Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 48, No. 2, Summer 2025, p. 115-133

Research Paper

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

WetSpass to investigate the effects of land use and plant cover on water balance (Case study: Khafr region of Fars province)

E. Mozafari[1], A. Saremi[2*], H. Ghorbanizadeh Kharazi[2*]and H. Babazadeh[3]

1- Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Corresponding authors: Assistant Professor Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (a-saremi@srbiau.ac.ir,).*
3- Assistant Professor Department of Civil engineering-water resources management, shoushtar branch, Islamic Azad University, shoushtar, Iran.
4- Professor Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 24 January 2024
Revised: 12 August 2024
Accepted: 14 August 2024

Keywords:
arid and semi-arid areas, evapotranspiration, GIS, runoff, water sources.

TO CITE THIS ARTICLE:

Mozafari, E., Saremi, A., Ghorbanizadeh Kharazi, H., Babazadeh, H. (2025). 'WetSpass to investigate the effects of land use and plant cover on water balance)Case study: Khafr region of Fars province(', *Irrigation Sciences and Engineering*, 48(2), pp. 115-133. doi: 10.22055/jise.2024.45894.2115.

Abstract

To present efficient methods for suitable use of water sources in the arid and semi-arid areas, it is essential to investigate water balance affected by different parameters. In the present research, to investigate the effects of land use and plant cover on water balance in the Khafr region of Fars province, WetSpass model integrating the effective variables on water balance in the GIS, was used for a 10-year period (2009-2017). Different layers of climate (potential evapotranspiration), groundwater level, topography, slope and soil properties were used to prepare the digitized maps by GIS. The final maps of evapotranspiration, and long-term recharging of ground water as well as the maps of land use and plant cover were produced. The highest amount of run-off with the average of 37.7 mm per year was observed in the bared areas, along with the average yearly evapotranspiration of 352 mm and the recharge of 1 and 99% in the warm and cold seasons, respectively. WetSpass was able to stimulate the components of water balance favorably. The results of present research can be used for the estimation of water balance components in the Khafr region of Fars province and the similar regions in the world, for the suitable use of water sources to decrease the effects of water stress on the recharge of ground water and subsequent yield production, with respect to the process of global warming. To enhance rainfall efficiency, it is recommendable to avoid the conversion of forests to agricultural lands, and building construction in the region.

Introduction

Water is among the most important parameters for life on the earth fulfilling different human necessities for agriculture, drinking, and industry through the hydrological cycle. The important point about using water is the suitable supply and optimized use. In the arid and semi-arid areas, with 60-100% dependency, groundwater is the most important water source in the hydrologic cycle to supply water for different

purposes. The sources of ground water used for surface irrigation, include 40% of the world food and 97% of drinking water for the use of human on the earth (Ghafari et al. 2018).

Materials and Methods

With respect to the following, and for the establishment of the WetSpass model (the water and energy transfer among soil, plants, and atmosphere) for groundwater, the Khafr region in the large watershed of Mand in the province of Fars was selected for the present research. 1) The accessibility of temporal data, rainfall, and other parameters, 2) the accessibility of spatial data, 3) flow rate and the level of water in the wells of the region, and 4) the clearness of the region boundaries. The Khafr region with an area of 1108.05 Km^2 is managed by the Regional Water Company of Fars and is located at the longitude of E52^{o}42’ to 53^{o}30’ and latitude of N28^{o}51’ to 29^{o}9’.

Results

In the present research the correlation among the water balance parameters including runoff, evapotranspiration, and discharge of water ground (fluctuations of water ground) for the Khafr region for the time period of September 2009 to 2018 was investigated using remote sensing and WetSpass model. The processing of the images determined five different types of land use including forest, rangeland, agriculture, rainfed and not-cultivated land, irrigated agriculture, and civilian areas in the region. The WetSpass model was used to change the images to digitized maps for the investigated time period. The tested model was able to predict the components of hydrological cycle in the Khafr region with high precision.

Discussion and Conclusion

For the optimized use of water sources in each region, the correlation among land use and plant cover with the variables of water balance including runoff, evapotranspiration, and discharge of water ground (fluctuations of water ground) must be investigated. Different parameters affect water balance in the watersheds, among which land use and pant cover are among the most important ones (Daniel et al. 2022). In the present research, using the WetSpass model the components of water balance (rainfall, evapotranspiration, and runoff) as affected by land use and plant cover were investigated in a 10-year period in the Khafr region of Fars province. The WetSpass model on the basis of GIS, used to investigate the components of water balance in the Khafr region of Fars province, precisely simulated the components of water balance for the proper handling of water sources. According to the results, and with respect to the recent droughts, the region has faced water stress, due to the reduction of ground water discharge, as the most important water source. Water evapotranspiration is the most important factor for the reduction of water in the region, and in the bare areas (without plant cover) runoff is the second most important parameter, which reduce water discharge of the region. It is recommendable to maintain plant cover in the region and avoid the conversion of forest lands for agricultural and construction purposes. The use of efficient irrigating methods can also be useful to enhance water use efficiency in the region for crop planting.

Acknowledgment

This research has no acknowledgments.

Conflict of Interest

The authors declared no potential conflicts of interest concerning the research, authorship, and publication of this article. Confirmation.

Funding

The authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Data Availability Statements

Data Availability Statement: All information and results are presented in the text of the article.

Authors' contribution

First Author: Esmael Mozafari**.** conducted the experiments and analysed data
Second Author: Ali Saremi, supervised the research and wrote the first draft
Third and Fourth Authors: Hossain Ghorbanizadeh Kharazi and Hossain Babazadeh, co-supervised the research and analysed data

References

1- Ghafari, H., Rasoulzadeh, A., Raoof, M., Esmeali, A. 2018 Estimation of natural groundwater recharge using WTF method (case study: Ardabil Plain aquifer). *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 48(90), pp.43-52. https://doi.org/10.22034/ceej.2018.7576.

2- Daniel, D., Ayenew, T., Fletcher, C.G., Duraisamy, R., Jothimani, M. 2022. Numerical groundwater flow modelling under changing climate in Abaya–Chamo lakes basin, Rift Valley, Southern Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment* 8, pp. 3985-3999. https://doi.org/10.1007/s40808-021-01342-x

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٨، شماره‌ی۲، تابستان ١٤٠٤، مقاله پژوهشی، ص. ۱۳۳-۱۱۵

استفاده از مدل WetSpass برای بررسی اثرات استفاده از زمین و پوشش گیاهی بر بیلان آبی (مطالعه موردی: منطقه خفر استان فارس)

اسماعیل مظفری[۱]، علی صارمی[۲*]، حسین قربانی زاده خرازی[۲]و حسین بابازاده[۳]

۱- دانشجوی دکتری منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیارگروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. a-saremi@srbiau.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی عمران و مدیریت منابع آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر

۴- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴

چکیده

برای ارائه روش‌های کارا برای استفاده مناسب از منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بررسی بیلان آبی تحت‌تأثیر عوامل مختلف ضروری است. در این تحقیق، به‌منظور بررسی اثرات استفاده از زمین و پوشش گیاهی بر بیلان آبی منطقه خفر استان فارس از مدل WetSpass که متغیرهای مؤثر بر بیلان آبی را در محیط GIS ادغام می‌نماید، در دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۶ استفاده گردید. بدین منظور لایه‌های پارامترهای مختلف شامل اقلیم (تبخیر- تعرق پتانسیل)، سطح آب زیرزمینی، توپوگرافی، شیب و خصوصیات خاک در GIS تهیه شد. نقشه‌های نهایی شامل تبخیر- تعرق و تغذیه بلندمدت آب زیرزمینی و همچنین نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی تهیه گردید. بیشترین میزان متوسط رواناب (۳۷/۷ میلی‌متر در سال) در مناطق بدون پوشش بود، میزان متوسط تبخیر- تعرق سالیانه برابر با ۳۵۲ میلی‌متر در سال، تغذیه فصل گرم ۱درصد و تغذیه فصل سرد ۹۹درصد از کل تغذیه آبهای زیرزمینی را تشکیل دادند. استفاده از مدل WetSpass به‌خوبی اجزای بیلان آبی در منطقه را شبیه‌سازی نمود. با استفاده از مدل WetSpass، تخمین اجزاء بیلان آبی در منطقه خفر استان فارس و مناطق با ویژگی‌های مشابه امکان‌پذیر می‌گردد که برای بهینه‌سازی منابع آبی و کاهش اثرات تنش آب بر تغذیه آب زیرزمینی و در نتیجه تولید محصول، با توجه به فرآیند گرم شدن زمین قابل استفاده است. توصیه می‌گردد، برای استفاده بهینه از بارندگی، تبدیل جنگل‌ها به زمینهای کشاورزی و ساختمان‌سازی در منطقه به حداقل کاهش یابد.

کلیدواژه‌ها تبخیر- تعرق، رواناب، منابع آبی، مناطق گرم و خشک، GIS.

