نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 19, No. 69, Summer 2025 سال نوزدهم- شماره ۶۹- تابستان ۱۴۰۴

Assessment and Prediction of Land Use Changes in the Middle Aras Watershed Using a Modeling Approach

Ahad Habibzadeh.[1*], Alireza Habibi[2]. Mehdi Eslahi[3]

Received: 2025/08/28, Revised: 2025/10/06, Accepted: 2025/07/20, Published: 2025/07/21
https://doi.org/10.22034/19.69.7

Extended Abstract

Introduction

Understanding the behavior of flood events, especially with regard to agricultural uses, riverbank erosion, and land loss, and the lack of accurate information about the successive changes in the river bed and course in the coming years, has made the use of forecasting systems essential. There are 24 border rivers in Iran, the most important and longest of which is the Aras. The Aras River, which originates in Turkey, forms about 486 kilometers of Iran's water border with Azerbaijan and Armenia. The total length of the river is about 1072km and its drainage basin is 10,320km2. The annual flooding of this river causes destruction and erosion of the riverbed and instability of the river banks. Due to the slope of the river and the seasonal floods of the Aras in the months of April, May, and sometimes June, the river's flow can reach more than 1,800m3/s, causing a risk of severe soil erosion. In issues related to water boundary modification, long-term management is needed to prevent erosion and destruction of riverside lands and protect against floods. The aim of this research is to locate critical flood points in the Middle Aras watershed and predict them through integrated remote sensing methods with automatic cell models and Markov chains.

Materials and Methods

In the implementation of this study, maps of changes in the position of the Middle Aras River channel were prepared using TM, ETM+, and Sentinel1 sensor images in three time periods of 2000, 2010, and 2023. After making corrections, the images were classified using the supervised classification method in ArcGis software, and a land use map and river channel morphology were prepared. A three-kilometer buffer was used to draw a flood location map in the southern part of the river. Zoning of agricultural uses, river channels, residential and industrial areas were considered in the maps. After validating the maps and revealing the changes in the two periods of 2000 and 2010, the Kappa coefficient and matrix were determined. Then, the inter-map error matrix resulting from modeling by this method was evaluated with 2023 images along with field visits. After that, to determine the predicted ranges for changes in river morphology and environment, the 2023 baseline map was fitted with the model output. In addition to the river channel, three units of mountain-plain, agricultural land, and residential-industrial areas were processed. Finally, changes in the morphology of the river flow path for the 2030 horizon, forecasting the potential changes, and a land use

1.Correspondence: Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, East Azerbaijan Province, Address: Agriculture &Natural Resources Research Center of East Azerbaijan, Tabriz-Azarshahr road, 2km after the Police Station. Tabriz, East Azerbaijan, Iran. Postal Code: 5153715898. Email: a.habibzadeh@areeo.ac.ir
2. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.
3. Ph.D., Expert at the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of East Azerbaijan

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

hazard zoning map were prepared.

Results and Discussion

River changes in the 2030 horizon compared to 2023 showed that the Aras River has faced significant changes in part of its path and bed, respectively, about 1,800 hectares will be added to the river channel area, and this could cause significant economic losses. The results showed that the area of river land use units within a buffer zone of 3000 meters from the northern and southern banks of the river in terms of mountains and plains will decrease from 119354 hectares in 2000 to about 96000 hectares by 2030. The river channel was more waterlogged in 2010 than in 2023 and 2000. The area of rangelands in the mountain and plain land use areas was greater in 2000 than in the other two periods. The evaluation of the 2023 land use map showed that the overall accuracy of land use extraction was about 93%, with a Kappa coefficient of 0.95. In contrast, agricultural lands on the southern bank will increase from 7346 hectares to more than 22000 hectares. One of the reasons for the increase in agricultural land use in 2023 compared to 2010 was the decrease in channel width in 2023, which caused some of the riverside or floodplain lands to become drained and joined agricultural lands.

Conclusion

The Aras River, as one of the main surface water sources in the northwest of the country, plays a decisive role in the sustainability of agriculture and natural resources in the region. This region is considered one of the important hubs of agricultural and livestock production in Iran, and the productivity of irrigated lands is directly dependent on the water flow of this river. For this reason, planning for the management and protection of the Aras River and examining the process of morphological changes and bed displacement is of utmost importance, because any reduction in water level, lateral erosion, or deviation of the course can directly reduce agricultural production, limit secondary cultivation, and ultimately threaten the food and economic security of the region. The outputs of this project provided a comprehensive map of river morphology and the growth and decline of agricultural and natural resource uses in the sensitive channel area. The results of this research can provide a suitable perspective from the point of view of watershed management measures and the behavior of rivers in the country's border area, which can determine the most suitable residential areas, floodplains for agricultural fields, natural resources, and river facilities for the country's future planning in the field of Border Rivers.

Keywords: *Land use change dynamics, Middle Aras watershed, Prediction, Remote sensing*

Article Type: Research Article

Acknowledgment

We thank all colleagues and researchers, especially managers at the East Azerbaijan Province Agricultural Research Center and the National Soil Conservation and Watershed Management Research Institute for their good support in implementing this project.

Conflicts of interest

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

Data Availability Statement

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

Authors' contribution

Ahad Habibzadeh: Researcher, modeling, map extraction, writing the initial version of the article.

Alireza abibi: National Research Executive and Guide to Modeling and Extracting Maps.

Mehdi Eslahi: eteorological statistics and analysis.

Citation: Habibzadeh A, Habibi A, Eslahi M. (2025). Assessment and Prediction of Land Use Changes in the Middle Aras watershed using a Modeling Approach. Jwmseir 2025; 19(69): 114- 127

Iran-Watershed Management Science & Engineering, Year 2025, Vol 19, No 68, PP 114-127

Publisher: Watershed Management Society of Iran

© Author(s)

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

ارزیابی و آینده‌پژوهی مخاطرات کاربری اراضی حوزه ارس میانی با رویکرد مدل‌سازی

احد حبیب زاده[1]، علیرضا حبیبی[2]، مهدی اصلاحی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۶، تاریخ داوری:۱۴۰۴/۰۷/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰، تاریخ انتشار ۱۴۰۴/۰۷/۲۱
https://doi.org/10.22034/19.69.7

چکیده

شناخت رفتار رویدادهای سیل به‌ویژه در خصوص کاربری‌های بخش کشاورزی، فرسایش کناری رودخانه و از دست رفتن سرزمین، عدم اطلاع صحیح از تغییرات متوالی بستر و مسیر رودخانه در سال‌های آتی استفاده از سامانه‌های پیش‌بینی را ضروری نموده است. هدف این پژوهش مکان‌یابی نقاط بحرانی سیل‌خیز حوزه آبخیز ارس میانی و پیش‌بینی مخاطرات از طریق روش‌های تلفیقی سنجش‌ازدور با مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف است. در اجرای این پروژه نقشه‌های تغییرات موقعیت کانال رودخانه ارس میانی با استفاده از تصاویر سنجنده TM، ETM + در سه دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۳ تهیه شدند پس از صحت‌سنجی نقشه‌ها و آشکارسازی تغییرات دو دوره ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ ضریب کاپا و ماتریس مشخص شد. به‌منظور ارزیابی مدل زنجیره مارکوف، نقشه تغییرات موقعیت کانال رودخانه برای سال ۲۰۲۳ پیش‌بینی و تهیه شد سپس ماتریس خطای بین نقشه حاصل از مدل‌سازی توسط این روش با تصاویر ۲۰۲۳ همراه با بازدید میدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. درنهایت تغییرات مورفولوژی مسیر جریان رودخانه برای چشم‌انداز افق ۲۰۳۰، پیش‌بینی و نقشه پهنه‌بندی مخاطرات کاربری تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد مساحت واحدهای کاربری اراضی رودخانه در محدوده بافر ۳۰۰۰ متر از حاشیه شمالی و جنوبی رودخانه ازنظر کوه و دشت از مقدار ۱۱۹۳۵٤ هکتار در سال ۲۰۰۰ به حدود ۹٦۰۰۰ هکتار در افق ۲۰۳۰ می‌رسد که کاهش وسعت دشت و مراتع را شامل شده در عوض اراضی کشاورزی در حاشیه جنوبی از ۷۳٤٦ هکتار به بیش از ۲۲۰۰۰ هکتار خواهد رسید نتایج اعتبارسنجی نقشه کاربری اراضی استخراج‌شده برای سال ۲۰۲۳ نشان داد که میزان صحت کلی استخراج کاربری اراضی حدود ۹۳ درصد، میزان کاپای کلی برابر با ۰/۹۵ است تغییرات کانال رودخانه نسبت به اراضی کشاورزی حاکی از آن است که افزایش سطح کانال در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۲۰۰۰ نزدیک به ٦۰ درصد بوده است. بیشترین پیشروی کانال در اراضی کشاورزی در دوره اول است که حدود ۱٦۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری کانال تبدیل‌شده است. همچنین با توجه به سیاست‌های دیپلماسی و اقتصادی در منطقه گسترش مناطق آزاد تجاری خدآفرین و ارس از ۳۱٦ هکتار به بیش از ۳۰۰۰ هکتار می‌رسد.

