مقاله پژوهشی

اثر روند کاربری اراضی بر میزان مصرف آب کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه در ۲۰ سال آتی با استفاده از زنجیره مارکوف

کیومرث روشنگر[۱*]، محمدتقی اعلمی[۲] و حسن گل‌محمدی[۳]

۱) استاد گروه مهندسی عمران آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز.
۲) استاد گروه مهندسی عمران آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز.
۳) دانشجوی دکتری مهندسی آب و سازه‌های هیدرولوژیکی، دانشگاه تبریز، تبریز.
* ایمیل نویسنده مسئول: kroshangar@yahoo.com

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره دو (٤٦)
زمستان ۱٤۰۱

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۷/۲۵

صفحات: ۱۳۱-۱۱۵

چکیده:

زمینه و هدف: کاهش سطح تراز آبی دریاچه ارومیه و اثرات آن بر محیط پیرامون این دریاچه از موضوعات و چالش‌های مهم ملی و بین‌المللی در دو دهه اخیر بوده است. براساس مطالعات صورت گرفته یکی از مهمترین عامل اثرگذار بر این روند کاهشی، افزایش برداشت به‌ویژه جهت امور کشاورزی بوده است. برهمین اساس هدف پژوهش حاضر شبیه‌سازی وضعیت آینده منابع آب حوضه دریاچه ارومیه، تحت تأثیر مساحت کاربری‌های کشاورزی جهت برنامه‌ریزی بهتر آینده منابع آب این حوضه می‌باشد.

روش پژوهش: به این منظور، نخست داده‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی سال ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۰ به کمک الگوریتم SVM در نرم‌افزار ENVI5.3 طبقه‌بندی و صحت طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم Kappa Coefficient سنجیده شد. در ادامه آمارها و اطلاعات مربوط به تغییر الگوی کشت (از زراعی به باغی) و منابع آب ورودی به دریاچه ارومیه محاسبه گردید. درگام بعد با استفاده از دو روش LCM, CA-MARKOV شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ انجام شد و در نهایت پس از مشخص نمودن میزان تغییرات هریک از کاربری‌ها، میزان آب مورد نیاز جهت امور کشاورزی در حوضه آبریز با استفاده از مدل NETWAT شبیه‌سازی شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که مساحت دو کاربری کشاورزی آبی و باغ به ترتیب از ۱۴۵۰ و ۳۹۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۳۶۰۰ و ۱۶۵۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۴۰ افزایش خواهد یافت. همین امر باعث افزایش میزان آب مورد نیاز جهت امور کشاورزی از ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۴۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۴۰ خواهد شد.

نتایج: به کاربری کشاورزی آبی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به میزان ۱۲۵۳،۰۵ Km2 افزوده شده که طبق پیش‌بینی به روش مارکوف این میزان در سال ۲۰۴۰ به ۲۰۴۹،۵۴ Km2 می‌رسد، که میزان مصرف آب را ۱ میلیارد و ۴۷۳ میلیون مترمکعب افزایش می‌دهد. به کاربری باغات از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به میزان ۶۸۸،۰۲ Km2 افزوده شده که طبق پیش‌بینی به روش مارکوف این میزان در سال ۲۰۴۰ به ۱۲۷۶،۱۴ Km2 می‌رسد، که میزان مصرف آب را ۷۰۳ میلیون مترمکعب افزایش می‌دهد. به کاربری دیم از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به میزان ۳۶۷،۰۶ Km2 افزوده شده که طبق پیش‌بینی بروش مارکوف این میزان در سال ۲۰۴۰ به ۵۳۱ Km2 می‌رسد، که میزان مصرف آب را ۲۵۳ MCM افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، مصرف آب، سلول‌های خودکار، زنجیره مارکوف، حوضه دریاچه ارومیه

10.30495/WSRCJ.2022.68546.11310

مقدمه

به طور کلی حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آب، لازمه تداوم خدمات زیست محیطی و تولید ثروت ملی و تکیه‌گاه اساسی مقابله با تغییرات آب و هوایی، پایداری کشاورزی و منابع آب خواهد بود (Costanza et al., 2014). در قرن بیست و یکم تهدیدات ناشی از تغییرات آب و هوایی و سایر تغییرات جهانی محیط زیست همچنان یکی از موانع پیشرفت انسان در دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. محرک‌های اصلی این تغییرات شامل شهرنشینی سریع، افزایش جمعیت و سایر فعالیت‌ها از جنگل‌زدایی، باعث از دست رفتن تنوع زیستی شده و اثرات مخربی بر اکوسیستم آبی و خاکی کره زمین گذاشته است (Wang et al., 2020). تغییرات اقلیمی در کنار تغییرات کاربری اراضی مهمترین عوامل تأثیرگذار بر محیط زیست و سیستم‌های کشاورزی یک منطقه می‌باشند (Calanca, 2008). تغییر کاربری و پوشش زمین (LULC)، تغییر در پوشش سطحی ناشی از فعالیت‌های انسان بر کره زمین و محیط زیست است که اثرات بسیار قابل توجهی را در پی داشته است. که از مهمترین اثرات آن، اثرگذاری بر چرخه هیدرلوژیکی یک حوضه آبریز می‌باشد. تغییر کاربری اراضی در مناطق کوهستانی و سرشاخه رودخانه‌های بزرگ بیشتر بوده و بازخورد آن در پایین دست نیز به اشکال مختلف پدیدار می‌شود (Alizadeh, 2001). لذا شناخت اثرات این تغییرات بر هیدرولوژی به ویژه در مقیاس منطقه‌ای و محلی به منظور شناخت و درک تغییرات بالقوه منابع آب، کنش‌ها و حوادث مربوط به آب و ارائه پشتیبانی برای مدیریت آب منطقه‌ای بسیار حائز اهمیت است. تاکنون مطالعات مختلفی در سطح ملی و بین اللملی بر این نکته که تغییرات کاربری اراضی از مهمترین عوامل اثرگذار در چرخه هیدرلوژیکی یک حوضه باشد، صحه گذاشته‌اند؛ چن[1] و همکاران (۲۰۲۱) در یک مطالعه بیان کردند که هوکایدو[2] دومین جزیره بزرگ ژاپن، به عنوان پایگاه غذایی ژاپن، کاهش تدریجی جمعیت کشاورزی و فعالیت‌های کشاورزی فشرده‌تر در آن منجر به تغییر کاربری زمین‌های زراعی سال به سال و همچنین باعث تغییر در کل الگوی کاربری اراضی کل جزیره شده است. همچنین ابراز داشتند برای تحقق استفاده پایدار از منابع زمین در هوکایدو، می بایست تغییرات گذشته و آینده در الگوهای کاربری زمین باید مورد بررسی قرار گیرد و پیشنهادات برنامه‌ریزی کاربری زمین مبتنی بر هدف باید بر این اساس ارائه شود. این مطالعه از سنجش از دور و فناوری GIS برای تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی و مکانی کاربری زمین در هوکایدو در طول دو دهه گذشته استفاده می‌کند. انواع کاربری اراضی شامل زمین‌های زیر کشت، جنگل، آب، ساخت و ساز، علفزار و غیره است که با استفاده از تصاویر ماهواره ای تصاویر لندست در سال های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ برای دستیابی به این هدف طبقه‌بندی شد. علاوه بر این، این مطالعه از مدل جفت شده مارکوف-فلوس برای شبیه‌سازی و تحلیل تغییرات کاربری زمین در سه سناریو مختلف در هوکایدو در ۲۰ سال آینده استفاده کرد. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که زمین جنگلی هوکایدو در گذشته به خوبی محافظت شده است و در ۲۰ سال آینده به خوبی محافظت خواهد شد. با این حال، در برنامه‌ریزی کاربری زمین برای آینده، دولت و شرکت‌های هوکایدو باید توجه بیشتری به حفاظت از زمین‌های زیر کشت داشته باشند. لاکونا و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقی بیان کردند که مجموعه مدل‌های موجود برای پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی در مناطق شهری در سال‌های اخیر پیچیده‌تر شده است. علی‌رغم پیچیدگی آن‌ها، قدرت پیش‌بینی این مدل‌ها نسبتا ضعیف است. این تحقیق نمونه‌ای از چارچوب مدلسازی جایگزین براساس مفهوم زنجیره مارکوف را ارائه می‌کند. این مدل فرض می‌کند که کاربری زمین در هر زمان معین که به عنوان یک حالت گسسته در نظر گرفته می‌شود، می‌تواند تابعی از حالت قبلی آن در نظر گرفته شود. احتمال انتقال بین هر جفت حالت به عنوان عنصری از ماتریس احتمال انتقال ثبت

