University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Effects of changes in land cover and hydro-climatic parameters on the extent and nature of Alagol, Ajigol and Ulmagol international importance wetlands in the last three decades

Sima Sefidian[1]✉ | Abdolrassoul Salmanmahiny[2] | Vahedberdi Sheikh[3]

1. Corresponding Author, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: sima.sefidian@gau.ac.ir
2. Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mahini@gau.ac.ir
3. Department of Watershed Management, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: sheikh@gau.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 12 October 2022

Received in revised form 23 November 2022

Accepted 27 November 2022

Published online 22 June 2023

Keywords:

Wetland,

Land-use change,

Climate change,

Water resources management.

ABSTRACT

Alagol, Ajigol, and Ulmagol international importance wetlands are among the inland wetlands in the Atrak watershed, and are mainly fed by the overflow of the Atrak River. The hydrological fluctuations of this river have repeatedly caused floods or droughts in this area and have also affected the existence of these wetlands in recent years. In order to manage the wetlands optimally, it is necessary to study the fluctuations of the Atrak River and the changes in the wetlands. This is due to both human influence and climate change. We analyzed hydrological variables, climate variables, and land cover and land use changes between 1986 and 2020 in this study. Using the available data for the 34-year period of change, long-term patterns of climatic variables were compared, including temperature, precipitation, evapotranspiration, and Atrak River discharge. An analysis of the trends and correlations between the monthly and annual changes in the water area of the wetlands was conducted using a map illustrating the changes. According to the results of the study, The wetlands are seasonalizing their permanent beds. However, variations in temperatures, precipitation, and evaporation cannot result in sharp drops in ،the Atrak River discharge and, subsequently, in wetland area. As a result, pastures, meadows, and intensive agriculture areas have an inverse relationship with changes in wetland area. This could be a sign of increasing human activity and withdrawal of river water. In other words, climate change plays a minor role in the process of decreasing the water surface of these wetlands. The results of this study can help us to understand and identify the severity of the factors affecting the volume and surface change of these international wetlands. In addition, it can help determine their status and better manage them in the future.

Cite this article: Sefidian, S., Salmanmahiny, S., & Sheikh, V. (2023). Effects of changes in land cover and hydro-climatic parameters on the extent and nature of Alagol, Ajigol and Ulmagol international importance wetlands in the last three decades. *Journal Natural Environment*, 76 (2), 245-258. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2022.349828.2481

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2022.349828.2481

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

اثرات تغییرات پوشش زمین و پارامترهای آبی-اقلیمی بر وسعت و ماهیت تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل در سه دههٔ گذشته

سیما سفیدیان[۱]✉ | عبدالرسول سلمان ماهینی[۲] | واحدبردی شیخ[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: sima.sefidian@gau.ac.ir

۲. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mahini@gau.ac.ir

۳. گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: sheikh@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تالاب،
تغییرات کاربری،
تغییرات اقلیمی،
مدیریت منابع آب.

چکیده

تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل از جمله تالاب‌های داخلی در حوضهٔ آبخیز اترک هستند و اصلی‌ترین منبع تأمین‌کنندهٔ آب آن‌ها سرریز رودخانهٔ اترک است. نوسانات آب‌شناختی این رودخانه در سال‌های گذشته همواره باعث بروز سیل یا خشکسالی در این منطقه شده و موجودیت این تالاب‌ها را نیز تحت تأثیر قرار داده است. برای مدیریت بهینهٔ تالاب‌ها لازم است نوسانات آب‌دهی رودخانه اترک و تغییرات تالاب‌ها از دو جنبهٔ تأثیرات انسانی و تغییر اقلیم بررسی گردد. بدین‌منظور، متغیرهای آب‌شناختی، اقلیمی، تغییرات پوشش/کاربری زمین طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۸۶ مورد ارزیابی آماری قرار گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌های موجود برای دورهٔ ۳۴ سالهٔ تغییرات، الگوهای بلندمدت متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارش و تبخیر، دبی رودخانهٔ اترک و مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها مقایسه شد. نقشهٔ تغییرات مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها تهیه و یک تحلیل روند و همبستگی با استفاده از داده‌های ماهانه و سالانه انجام شد. نتایج نشان داد روند پیش‌روی تالاب‌های مذکور به سمت فصلی شدن بستر دائمی آن‌هاست. از طرفی، تغییرات دما و بارش و تبخیر نمی‌تواند کاهش شدیدی در دبی رودخانهٔ اترک و در نتیجه مساحت تالاب‌ها ایجاد کند. این درحالی است که افزایش مساحت مراتع، علفزارها و کشاورزی متراکم در کل آبخیز به‌طور مشهود با تغییرات مساحت تالاب‌ها رابطهٔ عکس دارد که می‌تواند نشان‌دهندهٔ افزایش برداشت آب از رودخانه و گسترش فعالیت‌های انسانی باشد. به‌عبارت دیگر، تغییرات آب و هوایی نقش کمتری در روند کاهشی پهنهٔ آبی این تالاب‌ها دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند به درک و شناسایی میزان شدت عوامل تأثیرگذار بر تغییر حجم و مساحت این تالاب‌های بین‌المللی و شرایط کنونی آن‌ها و تعیین حقابه و مدیریت بهتر آن‌ها در آینده کمک کند.

استناد: سفیدیان، سیما؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ و شیخ، واحدبردی (۱۴۰۲). اثرات تغییرات پوشش زمین و پارامترهای آبی-اقلیمی بر وسعت و ماهیت تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل در سه دههٔ گذشته. *محیط زیست طبیعی*، ۷۶ (۲)، ۲۵۸-۲۴۵.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2022.349828.2481

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

تالاب‌ها به‌دلایل بوم‌شناختی، اقتصادی، اجتماعی و دیگر جنبه‌های زیبایی‌شناختی ارزشمندند و از طرفی اکوسیستم‌هایی بسیار شکننده‌ای نیز هستند. وجود تالاب‌ها حاشیهٔ اقلیمی مطلوبی را در اراضی خشک به‌وجود می‌آورد و همین ریزاقلیم ویژه است که زیستگاه‌هایی با اهمیت حفاظتی به وجود آورده است (Liu *et al*., 2015). مهمترین مشکلات تالاب‌های ایران تغییر رژیم آبی رودخانه‌های تأمین‌کنندهٔ آن‌ها به دلایل گوناگونی ازجمله احداث سد در بالادست رودخانه، خشکسالی و تغییر شرایط اقلیمی، زهکشی زمین‌های مجاور تالاب به‌دلیل کاربری‌های نامتناسب و دیگر توسعه‌های انسانی است که محیط‌زیست شکنندهٔ تالاب‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sefidian and Salmanmahiny, 2016). بیش از ۷۰ درصد از اتلاف خالص دائمی آب جهانی در خاورمیانه و آسیای مرکزی رخ داده است که به خشکسالی و اقدامات انسانی از جمله انحراف رودخانه‌ها یا سدسازی و برداشت بی‌رویه مرتبط است (Pekel *et al*., 2016).

چرخهٔ زندگی در دشت ترکمن صحرا که قسمت وسیعی از حوضهٔ بزرگ اترک را در بر گرفته است، به آورد رودخانهٔ اترک وابسته است. بنابراین، موجودیت اکوسیستم‌های طبیعی از جمله تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل واقع در آن وابسته رودخانهٔ اترک بوده و نوسانات آب‌شناختی طی سال‌های گذشته همواره باعث بروز مشکلات بزرگی همچون سیل و خشکسالی در این ناحیه شده است. به‌طور کلی پژوهشگران دلایل خشک شدن تالاب‌ها خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک را به دو دسته کلی تغییرات اقلیمی (Smith, 2006) و تغییر رژیم رواناب تقسیم می‌کنند (Khazaei *et al*., 2019). تغییرات بارش و افزایش دما علاوه بر تأثیر مستقیم روی تالاب‌ها، به‌طور غیرمستقیم بر جریان سطحی و دبی رودخانه‌ها نیز اثر می‌گذارند (Liuzzo *et al*., 2010; Zhang *et al*., 2011; Ji and Yuan, 2018) و از طرف دیگر، رویکرد مدیریت آب در بالادست آبخیز نیز از جمله اثرات انسانی تغییر رژیم آب ورودی به تالاب‌ها است (Khazaei *et al*., 2019). برای مدیریت مناسب تالاب‌ها، لازم است بین تأثیرات انسانی و تأثیرات تغییر اقلیم بر تالاب‌ها تمایز قائل شد (Sanjerehei and Rundel, 2017). یک تالاب مساحتی اشباع‌شده از آب برای سال‌های متمادی است و عوامل اقلیم، پستی و بلندی و زمین‌شناختی در تعیین شرایط آب‌شناختی تالاب‌های طبیعی مؤثر است. پارامترهای اقلیمی، تعیین‌کنندهٔ آب و هوای تالاب و میزان بارندگی است (Gilvear and McInnes, 1994). هیدرولوژی مهم‌ترین ویژگی یک تالاب است (Acreman *et al*., 2011) و تالاب‌ها دارای حساسیت آب‌شناختی هستند. یک تغییر کوچک در هر یک از ورودی و خروجی آب می‌تواند سطح آب تالاب را تغییر دهد و پیامدهای قابل‌توجهی داشته باشد (Erwin, 2009). عوامل فیزیکی تعیین‌کنندهٔ محیط تالاب در واقع از یکدیگر مستقل نیستند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند بنابراین درک و شناسایی تمام روابط در سیستم تالابی اغلب پیچیده است. اما الگوی هیدرولیکی به نوبهٔ خود تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی قرار می‌گیرد (Jackson *et al*., 2019). بنابراین، مطالعه و بررسی عوامل مؤثر تغییرات آبی تالاب‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

