲۰۲۰ و کاربری اراضی واقعی ۲۰۲۰ با ماژول Validate

شبیه‌سازی تا سال ۲۰۴۰

پس از مدل‌سازی کاربری اراضی برای سال ۲۰۴۰ نتایج مستخرج نشان می‌دهد (نقشه ۱۱) که در ۲۰ سال آینده مساحت ساخت‌وسازهای انسانی از ٥٦ هزار هکتار به ۱۱۷ هزار هکتار رسیده و ۲.۳۳ درصد محیط را به خود اختصاص داده است. روند توسعه ۲۰ سال آینده در شهرستان‌های متوسط جمعیت همچون سقز دیده می‌شود. در رابطه با کاربری جنگل‌های بلوط تقریباً ثباتی مشاهده می‌گردد که مساحت این جنگل‌ها از ۵۳۲ هزار هکتار به ۵۱۰ هزار هکتار می‌رسد که نرخ تغییرات آن کمتر از ۲٪ است و این روند نسبت به دوره‌ای پیشین روند کاهشی در این حوزه خواهد داشت. در کل انتظار داریم ۵۰ ٪ مساحت در این حوزه تخریب گردد (جدول ۳). تغییر اقلیم و دست روی به منابع طبیعی سبب گردید که در ۲۰ سال گذشته مراتع اهداف اولیه تغییر کاربری اراضی باشند و بعد از تغییرات شدید از ۵۲٪ مساحت به ۲٦٪ مساحت خود رسیده و مساحت زیادی از حوزه به‌صورت لم‌یزرع و با پوشش کم دیده شود. لذا پوشش کم‌توان یا خاک از ۱۰٪ مساحت کل حوزه به ۳۷٪ رسیده و غالب حوزه ارومیه به حالت بیابانی یا بدون پوشش تبدیل می‌گردد. کشاورزی در مکان‌های اولیه خود که در سال ۲۰۰۰ وجود داشته با تنها ۲٪ ادامه می‌یابد زیرا این محل‌ها تنها جایی هستند که با توان اکولوژیک از این کاربری حمایت می‌کنند.



نقشه ۸. کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده سال ۲۰۴۰

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده در بررسی احتمال تغییرات از مصون ماندن تنها مساحت ناچیزی از حوزه که کمتر از ۱۲٪ است در احتمال بالای ۹۵٪ تغییراتی ندارند اما در گوشه مقابل احتمال تغییرات با بیش از ۵۰٪ در ۸۵ درصد از مساحت حوزه به‌وضوح دیده می‌شود.

جدول ۳. درصد مساحت کاربری

(بر طبق نقشه 8)				
کاربری‌ها	2000	2010	2020	2040
انسان‌سازها	0.50	0.84	1.13	2.33
جنگل بلوط	12.03	11.17	10.64	10.09
بدنه آبی	9.63	7.64	7.18	6.54
مراتع	52.27	60.14	39.98	26.19
کشاورزی	15.54	8.21	10.86	17.25

خاک	10.02	12.00	30.21	37.60

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی تغییرات در دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) توسط مدل LCM در حوزه آبریز دریاچه ارومیه انجام گرفت. تصاویر ماهواره Landsat سنجنده های TM و ETM تجزیه‌وتحلیل شد. تصاویر هر سه مقطع زمانی به شش طبقه کشاورزی، جنگل، مراتع، بدنه آبی، مناطق انسان‌ساز و پوشش کم‌توان شامل خاک و سنگ طبقه‌بندی شد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۲۰٤۰ با با استفاده از مدل LCM بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف انجام گرفت. نتایج نشان داد که این مدل از صحت قابل قبولی برای پیش‌بینی تغییرات در منطقه موردمطالعه می‌باشد. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد ساختار ایجادشده برای مدل پیش‌بینی سال ۲۰۲۰ دارای صحت کلی ۷۰٪ است به‌طوری‌که در موقعیت مکانی ۸۲٪ توافق و در آماره یا مقدار ریاضی شبکه توافق ۸۲٪ است.