کلید واژه‌ها: **ارس، تخریب اراضی، تصاویر ماهواره‌ای سیلاب، ، مدل‌سازی**

نوع مقاله: پژوهشی

استناد: حبیب زاده، احد، حبیبی علیرضا، اصلاحی مهدی. (۱٤۰٤). ارزیابی و آینده‌پژوهی مخاطرات کاربری اراضی حوزه ارس میانی با رویکرد مدل‌سازی. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱٤۰٤.؛ ۱۹(٦۹)، ۱۱٤-۱۲۷
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱٤۰٤، دوره ۱۹، شماره ٦۹، صفحه ۱۱٤-۱۲۷

ناشر: انجمن آبخیزداری ایران

© نویسندگان

CC BY NC

۱- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان شرقی، تبریز ، ایران، AREEO، نویسنده مسئول Email: a.habibzadeh@areeo.ac.ir
۲- دکتری پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران، ایران
۳- دکتری پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان شرقی، تبریز ، ایران، AREEO

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

مقدمه

در ایران ۲٤ رودخانه مرزی جریان دارد که مهم‌ترین و طولانی‌ترین آن‌ها ارس است [۹]. رودخانه ارس که از کشور ترکیه سرچشمه می‌گیرد، حدود ٤۸٦ کیلومتر از مرز آبی ایران با کشورهای آذربایجان و ارمنستان را تشکیل می‌دهد [۲۲]. سالیانه طغیان این رود، موجب تخریب و فرسایش بستر رودخانه و ناپایداری ساحل می‌شود و علاوه بر آن‌یکی دیگر از مشکلات رودخانه در ساحل جنوبی آن وجود شیب به سمت جنوب است. کشورهای همسایه مانند ترکیه با بهره‌برداری از سد گاراگورت و دیگر سدهای در دست برنامه‌ریزی خود بر روی رودخانه ارس می‌توانند تأثیرات جدی بر روی میزان آب رودخانه ارس داشته باشد و مسلماً بیشترین اثرات بر روی کشور ایران خواهد بود زیرا حجم ذخیره آب مصارف کشاورزی مناطق حاصلخیز کشور را به‌شدت کاهش خواهد داد با توجه به شیب موجود رودخانه و سیلاب‌های فصلی رودخانه دائمی ارس در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و بعضاً خرداد که دبی رودخانه می‌تواند به بیش از ۱۸۰۰ مترمکعب بر ثانیه برسد، فرسایش خاک امری اجتناب‌ناپذیر شده است. بنا بر اعلام مسئولان وزارت نیرو، طی ۳۰ سال اخیر با ساماندهی ٦۱ کیلومتری مناطق پرخطر رودخانه ارس در شمال غرب ایران ۱۲۵۰ هکتار از اراضی از دسترس خارج‌شده به خاک ایران بازگردانده شده است [۱۵].

در مباحث مرتبط با اصلاح مرز آبی، برای جلوگیری از فرسایش و تخریب اراضی کنار رودخانه و محافظت در برابر سیلاب‌ها، به ساماندهی بلندمدت نیاز است. عملیات اجرایی پروژه ایمن‌سازی ۱۸۲ هکتار از حریم و بستر رودخانه ارس ازجمله این طرح‌ها هست، طی آن ۲۵ هکتار از اراضی از دسترس خارج‌شده در اثر طغیان‌های فصلی به ایران بازگردانده می‌شود [۷]. استفاده سنجش‌ازدور در مطالعات منابع طبیعی و تغییرات کاربری‌ها روبه توسعه بوده در این دسته دانشمندانی مانند گنزالز معتقدند که در سیستم پیچیده تغییر کاربری اراضی را به‌عنوان یک سیستم پویا معرفی گردد که بایستی به تعریف اجزا و روابط متقابل آن پرداخت [۱۳]. درشناسایی و استخراج تغییرات رودخانه‌ی زرینه‌رود در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱٤ با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای اشاره نمود نتایج تحقیق نشان می‌دهد به علت کاهش بسیار محسوس دبی رودخانه از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱٤، پتانسیل رودخانه برای ایجاد تغییرات مورفولوژی در بخش‌های مختلف بسیار پایین بوده بیشترین میزان تغییرات در سال ۱۹۸۹ اتفاق افتاده است [۵]. کاهش شدید بارندگی و دوره‌های خشک ناشی از آن، تأثیرهای منفی بسیاری بر منابع آب می‌گذارد. تداوم خشکسالی‌ها از تبعات تغییر اقلیم هست [۸]. روند تغییرات مورفولوژیکی کارون بر اساس چهار سری تصاویر ماهواره‌ایLandsat IRS نشان داد خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر است تراکم و انحنای قوس‌ها به سمت پایین جابه‌جاشده است [٦]. امروزه استفاده از روش فنون تحلیل خودکار سلولی مبتنی بر تحلیل زنجیره مارکف از دقت مناسبی در پیش‌بینی تغییرات برخوردار است [۲٤]. ظهور یک کاربری در یک نقطه تابع مجاورت آن نقطه ازنظر مکانی با دیگر کاربری‌های بوده و ازنظر مکانی تابع آخرین تغییرات منطقه هست. تغییرات کاربری اراضی برای تحلیل روند گذشته (۱۹۹٦ تا ۲۰۲۱) و پیش‌بینی وضعیت آتی (۲۰٤٦) با استفاده از رویکرد مدل‌سازی در حوزه آبخیز تالار استان مازندران را پیش‌بینی نموده نشان دادند که در بازه ۱۹۹٦ تا ۲۰۲۱، سطح اراضی جنگلی و مراتع مشجر به ترتیب ۹ و ۲۰ درصد کاهش و اراضی مسکونی و مرتعی به ترتیب ۳٤ و ۲۳ درصد افزایش‌یافته‌اند [۲]. گوان تغییرات کاربری اراضی ساگا در ژاپن را برای سال‌های ۲۰٤۲-۲۰۱۵ با استفاده از مدل زنجیره‌ایCA مارکوف مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه، افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی طبیعی و کشاورزی را نشان داد [۱٤]. تغییرات کاربری اراضی درگذشته و آینده را در منطقه حفاظت‌شده‌ای جنوب اسپانیا با استفاده از مدل زنجیرهای CA مارکوف بررسی کردند توسعه کشاورزی و مناطق شهری و رهاسازی کاربری‌های گذشته یافته پژوهش بوده است [۲۳]. غریبه علاوه بر مشخص نمودن وضعیت تغییرات کاربری اراضی در زمان موردنظر با استفاده از مدل مارکوف، کارایی این مدل در مطالعات پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی از گذشته تاکنون تأیید کردند [۱۱]. آدگبولا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، مدل زنجیره مارکو ف کاربری اراضی قبلی و فعلی حوضه آلا را تهیه و کاربری آینده را پیش‌بینی می‌کند [۱]. نقشه‌ها برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ ایجاد شد معصومی، عوامل مورفولوژیک سفیدرود و پیش‌بینی آینده را موردپژوهش قراردادند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای همراه با داده‌های تغییرات تراز دریای خزر و دبی سفیدرود استفاده، نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی و مورفولوژی رودخانه برای سال ۲۰۳۰ تهیه شد [۱۸]. با برازش دو نقشه سال ۲۰۱۸ و پیش‌بینی ۲۰۳۰ تغییرات محتمل در محیط رودخانه به دست آمد. بررسی مورفولوژی و پیچان‌رودی رودخانه زهره نشان داد که این رودخانه در رده رودخانه‌های با پیچان‌رودی بیش‌ازحد توسعه‌یافته قرار دارد [۱۹]. موندال تأثیر فیلترهای سازگار با مدل CA مارکف را بر نتایج پیش‌بینی تغییر سرزمین بررسی کرده، نتیجه گرفته‌اند که ضریب همبستگی (r) برای فیلترهای ۵*۵ بیشترین تأثیر را در توزیع جغرافیایی/مکانی داشته است [۲۱]. برآورد نیاز آبی هامون‌ها با سطح‌مبنای برگرفته از پروداکت Landsat در سکوی گوگل‌ارث‌انجین نشان داد محدوده‌های دائمی به فصلی» و دائمی ازدست‌رفته درگذشته آب‌دار بوده و در حال حاضر میزان آب کمتری را دریافت می‌کنند بنابراین جهت تأمین حقابه می‌توانند در اولویت اول قرار گیرند [۲۸]. زوآ در پژوهشی با عنوان تحلیل پیش‌بینی تغییر دینامیکی کاربری اراضی در تالاب‌های دلتای رودخانه لیائوهه چین بر اساس تصاویر سنجش‌ازدور نشان دادند سطح کاربری مسکونی در حال افزایش و نیزار-باتلاق در حال کاهش است مساحت جنگل، نیزار، باتلاق، تپه‌های کم‌عمق روند نزولی و مزارع برنج، علفزار، رودخانه، کانال، دریاچه، زمین‌های مسکونی روند صعودی را در

