Journal of Ecohydrology
Online ISSN: 2423-6101
University of Tehran Press
Home Page: https://ije.ut.ac.ir

Investigating the effect of land use type on surface flow quality in the Talar Basin of Mazandaran

Fatemeh Shokrian,[1*] Karim Solaimani,[2] Aref Saberi[3]

1. Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Email: f.shokrian@sanru.ac.ir
2. Professor, Environmental Remote Sensing & GIS Research Institute, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Email: K.solaimani@sanru.ac.ir
3. PhD, Department of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Email: Aref.Saberi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 27 January 2025
Received in revised form 02 March 2025
Accepted 16 March 2025
Available online 21 March 2025

Keywords:
Kappa coefficient, Mazandaran, Schuler diagram, Surface water, Talar watershed.

ABSTRACT

Objective: To study changes in water resource quality with emphasis on the role of existing land use and geological characteristics during the period 2011-2021 using satellite imagery and quantitative and qualitative data on groundwater resources in the Talar watershed.

Method: The Talar is one of the mountainous watersheds in the north of Iran and is located in central Alborz. Landsat 7 and 8 satellite images were used to study land use in the Talar basin during the period 2011-2021. To produce the land use map, atmospheric, geometric and radiometric errors were first corrected, then a land use map was produced using false colour combinations and training samples separately for each year. The used softwares were ArcMap, ENVI 5.6 and Google Earth Engine. Google Earth Pro7.3.6 software was also used to check and control the ground points. Pearson correlation was then used to determine the relationship between different factors on water quality. The kappa coefficient was also used to check the validity of land use. Then, considering the current situation, some parameters of EC, TDS, pH, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, CO_3^{-2}, Cl^{-}, SO_4^{2-} were studied using RSC index, agricultural standards and Schuler diagram.

Results: The results of the parameter investigation showed that the parameters Cl and SAR with values of 1.13 and 51.6 were below the standard limit, but the parameter EC with a value of 24.755 was above the standard limit. The highest percentage of land use was pasture (71%) and the lowest percentage of land use was water resources (0.01%). Based on the kappa coefficient, all maps have a good accuracy. Residential land use was the main factor changing the quality of water resources in the Talar catchment, while forests and pastures had the least negative impact on water quality. Based on the measurements, the concentration of water quality elements in the Talar River is lower than the average agricultural standard and is in two categories: C1S1 and C2S1, and is suitable for agricultural use. The water quality classification based on SAR parameters, sodium percentage, RSC index and Schuler diagram indicates that the quality is good and suitable for agriculture and drinking. The results show that land use changes in the Talar basin have been progressive, with a decrease in pasture and forest land and an increase in barren and residential land.

Conclusions: Considering the location of the Talar basin, it was found that the presence of industrial and agricultural uses along the river, and agricultural activities, increased use of pesticides and fertilizers, and the discharge of agricultural effluents into this river, as well as sewage and waste from residential and industrial areas, are among the factors affecting changes in water quality. Therefore, information on land use changes to examine their factors and causes over a period of time can be of interest to planners and managers and help them make the necessary decisions.

Cite this article: Shokrian, F., Solaimani, K., Saberi, A. (2025). Investigating the effect of land use type on surface water quality in the Talar watershed in Mazandaran. *ECOHYDROLOGY*, 12 (1), 563-580.
https://doi.org/10.22059/IJE.2025.385953.1854
© Fatemeh Shokrian, Karim Solaimani, Aref Saberi.
Publisher: University of Tehran Press. DOI: https://doi.org/10.22059/IJE.2025.385953.1854

Introduction

Land use is one of the variables affecting the quality of surface water resources, particularly rivers. As land use can have both positive and negative impacts on water quality, it is necessary to determine the impact and contribution of each type of land use. Land use change and lack of proper pollutant management are among the factors that can cause river quality to be in an undesirable class. In recent years, the rapid development and expansion of cities, industrial production, agricultural activities, aquaculture, and the discharge of domestic sewage into runoff have resulted in the discharge of large amounts of toxic pollutants into surface waters. Awareness and recognition of the quality of surface waters, as one of the most important and vulnerable sources of water supply, is one of the most important requirements for their planning, development, protection and control. The Talar basin is prone to pollution and changes in quality due to the presence of various agricultural, industrial and residential uses. Therefore, in this study, according to the conditions of the region, the changes in the quality of water resources have been studied, with emphasis on the role of existing land uses and geological characteristics.

Materials and methods

Talar is one of the mountainous watersheds in the north of Iran and is located in central Alborz range. Landsat 7, 8 satellite images were used to study land use in the Talar watershed for the period 2011-2021. To produce the land use map, atmospheric, geometric and radiometric errors were first corrected, and then the land use maps were produced separately for each year using false colour combinations and training samples. The software used was ArcMap, ENVI 5.6 and Google Earth Engine. Google Earth Pro7.3.6 software was also used to verify and check the ground points. Google Earth Pro7.3.6 software was used to verify and check the ground points. Pearson correlation was then used to determine the relationship between different factors on water quality. Kappa coefficient was also used to validate land use. Then, according to the current situation, some parameters of EC, TDS, pH, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, CO_3^{-2}, Cl^{-}, SO_4^{2-} were studied using RSC index, agricultural standards and Schuler diagram.

Results

The results of the parameter analysis showed that the values of Cl and SAR with values of 13.1 and 6.51 were lower than the standard level, but the EC parameter with a value of 755.24 was higher than the standard level. Range land had the highest percentage of land use (71%) and water resources (0.01%) had the lowest percentage of land use. Based on the kappa coefficient, all maps have a good accuracy. Residential use was the main factor in changing the quality of water resources in the Talar catchment, while forest and pasture had the least negative effect on water quality. Based on the measurements, the concentration of water quality elements in the Talar River is below the average agricultural standard and is in two classes, C1S1 and C2S1, and is suitable for agricultural use. The classification of the water quality based on SAR parameters, sodium content, RSC index and Schuler diagram indicates that the quality is good and suitable for agriculture and drinking.

Conclusion

According to the location of the Talar basin, it was found that due to the existence of industrial and agricultural uses in the river and agricultural activities, the increase in the use of poisons and fertilizers, and the entry of agricultural runoff into this river, as well as sewage and waste from residential areas. Industry is one of the factors influencing changes in water quality.

Knowing the changes in land use to study the factors and causes over a period of time can also be of interest to planners and managers and help them make the necessary decisions.

Author Contributions

Fatemeh Shokrian: Data collection, writing and editing

Karim Solaimani: Image processing and editing

Aref Saberi: Data analysis and writing

Data Availability Statement
The datasets are available upon reasonable request to the corresponding author.

Acknowledgements
This article is the result of a project entitled The Impact of Land Use on Surface Water Resources Quality Using GIS and RS Capabilities in the Talar Basin. The contract number is 13-1401-04. The financial support of the Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University and the Vice Chancellor of Research and Technology is gratefully acknowledged.

Ethical considerations
All text used in this research has been written in accordance with scientific and ethical principles.

Funding
The cost of the research was funded by a research grant.

Conflict of interest
The authors have reported no conflicts of interest with regard to the authorship or publication of this article. If there is a conflict of interest, please declare it in this section.

مجله اکوهیدرولوژی
انتشارات دانشگاه تهران
شاپای الکترونیکی: ۶۱۰۱-۲۴۲۳
سایت نشریه: https://ije.ut.ac.ir

بررسی اثر تیپ کاربری اراضی بر کیفیت جریان سطحی حوضهٔ تالار مازندران

فاطمه شکریان،[۱*] کریم سلیمانی،[۲] عارف صابری[۳]

۱. دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: shokrian.f@gmail.com
۲. استاد پژوهشکده سنجش از دور و GIS محیطی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: Solaimani2001@yahoo.co.uk
۳. دکتری آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: Aref.Saberi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
آب سطحی،
حوزهٔ آبخیز تالار،
ضریب کاپا،
مازندران،
نمودار شولر.

چکیده

موضوع: بررسی اثر تیپ کاربری اراضی بر کیفیت جریان سطحی حوضهٔ تالار مازندران.

هدف: بررسی تغییرات کیفیت منابع آب با تأکید بر نقش کاربری‌های موجود و مشخصات زمین‌شناسی طی دورهٔ زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات کمی و کیفی منابع آب زیرمینی حوزهٔ آبخیز تالار.