[1] Chen
[2] Hokkaido

می‌شود. با فرض اینکه این ماتریس در طول زمان ثابت است، می‌توان از آن برای پیش‌بینی توزیع کاربری زمین در آینده از داده‌های فعلی استفاده کرد. برای نشان دادن این روند، یک مدل زنجیره مارکوف برای Minneapolis-St برآورد شده است. این تحقیق با برخی از نظرات در مورد نقاط قوت و ضعف زنجیره‌های مارکوف بعنوان سرزمینی بر روی نقاط قوت و ضعف زنجیره‌های مارکوف بعنوان چارچوب مدلسازی کاربری زمین، پایان می‌دهد و برخی از توسعه‌های احتمالی مدل را پیشنهاد می‌کند. وینایک[1] و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش دیگری اظهار کردند پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین کاربری آینده در بمبئی و منطقه اطراف آن، برای داشتن اطلاعات مرجع در توسعه شهری انجام شد. برای به دست آوردن دینامیک تاریخی LULC[2]، یک الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده بر روی تصاویر Landsat در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ اعمال شد. مدل (MCM) برای شبیه‌سازی LULC در سال ۲۰۱۱ استفاده شد که با استفاده از آمار کاپا بیشتر تایید شد. پس از آن، با استفاده از LULC 2002 و 2011، MLPNN-MCM برای پیش‌بینی LULC در سال 2050 استفاده شد. نتیجه تحقیق آنها نشان داد کلاس آب و ویژگی ساحلی در آینده نوسانات جزئی (<۱٪) را تجربه خواهند کرد. LULC پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۵۰ می‌تواند به عنوان یک نقشه موضوعی در مدل‌های مختلف اقلیمی، محیطی و برنامه‌ریزی شهری برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در منطقه مورد استفاده قرار گیرد. نیکو و اکبرزاده[3] (۲۰۲۲) نیز در تحقیقی با استفاده از زمین آمار و تصاویر ماهواره‌ای اثرات تغییرات کاربری اراضی بر سطح ایستایی سفره آب زیرزمینی را بررسی کردند نتایج نشان داد سطح ایستابی آب زیرزمینی در بیشتر قسمت‌های حوضه از جمله قسمت شرق، شمال، جنوب غرب کاهش داشته در این مناطق که سالانه به طور میانگین ۵۶ سانتی‌متری و در طی ۲۶ سال ۱۴،۷ متر افت سطح آب زیرزمینی رخ داده است، بیشترین تغییرات کاربری اراضی نیز در این مناطق اتفاق افتاده است. یا به منظور تحلیل اقلیم و اثر آن بر منابع آب. موسوی و کابلی[4]، (۲۰۲۱) در یک مطالعه بیان کردند که با توجه به اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب، اتخاذ سیاست‌های سازگار با تغییر اقلیم به منظور کاهش معضلات اجتماعی-اقتصادی ناشی از آن و توسعه پایدار منابع آب، برای تصمیم سازان آب اجتناب ناپذیر خواهد بود. یکی از روش‌های سازگاری، افزایش بهره وری آب در پایین دست مخازن است که اثرات تغییر اقلیم شامل کاهش رواناب‌های ورودی به مخزن و افزایش نیاز آبی شبکه آبیاری را تعدیل خواهد کرد. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد که میزان جریان ورودی به مخزن تا ۸/۱۸ درصد کاهش و میزان تقاضای آب تا ۲۹ درصد در دوره های آتی افزایش پیدا می‌کند. تخصیص آب به منظور جبران افزایش نیاز در دوره‌های آتی تا ۷/۱۸ درصد نسبت به دوره پایه تحت سناریو S1 افزایش پیدا می‌کند که ممکن است اعتماد پذیری سیستم مخزن در تخصیص آب را کاهش دهد. افزایش ضریب بهره‌وری آب تا۵/۰ در دوره آتی، اعتماد پذیری سیستم را تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد که منجر به کاهش معضلات اجتماعی-اقتصادی ناشی از تغییر اقلیم در منطقه خواهد شد.

لی[5] و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب رودخانه یانگه[6] چین به این نتیجه رسیدند افزایش ۲۲۷ درصدی مساحت کاربری زمین زراعی از سال ۲۰۱۰-۲۰۱۷ باعث کاهش ۶،۷٪ درصدی جریانات سطحی شده است. متوهیدی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با استفاده از مدل CA-MARKOV به بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب بر روی حوضه آبریز سد گابرون پرداختند، نتایج

[1] Vinayak
[2] Land-use and Land cover
[3] Nikoo and Akbarzadeh
[4] Mosavi and Kaboli
[5] Li
[6] Yangtze

بررسی‌های نشان داد مساحت زمین‌های زراعی در فاصله زمانی ۲۰۱۵-۲۰۳۵ حدود ۲۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد و همین امر باعث بدتر شدن کیفیت و کمیت منابع آبی، کمبود آب و تشدید خشک‌سالی خواهد شد. (Birham et al., 2019) در مطالعه‌ای بر روی حوضه آبریز گومارا[1] اتیوپی نشان دادند در مدت ۲۹ سال در اتیوپی مساحت جنگل‌ها و مراتع کاهش یافته و در مقابل مساحت اراضی کشت شده افزایش یافته و همین امر باعث کاهش حجم آب‌های جاری حوضه آبریز شده است. (Kangabam et al., 2019) با ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی برای دلتای نیل مصر در طول ۲۸ سال، بیان نمودند گسترش مداوم اراضی کشاورزی و مناطق شهری، همزمان با کاهش در پیکره آبی و مراتع رخ داده است. اثر تغییر کاربری اراضی و تغییرپذیری اقلیم بر متغیرهای مؤثر بر هیدرولوژی سطحی، مانند رواناب و رطوبت خاک و تبخیر و تعرق بررسی شده است. نتایج نشان داد با تغییر کاربری اراضی و تنوع اقلیم، رواناب به ترتیب ۹/۶ درصد و ۹۵/۸، رطوبت خاک ۱۸/۸ و ۷۷/۱ درصد کاهش و تبخیر و تعرق به میزن ۸ و ۱۰۳ درصد افزایش یافته است (Li et al., 2009). همچنین لی[2] و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیق دیگری بر روی زیرحوضه نازلوچای نشان داده شد تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۱-۱۳۹۲ باعث افزایش مساحت باغات و اراضی زراعی آبی و در نتیجه افزایش مصرف آب شده است. اسماعیل زاده و زینال زاده،[3] (۲۰۲۰) همچنین در پژوهش دیگری به بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی حوضه آبریز پرداخته شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد با تغییر کاربری اراضی و افزایش مساحت کاربری اراضی کشاورزی آب خروجی از حوضه آبریز به میزان ۵۱ درصد کاهش و تبخیر و تعرق واقعی به میزان ۱۳ درصد افزای یافته است (قدوسی و مرید[4]، ۲۰۱۴). با توجه به آنچه ذکر شد می‌توان گفت که بررسی وضعیت منابع آبی و اثرات تغییرات کاربری زمین بر آن می‌تواند نقش بسزایی در تصمیم‌گیری‌ها و درک روند تغییرات و برون یابی‌ها آینده نگرانه پایداری این منبع داشته باشد. یکی از مهمترین خلاء اکثر مطالعات ذکر شده عدم استفاده و مشخص نمودن میزان اثرات نوع کاربری و میزان مصرف آب آن با توجه به تغییرات مساحت در بازه‌های زمانی متفاوت می‌باشد.

تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و در پی آن نابودی منابع آبی و جنگلی یکی از نگرانی‌های اصلی در مسائل زیست محیطی ایران است (Arkhi., 2014). محدودیت منابع آب اولین مانع گسترش و توسعه تولیدات کشاورزی و درنتیجه کمبود غذاست. مدیریت منابع و مدیریت تقاضای آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نیاز است برنامه‌ریزان شرایط ویژه آب و هوایی که تحت فشار کم آبی غیر قابل انتظار قرار دارد بر فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی منطقه اثر می‌گذارد را مورد توجه خاص قرار دهند (Yamani., 2012). تمام مطالعات صورت گرفته قبلی به نوعی سنجش اثرات گذشته این عوامل بوده است و مهمترین کاستی اغلب مطالعات عدم توجه به آینده وضعیت تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن منابع آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. همانطور که ذکر شده مطالعات آینده نگری وضعیت منابع آبی دریاچه ارومیه، در اغلب موارد به بخش تغییرات اقلیمی و اثرات آن پرداخته شده است. با این وجود تا کنون مطالعه جامعی که با شبیه‌سازی مناسب تغییرات کاربری اراضی بویژه کاربری اراضی کشاورزی اثرات آن بر حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه را بسنجد، صورت نگرفته و اغلب مطالعات به صورت تغییرات کاربری اراضی زیرحوضه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده است. بر همین اساس در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از مدل‌های جدید کاربردی شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در آینده و اثرات آن بر حجم آب‌های سطحی ورودی با استفاده از نرم‌افزار محاسباتی میزان مصرف آب هر نوع کاربری