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

سال ۲۰۳۰ در تالاب‌های دلتای رودخانه لیائوهه نشان می‌دهند[۳۰]. پیش‌بینی مورفولوژی رودخانه دشتیاری برای افق ۲۰۳۰ که توسط معصومی با محاسبه مقادیر احتمال تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۱۹ بر مبنای زنجیره‌های مارکوف انجام‌شده بر این اساس شش نقطه بحرانی در کانال رودخانه‌های کاجو، دشتیاری و باهو مشخص نمودند [۱۷]. پردازش حوضه ارس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، نشان داد که فاصله رودخانه ارس از مرز ایران بین ۱۲۸ تا ٤٤٨١ متر تغییر می‌کند. که بیشترین فرسایش به سمت ایران بوده است [۱۱].

متأسفانه در اثر طغیان‌های فصلی رودخانه بخشی از خاک کشورمان به زیرآب می‌رود و مسیر رودخانه جابجا می‌شود که در این مورد با ایمن‌سازی و مهندسی رودخانه می‌توان از جابجایی مرز آبی هم جلوگیری کنیم که لازم است ابتدا به اطلاعات علمی موردنیاز دستیابی شود. این تحقیق باهدف شناسایی اراضی مستعد کشاورزی و مناطق حساس مورفولوژیکی و مخاطره‌آمیز رود ارس موردنظر بوده، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای شناسایی کاربری‌های کنونی اراضی انجام و با پیش‌بینی افق ١٤١٠ راهکار تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای مدیران حوزه‌های آبخیزداری، کشاورزی و منابع طبیعی و مدیران سیاسی کشور را فراهم می‌سازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

آذربایجان‌شرقی با وسعت معادل ٤٥٧١٠ کیلومترمربع داخل سه حوضه آبریز ارس، ارومیه و قزل‌اوزن واقع‌شده است. از کل وسعت استان، ۳۱ درصد در حوضه آبریز ارس، ٤٤ درصد در حوضه آبریز ارومیه و ۲۵ درصد در حوضه آبریز قزل‌اوزن قرار دارد. رودخانه ارس از محل ورود رودخانه قطورچای تا محل ورود دره‌رود زیر حوزه‌ای به وسعت ٦٥٤٧ کیلومترمربع از ساحل جنوبی رود ارس را زهکشی می‌نماید و در مختصات جغرافیایی ″٤٢ /٢٨ ° ٤٥ تا ″١٠ /٢٣ °٤٧ طول شرقی و ″٠٣ /٥٩ °٣٨ تا ″١٥ / ٢٧ °٣٩ عرض شمالی واقع گردیده است. حداکثر دبی بهاره رود ارس ۱۱۰۰ مترمکعب در ثانیه در محل سد ارس بوده است. میانگین دمای منطقه بر اساس ایستگاه هواشناسی اهر ۲۲/۱ سانتی گراد است. درازای بخش مرزی این رود ٤٨٦ کیلومتر و درازای سرتاسری رودخانه حدود ۱۰۷۲ کیلومتراست و حوضه آبریز آن ۱۰۳۲۰ کیلومترمربع است [۲۱]. عرض رودخانه ارس در جلفا گاهی تا بیش از ۲۰۰ متر و ارتفاع و عمق بستر آن به دو تا سه متر می‌رسد عریض‌ترین نقطه رودخانه در نزدیکی شهر جلفا است که بیش از ۲۰۰ متر عرض و بیش از چهار متر عمق دارد. بستر رودخانه دارای شیب زیادی بوده که آب با سرعت در آن جریان دارد (شکل ۱). دره‌دیزچای، حاجیلرچای ایلگنه‌چای، کلیبرچای و سلن‌چای از رودخانه‌های مهم ارس میانی هستند. رودخانه ارس در محدوده استان آذربایجان‌شرقی (ازجلفا تا اصلاندوز) به طول ۲۳۰ کیلومتر است.

شکل ۲ میانگین درازمدت بارش- دما جلفا از سال ١٣٦٤ تا ١٤٠٠ آمده است میزان بارش میانگین این شهرستان از ۳۰۰ میلی‌متر به کمتر از ۲۰۰ و حتی ۱۵۰ میلی‌متر در دهه اخیر رسیده، در مقابل میانگین دمای درازمدت یک تا دو درجه افزایش نشان می‌دهد. میانگین درازمدت بارش- دما خدآفرین نشان‌دهنده کاهش بارش میانگین از ٤٠٠ میلی‌متر به ٣٤٠ میلی‌متر است (شکل ۳) در مقابل دمای درازمدت (١٤٠٠-١٣٦٤) افزایش دو درجه نشان می‌دهد [١٦]. بر اساس سالنامه آمار آبی آب منطقه‌ای تغییرات درازمدت آبی ارس در ایستگاه‌های منتخب که در شکل ٤ آمده است نشان‌دهنده افت بیش از ۱۰۰۰ میلیون مترمکعبی در ۵۰ سال اخیر است [٢٦].