روش تحقیق: تالار یکی از حوزه‌های آبخیز کوهستانی شمال کشور است و در البرز مرکزی واقع شده است. برای بررسی کاربری اراضی در حوضهٔ تالار در بازهٔ زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷، ۸ استفاده شد. برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری‌ها ابتدا خطاهای اتمسفری، هندسی و رادیومتری رفع شد و سپس با استفاده از ترکیبات رنگی کاذب و نمونه‌های تعلیمی به تفکیک هر سال نقشهٔ کاربری‌ها تهیه شد. برای انجام این موارد از نرم‌افزارهای ArcMap، ENVI 5.6 و گوگل ارث انجین استفاده شد. برای صحت‌سنجی و کنترل نقاط زمینی نیز از نرم‌افزار Google Earth Pro7.3.6 استفاده شد. در ادامه برای تعیین ارتباط بین عوامل مختلف بر روی کیفیت آب از همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین برای صحت‌سنجی کاربری‌ها از ضریب کاپا استفاده شد. سپس با توجه به وضعیت موجود برخی از پارامترهای EC، TDS، pH، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، HCO_3^{-}، CO_3^{-2}، Cl^{-} و SO_4^{2-} با استفاده از شاخص RSC، استانداردهای کشاورزی و نمودار شولر بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج بررسی پارامترها حاکی از آن بود که پارامترهای Cl و SAR با مقادیر ۱۳/۱ و ۶/۵۱ کمتر از حد استاندارد بوده ولی پارامتر EC با مقدار ۷۵۵/۲۴ بیشتر از حد استاندارد است. کاربری مرتع بیشترین درصد (۷۱ درصد) و منابع آب (۰/۰۱ درصد) کمترین درصد از کاربری‌ها را به خود اختصاص دادند. بر اساس ضریب کاپا همهٔ نقشه‌ها دارای دقت خوبی هستند. کاربری مسکونی عامل اصلی تغییر کیفیت منابع آب حوزهٔ آبخیز تالار بوده درحالی‌که جنگل و مرتع کمترین اثر سوء را بر روی کیفیت آب داشتند. بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت‌گرفته غلظت عناصر کیفیت آب رودخانهٔ تالار کمتر از میانگین استاندارد کشاورزی بوده و در دو ردهٔ C1S1 و C2S1 قرار دارند و برای مصارف کشاورزی مناسب است. طبقه‌بندی کیفیت آب براساس پارامترهای SAR، درصد سدیم، شاخص RSC و نمودار شولر حاکی از آن است که کیفیت ازنظر کشاورزی و شرب خوب و مناسب است. نتایج نشان داد که تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ تالار به‌سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی و افزایش اراضی بایر و مسکونی پیش رفته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به موقعیت حوضهٔ تالار مشخص شد که به‌دلیل وجود کاربری‌های صنعتی و کشاورزی موجود در مسیر رودخانه و فعالیت‌های کشاورزی، افزایش استفاده از سم و کود و ورود زه‌آب کشاورزی به این رودخانه و همچنین پساب و زباله‌های مناطق مسکونی، صنعتی از عوامل مؤثر بر تغییر کیفیت آب هستند. بنابراین، اطلاع از تغییر کاربری اراضی جهت بررسی عوامل و علل آن‌ها در یک دورهٔ زمانی می‌تواند مورد توجه برنامه‌ریزیان و مدیران باشد و در اتخاذ تصمیمات مورد نیاز آن‌ها را یاری دهد.

استناد: شکریان، فاطمه؛ سلیمانی، کریم؛ صابری، عارف. بررسی اثر تیپ کاربری اراضی بر کیفیت جریان سطحی حوضهٔ تالار مازندران. *اکوهیدرولوژی*، ۱۲(۱)، ۵۶۳-۵۸۰.
https://doi.org/10.22059/IJE.2025.385953.1854

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

© فاطمه شکریان، کریم سلیمانی، عارف صابری.

مقدمه

کاهش کیفیت منابع آب در سال‌های اخیر با توجه به چالش‌هایی از قبیل خشکسالی، تغییرات اقلیمی، تخریب اراضی، تغییرات کاربری اراضی به یک نگرانی اساسی در سطح جهان تبدیل شده است (ایلدرمی، حسن‌زاده و حیات‌زاده، ۱۴۰۰؛ اکبری چهاربرج، ابود، اوینا و بویومو،[1] ۲۰۲۴)؛ به‌طوری‌که این منابع در رودخانه‌ها تحت‌تأثیر تنش‌های انسانی حاصل از جدا شدن جریان و تغییرات کاربری اراضی قرار گرفته‌اند (نصراله‌زاده ساروی و همکاران، ۱۴۰۱)، تغییر در وضعیت کاربری اراضی می‌تواند باعث تغییراتی در کیفیت منابع آب شود (اکبرزاده و نیکو، ۱۴۰۱). لازم است تغییرات مکانی-زمانی کیفیت منابع آب (سطحی-زیرزمینی) بررسی شود و مهم‌ترین عامل در تغییر کیفیت با توجه به سطح منطقه و مصارف مختلف ارزیابی گردد (احمدی‌راد و همکاران، ۱۴۰۱). ازطرفی پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ حدود ۹/۷ میلیارد نفر افزایش یابد که نیاز به تقاضای آب سالم در سطح جهانی ۲۰ تا ۳۰ درصد نیز افزایش می‌یابد (یونسکو، ۲۰۱۹)، پس یکی از چالش‌های حال حاضر جهان تهیهٔ نیاز آبی با کیفیت مناسب طی سال‌های کم‌آبی (گیری و کیو،[2] ۲۰۱۶؛ سو[3] و همکاران، ۲۰۱۶) و رفع فشار فزاینده بر منابع آب و زمین در سراسر جهان است (گیری و کیو، ۲۰۱۶). تغییرات جمعیتی باعث تغییر در وضعیت کاربری برای تأمین نیاز غذایی می‌شود؛ به‌طوری‌که وضعیت کاربری زمین و تغییرات آن می‌تواند درک درستی از وضعیت تعامل انسان با طبیعت را فراهم نماید (مندوزا[4] و همکاران، ۲۰۱۱). بااین‌حال کاربری زمین (LU)[5]، مستقیماً تأثیر مهم فعالیت انسانی بر کیفیت آب رودخانه (WQ)[6] و اکولوژی آب (WE)[7] را منعکس می‌کند (گو[8] و همکاران، ۲۰۱۹). روابط بین الگوهای کاربری زمین و کیفیت آب به عوامل زیادی مانند مقیاس مکانی و زمانی، ویژگی‌های حوضه، ترکیب و پیکربندی منظر، وضعیت کاربری زمین و تغییرات فصلی بستگی دارد (اوریارته[9] و همکاران، ۲۰۱۱). درک این روابط برای مدیریت کارآمد حوزهٔ آبخیز و برنامه‌ریزی کاربری اراضی برای حفاظت از کیفیت آب ضروری است؛ زیرا کیفیت آب رودخانه‌ها به‌دلیل افزایش فعالیت‌های انسانی منجر به تغییر می‌شود (نگویی و ماچیوا،[10] ۲۰۰۴؛ سیلوا و ویلیامز،[11] ۲۰۰۱)؛ همچنین تغییرات در پوشش زمین و شیوه‌های مدیریتی آن به‌عنوان عامل تأثیرگذار کلیدی است که منجر به تغییر کیفیت آب می‌شود (یانگ و چن،[12] ۲۰۰۲؛ بای[13] و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات متعدد داخلی و خارجی درزمینهٔ تأثیر کاربری اراضی بر روی کیفیت منابع آب انجام شده است که در تحقیق حاضر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. اکبری چهاربرج و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب سطحی با استفاده از تصاویر سنجندهٔ TM طی سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ پرداختند و اذعان داشتند که بیشترین تأثیر را کاربری کشاورزی دیم و مسکونی به‌ترتیب با ۱/۴۶ و ۲/۴۵ درصد بر روی کیفیت منابع آب دارند و مقادیر EC و مجموع بار انحلالی (TDS) در طی دورهٔ مورد مطالعه افزایش یافته است. علی‌پناهی و همکاران (۱۴۰۱) کیفیت آب سطحی در حوضهٔ آبخیز دشت مهران متأثر از کاربری زمین را در چهار دورهٔ زمانی با در نظر گرفتن کاتیون و آنیون انجام دادند و نشان دادند که اراضی شهری و کشاورزی بیشترین تأثیر را بر روی تغییرات کیفیت آب داشت. راثی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۲) در یک دورهٔ ۲۴ساله ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ سامیان اردبیل را با بررسی نتایج آزمون پیرسون برای تعیین ارتباط بین داده‌های کیفی و کاربری اراضی نشان دادند و نتیجه گرفتند که افزایش پارامترهای کیفی EC ، Ca، Cl، SO_4، Mg و Na رابطهٔ معنی‌داری با افزایش کاربری‌های مسکونی، کشاورزی آبی و دیم دارند. هدایت‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی تأثیر الگوهای کاربری اراضی بر کیفیت آب‌های سطحی در محدودهٔ زیرحوضهٔ آبخیز رودخانهٔ مارون با نمونه‌برداری از ۳۸ ایستگاه پایش در سطح

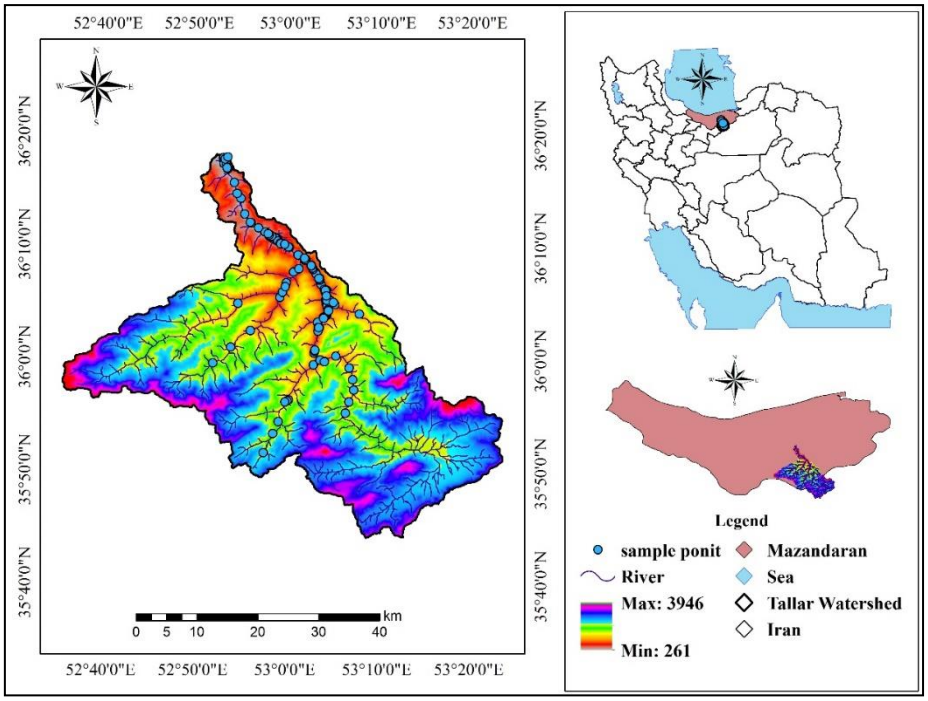
1. Ebodé, Onana & Boyomo
2. Giri & Qiu
3. Su
4. Mendoza
5. Land use
6. water quality
7. Water ecology
8. Gu
9. Uriarte
10. Ngoye & Machiwa
11. Sliva & Williams
12. Yong & Chen
13. Bai et al