مطالعات گوناگونی در خصوص بررسی و تعیین عوامل دخیل در شکل‌گیری و تداوم تالاب‌ها در ایران و جهان انجام شده است. با بررسی آن‌ها می‌توان نتیجه گرفت، شرایط اقلیمی، می‌تواند منجر به تغییرات ریخت‌شناسی تالاب و رواناب آبخیز شود (Gil-márquez *et al*., 2021). پارامترهای بارش، تبخیر و دما از جمله عوامل مهم در تغییر بودجهٔ آب، پوشش گیاهی، شکل بستر و مساحت تالاب‌ها است (Karim *et al*., 2015; House, 2016; Dangles *et al*., 2017). هیدرولوژی، خاک و فرآیندهای آبخیز یک تالاب همه با پوشش گیاهی و زیستمندان در طول زمان تعامل دارند و الگوی فیزیکی پویایی را ایجاد می‌کنند که اکوسیستم تالاب بر آن استوار است (Jackson *et al*., 2019). با وجود تمام عواملی که تغییرات اقلیم می‌تواند سبب ایجاد آن‌ها گردد، یک سمت دیگر تغییرات بستر آبی تالاب‌ها، تغییرات کاربری‌ها و مدیریت منابع آب در آبخیز است. بررسی روابط عوامل گوناگون انسانی و طبیعی و تعیین درصد سهم هر کدام در تغییرات حجم آب و یا مساحت تالاب‌ها می‌تواند به درک بهتر ما از آینده تالاب‌ها کمک کند (Xu *et al*., 2019). تغییر کاربری و پوشش زمین (برای مثال افزایش زمین‌های کشاورزی و ساخت سد در بالادست حوضهٔ آبخیز) (Pal and Saha, 2018)، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک که در حال توسعهٔ اقتصادی هستند، یکی از مهم‌ترین عوامل در تغییرات تالاب‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌های پایین‌دست آبخیز است (Liu *et al*., 2017; Xu *et al*., 2019; Chun *et al*., 2020). تغییرات کاربری/پوشش زمین با برداشت سهم حقابه و یا ایجاد بار رسوبی و تغییر شکل بستر و کیفیت آب (Aghsaei *et al*., 2020) بر تالاب‌ها اثر می‌گذارند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت شدت تأثیر تغییرات آب و هوایی و کاربری اراضی بر تالاب‌ها به نحوهٔ بیلان تالاب‌ها یا به‌عبارتی تغذیهٔ تالاب‌ها از منابع مختلف آب مانند بارش، جریان آب سطحی و جریان آب زیرزمینی و راه‌های خروجی آب یک تالاب بستگی دارد (Salmanmahiny and Sefidian, 2012). با توجه به منطقهٔ جغرافیایی، هر کدام از این عوامل می‌توانند سهمی در تغییرات پیش روی اکوسیستم‌های تالابی داشته باشند (Tasser *et al*., 2017). درک منشأ و سرنوشت آب در تالاب‌ها امکان ارزیابی چگونگی تأثیر سناریوهای آینده بر عملکرد آب، تاب‌آوری تالاب‌ها در مقابل تغییرات اقلیمی و انسانی (Liu *et al*., 2017; Tooth, 2018) و رویکردهای حفاظتی آن‌ها خواهد داشت (Xi *et al*., 2021).

تا به امروز، تعداد محدودی از تحقیقات در مورد بررسی تأثیر تغییرات کاربری و اقلیم بر تغییرات مساحت تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل

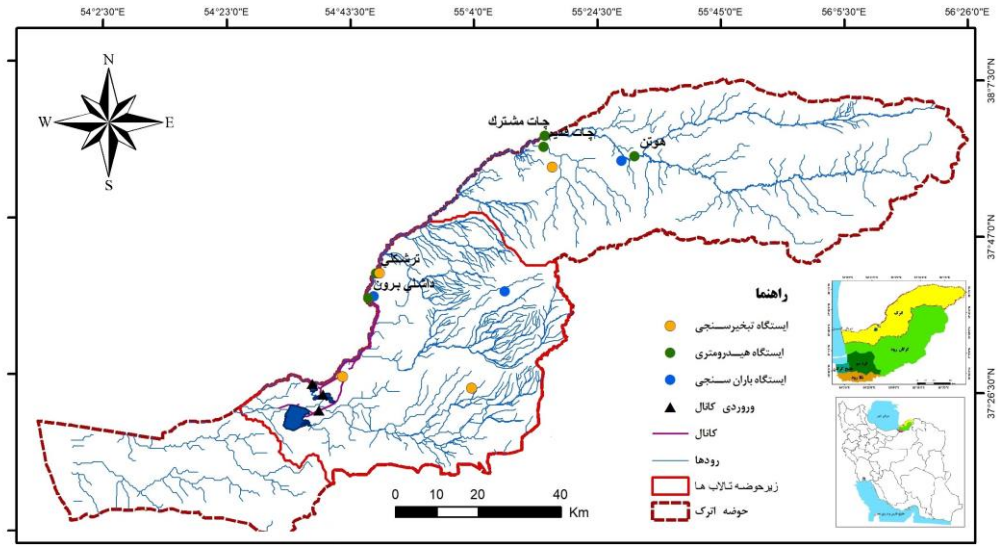
و آلماگل انجام شده است. Sheikh و Bahremand (۲۰۱۱) با تجزیه و تحلیل‌های آماری روند دبی رودخانه اترک، به این نتیجه رسیدند که رژیم آب‌دهی حوضهٔ اترک دچار تغییر شده و در نتیجه آن آب‌دهی رودخانه کاهش و طغیان‌های سیلابی افزایش داشته است. همچنین بیان داشتند که دلایل تغییرات رژیم آب‌شناختی حوضهٔ اترک ممکن است بر اثر تغییر اقلیم و یا تغییرات کاربری اراضی باشد و اهمیت بررسی این موضوع را عنوان کردند. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهوارهٔ لندست، به بررسی تغییرات پوشش زمین محدودهٔ تالاب‌های آلاگل، آجی‌گل و الماگل طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۷ پرداختند. نتایجبیانگر کاهش آب تالاب‌ها و پوشش گیاهی متراکم و از طرفی افزایش پوشش گیاهی با تراکم کم و متوسط تا سال ۲۰۱۰ بود. آن‌ها بیان داشتند، علل اصلی این تغییرات را باید در مسائلی مانند خشکسالی‌های اخیر، احداث سد، برداشت بی‌رویهٔ آب تالاب‌ها برای مصارف کشاورزی، پرورش ماهی و احداث کانال و جاده در منطقه و بین تالاب‌ها جستجو کرد. Mehrani و همکاران (۲۰۲۲) تغییرات کیفی درصد پوشش گیاهی محدودهٔ تالاب‌های بین‌المللی استان گلستان را طی سال‌های آماری (۲۰۱۸ -۱۹۸۸) به‌وسیلهٔ تصاویر ماهوارهٔ لندست بررسی کردند. نتایج مقایسهٔ تغییرات مساحت طبقه‌های مختلف نشان داد، مراتع با پوشش متراکم‌تر کاهش بیشتری داشته و به سایر کاربری‌ها تبدیل شده است. در این مطالعات تغییرات تالاب‌ها و رژیم آبی حوضه بررسی شدند، اما ارتباط عوامل طبیعی (مانند اقلیم) و انسانی (مانند کاربری اراضی) بر تغییرات بستر آبی تالاب‌ها مورد بررسی قرار نگرفت. در نتیجه، هدف اصلی این پژوهش بررسی رابطهٔ میان تغییرات وسعت تالاب‌ها و ارتباط آن با تغییرات کاربری و اقلیم در سطح آبخیز است و متغیرهای آب‌شناختی، اقلیمی و پوشش/کاربری زمین را به‌طور کلی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. برای ارزیابی اهمیت عوامل مختلف تغییرات اقلیمی و انسانی (کاربری اراضی) بر روی آبخیز تالاب‌ها، تأثیرات تغییرات مشاهده شده در طبقات آب‌بر عمده (از جمله کشاورزی) به‌عنوان یک شاخص مؤثر مهم احتمالی در تحولات آب‌شناختی تالاب‌های آبخیز اترک بررسی می‌شود. رویکرد این پژوهش می‌تواند به درک و شناسایی میزان شدت عوامل تأثیرگذار بر تغییر حجم و مساحت تالاب‌ها و شرایط حال حاضر این تالاب‌های بین‌المللی در تعیین حقابه و مدیریت بهتر تالاب‌ها در آینده کمک کند.

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه شامل تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های اقلیمی، آب‌شناختی و پوشش زمین و کاربری‌ها طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۸۶ است. داده‌های موجود در این دوره گردآوری شد و تغییرات و الگوهای بلندمدت متغیرهای اقلیمی مانند دما (T) و بارش (P) و تبخیر (ET)، متغیرهای آب‌شناختی رودخانه اصلی تغذیه‌کنندهٔ تالاب‌ها (دبی ورودی) و مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها (WA) مقایسه شد. نقشه‌های کلی از طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین و تغییرات مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها در سطح آبخیز اترک در استان گلستان تهیه شد و یک تحلیل روند و همبستگی با استفاده از داده‌های ماهانه و سالانه انجام شده است.