[1]Gomara
[2] Li
[3]Esmailzadeh an Zeynalzadeh
[4]Qudusi and Murid

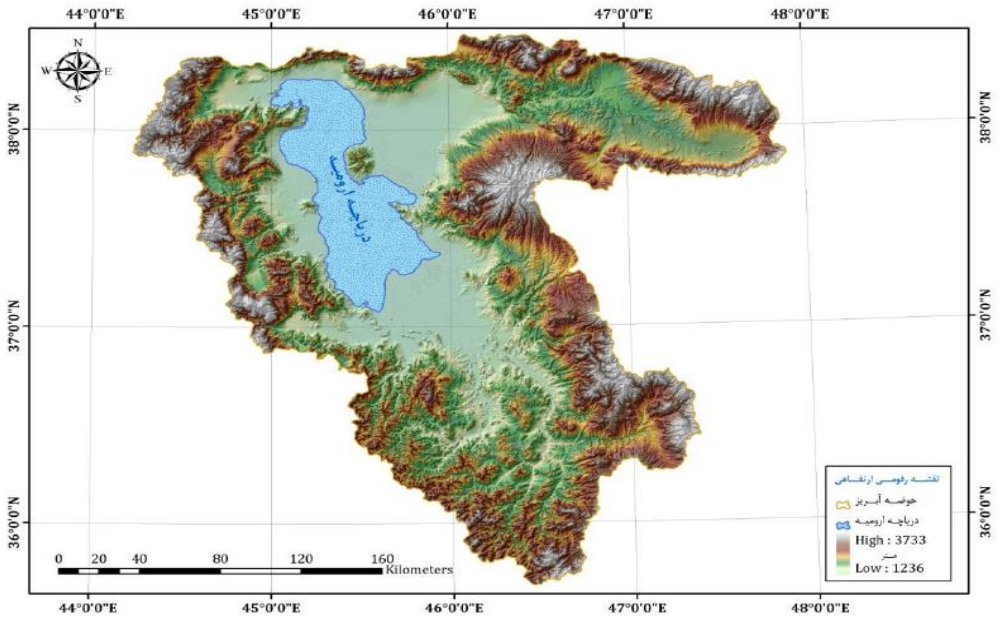
پرداخته و در نهایت مدیریت و برنامه‌ریزی پایداری منابع آب این حوضه آبریز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با مساحت ۵۱۸۷۶ کیلومترمربع یکی از ۶ حوضه آبریز اصلی کشور است. ۴۸ درصد این حوضه آبریز در استان آذربایجان غربی، ۴۲ درصد آن در آذربایجان شرقی و ۱۰ درصد آن در کردستان واقع شده است. طول دریاچه ۱۳۰ کیلومتر تا ۱۴۶ کیلومترمربع و عرض ۱۵ تا ۵۸ کیلومترمربع است. ارتفاع دریاچه از سطح دریاهای آزاد ۱۲۷۴ 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) تشکیل شده است دریاچه ارومیه به عنوان بزرگترین دریاچه داخلی ایران و از مهمترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران و جهان به شمار می‌آید. مهم‌ترین منبع تأمین آب دریاچه ارومیه بارش مستقیم بر روی دریاچه و همچنین منابع آب ورودی به آن از طریق رودخانه‌های حوضه آبریز است. ۶ رودخانه از شرق، ۵ رودخانه از غرب و ۴ رودخانه از جنوب رودخانه‌های اصلی تأمین‌کننده آب دریاچه ارومیه هستند.

روش انجام تحقیق

مهم‌ترین مراحل اقدام شبیه‌سازی نقشه کاربری اراضی آینده، استفاده از اطلاعات کاربری و پوشش اراضی تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی شده است. در این راستا، ابتدا تصاویر ماهواره لندست طی بازه زمانی متفاوت سال‌های (۲۰۰۰–۲۰۱۰–۲۰۲۰) طبق جدول شماره ۱ برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه از طریق تارنمای سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده امریکا (https://earthexplorer.usgs.gov) استخراج و پس از انجام تصحیحات هندسی و اتمسفری، موزاییک بندی در نرم افزار ENVI5.3، (با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی SVM) نقشه کاربری اراضی در بازه زمانی مورد نظر بدست آمد. سپس مدل‌های CA-MARKOV-LCM در نرم افزار TerrSet پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ صورت گرفت. در نهایت با استفاده از مدل NETWAT میزان آب مورد نیاز برای هر بخش از فعالیت کشاورزی در آینده محاسبه گردید.



شکل ۱. نقشه محدوده جغرافیایی مورد مطالعه

جدول ۱. جزئیات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

دقت مکانی (متر)	بازه زمانی	مسیر/ردیف	سنسور	ماهواره
۳۰	۲۰۰۰/۰۸/۲۲	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	TM	لندست ۵
۳۰	۲۰۱۰/۰۸/۲۲	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	ETM+	لندست ۷
۳۰	۲۰۲۰/۰۸/۱۶	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	OLI/TIRS	لندست ۸

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

جهت طبقه تصاویر ماهواره‌ای در پژوهش حاضر از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان[1] استفاده شد. ویژگی اصلی این روش توانایی بالا در استفاده از نمونه‌های تعلیمی کمتر و رسیدن به دقت بالاتر نسبت به سایر روش‌های قبلی می‌باشد این طبقه‌بندی کننده به صورت باینری عمل کرده و دو کلاس را با استفاده از یک فراصفحه از هم جدا می‌کند. برای تعریف نحوه قرارگیری این صفحه از کرنل هایی استفاده می‌گردد که در این تحقیق از کرنل چندجمله‌ای مطابق رابطه (۱) استفاده گردید

$$K(xi,xj) = (gxiTxj + r)d,\ g > 0 \qquad (۱)$$

xi, x: مجموعه ای از داده‌های آموزشی، g گاما: یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان عرض کرنل، d: درجه چندجمله‌ای،r اریب یا تمایل و T ماتریس واحد.

همچنین جهت ارزیابی میزان خطای طبقه‌بندی در پژوهش حاضر از ضریب کاپا استفاده شد. به منظور بیان دقت یک نقشه طبقه‌بندی شده به صورت کمی می‌توان آن را به صورت پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود، شایان ذکر است ازنقشه کاربری‌های اراضی موجود و بازدید زمینی برای ۲۰۲۰ و برای سال های قبل از تصاویر ماهواره ای گوگل ارث استفاده شده است. با توجه به اینکه برای نهایی نمودن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص های دقت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. شاخص کاپا از جمله روش های آماری می باشد که با رابطه(۲) قابل بیان هست (Srivastava., 2012).

(۲)

$$k = \frac{N\sum_{=1}^{r} xii - \sum_{i=1}^{r}(xio*xoi)}{n^2\sum_{i=1}^{r}(xio*xoi)}$$

در این رابطه: K: شاخص کاپا، r تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی، n^2 مجموع نقاط برداشتی، Xi پیکسل تعلیمی، Xoi، پیکسل های طبقه‌بندی شده و تعمیمی

پیش‌بینی روند تغییرات با مدل CA-MARKOV

با توجه به توانایی الگوریتم تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف، از این مدل برای پیش‌بینی کاربری و پوشش سطح زمین در آینده استفاده می‌شود. این مدل با تحلیل یک جفت از نقشه های کاربری زمین با استفاده از زنجیره مارکوف، ماتریس احتمال انتقال[2]، ماتریس مساحت انتقال یافته[3] و چند تصویر احتمال شرطی ایجاد می گردد (بسته به تعداد کاربری‌ها). ماتریس احتمال انتقال،احتمال انتقال هرکدام از کاربری ها به کاربری دیگر را نشان می‌دهد (Mirakhorlo and Rahimzadegan.,

[1]Super vector machine

[2]Transition Probabilities

[3] Transition Areas

2018). این مدل شبیه سازی آینده را با ایجاد یک ماتریس انتقال احتمال تغییرات کاربری بین سال اول (T_0) و دوم (T_1) انجام می‌دهد. محاسبه پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S = (T_0 + T_1) = Pij * S(t) \quad (۳)$$

که در این رابطه S(t) وضعیت کاربری در سال اول و $S(t_1)$ وضعیت کاربری در زمان دوم را نشان می‌دهد و Pij ماتریس احتمال انتقال می‌باشد (Hamad and Kolo, 2018).

اساس تولید ماتریس احتمال انتقال این است که می‌توان از شرایط قبلی کاربری زمین برای پیش‌بینی استفاده کرد. برای تعیین ماتریس احتمال انتقال از معادله زیر استفاده می‌شود:

(۴)

$$Pij = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} \cdots p_{1n} \\ p_{1n} & p_{2n} \cdots p_{nn} \end{vmatrix} \left(0 \le Pij \ge 1\right)$$

در این رابطه P_{ij} احتمال انتقال را از اولین سال (i) تا دومین سال (j) نشان می‌دهد (Mirakhorlo and Rahimzadegan, 2018).

پیش‌بینی روند تغییرات با مدل LCM

این مدل با تلفیق توانایی‌های روش شبکه عصبی چند لایه پرسپترون (MLP) یا آموزش پس از انتشار خطا، رگرسیون لجستیک و MOLA از کارایی مناسبی در شبیه‌سازی فرآیندهای پیچیده برخوردار است. این مدل یک روش یکپارچه بوده و قادر به شبیه‌سازی تغییرات چندین کاربری به طور همزمان می‌باشد (Mas et al., 2014).مدل‌ساز تغییر زمین، نرم افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم شناختی است که برای تشخیص مسئله مبرم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت ابزار جانبی درون سامانه نرم افزاری Tersset وجود دارد. مدل ساز تغییر زمین ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و لسازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر زیستگاه گونه ها و تنوع زیستی پرداخت. مراحل مدلسازی در ۴ مرحله صورت می‌گیرد:

الف. بررسی تغییرات

ب. مدلسازی نیروی انتقال

ج. مدلسازی تغییرات کاربری اراضی

د. ارزیابی صحت مدل‌سازی

مدل LCM از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که هر قسمت شامل مجموعه ابزارهایی مناسبی جهت که مدیریت و برنامه‌ریزی زمین می‌باشد (Falahatgar et al., 2016).