در طول دوره مطالعه سال پایه ۲۰۰۰ تبریز، سلماس و ارومیه به ترتیب بیش‌ترین کشنده‌های تغییرات ریز را در حوزه شهری تجربه کرده‌اند. این مراکز مهم در سال ۲۰۱۰ با تغییر الگوهای معیشت و خدمات دولتی به سمت خودکفایی یا توسعه کشاورزی در حوزه‌های شهرستان‌های هشترود، شاهین‌دژ و بوکان تمرکز پیداکرده است. رویه فراگیر تغییرات به شهرستان‌های ابتدای حوزه آبخیز کشیده شده و دیگر بعد تغییرات و حجم تغییرات شدت چشم-گیر و سرسام‌آوری در همه شهرستان‌ها داشته است. سال ۲۰۲۰ این واقعیت را نشان می‌دهد که در بخش کشاورزی و خرده مالکیت در سرتاسر حوزه احساس می‌گردد که سبب تولید در واحدهای ریزتر و پتانسیل انتقال کاربری در همه حوزه به‌صورت آسان‌تر خواهد بود لذا کاربری‌های انسانی (کشاورزی و مسکونی) به‌عنوان کاربری‌های مهاجم پوشش‌های طبیعی را دچار اختلال کرده و استقرار پوشش نیمه‌طبیعی و یا طبیعی را مختل خواهد کرد. در این مبحث تغییر کاربری در شهرستان‌های بوکان، سقز، ورزقان و مرند به ترتیب با ۰/٤۸، ۰/٤٤، ۰/٤٥ و ۰/٤٤ بسیار مشخص و بزرگ است. درکل رقابت تغییر کاربری اراضی به نقطه اوج خود رسیده است. در سیمای اکولوژیک انسانی حوزه ارومیه طی سال ۲۰۲۰ به نقطه اوج خود رسیده و اختلاف شدید و مبرم این شاخص از سیما بسیار معنی‌دار تغییر کرده است لذا همه شهرستان‌ها به‌غیراز قسمت جنگلی شهرستان مریوان این تغییرات را حس کرده است. بیش‌ترین تغییرات را شهرستان هشترود در بستر منتهی به دریاچه ارومیه تجربه می‌کند. اقدامات حفاظتی از خاک و آب در این حوزه دچار تعلل گردیده و فاجعه از دست رفت منابع به‌صورت چشم‌گیری با تبدیل کاربری‌ها تجربه می‌گردد. جمع‌بندی نرخ تغییرات در کل حوزه نشان می‌دهد در طول دوره ۲۰ سال اخیر ٤۰٪ بر مساحت انسان‌سازها افزوده‌شده است. همچنین جنگل‌ها تنها ۵٪ نرخ کاهشی را تجربه کرده‌اند. لذا بدنه‌های آبی ۱۵٪ مساحت خود را کاهش داده است و درنهایت سرعت این تغییرات در دوره اول بسیار شدیدتر از دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ بوده است. در دوره دوم مراتع و پوشش خاک یا مراتع ضعیف بیشترین تغییرات را در پی داده است. نتایج حاصله سال ۲۰٤۰ نشان می‌دهد که تغییرات حادث‌شده در همه کاربری‌ها یکسان نبوده و تغییرات صورت گرفته در بعضی کاربری‌ها افزایش و در بعضی دیگر کاربری‌ها کاهش و نامحسوس می‌باشد. به‌طورکلی کاربری کشاورزی بیشترین تغییرات و کاربری بدنه آبی کمترین کاهش را در پی خواهد داشت. روند مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در محدوده دریاچه ارومیه مشخص می‌گردد، سیاست‌ها و رقابت‌های نادرست توسعه بدون توجه به پیش-

