محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۳، صفحهٔ ۶۴۳-۶۳۱

ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تأکید بر آثار محیط‌زیستی

فاطمه جهانی‌شکیب[۱]، بهرام ملک‌محمدی*[۲]، احمدرضا یاوری[۳]، یونس شریفی[٤]، فاطمه عادلی[۵]

۱. دانشجوی دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشکدهٔ شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه گرگان f.jahani.sh@ut.ac.ir

۲. استادیار گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران malekb@ut.ac.ir

۳. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ayavari@ut.ac.ir

٤. دانشجوی‌ارشد RS و GIS، دانشگاه خوارزمی تهران yones.sharifi91@gmail.com

۵. دانشجوی ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران fatemeh_adeli67@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۳/۳

چکیده

تغییر کاربری زمین و اقلیم از جمله نگرانی‌های اصلی محیط‌زیست جهانی به شمار می‌رود. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی فرایندی است که به ایجاد درک صحیحی از نحوهٔ تعامل انسان و محیط‌زیست منجر می‌شود. بین تغییر اقلیم و پوشش زمین ارتباط متقابل و پیچیده‌ای وجود دارد. تغییرات پوشش و کاربری زمین در اقلیم و بیوسفر جهانی آثار تجمعی و مستقیمی دارند. این مسئله در خصوص مناطق حساس و به خصوص تالاب‌ها به علت وابستگی عملکردهای هیدرولوژیکی و بیوژئولوژیکی آن‌ها به جریانات سطحی و زیرزمینی و موقعیت آن‌ها در سیمای سرزمین از اهمیت بیشتری برخوردار است. در این تحقیق تغییرات کاربری اراضی در سیمای سرزمین تالاب چغاخور در خصوص پارامترهای تغییر اقلیم به منظور تحلیل فشارهایی که به محیط وارد می‌شوند، بررسی شده است. به منظور شناسایی روند تغییرات در سیمای سرزمین تالاب چغاخور از تصاویر ماهوارهٔ لندست در یک دورهٔ ده ساله استفاده شد. در طبقه‌بندی تصاویر از روش نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. نتایج ضریب کاپا نشان‌دهندهٔ دقت طبقه‌بندی در تصاویر سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ به ترتیب ۶۴ و ۶۸ درصد است. پردازش اطلاعات در این دورهٔ زمانی حاکی از افزایش سطح اراضی زراعی و ساخته‌شده به میزان ۱۸ و ۲۶/۳ درصد و کاهش سطح آب، مرتع- جنگل و اراضی بایر به ترتیب به میزان ۵۱/۴، ۴/۲ و ۲ درصد در سیمای سرزمین پیرامون تالاب چغاخور است. همچنین، با بررسی شاخص بارش استاندارد، روند تغییر اقلیم در محدودهٔ مطالعه بررسی شد. تحلیل همزمان تغییر کاربری و اقلیم با توجه به خشکسالی طولانی‌مدت نشان‌دهندهٔ تحمیل فشارهای زیاد و ایجاد آثار تجمعی در محیط‌زیست منطقه است. در صورت ادامهٔ روند تحولات نامطلوب تغییر کاربری، تالاب چغاخور با خطر جبران‌ناپذیری مواجه می‌شود. در انتهای این مقاله راهبردهایی برای کاهش آثار محیط‌زیستی و خسارات خشکسالی در محدودهٔ مورد مطالعه ارائه شده است.

کلیدواژه

تغییر کاربری زمین، تغییر اقلیم، تالاب چغاخور، سنجش از دور، فشارهای محیطی.

* نویسنده مسئول: ۰۲۱۶۱۱۱۳۱۸۵ Email: malekb@ut.ac.ir

۱. سرآغاز

از میان نگرانی‌ها در زمینهٔ تغییرات محیط‌زیست جهانی، مسائل مربوط به تغییر کاربری طی زمان به طور فزاینده‌ای مهم شناخته شده‌اند. تغییر کاربری واژه‌ای توصیف‌کننده از آثار انسانی است (Meyer and Turner, 1994). تغییرات کاربری و پوشش زمین[1]، از مهم‌ترین مشکلات تغییرات محیط‌زیستی در سطوح جهانی تا محلی‌اند. الگوهای تغییر کاربری حاصل تغییرات پوشش زمین‌اند که در اقلیم و بیوسفر جهانی اثر تجمعی دارند (Riebsame et al., 1994; Lambin and Geist, 2006). تغییرات پوشش و کاربری زمین آثار مستقیمی در تغییرات اقلیمی دارند همچنین، بین تغییر اقلیم و تغییر پوشش زمین ارتباط متقابل و پیچیده‌ای وجود دارد (Dale, 1997). از طرفی، عوامل انسانی مانند کاربری زمین، اقلیم را تغییر می‌دهند (Feddema et al., 2005). هم‌اکنون تغییر اقلیم به طور گسترده به‌منزلهٔ مشکل جهانی که دارای آثار نامطلوب در محیط طبیعی و انسان‌ساخت است شناخته شده است (IPCC, 2007).

الگوهای مکانی کاربری‌ها از یک‌سو و استفاده‌نکردن منطقی از سرزمین طی زمان از سوی دیگر به تغییرات محیطی منجر شده است. در موارد بسیاری تصاویر ماهواره‌ای یا هوایی اطلاعات مهمی را برای برآورد تغییرات مساحت کاربری‌ها فراهم می‌کنند. چنین کاربردی از تصاویر ماهواره‌ای گاهی تنها گزینهٔ عملی برای کسب اطلاعات است. برای مثال، در مواردی که اطلاعات مناسب دربارهٔ گذشتهٔ زمین در بازه‌های زمانی وجود ندارد یا مکان‌هایی که دسترسی به آن‌ها مشکل است، استفاده از این تصاویر بسیار سودمند است (Gallego, 2004).

ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین فرایندی است که به ایجاد درک صحیحی از نحوهٔ تعامل انسان و محیط‌زیست منجر می‌شود. تهیهٔ نقشه‌های کاربری و پوشش زمین به منظور اطلاع از کاربری‌ها و برنامه‌ریزی در جهت کاربری‌های دلخواه از جمله اقدامات اساسی برای استفادهٔ بهینه از منابع زمین است. این مسئله در خصوص مناطق حساس و به خصوص تالاب‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است (Lambin and Geist, 2006). تالاب‌ها نظام‌های حیات‌بخشی به شمار می‌روند که مطلقاً جایگزینی ندارند. عملکردهای هیدرولوژیکی و بیوژئولوژیکی بسیاری از تالاب‌ها به جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی اکوسیستم‌های اطراف و موقعیت آن در سیمای سرزمین وابسته است. بنابراین، توسعه و تغییرات در اکوسیستم‌های مجاور، به خصوص تغییر در جریان آب می‌تواند موجب تخریب و حتی از بین بردن تالاب شود. تعیین مرز برای تالاب‌ها و توسعهٔ مناطق تا مجاورت آن‌ها، نشان می‌دهد که تالاب‌ها بدون هیچ ارتباط و اتصالی با سایر اکوسیستم‌های مجاور در سطح سیمای سرزمین دیده شده‌اند و سودمندی عملکردها و ارزش‌های تالاب در خارج از مرز و حتی فراتر از اکوسیستم‌های مجاور نادیده گرفته شده است (Richardson, 1994). از این رو، شناخت تغییرات سیمای سرزمین تالاب‌ها طی زمان در ارتباط با تغییر اقلیم منطقه برای ارائهٔ راهبردهای مدیریتی ضروری است.

