Hydrogeomorphology Vol. 10, No. 37, Summer 2024

Research Paper

Determination of the hydrological changes of Taleghan River based on IHA indices

Mahnaz Rezaei[1], Somaiyeh Khaleghi[2], Mohammad Mahdi Hosseinzadeh

This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.

DOI:10.22034/HYD.2023.58352.1707

Refference to this article: Rezaei, Mahnaz, Khaleghi, Somaiyeh, Hosseinzadeh, Mohammad Mahdi (1402), Determination of the hydrological changes of Taleghan River based on IHA indices, Hydrogeomorphology, 10(37): 139-157 .

Keywords

Hydrological changes, discharge, land use, IHA,Taleghan River

A B S T R A C T

Changes in the hydrology of rivers are important in environmental and civil planning. During recent years, climate changes and population increase in the vicinity of the rivers of Alborz province, including the Taleghan River, have caused the hydrological condition of the river to face changes under the influence of human intervention, which can be pointed out. It has many negative effects on the state of the region's ecosystem. Considering the importance of the subject, in this research, the factors affecting the hydrological changes of the Taleghan River have been investigated. Descriptive-analytical methods have been used in this research. The most important data of the research included Landsat 5 and 8 satellite images, the SRTM 30-meter height digital model, Taleghan synoptic station climate information, and regional discharge information. Also, the most important tools used in the research were ArcGIS, ENVI, and SPSS. According to the subject of the study, this research has been done in several stages. In the first stage, the evaluation of land use changes, in the second stage, the evaluation of changes in climatic elements, and in the third stage, using IHA indicators, has been paid to evaluate the hydrological changes of the Taleghan River. The results of this research have shown that during the years 2000-2017, the average temperature of the region has increased and the area covered by snow has decreased. Also, under the influence of population growth, the use of artificial areas has increased and the use of gardens and pastures has decreased. Also, the total results of this research have shown that the discharge of the Taleghan River under the influence of natural and human changes, in terms of all IHA indicators, has had a significant decreasing trend. Also, among the stations in the region, the Glink station, which is located downstream of other stations, has faced more changes, which can be considered as the result of human activities and climate changes.

Receive Date: 2022/09/09

Accept Date: 2022/12/02

Available: 2024/01/20

*** Corresponding Author:** Somaiyeh Khaleghi
E-mail: s_khaleghi@sbu.ac.ir
1.Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: mahnaz.rezaee95@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: s_khaleghi@sbu.ac.ir
3. Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

The changes in the hydrology of rivers are important in environmental and civil planning, because the changes in the hydrology of rivers are one of the effective factors in changing the sediment load of the river, destroying the banks and also the infrastructures near the river beds. Hydrological regimes play a major role in determining the composition, structure and function of living organisms in aquatic environments, wetlands and river ecosystems. Also, the river flow controls the key parameters of habitats such as flow depth, speed and habitat quality. The natural hydrological regime of the river is determined by the climate of the region, geology, topography and vegetation of the watershed, and it is the primary driver of ecological processes in the waterway channel and river border areas, which directly and indirectly affect the waterway path, water quality, and habitat. It affects physical and biological interactions; therefore, ecologists have investigated flow change indicators in order to identify the structure of riverside ecosystems. In many regions, including Alborz province, which has a high population density, despite the great importance of rivers in urban habitats and its uses, urban rivers are not looked at from an ecogeomorphological perspective; So that in the majority of the cities, with a negative attitude, they consider the rivers as a dangerous threat with a high potential of flooding for the cities. Also, in recent years, climate changes and the increasing trend of population in the vicinity of the rivers of Alborz province, including the Taleghan river, have caused the hydrological condition of the river to face changes under the influence of human interference, which can be seen in have many negative effects on the ecosystem status of the region. Due to the importance of the subject, in this research, the effective factors on the hydrological changes of the Taleghan River have been investigated.

Methodology

Descriptive-analytical methods have been used in this research. The most important data of the research include Landsat 5 and 8 satellite images, SRTM 30 meters high digital model, Taleghan synoptic station climate data and Dubai data related to Alizan Jostan, Jostan and Geling stations. The most important tools used in the research are ArcGIS, ENVI, and SPSS, which are respectively used to prepare case maps, land use maps, and data analysis. According to the topic and objectives, this research has been done in several stages. In the first stage, Landsat 5 and 8 satellite images from 1990 and 2020 have been used in order to evaluate the trend of land use changes in the Taleghan catchment area. In the second step, by using the information of climatic elements of temperature and precipitation of Taleghan synoptic station, the trend of precipitation and temperature changes in the region has been evaluated. In the third stage, the indicators of hydrological changes of Taleghan River have been evaluated.

Results and Discussion

In this research, in order to evaluate the influencing factors on the indicators of the hydrological changes of the Taleghan River, firstly, the trend of land use changes and climatic changes of the region as the most important influencing factors on the river flow have been investigated. The results of the evaluation of the land use changes in the region have shown that during the years 1990 to 2020, the use of man-made land has increased and the use of gardens and pastures has decreased. According to the mentioned cases, the level of involvement of human factors in the Taleghan watershed has been increasing, which can play an important role in the hydrology of the region. Also, the investigation of climatic elements of temperature and precipitation of Taleghan synoptic station has shown that the amount of precipitation of this station did not have a clear decreasing or increasing trend, but the average temperature of this station had an increasing trend, and this caused the snow level of the Taleghan catchment basin to have should be a decreasing trend, so that according to the results, the average snow-covered surface of the Taleghan catchment area has decreased by more than 100 square kilometers during the cold months of the year, which can play an important role in the changes in the flow of the Taleghan River. According to the process of changes, in this study, using IHA indicators, the hydrological changes of the studied area have been evaluated.

Conclusion

Based on the results, during the years 1370 to 1397, the average percentage of monthly discharge changes in Alizan station of Jostan was -1.79%, while the rate for Jostan and Glink stations was -13.2 and -2.46%, respectively. Have been. Also, the results of the evaluation of the changes in the number and duration of periods with low and high flow have shown that the most changes related to the number of periods with low flow with -4.4% were related to Alizan

Jostan station. The most changes related to the duration of periods with low flow with -22.2% were related to Glink station. The most changes related to the number of courses with high discharge with -0.9% were related to Geling station. Also, the most changes related to the duration of periods with high discharge with 4.1% were related to Glink station. The total results have shown that changes in human factors and changes in land use have caused changes in the flow rate of Taleghan River. Also, among the stations in the region, the Glink station, which is located downstream from other stations, has faced more changes, which can be attributed to the effects of human activities and climate change.

References

Acuna-Alonso, C., Varandas, S., Álvarez, X., Martinho, A., 2023. Analysis of the evolution of a fisheries management plan based on environmental governance: Living laboratory in the Olo River, Portugal. Fisheries Research 260, 1-13.

Bush, j., & Doyon, A., 2023. Planning a just nature-based city: Listening for the voice of an urban river. Environmental Science & Policy 143, 55-63.

Charlton, R. 2007. Fundamentals of fluvial geomorphology, Rutledge, London and New York, Second Edition.

Hu, Y., Duan, W., Chen, Y., Zou, S., Kayumba, P.M., Sahu, N., 2021. An integrated assessment of runoff dynamics in the Amu Darya River Basin: Confronting climate change and multiple human activities, 1960–2017. Journal of Hydrology 603.

Ildoromi, A. 2022. Simulating sedimentation status of Ebrou river of Ekbatan dam in Hamedan Using GSTARS 2.1 mathematical model. Hydrogeomorphology, 9(31), 25-50. (In Persian).

Liu, S., Wang, D., Miao, W., Wang, Z., Zhang, P., Li, D., 2023. Characteristics of runoff and sediment load during flood events in the Upper Yangtze River, China. Journal of Hydrology 620.

Panahi, R., Moshashaie, M & Moshashaee, M. 2022. Gorphological Analysis of the Mereg Mahidasht River. Hydrogeomorphology, 9(32), 43-62. (In Persian).

Qi, X., Zhang, Z., Jing, J., Hu, W., Zhao, X., 2023. Regional planning for ecological protection of rivers in highly urbanized areas. Ecological Indicators 149, 1-15.

Richter, B. D., Baumgartner, J.V., Powell, J., Braun, D.P., 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conserv Biol.1996; 10(4):1163–1174.

Wang, J., Shi, B., Yuan, Q., Zhao, E., Bai, T., Yang, S., 2022. Hydro-geomorphological regime of the lower Yellow river and delta in response to the water–sediment regulation scheme: Process, mechanism and implication. CATENA 219.

Yin, S., Gao, G., Li, Y., Xu, Y.J., Turner, R.E., Ran, L., Wang, X., Fu, B., 2023. Long-term trends of streamflow, sediment load and nutrient fluxes from the Mississippi River Basin: Impacts of climate change and human activities. Journal of Hydrology 616.

مقاله پژوهشی

تعیین تغییرات هیدرولوژیکی طالقان‌رود بر اساس شاخص‌های IHA

مهناز رضایی[1]، سمیه خالقی[2]، محمدمهدی حسین‌زاده[3]

این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کریتیو کامانز قابل استفاده است.

DOI:10.22034/HYD.2023.58352.1707

ارجاع به این مقاله: رضایی، مهناز، خالقی، سمیه، حسین‌زاده، محمدمهدی (۱۴۰۲). تعیین تغییرات هیدرولوژیکی طالقان‌رود بر اساس شاخص‌های IHA. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۰ (۳۷): 157-139.