مقدمه

آب جزو مهم‌ترین عوامل برای زندگی بر روی کره زمین است و نیازهای بشر را برای مصارف مختلف کشاورزی، شرب و صنعت با حرکت در چرخه هیدرولوژی برآورده می‌نماید. نکته مهم در مورد استفاده از آب، تأمین مناسب و استفاده بهینه از آن است. با توجه به ۶۰ تا ۱۰۰ درصد وابستگی، منابع آب‌های زیرزمینی به‌عنوان مهمترین منبع در چرخه هیدرولوژی برای تأمین آب لازم در مناطق خشک و نیمه‌خشک، قابل استفاده هستند. منابع آب‌های زیرزمینی که برای کشاورزی فاریاب استفاده می‌شوند، منبع تولید ۴۰ درصد از منابع غذایی جهانی و ۹۷ درصد آب شرب برای استفاده ساکنین کره زمین هستند (Daneshvar Vousoughi et al., 2011 ، Ghafari et al., 2018).

توزیع مکانی و زمانی آب تجدیدشونده بسیار متغیر است و با توزیع جمعیت و نیازهای آبی جوامع بشر متناسب نیست. به‌عنوان‌مثال قاره آسیا با ۶۰ درصد از کل جمعیت دنیا، فقط ۳۶ درصد از کل آب کره زمین را دریافت می کند، در صورتی‌که حوضه آبریز رودخانه آمازون با ۰/۴ درصد کل جمعیت کره زمین دارای ۱۴درصد از منابع آبی تجدید شونده است (Gude, 2017). با توجه به رشد روزافزون جمعیت دنیا، منابع آبی به‌صورت پیوسته در حال کاهش هستند. به‌عنوان مثال، سطح آب آبخوان‌ها که عمدتاً برای مصرف آبیاری استفاده می گردند، در سال‌های اخیر به میزان یک تا سه متر درایران کاهش یافته است (Shaabani et al. 2023). بنابراین بررسی بیلان آبی در نتیجه استفاده‌های مختلف از زمین و پوشش گیاهی در هر منطقه برای مدیریت صحیح منابع آب و تأمین نیازهای بشر حائز اهمیت فراوان می‌باشد (Aznar-Sánchez et al., 2018).

برخی از مؤثرترین پارامترهای مهم و مؤثر بر چرخه هیدرولوژی و به عبارتی بر بیلان آبی نحوه استفاده از زمین و پوشش گیاهی است. کاربری‌های مختلف زمین موجب تغییراتی در سطح زمین و همچنین در میزان منابع آب موجود می‌گردد (Mohammadi et al., 2015). نکته قابل‌توجه در این زمینه نحوه پیش‌بینی نتایج برای ارائه راهکارهای لازم برای استفاده مناسب و افزایش راندمان منابع آبی است. به همین دلیل استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی روش مناسبی برای بررسی و پیش‌بینی نحوه تولید و انتقال آب در حوضه است (Pandi et al., 2021).

باتوجه به جزئیات بالا، تغذیه آب‌های زیرزمینی، توسط بارش باران و برف، برای تجدید این منابع آب بسیار حائز اهمیت است. قسمتی از بارش حاصل از باران و برف به‌صورت رواناب سطحی و بخشی نیز به‌صورت زیرسطحی به سمت خروجی حوضه حرکت می‌نماید (Qi et al., 2023). تغذیه منابع آبی زیرزمینی تابع شرایط اقلیمی، ساختار زمین‌شناسی و نحوه استفاده از زمین و پوشش گیاهی است. رواناب و تبخیر- تعرق، مهم‌ترین عواملی هستند که سبب کاهش این منابع آبی می‌شوند (Derafshi et al. 2016). نظر به اینکه برای تعیین مناطق تغذیه و حرکت آب‌های زیرزمینی برداشت نمونه از کلیه قسمت‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد، استفاده از مدل‌های مبتنی بر GIS و سنجش‌ازدور (همچون مدل توزیعی WetsPass) رایج گردیده است (Mozafari et al., 2023).

برخی خصوصیات مهم که بر تخمین رواناب، تغذیه و تبخیر- تعرق مؤثرند عبارت‌اند از: نحوه استفاده از زمین، سطح آب زیرزمینی، شرایط هیدرومتئورولوژیکی، خصوصیات خاک، شیب زمین و توپوگرافی. به‌همین علت توسعه مدل‌های جدید بر مبنای استفاده از این پارامترها به‌عنوان ورودی ضروری است. به همین دلیل، استفاده از GIS روش مناسبی برای پشتیبانی از چنین مدل‌های هیدرولوژیکی است. با استفاده از برخی از ابزارها همچون سنجش از دور می‌توان نحوه تغییرات کاربری اراضی و نوع پوشش گیاهی را در سطح حوضه و برای دوره زمانی مشخص بررسی نمود. در نتیجه، با استفاده از نقشه های نحوه استفاده از زمین و پوشش گیاهی، خصوصیات اقلیمی، ویژگی‌های خاک و توپوگرافی، می‌توان بیلان آبی منطقه شامل میزان رواناب حاصل از بارندگی، تبخیر- تعرق و میزان تغذیه آب زیرزمینی را محاسبه نمود که به‌عنوان هدف این تحقیق توسط مدل توزیعی - مکانی WetSpass بررسی گردیده است. در نتیجه می‌توان با استناد به نتایج کسب شده این تحقیق روش‌های مناسب و کارا برای استفاده بهتر از منابع موجود در منطقه و در نتیجه کاهش اثرات نامطلوب حاصل از خشکسالی را ارائه نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد تحقیق

در این مطالعه، باتوجه به نکات لازم ذیل و برای ایجاد مدل توزیعی – تجمعی بیلان آب و تغذیه مکانی و زمانی آب زیرزمینی، منطقه خفر شکل (۱) در آبریز بزرگ مند در استان فارس انتخاب گردید. دلائل انتخاب این منطقه شامل موارد زیر است: ۱) دست‌یابی به داده‌های زمانی دما، بارش و سایر متغیرهای لازم، ۲) دست‌یابی به داده‌های مکانی، ۳) میزان دبی رودخانه و سطح آب چاه‌های منطقه و ۴) مشخص‌بودن محدوده‌های منطقه. این منطقه با سطح ۱۱۰۸/۰۵ کیلومترمربع، تحت نظارت شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس است و بین طول جغرافیایی شرقی ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی شمالی ۲۸ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۹ دقیقه واقع گردیده است (شکل ۲). بازدیدهای میدانی و بررسی‌های نقشه‌ها مشخص نمود که تقریباً تمامی مسیل‌ها در این حوضه موقت بوده‌اند و دبی مسیل‌ها در فصل تابستان در حدود صفر است، درصورتی‌که رودخانه‌ای که از منطقه می‌گذرد با عبور از پست‌ترین رقوم ارتفاعی تقریباً در همه ایام سال دارای آب بوده و آب منطقه را زهکشی می‌نماید. سبزینگی منطقه شامل جنگل، زراعت، باغ‌ها و درختان نیز در اطراف همین رودخانه است. در این تحقیق نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی با استفاده از سنجش ازدور با استفاده از ماهواره لندست و نرم‌افزار ENVI در محیط ArcGIS تهیه گردید (شکل ۳).

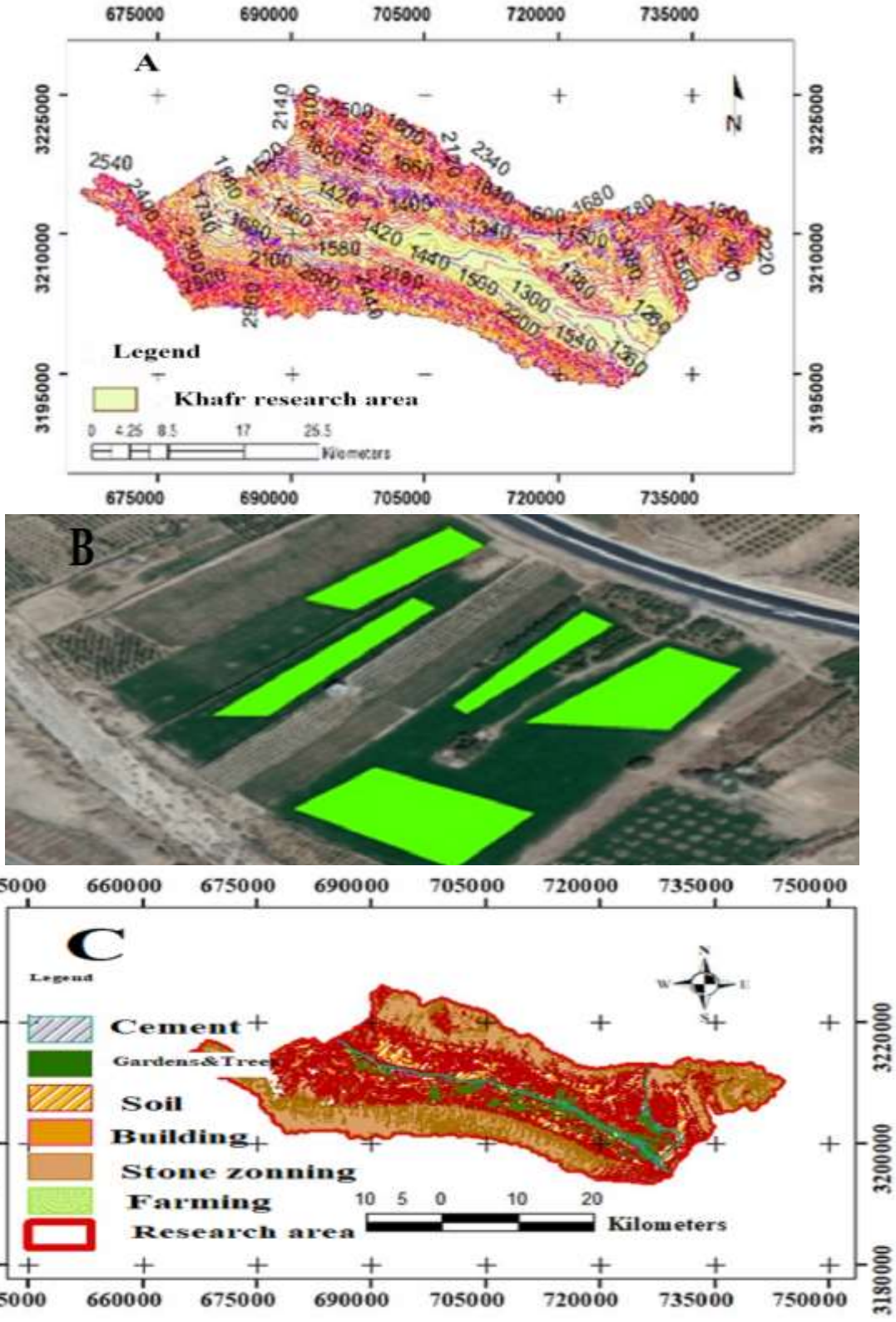
DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115