از روش‌های سنجش از دور به منظور پیگیری آثار وقایع و فرایندهای تغییر اقلیم، خشکسالی و آثار آن‌ها، تغییرات خط ساحلی رودها و آثار آن، تغییر پوشش‌های گیاهی دلتای رودخانه‌ها، تغییرات مناطق حفاظت‌شده و موارد بسیار دیگری استفاده شده است (Crabtree et al., 2009). مرور تحقیقات گذشته نشان می‌دهد، موارد مشابه در ارتباط با بررسی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سایر نقاط دنیا صورت گرفته است. برای مثال، به منظور درک بهتر آثار تغییر اقلیم و آثار ناشی از تغییرات اخیر در کاربری و پوشش زمین حوزهٔ بالادست رودخانهٔ زرد چین، با مدل تغییر ظرفیت نفوذ[3] تغییرات رژیم هیدرولوژیکی بررسی شده است. در این بررسی بازتاب آثار در تغییر رژیم جریان رودخانه و کاهش رطوبت مشاهده شده است. همچنین، نتایج شبیه‌سازی حاکی از

تغییرات بارش و تبخیر- تعرق ناشی از آثار ترکیبی در منطقه است و فعالیت‌های شدید انسانی اثر مهمی در ذوب برف‌ها داشته‌اند (Cuo et al., 2013). در شرق سودان نیز اثر تغییر اقلیم و کاربری زمین در مسیرهای کوچ دام با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه بررسی شده است. تجزیه و تحلیل داده‌های دمایی و شاخص خشکی طی ۴۰ سال نشان از افزایش بارش و گرمای بی‌سابقه بود که به فرسایش خاک منجر می‌شود (Sulieman and Elagib, 2012). در مطالعهٔ انجام‌شده در یکی از مناطق چین ارتباط بین گرم‌شدن اقلیمی و تغییر کاربری زمین ناشی از افزایش برنج‌کاری در مناطق خشک، باتلاق‌ها و علفزارها بررسی شده است. تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوایی، گرم‌شدن دو درجهٔ سانتی‌گرادی را در بیشتر مکان‌ها طی ۴۰ سال اخیر نشان داده، به طوری که به لحاظ مکانی افزایش مزارع برنج با توزیع مکانی افزایش دما با هم قابل انطباق بوده است (Gao and Liu, 2011). تشخیص تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور به منظور بررسی تغییرات فعالیت‌های توریسم، کشاورزی و پوشش‌های جنگلی در منطقهٔ توریستی «کمر» ترکیه انجام شده است (Onur et al., 2009). همچنین، نقشهٔ تغییرات کاربری و پوشش زمین در مناطق ساحلی شمال‌غربی مصر با استفاده از سنجش از دور، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تصاویر لندست سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ با اعمال الگوریتم حداکثر احتمال تهیه شده است (Shalabye and Tateishi, 2007). در سال ۲۰۰۱ در مرکز سنجش از دور کانادا روش ساختارمندی برای تولید نقشه‌های کاربری زمین از نقشه‌های پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور ایجاد شد که اطلاعات فراهم‌شده از آن در سطوح کلان برای مطالعات محیط‌زیستی به خصوص تغییرات جهانی استفاده می‌شد (Cihlar and Jansen, 2001). تحقیق دیگری دربارهٔ آثار تغییر کاربری و پوشش زمین ناشی از شهرسازی بر میکروکلیما و هیدرولوژی، در چستر پنسیلوانیا انجام شده است. در این تحقیق متغیرهای میکروکلیمایی نظیر پوشش گیاهی، رطوبت و دما به کمک تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی استخراج شدند. علاوه بر این، کاهش سطوح نفوذناپذیر و رواناب‌های شهری از تصاویر لندست به دست آورده شده بودند. به کمک این اطلاعات و تحلیل‌های آماری نشان دادند که چگونه پارامترهای اقلیمی به شهری‌شدن پاسخ می‌دهند (Carlson and Traci Arthur, 2000).

از دیگر موارد مشابه در ایران تحقیق رحیمی و همکاران (۱۳۹۱) دربارهٔ تغییرات پدیده‌های محیط‌زیستی تالاب بین‌المللی شادگان است که با کمک تصاویر ماهوارهٔ لندست، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم شباهت در یک دورهٔ زمانی ۲۰ ساله انجام شده است. آن‌ها با بررسی سیر تحولات ناخوشایند تالاب شادگان و ادامهٔ آن روند، خطر جبران‌ناپذیر موجودیت و یکپارچگی تالاب را هشدار دادند. رفیعی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر چندزمانهٔ سنجندهٔ TM تغییرات محیط‌زیستی تالاب نی‌ریز را بررسی کردند. آن‌ها به منظور یافتن مقدار و علت تغییرات در این تالاب طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ از روش‌های سنجش از دور در پردازش تصاویر ماهوارهٔ لندست استفاده کردند. نتایج طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال، نشان‌دهندهٔ دقت کلی بالایی بوده است. شهاوندی (۱۳۸۹) ارزیابی تغییرات ساختاری سیمای سرزمین تالاب هورالعظیم و نیرومحرکه‌های آن را در دورهٔ زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۴ میلادی، در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خود مطالعه کرده است. او کلاس‌های پوشش اراضی را به تفکیک تیپ آب و تیپ اختلالی پهنه‌بندی و متریک‌های سیمای سرزمین را در آن پهنه‌ها تجزیه و تحلیل کرده است.

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد تاکنون پژوهش‌های مختلفی در زمینهٔ بررسی تغییرات محیط‌زیستی با استفاده از سنجش از دور انجام شده است؛ اما تحقیق علمی و جامعی در منطقهٔ مطالعاتی این مقاله

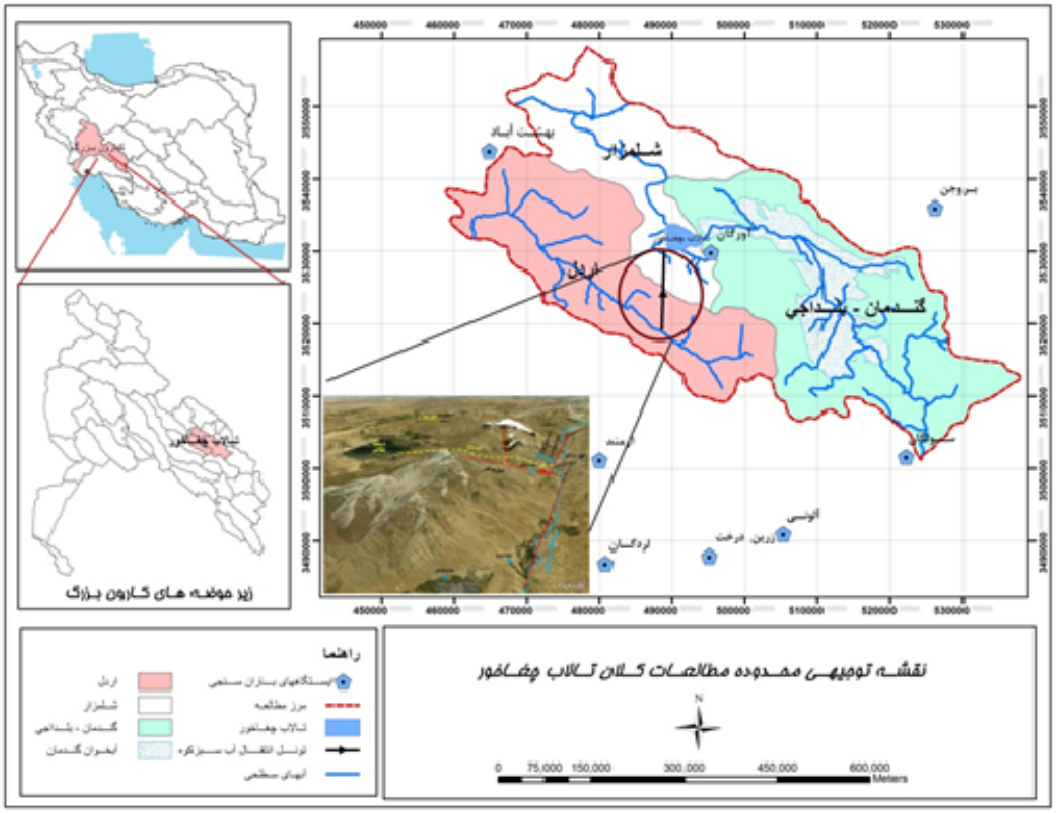
(تالاب چغاخور) با توجه به تغییرات عناصر اقلیمی و تأثیرشان در محیط‌زیست منطقه انجام نشده است. در این تحقیق با رویکرد نوینی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات کاربری زمین در سیمای سرزمین تالاب چغاخور، در دورهٔ ده ساله در ارتباط با پارامترهای تغییر اقلیم منطقه بررسی می‌شوند. بر این اساس به تحلیل فشارهای وارده به محیط‌زیست منطقه می‌پردازند. سپس، راه‌حل‌های مناسبی برای کاهش آثار محیط‌زیستی منطقهٔ مورد مطالعه ارائه شده است.