مدل NETWAT

این برنامه جهت بهره‌برداری کمیته‌های محترم بهینه سازی مصرف آب کشاورزی استان‌ها تهیه شده است. نرم‌افزار NETWAT طرح نیاز خالص آبیاری محصولات باغی و زراعی ایران در مجموعه طرح‌های پروژه ملی (توتک)، بهینه سازی مصرف آب کشاورزان ایران می‌باشد که توسط سازمان هواشناسی کشور و وزارت جهاد کشاورزی انجام شده است (Alizadeh, 2001)

(۵)

$$CWRi(G) = \frac{ET}{Ea}$$

(۶)

$$VCWr(G) = \frac{Re}{Yi(G)}$$

که در این معادلات:

CWR: میزان آب جهت کشت در هر دشت، VCW: کل آب مورد نیاز هر کاربری ET: آب مورد نیاز گیاه بر حسب مترمکعب در هکتار، Ea: راندمان کاربرد آب آبیاری برای هر محصول، Yr: متوسط میزان عملکرد

محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار، Re: بار مؤثر بر حسب مترمکعب در هکتار است.

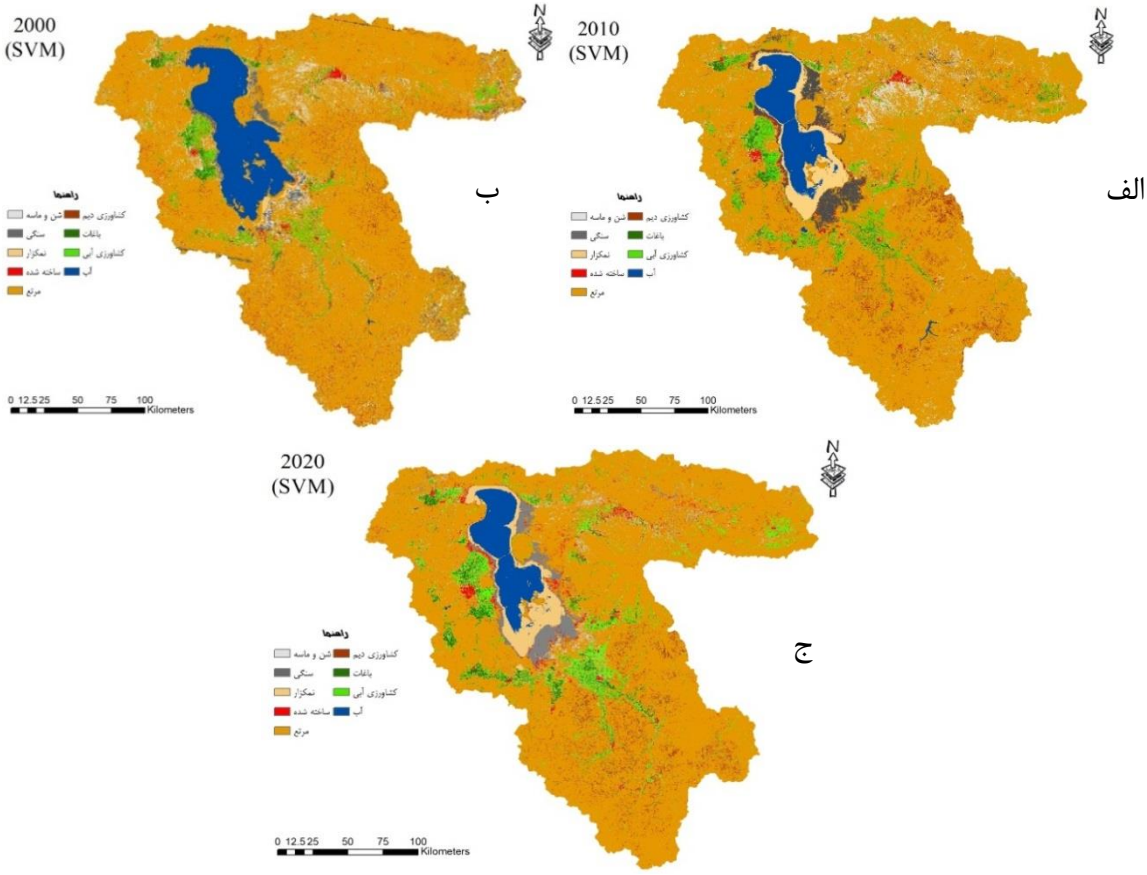
نتایج و بحث

اولین اقدام در بحث طبقه‌بندی کاربری اراضی، ارزیابی میزان دقت الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد همانطور که ذکر گردید جهت ارزیابی میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر از ضریب کاپا و دقت کلی استفاده شد، نقاط تعلیمی سال‌های گذشته از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث برای بازه‌های زمانی متفاوت برای انواع کاربری‌ها استخراج گردیده و پس از طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم SVM، نسبت به پیکسل‌های طبقه‌بندی شده (تعمیمی) صحت سنجی شد. نتایج ارزیابی میزان دقت طبقه‌بندی نشان می‌دهد که طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم SVM از دقت بالایی برخوردار بوده است به طوری که ضریب کاپای اکثر کاربری‌ها بالای ۸۰٪ می‌باشد و این بدین معنی است که ۸۰٪ پیکسل‌های تعلیمی با پیکسل‌های طبقه‌بندی شده تطابق دارد که جزئیات آن در جدول ذیل (جدول ۲) ذکر شده است.

آشکارسازی تغییرات برای درک تغییرات منطقه گسترش و کاهش مساحت کلاس‌ها طی دورهٔ ۲۰ ساله، نقشه‌های طبقه‌بندی شده به مطالعه تغییرات صورت گرفته در دوره ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۰ نشان دهنده این واقعیت است که بیشترین تغییرات از کل مساحت منطقه، مربوط به کلاس اراضی زراعی (کشاورزی آبی) می‌باشد به گونه‌ای که مساحت این کلاس از ۱۴۵۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۲۷۰۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۰ رسیده است به بیان دقیق‌تر یافته‌های تغییرات کاربری سه کاربری اشاره شده نشان می‌دهد که بیشترین سهم از تغییرات در بازه زمانی ۲۰ ساله به کاربری کشاورزی آبی با رشد تقریبا دو برابری (از ۱۴۵۰ کیلومترمربع به ۲۷۰۳ کیلومترمربع) رسیده است. کاربری باغات نیز از ۳۹۵ کیلومترمربع به ۱۰۸۳ کیلومترمربع) رسیده است و در نهایت کاربری کشاورزی دیم از ۹۴۸ کیلومترمربع (۰/۰۱۸ درصد مساحت کل حوضه آبریز) در سال ۲۰۰۰ به ۱۳۱۵ کیلومترمربع (۰/۰۲۵ کل مساحت حوضه آبریز) در سال ۲۰۲۰ رسیده است (شکل ۲)

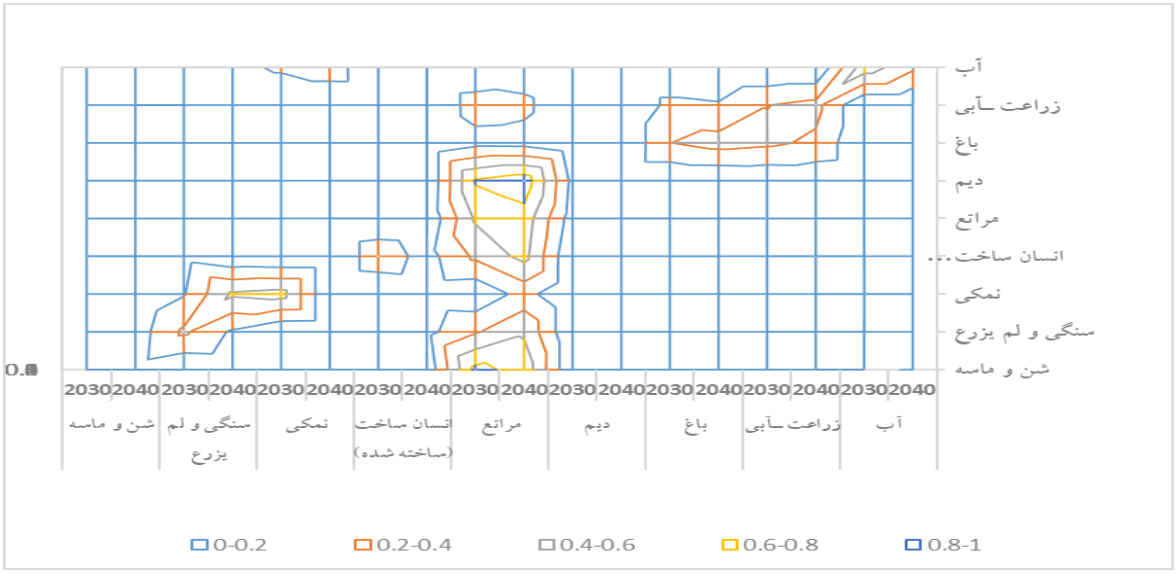
جدول ۲. ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ضریب کاپا

نوع کاربری	ماتریس محاسبات		
	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰
شن و ماسه	٪۸۲،۲	٪۹۰،۲	٪۹۲،۸
سنگی و لم یزرع	٪۸۱،۵	٪۷۸،۹	٪۹۵،٤
نمکی	٪۸۰،۹	٪۹۸،۳	٪۱۰۰
انسان ساخت(ساخته شده)	٪۸۰	٪۷۷،۱	٪۹٦،۱
مراتع	٪۸۲،٤	٪۸۹،۱	٪۹۱،۸
دیم	٪۹۲،۹	٪۷۳،۹	٪۹۵،٦
باغ	٪۸۷،۸	٪۹۰،۳	٪۹۵،۲
کشاورزی آبی	٪۹۵،٤	٪۹۰،۲	٪۹۳،۷
آب	٪۹۲،۱	٪۹٤،۷	٪۹۳،۸
ضریب کاپا	٪۰،۸٤۸	٪۰،۸۷۲	٪۰،۹۲٤
دقت کلی	٪۸۷،۷۸	٪۸٤،۳۹	٪۹٤،۷۱



شکل ۲. کاربری اراضی و پوشش زمین حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال‌های (الف: ۲۰۰۰)(ب: ۲۰۱۰) (ج: ۲۰۲۰).

