Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Analysis of changes in area and water quality of wetlands in the Godarchay Watershed

Mohammad Koohani[1], Javad Behmanesh[2*], Vahid Rezaverdinejad[3]

1. Ph.D. Student, Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran, Email: Koohani27@gmail.com
2. Professor, Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran, Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir
3. Professor, Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran, Email: v.verdinejad@urmia.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 04 February 2025
Revised: 08 March 2025
Accepted: 12 March 2025
Published online: 13 June 2025

Keywords:
Land Use Change, Wetland Monitoring, Human Impacts, Water Resource Management

ABSTRACT

This study examines the changes in the area and water quality of both permanent and seasonal wetlands over 34 years, highlighting their sensitivity to climate change and human activities. Wetlands, vital for regulating the water cycle and supporting biodiversity, have seen a significant decline in area and water quality in recent decades. Satellite images from Landsat 5, 7, and Sentinel-2, with high spatial resolution, were used to generate land use maps, processed with ArcGIS Pro and ENVI software. The analysis utilized advanced techniques such as SVM, Markov, and CA-Markov models. Water quality data from 2021 to 2024 in permanent wetlands were analyzed, focusing on parameters such as TSS, NO_3, PO_4^{2-}, pH, TDS, COD, BOD_5, and EC. The results indicate a notable increase in water bodies and orchards, expanding from 348.77 km2 in 1990 to 634.20 km2 in 2024, with a predicted rise to 722.90 km2 by 2030. Conversely, rangelands decreased from 1,498.13 km² in 1990 to 1,037.06 km² in 2024, and are expected to further decrease to 938.30 km² by 2030. Rainfed lands remained relatively stable, while seasonal wetlands exhibited more fluctuations than permanent ones. The study also revealed that seasonal wetlands like Yadegarlu and Taleghan experienced significant reductions during dry years, whereas permanent wetlands such as Agh-Gol and Dargeh-Sangi showed greater stability. These findings underscore the importance of effective water resource management and planning, particularly during drought periods, to ensure the protection and sustainability of wetlands.

Citation: Koohani, E., Behmanesh, J., & Rezaverdinejad, V. (2025). Analysis of changes in area and water quality of wetlands in the Godarchay Watershed, Iran .*Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(1), 67-84.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

* **Corresponding author:** Javad Behmanesh
Address: Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran
Tel: +989141460272
Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Analysis of changes in area and water quality of wetlands in the Godarchay Watershed

Mohammad Koohani[1], Javad Behmanesh[2*], Vahid Rezaverdinejad[3]

1. Ph.D. Student, Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran, Email: Koohani27@gmail.com
2. Professor, Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran, Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir
3. Professor, Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran, Email: v.verdinejad@urmia.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Wetlands, recognized as one of the most essential ecosystems, play a crucial role in maintaining the water cycle, preserving biodiversity, and delivering vital ecosystem services. Despite their importance, wetlands are highly sensitive to environmental changes, particularly climate change and increasing human activities. Over the past few decades, these ecosystems have faced considerable reductions in their surface area and alterations in water quality. This research investigates both permanent and seasonal wetlands, analyzing their changes in size and water quality over a 34-year period. The study highlights how seasonal wetlands are especially vulnerable, frequently experiencing declines in area and water quality due to dry conditions, while permanent wetlands have shown greater resilience. These findings underscore the need for effective wetland management strategies to mitigate the impacts of climate change and human activities on these crucial ecosystems. Ensuring the long-term sustainability of wetlands is critical for the preservation of biodiversity and the provision of clean water.

Methodology: To generate accurate land use maps, high-resolution satellite imagery from Landsat 5, Landsat 7, and Sentinel-2 (with 30- and 10-m resolutions, respectively) was employed. The preprocessing of these satellite images was meticulously carried out using ArcGIS Pro and ENVI software to ensure optimal precision and data quality. Advanced analytical methods, including Support Vector Machine (SVM), Markov models, and CA-Markov models, were applied for detailed analysis. Furthermore, water quality data from permanent wetlands, encompassing parameters such as Total Suspended Solids (TSS), nitrate (NO_3), phosphate (PO_4^{2-}), pH, Total Dissolved Solids (TDS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), and Electrical Conductivity (EC), were comprehensively examined over the period from 2021 to 2024. This robust methodological approach ensures a thorough understanding of both land use dynamics and water quality trends in the region.

Results and Discussion: The findings revealed a significant expansion in the area of water bodies and orchards, which increased from 348.77 km^2 in 1990 to 634.20 km^2 by 2024. This upward trend is expected to continue, reaching 722.90 km^2 by 2030. In contrast, rangelands have shown a consistent decline, shrinking from 1498.13 km^2 in 1990 to 1037.06 km^2 in 2024, with projections indicating a further reduction to 938.30 km^2 by 2030. Additionally, while rainfed lands have maintained relative stability over time, seasonal wetlands have exhibited greater variability compared to the more stable permanent wetlands. This indicates differing responses to environmental and climatic factors between these wetland types.

Conclusion: This research delves into the variations in both water quality and the surface area of four significant wetlands within the Godarchay watershed, focusing on the seasonal wetlands of Yadegarlu and Taleghan, as well as the permanent wetlands of Aq-Qaleh and Dargah-Sangi. The findings indicate that seasonal wetlands are highly susceptible to climatic variations and human activities, leading to considerable decreases in both surface area and water quality, particularly during dry periods. On the other hand, the permanent wetlands demonstrated a greater degree of stability, showcasing their resilience to climatic fluctuations. From 1990 to 2024, these wetlands underwent substantial changes in their surface areas, driven by environmental factors and resource management practices. Furthermore, water quality showed noticeable improvements in BOD_5 and COD levels, indicating reduced pollution, although rising EC levels point to the need for better management

* **Corresponding author:** Javad Behmanesh
Address: Water Engineering Depatment, Faculty of agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran
Tel: +989141460272
Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

strategies. Effective management of water resources remains essential for safeguarding these wetlands, ensuring their ecological sustainability, and mitigating the impacts of climate change and human pressures.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: The present research is part of a Ph.D. dissertation funded by Urmia University.

Authors' contribution: Mohammad Koohani: Methodology, software, writing, editing; Javad Behmanesh: Conceptualization, supervision, editing; Vahid Rezaverdinejad: Advisor.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: Urmia University is acknowledged for the financial and spiritual support during different phases of the Ph.D. dissertation of the first author.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

تحلیل تغییرات مساحت و کیفیت آب تالاب‌های حوزه آبخیز گدارچای در استان آذربایجان غربی

محمد کوهانی[۱]، جواد بهمنش[۲*]، وحید رضاوردی‌نژاد[۳]

۱. دانشجوی دکتری آبیاری زهکشی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، Koohani27@gmail.com
۲. استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، j.behmanesh@urmia.ac.ir
۳. استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، v.verdinejad@urmia.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۶ بهمن ۱۴۰۳
بازنگری: ۱۸ اسفند ۱۴۰۳
پذیرش: ۲۲ اسفند ۱۴۰۳
انتشار برخط: ۲۳ خرداد ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
تغییرکاربری اراضی، پایش تالاب‌ها، تأثیرات انسانی، مدیریت منابع آب

چکیده

تالاب‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌روند و نقشی حیاتی در تنظیم چرخه آب، پشتیبانی از تنوع زیستی و ارائه خدمات محیط‌زیستی ایفا می‌کنند. این مناطق به‌دلیل حساسیت زیاد به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، در دهه‌های اخیر با کاهش مساحت و تغییر در کیفیت آب مواجه شده‌اند. در این مطالعه، تغییرات مساحت و کیفیت آب تالاب‌های دائمی و فصلی طی بازه زمانی ۳۴ ساله بررسی شد. برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5، Landsat 7 و Sentinel-2 با تفکیک مکانی دقیق و نرم‌افزارهای ArcGIS Pro و ENVI استفاده شد. تحلیل‌ها با روش‌های پیشرفته‌ای مانند SVM و مدل‌های مارکوف انجام گرفت. نتایج نشان داد که مساحت اراضی آبی و باغات از ۳۴۸/۷۷ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۰ به ۶۳۴/۲۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۷۲۲٫۹۰ کیلومترمربع برسد. در مقابل، مراتع به‌طور مداوم کاهش یافته و از ۱۴۹۸/۱۳ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۰ به ۱۰۳۷/۰۶کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. هم‌چنین تالاب‌های فصلی نوسانات بیش‌تری نسبت به تالاب‌های دائمی نشان می‌دهند. تالاب‌های یادگارلو و طالقان در سال‌های خشک کاهش شدیدی داشته‌اند، درحالی‌که تالاب‌های دائمی مانند آق‌قلعه و درگه‌سنگی پایداری بیش‌تری نشان داده‌اند. این نتایج بر اهمیت مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی مناسب برای حفاظت از تالاب‌ها، به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی، تأکید دارند.

استناد: کوهانی، محمد، بهمنش، جواد، و رضاوردی‌نژاد، وحید. (۱۴۰۴). تحلیل تغییرات مساحت و کیفیت آب تالاب‌های حوزه آبخیز گدارچای در استان آذربایجان غربی. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۱)، ۶۷-۸۴.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** جواد بهمنش
نشانی: گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران،
تلفن: ۰۹۱۴۱۴۶۰۲۷۲
پست الکترونیکی: j.behmanesh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