۲. مشخصات منطقهٔ مورد مطالعه (تالاب چغاخور)

منطقهٔ مورد مطالعه در منطقهٔ زاگرس مرکزی، حوضهٔ آبریز خلیج‌فارس و حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ کارون واقع شده است. تالاب چغاخور که از اجزای ساختاری مهم در سیمای سرزمین طبیعی منطقه محسوب می‌شود، در استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان بروجن و بخش بلداجی قرار دارد (شکل ۱). این تالاب بین عرض‌های ″۱۷ ′۵۴ °۳۱ و ″۳۱ ′۵۶ °۳۱ عرض شمالی و ″۴۰ ′۵۲ °۵۰ تا ″۱۴ ′۵۶ °۵۰ طول شرقی و با ارتفاع حدود ۲۲۷۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. تالاب چغاخور با مساحت ۱۶۰۰ هکتار در منطقهٔ شمالی کوه‌های زاگرس با منابع آب شیرین قرار گرفته است. این تالاب در منطقهٔ آزاد (حفاظت‌نشده) و شکار ممنوع قرار دارد که مساحت منطقهٔ پیشنهادی برای پناهگاه ۲۵۰۰ هکتار است (بهروزی‌راد، ۱۳۸۷). این تالاب در سال ۲۰۱۰ به لیست تالاب‌های کنوانسیون رامسر پیوسته است. تالاب چغاخور از نظر جغرافیای گیاهی ایران در بخش کوهستانی منطقهٔ رویشی ایران و تورانی واقع شده و پوشش گیاهی طبیعی دامنه‌ها و تپه‌ماهورهای اطراف آن، منطبق با ویژگی‌های ادافیکی (خاکی) محل و اقلیمی این منطقهٔ رویشی است (باقری، ۱۳۷۹).

در شکل ۱ مرز محدودهٔ مورد مطالعه به کمک رهیافت سیستمی[۴] و با استفاده از نقشهٔ زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی سازمان جنگل‌ها و مراتع که هر کدام به نوعی در تالاب اثرگذار بودند، شناسایی شدند. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، محدودهٔ مورد مطالعه شامل زیرحوضه‌های شلمزار، اردل و گندمان- بلداجی است. زیرحوضهٔ اردل به علت اینکه در آن پروژهٔ انتقال آب مطرح است به‌منزلهٔ منبع و منشأ فرایندها در نظر گرفته شده است. در زیرحوضهٔ شلمراز، تالاب چغاخور واقع است و مجرای انتقال آب برای تأمین آب دشت بروجن در پایین‌دست است. زیرحوضهٔ گندمان- بلداجی به علت جای‌دادن سفرهٔ آب زیرزمینی (آبخوان گندمان- بلداجی) نقش مقصد و محل ذخیره را ایفا می‌کند. تمامی آب در این حوضه باقی نمی‌ماند و به پایین‌دست خود منتقل می‌شود؛ اما به علت حضور آبخوان گندمان- بلداجی و تغذیهٔ لایه‌های آبدار از طریق آب انتقالی، این حوضه را می‌توان مقصد میانی در نظر گرفت. مطالعات طرح انتقال آب از حوزهٔ رودخانهٔ سبزکوه به دریاچهٔ سد چغاخور با هدف تأمین آب مجتمع صنایع پتروشیمی، افزایش سطح زیرکشت و تولیدات کشاورزی، تأمین آب شرب بروجن، اشتغال‌زایی و پیشگیری از مهاجرت بی‌رویه از سال ۱۳۷۶ شروع شده و اجرای آن هم‌اکنون در مراحل پایانی است (مهندسین مشاور مهاب قدس، ۱۳۸۶).

در این منطقه بارندگی‌ها عمدتاً به صورت برف نازل می‌شوند. پوشش برفی که در زمستان و اوایل بهار تشکیل می‌شود تا مدت‌ها در ارتفاعات باقی می‌ماند. آب‌های ناشی از ذوب برف درون لایه‌های آهکی و مارنی فوقانی حوضه نفوذ می‌کنند و به صورت چشمه‌های متعدد در قسمت‌های پایین‌دست ظاهر و به سمت آبگیر سرازیر می‌شوند. در حوزهٔ تالاب چغاخور تعداد زیادی چشمه وجود دارد که طی سال دائمی‌اند و به مصارف کشاورزی می‌رسند و مابقی به تالاب سرازیر می‌شوند. این چشمه‌ها از نظر آبدهی، بستگی زیادی به میزان بارندگی‌ها دارند و در سالی که میزان نزولات جوی خصوصاً برف بیشتر باشد؛ میزان آبدهی این‌ها نیز زیادتر می‌شود (جهانی‌شکیب، ۱۳۹۲).