زمینه توان اکولوژیک سرزمین و چینش مکانی درست منطقه دریاچه ارومیه به سمت بیابان شدن خیز برداشته است. هم‌اکنون جمعیتی بالغبر ۵/۷ میلیون انسان به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم در این حوزه معیشت دارند که در ٥٦ هزار هکتار انسان‌ساز را به خود اختصاص داده‌اند و در آینده بیست‌ساله این مساحت به ۱۲۰ هزار هکتار خواهد رسید. رشد جمعیت حاضر کشمکش بر سر تصاحب فضا و تهیه نیازهای اولیه حیاتی هر موجود زنده شامل (پناه، غذا و آب) به بالاترین سطح خود می‌رساند. توسعه حاشیه‌نشینی در اطراف کلان‌شهرهای ارومیه و تبریز بخصوص شهرستان‌های کوچک بدون هیچ‌گونه امکانات زیرساختی وضعیت معیشت را تأسف‌بارتر خواهد کرد و نابودی بیشتر محیط‌زیست و توسعه ناپایدار در این حوزه منجر می‌گردد. این کلان‌شهرها به‌صورت آهنرباهای بزرگ تمرکز منابع انسانی و محیطی را هرلحظه به سمت خود خواهد کشاند و از توسعه حواشی موجود و شهرستان‌های کوچک‌تر عملاً جلوگیری خواهد کرد. درواقع فرصت سرمایه گزاری درهرصورت به سمت نابودی خواهد رفت. بعد از نگرانی پناه و مراکز فعالیتی توجه به امنیت غذایی کشور بخصوص بخش کشاورزی تنها در بخشی کمتر از ۲ درصد مساحت حوزه دریاچه ارومیه عدم توان اکولوژیک بالای کشاورزی از حوزه را نشان می‌دهد که فعالیت ممتد امکان‌ناپذیر است. هرچند ۱۵٪ مساحت منطقه را کشاورزی به خود اختصاص داده است و احتمالاً تا سال ۲۰٤۰ باید انتظار داشت به ۱۷٪ برسد. اما این نکته را یادآور می‌شود که تناسبی بین رشد جمعیت و ردپای اکولوژیک امنیت غذایی در این حوزه به چشم نمی‌خورد بخصوص بخش‌های جنوب و جنوب شرقی که با افت آب‌های زیرزمینی و شدت فرسایش و شور شدن خاک و آب عملاً احتمال احیا منطقه را غیرممکن می‌کند. لذا با محاسبه سرانه هر فرد از زمین موردنیاز برای تأمین نیاز غذایی خود در منطقه مذکور ١٤٪ جمعیت برای تأمین نیاز غذایی روزانه خود دچار مشکل هستند و این رقم برای سال ۲۰٤۰ با توجه به نرخ رشد جمعیت تنها می‌توان نیاز غذایی ٦۰٪ جمعیت را جواب‌گو بود. علاوه بر این یک‌میلیون و نهصدهزار هکتار مساحت منطقه لایزرع این منطقه خواهد بود که عدم آموزش و به‌کارگیری توسعه کشاورزی پایدار یا روند کند این اقدامات آینده ترسناک حوزه را به نمایش می‌گذارد.

پیشنهادات:

با توجه به نتایج تحقیق به کارایی مناسب مدل و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در آینده پی برد.

روش‌های اعمال‌شده در این مطالعه، می‌تواند تغییرات کاربری اراضی را در طول زمان و روند تخریب در آینده را به‌صورت کمی بیان نماید.

استفاده از نتایج مدل LCM در اتخاذ تصمیمات مدیریتی در منطقه موردمطالعه و مناطق نظیر آن مفید می‌باشد.

با توجه به اهمیت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و تعیین میزان تغییرات در هر کلاس کاربری اراضی، پیشنهاد می‌گردد از تصاویر ماهواره‌ای باقدرت تفکیک مکانی بالاتر استفاده گردد تا بتوان به نتایج دقیق‌تری دست‌یافت.

از راهکارهایی که می‌توان به بهبود وضعیت زیست‌محیطی منطقه اشاره نمود می‌توان به‌صرفه جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی و همچنین افزایش جریان ورودی آب دریاچه ارومیه موردبررسی قرار داد، شناسایی انهار

منشعب از رودخانه‌ها و مسدود کردن انهار در فصول غیر زراعی به‌منظور افزایش ورودی آب به دریاچه ارومیه، از شیوه‌های مؤثر در مدیریت حوضه آبریز دریاچه ارومیه به شمار می‌آید.

تقدیر و تشکر

ازآنجا که نتایج این مقاله ماحصل بخشی از مطالعات طرح تحقیقاتی ملی با عنوان "آمایش سرزمین با محوریت آب: مطالعه موردی حوضه آبریز دریاچه ارومیه" بوده است، لذا بدین‌وسیله نویسندگان از شرکت مدیریت منابع آب ایران به‌عنوان کارفرمای طرح تحقیقاتی مزبور تشکر به عمل می‌آوردند.