مدل‌سازی نقشه‌ها در محیط Idrisi

با استفاده از تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ (TM)، (TM) ۲۰۱۰ و ۲۰۲۳ (Landsat 8) دریافت و تصحیحات لازم ازجمله تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی بر روی آن‌ها انجام شد. برای تهیه نقشه مکان‌یابی سیل ترسیم بافر سه کیلومتری در بخش جنوبی رودخانه استفاده شد. شکل ۵ رودخانه ارس در لندست ۸ سال ۲۰۲۳ را نشان می‌دهد. برای مدل‌سازی، در محیط Idrisi TerrSet ابتدا نقشه‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ با استفاده از زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های اتوماتیک به‌پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۲۰ پرداخته شد. زنجیره مارکف مجموعه‌ای از وضعیت‌های احتمالی را بیان می‌کند [۲۷]. بر اساس داده‌های خروجی مدل، نقشه نهایی پیش‌بینی با استفاده از مدل CA مارکف سال ۲۰۲۰ استخراج شد و ضریب کاپا مربوطه محاسبه شد. ضریب کاپا یک معیار صحت‌سنجی طبقه‌بندی بوده و بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود که در آن p_o درستی مشاهده‌شده و pc توافق مورد انتظار است.

$$KIA = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \qquad (۱)$$

خروجی مدل با نقشه حاصل از تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۲۳ برازش داده شد و بازه‌های مغایر بین آن‌ها به دست آمد. به‌منظور دقت مدل‌سازی، ٤٨١ نقطه کنترل زمینی تصادفی تعیین شد و مورد صحت سنجی قرار گرفت. با توجه به‌دقت و صحت خروجی مدل، با استفاده از نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰، نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی و مورفولوژی رودخانه برای سال ۲۰۲۳ تهیه‌شده است. پس‌ازآن، تعیین بازه‌های پیش‌بینی‌شده برای تغییر در مورفولوژی و محیط رودخانه، نقشه مبنای سال ۲۰۲۳ با خروجی مدل برازش داده شد؛ و علاوه بر کانال رودخانه، سه واحد کوه-دشت، زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی-صنعتی پردازش شدند؛ و نقاط خاص در کانال رودخانه با توجه به رژیم سیلابی تعیین شد.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

استخراج نقشه‌های کاربری

پس از انجام تصحیحات، طبقه‌بندی تصاویر با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده[1] در نرم‌افزار ArcGISصورت گرفت نقشه کاربری اراضی و مورفولوژی کانال رودخانه تهیه‌شده است. در این نقشه واحدهای کانال رودخانه، سکونتگاه‌ها و مناطق صنعتی، زمین‌های کشاورزی، دشت و کوهستان، در بازه ٤٨٦ کیلومتری از کانال رودخانه ارس میانی شرقی تفکیک‌شده‌اند (جدول ۱).

پس از تهیه نقشه‌های وکتوری در محیط ArcGIS و کلاس‌بندی واحدهای کاری برای تبدیل به نقشه رستری در محیط نرم‌افزار Idrisi وارد شدند. با استفاده از روش ترکیبی زنجیره‌های مارکف-سلول‌های خودکار[2] اقدام به پیش‌بینی کاربری اراضی شد. ابتدا با بهره‌گیری از تصاویر ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ و ماتریس تبدیل تغییرات کاربری زمین، نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۳ پیش‌بینی و با نقشه کاربری اراضی واقعی اعتبارسنجی شد (شکل ٦ و ۷)؛ و نقشه پیش‌بینی کاربری‌اراضی سال ۲۰۳۰ تهیه شد.

زانگ زنجیره مارکف را مجموعه‌ای از وضعیت‌های احتمالی بیان می‌کنند که در پیش‌بینی ویژگی‌های جغرافیایی استفاده می‌شود [۲۹]. زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر بیان کرده پایه نقشه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌شود. این کار با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد اتوماتای سلولی مدلی از ریاضیات گسسته بوده شامل یک شبکه منظم از سلول‌ها است که هرکدام از آن‌ها دریکی از حالات از مجموعه حالات متناهی امکان‌پذیر قرار دارند، برای هر سلول، یک مجموعه از سلول‌ها که همسایه آن نامیده می‌شود، نسبت به آن سلول مشخص تعریف‌شده است. یک حالت (time=۰) یا (t=۰) با تخصیص دادن یک وضعیت به هر سلول انتخاب می‌شود. یک نسل جدید توسعه به‌وسیله (t=۱)، بر اساس یکسری قوانین ثابت که وضعیت جدید برای هر سلول را بر اساس وضعیت جاری آن سلول و وضعیت‌های سلول‌های همسایه آن، مشخص می‌کند، تولید می‌شود. مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار عاملی است که تغییر وضعیت هر سلول را بر اساس قانون تعیین وضعیت جدید مطابق با وضعیت قبل و وضعیت سلول‌های مجاور نشان می‌دهد. در این مدل از فیلتر CA برای توسعه یک فاکتور وزن دهی - مجاورت مکانی، برای تغییر وضعیت سلول بر اساس مجاور استفاده می‌شود.

بحث و نتایج

با کلاسه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نقشه کاربری اراضی و مورفولوژی کانال رودخانه تهیه و واحدهای کانال رودخانه، سکونتگاه‌ها و مناطق صنعتی، زمین‌های کشاورزی، دشت و کوهستان، تفکیک شدند. پس از استخراج نقشه‌ها برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۳ و صحت سنجی فرآیند مدل‌سازی انجام شد. جدول ۱ - سطح واحدهای کاربری اراضی رودخانه در محدوده بافر ۳۰۰۰ متر را نشان می‌دهد چنان‌که در جدول آمده است سطح واحد رودخانه در سال ۲۰۱۰ نسبت به ۲۰۰۰ افزایش یافته و به سطح کاربری‌های دیگر تعرض نموده است که این موضوع به وقوع سیلاب‌های در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ برمی‌گردد به‌طوری‌که در نمودار شکل ٤ آمده است در این سال‌ها رود ارس بیشترین آورد حجم آبی را داشته و آمارهای سالنامه آبی ارس دبی پیک‌های ٦۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه به ثبت رسانده است این موضوع همراه با عدم انجام عملیات مهندسی لازم رودخانه، همچنین احداث سدهای ارس، خدآفرین و قره‌قیه در افزایش سطح کانال رودخانه مؤثر بوده است.

اعتبارسنجی

دقت برآورد برای سال ۲۰۲۳، توسط بازدید میدانی و ثبت نقاط مشاهداتی از کاربری‌های مختلف (۱۰۰ نقطه کنترل زمینی برای هر کاربری) مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی توسط تجزیه‌وتحلیل برخورد و خطا با استفاده از جدول توافقی بود [۱۵]. جدول توافقی یک ماتریس شامل طبقه‌بندی‌های درست و نادرست از داده‌های مدل‌سازی در برابر مشاهدات هست. معیارهای مورداستفاده شامل آماره‌های صحت (معادله ۲)، نرخ مثبت درست یا یادآوری (رابطه ۳) و ضریب کاپا (رابطه ٤) هست که با استفاده از اطلاعات جدول توافقی محاسبه شدند:

$$Accuracy=\frac{H+CN}{H+FA+M+CN} \quad (۲)$$

$$Kappa=\frac{Accuracy-Pe}{1-Pe} \quad (۳)$$

$$Kappa=\frac{Accuracy-Pe}{1-Pe} \quad (۴)$$

که H، FA، M و CN به ترتیب برخوردها یا مثبت‌های درست، هشدار نادرست یا مثبت‌های نادرست، خطاها یا منفی‌های نادرست و منفی‌های درست در جدول توافقی می‌باشند [۲۵]. مقادیر آماره‌های صحت و دقت بین صفر و یک هست که هرچقدر به سمت یک نزدیک‌تر باشد پیش‌بینی بهتر مدل را نشان می‌دهد. ضریب کاپا اندازه‌ای عددی بین ۱- تا ۱+ است که هر چه به ۱+ نزدیک‌تر باشد بیانگر وجود توافق متناسب و مستقیم است. اندازه‌های نزدیک به ۱- نشان‌دهنده وجود توافق وارون و اندازه‌های نزدیک به صفر عدم توافق را نشان می‌دهد.