زیرحوضه‌ها با سه تکرار در بهار ۱۴۰۲ انجام دادند؛ سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری چندمتغیره، اثرات کاربری اراضی در سطح زیرحوضهٔ مارون بر کیفیت آب رودخانه را برآورد کردند؛ نتایج تجزیه‌وتحلیل همبستگی و رگرسیون خطی نشان داد که کاربری کشاورزی با پارامترهای pH و DO ارتباط منفی و با پارامترهای Ca^{2+} ارتباط مثبت دارد. گبدزی و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر پوشش زمین در دو حالت قبل و در حین فعالیت‌های معدنی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی در ناحیهٔ شمالی آسوتیفی را طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ بررسی کردند؛ نتایج نشان داد کاربری زمین و تغییرات آن طی یک دوره باعث شده است که متغیرهای pH، TB، TDS، NH_3، Mg و SO_4 خارج از محدودهٔ مجاز EPA برای آب آشامیدنی باشند. ابود و همکاران (۲۰۲۴) مطالعه‌ای با هدف بررسی منابع آب در دسترس در حوزهٔ آبخیز جنگلی مفو تحت‌تأثیر توسعهٔ شهرنشینی و تغییرات آب‌وهوایی با استفاده از سناریوهای اقلیمی و نرم‌افزار SWAT طی IHDSHG (۲۰۰۱–۲۰۰۵) انجام دادند و نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی در آینده تأثیر منفی با مقدار R^2 و NSE بیشتر از ۰/۵۶ بر منابع آب و کیفیت آن در این منطقه خواهد گذاشت. پانا[1] و همکاران (۲۰۲۴) مطالعه‌ای با هدف ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ Suquía، در شهر کوردبا با بررسی تغییر LU/LC [2] در مقیاس‌های فضایی مختلف و تجزیه‌وتحلیل همبستگی فصلی بالقوه بین تغییرات LU/LC و شاخص کیفیت آب (WQI) انجام دادند. نتایج نشان داد که شاخص WQI به‌طور منفی تحت‌تأثیر فعالیت‌های کشاورزی و شهری است که این کاربری‌ها می‌توانند به‌شدت در ارزیابی و مدیریت انتشار آلودگی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در امتداد منظر رودخانه کمک کند. با توجه به تحقیقات صورت‌گرفته، کاربری کشاورزی، مسکونی و صنعتی می‌توانند به‌صورت نقطه‌ای و خطی در گسترش آلودگی ایفای نقش کنند. حوزهٔ آبخیز تالار نیز با توجه به وجود کاربری‌های مختلف کشاورزی، صنعتی، مسکونی و... مستعد آلودگی و تغییرات کیفیت آب است؛ بدین‌ترتیب لازم است بررسی‌های لازم در این منطقه صورت پذیرد.

معرفی منطقه

تالار یکی از حوزه‌های آبخیز کوهستانی شمال کشور با مساحت ۱۸۹۶/۲۲ کیلومتر مربع واقع در البرز مرکزی با حدود جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه و ۲۲/۲ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۴ ثانیهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۳/۰۶ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱/۶ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. از شمال به دشت قائمشهر و از قسمت جنوب به حوزهٔ آبخیز تجن و از شرق به سیاهرود و از غرب به حوزهٔ آبخیز بابلرود محدود می‌شود (شکل ۱). حوزهٔ آبخیز تالار با اقلیم نیمه‌خشک سرد و نیمه‌مرطوب سرد دارای ۲۲ درصد از اراضی پست، ۷۰/۲ درصد اراضی با ارتفاع متوسط و ۷/۸ درصد جزء اراضی مرتفع است؛ همچنین ۱۱/۵ درصد از کل حوزه دارای شیب بیش از ۳۰ درصد است. از لحاظ زمین‌شناسی این حوضهٔ آبخیز در زون تکتونیکی البرز واقع شده که از شمال به جنوب، پهنه‌های زمین ساختی البرز مرکزی را می‌پوشاند که به واحدها و بخش‌های جداگانه‌ای تقسیم‌بندی شده است. این حوزه را عموماً سنگ‌های رسوبی دریایی، قاره‌ای، تبخیری و آذرین تشکیل داده‌اند (ذبیحی، ۱۳۹۸).

1. Paná
2. Land use/Land cover



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعاتی در سطح استان مازندران و کشور ایران

روش‌کار

برای بررسی کاربری اراضی در حوزهٔ آبخیز تالار در بازهٔ زمانی ۱۳۹۰–۱۴۰۰ از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷، ۸ استفاده شد. سپس نقشه کاربری‌ها به تفکیک هر سال در محیط گوگل ارث انجین پس از رفع ایرادات و خطاهای اتمسفری، رادیومتریک و دیگر خطاها تهیه شدند. برای بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و وضعیت کیفیت منابع آب در حوضه از همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۱).

مقادیر آستانهٔ برخی پارامترهای مهم در منابع آب ازنظر شرب با استفاده از نمودار شولر و جدول (۲) پارامترهای قابل ارزیابی کیفیت آب برای کاربری کشاورزی را نشان می‌دهد (یزدان‌پناهی و همکاران، ۱۳۹۷؛ قندالی و همکاران، ۱۳۹۸). پس از تهیهٔ نمونه‌ها که به‌صورت تصادفی و در مناطق دارای کاربری‌های مختلف جمع‌آوری شده بودند، به محیط آزمایشگاه منتقل و پارامترهای pH، TDS، EC، Cl^-، SO_4^{2-} در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ در آزمایشگاه شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱. مقادیر حد آستانه برخی پارامترهای آب ازنظر شرب با استفاده از نمودار شولر (یزدان‌پناهی و همکاران، ۱۳۹۷)

پارامتر	خوب	قابل قبول	متوسط	نامناسب	کاملاً نامطبوع	غیرقابل شرب
pH	۷/۳	۷/۸	۹	۱۰	۱۱	بیشتر از ۱۱
TDS	۰–۵۰۰	۵۰۰–۱۰۰۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰	۲۰۰۰–۴۰۰۰	۴۰۰۰–۸۱۰۰	بیشتر از ۸۱۰۰
TH	۰–۲۵۰	۲۵۰–۵۰۰	۵۰۰–۱۰۰۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰	۲۰۰۰–۴۰۰۰	بیشتر از ۴۰۰۰
Cl^-	۰–۱۸۰	۱۸۰–۳۵۰	۳۵۰–۷۰۰	۷۰۰–۱۰۰۰	۱۰۰۰–۲۵۰۰	بیشتر از ۲۵۰۰
SO_4^{2-}	۰–۱۵۰	۱۵۰–۳۰۰	۳۰۰–۶۰۰	۶۰۰–۱۲۰۰	۱۲۰۰–۲۲۰۰	بیشتر از ۲۲۰۰

جدول ۲. مقادیر حد آستانهٔ برخی پارامترهای آب ازنظر کاربری کشاورزی (قندالی و همکاران، ۱۳۹۸)

پارامتر	واحد سنجش	حد مطلوب	حداکثر قابل قبول	ضریب اهمیت
کلر (Cl)	Mg/lit	۱۰۰	۳۰۰	۰/۲۱
نسبت جذب سدیم (SAR)	نسبت	۴۰	۶۰	۰/۳۹
هدایت الکتریکی (EC)	µmhos/cm	۷۰۰	۳۰۰۰	۰/۴۰

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

برای به دست آوردن نقشه‌های کاربری اراضی محدودهٔ مورد مطالعه ابتدا پردازش تصاویر و سپس پردازش باندی انجام و تصحیحات لازم بر روی تصاویر صورت گرفت. برای انجام این موارد از نرم‌افزارهای ArcMap، ENVI 5.6 و گوگل ارث انجین استفاده شد. مشخصات تصاویر استفاده‌شده برای تهیهٔ کاربری اراضی و پوشش منطقه در جداول ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۳. مشخصات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

satellite	Sensor ID	Date	Image acquisition
Landsat 1	MSS	1972	LM01_L1GS_176034_19720922_20180429_01
Landsat 3	MSS	1982	LM03_L1TP_175034_19820607_20200904_02
Landsat 5	TM	1992	LT05_L2SP_163034_19921118_20200914_02
Landsat 7	ETM	2002	LE07_L2SP_163034_20020717_20200916_02
Landsat 7	ETM	2012	LE07_L2SP_163034_20121016_20200908_02
Landsat 8	OLI & TIRS	2022	LC08_L2SP_163034_20220801_20220806_02

جدول ۴. مشخصات قدرت مکانی و رادیومتریک انواع سنجنده‌های لندست

ماهواره/سنجنده	تفیک رادیومتریک	تفکیک مکانی باندهای حرارتی (متر)	تفکیک مکانی باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی (متر)	تفکیک باند پانکروماتیک (متر)
لندست ۴ و ۵ TM	۸ بیت	۱۲۰ * ۱۲۰	۳۰ * ۳۰	ندارد
لندست ۷ ETM^+	۸ بیت	۶۰ * ۶۰	۳۰ * ۳۰	۱۵ * ۱۵
لندست ۸ OLI/TIRS	۱۶ بیت	۱۰۰ * ۱۰۰	۳۰ * ۳۰	۱۵ * ۱۵

برای صحت‌سنجی و کنترل نقاط زمینی از نرم‌افزار Google Earth Pro7.3.6 استفاده شد. ابتدا خطاهای اتمسفری، هندسی و رادیومتری بررسی و رفع گردید سپس با استفاده از ترکیبات رنگی کاذب و نمونه‌های تعلیمی کاربری اراضی منطقه تهیه شد. برای تفکیک کاربری اراضی منطقه از شاخص جفریس ماتوسیتا استفاده شد؛ این شاخص به‌طور گسترده به‌عنوان یک معیار در تشخیص الگو و انتخاب یک خصوصیت مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ این معیار بین دو کلاس Wi و Wj که هر دو عضوی از مجموعه کلاس (i.j=C1,1,2, …, C, i=j) است، قرار دارد و به‌صورت رابطهٔ زیر تعریف می‌شود (عدلی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اکبری چهاربرج و همکاران، ۱۳۹۸).