چکیده

تغییرات هیدرولوژی رودخانه‌ها در برنامه‌ریزی‌های محیطی و عمرانی حائز اهمیت است. در طی سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و روند افزایشی جمعیت در مجاورت رودخانه‌های استان البرز از جمله رودخانه طالقان سبب شده است تا تحت تاثیر شرایط اقلیمی و بهره برداری های انسان، وضعیت هیدرولوژی رودخانه با تغییراتی مواجه شود که این مسئله می‌توان اثرات منفی زیادی در وضعیت اکوسیستمی منطقه داشته باشد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف این پژوهش، بررسی عوامل موثر بر تغییرات هیدرولوژی رودخانه طالقان‌رود پرداخته شده است. در این پژوهش از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. مهم‌ترین داده‌های تحقیق شامل تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸، مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، اطلاعات اقلیمی ایستگاه سینوپتیک طالقان و اطلاعات سه ایستگاه هیدرومتری منطقه بوده است. همچنین مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در تحقیق ArcGIS، ENVI و SPSS بوده است. با توجه به موضوع مورد مطالعه، این تحقیق در چند مرحله انجام شده است که در مرحله اول به ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی، در مرحله دوم به ارزیابی تغییرات عناصر اقلیمی و در مرحله سوم با استفاده از شاخص های IHA به ارزیابی تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه طالقان پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶، میانگین دمای منطقه دارای روند افزایشی و سطح پوشیده از برف منطقه دارای روند کاهشی بوده است. همچنین تحت تاثیر روند افزایشی جمعیت، کاربری نواحی انسان‌ساخت دارای روند افزایشی و کاربری باغات و مراتع دارای روند کاهشی بوده است. همچنین مجموع نتایج تحقیق نشان داده است که تحت تاثیر تغییرات اقلیم و تغییرات کاربری اراضی، دبی رودخانه طالقان از نظر تمامی شاخص‌های IHA، دارای روند کاهشی معناداری بوده است. همچنین در بین ایستگاه‌های منطقه، ایستگاه گلینک که در پایین‌دست سایر ایستگاه‌ها قرار دارد، با تغییرات بیش‌تری مواجه شده است.

کلیدواژه‌ها

تغییرات هیدرولوژیکی، دبی، کاربری اراضی، IHA، طالقان رود

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۹/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۳۰

* نویسنده مسئول: سمیه خالقی
رایانامه: s_khaleghi@sbu.ac.ir

۱. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: mahnaz.rezaee95@gmail.com
۲. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: s_khaleghi@sbu.ac.ir
۳. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

مقدمه

تغییرات هیدرولوژی رودخانه‌ها در برنامه‌ریزی‌های محیطی و عمرانی حائز اهمیت است (آکونو آلونسو[1] و همکاران، ۲۰۲۳؛ بوش و دویون[2]، ۲۰۲۳؛ کیو[3] و همکاران، ۲۰۲۳) چرا که تغییرات هیدرولوژی رودخانه‌ها از عوامل مؤثر در تغییر بار رسوبی رودخانه (پناهی و همکاران، ۱۴۰۱؛ لیو[4] و همکاران، ۲۰۲۳)، تخریب کناره‌ها و همچنین زیرساخت‌های نزدیک بستر رودخانه‌ها هستند (ایلدرمی، ۱۴۰۱؛ برنا[5] و همکاران، ۲۰۲۱). رژیم‌های هیدرولوژیکی نقش عمده‌ای در تعیین ترکیب، ساختار و عملکرد موجودات زنده در محیط‌های آبی، اراضی مرطوب و اکوسیستم‌های رودخانه‌ای ایفاء می‌کنند (ریشتر[6] و همکاران، ۱۹۹۶). هم‌چنین جریان رودخانه پارامترهای کلیدی زیستگاه‌ها مانند عمق جریان، سرعت و کیفیت زیستگاه را کنترل می‌کند (وانگ[7] و همکاران، ۲۰۲۲). رژیم هیدرولوژیکی طبیعی رودخانه توسط اقلیم منطقه، زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش‌گیاهی حوضهٔ آبخیز تعیین می‌شود و محرک اولیهٔ فرآیندهای اکولوژیکی در کانال آبراهه و مناطق حاشیهٔ رودخانه است که به طور مستقیم و غیرمستقیم بر روی مسیر آبراهه، کیفیت آب، زیستگاه فیزیکی و تعاملات زیستی اثر می‌گذارد (هیو[8] و همکاران، ۲۰۲۱؛ ین[9] و همکاران، ۲۰۲۳)؛ بنابراین اکولوژیست‌ها جهت شناسایی ساختار اکوسیستم‌های حاشیهٔ رودخانه‌ها، شاخص‌های تغییر جریان را مورد بررسی قرار داده‌اند (چارلتون[10]، ۲۰۰۷).

در اواخر دهه ۱۹۹۰ سازمان حفاظت از طبیعت (TNC)، برای تعیین مشخصات رژیم‌های هیدرولوژیکی طبیعی یا تغییریافته، نرم‌افزار IHA را توسعه داد (ماتیوس[11] و همکاران، ۲۰۰۷). این نرم‌افزار با استفاده از برخی اطلاعات هیدرولوژیکی در مقیاس روزانه (مانند جریان و تراز رودخانه، سطح آب زیرزمینی یا تراز دریاچه‌ها) تحلیل و محاسبات مربوط به تغییرات هیدرولوژیکی و محیطزیستی را انجام می‌دهد. همچنین توانایی ارزیابی پارامترهای متغیر در طول زمان را دارا می‌باشد. از قابلیت‌های دیگر مدل، مقایسه تغییرات جریان‌های طبیعی با شرایط شبیه‌سازی شده جریان جهت مدیریت بهتر منابع آبی در آینده است.

اهمیت موضوع مورد مطالعه سبب شده است تا تحقیقات مختلفی در این زمینه صورت گیرد. تحقیقات صورت گرفته در طی سال‌های اخیر بیانگر اثرات منفی سد بر دبی رودخانه و همچنین وضعیت اکولوژی رودخانه بوده است (لی[12] و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج تحقیق صورت گرفته در رودخانه مکونگ ویتنام بیانگر روند کاهشی دبی رودخانه بعد از احداث سد در بالادست این رودخانه است (لی[13] و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج بررسی تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه کریشنا در هند نشان داده است که تغییرات هیدرولوژیکی در فصول کم آبی مثبت و در فصول پرآبی منفی بوده است (کومار و جایا کومار[14]، ۲۰۲۰). نتایج ارزیابی نقش احداث سد سابو در کاهش سیل‌خیزی رودخانه وای لیمان بیانگر کاهش ۷۰ درصد سیل‌خیزی رودخانه وای لیمان بعد از احداث سد بوده است (جایا[15]، ۲۰۲۱). نتایج ارزیابی تاثیرات احداث سد در حوضه آبخیز غوغا بیانگر کاهش حجم سیلاب در مناطق پایین‌دست حوضه بوده است (خادوور[16] و همکاران، ۲۰۲۱). مدلسازی تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه گرگانرود بیانگر روند افزایشی درجه حرارات و بارش‌های شدید در منطقه بوده است (فرزین و علیزاده صنمی، ۱۳۹۶). بررسی تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیکی رودخانه بالخلوچای بیانگر تغییر در متغیرهای اقلیمی به‌صورت کاهش بارش و افزایش دما بر کاهش مقادیر جریان بوده است (نصیری‌خیاو و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج بررسی تغییر رژیم جریان آب رودخانه خرمارود در استان گلستان (خسروی و همکاران، ۱۳۹۸) بیانگر تغییرات دبی رودخانه آن همانند رودخانه اوین-درکه در طی سال‌های اخیر بوده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۹). تحقیقات صورت گرفته با استفاده از شاخص‌های IHA در رودخانه کارون بیانگر تاثیرات منفی احداث سد گتوند بر دبی رودخانه بوده است (نادری و همکاران، ۱۳۹۹) و این روند نیز برای دریاچه ارومیه نیز صادق بوده است (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج بررسی تاثیرات احداث سد گلستان بر تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه گرگانرود بیانگر کاهش ۵۲ درصدی دبی این رودخانه بعد از احداث سد بوده است (دایی‌چینی و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین نتایج ارزیابی تغییرات رژیم جریان آب رودخانه‌ای حبله‌رود بیانگر روند کاهش اکثریت شاخص‌های مورد استفاده بوده است (نادری و همکاران، ۱۴۰۲).

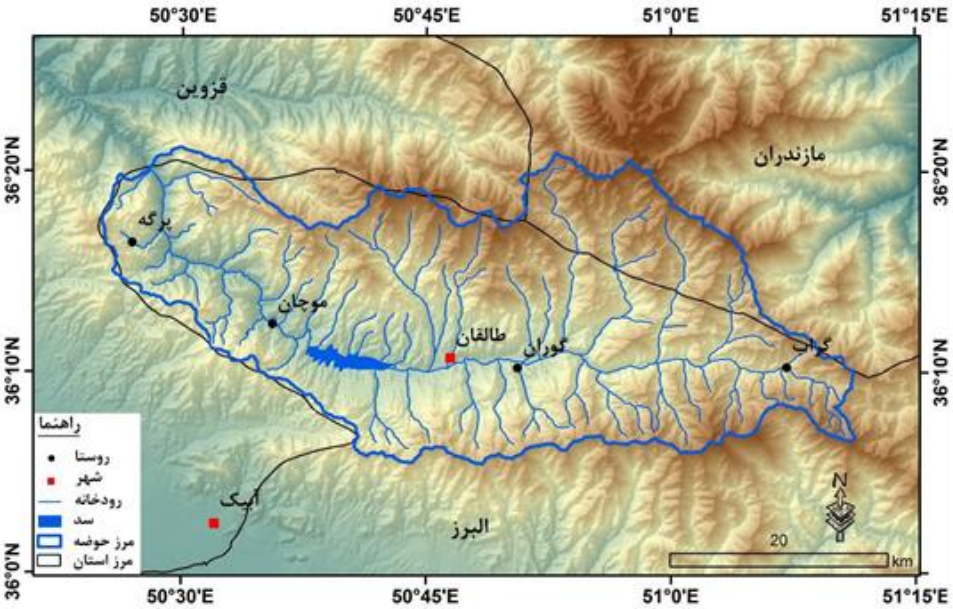
1 . Acuna-Alonso
2 . Bush & Doyon
3 . Qi
4 . Liu
5 . Brenna
6. Richter
7 . Wang
8 . Hu
9 . Yin
10. Charlton
11 . Mathews
12 . Li
13 . Li
14 . Kumar & Jayakumar
15 . Jaya
16 . Khaddor