منطقهٔ مورد مطالعه و داده‌های هیدرولوژی آبخیز: تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل در پایین‌دست آبخیز اترک و زمین‌های هموار و مسطح ترکمن صحرا در نزدیکی مرز ایران و ترکمنستان واقع شده‌اند. این تالاب‌ها یکی از کانون‌های زادآوری پرندگان مهاجر آبزی و کنارآبزی‌اند و به‌علت داشتن معیارهای تالاب‌های کنوانسیون رامسر در سال ۱۳۵۴ به‌عنوان یک سایت (مجموعه) در فهرست کنوانسیون حفاظت از تالاب‌ها به ثبت رسیدند (Ramsar Convention, 1997). این تالاب‌ها از نوع تالاب‌های داخل خشکی و دائمی هستند (Behrozirad, 2008). همچنین، براساس طبقه‌بندی زمین-آب‌شناختی (Gilvear and McInnes, 1994)، تالاب‌های مورد نظر در گروه Rheotrophic[1] قرار می‌گیرند. در نتیجه به تغییرات ورودی آب‌های سطحی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند (Salmanmahiny and Sefidian, 2012). آبخیز اترک به دو زیرحوضهٔ اترک علیا و سفلی تفکیک شده که حوضهٔ اترک سفلی در استان گلستان قرار دارد و عمدتاً سیلابی است. یکی از منابع تأمین‌کننده تالاب‌ها، آب‌های سطحی است و در مورد تالاب‌های مذکور رواناب‌های سطحی زیرحوضهٔ تالاب، سرریز رودخانهٔ اترک به‌طور طبیعی، آبراهه‌ها و کانال هدایت‌کنندهٔ آب از آب‌بندان دانشمند و کانالی که از رودخانهٔ حوضهٔ اوخی‌تپه به سمت تالاب آلاگل کشیده شده است، به‌طور انسان‌ساخت تأمین‌کنندهٔ این تالاب‌ها هستند. شکل ۱ موقعیت مجموعهٔ تالاب‌ها، شبکهٔ رودخانه‌ها، کانال‌ها و آبراهه‌های موجود و موقعیت ایستگاه‌های تبخیرسنجی، باران‌سنجی و هیدرومتری را نشان می‌دهد. در این مطالعه آمار دبی رودخانهٔ اترک در نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری واقع در اینچه‌برون و ایستگاه‌های هیدرومتری بالادست حوضه اترک بررسی و مقایسه شد.

[1] **تأمین‌شده از آب‌های سطحی**: منبع تأمین آب این تالاب‌ها بارندگی و جریان‌های آب سطحی است و آب تالاب فقط در اثر تبخیر خارج می‌شود. شکل پستی و بلندی نشان از گود بودن بستر تالاب دارد.



شکل ۱. موقعیت مکانی تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل، شبکه آبشناختی و ایستگاه‌های تبخیرسنجی، باران‌سنجی و

داده‌های اقلیمی حوضه (بارش، دما و تبخیر): افزایش دو درجه‌ای دما می‌تواند منجر به کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی جریانات سطحی شود (Liuzzo *et al.*, 2010). در بررسی روند تغییرات اقلیمی در ایران نیز افزایش دما در تمام مناطق مورد توجه قرار گرفته است (Doulabian *et al.*, 2021). روندهای مشابهی از دما در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران ثبت شده است (Tabari and Hosseinzadeh Talaee, 2011). پژوهش‌ها نشان می‌دهند آب و هوای ایران به‌ویژه در تابستان گرمتر می‌شود (Saboohi *et al.*, 2012). برای ارزیابی شرایط اقلیمی آبخیز اترک، متغیرهای اقلیمی اصلی بارش (P)، دما (T) و تبخیر (ET) که عموماً پتانسیل قابل توجهی در چرخهٔ آب‌شناختی دارند، انتخاب شدند. نخست شرایط اقلیمی در آبخیز اترک در استان گلستان ارزیابی شد. داده‌های دما و بارش و تبخیر (۱۹۷۰ تا ۲۰۲۸) در ایستگاه‌های موجود در آبخیز اترک گردآوری شد. بر این اساس میانگین ماهانه هر پارامتر محاسبه شد. در مقابل برای بررسی میانگین پارامترهای اقلیمی در سطح حوضه از داده‌های ماهواره‌ای استفاده شد (جدول ۱).

در این پژوهش از سامانه گوگل ارث انجین که یک پلت فرم تجزیه و تحلیل جغرافیایی در مقیاس سیاره‌ای است (Gorelick *et al.*,, 2017)، به‌منظور استخراج مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها استفاده شد. از این‌رو، با استفاده از فراخوانی تصاویر لندست ۵، ۷ و ۸، از تاریخ اکتبر ۱۹۸۴ تا سپتامبر ۲۰۲۱ به‌طور ماهانه (تمام تصاویر موجود) با پوشش ابری کمتر از ۱۰ درصد، براساس شاخص[۲] MNDWI روند تغییرات مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها به‌صورت ماهانه طی دورهٔ زمانی ۳۵ ساله بررسی شد. لازم به ذکر است، برخی از ماه‌های سال فاقد تصویر مناسب و بدون ابر بودند.Xe (2005) شاخص NDWI را به‌صورت رابطهٔ ۱ اصلاح کرد:

$$MNDWI= (Green–MIR)/(Green + MIR) \quad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

در تصاویر ماهواره‌ای به‌وسیلهٔ شاخص MNDWI، ۹۵/۵ درصد صحیح‌تر نسبت به NDWI آب از سایر پدیده‌ها استخراج می‌شود. بر این اساس، آب دارای ارزش‌های مثبت است در حالی‌که خاک و پوشش گیاهی زمین دارای مقادیر صفر یا منفی می‌شود و به آن شاخص تفاضل نرمال اصلاح‌شده آب یا همان MNDWI می‌گویند (Tiyip *et al.*, 2010). عملیات خطاهای ناشی از نقص ماهوارهٔ لندست ۷ که از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ سبب راه‌راه‌شدگی تصاویر شده نیز به‌کمک کد میانگین‌گیری پیکسل‌های همسایه اصلاح شد. در نهایت مساحت هر تالاب به تفکیک استخراج شد.

همچنین، به‌منظور تولید نقشه بستر آبی دائمی و فصلی تالاب‌ها از مجموعه داده‌های محصول ماهواره‌ای لندست در گوگل ارث انجین استفاده شد. مجموعه داده‌های محصول ماهواره‌ای لندست شامل نقشه‌هایی از موقعیت و توزیع زمانی آب‌های سطحی از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۰ است و آماری از گستردگی و تغییر سطوح آب ارائه می‌کند. این مجموعه داده‌های معتبر و سازگار جهانی را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان شواهدی از وضعیت و تغییرات آب‌های سطحی و اکوتون‌های تالابی ارائه کند و به تصمیم‌گیری در مدیریت آب کمک کند (Pekel *et al.*, 2016).

بررسی تغییرات پوشش زمین/کاربری: در این پژوهش برای شناسایی و طبقه‌بندی پوشش زمین/کاربری از سامانهٔ گوگل ارث انجین

[2]Modified Normalized Difference Water Index

جدول ۱. اطلاعات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده برای میانگین ماهانهٔ پارامترهای اقلیمی در سطح حوضهٔ اترک

میانگین ماهانهٔ هر پارامتر	داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده	دقت مکانی
تبخیر و تعرق (ET)	محصول سنجنده Terra ماهواره مادیس	۵۰۰ متری
بارش (P)	(GPCC) زیر نظر برنامه پژوهش اقلیم جهان[1] (WCRP)	۱ در ۱ درجه
داده‌های دما (T)	(NOAA, 2016a) ترکیبی از شبکه جهانی اقلیم‌شناسی تاریخی[2] و داده‌های سیستم نظارت بر ناهنجاری آب و هوایی[3] (TGHCN CAMS)	۰/۵ در ۰/۵ درجه

[1]World Climate Research Program
[2]Global Historical Climatology Network (GHCN)
[3]Climate Anomaly Monitoring System (CAMS)

جدول ۲. طبقات کاربری/پوشش زمین براساس محصول پوشش اراضی سنجندهٔ مادیس (نسخه ٦) نقشه LC_Type2

طبقه	نام طبقه	توضیح
۱	بوته‌زارهای پراکنده	گیاهان چند ساله چوبی (ارتفاع ۱–۲ متر) ۶۰–۱۰ درصد پوشش غالبند.
۲	علفزار	گونه‌های علفی یک‌ساله (<۲ متر) غالبند.
۳	تالاب دائمی	زمین‌های آبگرفته دائمی با پوشش ۳۰ تا ۶۰ درصد آب و بیش از ۱۰ درصد پوشش گیاهی.
۴	زمین‌های زراعی	حداقل ۶۰ درصد سطح زمین‌های زراعی زیر کشت است.
۵	زمین‌های شهری و صنعتی	حداقل ۳۰ درصد سطح غیر قابل نفوذ از جمله مصالح ساختمانی، آسفالت و وسایل نقلیه است.
۶	اراضی لخت	حداقل ۶۰ درصد از مساحت زمین لخت غیر گیاهی (شن، سنگ، خاک) یا برف و یخ دائمی با پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد است.

و محصول کاربری اراضی سنجندهٔ مادیس برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. این روش یک نوع Downscaling محصول کاربری مادیس است. در این روش، محصول پوشش اراضی سنجندهٔ مادیس (نسخه ۶) و نقشهٔ LC_Type2 (Gray, Sulla-Menashe and Friedl, 2019) که تنوع طبقهٔ مطلوبی برای این منطقهٔ مطالعاتی دارد، انتخاب شد. این نقشه، از ۱۶ طبقه تشکیل شده است و براساس آن پوشش زمین/کاربری در حوضهٔ اترک به ۷ طبقه تقسیم شد (جدول ۲).