Fig. 1- The geoghraphical map of Khafr region
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه خفر



Fig. 2-The boundaries of Mand watershed
شکل ۲- محدوده حوضه آبریز مند


A
675000
690000
705000
720000
735000
3225000
3210000
3195000
N
Legend
Khafr research area
0 4.25 8.5 17 25.5
Kilometers
B
C
Legend
Cement
Gardens&Trees
Soil
Building
Stone zonning
Farming
Research area
10 5 0 10 20
Kilometers
645000
660000
675000
690000
705000
720000
735000
750000
3220000
3200000
3180000

DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115



Fig. 3- A) The contour maps, B) Sampling and making polygons for evaluating land use, C and D) Land use map (2018), including the location of fields and gardens in the Khafr region

شکل ۳- الف) نقشه خطوط کنتور، ب) تهیه نمونه و ایجاد پلیگون های مورد نظر برای بررسی استفاده های مختلف از زمین، ج و د) نقشه استفاده از زمین سال (۱۳۹۷) شامل موقعیت مزارع و باغات در منطقه خفر

اقلیم و شرایط آب وهوایی منطقه

منطقه خفر به‌دلیل قرارگرفتن در حاشیه ارتفاعات و به‌دلیل عبور رودخانه از میانه دشت، منطقه‌ای سرسبز با آب و هوای چهارفصل است. آب‌وهوای منطقه در زمستان تحت‌تأثیر ورود آب‌وهوای مدیترانه‌ای و سرد قطبی از شمال و شمال غرب و غرب کشور همراه با سرما و ریزش‌های جوی به‌صورت برف و باران است، و در تابستان تحت‌تأثیر ورود هوای حاره‌ای (تروپیکال) شرقی و جنوبی است. با استفاده از آمار بلندمدت ایستگاه‌های هواشناسی (اداره هواشناسی فارس)، که به‌وفور در داخل و اطراف محدوده حوضه، و به تعداد پنج ایستگاه در منطقه خفر موجود است جدول (۱)، تغییرات آب‌وهوایی و اقلیم منطقه شامل دما جدول (۲)، بارش و میزان تبخیر– تعرق جدول(۳)، بررسی گردید. مطابق با جدول (۳) میزان تبخیر و تعرق تابع شاخص درجه حرارت سالانه است که از شاخص درجه حرارت ماهانه محاسبه می‌گردد.

با استفاده از آمار تهیه گردیده، رابطه گرادیان دما – ارتفاع به‌صورت T=-0.006H+27.94 با همبستگی ۹۳ درصد برای دشت و ارتفاعات مشخص گردید، که T درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) و H ارتفاع (متر) از سطح دریا می‌باشد. متوسط مقادیر ماهانه و سالانه دما (درجه سانتی‌گراد) برای نقاط مختصاتی هر ایستگاه هواشناسی برای درون یابی به GIS وارد گردید. بنابراین تست روش های مختلف مشخص نمود که کریجینگ مناسب‌ترین روش برای درون یابی است و در نتیجه نقشه هم دمای منطقه تهیه گردید (Mozafari et al., 2023). میزان دبی منطقه برای ماه‌های مختلف نیز در یک دوره ۴۶ ساله در جدول (۴) ارائه گردیده است.

بارش

با استفاده از آمار باران‌سنجی ایستگاه علی‌آباد خفر، گرادیان بارندگی منطقه محاسبه و با استفاده از درون‌یابی و GIS و بر طبق نقشه توپوگرافی و با استفاده از گرادیان بارش–ارتفاع – 438H. P= 256.5 نقشه هم باران منطقه را تهیه نمودیم که نشان‌دهنده خطوط هم باران در محدوده ۳۰۰ الی ۶۰۰ میلی‌متر است (Mozafari et al., 2023).

رقوم ارتفاعی و شیب منطقه

ارتفاع منطقه از عوامل مؤثر بر دما و بارش است که کاهش دما در مناطق مرتفع جدول (۲) موجب افزایش بارش می‌گردد. حداکثر و حداقل ارتفاع منطقه با استفاده از لایه رقومی منطقه مطالعاتی به ترتیب ۳۱۶۲ و ۱۱۷۳ متر مشخص گردید. وسعت ارتفاعات منطقه برابر با ۹۱۹/۵ و دشت‌های منطقه برابر با ۱۸۸/۳کیلومتر مربع می‌باشد. با استفاده از خطوط کنتور می‌توان تقاوت بین ارتفاع‌ها را به لایه شیب تبدیل نمود، که مشخص می‌نماید بیشترین ارتفاع مربوط به مرزهای حوضه و کمترین ارتفاع مربوط به مناطق میانی می‌باشد شکل (۳) و در نتیجه جهت رواناب نیز از مناطق مرتقع به سمت مناطق میانی دشت است.

تبخیر- تعرق پتانسیل

در این مطالعه، تبخیر– تعرق پتانسیل با استفاده از روش تورنث – وایت محاسبه گردید (Thornthwaite and Mather 1951)

$$ETp = 16\left(\frac{10tn}{I}\right)^{a} \qquad (۱)$$

$$a = (6.75\times10^{-7})I^{3} - (7.71\times10^{-5})I^{2} + (1.792\times10^{-2})I + 0.492 \qquad (۲)$$

$$1 = \sum_{n=1}^{12} in \qquad (۳)$$

$$in = \left(\frac{tn}{5}\right)^{1.51} \quad (۴)$$

در این فرمول‌ها، Etp تبخیر – تعرق پتانسیل ماهانه (بر حسب میلی‌متر) است، tn درجه حرارت متوسط ماهانه (برحسب درجه سانتی‌گراد)، I شاخص حرارتی سالانه که مجموع شاخص‌های حرارتی ماهانه است. in عبارت است از شاخص حرارتی ماهانه که بر طبق درجه حرارت ماهانه محاسبه می‌شود. A نیز ضریبی است تابع شاخص حرارتی سالانه و از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت است (جدول ۳).

مدل توزیعی WetSpass

در سال ۲۰۰۱، مدلی با نام WetSpass توسط Batelaan و de Smedt (2001) برای توزیع مکانی و تحت شرایط تعادل آب توسعه یافت، که نمایانگر سیستم انتقال آب و انرژی بین خاک گیاه و اتمسفر می‌باشد و مخفف Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere under quasi Steady State است. این مدل قادر به شبیه سازی بلند مدت رواناب سطحی، تبخیر– و تعرق واقعی و تغذیه آب های زیرزمینی به‌عنوان تابعی از خصوصیات خاک، کاربری اراضی ، شیب و شرایط اقلیمی است، و برای بررسی اثرات بلند مدت استفاده از زمین بر نوسانات میزان آب در حوضه آبریز نیز قابل استفاده می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منتخب در منطقه مورد تحقیق

Table 1- The selected synoptic stations of the study area

	Station	Altitude (m)
1	Ali Abad	1370
2	Khadamat	1263
3	Asmangard	1220
4	Girogarzin	820
5	Jahrom	1420
6	Firouz Abad	1370
7	Band Bahman	2020
8	Fesa	1384
9	Shiraz	1780
10	Estahban	2177

جدول ۲- توزیع ماهانه دما در ارتفاعات و دشت محدوده مطالعاتی خفر (درجه سانتی‌گراد)

Table 2- The monthly distribution of temperature in the mountains and plains of Khafr region (ºC)

position	Month												annual
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	average
Mountains	19.1	13.3	8.5	6.1	6.3	9.2	13.1	18.7	23.7	26.7	27.2	24.2	16.3
Plains	22.2	16.2	10.5	7.9	8.5	12.1	15.7	21.9	27	29.7	29.4	27	19

Table 3- The monthly evapotranspiration of the plains and mountains area in Khafr watershed