پیش‌بینی مورفولوژی رودخانه در افق ۲۰۳۰

با ترسیم و استخراج نقشه‌های کاربری اراضی در محدوده ۳۰۰۰ متری رودخانه برای بازه‌های زمانی ۲۰۰۰،۲۰۱۰ و ۲۰۲۲ و تهیه نقشه پیش‌بینی برای افق ۲۰۲۰ (با تعیین ماتریس تبدیل کاربری‌ها و ضریب کاپا) درنهایت مقایسه آن با نقشه تصویر ماهواره‌ای و

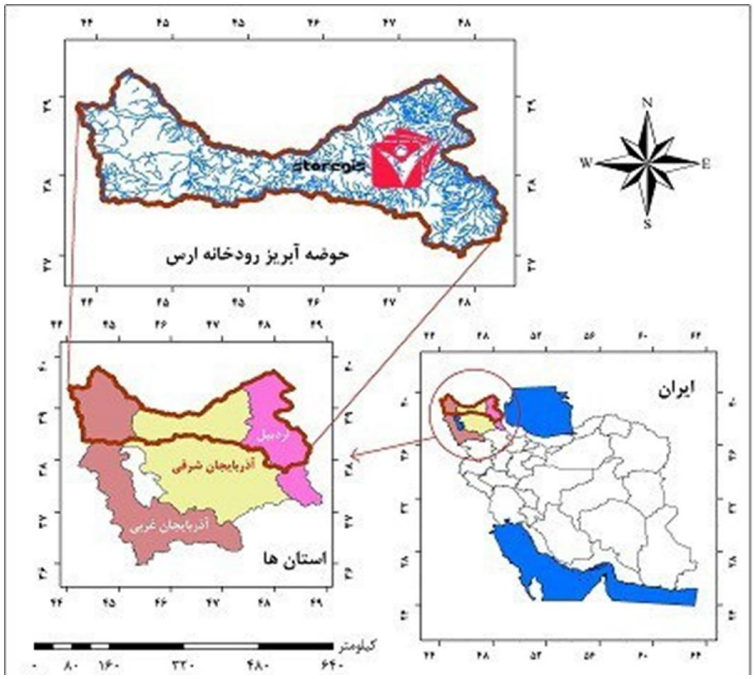
1.Maximum Likelihood Classification
2.CA-Markov

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.22034.19.69.7]

کنترل‌های زمینی اقدام به تهیه نقشه پیش‌بینی مورفولوژی رودخانه برای افق ۲۰۳۰ یا ۱٤۱۰ با استفاده از نقشه‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲ خروجی از تصاویر ماهواره‌ای گردید. در این مطالعه از مدل مارکوف بهره گرفته‌شده (جدول ۲) که با دقت بالایی (ضریب کاپا = ۰,۹۸)، توانسته است نقاط حساس و آسیب‌پذیر را شناسایی کند تغییرات رودخانه در افق ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۲۳ نشان داد که رود ارس با تغییرات قابل‌توجهی در قسمتی از بستر خود مواجه بوده به ترتیب حدود ۱۸۰۰ هکتار بر گستره کانال رودخانه‌ای افزوده خواهد شد (شکل ۱۰ و ۹) و این موضوع می‌تواند خسارات اقتصادی زیادی وارد نماید، البته پیش‌بینی این روند به خاطر احداث سه سد مخزنی (ارس، خدآفرین و قره قیه) در افق بیست‌ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در حوزه ارس میانی هست که مدل بر اساس شرایط افزایش کانال رودخانه پیش‌بینی نموده است.

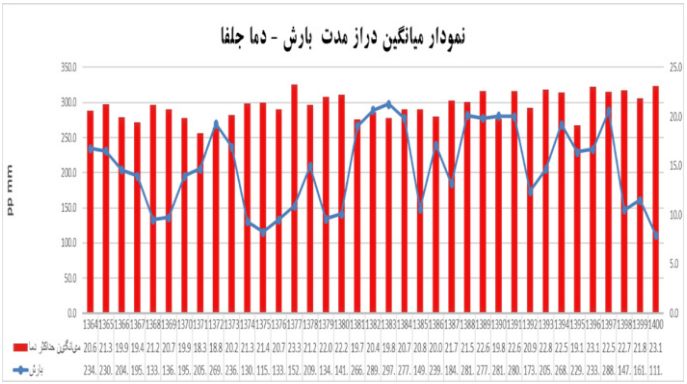
گسترش اراضی کشاورزی رودخانه در افق ۲۰۳۰

یکی از دلایل افزایش سطح کاربری کشاورزی در سال ۲۰۲۳ نسبت به سال ۲۰۱۰، کاهش عرض کانال در دوره ۲۰۲۳ (نسبت به ۲۰۱۰) بوده که بخشی از اراضی حاشیه رودخانه و یا سیلاب‌دشت خالی از آب‌شده و به اراضی کشاورزی پیوسته است بررسی مدل نشان می‌دهد در افق ۲۰۳۰ به میزان ۱۱۰۰ هکتار اراضی کشاورزی گسترش خواهد یافت این موضوع با برنامه‌ریزی‌های حکمرانی در راستای گسترش مناطق آزاد در منطقه (منطقه آزاد خدآفرین- منطقه آزاد ارس) همخوانی داشته و از سال ۲۰۱۰ با فراهم شدن زیرساخت صنایع تبدیلی کشاورزی و کشاورزی صنعتی با احداث گلخانه‌ها



شکل ۱ – موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز ارس

Fig 1. Location of the study area

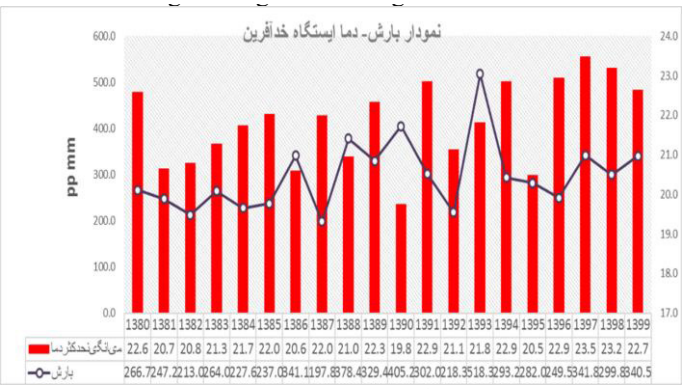


شکل ۲- نمودار میانگین درازمدت بارش- دما جلفا

Fig 2. Long-term average PP-T Jolfa

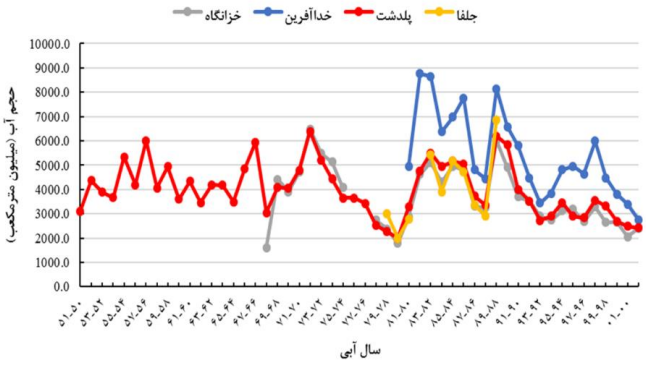
[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]



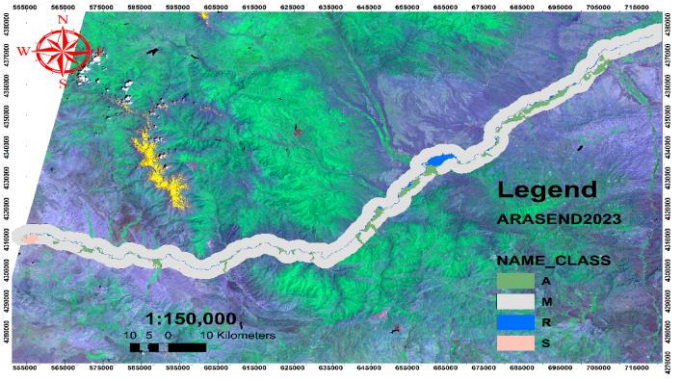
شکل ۳- میانگین درازمدت بارش- دما خدافرین