در بسیاری از مناطق از جمله استان البرز که دارای تراکم جمعیت بالایی است، به رغم اهمیت بسیار رودخانه‌ها در زیستگاه‌های شهری و کاربری‌های آن، با تفکر اکوژئومورفولوژیک به رودخانه‌های شهری نگریسته نمی‌شود؛ به‌طوری‌که در اکثریت شهرها، رودخانه‌ها استعداد بالای سیل‌خیزی برای شهرها دارند (یمانی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین در طی سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و روند افزایشی جمعیت در مجاورت رودخانه‌های استان البرز از جمله رودخانه طالقان سبب شده است تا تحت تاثیر دخالت‌های انسانی، وضعیت هیدرولوژی رودخانه با تغییراتی مواجه شود که این مسئله می‌تواند اثرات منفی زیادی در وضعیت اکوسیستمی منطقه داشته باشد. در راستای تحقیقات پیشین، هدف از این پژوهش تعیین تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه طالقان و تحلیل عوامل موثر در آن است. در این پژوهش بر خلاف تحقیقات پیشین، علاوه بر استفاده از روش‌های آماری، از تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده شده است و نقش عوامل اقلیمی و کاربری اراضی در تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه تحلیل شده است.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، حوضه آبریز طالقان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. این حوضه از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان طالقان و استان البرز محسوب می‌شود. حوضه آبریز طالقان از نظر تقسیمات مورفوتکتونیکی در زیرواحد البرز مرکزی قرار دارد و بخش زیادی از آن را سازندهای آهکی و شیلی دربرگرفته است. این حوضه از نظر ژئومورفولوژی در واحد کوهستان و در بین ارتفاع ۱۲۶۰ تا ۴۴۰۲ متری از سطح دریا قرار دارد و همین مسئله سبب شده تا چشم‌انداز غالب این منطقه را دامنه‌ها پرشیب دربرگیرد. رودخانه طالقان و آبراهه‌های آن که از ارتفاعات جنوب غربی البرز سرچشمه می‌گیرد، زهکش طبیعی و اصلی این حوضه است که خود یکی از زیر حوضه‌های آبخیز سفیدرود است. میانگین دبی رودخانه طالقان‌رود حدود ۱/۸ مترمکعب بر ثانیه است. از نظر اقلیمی نیز بر اساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک طالقان، این منطقه دارای میانگین دمای سالانه ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارش سالانه ۴۱۷ میلی‌متر است (سازمان هواشناسی استان البرز، ۱۴۰۰). در شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل (۱): نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig (1): Location map of the study area

روش پژوهش

در این پژوهش از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. مهم‌ترین داده‌های تحقیق شامل تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸، مدل

رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، اطلاعات اقلیمی ایستگاه سینوپتیک طالقان و اطلاعات دبی مربوط به ایستگاه‌های علیزان جوستان، جوستان و گلینگ می‌باشد. مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در تحقیق ArcGIS، ENVI و SPSS می‌باشد که به ترتیب برای تهیه نقشه‌های مورد نیاز، تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته شده است. با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، این تحقیق در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

مرحله اول (ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه): در این تحقیق به‌منظور ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز طالقان از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ استفاده شده است. در این مرحله پس از تهیه تصاویر مورد نظر، با استفاده از نرم افزار ENVI، ابتدا پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر شامل تصحیحات هندسی و رادیومتریک انجام شده است. پس از تهیه تصاویر مورد نظر، ۴ نمونه تعلیمی شامل نواحی انسان‌ساخت، باغات، مراتع و پهنه آبی انتخاب شده است و با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی منطقه تهیه شده است و سپس به تحلیل روند تغییرات صورت گرفته پرداخته شده است. لازم به ذکر است که پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه، به‌منظور صحت‌سنجی نقشه‌های تهیه شده، ضریب کاپای هر نقشه محاسبه شده است که بر اساس نتایج حاصله ضریب کاپایای نقشه‌های کاربری اراضی ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۸۸ و ۹۴ درصد بوده است، بنابراین صحت آن‌ها مورد تایید است.

مرحله دوم (ارزیابی روند تغییرات اقلیمی منطقه): در این مرحله ابتدا بر اساس اطلاعات تهیه شده از سازمان هواشناسی استان البرز، روند تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک طالقان در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ ارزیابی شده است (لازم به ذکر است که دوره زمانی مورد مطالعه بر اساس اطلاعات موجود انتخاب شده است). پس از ارزیابی روند تغییرات دما و بارش، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بر اساس مطالعات پیشین صورت گرفته، روند تغییرات سطح برف در حوضه آبریز طالقان نیز ارزیابی شده است.

مرحله سوم (ارزیابی شاخص‌های تغییرات هیدرولوژی[1]):

مدل IHA بر اساس مؤلفه‌های رژیم جریان طبیعی مانند مقادیر جریان‌های کم‌آبی و پرآبی، نرخ تغییر پارامترها، زمان وقوع و فراوانی، تحلیل‌های مربوط را انجام می‌دهد. بدین ترتیب، مدل با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی روزانه قادر به محاسبه ۶۷ پارامتر در دو گروه ۳۳ پارامتری جریان های هیدرولوژیکی IHA و ۳۴ پارامتر جریان محیط‌زیستی می‌باشد. از ویژگی‌های دیگر این مدل می‌توان به مقایسه تغییرات هیدرولوژیکی مرتبط با انجام فعالیت‌های انسانی (احداث سد، انحراف رودخانه و یا تغییرات کاربری اراضی) در سطح حوضه آبریز قبل و بعد از تغییر اشاره کرد (اسمکتین[2]، ۲۰۰۶).

پارامترهای IHA می‌توانند با استفاده از آمار پارامتریک (میانگین/انحراف استاندارد) یا آمار غیر پارامتریک (صدک) محاسبه شوند. ازآنجایی‌که بیش‌تر داده‌های هیدرولوژیکی دارای چولگی می‌باشند، لذا در اکثر مواقع، آمار غیر پارامتریک گزینه بهتری است؛ اما برای وضعیت‌های معین تناوب سیلاب یا متوسط ماهیانه حجم جریان، آمار پارامتریک ترجیح داده می‌شود. پارامترهای هیدرولوژیکی محاسبه‌شده توسط IHA بر اساس سال آبی در جداول خروجی دسته‌بندی می‌شوند. سال آبی پیش‌فرض در IHA از یک اکتبر تا سی سپتامبر است اما این پیش‌فرض در مدل قابل‌تغییر می‌باشد (منبع: The Nature Conservancy, 2009). خلاصه‌ای از پارامترهای هیدرولوژیکی قابل‌محاسبه در مدل IHA و مشخصات آن‌ها در جداول ۱ ارائه گردیده است.

1 . Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)

2 . Smakhtin

جدول (۱): پارامترهای IHA (The Nature Conservancy, 2009)

Table (1): IHA parameters (The Nature Conservancy, 2009)

پارامترهای گروه IHA	پارامترهای هیدرولوژیک	تاثیر براکوسیستم
گروه اول: مقدار ماهیانه جریان	متوسط یا میانه دبی برای هرماه شامل ۱۲ پارامتر	دسترسی زیستگاه برای ارگانیزم‌های آبزی فراهم کردن رطوبت خاک برای گیاهان ذخایر آب قابل‌اطمینان برای جانوران خاکزی تأثیر دمای آب، مقدار اکسیژن و فتوسنتز در آب
گروه دوم: مقدار و تداوم جریان حدی در سال	حداقل سالیانه متوسط‌های ۱ روزه حداقل سالیانه متوسط‌های ۳ روزه حداقل سالیانه متوسط‌های ۷ روزه حداقل سالیانه متوسط‌های ۳۰ روزه حداقل سالیان متوسط‌های ۹۰ روزه حداکثر سالیانه متوسط‌های ۱ روزه حداکثر متوسط‌های ۳ روزه حداکثر سالیانه متوسط‌های ۷ روزه حداکثر سالیانه متوسط‌های ۳۰ روزه حداکثر سالیانه متوسط‌های ۹۰ روزه تعداد روزهای با دبی صفر شاخص جریان پایه: متوسط یا مینیمم جریان ۷ روزه برای سال شامل ۱۲ پارامتر	ایجاد سایت‌هایی برای اجتماعات گیاهی ساختار اکوسیستم‌های آبزی توسط مؤلفه‌های زنده و غیرزنده ساختار مورفولوژی رودخانه و شرایط فیزیکی زیستگاه استرس رطوبتی خاک در گیاه کم شدن آب بدن جانوران استرس فعالیت‌های بدون اکسیژن در گیاهان تغییرات حجم مواد غذایی بین رودخانه و دشت سیلابی مدت شرایط تنش‌زا مثل اکسیژن پایین و متمرکز شدن مواد شیمیایی در محیط‌های آبزی توزیع اجتماعات گیاهی در دریاچه‌ها، تالاب‌ها و دشت‌های سیلابی
گروه سوم: زمان وقوع مقادیر حدی در سال	تاریخ روز وقوع حداقل جریان ۱ روزه در سال تاریخ روز وقوع حداکثر جریان ۱ روزه در سال	سازگاری با چرخه زندگی ارگانیزم‌ها پیش‌بینی و کاهش استرس برای ارگانیزم‌ها دسترسی به زیستگاه‌های خاص در مدت تولیدمثل یا برای دوری از شکار
گروه چهارم: تناوب و تداوم پالس های زیاد/کم	تعداد پالس‌های جریان کم هرسال تعداد پالس‌های جریان زیاد هرسال متوسط یا میانه تداوم پالس‌های کم در هرسال (روزها) متوسط یا میانه تداوم پالس‌های زیاد در هرسال (روزها)	فراوانی و شدت استرس رطوبتی خاک برای گیاه فراوانی و مدت استرس فعالیت های بدون اکسیژن گیاه دسترسی پذیری زیستگاه های دشت سیلابی برای ارگانیزم های آبزی جابجایی مواد ارگانیک و غذایی بین رودخانه و دشت سیلابی دسترسی پذیری مواد معدنی خاک دسترسی پرندگان آبزی به سایت های تغذیه، استراحت و تولیدمثل تأثیر بر حمل مواد بستر، بافت رسوب کانال و مدت اختلال در بستر (در حد بالایی تنش)
گروه پنجم: نرخ و تناوب تغییر وضعیت جریان	نرخ افزایش: متوسط یا میانه همه تفاوت‌های مثبت بین مقادیر روزانه متوالی نرخ کاهش: متوسط یا میانه همه تفاوت-های منفی بین مقادیر روزانه متوالی	تأثیر خشکی بر گیاهان (در مواقع افت) به دام افتادن ارگانیزم‌ها در دشت‌های سیلابی استرس خشکی برای گونه‌های کم تحرک

