نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار و تابستان۱۴۰۲، ص. ۶۴-۴۹

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 1 Spring and Summer 2023, 49-64

مقاله علمی- پژوهشی

اثرات تغییرات کاربری اراضی و نوع کشت بر حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه

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

چکیده

شرایط کنونی دریاچه ارومیه پیامد توسعه نامتوازن و ناپایدار در حوضه آبریز آن و برداشت بی‌رویه از منابع آب تجدید پذیر حوضه به‌ویژه در دو دهه اخیر است. هدف پژوهش حاضر سنجش اثرگذاری تغییر کاربری اراضی کشاورزی بر روند کاهش تراز آب دریاچه ارومیه و تسریع روند خشکی آن است. داده‌های مورداستفاده در این پژوهش شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی سال ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۰ و آمار و اطلاعات از منابع آب ورودی به دریاچه ارومیه می‌باشند که توسط الگوریتم های SVM, Kappa Coefficient در نرم‌افزار ENVI5.3 طبقه‌بندی و صحت سنجی شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc-GIS، میزان تغییرات کاربری‌ها مشخص‌شده است. در نهایت بعد از مشخص شدن میزان تغییرات کاربری اراضی، میزان آب موردنیاز هر نوع کشت بر اساس نوع دشت و نیاز آبی گیاه آن شهرستان، توسط نرم افزار NETWAT محاسبه گردید. نتایج حاصل از بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد در بازه زمانی هدف پژوهش، روند تغییرات الگوی کشت از کشاورزی زراعی به باغداری بسیار سریع بوده به‌طوری‌که مساحت سطح باغات از ۳۹۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۰ به ۶۸۸ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۰ رسیده است. همچنین خروجی‌های نرم افراز NETWAT نشان می‌دهد که با توجه به تغییرات مساحت کاربری اراضی کشاورزی و تغییرات الگوی کشت، میزان مصرف آب مورد نیاز بخش کشاورزی در بازه زمانی ۲۰ ساله، روندی تقریباً دو برابری داشته و از ۱۶۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به ۲۹۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است. افزایش نیاز مصرفی باعث حذف جریان سطحی رودخانه‌ها و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی حوضه آبریز دریاچه ارومیه شده است که خود مبین دلیل اصلی کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه است. بر همین اساس مهم‌ترین پیشنهاد جهت رفع بحران ذکرشده آموزش روش‌های نوین و بهینه کشت بر اساس منابع آب این حوضه آبریز است.

واژه‌های کلیدی: تغییر الگوی کشت، تغییر کاربری ارضی، حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ماشین بردار پشتیبان

مقدمه

منابع آبی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک عنصری حیاتی برای توسعه اجتماعی و اقتصادی به شمار می‌روند. در بسیاری از مناطق جهان همراه با افزایش رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، منابع آبی تحت‌فشارهای شدیدی از طرف دخالت‌های انسانی قرار می‌گیرند. علاوه بر آن رخدادهای طبیعی نیز به کمبود آب دامن می‌زنند. کمبود آب مانع توسعه و پیشرفت، باعث کمبود منابع غذایی و عوارضی خواهد شد که اثرات سوء بر سلامت انسان و اکوسیستم دارد. ازاین‌رو، تأمین آب از خدمات مهم دولت‌ها بوده و موضوع کلیدی در مدیریت حوضه‌های آبریز برای تطبیق عرضه و تقاضا است (Notter et al., 2012). امروزه تغییرات آب و هوایی و کاربری اراضی به‌عنوان دو عامل عمده اثرگذار در تغییر هیدرولوژی حوضه آبریز و منابع آب سطحی شناخته‌شده هستند (Kim et al., 2013). بنابراین تجزیه‌وتحلیل اثرات این تغییرات بر هیدرولوژی به‌ویژه در مقیاس منطقه‌ای و محلی به‌منظور شناخت و درک تغییرات بالقوه منابع آب، کنش‌ها

[۱] دکتری مهندسی عمران گرایش مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (*نویسنده مسئول: Hassangm27326@gmail.com)
[۲] استاد دانشکده مهندسی عمران آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۷
DOR: 20.1001.1.24764531.1402.10.1.4.2

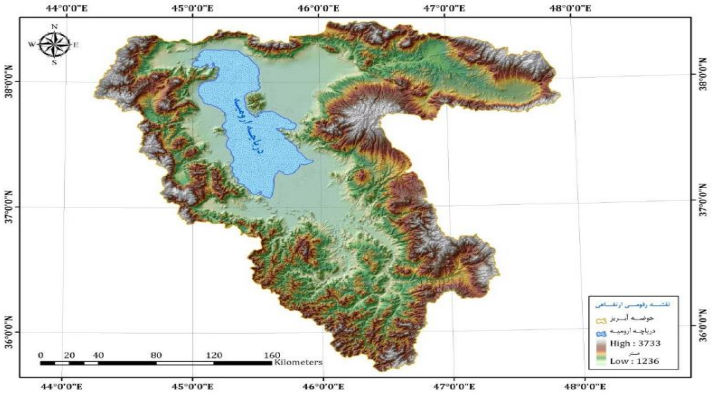
و حوادث مربوط به آب و ارائه پشتیبانی برای مدیریت آب منطقه‌ای بسیار حائز اهمیت است (Karlsson et al., 2016). تغییرات کاربری اراضی که به‌طور ویژه حاصل فعالیت‌های انسانی است فرآیندهای هیدرولوژیکی از قبیل تبخیر و تعرق، نفوذ، رواناب و همچنین تغییرات سطحی و زیرسطحی جریان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shrestha et al., 2016). مطالعات انجام‌شده در مورد تأثیر تغییر کاربری اراضی با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی میزان تغییر ضریب رواناب را در ارتباط با سطح جنگل‌ها و توسعه کشاورزی متفاوت اعلام نموده‌اند اما همه آن‌ها این بر تأثیرات این تغییرات تأکید داشته‌اند (تقافیان و همکاران، ۱۳۸۵). یکی از روش‌های نوین ارزیابی میزان این تغییرات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش‌ازدور جهت برآورد میزان تغییرات کاربری‌های بالأخص کاربری‌های کشاورزی است مطالعات درزمینه‌ی ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن‌های سنجش از راه دور، یک ابزار حیاتی برای تولید اطلاعات عقلانی برای تصمیم‌گیری صحیح در مدیریت منابع طبیعی است. در مناطق گرمسیری، ثابت‌شده است که فعالیت‌های انسانی اصلی‌ترین عامل تغییر در زمینه‌های مورداستفاده است. انسان عامل ایجاد فشارهای مستقیم یا غیرمستقیم بر زمین و تهدیدکننده‌ی مستمر منابع طبیعی در اراضی بوده و دخالت انسان تأثیر منفی بر امنیت معیشت افراد نیازمند به این اراضی را در پی دارد (Habtamu et al., 2018). همان‌طور که اشاره شد در حال حاضر اکثر مطالعات به‌روز و پیشرفته جهان از اطلاعات ماهواره‌ای و سنجش‌ازدور در مطالعات جنگل، مراتع، کاربری‌های اراضی و شناسایی محصولات کشاورزی و برآورد سطح زیر کشت آن‌ها و مطالعه‌ی آب‌های سطحی و شبکه‌ی رودخانه‌ها استفاده می‌نمایند (Zubeyri and majd., 2013). تغییرات کاربری زمین توانایی تأثیرگذاری بر پوشش زمین و بالعکس را به‌صورت متقابل دارد؛ تغییرات کاربری اراضی بر تنوع زیستی و اکوسیستم‌های آبی تأثیر می‌گذارد و بنابراین تغییر در حوضه‌ی آبخیز بر کیفیت آب تأثیر گذاشته و منجر به افزایش مصرف رواناب سطح، کاهش تخلیه آب‌های زیرزمینی می‌شود؛ بنابراین اطلاعات تغییر کاربری اراضی در سطح آبریز برای انتخاب، برنامه‌ریزی، نظارت و مدیریت آب مهم است به‌گونه‌ای که تغییرات در استفاده از زمین به علت تقاضا برای نیازهای انسانی و رفاه را بدون به خطر انداختن کیفیت و کمیت آب برآورده کند (Ang., 2017). در همین راستا در سطح جهانی و ملی در زمینه استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور برای ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر روی خصوصیات منابع آب تحقیقات متعددی انجام‌شده که به‌صورت خلاصه به چند مورداشاره می‌شود. (Ortegón, et al., 2022) در مطالعه اثرات تغییرات کاربری اراضی بر منابع رودخانه سناریا را با استفاده از مدل SWAT شبیه‌سازی کرد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که پس از اعلام منطقه به عنوان منطقه حفاظتی در سال ۲۰۰۸، تغییراتی در پوشش زمین ایجاد شده است که باعث دسترسی بیشتر به منابع آبی و احیای نسبی منطقه مورد مطالعه شده است. (Rong et al., 2022) در پژوهشی با عنوان ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب حوضه آبریز خی خی، به مطالعه اثر این پارامتر در سال ۱۹۷۰ الی ۲۰۱۸ پرداختند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که تغییرات کاربری اراضی باعث افزایش میانگین سالانه مقدار آب از ۱۰۱۹ به ۱۰۲۹ میلی‌متر شده است. (Shirmohammadi et al., 2020)، اثر تغییرات کاربری اراضی بر رواناب ورودی به دریاچه ارومیه در رودخانه مرداق چای را با استفاده از مدل Dyna-CLEU شبیه‌سازی کردند نتایج نشان داد افزایش مساحت باغات حجم ورودی آب به دریاچه را ۲۷ الی ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. (Nathan and Liuzzo., 2019)، تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب رودخانه ایست استوک در جنوب غربی لندن را استفاده از مدل گووسین شبیه‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شبیه‌ساز برای ارزیابی منابع آب در مقیاس حوضه یک رویکرد مؤثر است که برآوردهای دقیقی از خروجی مدل به‌عنوان تابعی از ورودی‌های کاربری زمین برای کاهش بار محاسباتی ارائه می‌کند. (Ang., 2017)، در مطالعه‌ای اثرات تغییرات کاربری اراضی اطراف رودخانه مالاکا و تأثیر آن بر کیفیت آب رودخانه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ را موردسنجش قرارداد. بررسی‌ها نشان داد که مناطق ساخته‌شده با ۹ متغیر، بیشترین میزان تأثیر را در تغییر