رابطهٔ ۱) $$Jij = 2(1 - e^{dij})$$

در این رابطه، d_{ij} فاصلهٔ باتاچاریا بین کلاس Wi و Wj که به‌صورت رابطهٔ (۲) تعریف شده است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۰).

رابطهٔ ۲) $$d_{ij} = -ln\left\{\int \sqrt{p\left(\frac{x}{Wi}\right) p\left(\frac{x}{Wj}\right) dx}\right\}$$

در این رابطه (P(x/wi) و p (x/wj) به‌ترتیب تابع چگالی احتمال شرطی متغیّر تصادفی X با توجه به داده‌های کلاس Wi و Wj هستند. درنهایت، برای طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده و روش حداکثر احتمال در محیط نرم‌افزار ENVI و گوگل ارث انجین استفاده شد.

صحت‌سنجی نقشه‌های تولیدی

بررسی صحت، میزان مطابقت نقشه‌های تولیدی با واقعیت زمینی را نشان می‌دهد (فلاح و فاخران اصفهانی، ۱۳۹۴). رایج‌ترین اجزای ارزیابی و بررسی صحت‌سنجی شامل صحت تولیدکننده، صحت کاربر، صحت کلی و ضریب آمارهٔ کاپاست (لیم[1] و همکاران، ۲۰۰۱؛ اکبری چاربرج و همکاران، ۱۳۹۸). در صحت کلی که یک معیار ارزش‌گذاری صحت طبقه‌بندی است با استفاده از ماتریس

1. Lim

درهمی پیشنهادی دلپینه و سمیس[1] (۱۹۹۹) که از مجموع پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی تمامی طبقات بـه مجمـوع پیکسـل‌هـای تصویر استفاده می‌شود و درنهایت این معیار فقط به‌عنوان صحت کلی لایه‌های تولیدشده در نظر گرفته می‌شود (اکبـری چهـاربرج و همکاران، ۱۳۹۸). ضریب آمارهٔ کاپا یکی از معیارهای ارزیابی صحت نقشه است که نشان‌دهندهٔ وضعیت بـین نقشـهٔ طبقـه‌بنـدی بـا واقعیت زمینی است و بین دو عدد صفر و یک (تطابق کامل دو لایهٔ زمینی و نقشهٔ تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای) متغیر است (دابر و گلدزر،[2] ۲۰۱۴).

برای بررسی صحت کلی نقشه‌های تولیدشده در این تحقیق، از دو روش صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شده است که با استفاده از معادله‌های زیر قابل محاسبه است:

رابطهٔ ۳) $$OA = \frac{1}{N((\sum P_u)}$$

رابطهٔ ۴) $$k = \frac{(OA - \frac{1}{q})}{(1 - \frac{1}{q})}$$

در روابط بالا OA، صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی، $\sum P_u$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شـده و K ضریب کاپا را نشان می‌دهد.

نتایج

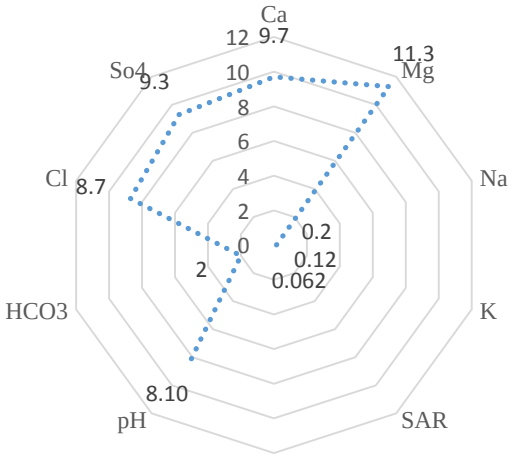
کیفیت منابع آب در کاربری کشاورزی

نتایج آماری پارامترهای کیفیت آب از لحاظ کشاورزی (Cl، SAR و EC) رودخانهٔ تالار در جدول ۵ نشان داد که میانگین کلر و نسبت جذب سدیم با مقادیر ۱۳/۱ و ۶/۵۱ کمتر از حد مطلوب برای کشاورزی هستند، ولی پارامتر EC با مقدار ۷۵۵/۲۴ بیشتر از حد مطلوب است. به‌طورکلی می‌توان گفت که آب این رودخانه در بازهٔ زمانی اندازه‌گیری‌شده برای کشاورزی مناسب است. شکل ۲ نیز مقادیر پارامترهای مؤثر بر تغییر کیفیت منابع آب سطحی رودخانهٔ تالار را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار شکل ۲ پارامترهای اندازه‌گیری‌شده دارای حد مطلوب و قابل قبولی در بازهٔ زمانی هستند.

جدول ۵. وضعیت آماری پارامترهای کیفی مؤثر بر منابع آب سطحی رودخانهٔ تالار

پارامتر	SO_4	Cl	HCO_3	pH	EC	TDS
حداقل	۰.۱	۰.۰۰۳	۰/۵	۷	۱۹۰	۱۶۰
حداکثر	۱۲/۸	۱۳/۱	۱۰	۹/۴	۲۶۵۰	۲۳۹۰
میانگین	۹/۳	۸/۷	۲	۸/۱۰	۷۵۵/۲۴	۴۹۵/۳۵
پارامتر	%Na	SAR	K	Na	Mg	Ca
حداقل	۱/۶۸	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۱	۰/۱	۰/۵
حداکثر	۶۴/۰۴	۶/۵۱	۲	۰/۱۲	۱۱/۶	۱۵/۶
میانگین	۱/۵	۰/۰۶۲	۰/۱۲	۰/۲	۱۱/۳	۹/۷

1. Dellepiane & Smith
2. Dabboor & Geldsetzer



شکل ۲. نمودار میانگین تغییرات عناصر کیفی در رودخانهٔ تالار

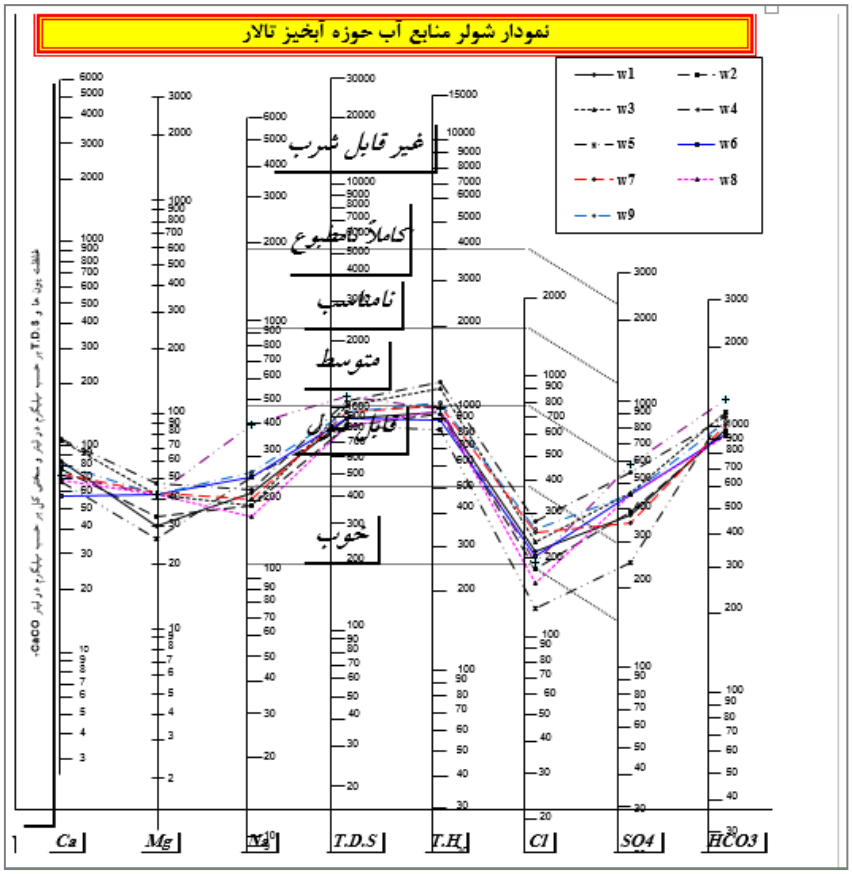
بررسی نمونه‌های آب برای مصارف مختلف نشان داد که منابع آب سطحی حوزهٔ آبخیز تالار در دو ردهٔ C1S1 و C2S1 قرار دارند. قرار گرفتن نمونه‌ها در این طبقات نشان می‌دهند که منابع آب برای مصارف کشاورزی مناسب‌اند (جدول ۶). کیفیت منابع آب براساس RSC حاصل از پارامترهای SAR و Na در ایستگاه‌های مورد بررسی مناسب است.