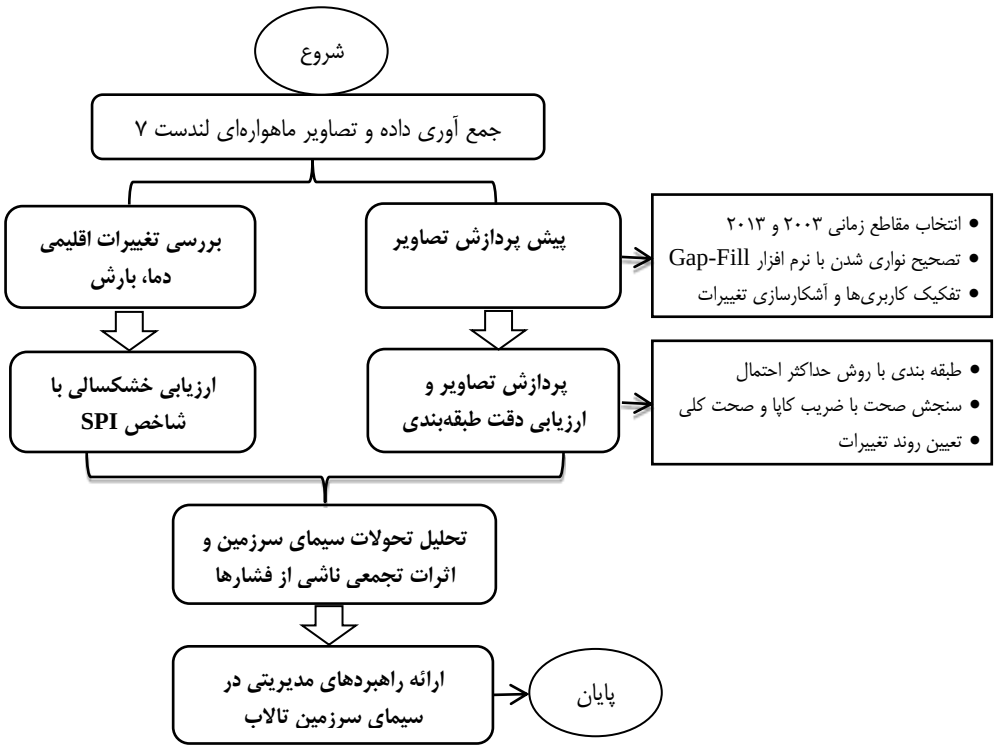
شکل ۱. موقعیت تالاب چغاخور در حوضه و محدودهٔ مطالعات سیمای سرزمین

۳. مواد و روش‌ها

روش و ابزار استفاده‌شده در این تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است. مطابق این شکل، ابتدا تصاویر و داده‌های اقلیمی مورد نیاز تهیه و پردازش تصاویر چندزمانه انجام شد. همچنین، روند پارامترهای اقلیمی نظیر دما، بارش و خشکسالی بررسی شد. با بررسی همزمان روند تغییر کاربری و اقلیم در منطقه، تحولات سیمای سرزمین و آثار تجمعی ناشی از فشارها تحلیل شدند. در نهایت با توجه به آثار محیط‌زیستی راهبردهایی به منظور کاهش خسارات ارائه شدند.

در این پژوهش از تصاویر ماهوارهٔ لندست هفت+ETM با تقارن زمانی مناسب، برای بررسی تغییرات از دو تاریخ ۲۴ می ۲۰۰۳ و ۱۹ می ۲۰۱۳، گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۸ استفاده شده است. از تاریخ ۳۱ می ۲۰۰۳ تصحیح‌کنندهٔ خط اسکن[۵] ماهواره از کار افتاد و سبب حرکت آینهٔ اسکن‌کنندهٔ سنجنده به صورت پیاپی به جلو و عقب هنگام أخذ تصویر شد، در نتیجه سبب تولید نوارهای اسکن‌شدهٔ موازی از صحنه شد (مباشری، ۱۳۸۶).

این نقص موجب ایجاد گپ در تصاویر از حدود یک پیکسل در مرکز تصویر تا ۱۲ پیکسل در لبه‌ها شده است. بنابراین، وب‌سایت زمین‌شناسی امریکا و سازمان فضایی تصاویری را که از آن تاریخ به بعد ارائه می‌دهد به نام SLC off و دارای خطای نواری‌شدن است. به منظور بهبود تصاویر ماهوارهٔ لندست هفت +ETM پس از مکانیزم شکست‌خوردهٔ سنسور اصلاح خط اسکن از طریق پرکردن شکاف‌ها، نرم‌افزار ارائه‌شده از سوی سازمان زمین‌شناسی و سازمان فضایی امریکا با نام Gap-Fill که برای میان‌یابی پیکسل‌های فاقد ارزش در گپ‌ها از تصاویر مشابه و میانگین پیکسل‌های مجاور استفاده می‌کند، به‌کار گرفته شد. تصاویر باندهای مختلف هر دو مقطع زمانی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و انتخاب نقاط نمونهٔ مشخص از قبیل راه‌ها و مکان‌های مشخص با پراکندگی مناسب تصحیح هندسی شدند.



شکل ۲. مراحل، روش و ابزار استفاده‌شده در پژوهش

سپس، به کمک ترکیب باندهای ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ تصاویر رنگی کاذب برای شناسایی کاربری‌های مختلف ساخته شدند. با توجه به نقشهٔ کاربری اراضی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان جنگل‌ها و مراتع و تصویر IRS، نقاط تعلیمی برداشت شدند و از تعدادی پیکسل معلوم برای مشخص‌کردن هر کلاس استفاده و در نهایت نقشهٔ کاربری زمین تهیه شد. سپس، از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده[۶] و حداکثر احتمال[۷] استفاده شد. در مرحلهٔ اول این روش بر اساس نمونه‌های تعلیمی طبقات، میانگین و جدول کواریانس برای باندهای استفاده‌شده در طبقه‌بندی محاسبه می‌شود. در مرحلهٔ دوم، میزان احتمال تعلق پیکسل‌ها به هر یک از طبقه‌ها محاسبه می‌شود و بر اساس بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیکسل‌ها به طبقات مختلف صورت می‌گیرد. به منظور سنجش دقت طبقه‌بندی انجام‌شده، آستانهٔ مشخصی از احتمال درستی طبقه‌بندی در نظر گرفته و با نمونه‌گیری تصادفی در محیط نرم‌افزار ENVI 4.7 صحت طبقه‌بندی با ضریب کاپا[۸] و صحت کلی[۹] سنجیده شد. به منظور بررسی عوامل مؤثر در تغییر اقلیم، از داده‌های هواشناسی سی سال اخیر استفاده شد. ایستگاه باران‌سنجی آورگان درون محدودهٔ مطالعه است، اما برای بررسی جامع‌تر از اطلاعات ایستگاه‌های سولگان، بهشت‌آباد، بروجن، لردگان و ارمند که نزدیک محدودهٔ مورد مطالعه‌اند استفاده شده است (موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ مشخص‌اند).

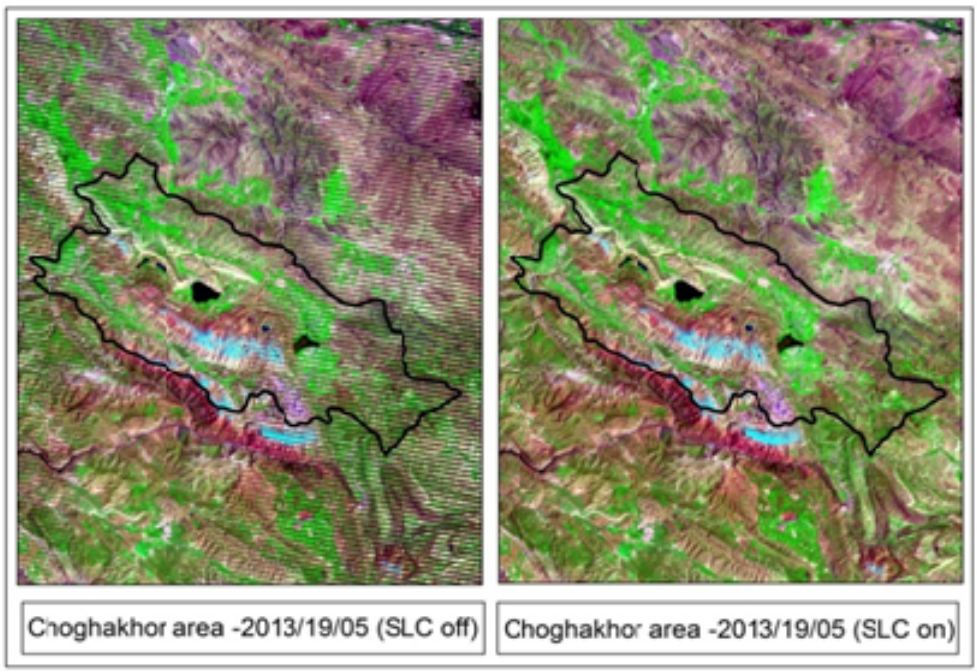
وضعیت اقلیمی منطقهٔ چغاخور نیز بر اساس روش‌های مختلف تقسیم‌بندی مورد توجه قرار گرفت. سپس، عامل خشکسالی به‌منزلهٔ یکی از مصادیق تغییر اقلیم بررسی شد. به منظور مشخصه‌سازی مقادیر خشکسالی در منطقهٔ مورد مطالعه شاخص بارش استاندارد (SPI)[۱۰] انتخاب شد. این شاخص توانایی تعیین کمبود بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی، پیش‌بینی خشکسالی و تخمین شدت آن را دارد. خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که شاخص بارش استاندارد منفی تداوم داشته باشد و وقوع آن زمانی شدید است که شاخص بارش استاندارد ۱- یا کمتر باشد و در صورتی که