روش محدودهٔ تغییرپذیری (RVA)

روش محدوده تغییرپذیری(RVA)، پیچیده‌ترین وپرکاربردترین روش از دسته روش‌های هیدرولوژیکی است که توسط ریشتر[1] و همکاران ۱۹۹۶ توسعه یافت. هدف این روش، تهیه مجموعه‌ای از ویژگی‌های آماری مشخصات اکولوژیکی رژیم جریان رودخانه‌ها می‌باشد که در حفاظت از اکوسیستم‌ها نقش دارند. روش RVA حداقل به ۲۰ سال آمار جریان نیاز دارد و درصورتی‌که سری زمانی مورد نظر کم‌تر از ۲۰ سال باشد، باید با استفاده از شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی این آمار تطویل شود. روش RVA از یک محدوده قراردادی از تغییرپذیری مبنی بر ۱± انحراف استاندارد از میانگین و یا از چارک های ۲۵ یا ۷۵ درصد استفاده می‌کند (The Nature Conservancy, 2009). همچنین این روش قابلیت استفاده در شرایطی را دارد که دسترسی به اطلاعات محدود و یا هیچ اطلاعات محیطزیستی برای تعیین جریان محیطزیستی در دسترس نیست. روش RVA، محدوده‌ای را برای هرکدام از پارامترهای هیدرولوژیکی بر اساس تجزیه‌وتحلیل سوابق جریان روزانه که نشان دهنده رژیم جریان طبیعی رودخانه است تعیین می‌کند. هنگامی‌که مقدار یک پارامتر از محدوده RVA خارج باشد به معنی این است که مقدار پارامتر از شرایط طبیعی جریان بیش‌تر یا کم تر شده است. نحوه محاسبه درجه تغییرات در روش RVA به شرح زیر است:

- ۳۳ فاکتور IHA در دوره قبل از تغییرات (رژیم جریان طبیعی) با روش محدوده تغییرپذیری محاسبه می‌شود.
- برای هر پارامتر هیدرولوژیکی و مطابق با نتایج گام اول، محدوده هدف RVA مشخص می‌شود.
- ۳۳ فاکتور IHA در دوره بعد از تغییرات (رژیم تغییریافته جریان) محاسبه می‌شود.
- با استفاده از درجه رژیم متغیر هیدرولوژیکی، اثرات توسعه فعالیت‌های انسانی روی اکوسیستم رودخانه را تحلیل می‌شود. ریشتر ۱۹۹۶ برای تعیین درجه تغییر هیدرولوژیکی از رابطه ۱ استفاده کرد.

$$D_i = \left|\frac{N_O - N_e}{N_e}\right| * 10$$ رابطه ۱

که در آن D_i، درجه تغییرات هیدرولوژیکی پارامتر iام، N_O تعداد سال‌هایی که مقدار مشاهده شده پارامتر در محدوده RVA، N_e تعداد سال‌هایی است که انتظار می‌رود مقدار پارامتر هیدرولوژیکی درون محدوده RVA قرار گیرد. در این تحقیق مقادیر ۲۵ و ۷۵ درصد به‌عنوان محدوده RVA برای دو دوره رژیم جریان طبیعی و رژیم جریان تغییریافته اعمال شد. همچنین درجه کلی تغییر هیدرولوژیکی D_O برای تحلیل رودخانه مطابق رابطه ۲ محاسبه می شود.

$$D_O = \sqrt{\frac{1}{33}\sum_{i=1}^{33} D_i^2}$$ رابطه ۲

در تحلیل RVA درصدهای ۳۳ و ۶۷ برای مشخص کردن نوع RVA به کار می‌رود. اگر درجه تغییر هیدرولوژیکی بین صفر تا ۳۳ درصد باشد، تغییر هیدرولوژیکی اثرات کم‌تری داشته است، اگر درجه تغییر بین ۳۳ تا ۶۷ درصد باشد میزان تغییر متوسط و اگر بزرگ‌تر از ۶۷ درصد باشد تغییرات زیاد است (ریشتر، ۱۹۹۶).

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه، ابتدا اطلاعات دبی ایستگاه‌های موجود در منطقه تهیه شده است که شامل ایستگاه‌های علیزان جوستان، جوستان و گلینگ می‌باشد (جدول 2 و شکل ۲). اطلاعات تهیه شده مربوط به سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷ می‌باشد که از سازمان هواشناسی استان البرز تهیه شده است. پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز، اطلاعات مربوط به ۲۶ شاخص مورد نظر تهیه و سپس آنالیز شده است. پس از آنالیز تغییرات صورت گرفته، ارتباط این تغییرات با

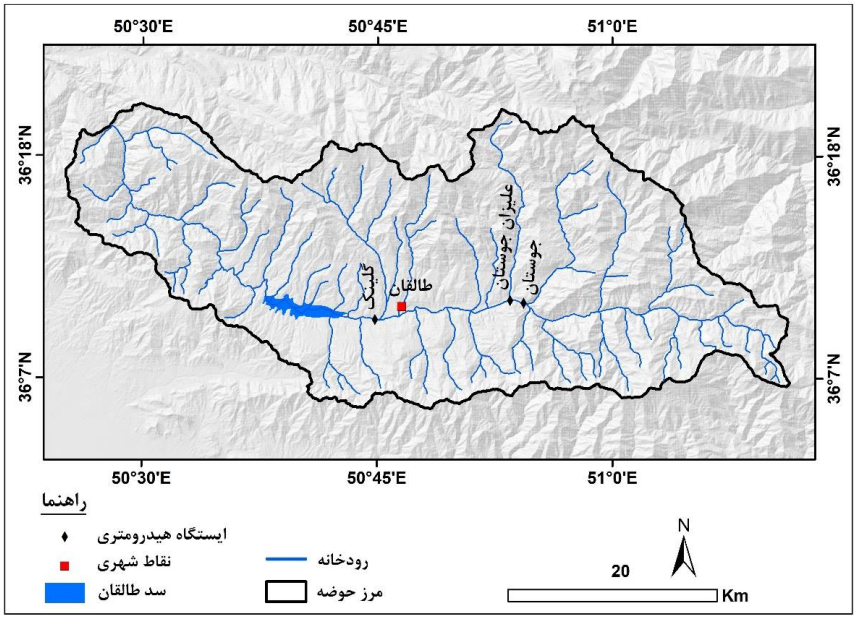
[1] . Richter

عوامل طبیعی و انسانی ارزیابی شده است. در جدول 3 شاخص‌های مورد ارزیابی نشان داده شده است.

جدول (2): مشخصات آماری ایستگاه‌های هیدرومتری (سازمان هواشناسی استان البرز، ۱۴۰۰)

Table (3): Statistical characteristics of hydrometric stations (Meteorological Organization of Alborz province, 2021)

ردیف	نام ایستگاه	دورهٔ آماری	مختصات جغرافیایی		ارتفاع (متر)
			طول	عرض	
۱	علیزان جوستان	۱۳۷۰-۱۳۹۷	۵۰° ۵۳'۲۹"	۳۶° ۱۱' ۱۱"	۱۹۵۳
۲	جوستان	۱۳۷۰-۱۳۹۷	۵۰° ۵۴' ۲۸"	۳۶° ۱۰' ۵۴"	۱۹۷۹
۳	گلینک	۱۳۷۰-۱۳۹۷	۵۰° ۴۳' ۶۰"	۳۶° ۱۰' ۰۶"	۱۷۸۳