مقدمه

تالاب‌ها که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر طبیعی شناخته می‌شوند، مناطق حدفاصل بین خشکی و آب هستند و تنها ۶ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند، اما نقشی حیاتی در پایداری اکوسیستم‌های جهانی ایفا می‌کنند. این زیستگاه‌ها که شامل اکوسیستم‌های متنوعی ازجمله مناطق دائمی و فصلی آب‌گرفته می‌شوند، به‌دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود، در تنظیم کیفیت آب، کنترل سیلاب، تصفیه آب و حفظ تنوع زیستی نقش بسیار مؤثری دارند. بااین‌حال، فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی، به‌شدت تالاب‌ها را تحت‌فشار قرار داده و در سطح جهانی شاهد کاهش چشم‌گیر این اکوسیستم‌ها هستیم (Chen et al., 2018). تالاب‌ها نواحی انتقالی بین محیط‌های خشکی و آبزی هستند که در حفظ ثبات محیط‌زیست، تصفیه آب، حفظ تنوع زیستی، کاهش طغیان و فرسایش و ارائه سایر خدمات نقش به‌سزایی دارند. بااین‌حال، به‌دلیل فعالیت‌های شدید انسانی، تغییرات آب و هوایی، کاهش تنوع زیستی و اختلال در عملکردهای محیط‌زیستی، احتمال عقب‌نشینی تالاب‌ها وجود دارد که باعث ایجاد مشکلات محیط‌زیستی و اجتماعی زیادی می‌شوند (Singh et al., 2020). مدیریت و حفاظت مؤثر از تالاب‌ها نیازمند نقشه‌های طبقه‌بندی دقیق و جامع به‌همراه اطلاعات تغییرات مکانی-زمانی است که برای تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی و سیاست‌های محلی ضروری هستند. محققان با رصد وضعیت تالاب‌ها در ایران، تغییرات اکوسیستم‌های تالابی را در استان‌های مختلف بررسی می‌کنند و مناطقی را که در آن‌ها تالاب‌ها با سرعتی غیرعادی از بین می‌روند، شناسایی کرده‌اند. پایش مداوم این تغییرات و استفاده از مدل‌ها و داده‌های معتبر برای پیش‌بینی و تخمین این تغییرات، ابزاری کارآمد در مدیریت صحیح و جلوگیری از تخریب تالاب‌ها است (Chen et al., 2018, Wang and Yeseou. 2018). تالاب‌ها به‌دلیل ارائه خدمات محیط‌زیستی گوناگون، ازجمله تأمین منابع آب، تصفیه طبیعی آب و ایجاد زیستگاه‌های حیات‌وحش، نقش بسیار مهمی در پایداری محیط‌زیست دارند. استفاده از فناوری‌های جدید، مانند سنجش از دور و مدل‌های پیش‌بینی تغییرات، می‌تواند به درک بهتر و بهبود مدیریت این منابع حیاتی کمک کند (Zhang et al., 2012).

تالاب‌ها به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش بسیار مهمی در حفظ تنوع زیستی و ارائه خدمات زیست‌محیطی ایفا می‌کنند. این اکوسیستم‌های حیاتی غیرقابل جایگزین هستند، اما متأسفانه به‌دلیل برخوردهای نادرست و بهره‌برداری‌های خودخواهانه، بیش‌تر از سایر اکوسیستم‌ها دچار تخریب شده‌اند. انسان‌ها در طول تاریخ، به اشتباه تالاب‌ها را اراضی بی‌فایده و خطرناک تلقی کرده‌اند و این نگرش خصمانه منجر به نابودی گسترده آن‌ها شده است. تالاب‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌های حیاتی در چرخه آب و حفظ تنوع زیستی نقش مهمی دارند؛ اما از نظر حجمی، سهم آن‌ها در ذخیره آب جهان بسیار ناچیز است. در واقع، از کل آب‌های کره زمین تنها حدود ۳ درصد آب شیرین محسوب می‌شود و تالاب‌ها فقط بخشی اندکی از این آب‌های شیرین را در بر می‌گیرند. برآوردهای موجود نشان می‌دهد که علی‌رغم این‌که کم‌تر از ۱ درصد از کل آب‌های کره زمین در تالاب‌ها ذخیره شده باشد، نقشی کلیدی در کنترل سیل، خشکسالی، حفظ منابع آب شیرین و زیرزمینی و کاهش آلودگی آب ایفا می‌کنند. با این حال، ۶۴ درصد از تالاب‌های جهانی در طول قرن بیستم و اوایل قرن بیست و یکم از بین رفته‌اند. به‌عنوان مثال، در چین طی ۵۰ سال گذشته بیش از نیمی از مساحت تالاب‌های این کشور کاهش‌یافته و بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ تقریباً ۳۰ درصد از این زیستگاه‌های حیاتی نابود شده‌اند. این آمار نشان‌دهنده وخامت وضعیت جهانی تالاب‌ها و نیاز فوری به اقدامات حفاظتی است (Siachalou Doxani et al., 2014). تالاب‌ها در ایران، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از اهمیت محیط‌زیستی بسیار بالایی برخوردارند. یکی از برجسته‌ترین نمونه‌های تالاب‌های ایران، دریاچه ارومیه است که با ویژگی‌های خاص خود نه‌تنها برای اکوسیستم محلی، بلکه در سطح جهانی اهمیت دارد. این دریاچه، زیستگاه انواع گونه‌های گیاهی و جانوری کمیاب است و از سال ۱۳۵۶ به‌عنوان تالاب بین‌المللی و ذخیره‌گاه زیست‌کره یونسکو ثبت شده است. با این حال، در سال‌های اخیر تحت فشارهای محیط‌زیستی و انسانی شدیداً آسیب دیده است (Dehghanipour et al., 2020؛ مجنونیان و همکاران، ۱۳۹۹). علاوه‌بر دریاچه ارومیه، تالاب‌های اقماری همچون قوپی علی‌بابا، کانی برازان و یادگارلو که همگی در اطراف دریاچه قرار دارند، با این اکوسیستم پیوستگی دارند و برخی از آن‌ها نیز در کنوانسیون رامسر به‌عنوان تالاب‌های بین‌المللی ثبت شده‌اند؛ اما متأسفانه روند خشکسالی و نابودی در این تالاب‌ها هم‌چنان ادامه دارد. برای نمونه، تالاب یادگارلو به‌طور کامل خشک شده است و قوپی علی بابا نیز در تابستان‌ها به‌طور دوره‌ای خشک می‌شود که این وضعیت تهدیدی جدی برای حفظ این اکوسیستم‌های حیاتی است. مدیریت تالاب‌ها در ایران در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. درحالی‌که به‌دلیل کمبود اطلاعات لازم در مورد ماهیت مشکلات مدیریتی و ناکارآمدی، اجرای بسیاری از اقدامات مدیریتی مؤثر در حفاظت از تالاب‌ها متوقف می‌ماند. براساس آن‌چه ذکر شد، یکی از مهم‌ترین عوامل شکست طرح‌های مدیریتی، نبود دید جامع از روند تغییرات و پیش‌بینی آن با توجه به وضعیت گذشته و حال است. در حال حاضر فناوری سنجش از دور ابزاری ضروری و ارزشمند پایش تغییرات کاربری اراضی است (قاسمی و همکاران، ۱۴۰۰).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

تالاب‌ها به‌عنوان زیستگاه‌های حساس و مهم، در دهه‌های اخیر تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی قرار گرفته‌اند. مطالعات مختلفی برای پایش وضعیت این اکوسیستم‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است که به نتایج مشابهی در مورد کاهش مساحت تالاب‌ها و تأثیر منفی توسعه انسانی رسیده‌اند. در همین راستا Ali baig et al., (2017) با تحلیل تصاویر ماهواره‌ای لندست در مورد تالاب‌های اوچالی، نوری لاگون و اینداس دلتا دریافتند که در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶، کاهش قابل‌توجهی در سطح آب این تالاب‌ها رخ داده است. این کاهش به عواملی هم‌چون تغییرات اقلیمی و برداشت‌های بیش‌ازحد از منابع آب نسبت داده شد Akumu et al., (2018). در ایالات متحده، تالاب‌های تنسی۱ را با استفاده از تصاویر لندست ۸ و ابزارهای GIS طبقه‌بندی کردند و دریافتند که تقریباً ۱۰ درصد از تالاب‌های این منطقه به‌دلیل فعالیت‌های انسانی نظیر توسعه کشاورزی و شهرسازی و نیز تغییرات دمایی، در معرض خطر قرار گرفته‌اند. در آفریقای جنوبی Phethi & Gumbo, (2019) با بررسی تصاویر ماهواره‌ای تالاب‌ها به این نتیجه رسیدند که توسعه کشاورزی مهم‌ترین عامل تخریب تالاب‌ها بوده است. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که در دوره ۲۶ ساله از ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۴، بخش قابل‌توجهی از اراضی تالابی به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده است. در چین، Qu et al., (2023) با استفاده از مدل مارکوف، تأثیر کاربری زمین و مدیریت پایدار تالاب‌ها بر تنوع زیستی تالاب‌های دشت سانجیانگ را پیش‌بینی کردند. این تحقیق نشان داد که از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵، تنوع زیستی تالاب‌ها به‌شدت کاهش یافته است و در صورت عدم مدیریت صحیح، این کاهش تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت. در پاکستان Korkanç et al., (2024) با استفاده از تصاویر لندست۳ و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تغییرات کاربری زمین از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مساحت زمین‌های ساخته‌شده افزایش و مساحت زمین‌های بایر و تالاب‌ها کاهش یافته است. بیش‌تر زمین‌ها برای ساخت‌وساز و شالیزارهای برنج استفاده می‌شود.