جدول ۶. کیفیت منابع آب براساس RSC حاصل از پارامترهای SAR و Na

علامت اختصاری	نمونه‌برداری محل	SAR	Na٪	کیفیت براساس Na٪	RSC	کیفیت براساس RSC
W1	پالندرودبار	۰/۲۲	۸/۴۱	عالی	−۱/۳	مناسب
W2	سفید–تالار پل	۱/۰۱	۲۴/۳۲	خوب	−۲/۴۱	مناسب
W3	شاهپور پل	۰/۲	۷/۶۹	عالی	−۰/۷	مناسب
W4	سوادکوه خطیرکوه–دوآب	۱/۱۱	۲۰/۴۷	خوب	−۶/۶۷	مناسب
W5	شیرگاه–تالار	۱/۳۵	۲۹/۰۱	خوب	−۳/۲۸	مناسب
W6	شیرگاه–کسیلیان	۰/۲۲	۸/۸۸	عالی	−۰/۶۲	مناسب
W7	کریکلا	۰/۳۸	۱۲/۸۶	عالی	−۱/۸۳	مناسب
W8	کیاکلا	۰/۷۴	۱۹/۲۴	عالی	−۳/۲	مناسب
W9	بن ولیک	۰/۲۳	۹/۱۷	عالی	−۰/۶۲	مناسب

بررسی تغییرات کیفیت منابع آب

نسبت یونی پارامترهای کیفیت منابع آب سطحی حوزهٔ آبخیز تالار براساس نمودار شولر نشان داد که در وضعیت خوب و قابل قبولی قرار دارند. براساس این نمودار غلظت عناصر کیفی اندازه‌گیری‌شده (منیزیوم، سدیم، کل جامدات محلول در آب، کلر، سولفات و بی‌کربنات) در حد مجاز است (شکل ۳).



شکل ۳. تغییرات کیفیت منابع آب سطحی رودخانهٔ تالار براساس نمودار شولر

تأثیر کاربری اراضی و زمین‌شناسی بر تغییر کیفیت منابع آب

برای بررسی ارتباط بین انواع کاربری اراضی و زمین‌شناسی بر تغییر کیفیت منابع آب از ماتریس همبستگی استفاده و نتایج در جداول ۷ و ۸ ارائه شد. براساس نتایج حاصل، بیشترین همبستگی بین پارامترهای EC و TDS در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده شد. به‌طوری‌که کمترین مقدار همبستگی بین پارامترهای HCO_3^- و SO_4^{2-} در لایهٔ کاربری اراضی به‌ترتیب برابر ۰/۱۲۷ و ۰/۱۹۸ است. نتایج ماتریس همبستگی بین پارامترهای EC و TDS در سطح اطمینان ۹۵ درصد در واحدهای مختلف زمین‌شناسی منطقه دارای بیشترین همبستگی با مقدار ۰/۹۸۷ است و کمترین مقدار همبستگی نیز بین پارامتر pH با سایر پارامترها مشاهده شد. به‌طور متوسط بین EC با سایر پارامترها همبستگی خوبی وجود دارد. نتیجهٔ همبستگی در واحدهای زمین‌شناسی در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۷. ماتریس همبستگی پارامترهای کیفیت آب در واحدهای مختلف کاربری اراضی

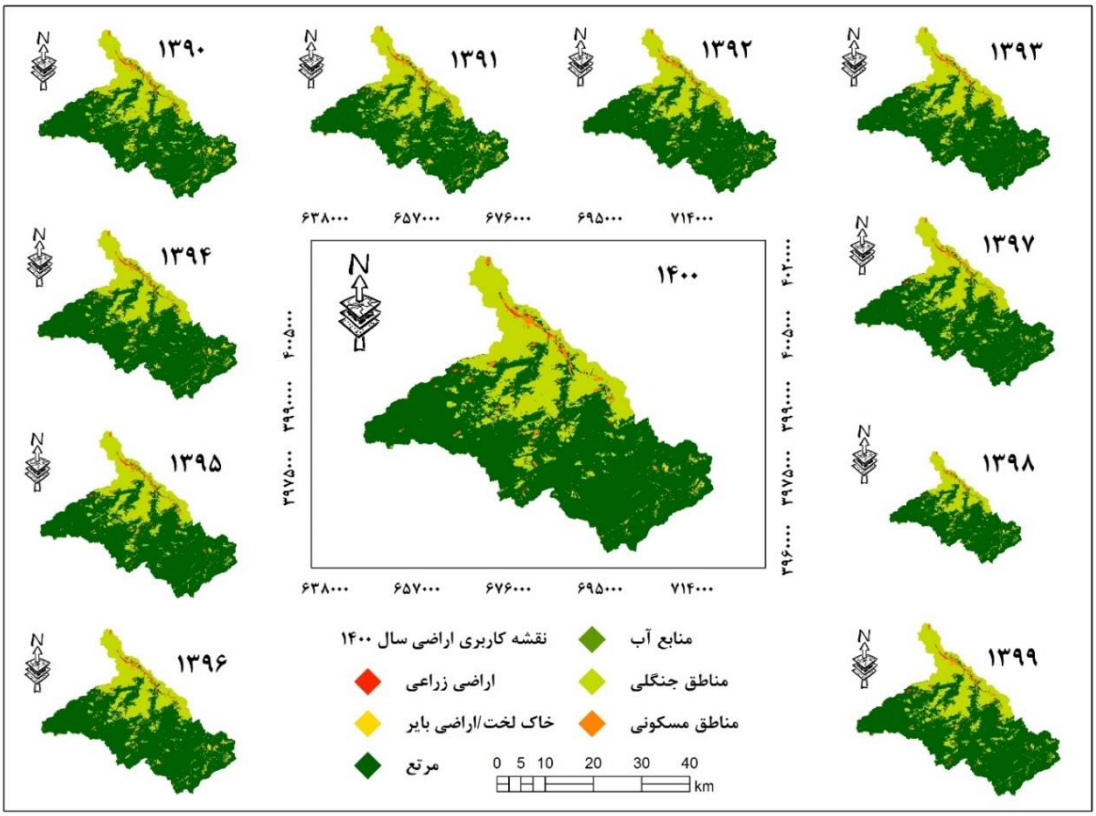
	EC	TDS	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	HCO_3^-	CO_3^{-2}	Cl^-	SO_4^{2-}
EC	۱										
TDS	۰/۹۹۱	۱									
pH	۰/۹۳۷	۰/۶۸۲	۱								
Ca^{2+}	۰/۹۲۲	۰/۸۶۶	۰/۳۲۲	۱							
Mg^{2+}	۰/۸۳۷	۰/۹۳۲	۰/۲۱۷	۰/۷۵۵	۱						
Na^+	۰/۷۳۹	۰/۹۲۲	۰/۱۴۸	۰/۷۶۹	۰/۷۱۱	۱					
K^+	۰/۸۶۷	۰/۸۹۱	۰/۳۸۵	۰/۸۶۷	۰/۷۹۲	۰/۶۹۵	۱				
HCO^{3-}	۰/۹۷۱	۰/۹۱۷	۰/۲۹۶	۰/۸۱۷	۰/۸۴۴	۰/۵۹۷	۰/۹۲۵	۱			
CO_3^{-2}	۰/۸۲۹	۰/۸۶۷	۰/۱۲۸	۰/۸۸۵	۰/۷۶۹	۰/۸۷۷	۰/۹۳۴	۰/۷۱۹	۱		
Cl^-	۰/۷۱۹	۰/۹۳۵	۰/۳۲۲	۰/۹۳۱	۰/۸۱۹	۰/۷۱۱	۰/۸۷۱	۰/۷۳۶	۰/۶۹۷	۱	
SO_4^{2-}	۰/۹۳۳	۰/۸۱۱	۰/۲۱۸	۰/۷۸۵	۰/۹۳۲	۰/۷۴۴	۰/۷۶۳	۰/۸۶۹	۰/۷۹۵	۰/۸۱۳	۱

جدول ۸. ماتریس همبستگی پارامترهای کیفیت آب در واحدهای مختلف زمین‌شناسی

	EC	TDS	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	CO_3^{-2}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
EC	۱										
TDS	۰/۹۸۷	۱									
pH	۰/۴۰۷	۰/۵۲۷	۱								
Ca^{2+}	۰/۸۳۷	۰/۹۰۱	۰/۲۰۱	۱							
Mg^{2+}	۰/۸۶۷	۰/۸۲۲	۰/۳۸۲	۰/۷۹۱	۱						
Na^{+}	۰/۹۱۴	۰/۸۶۷	۰/۴۸۱	۰/۷۹۶	۰/۸۶۶	۱					
K^{+}	۰/۶۸۲	۰/۷۱۱	۰/۳۲۸	۰/۶۸۲	۰/۷۳۳	۰/۷۳۱	۱				
HCO_3^{-}	۰/۷۵۵	۰/۸۰۸	۰/۱۲۷	۰/۷۳۳	۰/۶۸۳	۰/۵۶۲	۰/۵۲۲	۱			
CO_3^{-2}	۰/۸۶۱	۰/۸۷۷	۰/۳۷۱	۰/۶۷۳	۰/۶۲۲	۰/۷۸۶	۰/۸۸۷	۰/۶۸۱	۱		
Cl^{-}	۰/۸۲۷	۰/۹۰۶	۰/۲۹۳	۰/۸۳۳	۰/۷۹۵	۰/۸۶۷	۰/۷۳۷	۰/۶۸۷	۰/۸۱۹	۱	
SO_4^{2-}	۰/۸۳۷	۰/۸۲۹	۰/۱۹۸	۰/۹۴۶	۰/۹۳۳	۰/۸۵۵	۰/۷۹۳	۰/۸۶۶	۰/۹۶۸	۰/۷۲۲	۱