جدول -.Error! No text of specified style in document مقدار تبخیر-تعرق ماهانه در دشت و ارتفاعات

position	Parameter	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Yearly
Plain	Temp	22.2	16.2	10.5	7.9	8.5	12.1	15.7	21.9	27.0	29.7	29.4	27.0	19.0
	Temp index	9.5	5.9	3.1	2.0	2.2	3.8	5.6	9.3	12.8	14.7	14.5	12.8	96.2
	ET	91.1	42.6	16.9	9.5	10.7	26.7	48.4	106.6	164.2	205.8	191.4	144.5	1058.5
Mountains	Temp.	19.1	13.3	8.5	6.1	6.3	9.2	13.1	18.7	23.7	26.7	27.2	24.2	16.3
	Temp index	7.6	4.4	2.2	1.4	1.4	2.5	4.3	7.3	10.5	12.5	12.9	10.8	77.8
	ET	47.7	36.1	16.4	9.4	9.6	22	24.7	86.7	129.7	163.7	160.6	118.4	870.1
	C.V.	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	-

ET: evapotranspiration, C.V.: coefficient of variation

DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115

Table 4- The monthly river discharge (m3 S^{-1}) in the Aliabad station of Khafr region
جدول٤ – سری زمانی دبی ماهانه (مترمکعب برثانیه) ایستگاه علی‌آباد خفر

year	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
1972	0.23	0.19	0.85	2.33	13.6	41	79.3	18.6	6.33	2.98	1.21	1.49
1973	1.25	1.56	3.2	5.52	4.69	7.44	4.78	1.17	0.52	0.34	0.35	0.38
1974	0.4	0.66	0.47	4.35	10.6	28.16	15.4	2.81	0.23	0.69	0.38	0.68
1975	0.7	0.65	6.25	11.7	12.8	14.9	8.25	9.03	5.15	1.98	0.56	0.03
1976	0.76	0.9	2.2	5.51	40	63.8	55.2	13.19	5.13	3.48	7.04	2.92
1977	1.24	1.74	2.17	8.89	8.2	6.53	7.54	2.55	0.77	0.58	0.84	1.28
1978	0.91	5.69	4.8	84.8	23.5	23.5	13.5	4.01	0.85	0.84	0.55	0.68
1979	0.74	1.2	13.2	7.78	17.3	9.7	13.2	3.96	0.81	0.63	0.83	0.63
1980	1.03	1.33	17.5	0.87	1.73	10.6	23.8	6.89	2.03	0.93	1.3	1.24
1981	0.5	1.63	7.87	15.39	23.45	23.14	17.89	4.3	1.21	0.58	0.56	0.48
1982	1.34	1.64	1.59	2.84	15.6	46.2	32.78	7.84	2.76	0.92	0.84	1.05
1983	1.42	14.04	11.8	10.6	14.7	29.2	20.1	6.27	1.84	0.79	0.89	1.04
1984	1.1	1.77	1.66	1.77	1.23	0.73	14.6	7.1	0.68	0.16	0.06	0.14
1985	0.3	1.49	3.17	19.4	39.1	8.99	2.33	0.56	0.26	0.12	0.14	0.18
1986	0.47	0.65	3.48	8.92	3.92	4.9	3.96	0.63	0.09	0.08	0.08	0.1
1987	0.17	0.66	69	8.78	9.07	19.9	17.5	3.68	1	0.56	1.94	1.45
1988	0.52	0.48	0.48	13.7	25.2	53.3	20.1	8.54	0.28	0.09	0.07	0.05
1989	0.09	0.22	1.47	26.1	5.88	6.84	4.82	0.1	0.06	0.46	0.03	0.09
1990	0.19	0.23	8.78	11.1	59.9	25.4	8.11	0.4	0.11	0.08	0.06	0.23
1991	0.42	0.38	0.34	4.25	51.9	40.1	15.8	0.99	0.06	0.05	0.05	0.05
1992	0.29	0.4	14.6	19.6	25.6	37	26.4	11.3	6.25	0.54	0.31	0.67
1993	1.31	0.83	3.14	69.6	63.3	114.9	48.7	10.5	5.03	2.12	1.76	1.77
1994	1.54	2.3	1.39	1.42	2.45	7.14	4.38	2.47	0.61	0.23	0.08	0.16
1995	0.66	17.3	29	19	106	21.3	22.2	10.3	0.97	0.42	0.62	0.26
1996	0.08	2.46	30.64	19.6	52.8	84.6	87.7	24	5.41	3.94	2.84	2.63
1997	2.46	2.57	2.5	3.46	6.32	2.93	14.2	2.17	0.33	0.1	0.06	0.11
1998	0.34	0.96	5.19	44.3	104	38.1	56.2	8.83	1.39	0.39	0.24	0.17
1999	0.38	0.7	0.64	3.03	30.6	99.8	15	1.13	0.24	0.24	0.15	0.15
2000	0.48	0.91	0.41	2.26	16.8	3.64	0.65	0.19	0.16	0.07	0.05	0.05
2001	0.07	0.21	3.01	1.62	0.81	0.6	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02
2002	0.02	0.02	17.4	67.93	8.39	10.88	19.31	3.29	0.07	0.07	0.05	0.03
2003	0.02	0.03	0.04	0.55	26.4	43.7	31.6	3.47	0.41	0.01	0	0
2004	0	0	5.25	71.3	26.2	9.7	8.18	1.79	0.53	0.3	0.1	0.03
2005	0.05	0.28	59.9	48.8	80.4	44.2	21.3	2.87	1.36	0.99	0.84	0.69
2006	0.6	5.2	5.17	20.8	27.1	11.1	4.02	1.35	0.45	0.26	0.25	0.25
2007	0.28	0.28	1.92	3.52	10.6	8.39	30.9	4.95	0.7	0.15	0.13	0.12
2008	0.09	0.12	0.33	0.59	1.29	0.94	0.38	0.16	0.08	0.04	0.05	0.1
2009	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.16	0.12	0.05	0.01	0	0
2010	0	0	0.37	0.24	0.54	0.26	0.13	0.05	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	7.23	2.69	0.02	0.01	0	0	0
2012	0	0	0	1.12	54.3	23.2	6.78	0.36	0.02	0.02	0.03	0.02
2013	0.02	0.03	12.3	31.4	24.7	2.3	10.3	1.42	0.08	0.02	0.02	0
2014	0	0	0.09	0.05	3.37	4.76	4.88	0.15	0	0	0	0
2015	0	0	0.22	0.07	0.09	0.15	9.8	0.1	0	0	0	0
2016	0	1.57	0.09	7.47	0.76	0.18	0.13	0.02	0	0	0	0
2017	0.21	0.55	4.13	16.93	17.32	3.22	12.24	1.84	0.11	0.8	0.06	0.3
2018	0.15	0.32	6.12	12.43	14.75	7.42	8.16	2.26	0.09	0.3	0.01	0.12

مدل WetSpass در GIS ArcView با قابلیت تنظیم انعطاف‌پذیر اجزا ادغام می‌گردد، و می‌توان با استفاده از آن اثرات استفاده از زمین بر تغذیه آب زیرزمینی که از مرحله وقوع بارش تا مرحله تغذیه آبخوان را شامل می‌گردد، مطالعه نمود. با استفاده از مدل می‌توان میزان تغذیه آب زیرزمینی، به‌صورت باقی‌مانده تعادل آب (بیلان آب) مطابق با معادله ذیل را محاسبه نمود:

$$R_v=P-S_v-ET_v-I \quad (۵)$$

که در این معادله، P عبارت است از میانگین بارش فصلی $[LT^{-1}]$، Et_v تبخیر- تعرق واقعی به‌صورت مجموع تعرق است، S_v رواناب سطحی زیرپوشش گیاهی $[LT^{-1}]$، T_v تبخیر واقعی از سطح خاک میان گیاهان $[LT^{-1}]$، R_v تغذیه آب زیرزمینی $[LT^{-1}]$، و I، باران‌گیرش توسط گیاهان $[LT^{-1}]$ است. در این مطالعه از مدل WetSpass که بر پایه تعادل (توازن) آب بنا گردیده، برای تخمین روان آب سطحی، تبخیر- تعرق، باران‌گیرش و میزان تغذیه آب زیرزمینی استفاده گردید. ورودی‌های مدل عبارت‌اند از اقلیم، مشخصات خاک، ضریب رواناب، متغیرهای استفاده از زمین، شیب، و توپوگرافی. از نرم‌افزار Arc View ۲/۳ برای آماده‌سازی پارامترهای ورودی به مدل استفاده گردید. از نقشه شبکه‌بندی توپوگرافیک، سری‌های زمانی متغیرهای دمایی، بارش و باد (اداره هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای) برای بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ استفاده گردید. پس از اجرای مدل، خروجی‌های متنوع مدل همچون رواناب، تبخیر- تعرق، باران‌گیرش (یا برگاب عبارتست از آب دریافتی توسط شاخ و برگ گیاه قبل از رسیدن به زمین) و تغذیه قابل‌استفاده هستند. با استفاده از سنجش از دور که با GIS ترکیب گردید، کاربری اراضی و پوشش اراضی در منطقه مشخص گردید که شامل جنگل، مرتع، کشاورزی دیم و بایر، کشاورزی آبی و مناطق مسکونی است. بعد از مطالعه تصاویر استفاده از زمین حاصل از ماهواره لند ست با استفاده از نرم‌افزار ENVI در محیط ArcGIS، این تصاویر به نقشه‌های رقومی قابل‌استفاده در WetSpass تبدیل گردید. نتایج تحقیق حاضر که بر مبنای روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال می‌باشد بهترین روش برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در درک عوارض مختلف کاربری اراضی می باشد. فایل‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر با الگوریتم حداکثر درست‌نمایی با فرمت evf. می‌باشد که تبدیل به شیپ‌فایل‌هایی قابل استفاده در نرم‌افزار ArcGIS شد. نهایتاً بر اساس نقشه LULC به‌دست آمده، میزان سطوح مختلف کاربری اراضی تعیین گردید. پس از اجرای الگوریتم حداکثر درست‌نمایی، خروجی مورد نظر، تهیه وبرای استفاده از تصاویر کاربری اراضی، ازآزمون صحت نتایج برای بررسی خروجی حاصل از الگوریتم‌های پردازش تصویر استفاده گردید. با استفاده از نمونه‌های تعلیمی، ضرایب ارزیابی صحت طبقه‌بندی به روش نقاط کنترل زمینی (ground truth) محاسبه شد و نتایج بررسی ماتریس خطا نشان داد که آماره ضریب کاپا ۸۹ درصد و آماره دقت کلی، ۹۴ درصد می‌باشد که بیان‌گر دقت الگوریتم و روش طبقه‌بندی مورد استفاده است. با توجه به اشکال ارائه گردیده می‌توان دریافت که روش مورد استفاده در تولید تصاویر LULC، دارای نتایج بسیار خوبی بوده و اختلاف تصاویر NDVI و نقشه نهایی تهیه شده در ArcGIS، به سبب رنگ‌بندی واصلاحات پس از طبقه‌بندی مانند افزایش کنتراست تصویر می‌باشد. پس از ورود تصاویر خام لندست به نرم‌افزار، و انجام پیش‌پردازش‌های لازم شامل بررسی مختصات تصویر (ژئومتریک) و اصلاحات رادیومتریک، منطقه مورد مطالعه، الگوریتم تفکیک پیکسل‌ها بر اساس روش MLC و با کمک نمونه‌های تعلیمی تهیه گردیده از منطقه، اجرا گردید.