کیفیت آب دارد؛ پوشش گیاهی با ۸ متغیر دومین مورد اثرگذار بر کیفیت آب بوده است. همچنین فضای باز با ۴ متغیر کمترین میزان را در تغییر کیفیت آب داشته است (Nedjai et al., 2016). در حوزه آبخیز لویره فرانسه با طبقه‌بندی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۰ – ۱۹۸۵ به شبیه‌سازی کاربری اراضی سال ۲۰۱۳ با استفاده از مدل LCM پرداختند، نتایج حاصل از تطبیق واقعیت زمین با خروجی مدل نشان‌دهنده ضریب کاپا ۰/۹ و دقت بالای این مدل در شبیه‌سازی کاربری اراضی بوده است .دیلان و همکاران در زمینه رابطه بین کاربری اراضی و کیفیت آب در ایالت کالیفرنیا در آمریکا تحقیق نموده و به این نتیجه دست‌یافته است که کیفیت آب رودخانه‌های این ایالت تحت تأثیر توسعه صنعت، تغییر کاربری اراضی به‌ویژه توسعه کشاورزی و فعالیت‌های دامداری و دام‌پروری آلوده بوده، به‌طوری‌که این اقدام‌ها موجب کاهش کیفیت آب اکثر رودخانه‌ها در این ایالت شده است (Dylan et al., 2005). اسدی‌زارچ و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان تأثیر خشک‌سالی و تغییرات کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت داراب نشان دادند که خشک‌سالی‌های اقلیمی و تغییرات کاربری اراضی اخیر بر روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت داراب اثر مستقیم داشته است به‌طوری‌که در طی دورهٔ آماری مذکور به‌طور متوسط حدود ۳۶ متر افت سطح آب در کل دشت اتفاق افتاده است. رجایی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز رودخانه تجن نشان می‌دهد که جنگل، کاربری غالب (۷۲ درصد از مساحت منطقه در سال ۱۹۸۴ و ۴۶ درصد در سال ۲۰۴۰) در منطقه موردمطالعه است. در سال ۱۹۸۴ مساحت جنگل‌ها ۴/۸ برابر کاربری کشاورزی بود و این میزان به ۱/۸ برابر در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید. اصغری سرکانرود (۱۳۹۸)، در پژوهشی به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز علی‌آباد چای هوراند به این نتیجه رسیدند که اراضی کشت آبی، جنگل متراکم، مرتع درجه ۱، بستر رودخانه و مناطق آبی در عرض ۲۵ سال کاهش مساحت داشته‌اند درحالی‌که اراضی باغی، اراضی زراعت دیم، جنگل تنک، مرتع درجه ۲ و ۳ از افزایش مساحتی چشم‌گیری برخوردار بوده‌اند. این افزایش نیاز مصرف آب سطحی، باعث حذف جریان سطحی رودخانه و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی حوضه شده است. نرم‌افزار NETWAT نرم‌افزاری است که بسیاری از محققین از این نرم‌افزار در مقالات خود در ژورنال‌های معتبر و مختلف بهره برده‌اند، برای مثال؛ بارقه و همکاران در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار NETWAT، به این نتیجه رسیده‌اند نیاز خالص آبیاری برای اراضی باغی و زراعی را به ترتیب ۳۷ و ۴۵ درصد از میزان منابع آب موجود در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است (Barhagh et al, 2021). سید حمیدرضا و همکاران از نرم‌افزار NETWAT در مقاله "کاربرد رابطه آب–انرژی–غذا برای تعیین الگوی بهینه مدیریت کشاورزی در مقیاس حوضه‌های آبریز" بهره بردند (Seyed Hamidreza et al, 2020)؛ و در ادامه میرزائی و همکاران از نرم‌افزار NETWAT در مقاله "بررسی رابطه آب زیرزمینی–انرژی–غذای بخش کشاورزی ایران و پیامدهای امنیتی برای آب" نیز استفاده نمودند (Mirzaei et al, 2019). با توجه به آنچه ذکر شد، یکی از مهم‌ترین تأثیرات تغییرات کاربری اراضی، تغییر چرخه هیدرولوژی و هیدروژئولوژی یک حوضه آبریز می‌باشد. حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز همانند ۳۱۷ دشت دیگر ایران از معضل تنش آبی رنج می‌برد. به‌بیان‌دیگر، کاهش سطح تراز آب دریاچه ارومیه در چند سال گذشته ناشی از عوامل مختلف ازجمله، تغییرات اقلیمی، برداشت منابع آب، توسعه نامتوازن کشاورزی در حوضه آبریز و... بوده است. بر این اساس با توجه به اینکه بررسی مکانی تغییرات کاربری اراضی در کل حوضه آبریز کمتر موردتوجه قرارگرفته و آمار و ارقام ارائه‌شده برای آن در گزارش‌های مختلف بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده به‌صورت سنتی و در قالب بررسی‌های میدانی و پرسش‌نامه‌ای بوده، لذا تهیه نقشه کاربری اراضی این حوضه در مقاطع مختلف با استفاده از روش‌های مناسب سنجش‌ازدور و پیش‌بینی تغییرات، می‌تواند پاسخگویی برخی ابهامات پیرامون توسعه کشاورزی و میزان آب موردنیاز برای بالا بردن تراز آب دریاچه در آینده باشد. در این مطالعه میزان تغییرات کاربری اراضی و میزان آب مورد مصرف با توجه به تغییرات سالیانه نوع