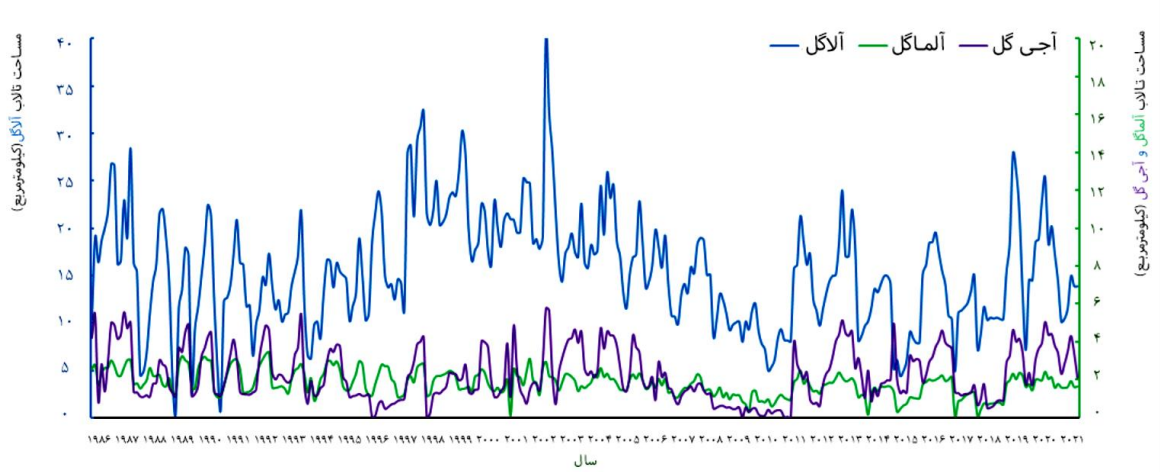
ارزیابی تغییرات بلند مدت: تحلیل روند یکی از مهمترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده برای ارزیابی تغییرات محیطی در سری‌های زمانی استفاده می‌شود. نحوهٔ محاسبهٔ آزمون آماره من–کندال بدین‌صورت است که فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) بر وجود روند در سری داده‌ها دلالت می‌کند. برای محاسبهٔ آمارهٔ این آزمون ابتدا مقادیر S با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود و واریانس فرآیند از رابطهٔ ۳ تعیین می‌گردد. مقدار Z به‌دست آمده با رابطهٔ ۴ با مقادیر z به‌دست آمده از جدول توزیع نرمال استاندارد با سطح اطمینان مورد نظر مقایسه می‌گردد. چنانچه Z محاسباتی بزرگتر از Z جدول بود فرضیهٔ صفر مبنی بر عدم وجود روند با سطح اطمینان مورد نظر رد می‌شود. در صورت وجود روند مقادیر Z مثبت نشان‌دهندهٔ روند مثبت و مقادیر منفی نشان‌دهندهٔ روند منفی است. در این پژوهش، به‌منظور بررسی و ارزیابی تغییرات اقلیمی دما و بارش سالانه در آبخیز اترک از این آزمون استفاده شد. برای این منظور از ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی منتخب واقع در حوضهٔ اترک در دورهٔ زمانی ۴۷ ساله (۲۰۱۸–۱۹۷۱) به روش آزمون من–کندال در مقیاس سالانه مورد بررسی قرارگرفته‌اند.

$$S_{Mk} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=i+1}^{N} sign(x_j - x_i) \qquad \text{رابطهٔ ۲}$$

$$\sigma^2_{SMK} = \frac{N(N-1)(2N+5)}{18} \qquad \text{رابطهٔ ۳}$$

$$Z_{Mk} = \begin{cases} \frac{(S_{Mk}-1)}{\sigma^2_{SMK}}, & S_{Mk} > 0 \\ 0, & S_{Mk} = 0 \\ \frac{(S_{Mk}+1)}{\sigma^2_{SMK}} & S_{Mk} < 0 \end{cases} \qquad \text{رابطهٔ ۴}$$

تجزیه و تحلیل همبستگی: رابطهٔ بین تغییرات کاربری/پوشش زمین و دبی رودخانه به اندازه و موقعیت حوضه، ارتفاع، مدیریت زمین و نوع کاربری/پوشش زمین بستگی دارد (Nyadzi *et al.*, 2021). از آنجا که هدف اصلی این پژوهش بررسی رابطهٔ میان



شکل ۲. نمودار تغییرات سالانه وسعت تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۸۶

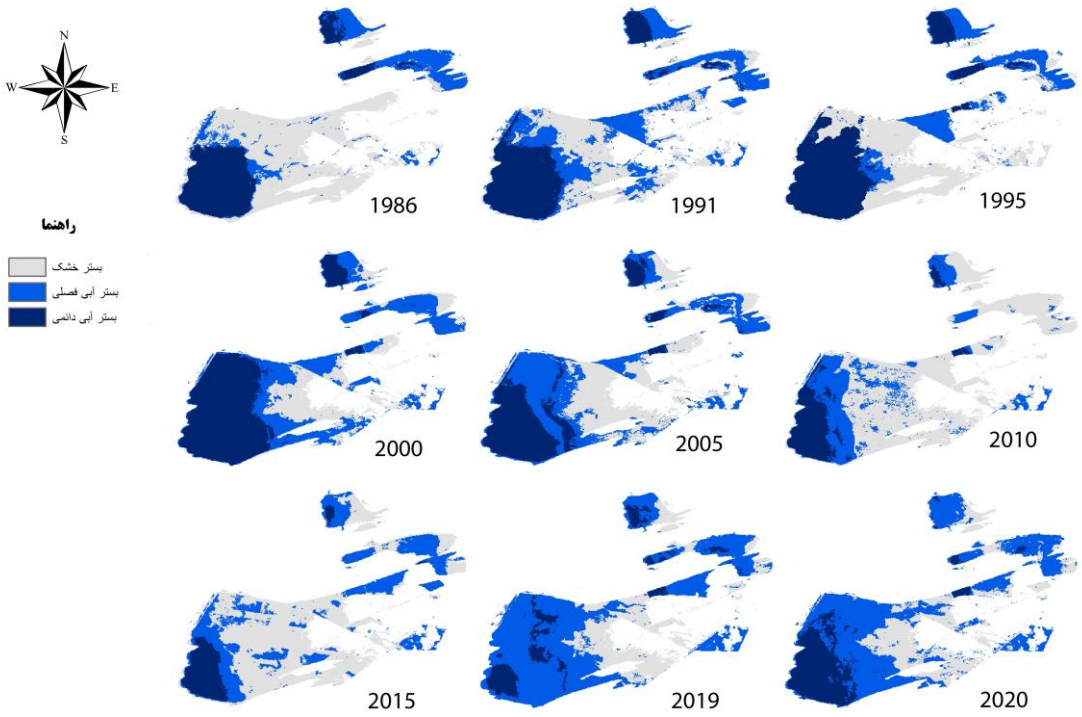
تغییرات وسعت تالاب‌ها و ارتباط آن با تغییرات کاربری و اقلیم در سطح آبخیز است، رابطهٔ میان سری زمانی ۳۴ سالهٔ وسعت تالاب‌ها حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ و سری زمانی ۳۴ ساله مقادیر دبی بالادست آبخیز و اجرای شاخص‌های همبستگی پیرسن، کندال و اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از شناسایی روند تغییرات (با استفاده از تحلیل روند) که براساس آن فرضیه‌هایی برای توضیح تغییرات شکل گرفت، فرضیه‌ها براساس ارتباط مشاهده شده بین متغیرهای آبی و اقلیمی (با استفاده از تحلیل همبستگی) برای توضیح تغییرات ارزیابی شد. در نهایت نتایج روند تغییرات کاربری/پوشش زمین با نتایج دبی اترک مورد بررسی و رابطهٔ غیرمستقیم آن با روند وسعت تالاب‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

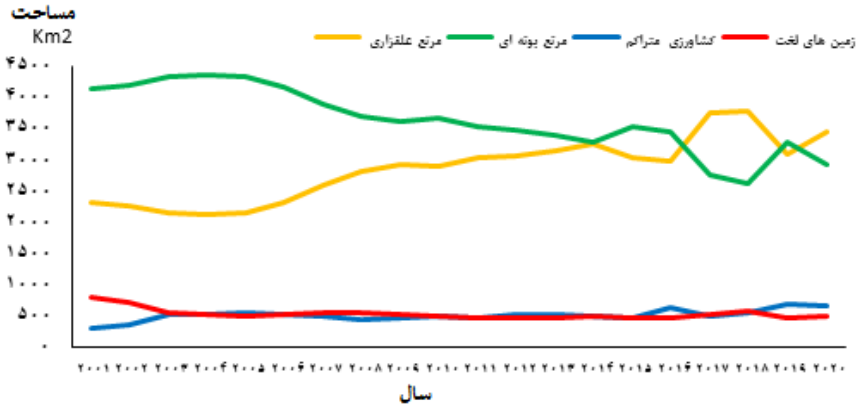
تغییرات وسعت آبی تالاب‌ها: در این پژوهش از شاخص استخراج خودکار آب (MNDWI) به‌منظور شناسایی و برآورد میانگین تغییرات وسعت آبی به‌صورت سالانه (شکل ۲) استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین مساحت بستر آبی تالاب آلاگل ۲۸/۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۳- ۲۰۰۲ و کمترین آن ۶/۸ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۵-۲۰۱۴، بیشترین مساحت تالاب آجی‌گل ۴/۲ کیلومترمربع در سال ۱۹۸۶-۱۹۸۵ و کمترین آن ۰/۲۲ در سال ۲۰۱۱-۲۰۱۰ و تالاب آلماگل بیشترین مساحت ۲/۴۵کیلومترمربع در سال ۱۹۸۶-۱۹۸۵ و کمترین آن ۰/۶۲ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۸-۲۰۱۷ مربوط می‌شود. براساس نتایج شکل ۲، در دههٔ اول زمان مطالعه (۱۹۹۶-۱۹۸۶)، وسعت پهنهٔ آبی تالاب‌ها با شیب کمی کاهش یافته و در دههٔ دوم (۲۰۰۶-۱۹۹۶) روندی افزایشی داشته است. اما این روند در دههٔ سوم (۲۰۱۶-۲۰۰۶) نزولی بوده و کمترین میزان در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ ثبت شده و در سه سال اخیر با نوساناتی شیب تقریباً افزایشی وسعت تالاب‌ها مشهود است.