SPI مثبت شود رخداد خشکسالی به پایان خواهد رسید. سپس، با در نظر گرفتن نتایج تغییرات روند عناصر اقلیمی همچون مقدار متوسط بارش و دمای سالیانه به تحلیل تحولات و فشارهای محیطی پرداخته شده است. در نهایت به منظور کاهش آثار محیط‌زیستی ناشی از تغییر کاربری زمین و تغییر اقلیم بر سیمای سرزمین تالاب و محیط‌زیست پیرامون آن راهبردهای مدیریتی ارائه شد.

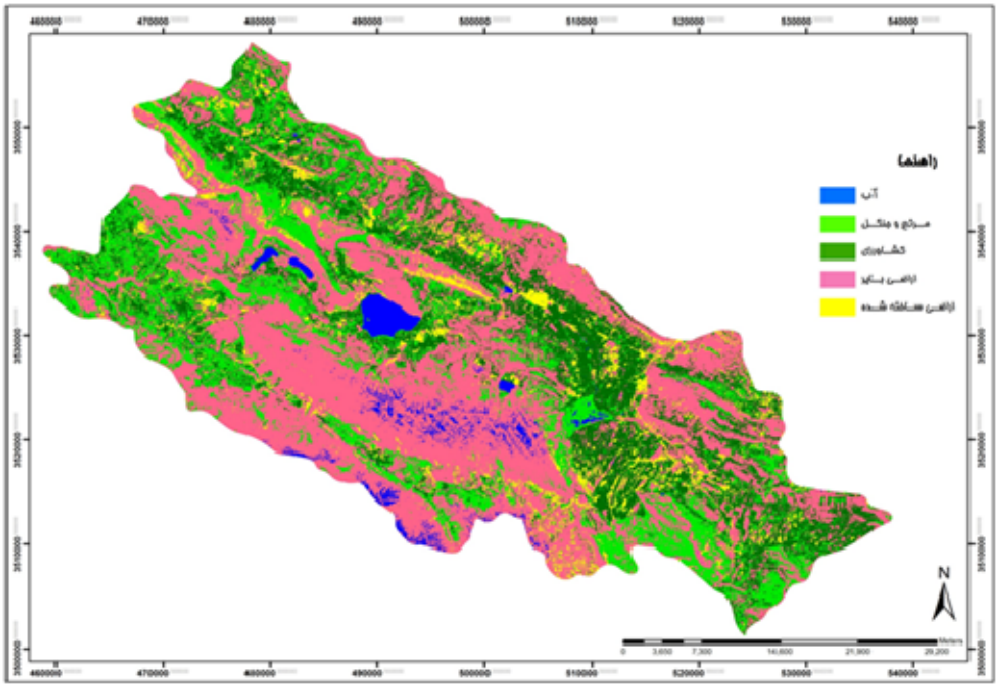
۴. نتایج

در این تحقیق خطای نواری‌شدن تصویر سال ۲۰۱۳ با استفاده از نرم‌افزار Gap-Fill با الگوریتم مربوطه مطابق شکل ۳ رفع شده است.

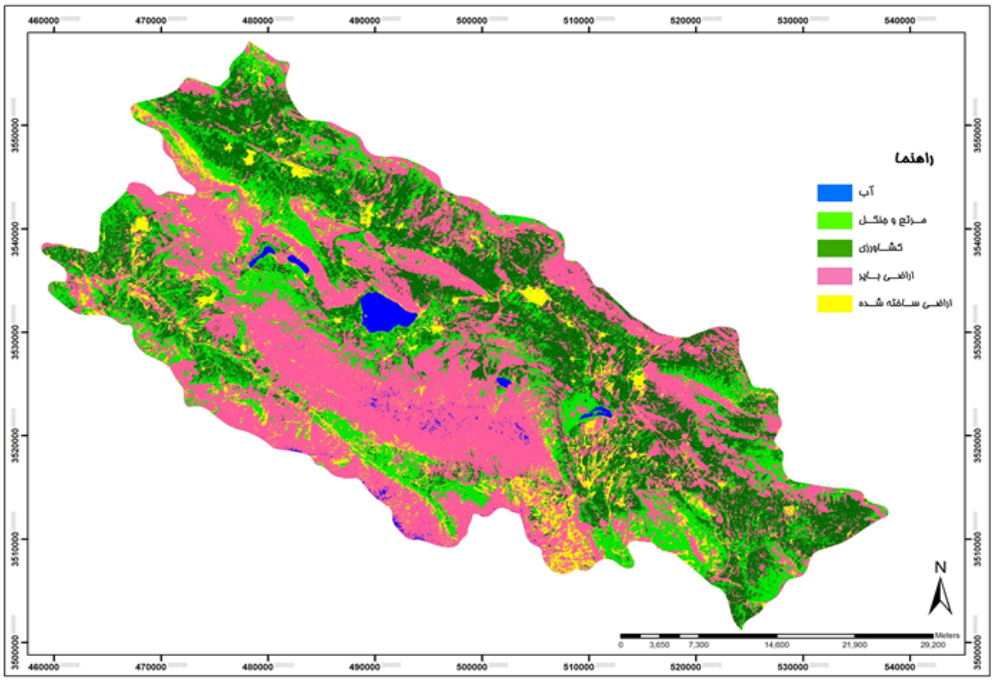
ملاحظه می‌شود که در مرکز تصاویر این سنجنده خطایی وجود ندارد، هرچه به کناره‌های تصویر پیش می‌رود خرابی اسکن‌کنندهٔ خطی فاصله‌های بیشتری را در تصویر به وجود آورده است. خوشبختانه محدودهٔ تالاب نیز در مرکز تصویر قرار گرفته، بنابراین، بهره‌وری کافی از تصاویر سنجندهٔ +ETM با اطمینان و دقت خوبی انجام شده است. تصاویر سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ به منظور شناسایی تغییرات کاربری و پوشش زمین پردازش شدند. ابتدا محدودهٔ مطالعه در ۱۰ کلاس مجزا طبقه‌بندی شدند. سپس، بر اساس تشابه کاربری زمین، زیرکلاس‌ها با یکدیگر تلفیق شدند و به ۵ کلاس کاهش یافتند. شکل‌های ۴ و ۵ تصاویر طبقه‌بندی‌شده با کلاس‌های نهایی مرتع و جنگل، زمین‌های زراعی (کشت‌شده و کشت‌نشده)، اراضی بایر، اراضی ساخته‌شده (سکونتگاه‌ها و جاده‌ها) و آب (برف و آب) را نشان می‌دهند. نتایج طبقه‌بندی حاکی از آن بود که شرایط و بیوم غالب کوهستان محدودهٔ مطالعه سبب حضور بسیار کم پوشش متراکم درختی یا جنگل‌ها شده و بیشتر مراتع غنی و نسبتاً غنی در آن گسترده شده است. در این تحقیق صرفاً به دلیل اهمیت مجموعهٔ پوشش‌های طبیعی طبقات جنگل و مرتع جدا از هم در نظر گرفته نشده و در یک کلاس جای داده شده‌اند. ادغام کلاس‌های اراضی کشت‌نشده (شخم‌زده و آمادهٔ کشت) با کشت‌شده به علت دارابودن پتانسیل بالقوه در ایجاد آثار محیط‌زیستی طی فصول و زمان‌های کشت بوده است.