در ایران نیز زبردست و جعفری (۱۳۸۹) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور به ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی پرداختند و نتایج نشان داد که این تالاب در دوره ده‌ساله دچار کاهش مساحت شده و هم‌چنین تغذیه‌گرایی و افزایش کاربری اراضی در آن مشاهده شده است Abyat et al., (2021) در پژوهشی با عنوان "بررسی میزان تغییرات سبخاهای[1] ناشی از تالاب هورالعظیم" با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان (SVM)، به تحلیل تغییرات تالاب هورالعظیم در دوره ۲۰ ساله (۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷) پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که تالاب‌ها و سبخاها کاهش چشم‌گیری داشته‌اند، درحالی‌که حوضچه‌های نمکی و زمین‌های کشاورزی رهاشده افزایش یافته‌اند. دقت الگوریتم SVM در هر دو تصویر، به‌ترتیب با ضریب کاپا ۰/۷۹ و ۰/۷۴، نشان‌دهنده دقت قابل‌قبول این روش برای طبقه‌بندی تالاب‌ها بوده است. میرهاشمی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی آلودگی نیترات و فسفات تالاب میانکاله با استفاده از مدل WASP پرداخته‌اند. این مطالعه با هدف بررسی و پیش‌بینی غلظت‌های نیترات و فسفات در تالاب میانکاله و شبیه‌سازی وضعیت آن‌ها در طی یک دوره زمانی مشخص انجام شد. تالاب میانکاله به ۷۶ بخش با جزئیات مورفولوژیکی و محیطی تقسیم شده و غلظت ماهانه پارامترهای نیترات و فسفات از ۶ ایستگاه مختلف در تالاب طی ۸ دوره نمونه‌برداری (۹۸-۱۳۹۷) وارد مدل شده است. نتایج نشان داد غلظت نیترات در همه ایستگاه‌ها در محدوده مجاز قرار دارد، اما غلظت فسفات از حد مجاز در تمامی ایستگاه‌ها بیش‌تر بود که نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب تالاب است. پارسا و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از تصاویر لندست ۸ تغییرات کشاورزی و کاربری اراضی تالاب قره‌قشلاق را در بازه ۱۵ ساله (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵) بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که توسعه کشاورزی در این بازه زمانی منجر به کاهش چشم‌گیر سطح آبی تالاب شده است و بر لزوم مدیریت و جلوگیری از توسعه بی‌رویه کشاورزی در این منطقه تأکید شده است. Qin et al., (2023) نیز در شمال ایران به بررسی تغییرات کاربری زمین و تأثیر آن بر تالاب‌های آجی‌گل، آلماگل و آلاگو پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مساحت این تالاب‌ها طی سه دهه اخیر به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. با استفاده از مدل L-THIA، محققان دریافتند که تغییرات کاربری زمین، مانند توسعه کشاورزی و مسکونی، به‌طور مستقیم بر حجم آب تالاب‌ها تأثیر گذاشته و باعث کاهش آن شده است. Bagheri and Rostami, (2024) توانایی سنجنده‌های ابرطیفی و چندطیفی در تشخیص ویژگی‌های تالاب شادگان را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی با دقت بالای ۸۵ درصد بهترین عملکرد را دارند و Hyperion با دقت ۹۵/۷۳ درصد بهترین توانایی را در تفکیک کاربری‌ها دارد. تصاویر Hyperion در مقایسه با ALI و ETM+ جزئیات طیفی بیش‌تری ارائه می‌دهند و در تفکیک پوشش گیاهی حاشیه تالاب از زمین‌های کشاورزی آبی بهتر عمل می‌کنند. فلاح و فاخران اصفهانی (۱۴۰۲) به ارزیابی کیفیت آب تالاب بین‌المللی انزلی پرداخته‌اند. در این تحقیق، کیفیت آب تالاب با استفاده از داده‌های نمونه‌برداری فصلی در سال ۱۳۹۳ و شاخص‌های کیفی NSFWQIa، NSFWQIm و OWQI مورد بررسی قرار گرفته است.

[1] Sabkha

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

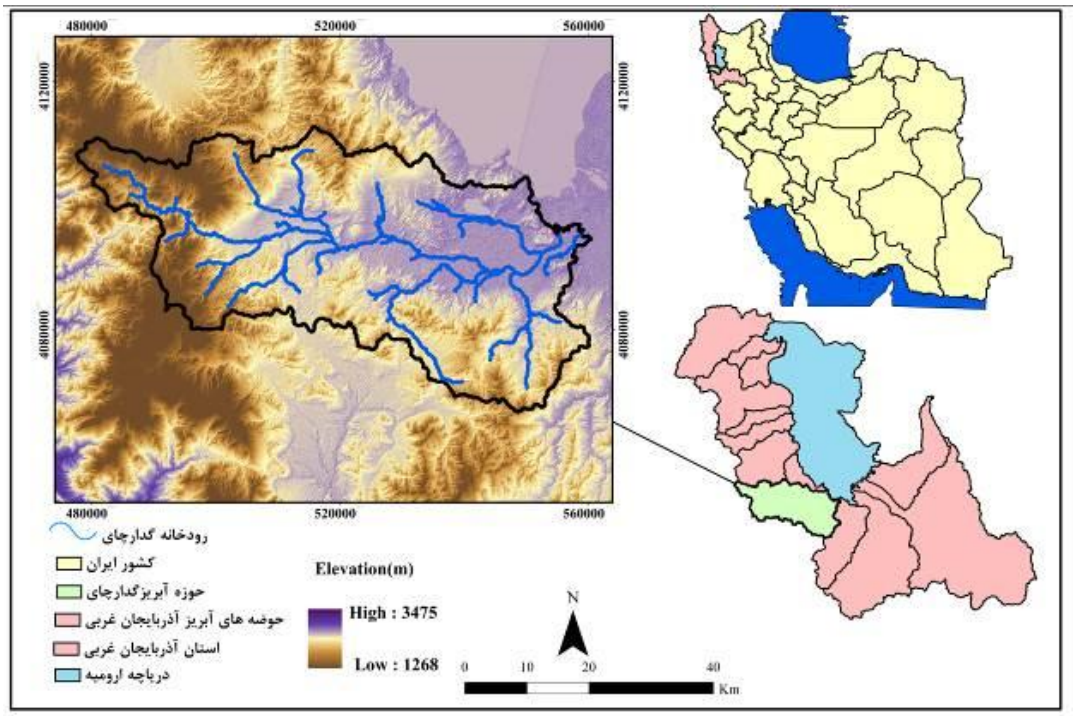
نتایج نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب کیفیت آب تالاب بود و بیش‌تر ایستگاه‌ها در طبقه‌بندی متوسط تا بسیار بد قرار گرفتند. نتایج هم‌چنین نشان‌دهنده همبستگی معنی‌دار بین برخی از پارامترها مانند BOD5، فسفات، دمای آب و اکسیژن محلول با شاخص‌های کیفی بود.

تحقیق حاضر به بررسی تغییرات تالاب‌ها در اثر تغییر کاربری اراضی در حوزه آبخیز گدارچای می‌پردازد که به‌دلیل اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی این اکوسیستم‌ها، یک ضرورت جدی به‌شمار می‌آید. با توجه به افزایش فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه توسعه کشاورزی و شهرنشینی، تالاب‌ها در معرض خطر جدی قرار دارند و این تغییرات می‌تواند تأثیرات منفی بر تنوع زیستی و کیفیت منابع آبی منطقه داشته باشد. در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا و روش‌های پیشرفته تحلیل داده‌ها استفاده شد تا تغییرات کاربری اراضی و تأثیرات آن بر وضعیت تالاب‌ها به‌دقت ارزیابی شود. از طرفی، نتایج این تحقیق می‌تواند به مدیریت پایدار و بهینه منابع آبی کمک کند و اطلاعات ارزشمندی را برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی فراهم آورد.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گدارچای، سومین بزرگ‌حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در ایران، پس از زرینه‌رود و سیمینه‌رود است. این حوزه آبخیز در عرض‌های شمالی '۴۵°۳۶ تا '۱۰°۳۷ و طول‌های شرقی '۴۲°۴۴ تا '۴۱°۴۵ قرار دارد و مساحتی حدود ۲۰۹۰ کیلومترمربع را پوشش می‌دهد. رودخانه گدارچای پیه‌جیک از کوه‌های اشنویه سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از منطقه جاشیران وارد دشت سولدوز می‌شود. این رودخانه پس از تغذیه آب‌های زیرزمینی و آبیاری زمین‌های کشاورزی، درنهایت پس از طی مسافتی حدود ۱۰۰ کیلومتر در روستای ممیند به دریاچه ارومیه می‌ریزد. رودخانه گدارچای دارای ۱۲ ایستگاه هیدرومتری است که مهم‌ترین آن‌ها ایستگاه‌های پی‌قلعه، پل‌پیه‌جیک و پل بهراملو (جاده سنتو) هستند. تاکنون سدی بر روی این رودخانه احداث نشده است، اما سد حسنلو با حجم مخزن ۹۶ میلیون مترمکعب که خارج از بستر این رودخانه قرار دارد، از آب این رودخانه بهره‌برداری می‌کند. از نظر ویژگی‌های فیزیوگرافیکی، حوزه آبخیز گدارچای شامل ۱۱ واحد کاری است که عبارتند از: پل بهراملو سنتو، محمدشاه سفلی، نقده، بالچی، بایزید آباد، پیه جیک، چپرآباد، صوفیان، اشنویه، پی‌قلعه و دورود. پل بهراملوسنتو با مساحت ۲۰۲۹/۸۴ کیلومترمربع بزرگ‌ترین و صوفیان با مساحت ۱۲/۱۶ کیلومترمربع کوچک‌ترین واحد کاری این حوزه آبخیز هستند. این حوزه آبخیز در محدوده ارتفاعی ۱۲۶۸ تا ۳۴۷۵ متر از سطح دریا قرار دارد (ایرانی و همکاران، ۱۴۰۳). موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز گدارچای در ایران و استان آذربایجان غربی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز گدارچای- دریاچه ارومیه

Figure 1- Geographical location of the Godarchay Basin- Urmia Lake

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

روش تحقیق

در این پژوهش، برای تولید نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5, 7 و Sentinel-2 استفاده شده است. این تصاویر دارای تفکیک مکانی ۳۰ و ۱۰ متری و طیف‌های متنوعی هستند. اطلاعات مربوط به این تصاویر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در مطالعه تغییر و پیش‌بینی کاربری

Table 1- Satellite image information used in the study of land use change and prediction

ماهواره	سنجنده	مسیر/ردیف	بازه زمانی	دقت مکانی (متر)
لندست 5	TM	168-034 169-034	1990.06.2	30
لندست 5	TM	168-034 169-034	1995.06.15	30
لندست 7	ETM+	168-034 169-034	2000.06.3	30
لندست 7	ETM+	168-034 169-034	2005.06.19	30
لندست 7	ETM+	168-034 169-034	2010.06.10	30
سنتینل 2	MSI	T38SMG, SNH,SNF,SMF	2016.06.23	10.20.60
سنتینل 2	MSI	T38SMG, SNH,SNF,SMF	2020.06.20	10.20.60
سنتینل 2	MSI	T38SMG, SNH,SNF,SMF	2024.06.22	10.20.60

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این پژوهش، به‌منظور اطمینان از دقت و کیفیت داده‌های ورودی، پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای با دقت و جزئیات انجام شده است. ابتدا تصاویر ماهواره‌ای Landsat و Sentinel-2 با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGISPro و ENVI به فرمت‌های مناسب برای پردازش‌های بعدی تبدیل و آماده‌سازی شدند. با توجه به این‌که تصاویر Level-2 ماهواره Landsat از پیش تصحیح شده بودند، نیازی به تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری اضافی نبود، اما برای اطمینان از کیفیت داده‌ها، بررسی‌های دقیق و حذف نویزها انجام شد. برای تصاویر Sentinel-2، تصحیحات اتمسفری با استفاده از الگوریتم Sen2Cor انجام شد تا تأثیرات جوی کاهش یابد و دقت تحلیل‌ها افزایش یابد (ایرانی و همکاران، ۱۴۰۳). به‌منظور پوشش کامل منطقه مورد مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به محدوده‌های مختلف جغرافیایی به‌صورت موزاییکی ادغام شدند. این فرآیند با دقت بالا انجام شد تا از ترکیب صحیح تصاویر و انطباق درست موقعیت‌های جغرافیایی اطمینان حاصل شود. پس از موزاییک‌سازی، تصاویر به ابعاد و محدوده جغرافیایی موردنظر برش داده شدند. یکی از مشکلات مهم در پردازش تصاویر Landsat 7، وجود خطوط ناشی از خرابی ابزار تصحیح خطوط اسکن در سال ۲۰۰۳ بود. این خطوط که می‌توانستند تحلیل‌ها را مختل کنند، با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته در نرم‌افزارهای ArcGIS و ENVI شناسایی و حذف شدند. برای رفع این مشکل از تکنیک Gap-Filling استفاده شد تا تصاویر به شکلی بدون خطا و با کیفیت بالا برای تحلیل‌های بعدی آماده شوند. مجموعه این مراحل پیش‌پردازش، داده‌های ماهواره‌ای را به شکل مناسب برای تحلیل‌های مکانی-زمانی و بررسی تغییرات کاربری اراضی آماده ساخت، به‌گونه‌ای که نتایج به‌دست‌آمده از این تحلیل‌ها از بیش‌ترین دقت برخوردار باشند. (ایرانی و همکاران، ۱۴۰۳).