Fig 3. Long-term average PP-T Khodafarin



شکل ٤- تغییرات حجم آورد آبی ارس

Fig 4. Changes in the water of the Aras River



شکل ٥- کانال رودخانه ارس سال ۲۰۲۳

Aras River Channel in 2023.Fig 5

Given :	Probability of changing to :			
	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4
Class 1 :	0.8183	0.0886	0.0004	0.0927
Class 2 :	0.4042	0.5782	0.0000	0.0176
Class 3 :	0.3306	0.0020	0.5270	0.1404
Class 4 :	0.3637	0.0664	0.0000	0.5699

شکل ٦-ماتریس خروجی مدل مارکف برای سال ۲۰۲۳

Fig 6. .Markov model output matrix for 2023

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

جدول ۱ – مساحت واحدهای کاربری اراضی رودخانه در محدوده بافر ۳۰۰۰ متر و افق ۲۰۳۰ (هکتار)

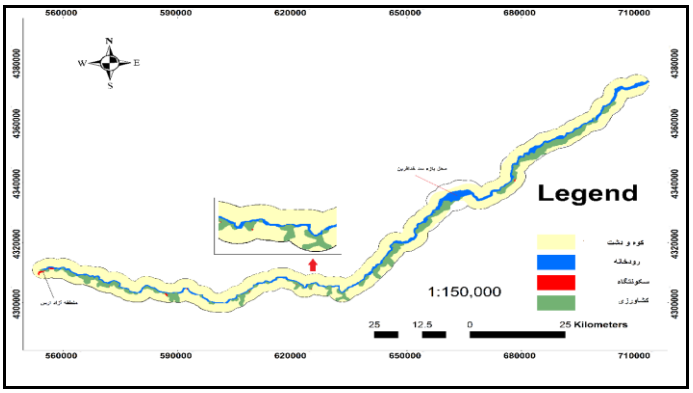
Table 1 .Area of river land use units within the 3000m buffer (ha)

2030	2023	2010	2000	Classification کلاس‌بندی	Image تصویر unitواحد طبقه‌بندی
5945	4057	4452	2802	R	رودخانه River
96923	113408	119354	120337	M	محدوده کوه و دشت حاشیه شمالی و جنوبی Mountain and plain area
3653	920	205	316	S	مناطق مسکونی، صنعتی منطقه آزاد ارس (۸٤٥ هکتار) Residential, industrial areas
22680	10848	7323	7346	A	اراضی کشاورزی و باغی Agricultural and garden lands

جدول ۲– ضرایب صحت سنجی طبقه‌بندی در بازه زمانی ۲۰۲۳

Table 2. Classification accuracy coefficients in the 2023 horizon

ضریب کاپا دوره ۲۰۲۳ Kappa Coefficient 2023 Period%	تعداد کل نقاط کنترلی Total number of control points	درصد انطباق پیش‌بینی Prediction compliance percentage	درصد انطباق مشاهده‌ای Observational agreement percentage	تعداد نقاط تصادفی پیش‌بینی Number of random prediction points	تعداد نقاط تصادفی مشاهده‌ای Number of random observation points	واحد کاری Work unit	ردیف Row
69	481	22.5	70.3	108	338	کوه و دشت M/ Mountains and plains	1
98	481	8.9	3.1	43	15	کانال رودخانه/ R River channel	2
98.5	481	8.7	3.5	42	17	مسکونی و صنعتی S/ Residential and Industrial	3
98.2	481	54.6	19.8	263	95	کشاورزی A/ Agriculture	4
		95%	93%	درصد ضریب کاپای کل Total Kappa Coefficient Percentage			

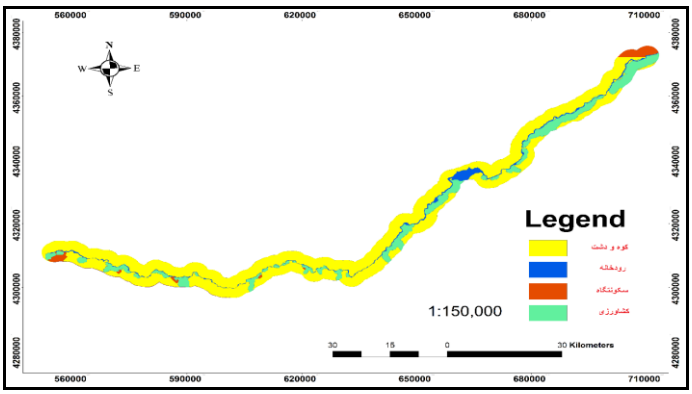


شکل ۷– نقشه خروجی مدل مارکف برای تغییرات سال ۲۰۲۳

Fig 7. Markov model output map for 2023 changes

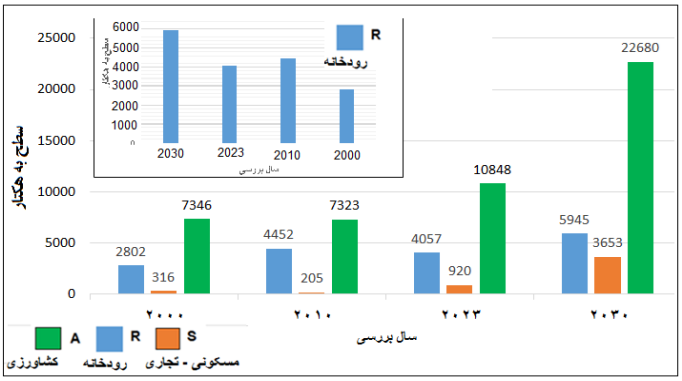
[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]



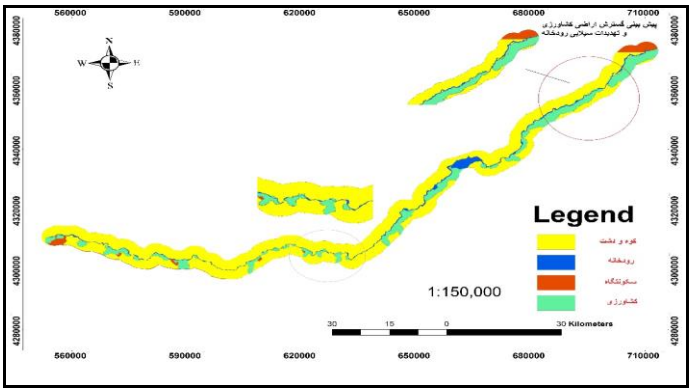
شکل ۸- نقشه خروجی پیش‌بینی مدل مارکف برای افق ۲۰۳۰

Fig 8. Markov model output map for 2030 changes



شکل ۹- نمودار تغییرات سطح کاربری اراضی در افق ۳۰ ساله رود ارس

Fig 9. Land use level Changes in over the 30-year of the Aras River



شکل ۱۰- نقشه پیش‌بینی گسترش اراضی کشاورزی و تهدیدات سیلاب رودخانه در افق ۲۰۳۰

Fig10. Forecast of agricultural expansion and flood threats in the 2030 horizon

و ایجاد کشت و صنعت شاهد رونق کشاورزی و اقتصادی است. باوجوداین ظرفیت ارزشمند، کاهش آورد رودخانه ارس در سال‌های اخیر و محدودیت در تخصیص حق‌آبه فشار قابل‌توجهی بر منابع آبی منطقه وارد کرده است. عمده تعرض در اراضی کوه و دشت و مراتع بوده است. به همین علت، برنامه‌ریزی برای مدیریت و حفاظت رودخانه ارس و بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی و جابجایی بستر آن اهمیت مضاعف می‌یابد؛ زیرا هرگونه کاهش در سطح آبدهی، فرسایش کناری، یا انحراف مسیر می‌تواند به‌صورت مستقیم موجب کاهش تولیدات کشاورزی، محدودیت کشت دوم و درنهایت، تهدید امنیت غذایی و اقتصادی منطقه شود.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

جدول ۳- سطح پیش‌بینی گسترش اراضی کشاورزی و تهدیدات سیلاب رودخانه در افق ۲۰۳۰

Table 3. Predicted level of agricultural land expansion and river flood threats in the 2030 horizon