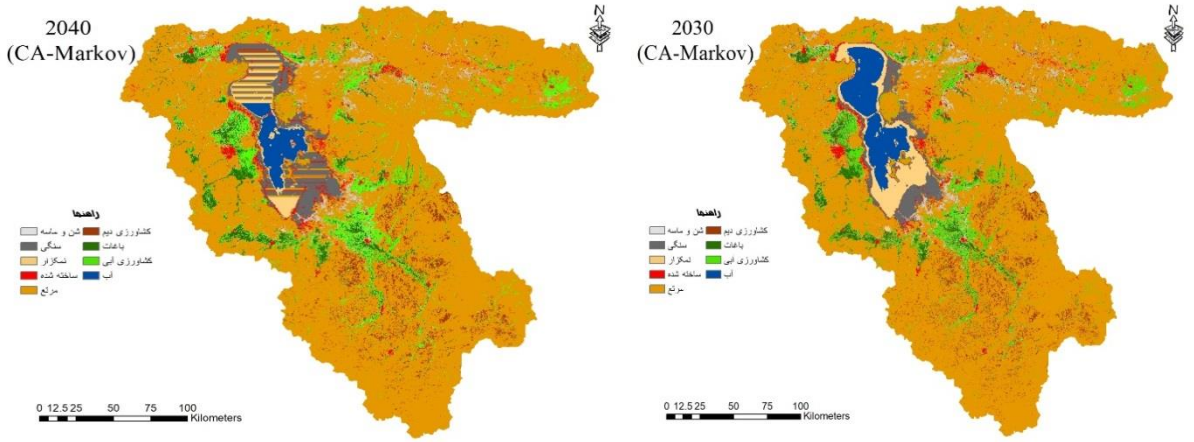
گام بعدی، شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در آینده با استفاده از دو روش CA-MARKOV , LCM می‌باشد. پس از بررسی نتایج حاصل از صحت مکانی مدلسازی تغییرات کاربری در سال‌های پایه، نخست از مدل سلول‌های خودکار مارکوف با ضریب کاپای بالای ۷۵ درصد، برای پیش‌بینی تغییرات تا سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ استفاده شد (شکل۳).



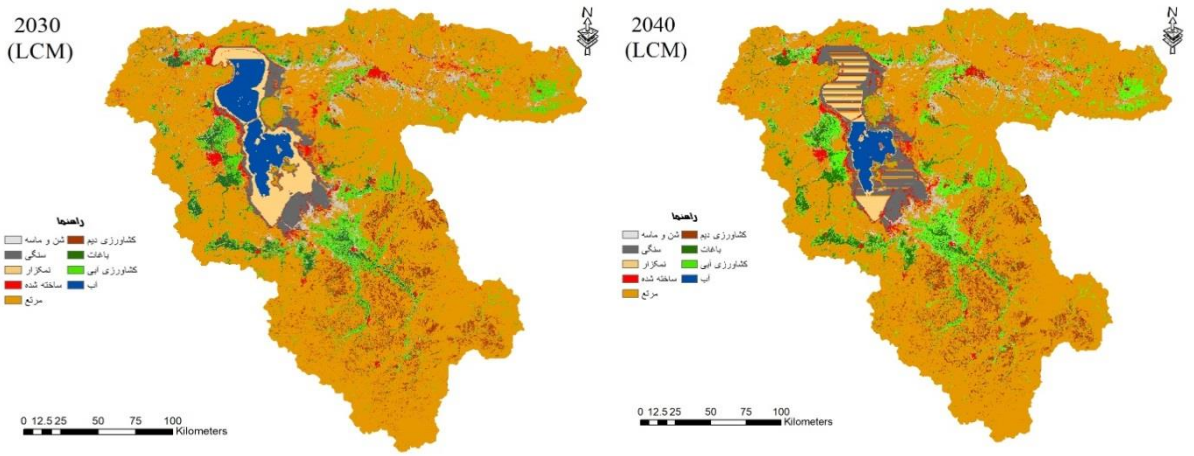
شکل۳. ماتریس احتمالی تبدیل کاربری‌ها برای بازه زمانی ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ به روش مدل مارکوف

طبق محاسبات، بیشترین سهم انتقال کاربری از سال ۲۰۲۰ به سال ۲۰۳۰، با ضریب بیش از ۰/۲۹ درصد به انتقال کاربری اراضی کشاورزی آبی به باغات و در سال ۲۰۴۰ این ضریب به بیش از ۰/۳۶ خواهد رسید. و این بدین معنی‌است درمجموع حدود ۳۲ درصد مساحت اراضی کشاورزی آبی تا سال ۲۰۴۰ تبدیل به باغ خواهند شد (شکل ۳).

با بررسی نقشه‌های اشکال ۴ و ۵ و با توجه هدف پژوهش، تغییرات کاربری (کشاورزی آبی، باغات و کشاورزی دیمی) در بازه زمانی مورد مطالعه تغییرات مساحت بسیار زیادی داشته و خواهند داشت، جدول ذیل (جدول ۳) نشاندهنده این تغییرات در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ نسبت به سال پایه ۲۰۰۰ را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان گفت که در مدل CA-MARKOV ضریب انتقال تغییرات کاربری‌ها کمتر از مدل LCM بوده است و شاید به نوعی ضریب دقت بالاتری را نسبت به مدل LCM در پیش‌بینی میزان تغییرات لحاظ نموده است.



شکل ۴. تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA-MARKOV در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰



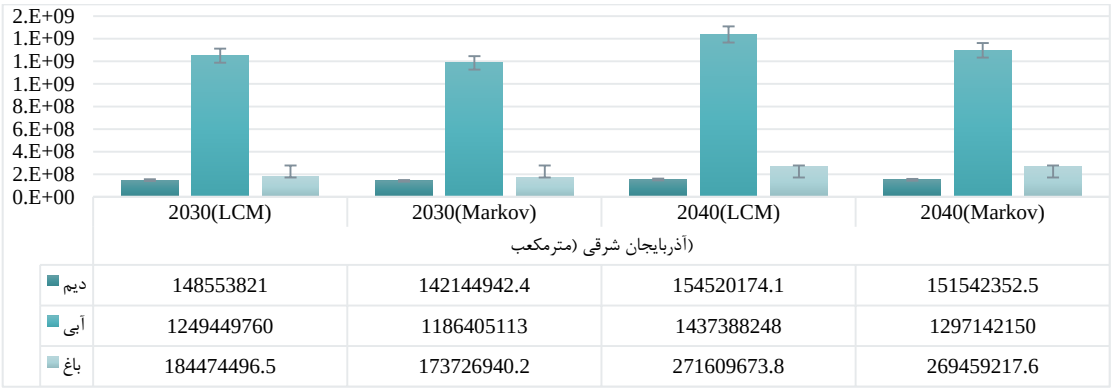
شکل ۵. تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰

جدول ۳. تغییرات کاربری اراضی (برحسب کیلومترمربع) در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ نسبت به سال پایه ۲۰۰۰

پایه	کاربری کشاورزی آبی (KM2)		کاربری باغات (KM2)		کاربری کشاورزی دیمی (KM2)	
2000	1450.46		395.26		948.51	
پیش بینی	روش LCM	روش Markov	روش LCM	روش Markov	روش LCM	روش Markov
2030	3348.5	3203.8	1360.1	1349.9	1469.5	1432
2040	3700	3500	1718.1	1671.4	1553.9	1479.5