پس از ورود تصاویر، ترکیب باندی برای تصاویر لندست۷ (باندهای ۴، ۲، ۳ و ۵) و تصاویر Sentinel-2 با (باندهای ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۱) انجام شد. سپس، سگمنت‌سازی، اعمال شروط، وزن‌دهی به باندها، ویراستاری شی‌ها و طبقه‌بندی اراضی به روش SVM، eCognition Developer 9.5 انجام شد. و نقشه‌های پوشش‌زمین و کاربری اراضی تولید شدند. در این نرم‌افزار، طبقه‌بندی شامل مراحل سگمنت‌سازی، نمونه‌برداری و طبقه‌بندی است. به این صورت که در سگمنت‌سازی، تصویر به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود. سپس نمونه‌هایی از هر بخش استخراج و در نهایت، با الگوریتم‌های مختلف، سگمنت‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. برای سگمنت‌سازی، مقادیر ۵۴، ۰/۳ و ۰/۷ به‌ترتیب برای پارامترهای مقیاس، شکل و فشردگی در نظر گرفته شد (ایرانی و همکاران، ۱۴۰۳). براساس هدف پژوهش (آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی)، کلاس‌های کاربری به دسته‌های پهنه‌آبی، مناطق مسکونی، مرتع، نمک‌زار، باغات، اراضی آبی و اراضی دیم تقسیم‌بندی شدند. طبقه‌بندی تصویر با روش شیءگرا و الگوریتم SVM انجام شد و نقشه‌های کاربری اراضی برای ۸ دوره استخراج و مساحت کاربری‌ها محاسبه شد. سپس، پیش‌بینی تغییرات کاربری با مدل‌های مارکوف و-CA مارکوف انجام شد. برای صحت‌سنجی نقشه پیش‌بینی، از تصاویر طبقه‌بندی‌شده سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ به‌عنوان ورودی مدل مارکوف استفاده شد. فاصله زمانی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

بین این دو تصویر ۴ سال و فاصله زمانی پیش‌بینی ۴ سال بود. در نهایت، برای ارزیابی مدل CA مارکوف، از ابزار Validate برای مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی سال ۲۰۲۴ استفاده شد. پس از اطمینان از دقت بالای مدل، پیش‌بینی برای سال ۲۰۳۰ انجام شد.

بررسی ارتباط تغییرات تالاب باکیفیت آب

در تحقیق حاضر، چهار تالاب شامل یادگارلو و طالقان به‌عنوان تالاب‌های فصلی و آق‌قلعه و درگه‌سنگی به‌عنوان تالاب‌های دائمی مورد بررسی قرار گرفتند. تغییرات مقادیر پارامترهای کیفیت آب در این تالاب‌های دائمی در مقیاس سالانه برای سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳ ارزیابی شد تا رابطه بین تغییرات مساحت آبی تالاب و کیفیت آب بررسی شود. داده‌های مرتبط با پارامترهای مورد بررسی شامل TSS، NO_3، PO_4^2، PH، TDS، COD، BOD_5 و EC از محیط‌زیست آذربایجان غربی دریافت شد.

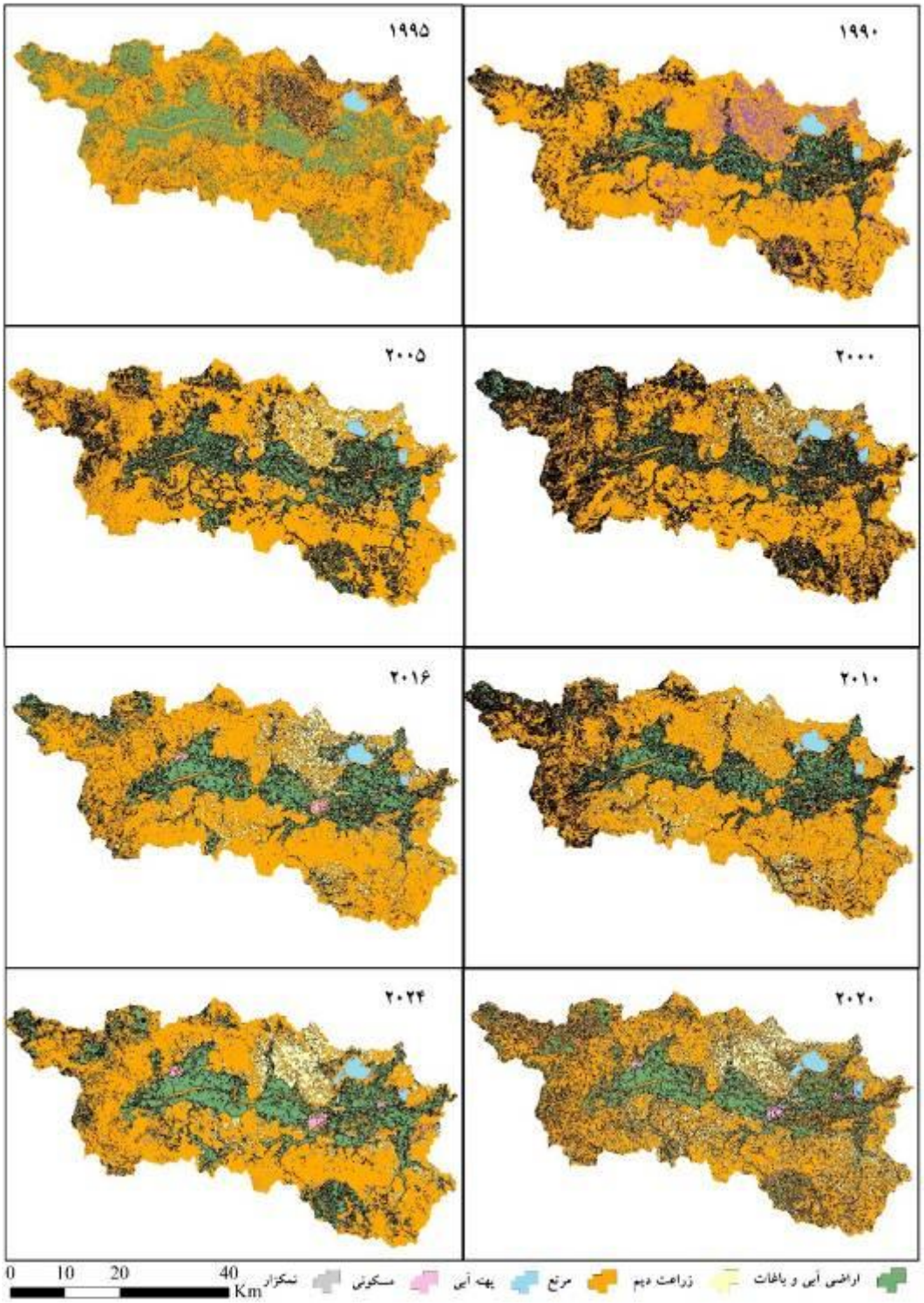
نتایج و بحث

نتایج حاصل از تغییر کاربری اراضی

در شکل (۲) کاربری اراضی در دوره‌های مورد مطالعه حوزه آبخیز گدارچای ارائه شده است. در ارزیابی نتایج مدل، مقادیر Kno، Klocation، Klocationstrata، و مقادیر کاپای استاندارد Kstandard به‌ترتیب برابر با ۰/۹۶، ۰/۹۷ درصد، ۰/۹۷ و ۰/۹۵ درصد به‌دست آمد که بیانگر همبستگی میان نقشه‌های مقایسه‌شده است. این نتایج صحت مدل را تأیید کرده و نشان می‌دهد که روند تغییرات پیش‌بینی‌شده از دقت و اعتبار بالایی برخوردار است. هم‌چنین جدول (۲) تغییرات مساحت در دوره زمانی مورد بررسی را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج مساحت اراضی آبی و باغات از ۳۴۸/۷۷ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۰ به ۶۳۴/۲۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است. افزایش قابل‌توجهی در سال های اخیر، به‌ویژه از ۲۰۱۶ به ۲۰۲۴ مشاهده می‌شود. یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش اراضی آبی و باغی در منطقه گدارچای، توسعه سامانه‌های آبیاری نوین است که بهره‌وری مصرف آب را افزایش داده و امکان گسترش اراضی آبی را در مناطق مختلف فراهم آورده است. این سامانه‌ها، به‌ویژه آبیاری قطره‌ای و آبیاری تحت فشار، از هدررفت آب جلوگیری کرده و کارایی آبیاری را بهبود می‌بخشند. علاوه‌براین، سیاست‌های حمایتی در زمینه توسعه کشاورزی و تشویق به استفاده از این تکنولوژی‌ها، نیز نقش مهمی در افزایش مساحت اراضی آبی و باغی داشته است. پیش‌بینی می‌شود که این روند افزایش تا سال ۲۰۳۰ ادامه یابد و به ۷۲۲/ ۹۰ کیلومترمربع برسد. مطابق با نتایج (جدول ۲) مراتع کاهش مداومی را نشان می‌دهند، از ۱۴۹۸/۱۳ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۰ به ۱۰۳۷/۰۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. این کاهش ممکن است ناشی از تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی یا دیگر کاربری‌ها باشد. پیش‌بینی می‌شود این روند کاهش تا سال ۲۰۳۰ ادامه یابد و به ۹۳۸/۳۰ کیلومترمربع برسد. هم‌چنین اراضی دیم روند نسبتاً پایداری دارند، اما از ۲۰۱۰ به بعد افزایش ملایمی را نشان می‌دهند. مساحت این اراضی از ۲۱۳/۰۲ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۰ به ۳۷۴/۹۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است و پیش‌بینی می‌شود که در ۳۷۵ کیلومترمربع ثابت بماند. در حوزه آبخیز گدارچای پهنه‌های آبی نوسانات زیادی را نشان می‌دهند. در برخی سال‌ها مانند ۲۰۰۰ به ۲۴/۲۳ کیلومترمربع رسیده، اما در سال‌های اخیر، به‌ویژه در ۲۰۲۴، به ۱۳/۳۰ کیلومترمربع کاهش یافته است. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰ به ۲۰/۱۰ کیلومترمربع برسد. طبق نتایج نمک‌زارها در سال‌های ابتدایی تقریباً وجود نداشتند، اما از ۲۰۱۶ به بعد به‌تدریج افزایش یافته‌اند و تا سال ۲۰۲۴ به ۲/۸۰ کیلومترمربع رسیده‌اند. پیش‌بینی می‌شود که این افزایش تا سال ۲۰۳۰ ادامه یابد و به ۵/۴۰ کیلومترمربع برسد. در حالت کلی نتایج نشان می‌دهد که تغییرات قابل‌توجهی در کاربری اراضی در طی این دوره زمانی رخ داده است. به‌طورکلی، می‌توان گفت که اراضی آبی و باغات و اراضی دیم در حال افزایش هستند، درحالی‌که مراتع به‌طور مداوم کاهش می‌یابند.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]