کشت در حوضه آبریز و تأثیر آن بر کاهش سطح تراز آبی بررسی و مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با مساحت ۵۱۸۷۶ کیلومترمربع یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه بین استان‌های آذربایجان غربی (۴۶ درصد)، آذربایجان شرقی (۴۳ درصد) و کردستان (۱۱ درصد) قرار دارد. طول دریاچه، ۱۳۰ تا ۱۴۶ کیلومتر، عرض دریاچه ۱۵ تا ۵۸ کیلومتر و ارتفاع دریاچه از سطح دریاهای آزاد، ۱۲۷۴ متر است (شکل ۱). حجم متوسط آبگیری دریاچه ۳۲ میلیارد مترمکعب اکوسیستم دریاچه از پنج بخش مختلف (آبی، کوهستانی و کوهپایه‌ای و دشت‌های مجاور و جزایر داخل دریاچه) تشکیل‌شده است. دریاچه ارومیه به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران و از مهم‌ترین و باارزش‌ترین 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. شش رودخانه از شرق، پنج رودخانه از غرب و چهار رودخانه از جنوب به‌عنوان رودخانه‌های اصلی تأمین‌کننده آب دریاچه ارومیه هستند (Hesami and Amini., 2016).



شکل ۱- نقشه محدوده جغرافیایی موردمطالعه

روش انجام پژوهش

یکی از مهم‌ترین راه‌های آگاهی از میزان مساحت و نوع کاربری اراضی در حوضه آبریز، استفاده از اطلاعات کاربری و تصاویر ماهواره‌ای پوشش اراضی است. برای طبقه‌بندی بهتر کاربری اراضی توسط داده‌های سنجش‌ازدور، داده‌ها را باید در زمان مناسب فصل رویش گیاهان، یعنی زمانی که پوشش گیاهی به مرحله‌ی توسعه‌یافته‌ای رسیده است، جمع‌آوری نمود. لذا در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست برداشت‌شده در فصل تابستان در دوره زمانی تحقیق برای طبقه‌بندی کاربری اراضی محدوده موردمطالعه، استفاده شد. همچنین کیفیت ابتدایی تصاویر می‌بایست ازنظر عواملی مثل ابرناکی و خطای راه‌راه شدگی در حد قابل‌قبول باشد. داده‌ها از سنجنده‌های TM، ETM+ و TIRS-OLI پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا[1] (USGS)، برای دوره زمانی (۲۰۲۰-۲۰۰۰) دریافت شد که جزئیات دقیق آن در جدول (۱) ارائه‌شده است. مرحله بعدی انجام عملیات پیش‌پردازش شامل (تصحیحات اتمسفری، هندسی و ترکیب رنگی کاذب) برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. برای این طبقه‌بندی از روش ماشین بردار پشتیبان[2] در نرم‌افزار ENVI5.3 استفاده‌شده است.

1. https://www.usgs.gov/
2. Super vector machine

جدول ۱- جزئیات تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در پژوهش

ماهواره	سنسور	مسیر/ردیف	دوره زمانی	دقت مکانی (متر)
لندست ۵	TM	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	۲۰۰۰/۰۸/۲۲	۳۰
لندست ۷	ETM+	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	۲۰۰۵/۰۸/۲۴	۳۰
لندست ۷	ETM+	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	۲۰۱۰/۰۸/۲۲	۳۰
لندست ۸	OLI/TIRS	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	۲۰۱۵/۰۹/۰۳	۳۰
لندست ۸	OLI/TIRS	۱۶۷ :۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۸ :۰۳۳-۰۳۴-۰۳۵ ۱۶۹ :۰۳۴-۰۳۵	۲۰۲۰/۰۸/۱۶	۳۰

طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) تقریباً شبیه شبکه‌های عصبی بوده که با استفاده از یک تابع کرنل سیگموئیدی، معادل شبکه عصبی پرسپترون دولایه‌ای است (Hu and Weng., 2009). به عبارتی این تابع، داده‌های آموزشی را که به‌صورت غیرخطی در فضای چندبعدی با استفاده از تابع کرنل طرح‌ریزی می‌شود را در یک مجموعه داده به‌صورت خطی از هم جدا می‌کند که نتیجه آن طبقه‌بندی خطی بین داده‌ها است. ویژگی اصلی این روش، توانایی بالا در استفاده از نمونه‌های تعلیمی کمتر و رسیدن به‌دقت بالاتر نسبت به سایر روش‌های قبلی است به بیان دقیق‌تر این روش با استفاده از نقاط تعلیمی کمتر، دقت بالاتری نسبت در طبقه‌بندی کاربری اراضی نسبت به سایر روش‌های دیگر دارد. به‌طوری‌که در این روش طبقه‌بندی، الگوریتم موردنظر به‌صورت باینری عمل کرده و دو کلاس را با استفاده از یک فرا صفحه از هم جدا می‌کند. برای تعریف نحوه قرارگیری این صفحه از کرنل‌هایی استفاده می‌گردد که در این مطالعه از کرنل چندجمله‌ای استفاده گردیده است (رابطه ۱).

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

که در آن Xi, Xj مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی، g گاما: یک پارامتر تعریف‌شده توسط کاربر به‌عنوان عرض کرنل، d: درجه چندجمله‌ای،r اریب یا تمایل و T ماتریس واحد می باشد. در این کرنل از پارامتری به‌عنوان پنالتی[1] برای بهبود خطای طبقه‌بندی استفاده می‌شود که افزایش آن تا حدی باعث کم شدن خطای طبقه‌بندی می‌شود. همچنین از یک مقدار به‌عنوان آستانه تحریک (بایاس[2]) استفاده می‌گردد (Srivastava., 2012). برای ارزیابی میزان خطای طبقه‌بندی در پژوهش حاضر از ضریب کاپا استفاده‌شده است. به‌منظور بیان دقت یک نقشه طبقه‌بندی‌شده به‌صورت کمی می‌توان آن را پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود. بر پایه، این جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر دقت کاربر[3]، صحت تولیدکننده[4] صحت کلی[5] و ضریب کاپا[6] را برای بیان دقت محاسبه نمود. صحت کلی از نسبت مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی‌شده‌اند (در محور اصلی ماتریس طبقه‌بندی قرار دارند) به‌کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده به دست آمد. همان‌طور که از

1. Penalty Parameter
2. Bias
3. User Accuracy
4. Produce Accuracy
5. Overall Accuracy
6. Kappa Coefficient

اسم آن مشخص است صحت کلی فقط درصد صحت در کل طبقات را می‌دهد و نمی‌تواند درصد صحت هرکدام از طبقات را به‌طور مجزا محاسبه کند (Jog et al, 2016). صحت کلی با رابطه (۲) قابل‌بیان می‌باشد.

$$OA = \left(\frac{\sum_{k=1}^{n} nkk}{n} * 100\right) \quad (۲)$$

که در آن OA ؛ صحت کلی، $\frac{\sum_{k=1}^{n} nkk}{n}$: مجموع پیک سل‌های درست طبقه‌بندی‌شده، n: کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده است.