شکل ۳. تصویر سنجندهٔ +ETM ماهوارهٔ لندست قبل و بعد از اصلاح خطای نواری‌شدن



شکل ۴. تصویر طبقه‌بندی‌شدهٔ سال ۲۰۰۳ میلادی محدودهٔ مطالعهٔ تالاب چغاخور



شکل ۵. تصویر طبقه‌بندی‌شدهٔ سال ۲۰۱۳ میلادی محدودهٔ مطالعه تالاب چغاخور

از آنجا که ریزش‌های جوی و ذخیرهٔ برفی به علت لایه‌های آهکی و مارنی در بالادست و نفوذ آب حاصل از ذوب برف‌ها و تشکیل چشمه‌ها نقش مهمی در تغذیهٔ تالاب چغاخور ایفا می‌کنند، این عامل هم به‌منزلهٔ عنصر

اقلیمی بسیار مؤثر در تغییر اقلیم و هم به‌منزلهٔ یک نوع پوشش زمین در محدودهٔ مطالعه مورد توجه قرار گرفته است.

بعد از اینکه طبقه‌بندی سیمای سرزمین تالاب چغاخور به روش نظارت‌شده و حداکثر احتمال انجام شد؛ به منظور سنجش صحت طبقه‌بندی، مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند که نتایج آن برای سال ۲۰۰۳ به ترتیب ۸۹ و ۶۴ درصد و برای سال ۲۰۱۳ به ترتیب ۹۳ و ۶۸ درصد برآورد شد.

نتایج طبقه‌بندی تصاویر و بررسی تغییرات سنجش از دوری سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ حاکی از تغییراتی است که در جدول ۱ ارائه شده است. پردازش اطلاعات در این دورهٔ زمانی حاکی از افزایش سطح اراضی زراعی و ساخته‌شده به میزان ۱۸ و ۲۶/۳ درصد و کاهش سطح آب، مرتع- جنگل و اراضی بایر به ترتیب به میزان ۵۱/۴، ۴/۲ و ۲ درصد در سیمای سرزمین پیرامون تالاب چغاخور است. همان‌طور که در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود، در این محدوده سطوح اراضی زیرکشت و ساخته‌شده که جزء فعالیت‌های اثرگذار در محیط‌زیست‌اند افزایش و سطوح طبیعی مرتع، جنگل و آب کاهش یافته‌اند. بیشترین تغییرات نسبی در این سیمای سرزمین به ترتیب مربوط به کلاس‌های آب، اراضی ساخته‌شده و زراعی است.

جدول ۱. میزان تغییرات مساحت کاربری و پوشش زمین طی سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳

طبقات پوشش زمین	سال ۲۰۰۳ (۱۳۸۲)		سال ۲۰۱۳ (۱۳۹۲)		میزان تغییرات نسبی (نرخ رشد)	
	مساحت (درصد)	مساحت (km^2)	مساحت (درصد)	مساحت (km^2)	مساحت (درصد)	مساحت(km^2)
مرتع و جنگل	۲۰/۶	۳۸۸/۹۸	۱۹/۷	۳۷۲/۵۳	-۴/۲	-۱۶/۲۲
کشاورزی	۲۲/۸	۴۳۰/۷۷	۲۶/۹	۵۰۸/۶۸	۱۸	۷۷/۵۱
اراضی بایر	۴۷/۵	۸۹۸/۹۸	۴۳/۸۴	۸۲۹/۰۱	-۲	-۶۹/۶
اراضی ساخته‌شده	۶/۶	۱۲۵/۰۰	۸/۳۵	۱۵۷/۹۰	۲۶/۳	۳۲/۹۴
آب	۲/۵	۴۷/۲۸	۱/۲۱	۲۲/۸۸	-۵۱/۴	-۲۴/۳۳
جمع کل	۱۰۰	۱۸۹۱	۱۰۰	۱۸۹۱	-	-

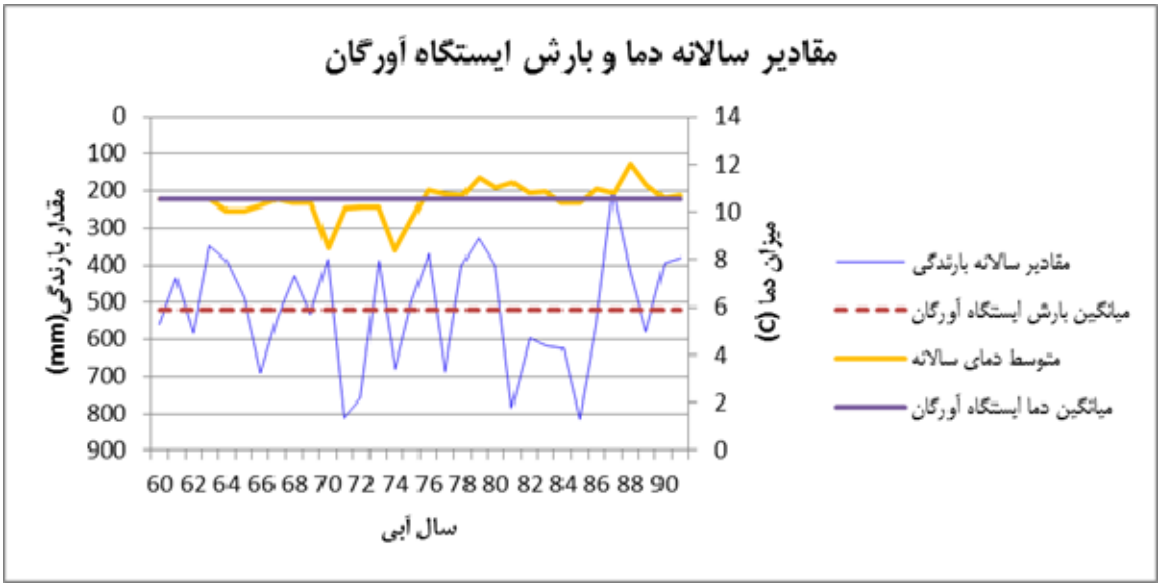
نمودار ۱. مقایسهٔ تغییرات در وسعت کاربری و پوشش زمین در ده سال اخیر در محدودهٔ مورد مطالعه

با توجه به روند ۳۰ سالهٔ شاخص بارش استاندارد بر اساس میانگین بارش در این دوره و مقدار آن در آخرین سال آماری، پیش‌بینی شاخص SPI در آینده و احتمال وقوع هر وضعیت در ایستگاه‌های مورد نظر به صورت جدول ۲ خواهد بود. نتایج بررسی مؤثرترین داده‌های هواشناسی (ایستگاه آورگان) در محدودهٔ تالاب در سال ۱۳۹۱، مقدار شاخص بارش استاندارد را ۰/۸۹- نشان می‌دهد که حاکی از وضعیت خشکسالی است. همچنین، میزان احتمال وقوع وضعیت خشکسالی ۴۱/۷ درصد پیش‌بینی‌شده که سال گذشته نیز همین وضعیت را داشته است.