نتایج

در این مطالعه، ارتباط بین متغیرهای بیلان آبی شامل رواناب، تبخیر- تعرق و تغذیه آب‌های زیرزمینی (تغییرات آب‌های زیرزمینی) برای دشت خفر برای بازه زمانی شهریور ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ با استفاده از روش سنجش از راه دور و مدل WetSpass بررسی گردیده است. با پردازش و تحلیل تصاویر پنج استفاده مختلف از زمین شامل جنگل، مرتع، کشاورزی دیمی و بایر، کشاورزی آبی و مناطق مسکونی در منطقه مشخص گردید. با استفاده از مدل WetSpass تصاویر مورد بررسی به نقشه‌های رقومی برای سال‌های مورد نظر تبدیل گردید. اگرچه در همه ایستگاه های مورد مطالعه، مقادیر دما و بارندگی، دارای روند منفی یا مثبت هستند و با توجه به روند غیر معنی‌دار مطابق با آزمون من-کندال در بیشتر ایستگاه‌ها، می‌توان گفت که منطقه مورد نظر دارای تغییرات اقلیمی نمی‌باشد. با بررسی میزان دبی در مدت زمان مورد نظر جدول (۳) مشخص گردید، میزان دبی در این مدت زمان به‌صورت معنی‌دار کاهش یافته است. در شکل (۳) نقشه خطوط کنتور، نحوه تهیه نمونه و ایجاد پلیگون‌های مورد نظر برای بررسی استفاده‌های مختلف از زمین، و نقشه استفاده از زمین در سال۱۳۹۷ شامل موقعیت مزارع و باغات در منطقه خفر ارائه گردیده است. در شکل (۴) نیز نقشه کوهستان و دشت، و نقشه پوشش سنگ و کوهستان در منطقه خفردر سال ۱۳۹۷ مشخص گردیده است. در شکل (۵) نیز تصویر آبراهه‌ها، ساختار زمین‌شناسی، نقشه تغذیه سالانه (۱۳۹۲) و نقشه تبخیر-تعرق دوره گرم سال ۱۳۹۲ در منطقه مطالعاتی ارائه گردیده است. شکل (۶) نیز نقشه تعرق از پوشش گیاهی (مقیاس سالانه۱۳۹۲)، نقشه باران‌گیرش (دوره سرد سال ۱۳۸۸) ، نقشه تبخیر از خاک (دوره گرم سال۱۳۸۸) و نقشه تغذیه دوره سرد سال ۱۳۹۰ را شامل می‌گردد.

DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115

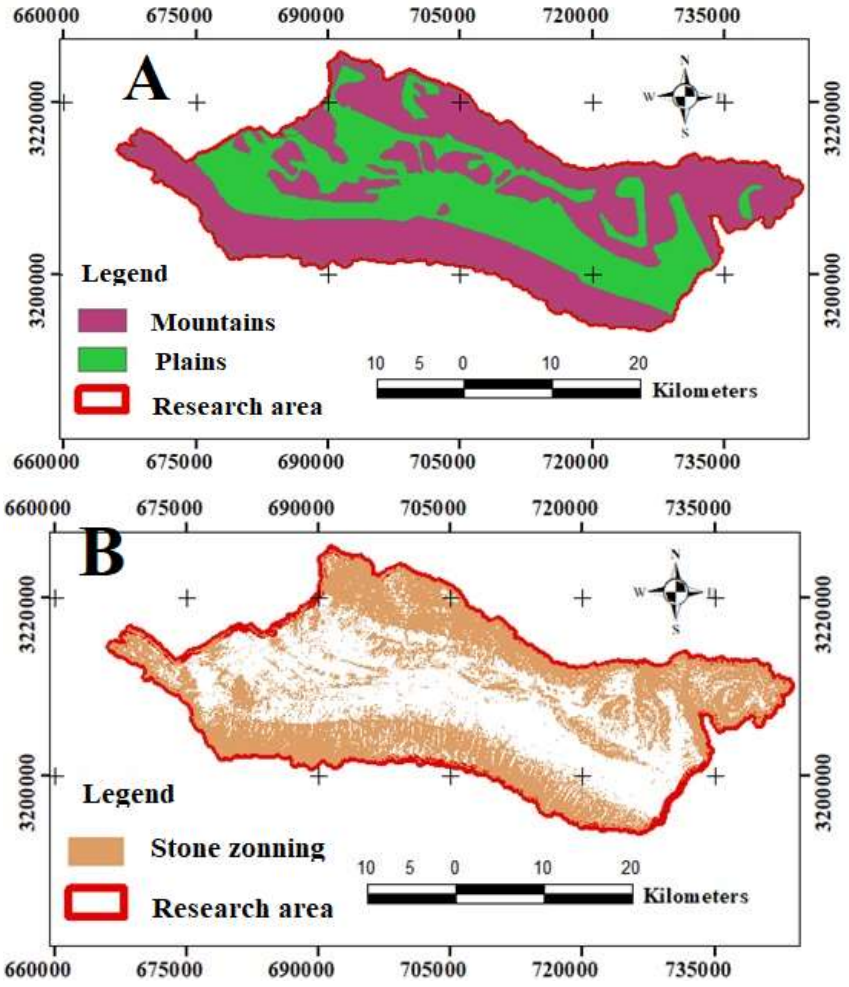


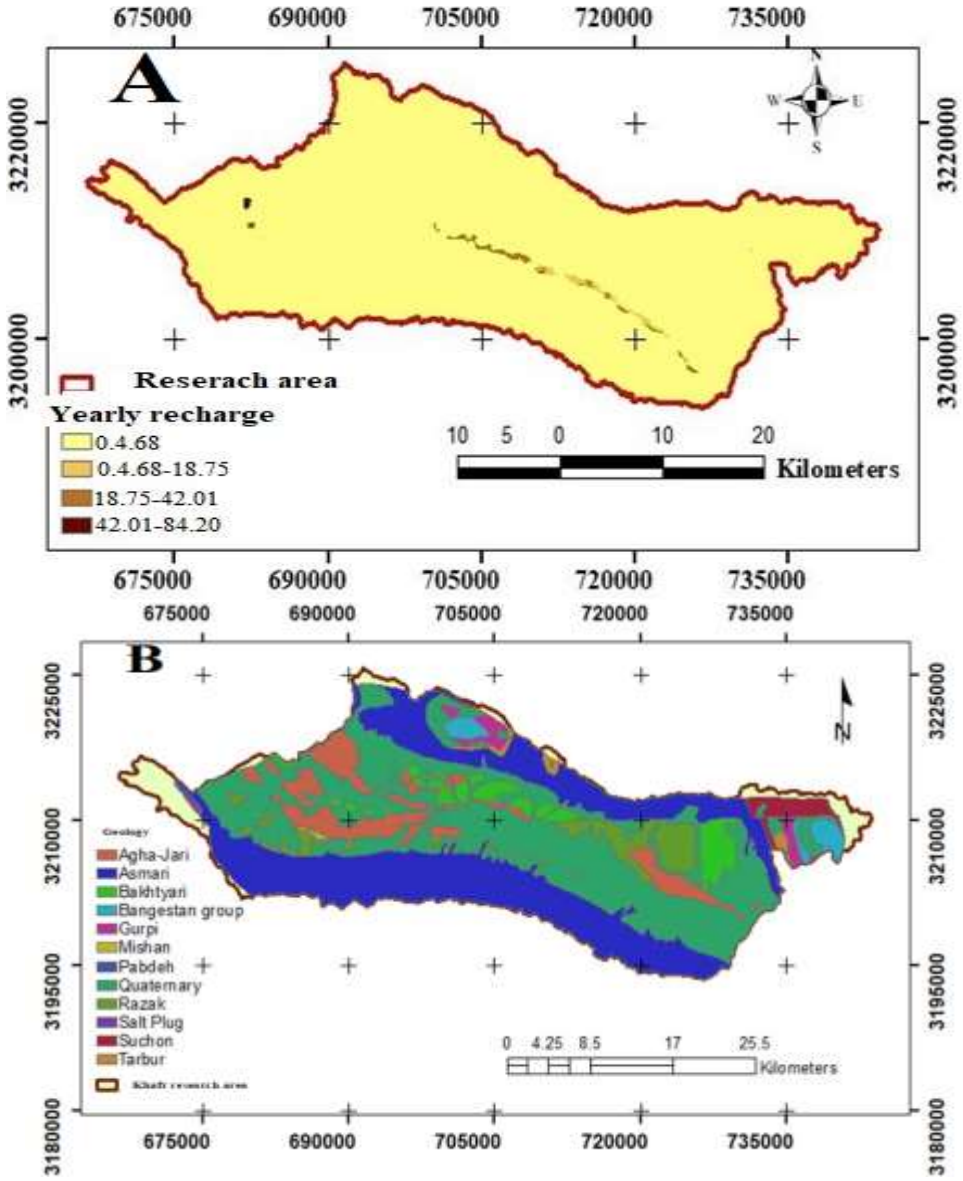
Fig. 4- A) The map of mountains and plains, B) The map of stone cover and mountains in the Khafr region (2018)