با توجه به اینکه برای نهایی نمودن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص‌های دقت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. لذا در این پژوهش از شاخص کاپا جهت صحت سنجی نقشه کاربری اراضی تولیدشده استفاده‌شده است. شاخص کاپا ازجمله روش‌های آماری است که با رابطه (۳) قابل‌بیان است.

$$k = \frac{N\sum_{=1}^{r} xii - \sum_{i=1}^{r}(xio * xoi)}{n^2 \sum_{i=1}^{r}(xio * xoi)} \quad (۳)$$

در این رابطه K: شاخص کاپا، r: تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی، Xii: تعداد مشاهدات در ردیف و ستون (محور اصلی ماتریس) Xio: مجموع مشاهدات در ردیف (مجموع ردیف برای هر کاربری) Xoi: مجموع مشاهدات در ستون (مجموع ستون برای هر کاربری) N: مجموع کل مشاهدات ماتریس طبقه‌بندی می‌باشد.

در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی‌شده‌اند؛ پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی‌شده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند، ازاین‌رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد.

مدل NETWAT

گام بعدی پژوهش محاسبه میزان مصرف آب برای کاربری کشاورزی و میزان تغییرات آن در بازه زمانی تحقیق با استفاده از نرم‌افزار NETWAT می‌باشد. این برنامه به پیشنهاد کمیته بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی استان‌ها تهیه شده است. این مجموعه شامل ۳ برنامه به نام‌های Netwat و Agwat و Cropawat می‌باشد. نرم‌افزار NETWAT، طرح نیاز خالص آبیاری محصولات باغی و زراعی ایران است که توسط سازمان هواشناسی کشور و وزارت جهاد کشاورزی انجام‌شده است (علیزاده، ۱۳۸۰)؛ که نحوه عملکرد مدل مورد اشاره به‌صورت ذیل است:

$$CWRi\ (G) = \frac{ET}{\quad} \quad (۴)$$

$$VCWr\ (G) = \frac{Re}{Yi\ (G)} \quad (۵)$$

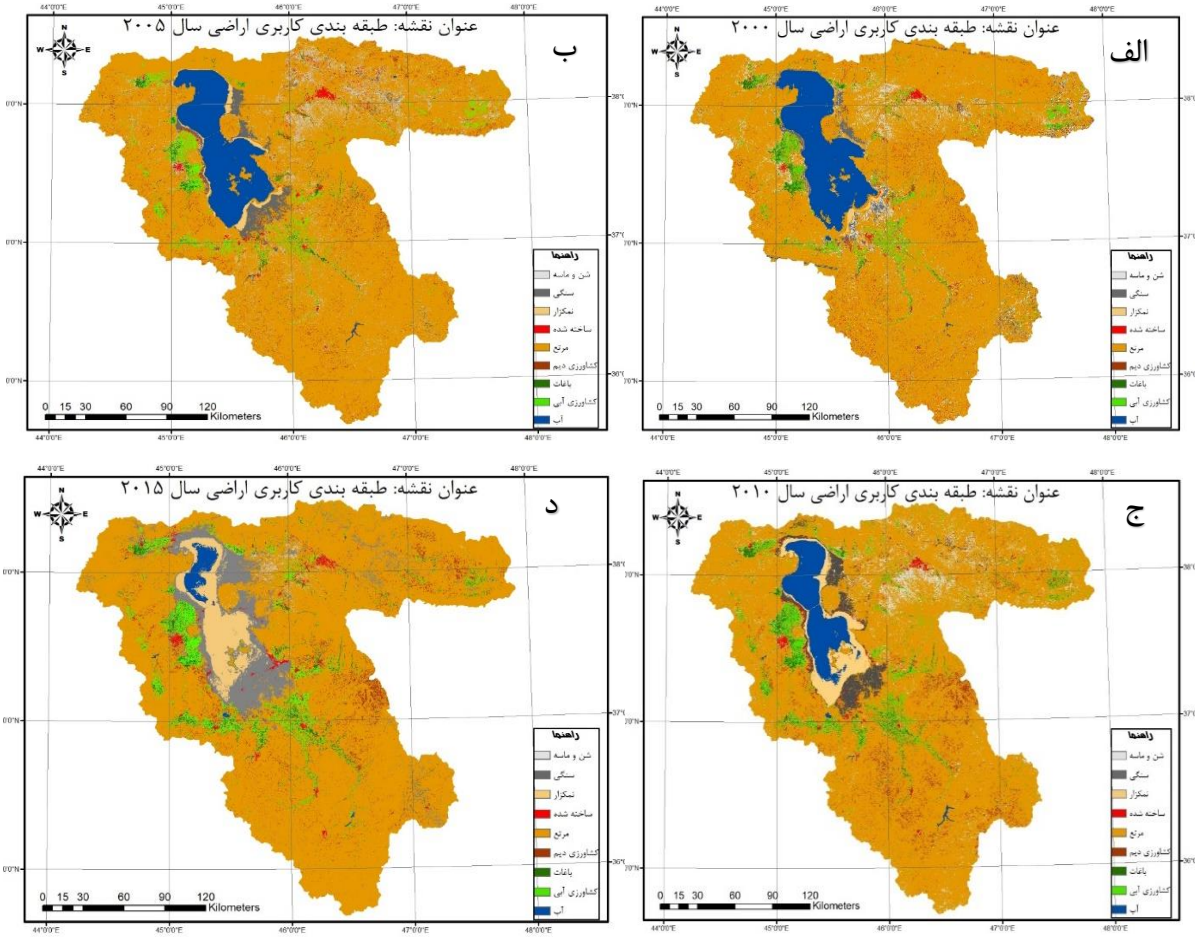
که در این معادلات، ET: آب موردنیاز گیاه برحسب مترمکعب در هکتار، Ea: راندمان کاربرد آب آبیاری برای هر محصول، Yi : متوسط میزان عملکرد محصول برحسب کیلوگرم در هکتار، Re: بار مؤثر برحسب مترمکعب در هکتار است.

در فرمول های فوق $CWRi\ (G)$ نسبت آب مورد نیاز گ یاه به راندمان آب و $VCWr\ (G)$ نسبت بار موثر متو سط عما کرد محصول در هر هکتار است.