شکل ۲- کاربری اراضی در دوره‌های مورد مطالعه حوزه آبخیز گدارچای

Figure 2- Land use in the study periods of the Godarchay Watershed

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

جدول ۲- تغییرات مساحت هر کلاس کاربری در بازه زمانی مورد مطالعه
Table 2- Area changes for each land use class over the study period

کاربری اراضی	مساحت (کیلومترمربع)								
	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2020	2024	2030
اراضی آبی و باغات	348.77	421.60	419.52	461.99	423.74	432.50	518.34	634.20	72.90
مسکونی	12.15	12.12	12.11	12.11	12.18	22.52	24.05	28.20	29.40
مرتع	1798.13	1434.68	1411.68	1361.59	1385.57	1264.79	1170.99	1037.6	938.3
دیم	213.02	202.42	217.02	231.67	241.19	351.19	357.91	374.90	375.00
پهنه‌آبی	18.89	16.21	24.23	16.80	19.85	19.92	17.39	13.30	20.10
نمکزار	0.02	0.10	0.0	0.0	0.00	0.05	2.31	2.80	5.40

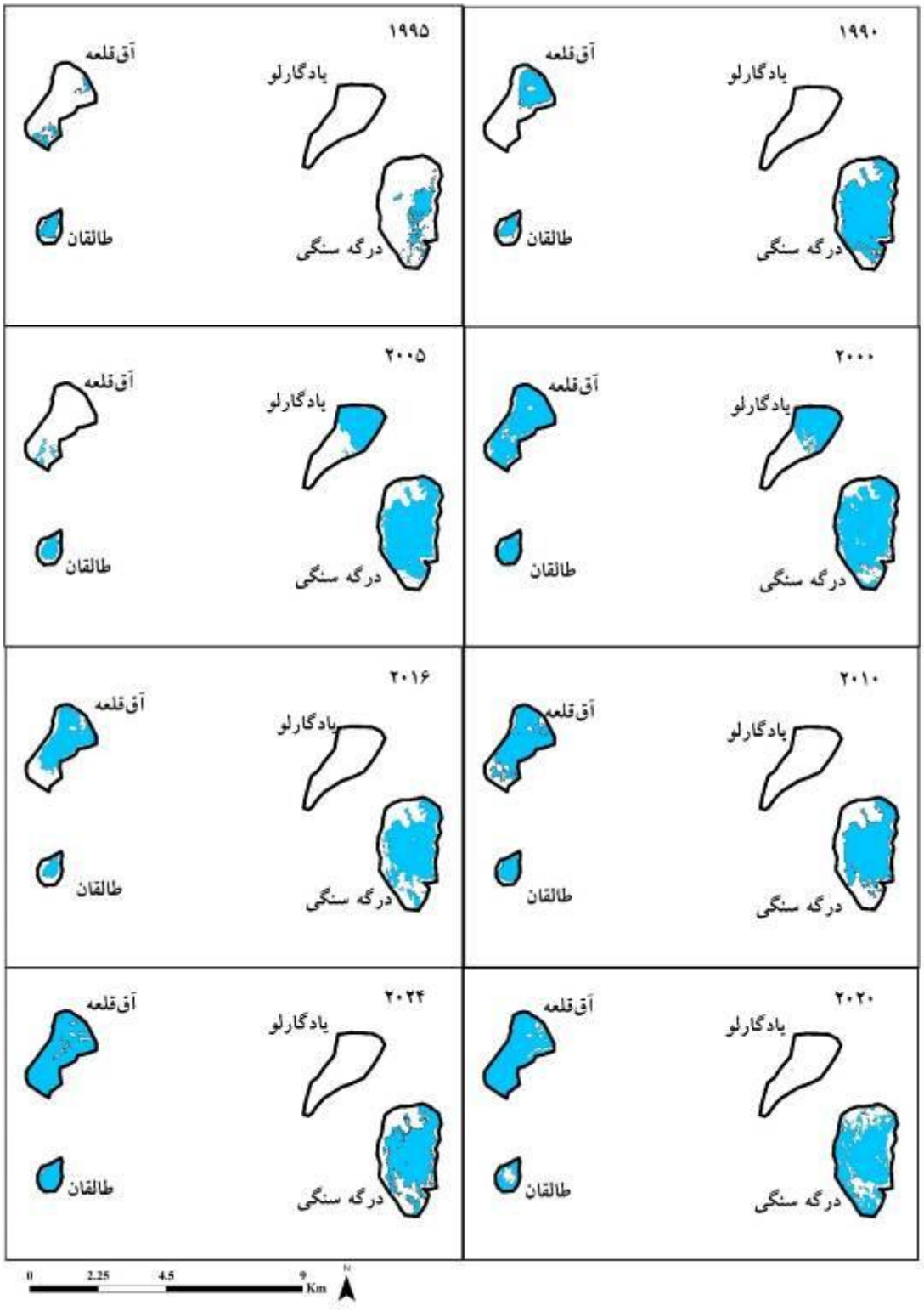
تالاب‌های فصلی یادگارلو و طالقان، به‌دلیل وابستگی مستقیم به تغییرات فصلی بارش و دما، نوسانات شدیدتری نسبت به تالاب‌های دائمی دارند، در سال ۱۹۹۰، این تالاب‌ها مساحت قابل‌توجهی داشتند که نشان‌دهنده‌ی شرایط مناسب بارش و تأمین آب در آن دوره است. سال ۱۹۹۵، شاهد کاهش شدید مساحت تالاب‌ها بودیم؛ به‌طوری‌که بخش‌هایی از تالاب طالقان تقریباً ناپدید شدند، این کاهش شدید احتمالاً به‌دلیل کاهش بارش یا خشکسالی‌های فصلی رخ داده است. سال ۲۰۰۰، دوره‌ای از بهبود را نشان می‌دهد، که در آن هر دو تالاب مساحت بیش‌تری را پوشش دادند. این افزایش می‌تواند ناشی از بهبود وضعیت آب‌وهوایی و افزایش بارندگی باشد. سال ۲۰۰۵، مجدداً کاهش مساحت تالاب‌ها مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی تداوم یا بازگشت خشکسالی است. وضعیت تالاب‌ها در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ تقریباً ثابت بود و تنها تغییرات جزئی مشاهده شد. در سال ۲۰۲۰، افزایش محسوسی در مساحت هر دو تالاب فصلی دیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی شرایط بارش بهتر است. تا سال ۲۰۲۴، مساحت تالاب‌های فصلی هم‌چنان نسبت به سال‌های خشک بهتر است، اما هنوز به سطح سال‌های پرآب مانند ۲۰۰۰ نرسیده است.

برخلاف تالاب‌های فصلی، تالاب‌های دائمی آق‌قلعه و درگه‌سنگی تغییرات کم‌تری در طول زمان (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴) داشته‌اند و مساحت آن‌ها تقریباً ثابت مانده است. حتی در سال‌های خشک مانند ۱۹۹۵ و ۲۰۱۶، مساحت قابل‌توجهی از این تالاب‌ها حفظ شده است. این نشان می‌دهد که این تالاب‌ها نسبت به تالاب‌های فصلی کم‌تر تحت تأثیر کاهش بارندگی قرار گرفته‌اند. تغییرات مشاهده‌شده در تالاب‌های دائمی بیش‌تر جزئی بوده و در پاسخ به تغییرات آب‌وهوایی و مدیریت منابع آب رخ داده است. به‌عنوان مثال، افزایش قابل‌توجه مساحت تالاب آق‌قلعه در سال ۲۰۲۰، ممکن است به‌دلیل افزایش ذخیره‌ی آب یا مدیریت بهتر منابع آبی باشد. به‌طورکلی، تغییرات تالاب‌های فصلی و دائمی اهمیت نقش عوامل اقلیمی در پایداری و بقای تالاب‌ها را نشان می‌دهد. مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی مناسب برای حفظ این منابع طبیعی به‌ویژه در سال‌های خشک ضروری است.