شکل (۲): موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

Fig (2): Location of the studied stations

جدول (3): شاخص‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در تحقیق

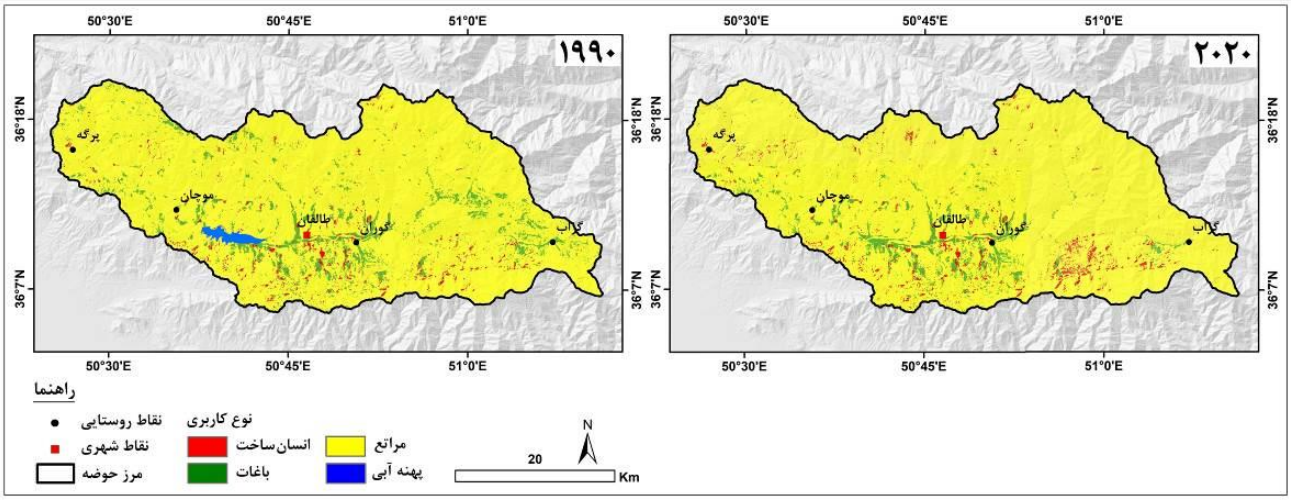
Table (4): Hydrological indicators used in the research

ردیف	شاخص	ردیف	شاخص	ردیف	شاخص
۱	دبی اکتبر	۱۰	دبی جولای	۱۹	دبی حداکثر ۳ روزه
۲	دبی نوامبر	۱۱	دبی اوت	۲۰	دبی حداکثر ۷ روزه
۳	دبی دسامبر	۱۲	دبی سپتامبر	۲۱	دبی حداکثر ۳۰ روزه
۴	دبی ژانویه	۱۳	دبی حداقل ۱ روزه	۲۲	دبی حداکثر ۹۰ روزه
۵	دبی فوریه	۱۴	دبی حداقل ۳ روزه	۲۳	تعداد دوره‌های با دبی کم
۶	دبی مارس	۱۵	دبی حداقل ۷ روزه	۲۴	مدت تداوم دوره‌های با دبی کم
۷	دبی آوریل	۱۶	دبی حداقل ۳۰ روزه	۲۵	تعداد دوره‌های با دبی زیاد
۸	دبی می	۱۷	دبی حداقل ۹۰ روزه	۲۶	مدت تداوم دوره‌های با دبی زیاد
۹	دبی ژوئن	۱۸	دبی حداکثر ۱ روزه		

نتایج و بحث

ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه

با توجه به اینکه یکی از عوامل موثر بر وضعیت دبی رودخانه، تغییرات کاربری اراضی است. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰، به ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است (شکل ۳). بر اساس نتایج حاصله در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، کاربری اراضی انسان‌ساخت دارای روند افزایشی بوده است و کاربری باغات و مراتع روند کاهشی داشته است. بر اساس نتایج حاصله، کاربری انسان‌ساخت در سال ۱۹۹۰، ۲۶/۵ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۴۲/۷ کیلومترمربع افزایش یافته است. کاربری باغات در سال ۱۹۹۰، ۲۴/۲ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۲۱/۵ کیلومترمربع کاهش یافته است. همچنین کاربری مراتع در سال ۱۹۹۰ ۱۲۰۰/۸ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۱۱۷۸/۸ کیلومترمربع کاهش یافته است (جدول ۴). با توجه به موارد مذکور، میزان اراضی انسان ساخت در حوضه آبریز طالقان دارای روند افزایشی بوده است که این امر می‌تواند نقش مهمی در وضعیت هیدرولوژی منطقه داشته باشد.



شکل (۳): نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

Fig (3): Land use map of the study area during the years 1990 to 2020

جدول (۴): مساحت کاربری‌های اراضی (کیلومترمربع) حوضه آبریز طالقان در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰

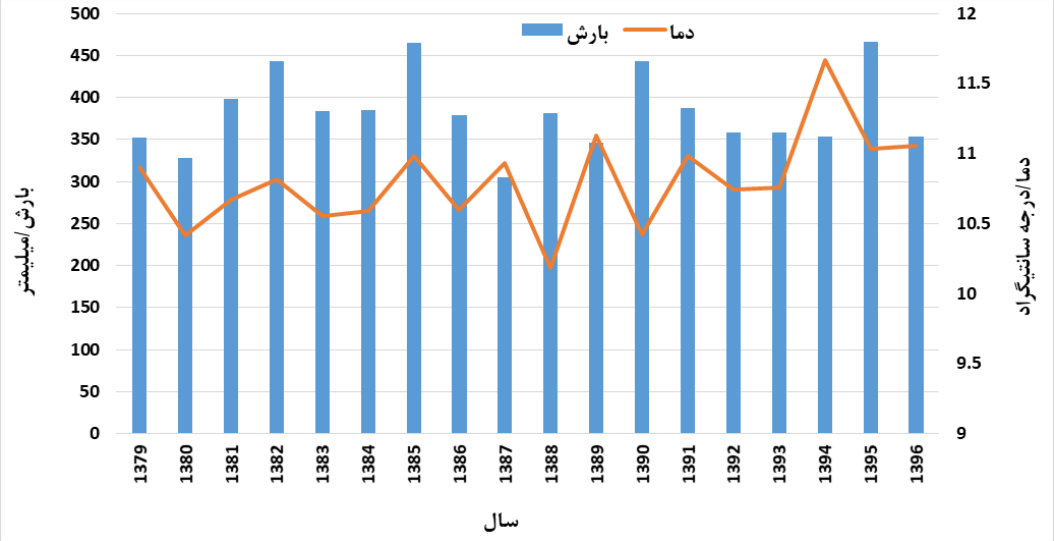
Table (5): Land use area (Km^2) of the Taleghan catchment during the years 1990 and 2020

سال	انسان‌ساخت	باغات	مراتع	پهنه آبی
۱۹۹۰	۲۶/۵	۲۴/۲	۱۲۰۰/۸	-
۲۰۲۰	۴۲/۷	۲۱/۵	۱۱۷۸/۸	۸/۵

بررسی وضعیت تغییرات اقلیمی منطقه مورد مطالعه

بر اساس نتایج حاصله، میانگین بارش ایستگاه طالقان حدود ۳۵۳ میلی‌متر محاسبه شده است که بیش‌ترین میزان آن با مجموع ۴۳۷ میلی‌متر مربوط به سال ۱۳۹۵ و کم‌ترین آن با مجموع ۲۷۵ میلی‌متر مربوط به سال ۱۳۸۷ بوده است. بررسی توزیع ماهانه بارش ایستگاه مورد مطالعه بیانگر این است که بیش‌ترین میانگین بارش ماهانه با ۸۱/۲ میلی‌متر، مربوط به ماه فروردین و کم‌ترین آن با ۱/۵ میلی‌متر، مربوط به مرداد ماه بوده است. همچنین بررسی وضعیت میانگین دمای سالانه ایستگاه طالقان نشان داده است که میانگین دمای سالانه

این ایستگاه حدود ۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد بوده است که بیش‌ترین میزان با میانگین ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۹۴ و کم‌ترین آن با ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۸۸ بوده است. بررسی میانگین دمای ماهانه ایستگاه مورد مطالعه نشان داده است که بیش‌ترین میانگین دمای ماهانه با ۲۵ درجه سانتی‌گراد، مربوط به تیرماه و کم‌ترین آن با ۰/۵ درجه سانتی‌گراد، مربوط به بهمن ماه بوده است. مجموع نتایج حاصله از بررسی وضعیت بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک طالقان نشان داده است که میزان بارش این ایستگاه دارای روند مشخص کاهشی و یا افزایشی نبوده است ولی میانگین دمای این ایستگاه دارای روند افزایشی بوده است (شکل ۴).



شکل (۴): روند تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک طالقان در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶

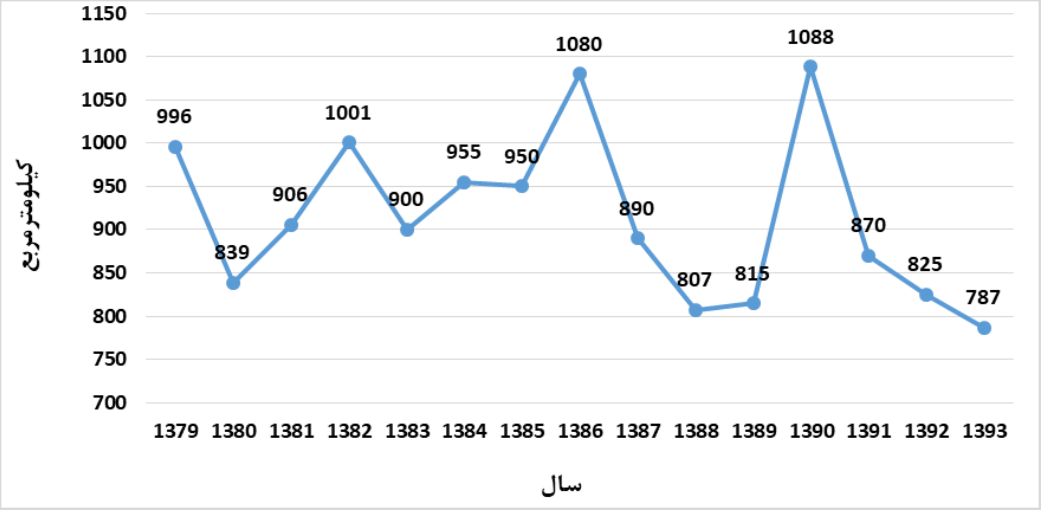
Fig (4): Temperature and precipitation changes of Taleghan synoptic station during the years 2000 to 2017

با توجه به اینکه ذخایر برفی نقش مهمی در دبی رودخانه‌ها دارند، در این بخش به بررسی وضعیت ذخایر برفی حوضه آبریز طالقان در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، سطح برف حوضه آبریز طالقان در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ در بیش‌تر ماه‌های سرد سال بیش از ۱۰۰۰ کیلومترمربع بوده است در حالی که در طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ در بیش‌ترین ماه‌های سرد سال، سطح برفی کم‌تر از ۹۰۰ کیلومترمربع بوده است. در واقع، در یک روند کلی، سطح برفی این حوضه در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ به‌طور محسوسی دارای روند کاهشی بوده است (جدول ۵). همچنین بررسی میانگین سطح برفی منطقه در ماه‌های سرد سال نشان داده است که میانگین سطح برفی منطقه دارای روند کاهشی محسوسی است (شکل ۵). مجموع نتایج حاصله از این بخش نشان داده است که حوضه آبریز طالقان در طی سال‌های اخیر با افزایش میانگین دما مواجه شده است و همین مسئله نیز نقش مهمی در کاهش سطح برفی منطقه داشته است.