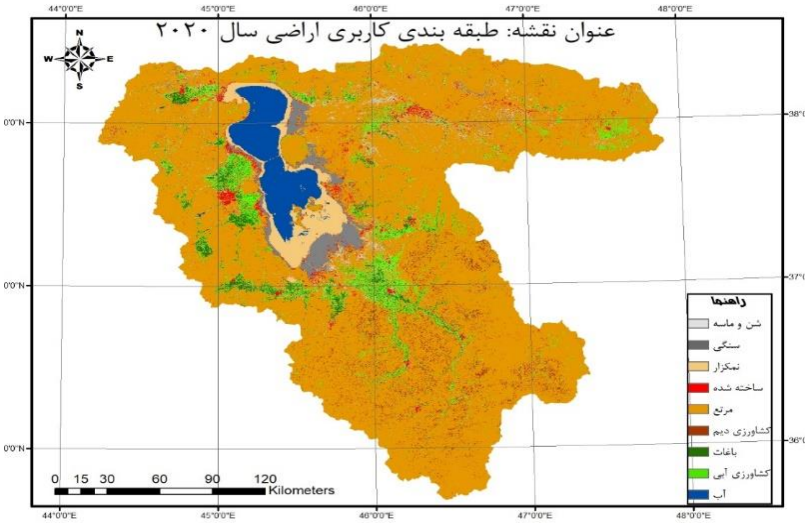
نتایج بحث

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

اخیراً الگوریتم‌ها و تکنیک‌های جدیدی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای معرفی‌شده‌اند که بررسی و مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی برای شناسایی یک روش طبقه‌بندی مناسب در یک منطقه خاص ضروری است. ماشین بردار پشتیبان یکی از الگوریتم‌های نوین با دقت مناسب برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است. بر این اساس در پژوهش حاضر از این الگوریتم برای مشخص نمودن نوع کاربری حوضه آبریز استفاده شد که نتیجه آن به‌صورت شکل (۲و ۳) نمایان گشت؛ نتایج ارزیابی میزان دقت طبقه‌بندی نشان می‌دهد که طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از دقت بالایی برخوردار بوده است به‌طوری‌که ضریب کاپا و دقتی کلی در تمامی سال‌ها بیش از ۰/۸۴ است که جزئیات دقیق‌تر آن در جدول شماره (۲) ذکرشده است.



شکل ۲- کاربری ارضی و پوشش زمین حوضه آبریز دریاچه ارومیه (الف: سال ۲۰۰۰)(ب: سال ۲۰۰۵)(ج: ۲۰۱۰) (د: سال ۲۰۱۵)



شکل ۳- کاربری اراضی و پوشش زمین حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۲۰۲۰

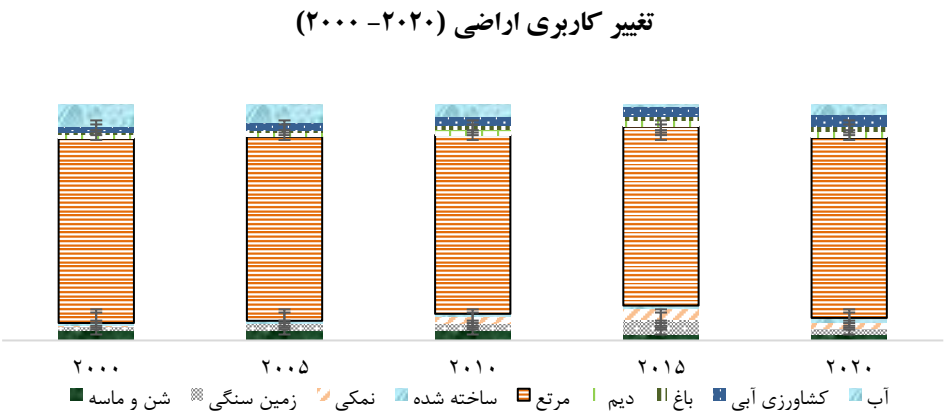
جدول ۲- ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ضریب کاپا

نوع کاربری	ماتریس محاسبات				
	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۲۰
شن و ماسه (درصد)	۸۲/۲	۷۶/۱	۹۰/۲	۷۳/۳	۹۲/۸
سنگی و لم‌یزرع (درصد)	۸۱/۵	۸۳/۵	۷۸/۹	۷۶/۱	۹۵/۴
نمکی (درصد)	۸۰/۹	۸۳/۹	۹۸/۳	۸۹/۲	۱۰۰
انسان‌ساخت (ساخته‌شده) (درصد)	۸۰	۹۳/۸	۷۷/۱	۹۱/۶	۹۶/۱
مراتع (درصد)	۸۲/۴	۸۹/۵	۸۹/۱	۹۰/۴	۹۱/۸
دیم (درصد)	۹۲/۹	۹۸/۵	۷۳/۹	۱۰۰	۹۵/۶
باغ (درصد)	۸۷/۸	۹۲/۲	۹۰/۳	۹۶/۷	۹۵/۲
کشاورزی آبی (درصد)	۹۵/۴	۹۳/۱	۹۰/۲	۹۵/۸	۹۳/۷
آب (درصد)	۹۲/۱	۹۶/۷	۹۴/۷	۹۵/۳	۹۳/۸
ضریب کاپا (درصد)	۰/۸۴۸	۰/۸۴۷	۰/۸۷۲	۰/۸۵۴	۰/۹۲۴
دقت کلی (درصد)	۸۷/۷۸	۸۷/۰۶	۸۴/۳۹	۸۷/۷۵	۹۴/۷۱

همان‌طور که ذکر شد نتایج حاصل از اعمال ضریب کاپا و دقت کلی بر روی تصاویر طبقه‌بندی‌شده نشان داد، دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم SVM بسیار بالا و در تمامی سال‌های موردمطالعه بیش از ۸۰ درصد بوده است و این خود حاکی از درست و قابل‌قبول بودن این طبقه‌بندی است. به بیان دقیق‌تر نتایج حاصل از ارزیابی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که در تمامی کاربری‌ها در بازه زمانی موردمطالعه بیش از ۸۰ درصد بوده است، البته این روند در سه کاربری اصلی تأثیرگذار در هدف پژوهش بالای ۹۰ درصد بوده و در کاربری دیم در بازه زمانی ۲۰۱۵ حتی به ۱۰۰ درصد رسیده است، همچنین ضریب کاپای کلی نیز از ۸۴ درصد در بازه زمانی اول پژوهش به بیش از ۹۲ درصد در بازه زمانی آخر پژوهش رسیده است. همچنین آماری منتج شده آزمون صحت کلی طبقه‌بندی (OA)، حاکی از دقت بالای طبقه‌بندی است به‌بیان‌دیگر صحت کلی که بیانگر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده از ۸۷ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۹۴ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش پیداکرده و این خود حاکی از دقت بالای طبقه‌بندی است (شکل ۴). تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در طول دوره مطالعه را نشان می‌دهد، این نمودار نشان‌دهنده این است که کاربری کشاورزی دیم، کشاورزی باغات و کاربری کشاورزی آبی افزایش زیادی داشته است. در ادامه میزان دقیق افزایش کاربری‌ها و نیاز آبی ارائه خواهد شد.