نقشهٔ کاربری اراضی

براساس نتایج به‌دست‌آمده حوزهٔ آبخیز تالار دارای شش کاربری شامل منابع آبی، جنگل، اراضی زراعی (دیم و آبی)، مناطق مسکونی، خاک لخت و اراضی بایر و مرتع است. طی بررسی ۱۰ساله کمترین مقدار مساحت مربوط به منابع آب (۰/۰۰۷ تا ۰/۰۰۲ درصد) و بیشترین درصد مساحت برای کاربری مرتع با ۷۱ درصد بوده و حدود ۱/۳ درصد کاهش داشته است. مناطق مسکونی نیز طی ده سال دارای روندی صعودی است و از ۱/۸ درصد به ۲/۲ درصد از مساحت کل حوضه رسیده است. جدول (۹) نتایج درصد مساحت هریک از کاربری‌ها را طی دورهٔ در نظر گرفته‌شده نشان می‌دهد. نقشهٔ تغییرات نیز در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. نقشهٔ کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز تالار از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

جدول ۹. تغییرات درصد مساحت کاربری‌های موجود در حوزهٔ آبخیز تالار در دورهٔ آماری ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

اراضی کاربری	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
منابع آب	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
مناطق جنگلی	۲۵/۲	۲۳/۵۳	۲۴/۹۷	۲۴/۶	۲۴/۶	۲۴	۲۴	۲۳/۹	۲۴/۹	۲۴/۸	۲۴/۸۵	۲۴/۷۵
اراضی زراعی	۰/۶	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴	۰/۴	۰/۸	۰/۶	۰/۸	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۷	۰/۷۵
مناطق مسکونی	۱/۸	۱/۷۲	۱/۸۲	۱/۹	۱/۹	۱/۳	۱/۹۵	۱/۹۵	۲/۶	۲/۶۲	۲/۷	۲/۸
بایر خاک لخت/اراضی	۲/۵	۱/۵	۰/۹۰	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۷۵
مرتع	۷۰	۷۲/۸۵	۷۱/۸۶	۷۲/۳	۷۲/۳	۷۳	۷۲/۸	۰/۷۲۰۰۲/۶	۷۱/۰۹	۷۱/۱	۷۱	۷۱

برای ارزیابی نقشه‌های تولیدی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از شاخص‌های ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد و نتایج در جدول ۱۰ نشان داده شده است. میانگین درصد کل ضریب کاپا و صحت کلی همهٔ نقشه‌ها با دقت بالای ۸۵ درصد به دست آمده است. این شاخص‌ها به دو دستهٔ صحت تولیدکننده و صحت کاربر تقسیم می‌شود که با مقادیر میانگین بیشتر از ۹۰ درصد دقت مناسب نقشه‌های تهیه‌شده را نشان می‌دهد. بنابراین براساس نتایج هرچه ضرایب کاپای به‌دست‌آمده نزدیک یک باشد نشان از دقت مناسب در تهیهٔ نقشه است.

جدول ۱۰. نتایج صحت‌سنجی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز تالار

	۱۳۹۰		۱۳۹۱		۱۳۹۲		۱۳۹۳		۱۳۹۴		۱۳۹۵	
	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)
	۹۰	۹۱	۹۵	۹۰	۹۲	۹۴	۹۵	۹۳	۸۸	۹۲	۹۲	۹۰
ضریب کاپا	۹۱		۹۵		۸۹		۹۵		۹۰		۸۹	
صحت کلی (٪)	۹۴		۸۷		۹۲		۸۹		۹۰		۹۱	

	۱۳۹۶		۱۳۹۷		۱۳۹۸		۱۳۹۹		۱۴۰۰	
	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)	صحت تولیدکننده	صحت کاربر (٪)
	۹۵	۹۱	۹۰	۹۵	۹۰	۸۸	۸۷	۸۹	۹۰	۹۵
ضریب کاپا	۹۶		۹۰		۸۹		۹۰		۹۳	
صحت کلی (٪)	۹۲		۹۲		۸۹		۸۷		۹۲	

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آماری پارامترهای Cl، SAR و EC در رودخانهٔ تالار نشان داد که پارامترهای Cl و SAR با مقادیر ۱۳/۱ و ۶/۵۱ کمتر از حد استاندارد بوده و برای کشاورزی مناسب‌اند، ولی پارامتر EC با مقدار ۷۵۵/۲۴ بیشتر از حد استاندارد است. بررسی سایر پارامترها نیز نشان داد که در محدودهٔ قابل قبول برای شرب هستند. نتایج بررسی‌های فشائی و قوچانیان (۱۴۰۱) نشان داد که پارامترهای SAR، pH و EC ازجمله پارامترهای مهم برای تغییر کیفیت منابع آب هستند و یکی از دلایل اصلی تغییرات EC را فعالیت‌های کشاورزی و انسانی

ذکر نمودند. سایر پارامترها نیز به‌دلیل خاصیت هیدروژئوشیمیایی و کانی‌های موجود در سازند زمین باعث ایجاد این تغییرات شده است؛ بونانسی[1] و همکاران (۲۰۱۵) و نصرتی، اسلامی و سدی (۲۰۱۵) نیز در تحقیق خود را بیان داشتند که یکی از دلایل کاهش اسیدیته نیز ترکیبات سازند و وضعیت زمین‌شناسی منطقه است. نتایج نشان داد که هر کاربری می‌تواند نقش منفی یا مثبت در کیفیت آب داشته باشد. اراضی کشاورزی باعث ورود عناصر گوناگون ازطریق سموم و کودهای مختلف به منابع آب و خاک می‌شوند. هدایت‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) در بررسی‌هایشان اذعان داشتند که کاربری کشاورزی با پارامترهای pH و DO ارتباط منفی و با پارامترهای PO_4^{2-}، NO_3^- و Ca^{2+} ارتباط مثبت دارد، کاربری جنگل همبستگی مثبت با DO و منفی با PO_4^{2-} و کاربری شهری نیز همبستگی منفی با DO دارد. نتایج حاصل از تغییرات کاربری اراضی طی دورهٔ درنظرگرفته‌شده حاکی از آن است که کاربری منابع آب دارای کمترین درصد مساحت (۰/۰۰۷ تا ۰/۰۰۲) بوده و بیشترین درصد مساحت برای کاربری مرتع (۷۱ درصد) است. درصد مساحت اختصاص‌یافته به مناطق مسکونی نیز طی ده سال مورد بررسی دارای روندی صعودی است از که از ۱/۸ درصد به ۲/۲ درصد از مساحت کل حوضه رسیده است. در این راستا نظرنژاد و همکاران (۱۳۹۸) و میرزایی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی‌هایشان اذعان داشتند که افزایش مساحت زراعت براثر کاهش مساحت اراضی جنگلی و مرتعی است و یکی از دلایل اصلی این موضوع افزایش جمعیت و تمایل به افزایش درآمد در بین مردم محلی بیان شده است. راگانی و همکاران (۱۳۹۹)، صادقی و همکاران (۱۳۹۳) و بیرا و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کردند که مساحت مراتع و جنگل به دلایل افزایش زراعت در مناطق پایین‌دست کاهش پیدا کرده است. برای بررسی دقت کاربری‌ها از ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد. نتایج نشان داد همهٔ نقشه‌ها با دقت قابل قبول و درصد بالا به دست آمده‌اند. براساس نتایج هرچه مقدار شاخص به یک یا ۱۰۰ نزدیک باشد، دقت تهیهٔ نقشه بیشتر است. در این راستا ملکی و تولکی‌صبور (۱۳۹۶) ضریب کاپا و صحت کلی را در تهیهٔ نقشه، عاملی برای نشان دادن دقت کاربر به‌دلیل بررسی نقش عوامل در تهیهٔ نقشه معرفی کردند؛ همچنین دهداری و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از ضریب کاپا برای نشان دادن دقت نقشه‌ها را عامل مهم معرفی نمودند. نتایج اثر کاربری اراضی بر روی کیفیت آب حوضهٔ مورد مطالعه نیز نشان داد که کاربری‌های کشاورزی و مسکونی دارای بیشترین همبستگی با تغییرات کیفیت منابع آب هستند و کاربری‌های جنگل و مرتع تأثیر سوء کمتری را نسبت به سایر کاربری‌ها بر کیفیت منابع آب دارند. در این راستا لی[2] و همکاران (۲۰۱۵)، یوسفی‌نژاد عطاری و همکاران (۱۴۰۱)، اسکندری دامنه و همکاران (۱۳۹۸)، تیموری و اسدی (۱۳۹۹) در بررسی‌هایشان اظهار داشتند که به‌دلیل استفاده از سموم مختلف در اراضی کشاورزی کیفیت منابع آب به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به بررسی ۱۰ساله مشخص شد که کمترین مقدار درصد مساحت مربوط به منابع آب (۰/۰۰۷ تا ۰/۰۰۲ درصد) و بیشترین درصد مساحت برای کاربری مرتع با ۷۱ درصد بوده است و مناطق مسکونی طی ده سال از ۱/۸ درصد به ۲/۲ درصد دارای روند صعودی بوده است. با توجه به اینکه گسترهٔ کاربری‌های مسکونی، کشاورزی و صنعتی در پایین‌دست حوزه و نزدیک مناطق آبی قرار گرفته و در مقابل کاربری‌های مرتع و جنگل در بالادست قرار گرفته‌اند، یکی از دلایل تخریب و کاهش کیفیت آب سطحی را می‌توان به استفادهٔ گسترده از سموم کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی و شبکهٔ زهکشی ضعیف نسبت داد. همچنین کیفیت آب از بالادست به‌سمت پایین‌دست رودخانه به‌علت ورود پساب کشاورزی و عبور از مناطق شهری و صنعتی به‌شدت کاهش پیدا می‌کند؛ پس می‌توان کاهش کاربری جنگل و مرتع و افزایش کاربری مسکونی را عامل تخریب در حوزهٔ آبخیز تالار معرفی کرد. در این راستا کاوه و همکاران (۱۳۹۱) کاهش کاربری جنگل و مرتع و در مقابل مسکونی و صنعتی را عامل اصلی کاهش کیفیت در پایین‌دست معرفی کردند. همچنین خلیلی و همکاران (۱۴۰۰) وجود کاربری‌های صنعتی و ورود پساب صنعتی، مسکونی و کشاورزی را عامل اصلی تخریب و کاهش کیفیت منابع آب سطحی بیان کردند. کریم‌زاده مطلق و همکاران (۱۴۰۱) نیز بیان کردند که تغییرات کاربری اراضی به‌صورت گسترش مناطق شهری و کاهش مساحت کاربری کشاورزی است. چنین تغییراتی در دو مرحلهٔ مشخص رخ داده است.