علاوه بر این، در ایستگاه مورد نظر، نتایج روند تغییرات عناصر اقلیمی همچون مقادیر متوسط سالیانهٔ دما و بارش طی ۳۰ سال اخیر در نمودار ۲ بررسی و ترسیم شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود؛ میانگین دمای سالیانه از سال ۱۳۷۵ در بالای خط میانگین دمای ۳۰ سال اخیر، سیر صعودی داشته است. همچنین، مشهود است که می‌توان از سال ۱۳۶۰ نوسان پی در پی و منظمی را در میانگین بارش سالیانه نسبت به میانگین بارش ۳۰ سال اخیر تشخیص داد، اما از سال ۱۳۸۱ به بعد نوسانات شدیدتر و نامنظم به صورت افزایش و کاهش مداوم بارش ملاحظه می‌شوند. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، تغییرات پارامترهای اقلیمی (دما و بارش) در بازهٔ زمانی در محدودهٔ مورد مطالعه به صورت آشکار به وقوع پیوسته است.

جدول ۲. مقادیر بارندگی، شاخص SPI و پیش‌بینی وضعیت آینده در ایستگاه‌های هواشناسی محدودهٔ مورد مطالعه

نام ایستگاه هواشناسی	ارمند	آورگان*	بهشت‌آباد	بروجن	لردگان	سولگان
مقدار بارندگی در سال ۱۳۹۰- ۹۱ (میلی‌متر)	۴۳۷	۳۸۱	۶۴۹	۲۳۳	۴۳۵	۶۱۳
مقدار شاخص SPI	۰/۹۲-	۰/۸۹-	۰/۴۲	۰/۰۴-	۰/۹۲-	۰/۰۱
وضعیت احتمالی (پیش‌بینی)	خشک به تر	خشک به خشک	نرمال به نرمال	نرمال به تر	خشک به خشک	نرمال به نرمال
درصد احتمال وقوع	۴۴/۴	۴۱/۷	۵۰/۰	۵۴/۵	۴۰/۰	۴۰/۰



نمودار ۲. روند تغییرات عناصر اقلیمی در محدودهٔ مطالعه

۵. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی روند تغییرات سی سالهٔ عناصر اقلیمی در محدودهٔ مطالعه و نتایج پایش تصاویر ماهواره‌ای حاکی از کاهش ۵۰ درصدی آب در شرایط کنونی است. با کاهش ریزش‌های جوی، افزایش چند درجه‌ای میانگین سالانهٔ دما در منطقه و خشکسالی‌های اخیر انتظار روند کم‌آبی دور از انتظار نیست که نتایج عملیات سنجش از دوری بر آن صحه گذاشته است. روند تغییر کاربری‌های اطراف طی دورهٔ کم‌آبی با توجه به آثار محیط‌زیستی به نوعی بسیار مهم است. همان‌طور که ملاحظه شد؛ همزمان با دوره‌های خشکسالی در سیمای سرزمین تالاب چغاخور فعالیت‌های کشاورزی و سطح زمین‌های زیرکشت نسبت به ده سال پیش با افزایش ۱۸ درصدی روبه‌رو بوده است. بخش کشاورزی با برداشت بی‌رویهٔ آب از طریق احداث پی در پی چاه‌های عمیق و مصرف کود و سموم بیشتر برای افزایش محصول‌دهی فشارهای محیط‌زیست زیادی بر منطقه تحمیل کرده است. بنابراین، خشک‌شدن چشمه‌ها، کاهش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی، افزایش آلاینده‌های آلی و معدنی و در نهایت غنی‌شدن و کاهش اکسیژن محلول در تالاب توصیفی از وضعیت پیش‌آمدهٔ ناشی از تأثیرات آبشاری[11] تغییر کاربری زمین همزمان با تغییر اقلیم است که در عملکردهای اکوسیستمی تالاب نظیر تصفیه و تنظیم آب اثر می‌گذارد. از طرفی، آمارهای جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری کاهش راندمان اراضی کشاورزی و کاهش تولید اقتصادی همراه افزایش سطوح زیرکشت را نشان می‌دهد که از نتایج آن افزایش مهاجرت ساکنان محلی به مناطق عسلویه و اصفهان به منظور امرار معاش مناسب است. همچنین، وضعیت کشاورزی در سال‌هایی که با بحران‌های طبیعی روبه‌رو بوده سبب کاهش راندمان زمین‌های کشاورزی و رهاکردن آن‌ها و متعاقباً تصرف دیگر اراضی منابع طبیعی شده است. بنابراین، لازم است با برنامه‌ریزی صحیح کاربری زمین و راهبردهای کاهشی، خسارات خشکسالی را به حداقل رساند.

افزایش سطوح ساخته‌شده در قالب سکونتگاه‌های شهری و مناطق گردشگری در منطقه نشانگر یکسری فشارها از جمله تصرف و تغییر کاربری به منظور ویلاسازی، از بین بردن پوشش گیاهی، تجاوز و تخریب مراتع غنی، تغییر ساختار سیمای سرزمین با عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی، افزایش فاضلاب و زباله بدون ایجاد زیرساخت‌های مناسب دفع و دفن بهداشتی می‌شوند. این فشارها با کاهش سطوح نفوذپذیر و تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی، کاهش سطح زیستگاه‌ها، کاهش توان کنترل آلودگی‌های خطرناک و سم‌زدایی به اختلالاتی در عرضهٔ عملکردهای اکوسیستمی تالاب چغاخور منجر می‌شوند. افزایش فشارها در حالی رخ می‌دهد که تغییر اقلیم منابع آب منطقه را دچار بحران کرده است و تغییر کاربری نیز با ایجاد چنین آثاری مزید بر علت توسعهٔ غیرمنطقی شده است.

همچنین، نتایج بررسی تغییرات حاکی از کاهش سطح مراتع و زمین‌های بایر بوده است که در این باره می‌توان احتمالات و سناریوهای متعددی را در تبادلات بین پنج کلاس پوشش زمین شناسایی کرد که در مجموع همگی حاصل فشارهای بخش کشاورزی و سطوح انسان‌ساخت است. با توجه به روند تحولات نامطلوب سیمای سرزمین تالاب چغاخور، ادامهٔ روند شرایط کنونی می‌تواند تالاب چغاخور را با خطر جبران‌ناپذیری مواجه کند. در چنین شرایطی باید برای برون‌رفت منطقی از بحران و جلوگیری از افت محیط‌زیستی منطقه تدابیر صحیحی اندیشید. در تحقیقات آتی توجه به مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در خصوص فاکتورهای اقلیمی دیگر و آشکارسازی تغییرات با انواع تصاویر دیگر می‌تواند تا حدی عدم قطعیت‌ها[12] را به منظور پشتیبانی از تصمیمات[13] مدیریتی کاهش دهد. همچنین، مدل‌سازی و آشکارسازی میزان آثار تغییر اقلیم در منطقهٔ مورد مطالعه و در عناصر مرتبط با تالاب از جمله میزان بودجهٔ برفی، آبدهی چشمه‌ها و سایر اکوسیستم‌های مرتبط با تالاب می تواند در برنامه‌ریزی کاهش آثار این