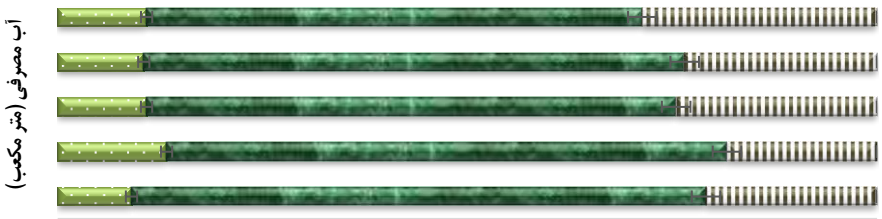
بر اساس هدف اصلی تحقیق سه کاربری (کشاورزی دیم، باغات و کشاورزی آبی) از کاربری مورداستفاده جهت مشخص نمودن میزان مصرف منابع آب می‌باشند. بر همین اساس یافته‌های تغییرات کاربری سه کاربری اشاره‌شده نشان می‌دهد که بیشترین سهم از تغییرات در بازه زمانی ۲۰ ساله به کاربری کشاورزی آبی با رشد تقریباً دو برابری از ۰/۰۲۸ درصد کل مساحت حوضه به ۰/۰۵۲ درصد از مساحت کل حوضه رسیده است (از ۱۴۵۰ کیلومترمربع به ۲۷۰۳ کیلومترمربع). کاربری باغات نیز از ۰/۰۰۷ درصدی کل مساحت حوضه آبریز دریاچه ارومیه به ۰/۰۲۰۹ درصد کل مساحت حوضه آبریز (افزایش ۶۸۸ کیلومترمربع، پایه:۳۹۵ کیلومترمربع) رسیده است و درنهایت کاربری کشاورزی دیم از ۰/۰۱۸ درصد مساحت کل حوضه آبریز در سال ۲۰۰۰ به ۰/۰۲۵ کل مساحت حوضه آبریز در سال ۲۰۲۰ رسیده است (شکل ۲ و ۳). با توجه به آنچه ذکر گردید در بازه زمانی ۲۰ ساله مساحت تمامی کاربری‌های مؤثر بر هدف پژوهش افزایش سطح اراضی و بالأخص کشت‌های باغی چشمگیری داشته است و این روند افزایشی در کاربری کشاورزی زراعی به‌مراتب بیشتر و مهم‌تر بوده به‌طوری‌که بر اساس شکل (۴) از مساحت سطح زیر کشت زراعی آبی کاسته و بر مساحت

سطح باغات افزوده‌شده است.



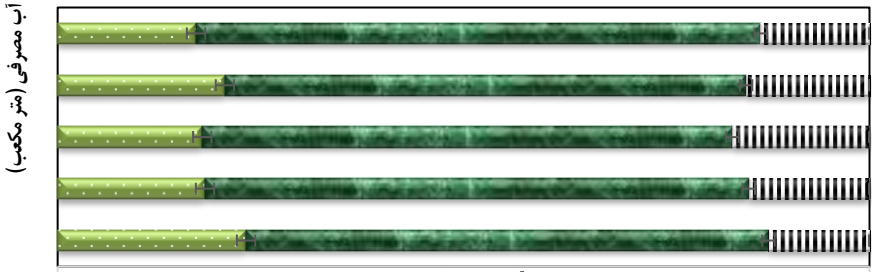
شکل ٤- تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه از سال ۲۰۲۰-۲۰۰۰

بر اساس گام بعدی پژوهش محاسبه میزان مصرف آب جهت امور کشاورزی در ۲۰ سال گذشته با توجه به شرایط خاص هر دشت است که حاصل اجرای نرم‌افزار NETWAT برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل‌های (۵، ۶ و۷) ذکر گردیده است. بررسی شکل‌های (۵ الی ۷) حاصل‌شده از صحت سنجی مدل NETWAT حاکی از آن است که میزان آب موردنیاز جهت امور کشاورزی در این حوضه آبریز در بازه زمانی موردمطالعه به‌صورت مداوم در حال افزایش بوده است به‌طوری‌که در زیر حوضه آذربایجان‌غربی، میزان آب موردنیاز جهت امور باغداری از ۱۹۳ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۴۶۷ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است، این رقم در زیر حوضه آذربایجان‌شرقی نیز ۷۳ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۱۶۷ میلیون مترمکعب و در زیر حوضه کردستان از یک‌میلیون مترمکعب در بازه زمانی اول پژوهش به بیش از ۱۰ میلیون مترمکعب در بازه زمانی انتهای پژوهش افزایش پیداکرده است. همچنین بر اساس محاسبات انجام‌شده توسط مدل سایر کاربری‌های کشاورزی دیگر نیز با افزایش میزان آب موردنیاز مواجه شده‌اند و شدیدترین این تغییرات به زیر حوضه آذربایجان‌شرقی در کاربری کشاورزی آبی اختصاص دارد به‌طوری‌که از ۳۷۷ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۸۷۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است.



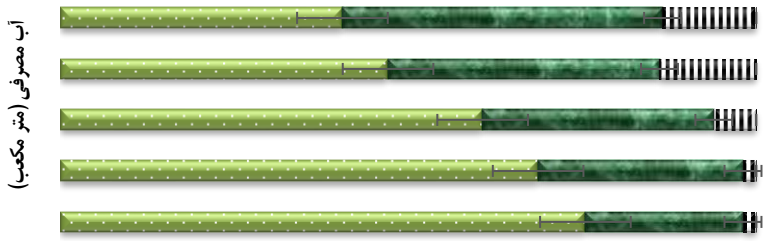
	آذربایجان غربی				
	2000	2005	2010	2015	2020
دیم	83301531.4	116676082.9	144435561.8	147784337	177217206.8
آبی	648896139.1	600760712.3	861154904.2	928680666.6	988081654.6
باغ	193027496.5	160759337.8	326460483.9	330111283.5	467739247.7

شکل ۵- میزان آب موردنیاز زیر حوضه استان آذربایجان‌غربی جهت کشاورزی در بازه زمانی سال ۲۰۰۰- ۲۰۲۰



آذربایجان شرقی	2000	2005	2010	2015	2020
دیم	136274406.1	134715845.7	146805832.8	217333183.5	213254340.7
آبی	377672590.5	497032959.2	538114847.6	677019480.8	870117821.8
باغ	73063596.74	110352101.6	139032907.3	160289972.7	167492311.5

شکل ٦- میزان آب موردنیاز زیر حوضه استان آذربایجان‌شرقی جهت کشاورزی در بازه زمانی سال ۲۰۰۰- ۲۰۲۰



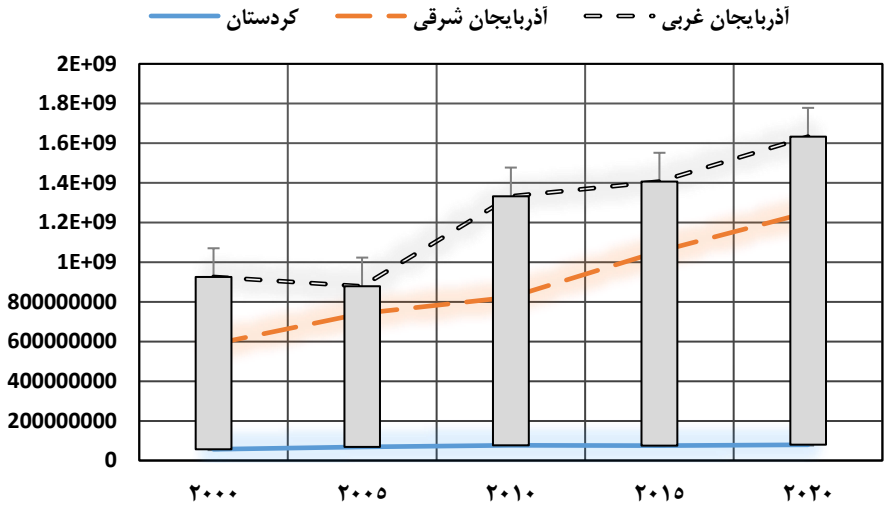
کردستان	2000	2005	2010	2015	2020
دیم	42685631.62	47427686.26	46842962.73	35400433.05	32142139.5
آبی	12823601.6	20356920.63	25680987.29	29368595.8	36554354.81
باغ	1077715.129	1313258.613	4700899.916	10463901.67	10683125.21

شکل ۷- میزان آب موردنیاز زیر حوضه استان کردستان جهت کشاورزی در بازه زمانی سال ۲۰۰۰- ۲۰۲۰

بررسی شکل ۸ نشان می‌دهد که زیر حوضه آذربایجان‌غربی بیشترین سهم از مصرف آب در بخش کشاورزی را در کل حوضه آبریز دریاچه ارومیه به خود اختصاص داده است به‌طوری‌که از ۹۰۰ میلیون مترمکعب آب موردنیاز سالانه در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۱۶۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است. محاسبات آماری منتج شده از مدل درنهایت نشان می‌دهد که میزان آب موردنیاز جهت کشاورزی در فاصله زمانی ۲۰ ساله رشدی ۰/۹۴ درصدی داشته و از ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۲۹۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است. به‌بیان‌دیگر افزایش مساحت زمین‌های زراعی و باغی در این حوضه افزایش میزان مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی را در پی دارد و همین امر سبب کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه شده است.