1. Bonansea
2. Li

اراضی شهری از سال ۲۰۱۳ با تأثیر مستقیم در کاهش پوشش گیاهی به‌مثابهٔ یک نتیجه از تبدیل اراضی کشاورزی به سایر کاربری‌ها توسعه می‌یابد. همچنین تأیید شده است که روند تغییرات پس از سال ۱۹۹۶ پویا بوده و شدت یافته است؛ زیرا در سال ۲۰۱۸ منطقهٔ وسیعی از اراضی کشاورزی به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شده است. سلطانی‌نیا و اسکندرپور (۱۴۰۲) بیان کردند که تغییرات کاربری حتی در صورت تصفیهٔ منابع آب و بازچرخانی نیز تأثیر منفی بر زیست‌بوم خواهد گذاشت. همچنین باقری و همکاران (۱۴۰۰) بیان کردند که تغییر کاربری و ساخت‌وساز عاملی برای کاهش مقدار نفوذ رواناب و درنهایت سبب هدررفت منابع آب می‌شود. خاتونی و کلاهی (۱۴۰۰) بیان داشتند که آب عاملی برای تحرک و نگهداشت مراتع است و در صورت تخریب و تغییر کاربری تأثیر منفی در دو کاربری به وجود می‌آید. همچنین دوزی‌گبدز و همکاران (۲۰۲۲)، ابود و همکاران (۲۰۲۴) و پانا و همکاران (۲۰۲۴) علت اصلی تغییرات غلظت و کیفیت منابع آب از لحاظ کشاورزی و شرب را که در مجاورت رودخانه قرا دارند، ورود پساب‌های کشاورزی و مسکونی در فصول مختلف عنوان نمودند. نتایج ارزیابی پارامترهای کیفیت آب در رودخانهٔ تالار نشان داد که بیشتر پارامترها مقادیر کمتری از میانگین استاندارد دارند. همچنین نمونه‌های برداشتی از منابع آب برای مصارف مختلف نشان دادند که منابع آب سطحی حوزهٔ آبخیز تالار در دو طبقهٔ C1S1 و C2S1 قرار دارند. این طبقات نشان می‌دهند که منابع آب تاحدودی شور ولی برای مصارف کشاورزی مناسب است ازطرفی طبقه‌بندی کیفیت آب را براساس پارامترهای SAR، درصد سدیم و شاخص RSC که خطر جذب سدیم ازطریق رسوب کربنات کلسیم و منیزیم را نشان می‌دهد بررسی و نتایج نشان داد کیفیت ازنظر کشاورزی و شرب مناسب است. نظرنژاد و همکاران (۱۳۹۸)، صادقی و همکاران (۱۳۹۳) نقش پارامترهای EC، TDS و SAR را در تعیین کیفیت مؤثر معرفی نموده و بیان داشتند عوامل زمین‌شناسی و نوع استفاده از زمین می‌تواند سبب تغییر غلظت عناصر کیفیت آب شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده براساس نمودار شولر و استاندارد کیفیت می‌توان نتیجه گرفت که آب رودخانهٔ تالار دارای وضعیت متوسط تا خوب است؛ هرچند در این حوضه، کاربری مسکونی نقش سوء بیشتری بر کیفیت آب دارد. در این حوضه به‌دلیل افزایش فعالیت‌های انسانی باید مدیریت مناسبی اجرا شود تا بتوان از آلودگی و گسترش آن جلوگیری کرد؛ برای مثال در مناطق صنعتی ایجاد حوضچه‌های آرامش برای گرفتن آلودگی و جلوگیری از ورود مستقیم خروجی صنایع به منابع آب می‌تواند نقش مؤثری داشته باشد؛ بنابراین لازم است که پساب‌های تولیدی در منطقه مدیریت شوند. در این راستا (علی‌پناهی و همکاران، ۱۴۰۱) نیز به مدیریت صحیح و کارآمد تأکید کردند. با توجه به نتایج پژوهش و تغییرات کاربری برای پیش‌بینی تغییرات آیندهٔ کیفیت آب و تأثیرات کاربری اراضی می‌توان عوامل مختلف اقلیمی و هیدرولوژیکی را به‌دلیل نقش مؤثر پیشنهاد داد؛ به‌طوری‌که با استفاده از مدل‌های جدید پیش‌بینی کاربری اراضی تغییرات را نشان داد و تغییرات اقلیمی و نقش آن در تغییر کیفیت منابع آب را نیز با مدل‌های مختلف بررسی نمود.

سپاسگزاری

مقالهٔ حاضر منتج از طرح با عنوان تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب سطحی با استفاده از قابلیت‌های GIS و RS در حوزهٔ آبخیز تالار، با شماره قرارداد ۱۳-۱۴۰۱-۰۴ است. از حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه تقدیر و تشکر می‌شود.

References

Adli, R., Khouroshi, S., Nemati, Y., & Ghorbani, A. (2014). Land use mapping using images available from Google Earth and Gis (Case study: Ardabil province and naming of Damodar watershed). *World Environment Day Conference*, Tehran. (In Persian).

Akbari, J., Kazemzadeh, M., & Alipour, H. (2020). Surface Water Quality Evaluation under Land Use Changes (Case study: Mahabad Chai Watershed). *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 7 (4). 41-54. (In Persian). http://jircsa.ir/article-1-321-en.html.

Ahmadi Rad, E., ghazanfari, S., & Anvari, S. (2022). Surface water quality modeling in Jiroft dam watershed. *Water and Irrigation Management*, *12*(1), 157-170. Doi: 10.22059/jwim.2022.336001.953

Akbarzadeh, P. Nikoo. (2022). the Investigation of the Effects of the Regional Development in the Form of Change in Land Use on the Groundwater Aquifer Level (A Case Study: Damghan Watershed). *Geography and Sustainability of Environment*, *44*(12), 1-21. (In Persian). Doi: 10.22126/GES.2022.7594.2512

Alipanahi, K., Rostami, N., & Gheysouri, M. (2022). Evaluation of the effect of land use change in Mehran plain on surface water quality parameters in wet and drought periods. *Journal of Natural Environmental Hazards*, *11*(34), 127-144. Doi: 10.22111/jneh.2022.39723.1840 (In Persian).

Bagheri, A., Malekmohammadi, B., Zahraei, B., Hasani, A., & Babaei, F. (2021). The effects of land use change on water resources using adjustment coefficient Case study: Lenjanat plain. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (Sepehr)*, *30*(117), 151-164. Doi.org/10.22131/sepehr.2021.244456 (In Persian).

Bai, J., Ouyang, H., & Xiao, R. Gao, J., Gao, H., Cui, B., & Huang, L. (2010). Spatial variability of soil carbon, nitrogen, and phosphorus content and storage in an alpine wetland in the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Australian. Journal of Soil Research*, 48(8). 730–736. Doi: 10.1071/SR09171

Bonansea, M., Ledesma, C., Rodriguez, C., & Pinotti, L. (2015). Water quality assessment using multivariate statistical techniques in Río Tercero Reservoir, *Argentina. Hydrology Research*, 46(3). Doi: 377-388. https://doi.org/10.2166/nh.2014.174

Dabboor, M., & Geldsetzer, T. (2014). Towards sea ice classification using simulated RADARSAT Constellation Mission compact polarimetric SAR imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140. 189-195. Doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.035

Dehdari, S., Armand, N., Farajim, M., Armanm, N.M. & Hadian, F. (2018). Land Use change Detection of 3 and 4 Karun Dams Using Satelite Images. *Journal of Range and Watershed Management*, 71(1). 85-96. Doi.org/10.22059/jrwm.2017.240266.1161 (In Persian).

Ebodé, V. B., Onana. J. Y. N., & Boyomo, T. M. S. (2024). Water resources availability in the Mefou basin, Cameroon: under current and future climate, and land use and land cover. *Sustainable Water Resources Management*, *10*(2). 78. Doi.org/10.1007/s40899-024-01055-w

Fallah, M., Fakheran Isfahani, S. (2016). Impacts of Land Use Changes on Water Quality of Anzali International Wetland. *Journal of Oceanography*, 6(24), 53-59 (In Persian).