جدول (۵): سطح برف (کیلومترمربع) حوضه آبریز طالقان در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ (عزتی و همکاران، ۱۳۹۷)

Table (6): Snow level (Km^2) of Taleghan catchment during the years 2000 to 2014 (Ezzati et al, 2018)

سال	ماه			میانگین
	دی	بهمن	اسفند	
۱۳۷۹	۸۳۵	۱۱۰۵	۱۰۴۹	۹۹۶
۱۳۸۰	۷۸۹	۱۰۹۵	۶۳۲	۸۳۹
۱۳۸۱	۱۱۶۱	۱۰۶۵	۴۹۱	۹۰۶
۱۳۸۲	۱۰۹۷	۹۷۹	۹۲۷	۱۰۰۱
۱۳۸۳	۱۱۷۵	۱۱۳۹	۳۸۷	۹۰۰
۱۳۸۴	۱۰۲۳	۱۰۲۷	۸۱۶	۹۵۵
۱۳۸۵	۱۱۶۲	۹۹۵	۶۹۳	۹۵۰
۱۳۸۶	۱۱۸۰	۱۱۳۳	۹۲۸	۱۰۸۰
۱۳۸۷	۹۶۵	۹۷۲	۷۳۳	۸۹۰
۱۳۸۸	۷۳۷	۹۶۳	۷۲۲	۸۰۷
۱۳۸۹	۹۸۲	۱۰۵۰	۴۱۴	۸۱۵
۱۳۹۰	۱۱۱۰	۱۱۰۲	۱۰۵۱	۱۰۸۸
۱۳۹۱	۷۶۲	۸۱۹	۱۰۳۰	۸۷۰
۱۳۹۲	۸۹۱	۸۰۰	۷۸۳	۸۲۵
۱۳۹۳	۸۳۶	۷۴۰	۷۸۵	۷۸۷



شکل (۵): میانگین سطح برف (کیلومترمربع) ماه‌های سرد حوضه آبریز طالقان در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳

Fig (5): The average snow level (Km^2) of the cold months of Taleghan catchment during the years 2000 to 2014

ارزیابی شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی (IHA)

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه، از اطلاعات دبی ایستگاه‌های علیزان جوستان، جوستان و گلینگ استفاده شده و بر مبنای آن‌ها، شاخص‌های مورد مطالعه ارزیابی شده است.

برآورد شاخص‌های هیدرولوژیک جریان

مقادیر ۲۶ شاخص هیدرولوژیک جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در طالقان مطابق جدول ۶ می‌باشد. باتوجه به مقادیر متغیرها که نشان دهنده مقادیر ماهانه هستند می‌توان گفت که در هر ۳ ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه مقدار دبی متفاوت بوده است و درصد تغییرات نسبت به سال ۱۳۷۰ نیز قابل توجه بوده است. در خصوص مقادیر مربوط به گروه تداوم جریان می‌توان گفت که حداقل و حداکثر جریان‌های ۱، ۳، ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه در اکثر ایستگاه‌ها متفاوت بوده است و تغییرات قابل توجهی نسبت به سال ۱۳۷۰ داشته است. همچنین متغیرهایی که مربوط به تعداد و مدت تداوم دوره‌های کم آبی و یا پرآبی هست نیز با تغییرات محسوسی در طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷ همراه بوده است.

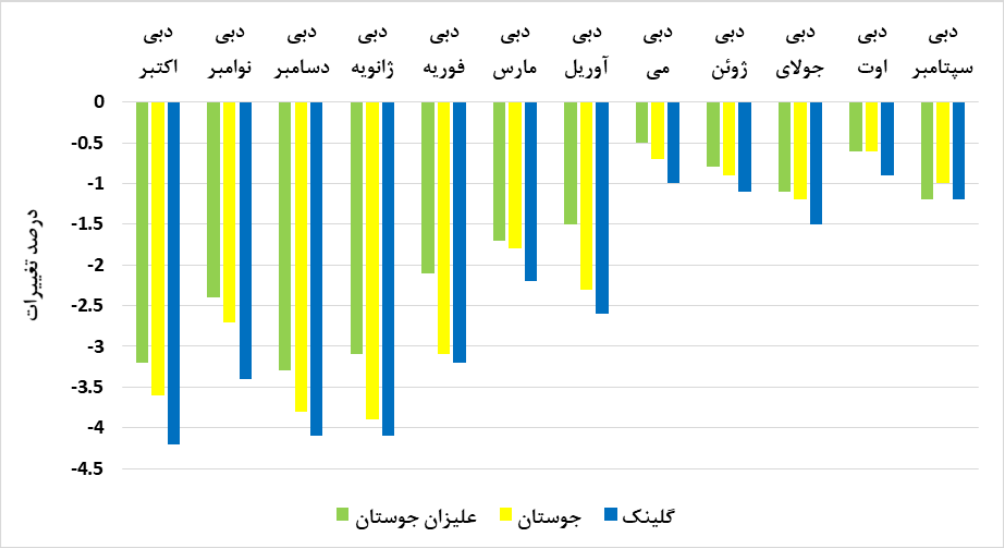
جدول (۶): مقادیر شاخص‌های هیدرولوژیکی و درصد تغییرات آن‌ها نسبت به سال ۱۳۷۰

Table (7): The values of hydrological indicators and their percentage changes compared to 1991

متغیرهای هیدرولوژیکی	علیزان جوستان	درصد تغییرات	جوستان	درصد تغییرات	گلینک	درصد تغییرات
دبی اکتبر	۰/۹۶۷۴	-۳/۲	۲/۸۴۳	-۳/۶	۴/۰۶۹	-۴/۲
دبی نوامبر	۱/۱۹۴	-۲/۴	۴/۰۲۵	-۲/۷	۶/۲۹۳	-۳/۴
دبی دسامبر	۰/۹۹۴۷	-۳/۳	۳/۱۰۳	-۳/۸	۴/۶۴۷	-۴/۱
دبی ژانویه	۰/۹۰۸۲	-۳/۱	۲/۹۳۴	-۳/۹	۴/۳۷۲	-۴/۱
دبی فوریه	۰/۹۶۲۸	-۱/۲	۲/۹۶۹	-۱/۳	۴/۹۵۱	-۲/۳
دبی مارس	۲/۲۰۶	-۱/۷	۶/۱۳	-۱/۸	۱۱/۱۸	-۲/۲
دبی آوریل	۶/۵۹۹	-۱/۵	۱۹/۲۹	-۲/۳	۳۰/۹۲	-۲/۶
دبی می	۷/۲	-۰/۵	۲۳/۴۶	-۰/۷	۳۵/۵۵	-۱
دبی ژوئن	۴/۶۹۶	-۰/۸	۱۶/۴۶	-۰/۹	۲۲/۹۲	-۱/۱
دبی جولای	۲/۴۳۱	-۱/۱	۷/۶۷۹	-۱/۲	۱۰/۰۱	-۱/۵
دبی اوت	۱/۱۳۷	-۰/۶	۴/۰۲۴	-۰/۶	۴/۶۱۳	-۰/۹
دبی سپتامبر	۰/۸۰۶۵	-۱/۲	۳/۰۴۸	-۱	۳/۳۳۳	-۱/۲
دبی حداقل ۱ روزه	۰/۰۳۴۴۲	-۷/۸	۱/۷۰۷	-۷/۹	۲/۱۸۱	-۷/۷
دبی حداقل ۳ روزه	۰/۳۶۰۶	-۸/۱	۱/۷۶۵	-۷/۷	۲/۲۶	-۷/۵
دبی حداقل ۷ روزه	۰/۳۹۷۴	-۶/۳	۱/۸۳۵	-۶/۸	۲/۳۸۵	-۸/۸
دبی حداقل ۳۰ روزه	۰/۴۹۱۳	-۶/۵	۲/۰۸۳	-۶/۹	۲/۷۲۶	-۷/۶
دبی حداقل ۹۰ روزه	۰/۶۴۴۲	-۴/۵	۲/۷۶۶	-۵/۴	۳/۷۱	-۵/۵
دبی حداکثر ۱ روزه	۱۱/۷۶	-۶/۴	۳۹/۷۷	-۵/۷	۷۵/۳۷	-۵/۳
دبی حداکثر ۳ روزه	۱۰/۳۸	-۵/۳	۳۳/۶۲	-۵/۲	۵۵/۷۷	-۵/۴
دبی حداکثر ۷ روزه	۹/۴۵۷	-۴/۲	۳۰/۲۹	-۴/۴	۴۷/۸۵	-۴/۹
دبی حداکثر ۳۰ روزه	۸/۲۷۹	-۳/۹	۲۵/۰۵	-۳/۸	۳۹/۶۳	-۴/۲
دبی حداکثر ۹۰ روزه	۶/۴۶۷	-۳/۱	۲۰/۱۲	-۳/۳	۳۰/۹۳	-۳/۶
تعداد دوره‌های با دبی کم	۵/۴۱۷	-۴/۱	۵/۸۳۳	-۴	۹/۹۱۷	-۴/۱
مدت تداوم دوره‌های با دبی کم	۱۹/۳۴	-۱۷	۱۱/۸۷	-۱۹/۶	۸/۴۴	-۲۲/۲
تعداد دوره‌های با دبی زیاد	۲/۴۱۷	-/۰۴	۲/۷۵	-۰/۶	۳/۱۶۷	-۰/۹
مدت تداوم دوره‌های با دبی زیاد	۲۱/۰۹	-۲/۲	۲۷/۴۱	-۳/۴	۲۸/۹۷	-۴/۱