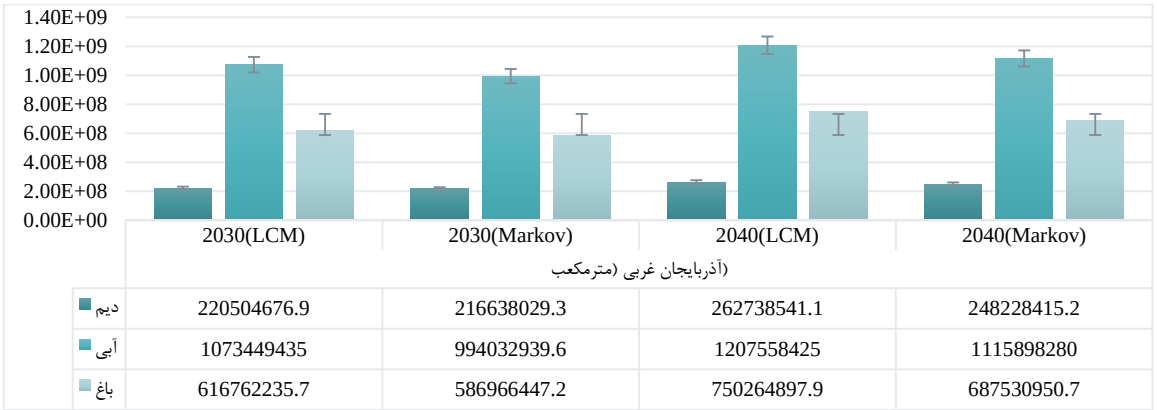
باتوجه به نتایج بدست آمده از تغییرات مساحت کاربری‌های کشاورزی از گذشته و افزایش میزان تغییرات آن در آینده، می‌توان دریافت که وضعیت منابع آبی تحت تأثیر افزایش مساحت کاربری‌های کشاورزی قرار خواهد گرفت، لذا جهت مشخص نمودن میزان آب موردنیاز جهت کشاورزی در حوضه آبریز، در ادامه روند انجام پژوهش میزان آب مورد نیاز هر محصول، در هر استان و دشت برای آینده حوضه آبریز با استفاده از مدل NETWAT محاسبه گردید. همانطور که ذکر شد مدل NETWAT اطلاعات مربوط به انواع محصول در ۶۲۰ دشت ایران را در خود داشته و متناسب با شرایط اقلیمی و خاکشناسی دشت‌های ایران بهینه شده است. لذا استفاده از این مدل می‌تواند دید مناسبی از وضعیت منابع آبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در آینده را در اختیار برنامه ریزان قرار دهد.

محاسبات مدل NETWAT برای آینده منابع آب مورد نیاز جهت کشاورزی در زیرحوضه استان آذربایجان شرقی نشان می‌دهد که با توجه به افزایش مساحت کاربری‌های کشاورزی بخصوص باغات و کشاورزی آبی، میزان آب مورد نیاز در آینده نیز افزایش خواهد یافت. به بیان دقیق‌تر براساس شکل (۶) میزان آب مورد نیاز جهت کشاورزی آبی در سال ۲۰۳۰، در مجموع بیش از ۱۱۸۰ میلیون مترمکعب و در سال ۲۰۴۰ به بیش از ۱۳۰۰ میلیون مترمکعب افزایش پیدا خواهد کرد. کاربری باغات به عنوان دومین کاربری با بیشترین مصرف منابع آب، میزان آب موردنیاز برای این کاربری در سال ۲۰۳۰ به بیش از ۱۷۵ میلیون مترمکعب و در سال ۲۰۴۰ به حدود ۲۷۰ میلیون مترمکعب افزایش پیدا خواهد کرد. و در نهایت کاربری زمین کشاورزی دیم که میزان آب موردنیاز آن به بیش از ۱۴۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ و بیش از ۱۵۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید.



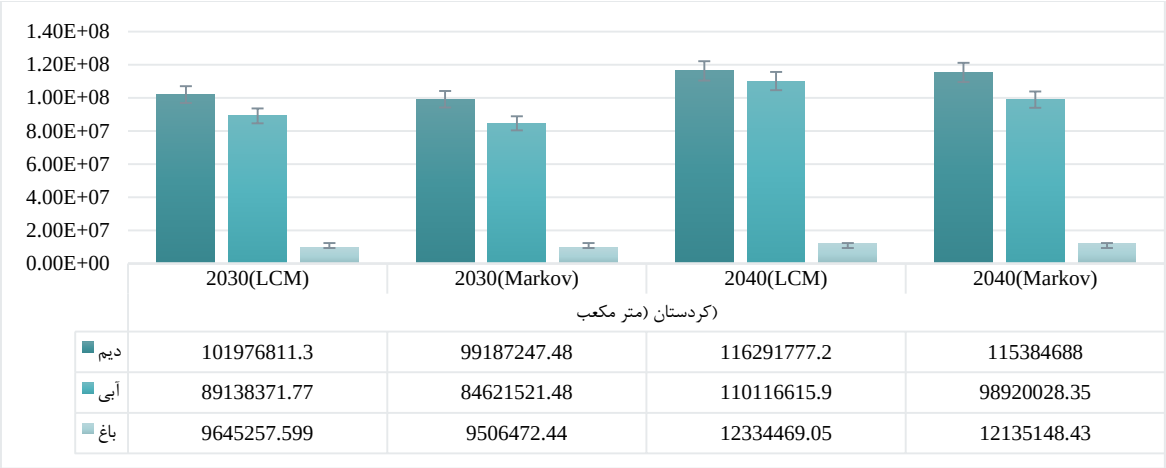
	2030(LCM)	2030(Markov)	2040(LCM)	2040(Markov)
دیم	148553821	142144942.4	154520174.1	151542352.5
آبی	1249449760	1186405113	1437388248	1297142150
باغ	184474496.5	173726940.2	271609673.8	269459217.6

شکل ۶. میزان آب مورد نیاز زیرحوضه استان آذربایجان‌شرقی جهت کشاورزی در بازه زمانی سال ۲۰۳۰- ۲۰۴۰

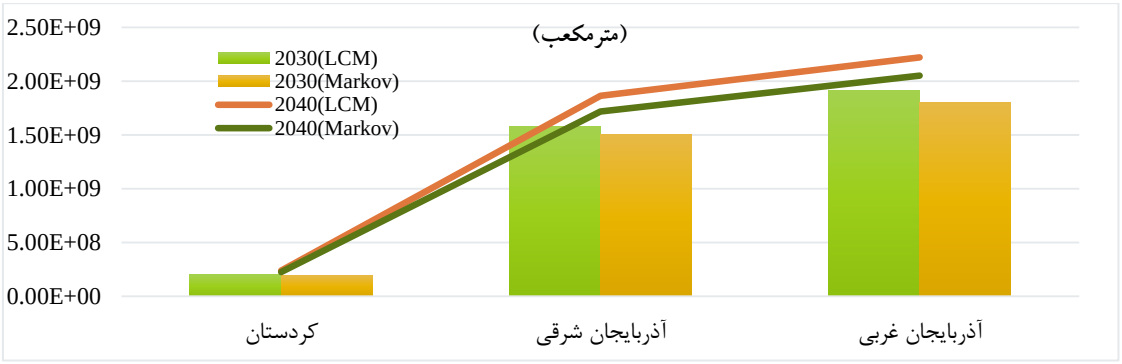


	2030(LCM)	2030(Markov)	2040(LCM)	2040(Markov)
دیم	220504676.9	216638029.3	262738541.1	248228415.2
آبی	1073449435	994032939.6	1207558425	1115898280
باغ	616762235.7	586966447.2	750264897.9	687530950.7

شکل ۷. میزان آب مورد نیاز زیرحوضه استان آذربایجان غربی جهت کشاورزی در بازه زمانی سال ۲۰۳۰- ۲۰۴۰



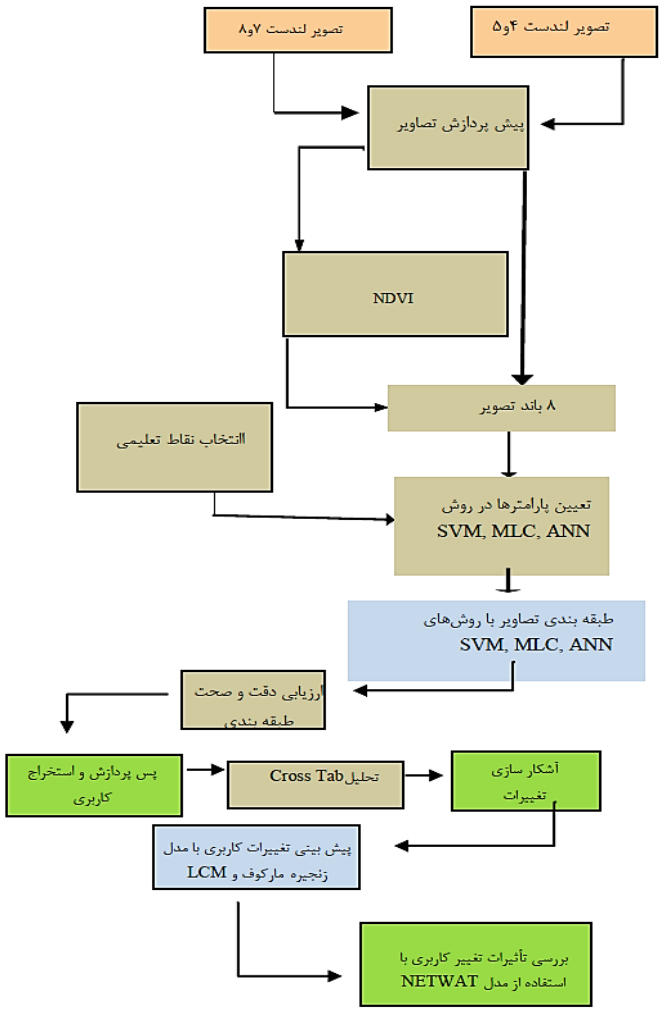
شکل ۸. میزان آب مورد نیاز زیرحوضه استان کردستان جهت کشاورزی در بازه زمانی سال ۲۰۳۰- ۲۰۴۰