شکل ٤- نقشه کوهستان و دشت (الف)، و نقشه پوشش سنگ و کوهستان (ب) در منطقه خفر (۱۳۹۷)

مطابق با نقشه کاربری اراضی مشخص می‌گردد که بخش اعظمی از مساحت منطقه مورد مطالعه را پهنه‌ای از سنگ، کوه و مناطق کوهستانی دربرگرفته است، و به‌جز در مناطقی که مسیل‌های موقت و رودخانه‌های فصلی موجب تأمین رطوبت گردیده است، در سایر مناطق هیچ نوع پوشش گیاهی ملاحظه نمی‌گردد. نقشه سنگ‌ها و کوه در منطقه نحوه گسترش نواحی بدون پوشش در منطقه را مشخص می‌نماید. بنابراین، مشخص می‌گردد، که نقاط مرتفع کوهستانی در حاشیه و نقاط دارای ارتفاع کمتر فقط در میانه دشت (مساحت دشت در منطقه ۴۵۸ کیلومتر مربع) منطقه خفر واقع گردیده‌اند و در نتیجه به علت وجود خاک امکان تولید محصول و ایجاد پوشش گیاهی میسر گردیده است.

مطابق با نقشه مشخص می‌گردد که مسیل‌های فرعی از نقاط مرتفع منشأ گرفته و به مسیل اصلی در میانه دشت منتهی می‌شوند. با بررسی پهنه آبی سال ۲۰۱۸ مشخص می‌گردد، که مساحت اراضی با پوشش آبی (مساحت رودخانه اصلی) در حدود ۲۱/۵ کیلومتر مربع می‌باشد، که در فصول بارندگی این مساحت افزایش می‌یابد. کلاس‌های استفاده از زمین در منطقه در سال ۱۳۹۷ با مجموع ۱۱۰۸ کیلومتر مربع شامل پهنه سنگی و کوهستانی (۶۴۴/۵۶)، پهنه زراعی (۵۹/۱۳)، پهنه باغی و درخت (۳۹/۶۷)، پیکره آبی (۲۹/۶۸)، زمین‌های بایر (ساختمانی، راه و خاک) (۳۳۱/۲۰)، و سایر (ناشناخته) (۳/۷۶) می گردد. با توجه به نقشه شیب و رواناب مشخص می گردد، که رواناب در مناطق مرتفع (شمال و جنوب منطقه) تولید و همچون رودخانه به سمت میانه دشت حرکت می‌نماید. به‌همین صورت حاشیه شمال و جنوب دارای بیشترین بارندگی و در نتیجه رواناب و میانه دشت دارای کمترین رواناب می‌باشد. نقشه تغذیه نیز مشخص می‌نماید، که بیشترین میزان تغذیه در دوره سرد سال انجام گردیده

است. بنابراین، تغذیه در مناطقی انجام می‌گردد، که شیب ناچیز بوده و در نتیجه رواناب به سبب توقف نفوذ قابلیت ورود به آب زیرزمینی را خواهد داشت. دردوره گرم سال به دلیل عدم بارش میزان آب آبخوان کاهش می‌یابد. بیشترین تغذیه در دوره سرد سال، در میانه دشت در اطراف رودخانه و به میزان ۱۱۴ میلی‌متر ملاحظه گردید. بیشترین میزان تبخیر- تعرق در دوره گرم سال و به میزان ۵۴۱ میلی‌متر ملاحظه گردید، که عمدتاً مربوط به مناطق با رطوبت بیشتر (مناطق مستعد تولید رواناب) و با پوشش گیاهی بیشتر می‌باشد. از مزایای مدل WetSpass تولید نقشه‌های باران گیرش یعنی میزان آب دریافت گردیده توسط پوشش گیاهی می‌باشد، که درنتیجه موجب کاهش باران خالص (جذب گردیده توسط زمین)، و کاهش رواناب می گردد. میزان سالانه ۱۲۳ میلی‌متر بیشترین باران گیرش در منطقه جنگلی بود. تبخیر در مناطق گرم و خشک علاوه بر کاهش رطوبت خاک موجب شوری زمین نیز می‌گردد. بیشترین میزان تبخیر که مطابق با توضیحات مدل در بالا محاسبه گردید در دوره سرد و گرم سال برابر با به‌ترتیب ۲۸ و ۴۲۱ میلی‌متر ملاحظه گردید. بیشترین میزان رواناب منطقه برابر با ۶۴۱ میلی‌متر ملاحظه گردید. (شکل‌های ۵ و ۶). اگرچه مدل WetsSpass برای تعیین توزیع مکانی بلند مدت تغذیه حوضه استفاده می‌گردد، اما برای محاسبه سایر پارامترها همچون تبخیر و تعرق مطابق با جزییات ذکر گردیده در "مواد و روش‌ها" نیز قابل استفاده است.



DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115

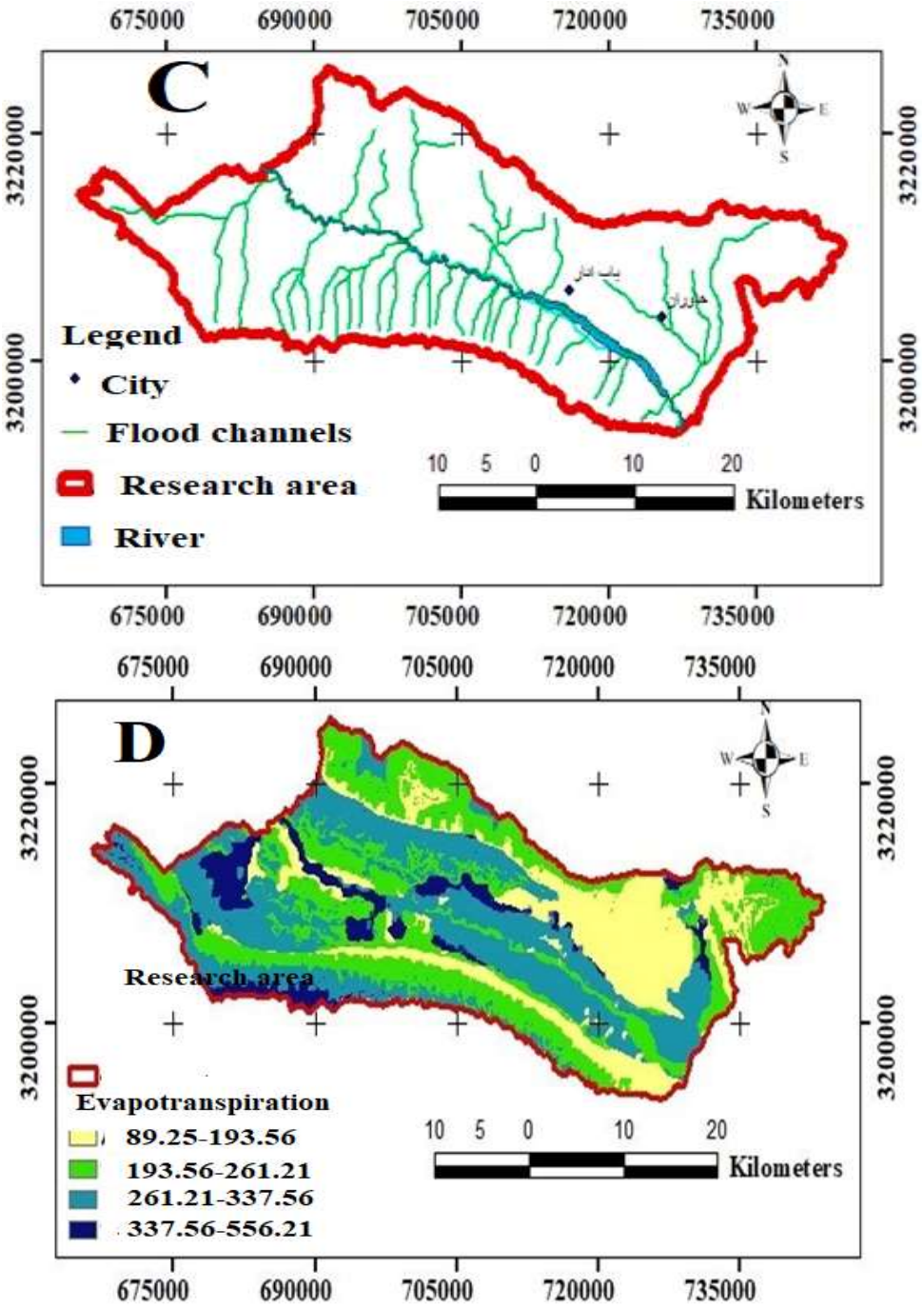
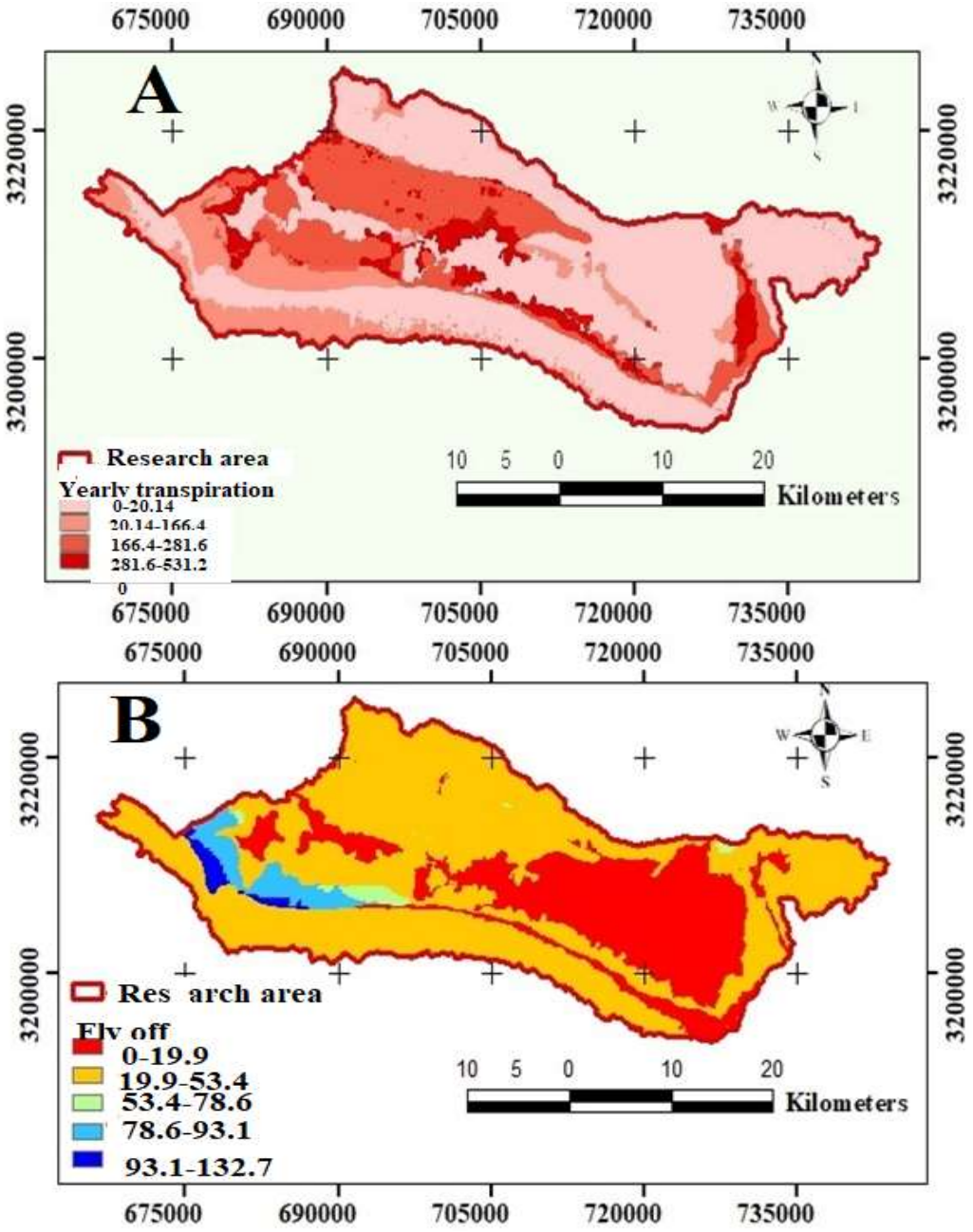


Fig. 5- A) The map of annual recharge (2013), B) the structure of the earth, C), The map of waterways, and D) the map of evapotranspiration (warm period, 2013), in the Khafr region

شکل ۵- الف) نقشه تغذیه سالانه (۱۳۹۲) – ب) ساختار زمین‌شناسی (ج)، تصویر آبراهه‌ها، و (د)، نقشه تبخیر-تعرق (دوره گرم سال) (۱۳۹۲) (د) در محدوده مطالعاتی خفر


A
675000
690000
705000
720000
735000
3220000
3200000
Research area
Yearly transpiration
0-20.14
20.14-166.4
166.4-281.6
281.6-531.2
10 5 0 10 20
Kilometers
B
Res arch area
Elv off
0-19.9
19.9-53.4
53.4-78.6
78.6-93.1
93.1-132.7

DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115

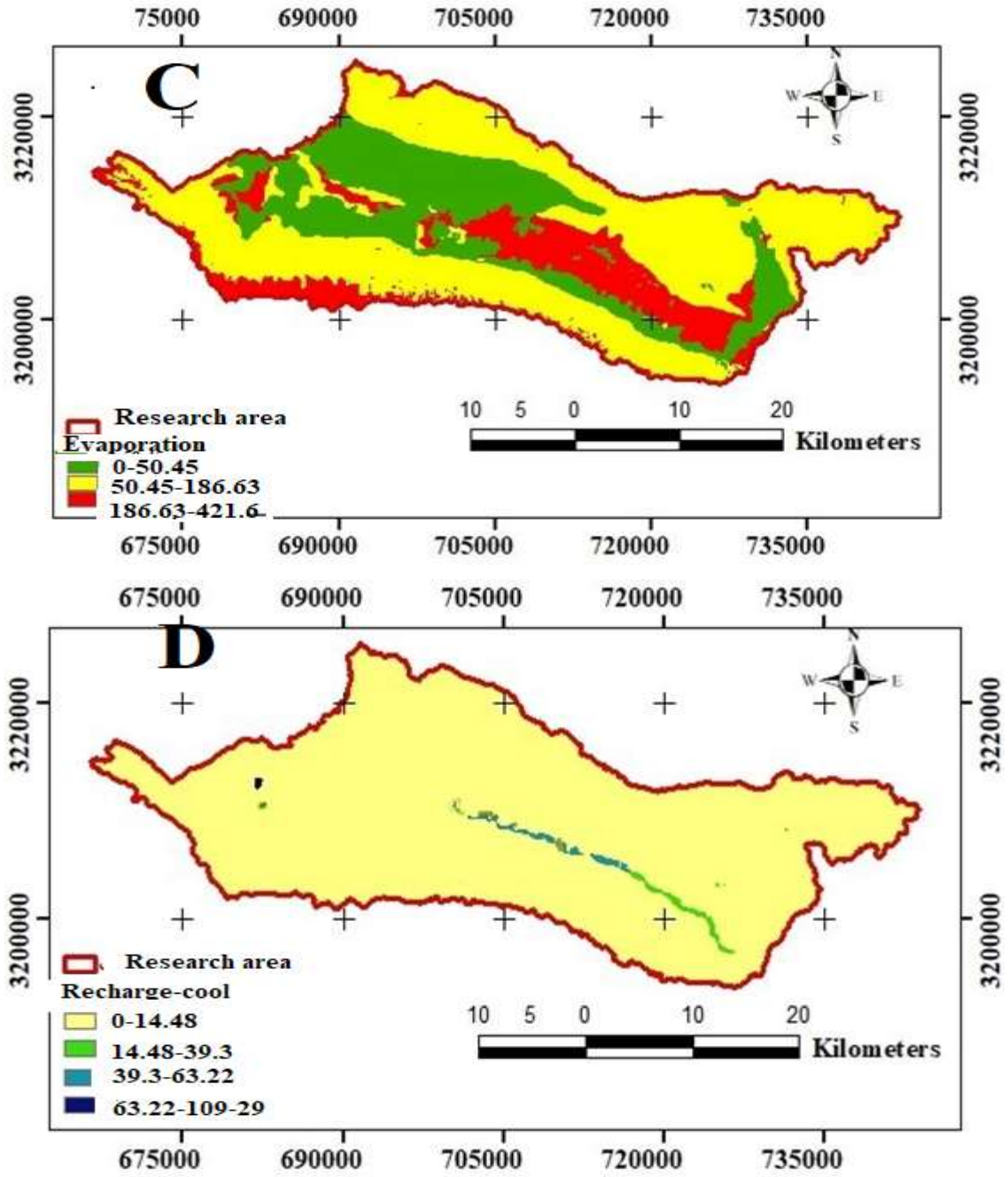


Fig. 6- A) The map of transpiration (yearly scale, 1392), B) the map of flyoff (cold period, 2009), C) the map of soil evaporation, and D) the map of recharge (cold period, 1390)