ارزیابی میزان تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیک جریان

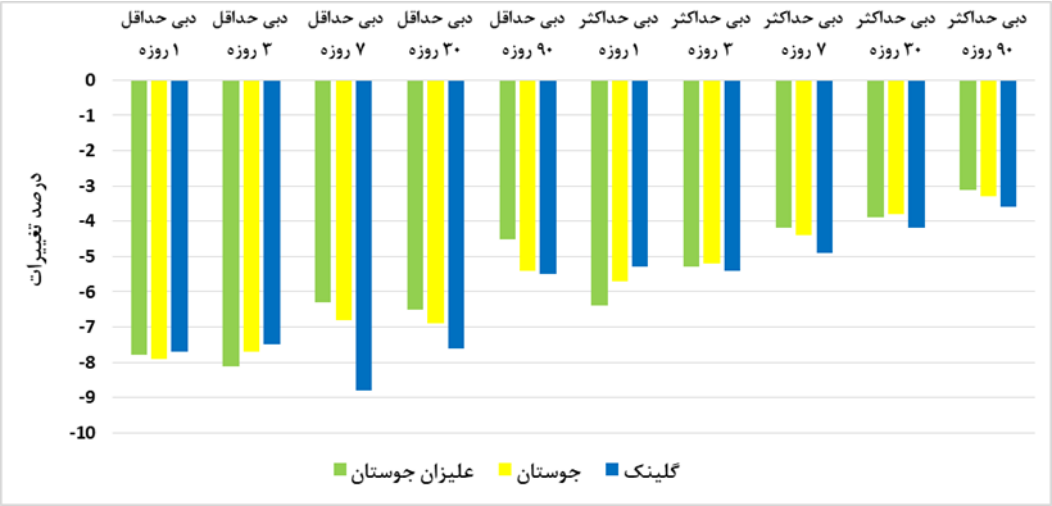
در این پژوهش پس از ارزیابی شاخص‌های هیدرولوژیکی در بازه‌های مورد مطالعه، به ارزیابی درصد تغییرات شاخص‌های مورد استفاده در بازه‌های مورد مطالعه در طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷ پرداخته شده است. نتایج حاصله از ارزیابی تغییرات دبی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده است (شکل ۶) که میانگین درصد تغییرات دبی ماهانه در ایستگاه علیزان جوستان ۱/۷۹- درصد بوده است که بیش‌ترین میزان آن با ۳/۲- درصد مربوط به ماه اکتبر و کم‌ترین آن با ۰/۵- درصد مربوط به ماه می بوده است. در ایستگاه جوستان میانگین درصد تغییرات دبی ماهانه ۲/۱۳- درصد بوده است که بیش‌ترین میزان آن با ۳/۹- درصد مربوط به ماه ژانویه و کم‌ترین آن با ۰/۷- درصد مربوط به ماه می بوده است. در ایستگاه گلینک میانگین درصد تغییرات دبی ماهانه ۲/۴۶- درصد بوده است که بیش‌ترین میزان آن با ۴/۲- درصد مربوط به ماه اکتبر و کم‌ترین آن با ۰/۹- درصد مربوط به ماه اوت بوده است. مجموع نتایج حاصله نشان داده است که ایستگاه گلینک که در پایان‌دست سایر ایستگاه‌ها قرار دارد، با تغییرات بیش‌تری مواجه شده است که دلیل آن را می‌توان به اثرات فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی نسبت داد.



شکل (۶): درصد تغییرات مقادیر دبی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه

Fig (6): Percentage changes of monthly discharge values of the studied stations

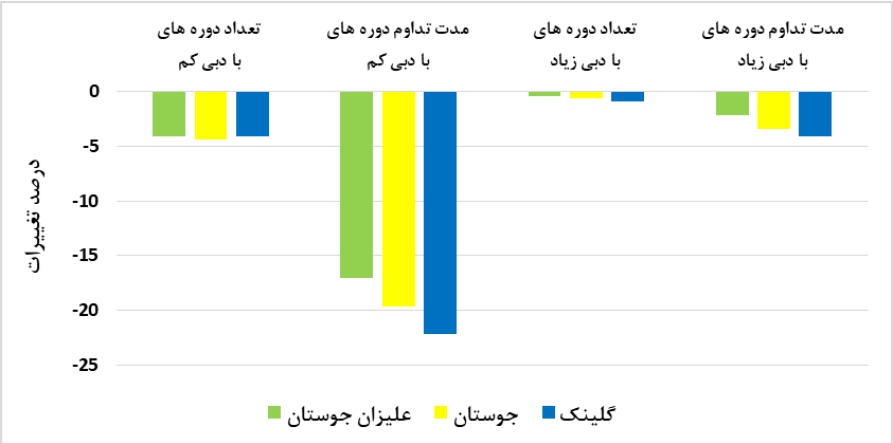
نتایج بررسی تغییرات دبی حداقل و حداکثر نشان داده است (شکل ۷) که بیش‌ترین میزان تغییرات دبی حداقل ۱ روزه با ۷/۹- درصد مربوط به ایستگاه جوستان بوده است. بیش‌ترین میزان تغییرات دبی حداقل ۳ روزه با ۸/۱- درصد مربوط به ایستگاه علیزان جوستان بوده است. بیش‌ترین میزان تغییرات دبی حداقل ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه به ترتیب با ۸/۸-، ۷/۶- و ۵/۵- درصد مربوط به ایستگاه گلینگ بوده است. همچنین بر اساس نتایج حاصله، بیش‌ترین میزان تغییرات دبی حداکثر ۱ روزه با ۶/۴- درصد مربوط به ایستگاه علیزان جوستان بوده است. بیش‌ترین میزان تغییرات دبی حداکثر ۳، ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه نیز به ترتیب با ۵/۴-، ۴/۹-، ۴/۲- و ۳/۶- درصد مربوط به ایستگاه گلینگ بوده است.



شکل (۷): درصد تغییرات مقادیر دبی حداقل و حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه

Fig (7): Percentage changes of the minimum and maximum flow values of the studied stations

نتایج حاصله از ارزیابی تغییرات تعداد و مدت دوره‌های با دبی کم و زیاد نشان داده است (شکل ۸) که بیش‌ترین تغییرات مربوط به تعداد دوره‌های با دبی کم با ۴/۴- درصد مربوط به ایستگاه علیزان جوستان بوده است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به مدت تداوم دوره‌های با دبی کم با ۲۲/۲- درصد مربوط به ایستگاه گلینک بوده است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به تعداد دوره‌های با دبی زیاد با ۰/۹- درصد مربوط به ایستگاه گلینگ بوده است. همچنین بیش‌ترین تغییرات مربوط به مدت تداوم دوره‌های با دبی زیاد با ۴/۱- درصد مربوط به ایستگاه گلینک بوده است. مجموع نتایج حاصله نشان داده است که ایستگاه گلینک که در پایین‌دست شهر طالقان قرار دارد، دارای بیش‌ترین میزان تغییرات بوده است و با توجه به اینکه بیش‌ترین میزان تغییرات کاربری اراضی در مناطق بالادست این ایستگاه بوده است، بنابراین می‌توان بخش زیادی از تغییرات صورت گرفته را به تغییرات کاربری اراضی نسبت داد. همچنین باتوجه به تغییرات به وجود آمده در سایر ایستگاه‌ها و آنالیز تغییرات اقلیمی، می‌توان گفت که عوامل اقلیمی نیز نقش مهمی در تغییرات صورت گرفته داشته است.



شکل (۸): درصد تغییرات مدت و تعداد دوره‌های با دبی کم و زیاد در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Fig (8): Percentage changes in duration and number of periods with low and high flow in the studied stations