شکل ۹. روند تغییرات میزان آب مورد نیاز کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه سال ۲۰۳۰- ۲۰۴۰

نتایج محاسبات شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهد که میزان آب مورد نیاز جهت کشاورزی دیم در زیرحوضه آذربایجان‌غربی و کردستان در سال ۲۰۳۰ به ترتیب به میانگین ۲۱۸ و ۱۰۰ میلیون مترمکعب و در سال ۲۰۴۰ به ۱۵۰ و ۱۱۵ میلیون مترمکعب افزایش پیداخواهد کرد. میزان آب مورد نیاز کاربری باغات نیز در زیرحوضه‌های اشاره شده به ترتیب به (۶۰۰ و ۹۵) میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ و (۷۰۰ و ۱۲۲) میلیون مترمکعب افزایش پیدا خواهد یافت و در نهایت میزان آب مورد نیاز کاربری کشاورزی آبی در این زیرحوضه‌ها به ترتیب به (۱۰۰۰ و ۸۵) میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ و در سال ۲۰۴۰ به بیش از (۱۱۱۵ و ۱۰۵) میلیون مترمکعب خواهد رسید.

بررسی شکل ۹ نشان می‌دهد که زیرحوضه آذربایجان‌غربی بیشترین سهم از مصرف آب در بخش کشاورزی در آینده را به خود اختصاص خواهد داد به طوری که میزان آب موردنیاز سالانه در سال ۲۰۳۰ به بیش از ۱۸۵۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۴۰ به بیش از ۲۱۰۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید. محاسبات آماری منتج شده از مدل در نهایت نشان می‌دهد که میزان آب مورد نیاز جهت کشاورزی در فاصله زمانی ۳۰ ساله رشدی بیش از ۰/۱۰۰ درصدی داشته و از ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۳۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین روند این رشد تا سال ۲۰۴۰ به بیش از ۲/۷ برابری خواهد رسید و میزان آب موردنیاز جهت کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه به بیش از ۴۱۰۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید.؛ جهت آشنایی هر چه بیشتر با روند کار و چگونگی دستیابی به اطلاعات استخراج شده در این مقاله نمودار جریان پژوهش در شکل زیر (شکل ۱۰) ارائه شده است.



شکل ۱۰: نمودار جریان پژوهش

نتیجه‌گیری

دریاچه ارومیه از مهمترین حوضه‌های آبریز کشور می‌باشد که شرایط کنونی آن پیامد توسعه نامتوازن و ناپایدر در حوضه آبریز آن و برداشت بی‌رویه از منابع آب تجدیدپذیر حوضه به‌ویژه در دو دهه اخیر می‌باشد. براساس شواهد موجود و همچنین تجارب حاصل از حوضه‌های آبریز با وضعیت مشابه ارومیه، یکی از مهمترین عامل کاهش سطح تراز آب، برداشت بی‌رویه جهت امور کشاورزی می‌باشد. به بیان دقیق‌تر طبق مطالعات صورت گرفته روند نزولی سطح تراز آب دریاچه پس از دوران پر آبی آن در سال ۱۳۷۴ شروع گردیده و در طی بیست سال تراز دریاچه بیش از ۸ متر کاهش یافته است و همچنین براساس آمار ارائه شده حجم منابع آب تجدید پذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۷۰۲۴ میلیون مترمکعب و حجم مصارف آب در بخش های مختلف تا سال ۱۳۹۰، ۴۸۲۵ میلیون مترمکعب بوده است که مهمترین بخش مصرفی آن به بخش کشاورزی اختصاص دارد (Rajabi and Saravani, 2015). بر همین اساس تحقیق حاضر به بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی و تغییر الگوی کشت از کشاورزی آبی به باغی بر مصرف آب در این حوضه پرداخته است است. نتایج نشان می‌دهد که مساحت کاربری‌های کشاورزی (دیم، کشاورزی آبی و باغات) به سرعت افزایش پیدا کرده است به طوری که مساحت کاربری کشاورزی آبی از ۰/۰۲۸ درصد کل

مساحت حوضه در سال ۲۰۰۰ به بیش ۰/۰۶۴ درصد در سال ۲۰۳۰ و حدود ۰/۰۷۰ درصد مساحت حوضه تا سال ۲۰۴۰ افزیش پیدا خواهد کرد. همچنین مساحت کاربری باغات نیز از ۰/۰۰۷ درصد کل مساحت حوضه در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۰/۰۲۶ درصد در سال ۲۰۳۰ و بیش از ۰/۰۳۲ درصد مساحت حوضه در ۲۰۴۰ ارتقا پیدا خواهد کرد. در نهایت کاربری زمین‌های دیم نیز با افزایش مساحت حدود ۰/۰۱۱ نسبت به دوره پایه از ۰/۰۱۸ درصد کل مساحت در سال ۲۰۰۰ به بیش ۰/۰۲۹ درصد کل مساحت حوضه آبریز دریاچه ارومیه خواهد رسید. افزایش مساحت کاربری‌های کشاورزی در حوضه آبریز بخصوص دو کاربری باغات و زمین‌های کشاورزی آبی، باعث افزایش مصرف منابع آب خواهد شد به طوری که میزان آب مورد نیاز جهت کاربری باغات از ۲۶۷ میلیون متر مکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۷۷۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ و بیش از ۹۷۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید و آب مورد نیاز جهت کشاورزی آبی نیز از ۱۰۳۹ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۲۲۶۵ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ و بیش از ۲۵۱۲ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۴۰ افزایش پیدا خواهد یافت. در نهایت براساس محاسبات مدل NETWAT میزان آب موردنیاز جهت امور کشاورزی در بازه زمانی ۴۰ ساله (۲۰۰۰ الی ۲۰۴۰) افزایش قابل توجهی پیدا کرده و از ۱۵۶۸ میلیون مترمکعب در سال پایه به حدود ۴۰۰۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید. افزایش مساحت کاربری‌های کشاورزی در طول ۴۰ سال و آبیاری سنتی از طریق رواناب‌های حوضه آبریز باعث افزایش برداشت آب از منابع تجدید پذیر خواهد شد. براساس آخرین مطالعات صورت گرفته تا سال ۱۳۹۰، منابع آبی سطحی ورودی به دریاچه ارومیه از ۴۹۰۰ میلیون متر مکعب به ۲۴۰۰ میلیون مترمکعب کاهش پیدا کرده است که در صورت تداوم به رشد و گسترش مساحت کاربری‌های کشاورزی تا دو دهه آینده، افزایش میزان مصرف منابع آب های سطحی و به تبع آن کاهش شدیدتر حجم آب سطحی به دریاچه ارومیه دور از انتظار نیست. روند کاهش بیش از حد منابع آب‌های سطحی باعث گرایش به حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق بیشتر جهت استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی برای کشاورزی شده و در نهایت تشدید روند کاهش تراز سطح دریاچه ارومیه و خشک شدن آن در پی خواهد داشت و تخصیص و مصرف منابع آب پیوسته حالتی پیچیده‌تر به خود می‌گیرد. لذا همانطور که ذکر شد هدف تحقیق حاضر ارائه آینده احتمالی وضعیت منابع آب حوضه آبریز و برنامه‌ریزی‌های مناسب جهت پایداری این منابع، ایجاد تعادل منطقه‌ای و استفاده حداکثر از قابلیت‌های محیطی است. زیرا توجه به این امرمهم باعث می‌شود اجرای برنامه‌های مدیریت تقاضا و مصرف آب به عنوان قسمتی مهم از این موضوع در کشور ضروری شده و برای بازیابی توان زیست محیطی این حوضه، پایداری منابع آب، ارتقای آگاهی جامعه از این هدف می‌بایست اطلاعات درباره روش‌های صحیح مصرف، جایگزین‌های نوع کشت و دستورالعمل‌های نوین کشاورزی به جامعه داده شود.

براساس نتایج تحقیقات متعدد، بین تغییر کاربری اراضی و افزایش مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی رابطه معنی‌داری وجود دارد، به این معنا که تغییر کاربری اراضی و گرایش به تغییر الگوی کشت، سبب افزایش میزان مصرف آب و در نتیجه ایجاد چالش در مدیریت پایدار منابع آب می‌شود که در پژوهش‌های Habtamu Teka et al(2018) و سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۸) به مانند این تحقیق، نقش این شاخص بر افزایش تنش آبی تأیید شده است.

نتایج کل پژوهش بصورت کمی و خلاصه وار برای سه کاربری مهم حوضه آبریز (کشاورزی آبی، باغات و کشاورزی دیمی) طبق پیش‌بینی به روش زنجیره مارکوف بدین شکل بوده است که؛

۱) وسعت اراضی «کشاورزی آبی» در سال ۲۰۰۰ که ۱۴۵۰،۴۶ کیلومترمربع بوده است، در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ به ترتیب به ۳۲۰۳،۸ و ۳۵۰۰ کیلومترمربع

خواهد رسید که همین امر در همان سال‌ها (سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۰۰) منجر به افزایش مصرف آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به ترتیب به میزان ۱،۲۲۶ و ۱،۴۷۳ میلیاردمترمکعب می‌گردد.