نتایج کلی تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی و مساحت تالاب‌ها در طول زمان به‌شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی، مدیریت منابع آب و فعالیت‌های انسانی قرار داشته است. تالاب‌های فصلی یادگارلو و طالقان نوسانات بیش‌تری را تجربه کرده و در دوره‌های خشک با کاهش قابل‌توجهی مواجه شده‌اند، درحالی‌که تالاب‌های دائمی آق‌قلعه و درگه‌سنگی پایداری نسبی بیش‌تری داشته‌اند. روند کلی کاهش مساحت مراتع و افزایش اراضی کشاورزی و مسکونی، به‌وضوح تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست را نشان می‌دهد و ضرورت مدیریت پایدار منابع طبیعی را آشکار می‌سازد. مطالعه‌ی Qu و همکاران (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که بدون مدیریت صحیح، تنوع زیستی تالاب‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. یافته‌های این تحقیق و تحقیقات پیشین (علی بیگ[1] و همکاران ،۲۰۱۷؛ زبردست و جعفری ،۱۳۹۰) نشان می‌دهند که بسیاری از تالاب‌ها، به‌ویژه در ایران، در دهه‌های اخیر با کاهش قابل‌توجهی در مساحت مواجه بوده‌اند. این نتایج به‌ویژه در مورد تالاب‌های یادگارلو و طالقان تأیید شده و نشان‌دهنده‌ی یک روند عمومی در تغییرات اقلیمی و انسانی است که نیاز به توجه و مدیریت مناسب برای حفاظت از این اکوسیستم‌های مهم دارد. شکل ۳ تغییرات مساحت آبی در تالاب‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

[1] Ali Baig

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]



شکل ۳- تغییرات مساحت آبی در تالاب‌های مورد بررسی

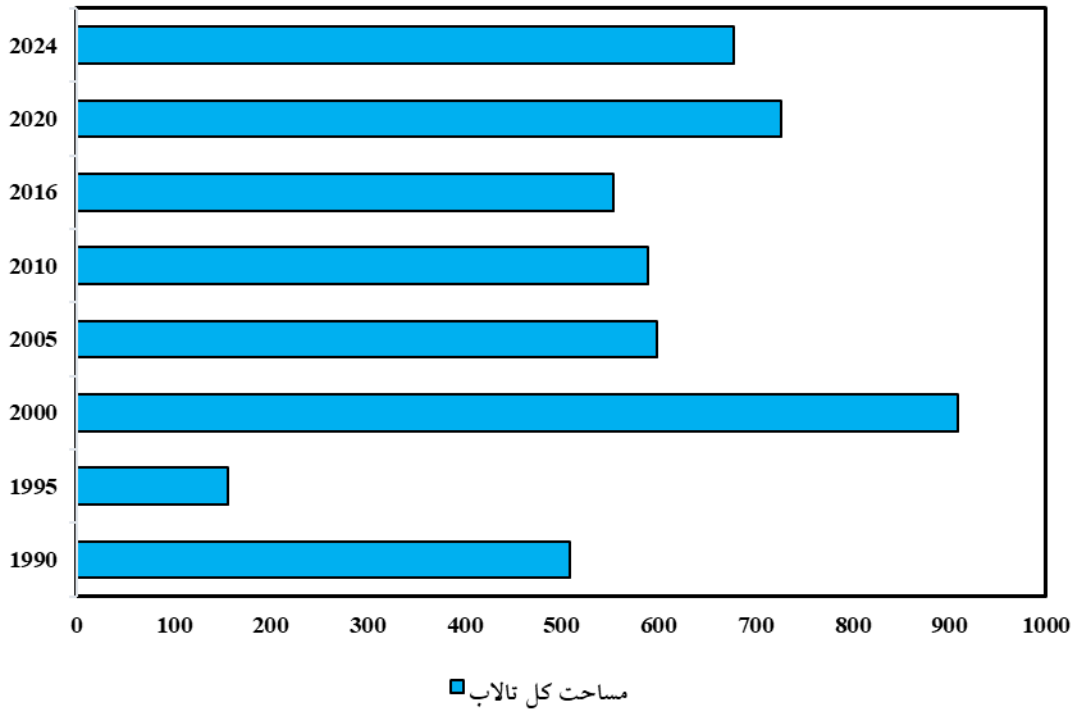
Figure 3- Changes in Water Area in the Studied Wetlands

در شکل ۴ مربوط به مساحت کل تالاب‌ها در طول زمان، تغییرات قابل‌توجهی در مساحت تالاب‌ها در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ مشاهده می‌شود. تغییرات مساحت تالاب‌ها در طول دوره مورد بررسی، نوسانات قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۰، مساحت کل تالاب‌ها برابر با ۵۰۸/۲۲ کیلومترمربع بوده است، اما تا سال ۱۹۹۵ این مساحت به ۱۵۶/۳۹ کیلومترمربع کاهش یافته که حاکی از یک کاهش شدید در این دوره است. تغییرات سینوسی مساحت تالاب‌های حوزه آبخیز گدارچای در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴، تحت تأثیر عوامل مختلف اقلیمی و

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

انسانی قرار دارد که بررسی آن‌ها نشان‌دهنده نقش پیچیده و هم‌زمان این عوامل در تغییرات اکوسیستم تالاب‌هاست. نوسانات مشاهده شده را می‌توان به دوره‌های خشکسالی و ترسالی، تغییر در الگوی بارندگی، و میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی نسبت داد، به‌طوری‌که در سال‌های خشک، مانند ۱۹۹۵، مساحت تالاب‌ها به‌طور محسوسی کاهش یافته است. هم‌چنین، توسعه کشاورزی، برداشت بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی، و تغییر کاربری اراضی نقش مهمی در تشدید این نوسانات داشته‌اند. بررسی مطالعات مشابه (Qu et al., 2023; Ali Baig et al., 2017) نشان می‌دهد که چنین تغییراتی در بسیاری از تالاب‌های ایران و جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رخ داده است و نشان‌دهنده حساسیت بالای تالاب‌ها به تغییرات اقلیمی و مداخلات انسانی است. این افت ممکن است به‌دلیل تغییرات اقلیمی، کمبود بارندگی یا فعالیت‌های انسانی باشد. در سال ۲۰۰۰، مساحت تالاب‌ها به ۹۰۸/۵۹ کیلومترمربع افزایش یافته که نشان‌دهنده یک بهبود قابل توجه در وضعیت منابع آبی است. بااین‌حال، این روند در سال ۲۰۰۵ دوباره معکوس شده و مساحت تالاب‌ها به ۵۹۸/۲۹ کیلومترمربع کاهش یافته است. در سال ۲۰۱۰، مساحت تالاب‌ها به ۵۸۹/۸۰ کیلومترمربع کاهش یافته که تقریباً با سال ۲۰۰۵ مشابه است، اما تا سال ۲۰۱۶ این مساحت به ۵۵۳/۵۹ کیلومترمربع می‌رسد که کاهش ملایمی را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۲۰، دوباره شاهد افزایش مساحت تالاب‌ها به ۷۲۷/۰۴ کیلومترمربع بوده که نشان‌دهنده بهبود در شرایط آب و هوایی یا مدیریت منابع آبی است. نهایتاً، در سال ۲۰۲۴، مساحت تالاب‌ها به ۶۷۷/۱۸ کیلومترمربع کاهش یافته که هم‌چنان نسبت به برخی سال‌های گذشته وضعیت بهتری دارد. مطالعه‌ای مشابه توسط ابراهیمی خوسفی (۱۴۰۲) در مورد تالاب‌های هامون در منطقه سیستان نشان می‌دهد که مساحت این تالاب‌ها در سال‌های مختلف دچار نوسانات قابل‌توجهی بوده است. در این تحقیق اذعان کردند، کاهش معنی‌دار در پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای میانگین، بارش، مساحت پهنه‌های آبی و شاخص خشکسالی پالمر را گزارش کرده است.



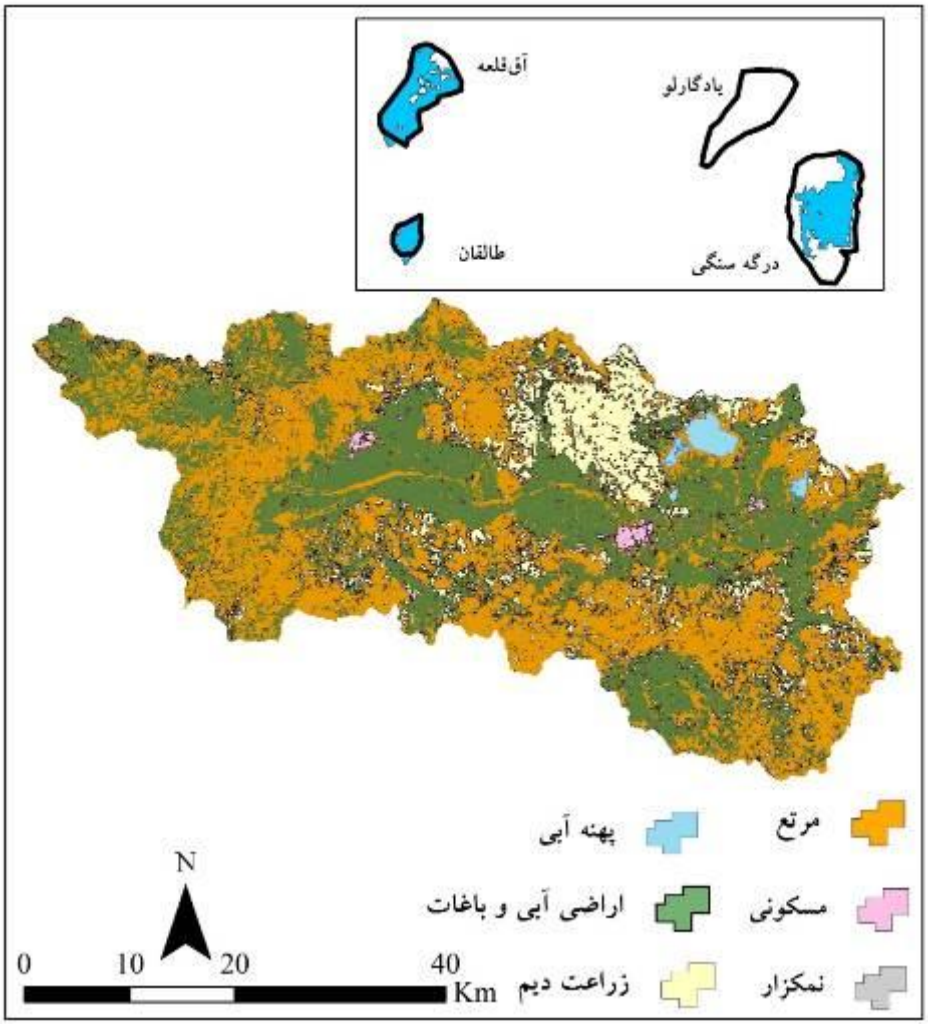
شکل ۴- تغییرات مساحت آب (کیلومترمربع) در تالاب‌های مورد بررسی

Figure 4- Changes in water area (km^2) in the studied wetlands

در شکل ۵ کاربری پیش‌بینی ۲۰۳۰ برای آبخیز گدارچای ارائه شده است. با توجه به پیش‌بینی‌های سال ۲۰۳۰، کاربری اراضی در منطقه نشان‌دهنده افزایش قابل توجه اراضی آبی و باغات به مساحت ۷۲۲/۹۰ کیلومترمربع است که نشان‌دهنده تمرکز بر تولیدات کشاورزی و تأمین منابع غذایی است. در کنار این، مساحت مراتع به ۹۳۸/۳۰ کیلومترمربع می‌رسد که ضرورت مدیریت پایدار این منابع را به‌ویژه در مواجهه با تغییرات اقلیمی و کاهش بارش‌ها برجسته می‌سازد. هم‌چنین، کاربری دیم با ۳۷۵ کیلومترمربع نشان‌دهنده وابستگی به بارش‌های طبیعی است. پهنه‌های آبی و نمکزار نیز به‌ترتیب با مساحت‌های ۲۰/۱۰ و ۵/۴۰ کیلومترمربع، اهمیت حفظ تنوع زیستی و

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

کیفیت آب را تأکید می‌کنند. در نهایت، کاربری مسکونی با ۴۰/۲۹ کیلومترمربع، نیاز به توسعه شهری را نمایان می‌سازد و نشان‌دهنده چالش‌هایی در حفظ منابع طبیعی در برابر گسترش شهرنشینی است.