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی عوامل موثر بر شاخص‌های تغییرات هیدرولوژی رودخانه طالقان، ابتدا به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی منطقه به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر دبی رودخانه پرداخته شده است. نتایج حاصله از ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه نشان داده است که در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ کاربری اراضی انسان‌ساخت این حوضه همانند حوضه آبخیز کرخه (سلاجقه و همکاران، ۱۳۹۰) دارای روند افزایشی بوده است و کاربری باغات و مراتع روند کاهشی داشته است. با توجه به موارد مذکور، میزان دخالت عوامل انسانی در حوضه آبریز طالقان دارای روند افزایشی بوده است که این امر می‌تواند نقش مهمی در وضعیت هیدرولوژی منطقه داشته باشد. همچنین بررسی تغییرات عناصر اقلیمی دما و بارش ایستگاه سینوپتیک طالقان نشان داده است که میزان بارش این ایستگاه دارای روند مشخص کاهشی و یا افزایشی نبوده است ولی میانگین دمای این ایستگاه دارای روند افزایشی بوده است و همین مسئله سبب شده تا سطح برف حوضه آبریز طالقان همانند بخش‌های شمال غربی کشور (فتاحی و مقیمی، ۱۳۹۸)، دارای روند کاهشی باشد به‌طوری‌که بر اساس نتایج حاصله، میانگین سطح پوشیده از برف حوضه آبریز طالقان در طی ماه‌های سرد سال بیش از ۱۰۰ کیلومترمربع کاهش یافته است که همین مسئله می‌توان نقش مهمی در تغییرات دبی رودخانه طالقان داشته باشد. با توجه به روند تغییرات صورت گرفته، در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های IHA به ارزیابی تغییرات هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، در طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷ میانگین درصد تغییرات دبی ماهانه در ایستگاه علیزان جوستان ۱/۷۹- درصد بوده است که میزان برای ایستگاه‌های جوستان و گلینک به ترتیب ۲/۱۳- و ۲/۴۶- درصد بوده است. همچنین نتایج حاصله از ارزیابی تغییرات تعداد و مدت دوره‌های با دبی کم و زیاد نشان داده است که بیش‌ترین تغییرات مربوط به تعداد دوره‌های با دبی کم با ۴/۴- درصد مربوط به ایستگاه علیزان جوستان بوده است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به مدت تداوم دوره‌های با دبی کم با ۲۲/۲- درصد مربوط به ایستگاه گلینک بوده است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به تعداد دوره‌های با دبی زیاد با ۰/۹- درصد مربوط به ایستگاه گلینگ بوده است. همچنین بیش‌ترین تغییرات مربوط به مدت تداوم دوره‌های با دبی زیاد با ۴/۱- درصد مربوط به ایستگاه گلینک بوده است. مجموع نتایج حاصله نشان داده است همانند حوضه آبخیز بالخلوچای (نصیری‌خیاوی و همکاران، ۱۳۹۸) و گرگانرود (دایی‌چینی و همکاران، ۱۴۰۱)، تغییرات عوامل انسانی و تغییرات کاربری اراضی سبب تغییر در میزان دبی رودخانه طالقان شده است. در بین ایستگاه‌های منطقه، ایستگاه گلینک که در پایین‌دست سایر ایستگاه‌ها قرار دارد، با تغییرات بیش‌تری مواجه شده است. در واقع، ایستگاه گلینک به دلیل اینکه در پایین‌دست شهر طالقان قرار دارد، بیش‌تر متاثر از تغییرات کاربری اراضی بوده است و بنابراین با تغییرات بیش‌تری مواجه شده است. همچنین باتوجه به تغییرات به وجود آمده در سایر ایستگاه‌ها و آنالیز تغییرات اقلیمی، می‌توان گفت که عوامل اقلیمی نیز نقش مهمی در تغییرات صورت گرفته داشته است. با توجه به نتایج حاصله، لازم است تا نظارت بیش‌تری بر تغییرات کاربری اراضی صورت گیرد. همچنین ضروری است تا از پیشروی کاربری‌های انسان‌ساخت به سمت حریم رودخانه جلوگیری شود.

۵-منابع

- Acuna-Alonso, C., Varandas, S., Álvarez, X., Martinho, A., 2023. Analysis of the evolution of a fisheries management plan based on environmental governance: Living laboratory in the Olo River, Portugal. Fisheries Research 260, 1-13.
- Bush, j., & Doyon, A., 2023. Planning a just nature-based city: Listening for the voice of an urban river. Environmental Science & Policy 143, 55-63.
- Charlton, R. 2007. Fundamentals of fluvial geomorphology, Rutledge, London and New York, Second Edition.
- Daechini, F., Vafakhah, M & Moosavi, V. 2022. Impacts of Dam Construction on Indicators of Hydrologic Alterations in the Gorganroud Watershed. Ecohydrology, 9(1), 185-191. (In Persian).

- Esfandyari Darabad, F., Mostafazadeh, R., Shahmoradi, R & Nasiri Khiavi, A. 2020. The Effect of Dam Construction on flood and low flow Indices in South of Lake Urmia. Natural Environment Hazards, 9(24), 1-14. (In Persian).
- Ezzati, M., Shokohi, A., Nouri, M & PISingh, V. 2017. Investigating the trend of changes in temperature and precipitation and its effect on the potential of water sources entering the Taleghan Dam. Iran Soil and Water Research, 49 (4), 716-70. (In Persian).
- Farzin, S & Alizadeh-Sanmi, F. 2016. Modeling and analysis of changes in the hydrological regime of rivers (case study: Gorganrud River, Tamer hydrometric station). Iranian Journal of Watershed Science and Engineering, 11(37), 35-45. (In Persian).
- Fatahi, I & Moghimi, S. 2018. Investigating the trend of snow cover changes in northwestern Iran under the influence of climate change. Geographical Sciences User Research, 19(54), 47-63. (In Persian).
- Hu, Y., Duan, W., Chen, Y., Zou, S., Kayumba, P.M., Sahu, N., 2021. An integrated assessment of runoff dynamics in the Amu Darya River Basin: Confronting climate change and multiple human activities, 1960–2017. Journal of Hydrology 603.
- Ildoromi, A. 2022. Simulating sedimentation status of Ebrou river of Ekbatan dam in Hamedan Using GSTARS 2.1 mathematical model. Hydrogeomorphology, 9(31), 25-50. (In Persian).
- Jaya, R.P., 2021. Study Effectiveness Sabo Dam on Reducing Flood in Way Leman River. In Proceedings of the International Conference on Civil .Offshore and Environmental Engineering, 174-179.
- Khaddor, I., Achab, M., Soumali, M., Benjbara, A., Alaoui, A., 2021. The Impact of the Construction of a Dam on Flood Management. Civil Engineering Journal, 7(2): 343-356.
- Khosravi, G., Sadodin, A., Ownegh, M., Bahremand, A & Mostafavi, H. 2019. Classification and identification of changes in river flow regime using the Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) Case study: (The Khormarud River- Tilabad Watershed- Golestan Province. Ecohydrology, 3(6), 671-671. (In Persian).
- Khosravi, S., Entezari, M., ahmadabadi, A & pour mousavi, S. M. 2020. Analysis of the Effect of Tehran Urban Development on the Hydrology and Geomorphology Cycle of the Evin-Darake River. Quantitative Geomorphological Research, 9(1), 184-202. (In Persian).
- Kumar, A.U. and Jayakumar, K.V. 2020. Hydrological alterations due to anthropogenic activities in Krishna River Basin, India. Ecological Indicators 108: 105663
- Li, D., Long, D., Zhao, J., Lu, H. and Hong, Y. 2017. Observed changes in flow regimes in the Mekong River basin. Journal of Hydrology 551: 217-232.
- Li, R., Chen, Q., Tonina, D. and Cai, D. 2015. Effects of upstream reservoir regulation on the hydrological regime and fish habitats of the Lijiang River, China. Ecological Engineering 76: 75-83
- Liu, S., Wang, D., Miao, W., Wang, Z., Zhang, P., Li, D., 2023. Characteristics of runoff and sediment load during flood events in the Upper Yangtze River, China. Journal of Hydrology 620.
- Meteorological Organization of Alborz Province. 2021. Climatic elements report of Taleghan synoptic station. (In Persian).
- Naderi, M., Ali Oghli, S., Pourgholam-Amiji, M., Fazl-Oli, R & Qajqi, A. 2019. Analysis of the changes in the hydrological indicators of the Karon river in the periods before and after the construction of the Gatund dam using the variability range approach. Journal of Irrigation and Drainage, 14(3), 782-765. (In Persian).
- Naderi, M., Bardi Sheikh, V., Behramand, A., Komaki, B & Qanqermeh, A. 2023. Analysis of changes in river water flow regime using hydrological change indicators (case study: Hableroud watershed). Soil and water modeling and management, 3 (3), 1-19. (In Persian).
- Nasiri-Khiavi, A., Mostafazadeh, R., Esmaali-Ouri, A., Ghafarzadeh, O & Golshan, M. 2018. The change of the hydrological indicators of Balkhlochai river flow due to the combined effect of the change of climatic components and the construction of the Yamchi dam in Ardabil using the variability domain approach. Watershed Engineering and Management, 11(4), 865-851. (In Persian).
- Panahi, R., Moshashaie, M & Moshashaee, M. 2022. Gorphological Analysis of the Mereg Mahidasht River. Hydrogeomorphology, 9(32), 43-62. (In Persian).
- Qi, X., Zhang, Z., Jing, J., Hu, W., Zhao, X., 2023. Regional planning for ecological protection of rivers in highly urbanized areas. Ecological Indicators 149, 1-15.

- Richter, B. D., Baumgartner, J.V., Powell, J., Braun, D.P., 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conserv Biol.1996; 10(4):1163–1174.
- Selajgeh, Al., Razavizadeh, S., Khorasani, N., Hamidifar, M & Selajgeh, S. 2011. Land use changes and their effects on river water quality (case study: Karkheh watershed). Environment, 37(58), 86-81. (In Persian).
- Smakhtin, V., 2006. Anputhas M. An assessment of environmental flow requirements of Indian river basins. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 42 p.
- The Nature Conservancy. 2009. Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1 User's Manual. 81pp.Available online at: https://www.conservationgateway.org.
- Wang, J., Shi, B., Yuan, Q., Zhao, E., Bai, T., Yang, S., 2022. Hydro-geomorphological regime of the lower Yellow river and delta in response to the water–sediment regulation scheme: Process, mechanism and implication. CATENA 219.
- Yamani, M., Moghimi, I., Jadari Aiwazi, J., Mohammadi, H & Issai, A. 2010. The effect of ecogeomorphological factors on the chemical quality of water, a case study: Ker River and Darudzen Dam Lake. Environmental Geography and Planning, 21(1), 17-32. (In Persian).
- Yin, S., Gao, G., Li, Y., Xu, Y.J., Turner, R.E., Ran, L., Wang, X., Fu, B., 2023. Long-term trends of streamflow, sediment load and nutrient fluxes from the Mississippi River Basin: Impacts of climate change and human activities. Journal of Hydrology 616.