به کمک تصاویر محصول ماهواره لندست در گوگل ارث انجین، تغییرات وسعت آبی دائمی و فصلی تالاب‌ها استخراج شد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بسترهای آبی فصلی به رنگ آبی کمرنگ و بستر آبی پایدار و دائم به آبی تیره در کنار مناطق خاکستری رنگ نمایش داده شده است که بیانگر خشکی بستر است. در نمایی دیگر، این روش برای بازه‌هایی که تغییرات مشهودی در مساحت بود انجام شد و در هر بازه، میانگین تغییرات را در شکل ۳ می‌توان مشاهده کرد.

تغییرات پوشش زمین/کاربری: نمودار تغییرات سالانه پوشش زمین/کاربری حاصل پردازش محصول ماهواره مودیس از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ مطابق شکل ۴ تهیه شد. همچنین، درصد تغییرات مساحت پوشش زمین/کاربری در جدول ۳ ارائه شده است. در سال ۲۰۰۱، بخش مرکزی آبخیز اترک، مراتع بوته‌ای (۵۴/۶ درصد)، پس از آن مراتع علفزاری (۳۰/۶ درصد) و زمین‌های لخت بدون پوشش گیاهی (۱۰/۷درصد) و در قسمت جنوبی آن کشاورزی متراکم (۴/۰۱ درصد) بوده است. بررسی دینامیک مکانی-زمانی تغییرات پوشش زمین نشان می‌دهد که مراتع علفزاری می‌تواند زمین‌های کشاورزی (دیم‌زار) نیز باشد. با مقایسهٔ داده‌های پوشش زمین در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، واضح‌ترین تغییرات در طبقات زمین‌های بایر، مرتع بوته‌ای، مرتع علفزاری و کشاورزی متراکم رخ داده است (جدول ۳). از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰، مساحت مرتع علفزاری و کشاورزی متراکم به‌ترتیب ۳۳ و ۵۵/۳ درصد افزایش یافته است. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، زمین‌های لخت بدون



شکل ۳. تغییرات بسترهای آبی تالاب‌های های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل و آلماگل در طول سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۸۶



شکل ٤. نمودار تغییرات سالانه پوشش زمین/کاربری برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۱ در آبخیز اترک

پوشش گیاهی و مرتع بوته‌ای به‌ترتیب ۶۲/۷ و ۴۱/۴ درصد کاهش یافته است. با این حال، گسترش طبقهٔ شهری و صنعتی با توجه به مساحت کل حوضه و در این مقیاس مطالعه قابل توجه نیست. در سال ۲۰۲۰ نسبت به ۲۰۰۱، بخشی از زمین‌های بایر و مرتع بوته‌ای کل حوضه به مراتع علفزاری تبدیل شده‌اند و زمین‌های کشاورزی متراکم در جنوب حوضه در مراتع بوته‌ای و علفزاری پیش‌روی داشته‌اند.

بررسی روند تغییرات: در این پژوهش، روند متغیرهای مختلف آبی و اقلیمی در دوره‌های سالانه در طول سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴). روندهای بلندمدت می‌توانند نشان‌دهندهٔ تغییرات اقلیمی باشند و می‌تواند نمای کلی از ویژگی‌های آبی–اقلیمی آبخیز را ارائه دهد (Khazaei *et al.*, 2019). در بررسی اقلیمی، داده‌های دما، بارش و میزان تبخیر روندیابی شد. در نتیجه، بارش در ایستگاه‌های موجود بالادست تا پایین‌دست حوضه (ایستگاه‌های قازانقایه و داشلی‌برون) شیب مثبت با روند افزایشی اندکی را نشان داد، ولی در ایستگاه هوتن روندی مشاهده نشد. در مقیاس میانگین کل حوضهٔ اترک و براساس داده‌های ماهواره‌ای GPCC، بارش در کل حوضه بدون روند مشاهده شد. دما جز در ایستگاه مراوه‌تپه که بدون روند بوده، در سایر ایستگاه‌های زمینی روندی افزایشی داشته است. همچنین، براساس داده‌های ماهواره‌ای GHCN CAMS دما در میانگین کل حوضهٔ اترک روندی افزایشی را نشان داد. تبخیر جز در ایستگاه

جدول ۳. درصد تغییرات مساحت پوشش زمین/کاربری برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۱ در آبخیز اترک

مساحت (m^2)/ سال	زمین‌های لخت	مرتع بوته‌ای	مرتع علفزاری	کشاورزی متراکم
۲۰۰۱	۸۱۱/۵	۴۱۴۱	۲۳۱۹/۵	۳۰۴/۲۵
۲۰۰۲	۷۱۴/۷۵	۴۱۹۴/۵	۲۲۷۹/۵	۳۸۰/۲۵
۲۰۰۳	۵۵۰/۷۵	۴۳۳۱/۵	۲۱۵۱	۵۳۲/۲۵
۲۰۰۴	۵۲۷/۵	۴۳۶۶/۷۵	۲۱۳۳/۷۵	۵۴۰/۷۵
۲۰۰۵	۵۱۳/۷۵	۴۳۳۸	۲۱۵۷/۵	۵۴۸/۷۵
۲۰۰۶	۵۳۰/۲۵	۴۱۶۳	۲۳۳۹/۲۵	۵۳۳/۵
۲۰۰۷	۵۵۹	۳۸۹۴	۲۶۰۳	۵۱۷/۷۵
۲۰۰۸	۵۵۳/۷۵	۳۷۱۰/۷۵	۳۸۰۴/۹۴	۴۶۲/۷۵
۲۰۰۹	۵۴۶/۷۵	۳۶۱۷	۲۹۲۸	۴۸۱/۷۵
۲۰۱۰	۵۰۹/۷۵	۳۶۶۶/۲۵	۲۹۰۴	۴۹۳/۷۵
۲۰۱۱	۴۹۲	۳۵۳۸/۲۵	۳۰۴۹/۷۵	۴۸۴/۲۵
۲۰۱۲	۴۸۸/۷۵	۳۴۷۹/۲۵	۳۰۶۸	۵۳۳
۲۰۱۳	۴۸۹/۷۵	۳۳۹۳/۲۵	۳۱۴۳	۵۴۵/۷۵
۲۰۱۴	۵۰۳	۵۱۲۱/۹۲	۳۲۷۵	۴۹۴
۲۰۱۵	۴۹۲	۳۵۳۸/۲۵	۳۰۴۹/۷۵	۴۸۴/۲۵
۲۰۱۶	۴۸۳	۳۴۵۳	۲۹۸۷/۷۵	۶۵۴/۵
۲۰۱۷	۵۲۸	۲۷۶۲/۲۵	۳۷۶۳/۷۵	۵۱۷/۷۵
۲۰۱۸	۵۸۷/۵	۲۶۸۲۱۰	۳۷۷۷/۷۵	۵۶۹/۵
۲۰۱۹	۴۸۰	۳۲۸۵	۳۱۰۱/۵	۷۰۷
۲۰۲۰	۴۹۸/۷۵	۳۷۵۹/۵۷	۳۴۶۴	۶۸۰
درصد تغییر ۲۰۲۰-۲۰۰۱	-۶۲/۷	-۴۱/۴	۳۳/۰	۵۵/۳

اینچه‌برون در سایر ایستگاه‌ها دارای روند بود. در ایستگاه مراوه‌تپه که در بالادست حوضه واقع است، روندی افزایشی و در ایستگاه ترشکلی با شیب کمی روندی کاهشی را نشان داد. براساس میانگین داده‌های ماهواره‌ای (Terra) در کل حوضه، تبخیر با شیب بسیار ناچیزی دارای روند کاهشی داشت. براساس ارزیابی روند و آزمون من‌کندال، تغییرات وسعت تالاب آلاگل و آلماگل روند کاهشی داشت، در حالی که تغییرات وسعت تالاب آجی‌گل فاقد روند معنی‌دار بود. شیب تغییرات میزان دبی رودخانه اترک در تمام ایستگاه‌های هیدرومتری منفی و روندی معنی‌دار دارد و تنها در داشلی‌برون به‌عنوان آخرین ایستگاه هیدرومتری این رودخانه در مسیر تالاب‌ها، این شیب منفی فاقد روند معنی‌دار بود. با بررسی داده‌های پوشش/کاربری زمین، در مساحت مرتع علفزاری و کشاورزی متراکم روندی افزایشی و زمین‌های بایر و مرتع بوته‌ای روندی کاهشی مشاهده می‌شود و تغییرات بسترهای تالابی (عموماً فصلی) بدون روند بود. طبقهٔ شهری و صنعتی در این مقیاس (۵۰۰ متر سنجنده مودیس) بدون تغییر بود در نتیجه مورد ارزیابی قرار نگرفت.