شکل ۵- کاربری پیش‌بینی ۲۰۳۰ برای آبخیز گدارچای

Figure 5- Predicted 2030 land use for the Godarchay Watershed

نتایج تغییرات پارامتر کیفیت آب در تالاب دائمی

نتایج جدول ۳ نشان‌دهنده تغییرات معنادار در مقادیر پارامترهای کیفیت آب در تالاب‌های آق‌قلعه و درگه‌سنگی در طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳ است. EC (هدایت الکتریکی) در تالاب‌های آق‌قلعه و درگه‌سنگی از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ نوساناتی را نشان می‌دهد. در تالاب آق‌قلعه، هدایت الکتریکی از ۹۶۱/۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۹۶۳/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش یافته است، درحالی‌که در تالاب درگه‌سنگی نیز این پارامتر از ۹۶۴/۳ میکروزیمنس برسانتی‌متر به ۹۶۶/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسیده است. این افزایش در هدایت الکتریکی می‌تواند ناشی از افزایش غلظت مواد حل‌شده، تبخیر بالاتر یا ورود آلودگی‌ها به منابع آب باشد. افزایش EC به‌عنوان یک نشانگر مهم از کیفیت آب به‌خصوص در محیط‌های تالابی به‌شمار می‌آید. مقدار COD در تالاب آق‌قلعه در سال ۱۴۰۰ برابر با ۹۸ میلی‌گرم در لیتر بود و در سال ۱۴۰۲ به ۹۳ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته و در تالاب درگه‌سنگی COD از ۹۹ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۰ به ۹۶ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۲ کاهش یافته که نشان‌دهنده بهبود کیفیت آب و کاهش بار آلودگی شیمیایی است.

در تالاب آق‌قلعه، مقادیر TSS در سال ۱۴۰۰ برابر با ۱۶ میلی‌گرم در لیتر و در سال ۱۴۰۲ به ۹ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته است که نشان‌دهنده بهبود کیفیت آب در این تالاب است. هم‌چنین، غلظت نیترات (NO_3) در این تالاب از ۱/۵ به ۱/۶ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته است. در تالاب درگه‌سنگی، مقادیر pH در سال‌های مختلف نوساناتی را نشان می‌دهد. به‌طور خاص، pH در سال ۱۴۰۰ برابر با ۸/۲۱ و در سال ۱۴۰۲ به ۸/۱۹ کاهش یافته که نشان‌دهنده پایداری نسبی این پارامتر در این تالاب است. هم‌چنین، میزان TDS (مواد

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

حل‌شده کل) در تالاب درگه‌سنگی در سال ۱۴۰۰ برابر با ۱۷۷ میلی‌گرم در لیتر و در سال ۱۴۰۲ به ۱۶۴ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته که حاکی از کاهش کیفیت آب در این تالاب است.

مطابق با نتایج غلظت فسفات در تالاب آق‌قلعه از ۱/۷ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۰ به ۱/۶ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۲ کاهش یافته است. این کاهش می‌تواند نشان‌دهنده بهبود کیفیت آب و کاهش ورود مواد مغذی ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد که به نوبه خود می‌تواند به جلوگیری از مشکلاتی نظیر سرسبز شدن آب کمک کند. تالاب درگه‌سنگی تغییرات قابل توجهی را در غلظت فسفات نشان نمی‌دهد و در محدوده ۱/۶ میلی‌گرم در لیتر باقی مانده است. اما در خصوص غلظت نیترات (NO_3) و فسفات (PO_4)، تغییرات مشاهده‌شده می‌تواند، به‌دلیل تغییرات در ورودی مواد مغذی و فعالیت‌های انسانی باشد. افزایش غلظت نیترات در تالاب آق‌قلعه ممکن است نشانه‌ای از افزایش استفاده از کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی اطراف باشد که ممکن است تأثیر منفی بر کیفیت آب تالاب داشته باشد. در مقایسه با نتایج تحقیق مقدم‌یکتا و همکاران (۱۳۹۹) در حوزه آبریز گدارچای، تغییرات مشابهی در غلظت مواد مغذی مشاهده شده که نشان‌دهنده تأثیر شدید عوامل انسانی نظیر کشاورزی، فاضلاب شهری و بهره‌برداری از منابع آب بر کیفیت آب تالاب‌هاست نتایج میرهاشمی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد که غلظت فسفات از حد مجاز فراتر رفته و کیفیت آب تالاب میانکاله را تهدید می‌کند.. در تالاب آق‌قلعه مقدار BOD_5 در سال ۱۴۰۰ برابر با ۲۲ میلی‌گرم در لیتر بود و در سال ۱۴۰۲ به ۲۱ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت. هم‌چنین BOD_5 در تالاب درگه‌سنگی نشان‌دهنده کاهش از ۲۵ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۰ به ۲۴ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۴۰۲ است. این کاهش مشابه با تالاب آق‌قلعه است و نشان‌دهنده کنترل بهتر بر آلودگی‌های آلی است. با توجه به این نتایج و مقایسه با تحقیق حوزه آبریز گدارچای (مقدم‌یکتا و همکاران، ۱۳۹۹)، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کیفیت آب تالاب‌ها به‌شدت تحت تأثیر عوامل انسانی مانند کشاورزی، فاضلاب‌های شهری، و بهره‌برداری از منابع آب قرار دارد.

جدول ۳- تغییرات مقادیر پارامترهای کیفیت آب در تالاب دائمی آق‌قلعه و درگه‌سنگی

Table 3- Changes in water quality parameters in the permanent wetlands of Aghkala and Dorgheh Sangi

تالاب	سال	EC	BOD5	COD	TDS	pH	PO_4^{2-}	NO_3	TSS
آق قلعه	1400	-	-	32	881	8.69	1.4	1.2	16
	1401	764	-	32	372	10.45	0.06	0.8	-
	1402	936	2.1	9	438	8.43	1.8	1.4	2
	1403	1035	8	39	489	7.68	3.2	1.6	9
درگه سنگی	1400	2186	4.6	59	1107	7.67	-	-	1
	1401	2159	4	31	1096	8.89	0.06	1.8	1
	1402	1569	11	47	698	8.89	2.2	1.1	-
	1403	946	10	-	441	9.67	0.3	3.7	9

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تغییرات کیفیت آب و مساحت چهار تالاب مهم واقع در حوزه آبخیز گدارچای، شامل تالاب‌های فصلی یادگارلو و طالقان و تالاب‌های دائمی آق‌قلعه و درگه‌سنگی) بررسی شد. نتایج نشان داد که تالاب‌های فصلی به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر شرایط اقلیمی و فعالیت‌های انسانی قرار گرفته‌اند و در سال‌های خشک با کاهش چشم‌گیری در مساحت و کیفیت آب مواجه بوده‌اند. در مقابل، تالاب‌های دائمی آق‌قلعه و درگه‌سنگی، ثبات بیش‌تری در مساحت و کیفیت آب نشان دادند که بیانگر توانایی بالای آن‌ها در تحمل نوسانات آب و هوایی و مدیریت منابع آب است. در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴، مساحت تالاب‌ها تغییرات قابل‌توجهی را تجربه کرده است. از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵، مساحت تالاب‌ها حدود ۶۹/۲ درصد کاهش یافت. سپس از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، با افزایشی چشم‌گیر روبه‌رو شد؛ اما این روند پایدار نبود و در سال ۲۰۰۵ مساحت تالاب‌ها دوباره حدود ۳۴/۲ درصد کاهش یافت. از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰، مساحت تالاب‌ها حدود ۲۱/۵ درصد افزایش پیدا کرد، ولی نهایتاً در سال ۲۰۲۴ با کاهش ۶/۹ درصد مواجه شد. این نوسانات نشان‌دهنده تأثیرات متعدد اقلیمی و مدیریتی بر تالاب‌ها است. نتایج نشان‌دهنده نوسانات مختلف در کیفیت آب تالاب‌ها است که تحت‌تأثیر مدیریت منابع، فعالیت‌های انسانی و شرایط محیطی قرار دارد. بهبود کیفیت آب در پارامترهای BOD_5 و COD در هر دو تالاب نشانه‌ای مثبت از مدیریت بهینه و کاهش آلودگی‌های آلی و شیمیایی است. بااین حال، افزایش EC در هر دو تالاب نیاز به بررسی بیش‌تر و اقدامات کنترلی جهت مدیریت منابع آب است. در نهایت، نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدیریت صحیح منابع آبی و اقدامات حفاظتی برای حفظ تالاب‌ها ضروری است. با توجه به چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و فشارهای انسانی، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مناسب برای حفظ این منابع طبیعی باید در اولویت قرار گیرد. حفاظت از تالاب‌ها نه‌تنها به حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم‌های طبیعی کمک می‌کند، بلکه به تأمین منابع آب پاک و پایدار نیز منجر خواهد شد. با توجه به نوسانات سینوسی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

مشاهده‌شده در مساحت تالاب‌ها، استفاده از شاخص‌های بارش استانداردشده (SPI) و شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) در تحقیقات بعدی می‌تواند به درک بهتری از رابطه بین تغییرات مساحت و منابع آبی کمک کند. این شاخص‌ها قادرند الگوهای بارشی و تغییرات سطح منابع آب زیرزمینی را که تأثیر زیادی بر حجم و مساحت تالاب‌ها دارند، به‌طور دقیق‌تری بررسی کنند. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های بارش و منابع آب زیرزمینی می‌تواند برای مدیریت بهینه منابع آبی و پیش‌بینی تأثیرات تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر تالاب‌ها استفاده شود. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که این شاخص‌ها در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و سیاست‌گذاری‌های آتی لحاظ شوند.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: پژوهش حاضر بخشی از یک رساله دکتری است که توسط دانشگاه ارومیه تأمین مالی شده است.