Fashaee, M. & Ghoochanian, M. (2022). Spatial evaluation of qualitative parameters of groundwater resources with the aim of its application in agriculture and drinking (Case study: Mehvalat-Feyzabad plain). *Water and Soil Management and Modeling*, *2*(2). 28-44. doi:10.22098/MMWS.2022.9650.1056

Giri, S. & Qiu, Z. (2016). Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of environmental management*, 173, 41-48. doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.029.

Gu, Q., Hu, H., Ma, L., Sheng, L., Yang, S., Zhang, X., & Chen, L. (2019). Characterizing the spatial variations of the relationship between land use and surface water quality using self-organizing map approach. *Ecological Indicators*, 102, 633-643. Doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.03.017

Hedayatzadeh, F., Ildoromi, A., Hasanzadeh, N., Bahramifar, N., & Banaee, M. (2024). Assessment of Relationship between Land Use Pattern and Spatial Distribution of Water Quality at the Watershed

Scale: A Case Study of Maroon River Sub-basin. *Environmental Sciences*, *22*(2), 325-348. Doi: 10.48308/ENVS.2024.1362 (In Persian).

Ildarmi, A. R., Hassanzadeh, N., & Hedayatzadeh, F. (2022). Evaluation of spatial and temporal variation of water quality parameters of Karkheh River and the suitability of its quality for irrigation purposes. *Journal of Wetland Ecobiology*, *13*(4), 33-53. http://jweb.ahvaz.iau.ir/article-1-994-en.html

Karimzadeh Motlagh, Z., Lotfi, A., Pourmanafi, S., & Ahmadizadeh, S. (2022). Evaluation and Prediction of Land-Use Changes using the CA_Markov Model. *Geography and Environmental Planning*, *33*(2), 67-84. Doi: 10.22108/GEP.2022.130601.1458 (In Persian).

Kaveh, A., Habibnejad, M., Shahedi, K., & Ghorbani, J. (2013). Spatio-Temporal Variations of Water Quality (Case Study: Talar River, the Province of Mazandaran). *Water Resources Engineering*, *6*(Vol 6/ No.18/ autumn 2013), 49-62 20.1001.1.20086377.1392.6.18.4.4. (In Persian).

Khalili, R., Montaseri, H., Mottaghi, H., & Jalili, M.B. (2021). Water quality assessment of the Talar River in Mazandaran Province based on a combination of water quality indicators and multivariate modeling. *Water and Soil Management and Modeling*, *1*(4), 30-47. Doi:10.22098/MMWS.2021.9322.1033 (In Persian).

Khatoony, N. & Kolahi, M. (2021). Investigation Role and Function of Rangelands on Water. *Journal of Water and Sustainable Development*, *8*(2), 91-104. Doi: 10.22067/jwsd.v8i2.1004.(In Persian).

Li, Zh., Deng, X., Wu, F., & Shamim Hasan, Sh. (2015). Scenario Analysis for Water Resources in Response to Land Use Change in the Middle and Upper Reaches of the Heihe River Basin. *Sustainability*, *7*(3). 3086-3108. doi.org/10.3390/su7033086

Maleki, M., & Tavakli Sabour, S.M. (2017). Extraction of land surface features from OLI sensor images. *Land Geography*, *14*(54),. 17-30 https://www.magiran.com/p2264084 (In Persian).

Mendoza, M. E., Granados, E. L., Geneletti, D., Pérez-Salicrup, D. R., & Salinas, V. (2011). Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975–2003). *Applied Geography*, *31*(1), 237-250. Doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.05.010

Mirzaei, M., & Solgi, E. (2016). The relationship between water quality parameters and land use changes (Zayandehrood basin). *Water and Irrigation Management*, *6*(2), 175-192. Doi:10.22059/JWIM.2017.63778 (In Persian).

Mirzaei, S., esmali ouri, A., Mostafazadeh, R., Ghorbani, A., & Mirzaei, S. (2018). Flood Hydrograph Simulation and Analysis of its Components with Landscape Metrics in Amoughin Watershed, Ardabil Province. *Journal of Ecohydrology*, *5*(2), 357-372. Doi: 10.22059/ije.2018.231141.547 (In Persian).

Nasrollahzadeh Saravi, H., Makhlough, A., Yaghoobzadeh, Z. & Ghiyasi, M. (2017). Comparative Study of Water Quality Indices in Shahid Rajaee Dam Reservoir (Sari, Mazandarn Province). *Journal of Water & Wastewater*, *28*(108): 78-88. Doi:10.22093/WWJ.2017.17354 (In Persian).

Nazar Neghad, H., Hosseine, M. & Mostafazadeh, R. (2020). Assessment of Changes in Landuse Connectivity and Pattern using Landscape Metrics in the Zolachai Watershed. *Salmas. Geographical Planning of Space*, *9*(34), 53-66. Doi: 10.30488/gps.2020.95381.2570

Ngoye, E., & Machiwa, J.F. (2004). The influence of land-use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. *Physics and Chemistry of the Earth A, B, C*. *29*(15–18). 1161–1166. doi.org/10.1016/j.pce.2004.09.002

Nosrati, K., Eslami, A., & Sayadi, M. (2018). The analysis and classification of water quality using a multivariate static technique in the City of Mallard, Tehran. *Hydrogeomorphology*, *4*(15), 171-190. doi: 20.1001.1.23833254.1397.5.15.10.6 (In Persian).

Paná, S., Marinelli, M.V, Bonansea, M., Ferral, A., Valente, D., Camacho Valdez, V., & Petrosillo, I. (2024). The multiscale nexus among land use-land cover changes and water quality in the Suquía River Basin, a semi-arid region of Argentina. *Scientific Reports*, *14*(1), 4670. Doi.org/10.1038/s41598-024-53604-0

Ragani, B., Guderzi, F., Talebi, A., Iraqi, T. M, & Hashemi, H. (2019). Evaluation of the possible effects of land use changes on the water quality of Shadgan Wetland using remote sensing data.

Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, *7*(2), 33-48 (In Persian). https://civilica.com/doc/1153731.

Rasi Nezami, S., Izadifard, H., Khavarian, H. & Mostafazadeh, R. (2023). Land Use/Land Cover Changes in Samian Watershed, Ardabil, and its Relationship with the Quality of Surface Water Resources. *Environment and Water Engineering*, *9*(3), 413-426. Doi: 10.22034/jewe.2022.341548.1783 (In Persian).

Sadeghi, A., Zehtabiyan, G.h.R., Malekiyan, A., & Khosravi, H. (2014). The Effect of Land use Changes on Groundwater Quality (Case Study: Zaribar Lake Basin). *Watershed Management Research Journal*, 27(4), 90-97. doi:10.22092/WMEJ.2015.106962 (In Persian).

Skndari Dameneh, H. Khosravi, H., & Abolhasani, A. (2019). Assessing the Effect of Land use Changes on Groundwater Quality of Zarand Plain using Satellite Images and Geostatistical. *Journal of Natural Environmental Hazards*, *8*(20), 67-82. Doi:10.22111/JNEH.2018.22276.1324 (In Persian).

Sliva, L., & Williams, D.D. (2001). Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research*, *35*(14), 3462–3472. doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00062-8

Soltaninia, Sh. & Eskandaripour, M. (2023). Investigating the effects of land use changes on ecosystems, 19th National Conference on Civil Engineering, *Architecture and Urban Development, Babylon*, https://civilica.com/doc/1661767 (In Persian).

Su, S., Zhang, Q., Pi, J., Wan, C., & Weng, M. (2016). Public health in linkage to land use: Theoretical framework, empirical evidence, and critical implications for reconnecting health promotion to land use policy. *Land Use Policy*, 57, 605-618. doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.030

Teimouri, M., & Asadi Nalivan, O. (2021). Assessing the impact of land use and geology on groundwater quality using multivariate statistical models and geostatistical analyses (Case Study: Part of the Hable-Rood River Basin). *Hydrogeomorphology*, *7*(25), 38-19. Doi: 10.22034/hyd.2021.10944 (In Persian).

Uriarte, M., Yackulic, C. B., Lim, Y., & Arce-Nazario, J.A. (2011). Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis. *Landscape ecology*, 26, 1151-1164. doi.org/10.1007/s10980-011-9642-y

Yira, Y., Diekkrüger, B., Steup, G., & Bossa, A. Y. (2016). Modeling land use change impacts on water resources in a tropical West African catchment (Dano, Burkina Faso). *Journal of Hydrology*, 537, 187-199. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.052.

Yong, S.T.Y., & Chen, W. (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management*, *66*(4), 377–393. doi.org/10.1006/jema.2002.0593

Yousefi Nezhad Attari, M., Yazdan Panah, T. & Khalilpour, Z. (2022). Investigating the impact of land use change for bioenergy production with respect to value added cost and water quality in random conditions. *Journal of Renewable and New Energy*, *9*(1), 21-28. Doi: 20.1001.1.24234931.1401.9.1.2.3 (In Persian).

UNESCO. (2015). *Rethinking Education towards a Global Common Good*. Paris: UNESCO.

Zabihi, M., Moradi, H. R., Gholamalifard, M., & Khaledi Darvishan, A. (2019). Effects of Land Use/Land Cover Change Scenarios on Landscape Metrics on the Talar Watershed. *Watershed Management Research Journal*, *32*(1), 84-99. Doi:10.22092/WMEJ.2018.123624.1156 (In Persian).