منابع

Afifi, Mohammad ebrahim (2018). Modeling Land Use Changes Using Markov Chain Model and LCM Model, Case Study: Shiraz. Applied research in geographical sciences in the spring of 1399 Issue 56

Arkhi, S. (2014), Predicting the trend of spatial land use change using LCM model in gis environment Case study of the region. Iranian Journal of Forests and Rangelands Research, Volume 12, Number 1, Pages 1-19

Borana, S., & Yadav, S. (2017). Prediction of land cover changes of Jodhpur city using cellular automata Markov modelling techniques. *International Journal of Engineering Science, 17*(11), 15402-15406.

Bronstert,A., Niehoff,D and Bürger,G. (2002). Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities. Hydrological Processes. 16.2:509-529.

Congalton RG, Green K (1999) Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices, Boca Rotan, Florida Lewis Publishers

Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Review ArticleDigital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International journal of remote sensing, 25*(9), 1565-1596.

Dadashpoor, Hashem., Jahanzad, Nariman (2016). Forecasting Land-use Changes in Mashhad, Using Cellular Automata(CA) and Artificial Neural Network Algorithm (ANN) (Case Study: Mashhad metropolitan Region). Volume 6, Number 1 - Consecutive Issue 20 Spring 2016 Pages 21-38 { in persian}

Easteman, J.R., (2009). IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing, Clark University, Worcester; MA 01610 – 1477 USA. 327p

Gholam Ali Fard, Mehdi, Jourabian Shoushtari, Sharif, Abkar, Ali Akbar, and Naimi, Babak (2014). Comparison of logistics algorithms and artificial neural network in experimental modeling of the potential for transfer of land cover change in Mazandaran province. Environmental Research, Volume 5, Number 9, Pages 176-167

Hesami, A., & Amini, A. (2016). Changes in irrigated land and agricultural water use in the Lake Urmia basin. *Lake and reservoir management, 32*(3), 288-296 Low Flow and High Flow Responses to Converting Natural Grassland in to Bluge (Eucalyptus Globules) in Nilgiris Watersheds of South India, J. of Hydrol., 270: 12-26.

Khoi, D. D, & Y, Murayama (2011). Modeling Deforestation Using a Neural Network-Markov Model. Spatial Analysis and Modeling in Geographical Transformation Process, 169-190.

Kongming, Li., Mingming, Feng., Asim, Biswas., Haohai, Su., Yalin, Niu., and Jianjun, Cao., (2020). Driving Factors and Future Prediction of Land Use and Cover Change Based on Satellite Remote Sensing Data by the LCM Model: A Case Study from Gansu Province, China, **2020**, *20*(10), *2757; https://doi.org/10.3390/s20102757*

Liu, T., and X. Yang (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. Applied Geography, 56: 42-54

Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, *25*(12), 2365-2401.

Mendoza, M. E., Granados, E. L., Geneletti, D., Pérez-Salicrup, D. R., & Salinas, V. (2011). Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975–2003). *Applied Geography*, *31*(1), 237-250.

Moghadam, H. S., & Helbich, M. (2013). Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai, India: A Markov chains-cellular automata urban growth model. *Applied Geography*, *40*, 140-149.

Mohammahkhan, Shirin., Ganjaeia, Hamid., Shahri, Somayeh., Abbaszade, Amirali,. (2019). Predicting the trend of urban development toward hazardous areas using multi temporal images (Case Study: Marivan City). Journal: GEOGRAPHICAL DATA summer 2019 , Volume 28 , Number 110 ; Page(s) 107 To 117.

Ott,B., Uhlenbrook,S. 2004. Quantifying the impact of landuse changes at the event and seasonal time scale using a process-orientated catchment model. Hydrology and Earth System Sciences. 8:62–78.

Pérez-Vega, A., Mas, J.-F., & Ligmann-Zielinska, A. (2012). Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environmental Modelling & Software*, *29*(1), 11-23.

Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A., & Manik, G.A. (2002). Using Neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers Environment and Urban Systems*, 26(1), 553–575.

Prashant K. Srivastava, Dawei Han, Miguel A. Rico-Ramirez, Michaela Bray,Tanvir Islam, (2012): Selection of Classification Techniques For Land Use/Land Cover Change Investigation/ Advances in Space Research, 50 , 1250–1265.