کلاس کاربری User class	کاربری User	مساحت (هکتار) Area (hectares)	طول Length
1	کوه و دشت Mountains and plains	14646.92	
2	رودخانه River	334.69	34 km
3	مسکونی- صنعتی Residential-industrial	123.45	
4	کشاورزی- زراعی Agriculture-Crop	1973.56	

بحث و نتیجه‌گیری

رودخانه ارس به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع آب سطحی شمال‌غرب کشور، نقش تعیین‌کننده‌ای در پایداری کشاورزی و منابع طبیعی منطقه دارد. این منطقه از قطب‌های مهم تولیدات زراعی و دامی ایران به شمار رفته، بازدهی اراضی آبی به‌طور مستقیم به آبدهی این رودخانه وابسته است. با وجود این ظرفیت ارزشمند، کاهش آورد رودخانه ارس در سال‌های اخیر و محدودیت در تخصیص حق‌آبه فشار قابل توجهی بر منابع آبی منطقه وارد کرده است. به همین علت، برنامه‌ریزی برای مدیریت و حفاظت رودخانه ارس و بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی و جابجایی بستر آن اهمیت مضاعف می‌یابد؛ زیرا هرگونه کاهش در سطح آبدهی، فرسایش کناری، یا انحراف مسیر می‌تواند به‌صورت مستقیم موجب کاهش تولیدات کشاورزی، محدودیت کشت دوم و در نهایت، تهدید امنیت غذایی و اقتصادی منطقه شود. بررسی روند تغییرات کاربری‌های اراضی شامل کاربری کشاورزی زراعی و باغی، کانال و بستر رودخانه، کوه و دشت و کاربری های صنعتی و مسکونی در رودخانه ارس نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۳ اراضی مسکونی - تجاری و کشاورزی از دوره اول تا سوم روند افزایشی داشته است. کانال رودخانه در سال ۲۰۱۰ پرآب‌تر از سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۰۰ بوده است. وسعت مراتع در قسمت کاربری حد کوه و دشت در سال ۲۰۰۰ بیشتر از دو دوره دیگر بوده است. یکی از دلایل افزایش سطح کاربری کشاورزی در سال ۲۰۲۳ نسبت به سال ۲۰۱۰، کاهش عرض کانال در دوره ۲۰۲۳ (نسبت به ۲۰۱۰) بوده که بخشی از اراضی حاشیه رودخانه و یا سیلاب‌دشت خالی از آب‌شده و به اراضی کشاورزی پیوسته است همچنین سیاست‌های حکمرانی و حمایتی ملی از کلان پروژه‌های اجرایی در شعاع پایاب رودخانه و شرایط مساعد اقلیمی از عوامل توسعه کشاورزی بوده است. نتایج اعتبارسنجی نقشه کاربری اراضی استخراج‌شده برای سال ۲۰۲۳ نشان داد که میزان صحت کلی استخراج کاربری اراضی حدود ۹۳ درصد، میزان کاپای کلی برابر با ۰/۹۵ است که حاکی از دقت کافی نقشه استخراج‌شده هست. تغییرات کانال رودخانه نسبت به اراضی کشاورزی حاکی از آن است که افزایش سطح کانال در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۲۰۰۰ نزدیک به ۶۰ درصد بوده است. بیشترین پیشروی کانال در اراضی کشاورزی در دوره اول است که حدود ۱۶۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری کانال تبدیل‌شده است. این مقدار در دوره دوم (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳) با شرایط کاهشی یا انجام عملیات مهندسی رودخانه برای بازپس‌گیری اراضی کشاورزی مواجه بوده که سطح کاهشی حدود ۱۶۵ هکتار بوده است. برعکس تبدیل کانال به کشاورزی و به عبارتی تجاوز به رودخانه در دوره دوم (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳) بیشتر بوده است. در این دوره سطح عرض کانال در ابتدای دوره زیاد و در انتها کم می‌شود، بنابراین می‌توان تبدیل ۱۶۵ هکتاری سطح کانال به کشاورزی را به دو صورت بیان کرد: (۱) پس‌روی آب و رهاسازی اراضی کشاورزی (۲) انجام عملیات مهندسی رودخانه پس از کم شدن عرض آن. هر دو سناریوها صادق هست، چراکه با مقایسه سطح کاربری‌ها نسبت به دوره اول، هم‌سطح کانال در سال ۲۰۲۳ کاهش پیداکرده و هم‌سطح اراضی کشاورزی افزایش پیداکرده است. همچنین تغییرات کاربری در اراضی مرتعی واحد کاربری حد کوه و دشت از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ در این واحد کاهش ۷۰۰۰ هکتاری نشان می‌دهد که اغلب آن به گستره کاربری‌های مسکونی- تجاری و کشاورزی تبدیل‌شده است که در این مورد می‌توان به تأسیس دو منطقه بزرگ آزاد ارس و خدآفرین اشاره نمود.

با استفاده از کاربری‌های سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰، اقدام به مدل‌سازی کاربری سال ۲۰۲۳ با استفاده از روش CA-Markov و ارزیابی آن شد. با بهره‌گیری از نقاط ثبت‌شده زمینی در سال ۲۰۲۳ (۱۰۰ نقطه برای هر کاربری اراضی)، میزان صحت کلی مدل‌سازی کاربری اراضی در سال ۲۰۲۳ حدود ۹۳ درصد، میزان کاپای کلی برابر با ۰/۹۰ هست که حاکی از دقت و کارایی کافی نقشه پیش‌بینی‌شده توسط روش CA-Markov هست؛ بنابراین با توجه به‌دقت مناسب امکان استفاده از این روش برای پیش‌بینی کاربری اراضی در سال‌های آتی فراهم است. مطالعات قبلی در سراسر دنیا همچون فو و همکاران [۱۰] در چین، زیمبا و همکاران [۳۱] در

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

آفریقای جنوبی، آغاجانی و همکاران [۳] در مشهد و تالور و همکاران [۲۷] در هند به عملکرد مناسب این مدل اذعان داشته‌اند. ماتریس مقادیر احتمال تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۰۰ به ۲۰۲۳ بر مبنای زنجیره‌های مارکوف نشان داد افزایش سطح اراضی کشاورزی هم از کاربری بازپس‌گیری کانال رودخانه و هم از حد کوه و دشت بوده است ولی احتمال اینکه کانال رودخانه به اراضی انسان‌ساز تبدیل شود صفر است همچنین، احتمال اینکه اراضی انسان‌ساز در سال ۲۰۲۳ به کانال رودخانه تبدیل شود ١٤ درصد هست.

تغییرات رودخانه (شامل میزان پیشروی و پس‌روی) در افق ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۲۳ نشان داد که به ترتیب حدود ۱۸۰۰ هکتار بر گستره کانال رودخانه‌ای افزوده خواهد شد البته پیش‌بینی این روند احتمالاً به خاطر احداث سه سد مخزنی در افق بیست‌ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در حوزه ارس میانی هست که مدل بر اساس شرایط افزایش کانال رودخانه پیش‌بینی نموده است همچنین در افق ۲۰۳۰ به میزان ۱۱۰۰ هکتار اراضی کشاورزی گسترش خواهد یافت. به‌طورکلی خروجی‌های این پروژه، یک نقشه جامعی از مورفولوژی رودخانه (گذشته، حال و آینده) و رشد و کاهش کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی محدوده حساس کانال ارائه داد. نتایج این تحقیق می‌تواند دیدگاه مناسبی از منظر اقدام‌های آبخیزداری و از رفتار رودخانه‌ها در محدوده مرزی کشور ارائه دهد که به‌موجب آن مناسب‌ترین محدوده مسکونی، پهنه‌های سیلابی برای مزارع کشاورزی، منابع طبیعی و تأسیسات رودخانه‌ای برای برنامه‌ریزی‌های آینده کشور درزمینه رودخانه‌های مرزی کشور تعیین شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همه همکاران و محققان، به ویژه مدیران مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور به خاطر حمایت‌های شایسته‌شان در اجرای این پروژه، سپاسگزار هستند.