بر اساس 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 درنتیجه ایجاد چالش در مدیریت پایدار منابع آب می‌شود که در پژوهش‌های

به‌مانند این تحقیق، نقش این شاخص برافزایش تنش آبی تأییدشده است (Habtamu et al., 2018 و اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۸- روند تغییرات میزان آب موردنیاز کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه سال ۲۰۰۰- ۲۰۲۰

نتیجه‌گیری

نتایج کلی به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که در باغات تغییرات کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین مسائل جهان امروزی است که باعث بروز مشکلات زیادی در سیستم‌های سطح زمین شده است. یکی از مهم‌ترین آن اثر بر چرخه هیدرولوژیکی حوضه آبریز می‌باشد. دریاچه ارومیه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز ایران و جهان در سال‌های اخیر با کاهش تراز سطح آب مواجه بوده است که بررسی‌ها و مطالعات فراوان، مهم‌ترین عامل را تغییرات اقلیمی و سپس برداشت منابع آب جهت کشاورزی و شرب مطرح کرده‌اند. بررسی و مشخص نمودن میزان مصرف آب در چند سال اخیر مستلزم وجود داده‌ها و آمارهای دقیق است که به علت عدم وجود این آمار، در مطالعه حاضر سعی شده با استفاده از داده‌ها و اطلاعات سنجش‌ازدور اثر تغییرات کاربری اراضی بالأخص کاربری کشاورزی بر روند خشک شدن دریاچه ارومیه سنجیده شود. بررسی تصاویر ماهواره‌ای بازه زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۰ نشان داد که مساحت کاربری کشاورزی از ۱۴۵۰ کیلومترمربع به ۲۷۰۳ کیلومترمربع و همچنین کاربری باغ از ۳۹۵ کیلومترمربع به ۶۸۸ کیلومترمربع افزایش‌یافته است روند افزایش مساحت کاربری‌های اشاره‌شده تأثیر مستقیمی بر میزان آب موردنیاز جهت کشاورزی گذاشته است به‌طوری‌که میزان آب موردنیاز ۱۶۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۲۹۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است. با توجه به مطالعات انجام‌گرفته توسط ستاد احیای دریاچه ارومیه میانگین آب ورودی به دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۳۰ ساله ۱۳۴۰ الی ۱۳۷۰ از ۴۹۳۹ میلیون مترمکعب به ۲۴۴۰ میلیون مترمکعب در دوره ۱۳۷۰ الی ۱۳۹۰ کاهش‌یافته است که یکی از مهم‌ترین علت آن را افزایش مساحت زمین‌های کشاورزی بالأخص باغداری را دانست. افزایش مساحت باغات جدید احداث‌شده در طول ۲۰ سال و آبیاری سنتی این باغات از رواناب‌های حوضه آبریز باعث شده است که توان مصرفی این حوضه از آب رودخانه‌ها بیش از دبی جریانی بوده و در فصول گرم سال که میزان مصرف درختان نیز افزایش می‌یابد باعث می‌گردد جریان اکثر رودخانه‌ها خشک‌شده و حتی مجبور به استفاده از آب‌های زیرزمینی به‌صورت سیستم چاه شود و تعادل هیدرولوژیکی منطقه دچار اختلال کرده و علاوه برافزایش مصرف بالای آب و فشار آن بر دبی رودخانه‌ها و کاهش سطح

آب‌های زیرزمینی باعث تخریب مراتع شده که مشکلات بی‌شماری از افزایش میزان فرسایش و رسوب و سایر پیامدهای منفی ازجمله کاهش آب ورودی و کاهش سطح متوسط تراز آب دریاچه ارومیه نتیجه آن بوده است به‌طوری‌که بر اساس مطالعات صورت گرفته حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه در سال ۹۳-۹۴ نسبت به ۷۴-۷۵ تقریباً یک‌پنجم شده و از ۳۵۰۰ میلیون مترمکعب به ۷۰۰ میلیون مترمکعب رسیده است که سهم عوامل طبیعی (بارش و تبخیر) در آن کم بوده و بیشترین علت این کاهش برداشت‌های بی‌رویه منابع آب سطحی و زیرزمینی جهت کشاورزی بوده است (دسترنج و همکاران، ۱۳۹۷)؛ بنابراین می‌توان گفت که تغییر کاربری اراضی بالأخص تغییر مساحت کاربری اراضی کشاورزی و نوع کشت باعث کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه شده است. تسریع روند کاهش تراز آب دریاچه ارومیه و خشک شدن آن عواقب ملی و بین‌المللی فراوانی دارد، لذا برگشت تراز اکولوژیکی این دریاچه امری اجتناب‌ناپذیر است، بر اساس هدف پژوهش، مهم‌ترین پیشنهادها جهت کاهش میزان مصرف منابع آب و افزایش تراز آبی دریاچه ارومیه عبارت‌اند از:

-راه‌حل سنتی برای مقابله با مشکل کم‌آبی بالأخص در حوضه شرقی دریاچه ارومیه، عبارت است از سیاست‌هایی که تغییرات ساختاری، انتقال و تخصیص مجدد آب را میان مصارف و مناطق مختلف تسهیل نماید.

-فزایش کارایی مصرف آب: اصلاح ژنتیکی گیاهان، استفاده از بازدارنده‌های تعرق

-قیمت‌گذاری آب به‌عنوان یک کالا و تعیین و اعمال ارزش واقعی آب

-افزایش راندمان آبیاری و استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری مانند قطره‌ای و بارانی، بالأخص در حوضه غربی دریاچه ارومیه.

-بهره‌گیری از فناوری‌هایی که به افزایش بهره‌وری آب در مزرعه یا باغ می‌انجامد. یکی از فناوری های خوب در این زمینه استفاده از اینترنت اشیا است. منظور ایجاد مزرعه هوشمند متصل به اینترنت که بتواند اطلاعات دقیق و راهکار های مفید برای بهره‌برداری را افزایش دهد

منابع

اصغری سراسکانرود، ص.، حسن‌زاده، ر؛ و میری آتشگاه، ز. ۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز علی‌آباد چای هوراند و ارزیابی اثرات آن بر روند مصرف آب در باغات میوه، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، ۱۹: ۳۷-۵۶.

اسدی زارچ، م ا.، جم نژاد، ف.، اختصاصی، م. و حسینی، س. ز. ۱۳۹۹. تأثیر خشک‌سالی و تغییرات کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت داراب، فصلنامه مهندسی اکوسیستم بیابان، ۹ (۲۸): ۱۰۲-۸۹.

تقافیان، ب.، فرازجو، ح.، سپهری، ع. و نجفی نژاد، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز سد گلستان، تحقیقات منابع آب ایران، ۲(۱): ۲۸-۱۸.