همبستگی متغیرهای آبی–اقلیمی: براساس آزمون‌های همبستگی، میان تغییرات مساحت آبی تالاب آلاگل و تالاب‌های آجی گل و آلماگل، همبستگی به میزان به‌ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۶۱ با p-value صفر نشان داد که بیانگر همبستگی معنی‌دار آب‌گیری در آن‌هاست. به‌منظور یافتن ارتباط بین تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب‌ها و تغییرات در متغیرهای آبی و اقلیمی، بر روی داده‌های میانگین ماهانه سری زمانی سال‌های ۲۰۲۰–۱۹۸۶ تجزیه و تحلیل همبستگی با سه آزمون پیرسون، کندال و اسپیرمن انجام شد که در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج در هر سه روش همبستگی تقریباً برابر یکدیگر هستند. از آنجا که برخی متغیرها مانند مساحت پهنه آبی، دبی رودخانه و پوشش گیاهی منطقه با تأخیر زمانی نسبت به بارش و دما پدید می‌آیند (Cañón *et al.*, 2011; Qi *et al.*, 2019) و تأخیر زمانی ۵ ماه برای پوشش گیاهی منطقه نسبت به دما، بارش و پهنه آبی و در تغییرات مساحت پهنهٔ آبی تأخیر زمانی یک ماه نسبت به دما و بارش بیشترین همبستگی را نشان داد. این تأخیر زمانی کمتر را می‌توان به سیلابی شدن آبخیز تالاب‌ها (Sheikh and Bahremand, 2011) نسبت داد. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بین متغیرهای اقلیمی و مساحت تالاب‌ها همبستگی ضعیفی با سطح معنی‌داری بالا وجود دارد و اکثراً در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار هستند که نشان‌دهندهٔ تأثیرپذیری متغیر وابسته از متغیرهای مستقل بارش و دما است. بیشترین همبستگی تغییرات پهنهٔ آبی تالاب‌ها با میزان خروجی آب تالاب و دبی رودخانهٔ اترک بوده است.

جدول ٤. نتایج آزمون روند من‌کندال برای متغیرهای آبی، اقلیمی و شاخص گیاهان NDVI و پوشش زمین آبخیز اترک در سه دههٔ اخیر (۲۰۲۰-۱۹۸٦) (مقادیر معنی‌دار آماری در p-value<۰/۰۵ به‌صورت پررنگ نشان داده شده است)

پارامتر			سالانه			
			طول دوره	Kendall's tau	p-value	Sen's slope
مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌ها		آلاگل		-۰/۱۲۶	**۰/۰۰۱**	-۰/۰۱۳
		آلماگل	۱۹۸۶-۲۰۲۱	-۰/۳۰۲	**۰/۰۰۰۱ >**	-۰/۰۰۳
		آجی‌گل		-۰/۰۳۵	۰/۳۵۸	-۰/۰۰۱
دبی اترک		مراوه‌تپه	۱۹۷۸-۲۰۱۷	-۰/۴۵۸	**۰/۰۰۰۱ >**	-۷۴/۵۹
		قازانقایه	۱۹۷۸-۲۰۱۷	-۰/۲۳۴	**۰/۰۲۳**	-۴۴/۲۳۶
		هوتن	۱۹۷۴-۲۰۲۰	-۰/۴۷۶	**۰/۰۰۰۱ >**	-۶/۴۶۵
		چات	۱۹۷۴-۲۰۲۰	-۰/۳۹۴	**۰/۰۰۱**	-۷/۸۰۶
		داشلی‌برون	۲۰۲۰-۱۹۸۶	-۰/۰۳۰	۰/۸۱۳	-۰/۲۳۱
اقلیم	بارش	قازانقایه	۱۹۷۰-۲۰۱۸	۰/۲۱۲	**۰/۰۳۷**	۲/۱۶۳
		هوتن	۱۹۷۰-۲۰۱۸	-۰/۱۳۳	۰/۱۸۵	-۰/۱۲۵
		داشلی‌برون	۱۹۸۵-۲۰۱۸	۰/۲۶۱	**۰/۰۳٤**	۱/۶۴۶
		کل حوضه (GPCC)	۱۹۷۰-۲۰۱۸	-۰/۱۵۳	۰/۱۲۳	-۱/۴۹۱
	دما	مراوه‌تپه	۱۹۷۴-۲۰۱۸	۰/۰۹۹	۰/۳۵۷	۰/۰۱۰
		ترشکلی	۱۹۷۴-۲۰۱۸	۰/۴۰۱	**۰/۰۰۰**	۰/۰۵۲
		اینچه‌برون	۱۹۷۴-۲۰۱۸	۰/۲۵۷	**۰/۰۱۳**	۰/۰۲۸
		کل حوضه (GHCN CAMS)	۱۹۴۸-۲۰۱۸	۰/۳۹۸	**۰/۰۰۰۱ >**	۰/۰۳۸
	تبخیر	مراوه‌تپه	۱۹۷۰-۲۰۱۸	۰/۲۷۲	**۰/۰۱٤**	-۰/۰۲۷
		ترشکلی	۱۹۷۳-۲۰۱۸	-۰/۳۸۲	**۰/۰۰۱**	-۰/۰۵۶
		اینچه‌برون	۲۰۱۸-۱۹۷۳	-۰/۰۱۵	۰/۹۰۲	-۰/۰۰۲
		کل حوضه (Terra)	۲۰۲۱-۲۰۰۰	-۰/۰۵۰	۰/۰۱۹	-۰/۰۰۱
پوشش زمین		زمین‌های لخت		-۰/۴۶۷	۰/۰۰۰	-۴/۵۲۱
		مرتع بوته ای		-۰/۷۵۰	**۰/۰۰۰۱ >**	-۷۵/۶۱۷
		مرتع علفزار	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۰/۷۶۷	**۰/۰۰۰۱ >**	۷۵/۷۷۰
		زمین‌های تالابی		۰/۳۲۶	۰/۰۸۷	۰/۳۹۹
		کشاورزی متراکم		۰/۴۲۷	۰/۰۲۴	۱۰/۱۰۷

جدول ۵. نتایج همبستگی بلندمدت متغیرهای آبی-اقلیمی و پوشش گیاهی (ماتریس مثلثی بالایی)، و مقادیر p مربوطه (ماتریس مثلثی پایینی) (مقادیر معنی دار ضریب همبستگی از نظر آماری در p-value<۰/۰۵ به صورت پررنگ نشان داده شده و نتایج تأخیر زمانی با بالاترین ضریب همبستگی ارائه شده است)

آزمون	پارامتر		مساحت تالاب‌ها	آورد (دبی) رودخانه	بارش	دما	خروجی تالاب‌ها از کانال
پیرسون	مساحت تالاب‌ها	Coefficient	---	۰/۲۷۸	۰/۱۵۴	-۰/۲۱۲	۰/۳۵۶
	آورد (دبی) رودخانه		**۰/۰۰۰**	---	۰/۱۷۶	۰/۰۵۷	۰/۱۴۶
	بارش		**۰/۰۰٦**	**۰/۰۰۰**	---	-۰/۵۸۴	۰/۰۸۹
	دما		**۰/۰۰۰**	۰/۲۶۱	**۰/۰۰۰**	---	-۰/۰۲۰
	خروجی تالاب‌ها از کانال	p-value	**۰/۰۰۰**	**۰/۰٤۳**	۰/۲۲۲	۰/۹۷۳	---
کندال	مساحت تالاب‌ها	Coefficient	---	۰/۱۸۱	۰/۱۲۰	-۰/۱۵۱	۰/۴۱۴
	آورد (دبی) رودخانه		**۰/۰۰۰**	---	۰/۱۷۵	-۰/۰۲۳	۰/۲۸۵
	بارش		**۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰	---	-۰/۴۱۸	۰/۱۳۶
	دما		**۰/۰۰۰**	۰/۴۹۳	**۰/۰۰۰**	---	-۰/۰۹۴
	خروجی تالاب‌ها از کانال	p-value	**۰/۰۰۰**	**۰/۰۰۰**	**۰/۰۱۰**	۰/۰۷۵	---
اسپیرمن	مساحت تالاب‌ها	Coefficient	---	۰/۲۶۹	۰/۱۷۷	-۰/۲۲۶	۰/۵۵۸
	آورد (دبی) رودخانه		**۰/۰۰۰**	---	۰/۲۵۷	-۰/۰۳۸	۰/۳۸۶
	بارش		**۰/۰۰۲**	**۰/۰۰۰**	---	-۰/۶۱۲	۰/۱۸۶
	دما		**۰/۰۰۰**	۰/۴۴۶	**۰/۰۰۰**	---	-۰/۱۲۷
	خروجی تالاب‌ها از کانال	p-value	**۰/۰۰۰**	**۰/۰۰۰**	**۰/۰۱۰**	۰/۰۷۹	---

در تغییرات دبی رودخانهٔ اترک و میزان بارش، همبستگی تأخیری کمتر از یک ماه معنی‌دار بود، درنتیجه، در مقیاس ماهانه، بدون تأخیر در نظر گرفته شد. بخش پایاب حوضهٔ اترک که تالاب‌های مذکور در آن واقع شده، نتیجهٔ رسوب‌گذاری نهایی رودخانهٔ اترک است (GUASNR, 2013) و تأخیر زمانی کم در بارش و آورد رودخانه با اطلاعات موجود هم‌خوانی دارد.

بحث

نوسان اقلیم بر الگوی توزیع آب‌های سطحی و به‌طور همزمان تأثیرات انسان بر توزیع منابع آب‌های سطحی اثر می‌گذارد. از جمله عوامل کاهش آب ورودی به مجموعه تالاب‌های مذکور در فصل‌های مختلف، تغییرات اقلیمی، مدیریت آب در بالادست حوضه، تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و کانال‌کشی‌های مختلف است. با بررسی شکل ۳ و مشاهدهٔ تغییرات پهنهٔ آبی تالاب‌ها می‌توان نتیجه گرفت که وسعت تالاب‌ها در سال‌های اخیر، در فصل‌های بارش به‌دلیل جمع‌آوری سیلاب‌ها افزایش ناگهانی داشته است و این وسعت مربوط به پهنهٔ آبی دائمی تالاب‌ها نیست. به‌عبارت دیگر، مدت آبگیری تالاب‌ها کمتر شده است، به‌همین دلیل بستر دائمی کمتر از فصلی نشان داده می‌شود که می‌تواند نشان از آبگیری‌های سیلابی تالاب‌ها باشد. ارزیابی روند بارش تأییدی بر این نتیجه است، زیرا تغییرات مشهودی در روند کل حوضه دیده نشده است (p_value>۰/۰۵) و این در حالی‌است که در ایستگاه‌های نزدیک به تالاب، آمارهٔ من کندال (۰/۲۵۷) و (p_value=۰/۰۳۴)روندی افزایشی را نشان می‌دهند. این نتایج همسو با نتایج پژوهش Sheikh و Bahremand (۲۰۱۱) است، که بیان داشتند که در طول سال‌های ۲۰۰۸–۱۹۷۵، رژیم آبی‌دهی حوضهٔ اترک کاهش یافته و طغیان‌های سیلابی افزایش پیدا کرده است.