پدیده روی تالاب کمک کند. با تکیه بر تحلیل‌هایی انجام‌شده، راهبردهایی به منظور کاهش آثار محیط‌زیستی و کاهش خسارات خشکسالی در منطقهٔ مورد مطالعه بدین شرح ارائه می‌شود:

- تدوین برنامه‌های حفاظتی و تلفیق آن‌ها با برنامهٔ مدیریت یکپارچهٔ تالاب‌ها در طرح‌های توسعهٔ ملی به منظور حفظ عملکردهای اکوسیستمی تالاب و ارزیابی آثار تجمعی آن‌ها؛
- اصلاح روش‌های کشت، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی و آگاهی از نحوهٔ صحیح مصرف آن‌ها، جایگزینی کودهای حیوانی و کشاورزی ارگانیک، استفاده از سیستم‌های کارآمد آبیاری و صدور مجوز حفر و بهره‌برداری چاه‌ها همراه اقدامات کارشناسی دقیق و آگاهی از آثار محیط‌زیستی آن‌ها؛
- شناسایی مسیرهای طبیعی زهکش و باز گذاشتن نقاط نفوذپذیر در مناطق مسکونی به منظور کاهش احتمال وقوع سیلاب در شهر و حفظ تعادل هیدرولوژیک در حوضه، تأسیس و اصلاح شبکهٔ جمع‌آوری تصفیهٔ فاضلاب و دفع زباله در مناطق مسکونی، توسعهٔ گردشگری همراه ایجاد تأسیسات بهداشتی مناسب، برآورد صحیح از حجم سفرها و سازماندهی برای رفع مناسب احتیاجات در فصول گردشگری؛
- مقابله با خسارت‌های خشکسالی و کاهش آثار آن با به کارگیری راهبردهایی نظیر انتخاب بهینه و تغییر کاربری اراضی، اصلاح سیستم تناوب کشت، انتخاب منطقی واریته‌های گیاهی یا تغییر تکنولوژی زراعی و احیای اراضی، کنترل سطح آب‌های زیرزمینی، تأمین هماهنگ مواد غذایی خاک.

یادداشت‌ها

1. Land Use and land Cover Changes(LUCC)
2. Variable Infiltration Capacity (VIC)
3. Systemic approach
4. Scan Line Corrector (SLC)
5. Supervised classification
6. Maximum likelihood (ML)
7. Kappa coefficient
8. Overall accuracy
9. Standard Precipitation Index (SPI)
10. Cascading effects
11. Uncertainty
12. Decision support

منابع

باقری، س. ۱۳۷۹. تالاب چغاخور و ویژگی‌های آن، فصلنامهٔ موج سبز، شمارهٔ یک، صص ۳۶- ۳۹.

بهروزی‌راد، ب. ۱۳۸۷. تالاب‌های ایران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.

جهانی‌شکیب، ف. ۱۳۹۲. ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های تالابی به منظور ارائهٔ راهبردهای مدیریتی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر بهرام ملک‌محمدی، دانشکدهٔ محیط‌زیست دانشگاه تهران.

رحیمی‌بلوچی، ل.، زرع‌کار، آ.، ملک‌محمدی، ب. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات زیست‌محیطی با استفاده از سنجش از دور و شاخص کیفیت آب (مطالعهٔ موردی: تالاب بین‌المللی شادگان)، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال سوم، شمارهٔ ۴، صص ۴۳- ۵۵.

رفیعی، ی.، ملک‌محمدی، ب.، آبکار، ع. ا.، یاوری، م.، رمضانی‌مهریان، م.، ظهرابی، ح. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات زیست‌محیطی تالاب‌ها و مناطق حفاظت‌شده با استفاده از تصاویر چندزمانهٔ سنجنده TM (مطالعهٔ موردی: تالاب نیریز)، محیط‌شناسی، سال ۳۷، شمارهٔ ۵۷، صص ۶۵- ۷۶.

شهاوندی، ز. ۱۳۸۹. ارزیابی تغییرات ساختاری سیمای سرزمین تالاب هورالعظیم و نیروهای محرکهٔ آن در دورهٔ زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۴ میلادی، استاد راهنما: دکتر احمدرضا یاوری، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ محیط‌زیست دانشگاه تهران.

مباشری، م. ر. ۱۳۸۶. ارائهٔ روشی برای معتبرسازی داده‌های لندست ۷ +ETM برای برآورد تبخیر و تعرق پس از معیوب‌شدن تصحیح‌کنندهٔ خط اسکن (SLC)، پژوهش‌های جغرافیایی؛ شمارهٔ ۶۰، دانشگاه تهران.

مهندسین مشاور مهاب قدس. ۱۳۸۶. گزارش‌های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی انتقال آب سبزکوه و افزایش ارتفاع سد، تهران.

Carlson, T. N., & Traci Arthur, S. 2000. The impact of land use—land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective. Global and Planetary Change, 25(1), 49-65 .

Cihlar, J., Jansen L.J.M. 2001. From Land Cover to Land Use: A Methodology for Efficient Land Use Mapping over Large Areas, the Professional Geographer, 53:2, 275-289

Crabtree, R., Potter, C. S., Mullen, R. S., Sheldon, J., Huang, S., Harmsen, J., & Jean, C. 2009. Synthesis of ground and remote sensing data for monitoring ecosystem functions in the Colorado River Delta, Mexico. Remote Sensing of Environment, 113, 1486-1496.

Cuo, L., Zhang, Y., Gao, Y., Hao, Z., & Cairang, L. 2013. The impacts of climate change and land cover/use transition on the hydrology in the upper Yellow River Basin, China. Journal of Hydrology, 502, 37-52.

Dale, V. H. 1997. The relationship between land-use change and climate change Ecological applications, 7(3), 753-769.

Feddema, J. J., Oleson, K. W., Bonan, G. B., Mearns, L. O., Buja, L. E., Meehl, G. A., et al. 2005. Atmospheric science: the importance of land-cover change in simulating future climates. Science, 310, 1674-1678.

Gallego, F. J. 2004. Remote sensing and land cover area estimation, International Journal of Remote Sensing, 25:15, 3019-3047

Gao, J., Liu, Y. 2011. Climate warming and land use change in Heilongjiang Province, Northeast China. Applied Geography, 31(2), 476-482.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change – Climate Change 2007: Synthesis Report (Fourth Assessment Report)

Lambin, E. F., & Geist, H. J. 2006. Land–use and land-cover change: Springer.

Meyer, W. B., & BL Turner, I. I. (Eds.). 1994. Changes in land use and land cover: a global perspective Vol. 4. Cambridge University Press.

Onur, I., Maktav, D., Sari, M, & Sönmez, N.K. 2009. Change detection of land cover and land use using remote sensing and GIS: a case study in Kemer, Turkey, International Journal of Remote Sensing, 30:7, 1749-1757

Richardson, C. J. 1994. Ecological functions and human values in wetlands: A framework for assessing forestry impacts.Wetlands. 14:1-9.

Riebsame, W. E., Meyer, W. B., & Turner II, B. L. 1994. Modeling land use and cover as part of global environmental change. Climatic change, 28(1-2), 45-64 .

Shalaby, A., & Tateishi, R. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applied Geography, 27 (1), 28-41.

Sulieman, H. M., & Elagib, N. A. 2012. Implications of climate, land use and land cover changes for pastoralism in eastern Sudan. Journal of Arid Environments, 85, 132-141.