دسترنج، ح.، توکلی، ف. و سلطان‌پور، ع. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات سطحی و حجمی آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتفاع سنجی ماهواره‌ای، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، ۷ (۱۰۷): ۱۶۳-۱۴۹.

رجایی، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ماهینی، ع.، دلاور، م. و مساح بوانی، ع ر. ۱۳۹۹. ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز رودخانه تجن با تکیه‌بر سنجه‌های سیمای سرزمین، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست. ۹۲: ۳۶۶- ۳۵۱.

علیزاده، ا. ۱۳۸۰. نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی ایران (NETWAT). پروژه بهینه‌سازی الگوی مصرف آب کشاورزی ایران، سازمان هواشناسی کشور و وزارت جهاد کشاورزی.

Ang, KH. 2017. Land Use Land Cover Changes in Detection of Water Aquality:A Study Based on Remote Sensing and Multivariate Statistics, Hindawi Journal of Environmental and Public Health. 7515130:1-12.

Barhagh, S.E., Zarghami, M., Alizade Govarchin Ghale, Y. and Shahbazbegian, M.R. 2021. System dynamics to assess the effectiveness of restoration scenarios for the Urmia Lake: A prey-predator approach for the human-environment uncertain interactions, Journal of Hydrology. 593: 125891

Mirzaei, A., Saghafian, B., Mirchi, A. and Madani, K. 2019.The Groundwater-Energy-Food Nexus in Iran's Agricultural Sector: Implications for Water Security, Journal of water. 11(9): 1-15.

Nathan, E.O. and Liuzzo, L. 2019. Impact of land use on water resources via a Gaussian process emulator with dimension reduction, Journal of Hydroinformatics. 21 (3): 411–426.

Nedjai, R., Nghiem, V. T., Do, T. P. T. and Nasredine, M. N. 2016. The impact of land use and climate change in the centre region of France on the physico-chemical status of aquatic systems. International Journal of Spatial, Temporal and Multimedia Information Systems. 1 (1): 102-117.

Notter, B., Hurni, H., Wiesmann, U. and Abbaspour, K. C. 2012. Modelling water provision as an ecosystem service in a large East African river basin. Hydrology and Earth System Sciences. 16(1): 69-86. doi: 10.5194/hess-16-69-2012

Ortegón, Y.A.C., Acosta-Prado, J.C. and Acosta Castellanos, P.M. 2022. Impact of Land Cover Changes on the Availability of Water Resources in the Regional Natural Park Serranía de Las Quinchas. Sustainability. 14(6):3237. https://doi.org/10.3390/su1406323

Rong, K., Li, X., Yang, Q. 2022. Influence of Land Use Change on Green and Blue Water Resources in Xixi Basin of Southeast China during 1970s–2018. Water Resources, 49(3): 378-390. https://doi.org/10.1134/S0097807822030071

Seyed Hamidreza, S., Sharifi Moghadama, E., Delavarb, M. and Zarghami, M. 2020. Application of water-energy-food nexus approach for designating optimal agricultural management pattern at a watershed scale, Agricultural Water Management. 233: 106071.

Shirmohammadi, B., Malekian, A., Salajegheh, A. and Taheri, B., Azarnivand H, Malek Z, Verburgcd PH. 2020. Scenario analysis for integrated water resources management under future land use change in the Urmia Lake region, Iran, Land use policy journal. 90:104299.

Shrestha, S. and Htut, A.Y. 2016. Land use and climate change impacts on the hydrology of the

Dylan, S.A., Richard, W.S., Randy, A.D, Michael, A., Joshua, J. and Kenneth, W.T. 2005. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California, Journal of Hydrology. 313(3): 234-247.

Habtamu, T., Casper, I. M., Joel, O.B., Abubeker, H., Ayana, A. and Yared, M. 2018. Evaluation of land use land cover changes using remote sensing Landsat images and pastoralists' perceptions on range cover changes in Borana rangelands, Southern Ethiopia, International Journal of Biodiversity and Conservation. 10(1):1-11. DOI: 10.5897/IJBC2017.1123, pp.1-11

Hesami, A. and Amini, A. 2016. Changes in irrigated land and agricultural water use in the Lake Urmia basin. Lake and Reservoir Management. 32(3): 288–296.

Hu, X. and Weng, Q. 2009. Estimating impervious surfaces from medium spatial resolution imagery using the self-organizing map and multi-layer Perceptron Neural Networks. Remote Sensing of Environment. 113(10): 2089–2102.

Jog, S. and Dixit, M. 2016. Supervised classification of satellite images, Conference on Advances in Signal Processing (CASP). 10.1109/CASP.2016.7746144

Karlsson, I. B., Sonnenborg, T. O, Refsgaard, J. C, Trolle, D., Børgesen, C. D., Olesen, J. E. and Jensen, K. H. 2016. Combined effects of climate models, hydrological model structures and land use scenarios on hydrological impacts of climate change. Journal of Hydrology. 535: 301-317. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.069

Kim, J., Choi, J., Choi, C. and Park, S. 2013. Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin, Korea. Science of the Total Environment, 452: 181-195. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.005

Bago River Basin, Myanmar. Environmental Modeling & Assessment. 21: 819-833. doi:10.1007/s10666-016-9511-9.

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

Zubeyri, M. and Majd, A. 2013. Introduction to Remote Sensing Technique and Application in Natural Resources. Tehran: University of Tehran Publications.

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 1 Spring and Summer 2023, 49-64

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار و تابستان۱۴۰۲، ص. ۶۴-۴۹

THE Effects of Land-Use Changes and Cultivation Type on The Volume of Water Entering Lake of Urmia

H. Golmohammadi[1]*, K. Roushangar[2] and M.T. Aalami[2]

Abstract

The current condition of Urmia Lake is the result of unbalanced and unstable development in its basin and excessive harvesting of the renewable water resources of the basin, especially in the last two decades. The aim of this study is to measure the impact of agricultural land-use change on the process of reducing the water leve`l of Urmia Lake and accelerate its drying process. The data used in this research include Landsat satellite images in the period of 2000 - 2020 and statistics and information from the water sources entering Lake Urmia, which were classified and verified by the SVM, Kappa Coefficient algorithms in ENVI5.3 software, and then the amount of the user changes is specified using Arc-GIS software. Finally, after determining the amount of land use changes, the amount of water required for each type of crop was calculated by NETWAT software based on the type of plain and the water requirements of the plants in that city. The results of the analysis of satellite images show that in the time frame of the research, the process of changing the cultivation pattern from arable agriculture to horticulture was very fast, so that the surface area of orchards increased from 395 square kilometers in 2000 to 688 square kilometers in 2020. Also, the outputs of NETWAT show that due to the changes in the area of agricultural land use and the changes in the cultivation pattern, the amount of water needed by the agricultural sector in a 20-year period has grown almost twofold, from 1600 million cubic meters in 2000 to 2900 million cubic meters in 2020. The increase in consumption has caused the removal of the surface flow of rivers and the lowering of the underground water level in the catchment area of Urmia Lake, which is the main reason for the decrease in the volume of water entering Urmia Lake. Accordingly, the most important suggestion to solve the mentioned crisis is to train the new and optimal cultivation methods considering the water resources of this catchment area.

Keywords: Cultivation pattern change, Land use change, Urmia Lake catchment area, Support vector machine

[1] PhD in Water Engineering and Hydrological Structures, University of Tabriz, Tabriz, Iran (* Corresponding Author Email: Hassangm27326@gmail.com)
[2] Professor, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Received: 12 April 2022
Accepted: 9 Oct 2022