روند افزایشی دما در تمام ایستگاه‌های حوضه و براساس تصاویر ماهواره‌ای، نشان از گرم شدن اقلیم در بازهٔ ۴۰ ساله در آبخیز اترک دارد. در این تحقیق، دما به‌طور مستقیم با دبی رودخانه اترک همبستگی معنی‌داری نشان نداد، اما با توجه به وجود همبستگی معنی‌دار با تغییرات مساحت تالاب‌های مذکور می‌توان افزایش تبخیر و یا تغییرات در رواناب‌های سطحی منطقه را عوامل غیرمستقیم افزایش دما بر مساحت تالاب‌ها در نظر گرفت. تبخیر یکی از عوامل مهم در ذخیرهٔ آب در تالاب است و افزایش دما به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش تبخیر بر هیدرولوژی حوضه و نیز پهنهٔ آبی تالاب اثر می‌گذارد. همبستگی منفی دما و مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌های سه گانه این موضوع را نشان می‌دهد. از طرفی، تبخیر سالانه در نزدیکترین ایستگاه تبخیرسنجی (اینچه‌برون) با شیب کمی روند منفی را نشان می‌دهد و این روند کاهشی ممکن است به‌دلیل کاهش سرعت باد باشد، مشابه این تناقض بین افزایش روند دما و کاهش تبخیر در تحقیقات دیگر (Chun *et al.*, 2020) نیز مشاهده شده است. روند بارندگی در کل حوضه معنی‌دار نبوده و حتی در دو ایستگاه بالادست و پایین‌دست حوضه (به‌ترتیب، قازانقایه و داشلی‌برون) شیب افزایشی داشته است و بنا بر همبستگی معنی‌دار بین بارش و مساحت تالاب‌ها، احتمالا در مقیاس زمانی طولانی مدت، تغییرات بارش بر ذخیرهٔ آب تالاب‌ها و نوسانات پهنهٔ آبی دائم تالاب‌ها تأثیر مستقیم کمتری گذاشته است. مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهد، میزان بارندگی در ایران طی شش دههٔ گذشته (۶۰ سال گذشته) تغییری نکرده است، اما در ۴ دههٔ گذشته تعداد روزهای بارانی در اکثر نقاط ایران و نیز سواحل جنوبی دریای خزر و شمال شرقی ایران کاهش یافته است و روزهایی با بارندگی شدید افزایش چشمگیری داشته است (Doostan, 2020) که می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش سیلابی شدن آبخیز اترک و فصلی شدن تالاب‌های سه گانه باشد. براساس نتایج، دما و بارش به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبتی با مساحت پهنهٔ آبی تالاب‌های آلاگل، آجی‌گل و آلماگل داشتند، اما دما با دبی رودخانهٔ اترک به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین‌کنندهٔ تالاب‌های مذکور فاقد همبستگی و بارش با دبی دارای همبستگی ناچیزی بود.

در تمام سری‌های زمانی میانگین ماهانهٔ مشاهده‌شده در ۵ ایستگاه هیدرومتری به‌جز ایستگاه داشلی‌برون، روندهای نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. براساس همبستگی بین بارش و دبی رودخانهٔ اترک و فرض بر این که تغییرات بارندگی نقشی در تغییرات جریان دارد، هیچ روند کاهش واضحی در سری‌های زمانی بلند مدت داده‌های بارش ثبت‌شده در حوضه یافت نشده است بلکه در ایستگاه داشلی‌برون این روند افزایش ناچیزی نیز داشته است. در مجموع اینطور به‌نظر می‌رسد که روند تغییرات اقلیم تأثیر مستقیم معنی‌داری بر نهاده‌های آب‌شناختی منطقهٔ مورد مطالعه ندارد و وضعیت متناقضی را ارائه می‌دهد که می‌توان آن را به فعالیت‌های انسانی در بالادست حوضه و نیز در حوضهٔ اترک علیا در خراسان شمالی نسبت داد. نتایج تحلیل بارندگی و دبی رودخانهٔ اترک (Fahiminezhad and Fallah Ghalhari, 2014) نیز نشان داد بارندگی فصل پاییز و زمستان ایستگاه‌های حوضهٔ اترک دارای روند افزایشی و کاهشی برابر است. ولی روند افزایشی در داده‌های دبی هیچ یک از ایستگاه‌ها مشاهده نشده است و به احتمال زیاد به‌علت افزایش برداشت و استفاده از آب رودخانه است. در حوضهٔ اترک بالادست در خراسان شمالی نیز تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی دبی صورت گرفته در مطالعات، روند نزولی آشکار ماهانه، فصلی و سالانه را نشان می‌دهد. به‌طور کلی تغییر اقلیم جهانی تأثیر معنی‌داری بر نهاده‌های آب‌شناختی منطقهٔ مورد مطالعه (حوضهٔ اترک خراسان شمالی) ندارد. بنابراین تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری/پوشش زمین مورد بررسی قرار گرفت. با وجود اینکه تغییرات کاربری/پوشش زمین مورد بررسی قرار گرفت، اما این مطالعه نتوانست رابطهٔ مستقیم بین متغیرهای آبی–اقلیمی و تغییرات کاربری/پوشش

زمین را ایجاد کند. این در راستای مطالعاتی است که فعالیت‌های انسانی مانند سدها، تغییرات کاربری اراضی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب را به‌عنوان محرک‌های تغییرات در محدودهٔ تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی‌گل شناسایی کرده‌اند. فعالیت‌های کشاورزی اطراف رودخانهٔ اترک و تالاب‌ها به مرور زمان منجر به افت سطح آب شده و همین موضوع به مرور زمان می‌تواند یکی از دلایل کاهش وسعت توده‌های آبی باشد. رودخانه اترک در حوضه اترک پایین‌دست (استان گلستان)، مراتع و زمین‌های کشاورزی ده‌ها شهر و روستا از جمله مزارع گندم در منطقهٔ مراوه‌تپه که به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین منابع تولید گندم در ایران شناخته می‌شوند را سیراب می‌کند. از طرفی، استان گلستان رتبهٔ چهارم را در پرورش ماهیان گرمابی کشور دارد و استخرهای پرورش ماهی در حوضهٔ اترک واقع شده‌اند و این پژوهشگران دلیل کم‌آبی دبی رودخانهٔ اترک را سدسازی‌های مختلف در مناطق بالادست (استان‌های خراسان رضوی و خراسان شمالی)، کشت آبی در حاشیهٔ رودخانه و از سویی دیگر در برخی از مناطق حفر چاه‌های عمیق برای شالیکاری ذکر می‌کنند (Mirshafee *et al.*, 2017). فعالیت کشاورزی در زیرحوضهٔ تالاب‌ها کشت محصولات زراعی مانند گندم آبی، گندم دیم، جو آبی، جو دیم و صیفی‌جات مانند خربزه و هندوانه است. برای مثال در روستای تنگلی محصولاتی همچون هندوانه، گندم، خربزه و پنبه کاشته می‌شود. کشت آبی بهاره مانند صیفی‌جات خصوصاً در مجاورت رودخانهٔ اترک و محدودهٔ تالاب‌ها در شرایطی که پرآبی باشند، انجام می‌شود و از تالاب‌ها در فصل رشد برداشت می‌شود. این موضوع تأثیر قابل توجهی بر آب تالاب‌ها در ماه‌های خشک دارد. کشت ارقام مختلف گندم و جو در پاییز است. بنابراین کشت آبی این محصولات در فصل پاییز مصرف‌کنندهٔ آب تالاب‌ها خواهد بود. کشت دیم احتمالاً تأثیری بر تالاب‌ها ندارد مگر در ماه‌هایی از پاییز که بارندگی رخ نداده باشد در این صورت می‌توان احتمال برداشت آب از تالاب‌ها و یا کانال‌های منتهی به آن را در نظر گرفت. براساس تغییرات زمین‌های کشاورزی در مجاورت رودخانهٔ اترک از بالادست تا مجاورت تالاب‌ها می‌توان گفت احتمالاً تغییرات کاربری/پوشش زمین، اثرات معنی‌داری بر روی جریان‌های هیدروژئولوژیک دارد و در بلندمدت تغییر الگوی کشت تأثیر قابل توجهی بر آبگیری تالاب‌ها خصوصاً در فصل رشد و ماه‌های خشک داشته است و تأثیر انسان بر محیط‌زیست تالاب‌های مذکور در حال افزایش است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده برای درک بهتر از شرایط حال و آینده تالاب‌ها، میزان حجم رسوب‌گذاری در بستر و تأثیرات آن بر تالاب بررسی شود؛ زیرا با کم عمق شدن بستر موقت و فصلی تالاب‌ها در نتیجه افزایش حجم رسوب، آب ورودی به تالاب در مساحت بیشتری پخش می‌شود و سطح بیشتری را برای تبخیر ایجاد می‌کند و دوره هیدروپریود (مدت زمان نگهداری آب در تالاب) تالاب‌ها احتمالاً به‌دلیل افزایش تبخیر و تعرق کوتاه می‌شود (Skagen *et al*., 2016). افزایش سطح در تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند در برآورد حجم آب تالاب گمراه‌کننده باشد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که کاهش دبی رودخانهٔ اترک و پیش‌روی تالاب‌های مذکور به سمت فصلی شدن بستر دائمی آن‌ها بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است و تغییرات آب و هوایی نقش مستقیم کمتری در این روند کاهشی دارد. در نهایت، یافته‌های این مطالعه می‌تواند به محققان در درک و شناسایی عوامل تهدیدکنندهٔ تالاب‌ها در آینده، مدل‌سازی بیلان تالاب‌ها و تعیین حقابهٔ آن‌ها مؤثر باشد و در مدیریت بهتر آب در آبخیز کمک کند.