۲) وسعت اراضی «باغات» در سال ۲۰۰۰ که ۳۹۵،۲۶ کیلومترمربع بوده است، در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ به ترتیب به ۱۳۴۹،۹ و ۱۶۷۱،۴ کیلومترمربع خواهد رسید که همین امر در همان سال‌ها (سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۰۰) منجر به افزایش مصرف آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به ترتیب به میزان ۵۰۳ و ۷۰۳ میلیون مترمکعب می‌گردد.

۳) وسعت اراضی «کشاورزی دیمی» در سال ۲۰۰۰ که ۹۴۸،۵۱ کیلومترمربع بوده است، در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ به ترتیب به ۱۴۳۲ و ۱۴۷۹،۵ کیلومترمربع خواهد رسید که همین امر در همان سال‌ها (سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۰۰) منجر به افزایش مصرف آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به ترتیب به میزان ۱۹۶ و ۲۵۳ میلیون مترمکعب می‌گردد.

۴) براساس محاسبات مدل NETWAT میزان آب موردنیاز جهت امور کشاورزی در بازه زمانی ۴۰ ساله (۲۰۰۰ الی ۲۰۴۰) افزایش قابل توجهی پیدا کرده و از ۱۵۶۸ میلیون مترمکعب در سال پایه به حدود ۴۰۰۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید.

شایان ذکر است انجام این پژوهش دارای محدودیت‌های ویژه‌ای بود که از جمله محدودیت‌های تحقیق می‌توان به عدم دسترسی به داده‌های بروز اشاره نمود، در ادامه می‌توان به این محدودیت نیز اشاره کرد که دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای دقیق میسر نبود فلذا از تصاویر ماهواره‌ای با اندازه سلولی۳۰*۳۰ (۹۰۰ متر) استفاده گردید، که همین امر میزان دقت محاسبات را کاهش داده است.

Reference:

Alizadeh, A. (2001). Net irrigation needs of Iranian crops and horticulture (*NETWAT*). Iran Agricultural Water Consumption Optimization Project. [in Persian]

Arkhi, P. (2014).Predicting the trend of land use change using LCM model in GIS environment (Case study: Sarableh region). *Iranian Journal of Forests and Rangelands Protection*, 1, 1-19.

Birhanu, A., Masih, I., van der Zaag, P., Nyssen, J., & Cai, X. (2019). Impacts of land use and land cover changes on hydrology of the Gumara catchment. Ethiopia, 4th International Conference on Ecohydrology, Soil and Climate Change, 109, 1-78.

Calanca, P. (2008). Climate change and drought occurrence in the Alpine region. *Global and Planetary Changes* 57, 151-160.

Chen, Z., Huang, M., Zhu, D., Altan, O. (2021). Integrating Remote Sensing and a Markov-FLUS Model to Simulate Future Land Use Changes in Hokkaido. Japan. Remote Sens, 13, 2621.

Esmaeilnezhad, R., Zeinalzadeh, K. (2020). Evaluation of Land Use Changes using Remote Sensing and GIS in Nazlou Chai sub basin. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 9(4), 159-172. [in Persian]

Falahatkar S., Hosseini S.M., Salman Mahiny A.R., Ayoubi S. (2016). Predicting land use change using LCM model. *Environmental Research*, 13 ,163-174. [in Persian]

Ghodousi, M., Delavar, M., Morid, S. (2014). Impact of Land Use Changes on Hydrology of Ajichai Basin and its Input to Urmia Lak. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 45(2), 123-133. [in Persian]

Heshmati, M., Gheitouri, M. (2018). Land-use Change; Achilles heel to Overcoming the Environmental Crisis, Process and Impacts. Geography and Environmental Sustainability, 8(1), 89-105. [in Persian]

Joorabian shooshtari, S., Esmaili-Sari, A., Hosseini, S., Gholamalifard, M. (2014). Application logistic regression and Markov Chain in land cover change prediction in east of Mazandaran province. *Journal of Natural Environment*, 66(4), 351-363. [in Persian]

Kangabam, R.D., Selvaraj, M., Govindaraju, M. (2019). Assessment ofland use land cover changes in Loktak Lake in Indo-Burma Biodiversity Hotspot using geospatial techniques. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 22 (2), 137-143.

Li, Z., Liu, W. Z., Zhang, X. C., Zheng, F. (2009). Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agriculture catchment on the Loess Plateau of China. Journal of Hydrology, 377 (1), 35-42.

Mas, J.F.K., Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T. (2014). Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. Environmental Modelling & software, 51, 94-111.

Mirakhorlo, M., Rahimzadegan, M. (2018). Integration of SimWeight and Markov Chain to Predict Land Use of Lavasanat Basin. *Numerical Methods in Civil Engineering*, 2(4), 146-158. [in Persian]

Mosavi, S., Kaboli, H. (2021). Optimal operation of reservoirs with increasing water use efficiency: Climate change adaptation approach (case study: Jareh Dam). *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 52(12), 3043-3058. [in Persian]

Nikoo, SH., Akbarzadeh, P. (2022). Investigating the regional development in the form of land-use changes effects on the groundwater aquifer level (Case study: Damghan watershed). *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, 12(2):41-56. [in Persian]

Rajabi, M., Saravani, S. (2015). The Necessity of Reviving Lake Urmia Causes of Drought and Threats. Central Secretariat of Lake Urmia Rehabilitation Headquarters, 1-50

Srivastava, P.K. (2012). Selection of classification techniques for land use/land cover change investigation, Advances in Space Research, 50(9), 1250-1265

Vinayak, B., Lee, H.S., Gedem, S. (2021). Prediction of Land Use and Land Cover Changes in Mumbai City, India, Using Remote Sensing Data and a Multilayer Perceptron Neural Network-Based Markov Chain Model. Sustainability , 13, 471.

Wang, S.W., Gebru, B. M., Lamchin, M., Kayastha, R. B., Lee, W. K. (2020). Land use and land cover change detection and prediction in the Kathmandu district of Nepal using remote sensing and GIS. *Sustainability*, 12(9) 3925.

Yamani, M., Mehrjonezhad, A. (2012). The Effects of Land Use Change upon Hydrological Balance Components in Kordan Basin Using HEC- HMS Model. *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, 2(3):1-16

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 2 (46)
Winter 2023

Received:
2022-07-31

Accepted:
2022-10-17

Pages: 115-131

Effect of Land Use Trends on the Amount of Agricultural Water Consumption in Urmia Lake Watershed in the Next 20 Years Using Markov Chain

Kiyoumars Roushangar[1*], Mohammad Taghi Aalami[2] and Hassan Golmohammadi[3]

1) Professor, Department of Water Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tabriz University, Tabriz.
2) Professor, Department of Water Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tabriz University, Tabriz.
3) PhD Student in Water Engineering and Hydrological Structures, University of Tabriz, Tabriz.
*Corresponding author email: kroshangar@yahoo.com

Abstract:

Background and Aim: Reducing the water level of Urmia Lake and its effects on the environment around the lake has been one of the important national and international issues and challenges in the last two decades. In accord with the studies, one of the critical factors affecting this declining trend has been the rise in harvest, especially for agriculture. Accordingly, the purpose of this study is to simulate the future status of water resources in the Urmia Lake basin, influenced by the area of agricultural land uses.

Method: For this purpose, Landsat satellite image data for the period 2000 to 2020 are firstly classified using the SVM algorithm in ENVI5.3 software and the classification accuracy is analyzed using the Kappa Coefficient algorithm.In the following, the statistics and information related to the change of cultivation pattern (from arable to garden) and water sources discharging Lake Urmia are calculated. In the next step, the simulation of land use changes for 2030 and 2040 is done using two LCM and CA-MARKOV methods. And finally, after determining the amount of changes in each land use, the amount of water required for agricultural affairs in the catchment is simulated using NETWAT model.

Conclusion: The results show that the area of two uses, irrigated agriculture and garden will increase from 1450 and 395 square kilometers in 2000 to more than 3600 and 1650 square kilometers in 2040, respectively, This will increase the amount of water Needed or agriculture from 1,500 million cubic meters in 2000 to more than 4,100 million cubic meters in 2040.

Results: From 2000 to 2020, water consumption in irrigated agriculture has increased by 1253.05 Km2; which according to Markov's prediction method, this amount will reach 2049.54 Km2 in 2040 that raises the amount of water consumption by 1 billion and 473 million cubic meters. The gardens land use has increased by 688.02 Km2 from 2000 to 2020, and according to Markov's prediction method, this amount will reach 1276.14 Km2 in 2040, which raises the amount of water consumption by 703 million cubic meters. From 2000 to 2020, 367.06 Km2 has been added to the drayland farming, which according to the prediction of Markov method, this amount will reach 531 Km2 in 2040, which soars the amount of water consumption by 253 MCM.

Keywords: Land use changes, water consumption, automatic cells, Markov chain, Urmia Lake basin

10.30495/WSRCJ.2022.68546.11310