تضاد منافع نویسندگان

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

دسترسی به داده‌ها

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

مشارکت نویسندگان

احد حبیب زاده: مجری پژوهش، مدل‌سازی، استخراج نقشه‌ها نگارش نسخه اولیه مقاله.

علیرضا حبیبی: مجری ملی پژوهش و راهنمای مدل‌سازی و استخراج نقشه‌ها.

مهدی اصلاحی: آمار و تحلیل‌های هواشناسی

منابع مورد استفاده

1. Adebola, P. A. Adewumi, J. R. and Obiora-Okeke, O. A. 2021. Application of Markov Chain Model and ArcGIS in Land Use Projection of Ala River Catchment, Akure, Nigeria. Nigerian Journal of Technological Development.18 (1).p9. https:// doi: http://dx.doi.org/10.4314/njtd.v18i1.5

2. Ahmadi, S. Kavian,A. Soleimani,K. Shahidi,K. 2025. Assessment and Prediction of Land Use Changes Using a Modeling Approach in a Geographic Information System Environment (Case Study: Talar Watershed) Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 18(64).pp17-31 (In Persian)

3. Aghajani, H. Sarkari, F. and Fattahi Moghaddam, M. 2024. Predicting land use/land cover changes using CA-Markov and LCM models in the metropolitan area of Mashhad, Iran. Modeling Earth Systems and Environment, pp.1-18. (In Persian)

4. Ahmadi, S. Kavian, A. Soleimani,K. Shahidi,K. 2025. Assessment and Prediction of Land Use Changes Using a Modeling Approach. Journal of Iran-Watershed Management Science & Engineering,19(68):pp18-31 https://doi.org/10.22034/19.68.2 (In Persian)

5. Asghari, S. Poorahmed, M.2017. Detection and Extraction of Changes in Zarineh Rud River's Variation between 1989 and 2014 via Remote Sensing Data. Journal of Hydrogeomorphology. https:// doi.org/20.1001.1.23833254.1394.2.5.1.6.2 (5):1-16. (In Persian).

6. Arshad,S. Morid,S. Mirabolgasemi,H. 2007. Investigating the trend of morphological changes in rivers using remote sensing. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 14(6):pp180-194. https://www.magiran.com/p513627

7. Choobin,B. Habibi,A. Najafi,A. 2024. Application of Markov Automated Cell Model in Forecasting Critical Flood Hazard Areas in the Aras Watershed. Technical issue.SCWMRI.N:67086, 68p (In Persian).

8. Dastourani, M.Yazdanpanah, F.2020. Investigation of precipitation and discharge trends in Aras basin. Journal of Rainwater Catchment Systems. 8(24),p25-34

9. Eivazi j, J. 2011. Geography of waters (4th Ed). The Tehran University Press, Tehran, 170 p. (In Persian)

10. Fu, F. Jia, X. Zhao, Q. Tian, F. Wei, D. Zhao, Y. Zhang, Y. Zhang, J. Hu, X. and Yang, L. 2024. Predicting land use change around railway stations: An enhanced CA-Markov model. Sustainable Cities and Society, 101, p.105138.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]

11. Gahroodi,M. 2011. The necessity of monitoring changes in Border Rivers. A case study of the Aras River in the Dozal Watershed. National Congress on Border Cities and Security; Chalenges and Strategies. (In Persian) https://civilica.com/doc/179174/

12. Gharaibeh, A. Shaamala, A. Obeidat, R. and Al-Kofahi, S. 2020. Improving land-use change modeling by integrating ANN with Cellular Automata-Markov Chain model. Heliyon, 6(9), e05092.

13. Gonzalez, P. Delgado, M. Benavente, F.2015. From raster to vectorcellular automata models: A new approach to simulate urban growth with the help of graph theory, Computers, Environment and Urban Systems. 54:pp119-131

14. Guan,D. Li,H. Inohae, T.Su,W. Nagaie, T. and Hokao,K. 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular utomaton andMarkov model, Ecological Modelling, 222 (20–22), pp3761-3772.

15. Habibi,A. 2022. Predicting the trend of morphological changes in selected rivers of the North Coast regions. Final Report Project. SCWMRI. N: 62753, 64p (In Persian).

16. Iran Meteorological Organization. 2025. Meteorology data. https://www.irimo.ir/far/wd/1061

17. Johnson, L.E., Olsen, B.G. (1998). Assessment of quantitative precipitation forecasts. Weather Forecasting 13 (1), 75–83.

18. Masumi,H. Habibi,A. Ghodrati,A. 2021. Morphology and effective processes on Sefidroud flow changes to predict horizon 2030. Journal of Geography and Environmental Hazards. 10(1): 81-97. Doi: 10.22067/geoeh.2021.68445.1012

19. Masumi, H. Habibi, A. Gharibreza, M. 2021. Prediction of rivers and floods in Dashtyari region for 2030 horizon. Journal of Management and Engineering Watershed. 13(3): 638-649. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijwmse.2021.352118.1842

20. Masoumi, H.R., M.R. Gharibreza and A. Motamed. 2011. Investigation of meandering and morphology pattern of Hendijan River in delta plain area. Watershed Engineering and Management,3(2): 102-112 (in Persian).

21. Mondal, S., N. Sharma, M. Kappas and P.K. Garg. 2020. Cellular Automata (CA) contiguity filters impacts on CA Markov modelling of land use land cover change predictions results. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 5(3): pp1585–1591.

22. Pakineghad, H. Farajirad,A. 2009. Hydropolitics of the Aras Border River and its Impact on the Security of Ardabil Province. GEOGRAPHICAL JOURNAL OF TERRITORY.pp79-95. https://sid.ir/paper/450692/fa.

23. Piquer,R. Maria, T. Kuemmerle, D. Alcaraz-Segura, Raul. Zurita,M and Javier, C. 2012, Future land use effects on the connectivity of protected area networks in southeastern Spain, Journal for Nature Conservation, 20 (6), pp326-336.

24. Sohl, Terry L. and Claggett, Peter R. 2013. Clarity versus complexity: Land-usemodeling as a practical tool for decision-makers. Journal of EnvironmentalManagement.129:pp 235-243.

25. Sokolova, M., Japkowicz, N., Szpakowicz, S. (2006). Beyond accuracy, F-score and ROC: a family of discriminant measures for performance evaluation. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1015–1021.

26. Statistical Centre of Iran. 2023. Statistical Yearbook of East Azerbaijan. https://amar.org.ir/salnameh-amari.

27. Taloor, A.K., Sharma, S., Parsad, G. and Jasrotia, R., 2024. Land use land cover simulations using integrated CA-Markov model in the Tawi Basin of Jammu and Kashmir India. Geosystems and Geoenvironment, 3(2), p.100-268.

28. Teimouri,S. Razavi Zadeh,S. Khosroshahi,M. Jalili,A.. 2024. Estimating the water requirement of Hamoons with the basis area derived from the Landsat product on the Google Earth Engine platform. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 18(64).pp103-113(In Persian).

29. Zhang, F., Tiyip, T., Feng, ZD. Kung, H-T., Johnson, V. C., Ding, JL., Tashpolat, N., Sawut, M. Gui, DW., 2015. Spatio-temporal patterns of land use/cover changes over the past 20 years in the middle reaches of the Tarim River, Xinjiang, China. Land Degradation and Development, 26,284-29.

30. Zhou, L. F. Li, C. Chen, Q- X. & Zhang, Y- L. 2013. Forecasting Analysis of Land Use Dynamic Change in Liaohe River Delta Wetlands. Advanced Materials Research, 726(731):3313–3319. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.726-731.3313

31. Zimba, H.M., Banda, K.E., Mbewe, S. and Nyambe, I.A., 2024. Integrated use of the CA–Markov model and the Trends. Earth module to enhance the assessment of land cover degradation. Environmental Systems Research, 13(1), 25p.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.22034.19.69.7]