Schulz, J. J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., & Rey Benayas, J. M. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). Applied Geography, 30(3), 436-447.

Sikka, A.K., Sarma, J., Sharda, S.V.N., Samraj, P., and Akashmanam, S (2003). Low flow and high flow responses to converting natural grassland into bluegum (Eucalyptus globulus) in Nilgiris watersheds of South India. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00172-5

Soffianian, A. (2009). A Study on Land Use Change in Isfahan Using. *Journal of Water and Soil Science, 13*(49), 153-164. Retrieved from http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-988-fa.html

Sudhakar Reddy, C., Singh, S., Dadhwal, V.K., Jha, C.S., Rao, N.R., & Diwakar, P.G, (2017). Predictive modeling of the spatial pattern of past and feature forest cover changes in India. Earth system Science, 126(8):1-16

Taleshi, M., Rahimipour Sheikhaninejad, M.A., (2017), Modeling the sustainable allocation of land use in rural areas of East Gilan. Quarterly Journal of Space Economics and Rural Development, 6 (22): 119-146

Tiwari, A., & Jain, K. (2014). GIS Steering smart future for smart Indian cities. *International Journal of Scientific and Research Publications*, *4*(8), 442-446.

Vaclavik, T., & Rogan, J. (2009). Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post socialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIS science & Remote Sensing*, 46(1), 54–76

Wang YQ (2009) Remote sensing of land-cover change and landscape context of the national parks: a case study of the Northeast temperate network. Remote Sensing of Environment 113:1453–1461

ZamaniAkbari, A., & Maleki, S. (2010). *Evaluation of Urmia Lake Shoreline Changes During 1989-2005 Using GIS, R*. Paper presented at the Geomatics Conference.

Zebardastl., Jafari, & H.R. (2011). Use of Remote Sensing in Monitoring the Trend of Changes of Anzali Wetland in Iran and Proposing Environmental Management Solution. *Journal of Environmental Studies, 37*(57), 57-64.{in Persian}

Geography & Regional planning, Vol. 12, N. 49

Land Use Change analysis of the Lake Urmia Basin Using LCM model until 2040

Mohammad Reza Shahbazbegian[1]
Faculty member of Tarbiat Modares University, Faculties of Humanities and Interdisciplinary Sciences and Technologies, Tehran, Iran
Majedeh Hatami Koreh
Master student of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Urmia Lake is the largest Iran, whose water level has decreased significantly in recent years. The purpose of this study is to analyze changes in land use in the past and predict its changes in the future using land change modeling (LCM). In this study, Landsat images of TM and ETM sensors (in 2000, 2010 and 2020) related to May and June were analyzed with the shortest time interval. Images of all three time periods were classified into six categories: agriculture, forest, rangeland, water body, man-made areas, and low-lying cover, including soil and rock. Land use forecast for 2040 was made using the use maps of the mentioned years using the LCM model based on artificial neural networks and Markov chain analysis. For this purpose, spatial variables including slope, height, direction, erodibility, river density and social variables including population, population density ratio and climatic variables including rainfall, evapotranspiration, temperature and biological variables of canopy, production capacity and ecological variables including density Stains, margin density, diversity of use, normal entropy used. The results obtained from summarizing the rate of change in the whole area showed that in the next 20 years, the area of man-made structures has increased from 57,000 hectares to 117,000 hectares and has occupied 2.33% of the environment. The development trend of the next 20 years will be seen in medium-sized cities such as Saqqez. Regarding the use of oak forests, there is almost stability that the area of these forests increases from 532 thousand hectares to 510 thousand hectares, the rate of change of which is less than 2%, and this trend will decrease compared to previous periods in this area. In total, we expect 50% of the area to be destroyed in this area. Rangelands have increased from 52% of their area to 26% of their area and a large area of the area can be seen quickly and with low coverage. Therefore, low power cover or soil from 10% of the total area of the basin to 37% and most of the Urmia basin becomes desert or uncovered. Agriculture continues in its early 2000s with only 2% as these are the only areas that support this use with ecological potential.

Keywords: Land use, LCM, Lake Urmia Iran.

[1] . Corresponding Author: Mr.Shahbazbegian@modares.ac.ir