مشارکت نویسندگان: محمد کوهانی: روش‌شناسی، نرم‌افزار، نگارش، ویرایش؛ جواد بهمنش: مفهوم‌سازی، راهنمایی، ویرایش؛ وحید رضاوردی‌نژاد: مشاوره.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: دانشگاه ارومیه به خاطر حمایت مالی و معنوی در مراحل مختلف رساله دکتری نویسنده اول، قدردانی می‌شود.

منابع

۱. ابراهیمی خوسفی، محسن. (۱۴۰۲). تحلیل تغییرات مساحت تالاب‌های هامون و سایر پهنه‌های آبیِ منطقهٔ سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *جغرافیا و توسعه*، ۲۱(۷۱)، ۱۳۹–۱۶۵. **DOI: 10.22111/GDIJ.2023.7598**

۲. ایرانی، طیبه، عبقری، هیراد و رسولی، علی اکبر. (۱۴۰۳). تحلیل ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و سنجه‌های سیمای سرزمین مطالعه موردی: حوزه آبخیز گدارچای. *آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۴(۱)، ۱۸۸–۱۶۵.

۳. باقری حمید، رستمی، رحیمه. (۱۴۰۳). ارزیابی دقت تصاویر فراطیفی و چندطیفی در طبقه بندی پوشش تالاب‌ها با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی (مطالعه موردی: تالاب شادگان). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴ (۷۴)، ۲۹۲–۲۷۲. **HTTP://JGS.KHU.AC.IR/ARTICLE-1-4070-FA.HTML**

۴. پارسا، جواد، حاجی حسینی، فاطمه، آخوندزاده، علی و طباطبایی، خدیجه. (۱۴۰۰). بررسی تغییرات کاربری در محدوده تالاب قره‌قشلاق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *محیط زیست و مهندسی آب*، ۷(۳)، ۵۵۴–۵۴۷. **HTTPS://DOI.ORG/10.22034/JEWE.2021.255282.1457**

۵. زبردست، لعبت، و جعفری، حمیدرضا. (۱۳۸۹). ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش از دور و ارائهٔ راه‌حل مدیریتی. *محیط‌شناسی*، ۳۷(۵۷)، ۱–۸. **HTTPS://DOR.ISC.AC/DOR/20.1001.1.10258620.1390.37.57.7.5**

۶. عبیات، کوثر، لندی، احمد، عامری‌خواه، هادی. (۱۴۰۰). بررسی میزان تغییرات سبخاهای ناشی از تالاب هورالعظیم در دوره بیست ساله با استفاده از تصاویر لندست. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، **HTTPS://DOI.ORG /10.22069/JWSC .2021.18238.3387**

۷. فلاح، مریم و فاخران اصفهانی، سیما. (۱۳۹۶). ارزیابی کیفیت آب تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از شاخص‌های کیفی. *آب و توسعه پایدار*، ۴(۲)، ۲۳–۳۰. **DOI: 10.22067/JWSD.V4I2.61307 .**

۸. قاسمی، نگار، علیخواه، مرضیه، رضوانی، محمد. (۱۴۰۰). پایش تغییرات اراضی در ۳۲ سال گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان پیشوا). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۲(۶۶)، ۱۴۵–۱۵۸. **HTTP://JGS.KHU.AC.IR/ARTICLE-1-3513-FA.HTML**

۹. مجنونیان، ه.، احمدی، ن.، قلیچی پور، ز.، جامعی، ن ۱۳۹۹. فواید تالاب‌ها (ارزش‌ها و کارکردهای تالاب) انتشارات معارف، چاپ اول، تهران، ایران.

۱۰. مقدم یکتا، نازلی، جوزی، سیدعلی، و کریمی، عبدالرضا. (۱۳۹۹). بررسی وضعیت کیفی حوزه آبریز گدارچای ارومیه با استفاده از شاخص کیفیت منابع آب ایران و مدل آسیب پذیری راستیک. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۲)، ۷۹–۹۱. **SID.IR/PAPER/361227/FA**

۱۱. میرهاشمی، مریم، شاهنظری، علی و نصیر احمدی، کامران. (۱۴۰۲). ارزیابی آلودگی نیترات و فسفات تالاب میانکاله با استفاده از مدل WASP. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۹(۴)، ۳۴–۴۷. **DOI:10.22034/IWRR.2023.172474**

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

References

1. Abyat, K., Landi, A., Amerikhah, H. (2021). Evaluation of sabkha changes caused by Hur al-Azim wetland during 20 years using Landsat images. *Journal of Water and Soil Conservation*, 28(1), 2021. URL: http://jwsc.gau.ac.ir DOI: 10.22069/jwsc.2021.18238.3387. [In Persian]
2. Akumu, C. E., Henry, J., Gala, T., Dennis, S., Reddy, C., Tegegne, F., Haile, S., & Archer, R. S. (2018). Inland wetlands mapping and vulnerability assessment using an integrated geographic information system and remote sensing techniques. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(4), 387–400. DOI: 10.22034/gjesm.2018.04.001
3. Ali Baig, M., Sultan, M., Riaz Khan, M., Zhang, L., Kozlova, M., Abbas Malik, N., & Wang, S. (2017). Wetland change detection in protected and unprotected Indus Coastal and Inland Delta. The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W7, 1495–1501. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-1495-2017.
4. Bagheri, H., & Rostami, R. (2024). Evaluating the accuracy of hyperspectral and multispectral images in wetland cover classification using data mining models (Case study: Shadegan wetland). *Applied Researches in Geographical Sciences*, 24(74), 272–292. [In Persian]
5. Chen, Y., Niu, Z., Johnston, C. A., & Hu, S. (2018). A unifying approach to classifying wetlands in the damage in Guangxi based on the CA-Markov model. *Ecological Indicators*, 127, 107764.
6. Dehghanipour, A. H., Moshir Panahi, D., Mousavi, H., Kalantari, Z., & Tajrishy, M. (2020). Effects of Water Level Decline in Lake Urmia, Iran, on Local Climate Conditions. *Water*, 12(8), 2153. DOI: 10.3390/w12082153.
7. Ebrahimi-Khusfi, M. (2023). Analysis of Changes in the Area of Hamoon Wetlands and other Water Bodies in Sistan Region using Satellite Images. *Geography and Development*, *21*(71), 139-165. [In Persian]
8. Fallah, M., & Fakheran, S. (2018). Assessment of the water quality of the Anzali International Wetland using Qualitative Indices. Journal of Water and Sustainable Development, 4(2), 23-30. [In Persian]
9. Ghasemi N, Alikhah Asl M, Rezvani M. Monitoring Land Cover Changes in Past 32 Years Using Remote Sensing Technique (Case Study: Pishva Town, Tehran). jgs 2022; 22 (66), 145-158. [In Persian]
10. Irani, T., Abghari, H., Rasouli, A. A. 2024. Analysis of the Relationship between Landuse Changes and Landuse Metrics: the Case Study of Godarchai Watershed. *Geographical planning of space quarterly journal*, 14 (1), 2024. [In Persian]
11. Korkanç, S. Y., Korkanç, M., & Amiri, A. F. (2024). Effects of land use/cover change on heavy metal distribution of soils in wetlands and ecological risk assessment. *Science of The Total Environment*, 923, 171603. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171603.
12. Mirhashemi, M., Shahnazari, A., & Nasir Ahmadi, K. (2023). Assessing Nitrate and Phosphate Pollution in Miankaleh Wetland using WASP Model. *Iran-Water Resources Research*, 19(4), 34-47. [In Persian]
13. Moghadam, Y. N., Jozi, S. A., & Karimi, A. (2020). Study of quality & pollution of Urmia gadarchay catchment, using water quality index and WRASTIC vulnerability model. *Journal of Environmental Sciences and Technology*.21(2), 79 – 91. [In Persian]
14. Parsa, J., HajiHoseini, F., Akhoundzadeh, A. and Tabatabaee, K. (2021). Assessment of land use changes in GhareGheshlagh wetland using remote sensing. *Environment and Water Engineering*., 7(3), 547–554. DOI: 10.22034/JEWE.2021.255282.1457. [In Persian]
15. Phethi, M. D., & Gumbo, J. R. (2019). Assessment of impact of land use change on the wetland in Makhitha village, Limpopo province, South Africa. Jamba: *Journal of Disaster Risk Studies*, 11(2), 693. DOI: 10.4102/jamba.v11i2.693.
16. Qin, L., Jiang, M., Freeman, C., Zou, Y., Gao, C., Tian, W., & Wang, G. (2023). Agricultural land use regulates the fate of soil phosphorus fractions following the reclamation of wetlands. *Science of The Total Environment*, 863, 160891. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160891.
17. Qu, Y., Zeng, X., Luo, C., Zhang, H., & Ni, H. (2023). Prediction of wetland biodiversity pattern under the current land-use mode and wetland sustainable management in Sanjiang Plain, China. Ecological Indicators, 147, 109990. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.109990.
18. Siachalou, S., Doxani, G., & Tsakiri-Strati, M. (2014). Time-series analysis of high temporal remote sensing data to model wetland dynamics: A hidden Markov Model approach. Proceedings of the SENTINEL 2 for Science Workshop—ESA-ESRIN, Frascati, Italy, pp. 20-22. DOI: Not available.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]

19. Singh, S., Bhardwaj, A., & Verma, V. K. (2020). Remote sensing and GIS-based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. *Journal of Environmental Management*, 262, 110355. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110355.
20. Wang, Y., & Yésou, H. (2018). Remote sensing of floodpath lakes and wetlands: A challenging frontier. *Remote Sensing*, 10(12), 1955. DOI: 10.3390/rs10121955.
21. Zebardast, l., Jafari, H. 2011. Use of Remote Sensing in Monitoring the Trend of Changes of Anzali Wetland in Iran and Proposing Environmental Management Solution. *The Journal of Environmental Studies*. 37 (57). [In Persian]
22. Zhang, Z., Hu, B., Jiang, W., & Qiu, H. (2021). Identification and scenario prediction of degree of wetland damage in Guangxi based on the CA-Markov model. *Ecological Indicators*, 127, 107764. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107764.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.5.5]