References

Acreman, C.E.H.M., Blake, J., Mountford, O., Prudhomme, C., Kay, A., Bell, V., 2011. Guidance on using the wetland sensitivity to climate change tool-kit. Open Report, (December), pp: 1-58.

Aghsaei, H., Mobarghaee, N., Moridi, A., Asadolahi, Z., Delavar, M., Fohrer, N., Daniel, P., 2020. Science of the Total Environment Effects of dynamic land use / land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. Science of the Total Environment 712, pp: 1-11.

Behrozirad, B., 2008. Wetlands of Iran. National Geographical Organization Publication. Tehran. 798 p. (In Persian)

Cañón, J., Domínguez, F., Valdes, J.B., 2011. Vegetation responses to precipitation and temperature: A spatiotemporal Analysis of ecoregions in the Colorado River Basin. International Journal of Remote Sensing 32(20), 5665-5687.

Chun, X., Qin, F.Y., Zhou, H.J., Dan, D., Xia, Y.Y., Ulambadrakh, K., 2020. Effects of climate variability and land use/land cover change on the Daihai wetland of central Inner Mongolia over the past decades. Journal of Mountain Science 17(12), 3070-3084.

Dangles, O., Rabatel, A., Kraemer, M., Zeballos, G., Soruco, A., Jacobsen, D., Anthelme, F., 2017.

Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. PLoS One 12(5), 1-22.

Doostan, R., 2020. An Analysis of Rainfall Changes in Iran. Journal of Climate Research 10, 13-25.

Doulabian, S., Golian, S., Toosi, A.S., Murphy, C., 2021. Evaluating the effects of climate change on precipitation and temperature for iran using rcp scenarios. Journal of Water and Climate Change 12(1), 166-184.

Erwin, K.L., 2009. Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. Wetlands Ecology and Management 17(1), 71-84.

Fahiminezhad, E., Fallah Ghalhari, Gh., 2014. Evaluation of the trend of seasonal and annual changes in precipitation and discharge in Atrak catchment area. 5th International Conference on Integrated Natural Disaster Management, Tehra, Iran. 14 p. (In Persian)

Ghorbani, R., Taghipour, A.A., Mahmoudzadeh, H., 2013. Analysis and Evaluation of Land Use Changes in International Wetlands of Ala-Gol, Alma- Gol & Ajay-Gol in Turkaman Sahra, Using Multi-temporal Satellite Images. Geography and Environmental Planning 23(4), 167-184. (In Persian)

Gil-márquez, J.M., Andreo, B., Mudarra, M., 2021. Comparative analysis of runoff and evaporation assessment methods to evaluate wetland–groundwater interaction in mediterranean evaporitic-karst aquatic ecosystem. Water (Switzerland) 13(11), 1-19.

Gilvear, D.J., Mclnnes, R.J., 1994. Wetland Hydrological Vulnerability and the Use of Classification Procedures: a Scottish Case Study. Environmental Management 42, 403-414.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment 202, 18-27.

Gray, J., Sulla-Menashe, D., Friedl, M.A., 2019. MODIS Land Cover Dynamics (MCD12Q2) Product. User Guide Collection 6.

GUASNR, 2013. Golestan Province land use planning report; Water. Published by Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. 108 p. (In Persian)

House, A., 2016. Ecohydrological impacts of climate change on a riparian chalk valley wetland, (Doctoral dissertation, UCL (University College London)), pp: 1-288.

Jackson, C.R., Thompson, J.A., Kolka, R.K., 2019. Wetland Soils, Hydrology, and Geomorphology. Ecology of Freshwater and Estuarine Wetlands, edited by Darold P. Batzer and Rebecca R. Sharitz, Berkeley: University of California Press, pp: 23-60.

Ji, P., Yuan, X., 2018. High-Resolution Land Surface Modeling of Hydrological Changes Over the Sanjiangyuan Region in the Eastern Tibetan Plateau: 2. Impact of Climate and Land Cover Change. Journal of Advances in Modeling Earth Systems 10(11), 2829-2843.

Karim, F., Dutta, D., Marvanek, S., Petheram, C., Ticehurst, C., Lerat, J., Kim, S., Yang, A., 2015. Assessing the impacts of climate change and dams on floodplain inundation and wetland connectivity in the wet-dry tropics of northern Australia. Journal of Hydrology 522, 80-94.

Khazaei, B., Khatami, S., Alemohammad, S.H., Rashidi, L., Wu, C., Madani, K., et al., 2019. Climatic or regionally induced by humans? Tracing hydro-climatic and land-use changes to better understand the Lake Urmia tragedy. Journal of Hydrology 569, 203-217.

Liu, D., Cao, C., Chen, W., Ni, X., Tian, R., Xing, X., 2017. Monitoring and predicting the degradation of a semi-arid wetland due to climate change and water abstraction in the Ordos Larus relictus National Nature Reserve, China. Geomatics, Natural Hazards and Risk 8(2), 367-383.

Liu, Y., Sheng, L., Liu, J., 2015. Impact of wetland change on local climate in semi-arid zone of Northeast China. Chinese Geographical Science 25(3), 309-320.

Liuzzo, L., Noto, L.V., Vivoni, E.R., La Loggia, G., 2010. Basin-Scale Water Resources Assessment in Oklahoma under Synthetic Climate Change Scenarios Using a Fully Distributed Hydrologic Model. Journal of Hydrologic Engineering 15(2), 107-122.

Mehrani, A., Riazi, B., Mirbagheri, S.A., Khorasani, N., 2022. Monitoring of vegetation changes in Golestan province and a collection of international wetlands (Alma Gol, Alagol and Aji Gol) And the reasons are based on a two-time analysis of NDVI. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research 16(64), 97-110. (In Persian)

Mirshafee, S., Ansari, H., Mianabadi, H., 2015 Bankruptcy Methods in Transboundary Rivers Allocation Problems Case study: (Atrak river). Iranian Journal of Irrigation & Drainage 9(4), 594-

604. (In Persian)
Nyadzi, E., Bessah, E., Kranjac-Berisavljevic, G., Ludwig, F., 2021. Hydro-climatic and land use/cover changes in Nasia catchment of the White Volta basin in Ghana. Theoretical and Applied Climatology 146(3-4), 1297-1314.
Pal, S., Saha, T.K., 2018. Identifying dam-induced wetland changes using an inundation frequency approach: The case of the Atreyee River basin of Indo-Bangladesh. Ecohydrology and Hydrobiology 18(1), 66-81.
Pekel, J.F., Cottam, A., Gorelick, N., Belward, A.S., 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. Nature 540(7633), 418-422.
Qi, X., Yin, D., An, Y., Wang, Y., Gong, L., 2019. Response characteristics of water level dynamic of the Baiyangdian Wetland to climate change and human activities. E3S Web of Conferences, 131.
Ramsar Convention. 1997. Alagol, Ulmagol and Ajigol Lakes, Information Sheet on Ramsar Wetlands, pp: 1-5.
Saboohi, R., Soltani, S., Khodagholi, M., 2012. Trend analysis of temperature parameters in Iran. Theoretical and Applied Climatology 109(3-4), 529-547.
Salmanmahiny, A., Sefidian, S., 2012. A Hydrological Classification of International Wetlands of Iran. Environmental Researches, Tehran, Iran. 6, 45-56. (In Persian)
Sanjerehei, M.M., Rundel, P. W., 2017. The future of Iranian wetlands under climate change. Wetlands Ecology and Management 25(3), 257-273.
Sefidian, S., Salmanmahiny, A., 2016. Wetlands Ecology and Management. The Iranian Association for Environmental Assessment (IAEA). 360 p. (On Persian)
Sheikh, V., Bahremand, A., 2011. Trends in precipitation and stream flow in the semi-arid region of Atrak River Basin, North Khorasan, Iran. Desert (Biaban) 16(1), 49-60.
Skagen, S.K., Burris, L.E., Granfors, D.A., 2016. Sediment Accumulation in Prairie Wetlands under a Changing Climate: the Relative Roles of Landscape and Precipitation. Wetlands 36, 383-395.
Smith, D. Mark., 2006. Just One Planet: poverty, justice and climate change, 255 p
Tabari, H., & Hosseinzadeh Talaee, P., 2011. Analysis of trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran. Global and Planetary Change 79(1), 1-10.
Tasser, E., Leitinger, G., Tappeiner, U., 2017. Climate change versus land-use change-What affects the mountain landscapes more?. Land Use Policy 60, 60-72.
Tooth, S., 2018. The geomorphology of wetlands in drylands: Resilience, nonresilience, or …?. Geomorphology 305, 33-48.
Xi, Y., Peng, S., Ciais, P., Chen, Y., 2021. Future impacts of climate change on inland Ramsar wetlands. Nature Climate Change 11(1), 45-51.
Xu, W., Fan, X., Ma, J., Pimm, S.L., Kong, L., Zeng, Y., et al., 2019. Hidden Loss of Wetlands in China. Current Biology 29(18), 3065-3071.
Zhang, X. C., Liu, W.Z., Li, Z., Chen, J., 2011. Trend and uncertainty analysis of simulated climate change impacts with multiple GCMs and emission scenarios. Agricultural and Forest Meteorology 151(10), 1297-1304.