شکل ٦- (الف) نقشه تعرق از پوشش گیاهی (مقیاس سالانه) (۱۳۹۲)، (ب) نقشه باران‌گیرش (دوره سرد سال) (۱۳۸۸)، (ج) نقشه تبخیر از خاک (دوره گرم سال) (۱۳۸۸)، (د) نقشه تغذیه دوره سرد (۱۳۹۰)

بحث

برای استفاده بهینه از منابع آب در هر منطقه، بایستی ارتباط بین اثرات استفاده از زمین و پوشش گیاهی با متغیرهای بیلان آبی شامل رواناب، تبخیر و تعرق و تغذیه آب‌های زیرزمینی (نوسانات آب‌های زیرزمینی) بررسی گردد. پارامترهای مختلف بر بیلان آبی در حوضه‌های آبخیز مؤثرند که در بین آنها استفاده از زمین و پوشش گیاهی جزو مهم‌ترین هستند. در این تحقیق با استفاده از مدل WetSpassاجزاء بیلان آبی شامل، بارش، تبخیر- تعرق و رواناب،

در یک دوره ده‌ساله تحت‌تأثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی در منطقه خفر استان فارس بررسی گردید. باتوجه‌به مکان محور بودن عوامل مؤثر بر بیلان آبی، استفاده از GIS روش مناسبی برای تهیه نقشه‌های مرتبط برای آنالیز و تحلیل دقیق پارامترهای مؤثر در مقایسه با روش‌های سنتی است. در این تحقیق با توجه‌به دست یابی به داده‌های سنجش از دور و وجود منابع کامپیوتر با سرعت زیاد استفاده از مدل توزیعی WetSpass برای بررسی چرخه هیدرولوژی در منطقه تحقیق امکان پذیر گردید. اگرچه برای استفاده از چنین مدلی حجم وسیعی از داده‌های منطقه مورد بررسی همچون خصوصیات توپوگرافی، پوشش گیاهی، شیب زمین و غیره استفاده گردید (Daniel et al., 2022، Hanifehlou et al., 2023)، اما نتایج کسب گردیده امکان ارائه روش‌های مناسب برای استفاده بهینه از منابع آب موجود در منطقه را محقق نمود.

با استفاده از بررسی جزئیات بیلان آب در یک منطقه می‌توان دریافت که آیا منطقه موردنظر از لحاظ تغذیه آب در شرایط تنش یا غیر تنش است. میزان بارندگی منطقه به‌صورت رواناب، تبخیر و تعرق و تغذیه آب زیرزمینی دریافت می‌گردد. مدل WetSpass بررسی گردیده در این تحقیق مشخص نمود که باتوجه‌به پارامترهای بیلان آبی، منطقه خفر استان فارس از نظر تغذیه در شرایط تنش است که علت مهم این شرایط خشکسالی‌های سالیانه و همچنین برداشت بیش از اندازه از چاه‌های منطقه است (Melki et al., 2022). نتایج مشخص نمود که به‌علت شرایط اقلیمی منطقه (به‌ویژه افزایش دما و کمبود رطوبت در فصول بهار و تابستان)، پارامتر تبخیر و تعرق بیشترین کاهش بارندگی دریافتی در منطقه را موجب می‌گردد. مدل WetSpass بر پایه GIS به‌صورت دقیق میزان پارامترهای بیلان آبی را مشخص نمود که منفی بودن بیلان آب منفی نمایان گر شرایط تنش تغذیه در منطقه ویا به عبارتی کمبود منابع آبی لازم برای فعالیت‌های مختلف در منطقه است (Wossenyeleh et al., 2022). استفاده‌های مختلف از زمین و بالاخص تبدیل جنگل‌ها (کاهش پوشش گیاهی) و زمین‌های بایر به زمین‌های کشاورزی و استفاده برای ساختمان‌سازی دو پارامتر بسیار مهم برای ایجاد شرایط تنش تغذیه در منطقه هستند (Zhang et al., 2023). توصیه می‌گردد با ارائه روش‌های مناسب برای اداره منابع آبی در منطقه همچون استفاده از سد و روش‌های کارای آبیاری (قطره‌ای و بارانی) سبب افزایش راندمان استفاده از منابع آبی و در نتیجه تغذیه بیشتر آب‌های زیرزمینی گردید.

میزان رواناب تولید شده در طول دوره گرم سال با دوره سرد سال بسیار متفاوت بود. زیرا در دوره گرم سال باران‌گیرش، تبخیر و میزان بارندگی محدود ایجاد رواناب ناچیز نمود. برخی از عوامل مؤثر بر رواناب، عدم پوشش گیاهی، تبخیر، زراعت و ساختمان‌سازی است (Jaberzadeh et al., 2024). باتوجه‌به گسترش خشکسالی در قسمت‌های مختلف کره زمین، منطقه موردمطالعه نیز از این مسئله مستثنی نبوده است، و در سال‌های اخیر دچار بحران خشکسالی گردیده است. به‌همین دلیل مدیریت مناسب منابع آب در منطقه حائز اهمیت فراوان است. مطابق با نتایج این تحقیق تقابل میان پارامترهای ذکر شده (آب‌وهوا، ژئولوژی، مورفولوژی، شرایط خاک و پوشش گیاهی)، تعیین‌کننده پروسه و روند تغذیه در آب زیرزمینی است (Mitiku et al., 2023). بنابراین با استناد به نتایج این تحقیق می توان تغییرات چرخه هیدرولوژی را در منطقه با دقت لازم بررسی نموده و با اتخاذ تصمیم های استراتژی های صحیح ضمن افزایش راندمان استفاده از آب موجب افزایش تولید درمنطقه گردید.

نتیجه گیری

با استفاده از مدل WetSpass بر پایه GIS اجزای بیلان آبی در منطقه خفر استان فارس برای اداره مناسب منابع آبی در منطقه با دقت مناسب شبیه‌سازی گردید. نتایج مشخص نمود که با توجه به خشکسالی‌های اخیر، منطقه دچار تنش آبی به علت کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین منبع آبی گردیده است. تبخیر و تعرق مهم‌ترین پارامترهای کاهش آب در منطقه هستند، و در مناطق بدون پوشش گیاهی رواناب دومین پارامتر مهم کاهش تغذیه آب در منطقه است. کاربری‌های مختلف زمین، به‌ویژه تبدیل مناطق جنگلی و دارای پوشش گیاهی به زمین‌های کشاورزی و برای استفاده ساختمان‌سازی، از عوامل مهم دیگر مؤثر بر کاهش منابع آبی در منطقه هستند. توصیه می‌گردد که با استفاده از روش‌های مناسب آبیاری (قطره‌ای و بارانی) و حفظ مناطق بکر منطقه با پوشش گیاهی مناسب، موجب افزایش منابع آبی در منطقه گردید. از نتایج این تحقیق می‌توان برای ارائه توصیه‌های مناسب برای افزایش راندمان استفاده از منابع آبی در مناطق مشابه دنیا نیز می‌توان استفاده نمود. توصیه می‌گردد که برای تحقیقات آینده اثرات روش‌هایی همچون احداث سد، و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی بر اجزای بیلان آب در منطقه بررسی گردد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش فاقد تقدیر و تشکر است.

تضاد منافع نویسندگان

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

منابع مالی

نویسندگان هیچ گونه حمایت مالی برای تحقیق، تالیف و انتشار این مقاله دریافت نکردند

DOI: 10.22055/JISE.2024.45894.2115

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: اسماعیل مظفری، آزمایش ها را به انجام رسانید و نتایج را تجزیه و تحلیل نمود.

نویسنده دوم: علی صارمی، استاد راهنمای رساله بود و پیش نویس مقاله را تهیه نمود.

نویسنده‌های سوم و چهارم: حسین قربان زاده خرازی و حسین بابازاده، استاد مشاور رساله بودند و در تجزیه و تحلیل نتایج کمک نمودند .

References

1- Aznar-Sánchez, J.A., Belmonte-Ureña, L.J., Velasco-Muñoz, J.F., Manzano-Agugliaro, F. 2018. Economic analysis of sustainable water use: A review of worldwide research. *Journal of Cleaner Production*, 198, pp. 1120-1132. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.066

2- Batelaan, O., de Smedt, F.L.O.R.I.M.O.N.D. 2001. WetSpass: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional groundwater modelling. *IAHS PUBLICATION*, pp.11-18.

3- Daneshvar Vousoughi, F., Dinpashoh, Y., Aalami, M. 2011. 'Effect of Drought on Groundwater Level in the Past Two Decades (Case study: Ardebil Plain)', *Water and Soil Science*, 21(4), pp. 165-179.

4- Daniel, D., Ayenew, T., Fletcher, C.G., Duraisamy, R., Jothimani, M. 2022. Numerical groundwater flow modelling under changing climate in Abaya–Chamo lakes basin, Rift Valley, Southern Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment* 8, pp. 3985-3999. https://doi.org/10.1007/s40808-021-01342-x

5- Derafshi, K., Khaledi, S., Shaebaninia, H., Mehrjoonezhad, A. 2106. 'The land use changes study and precipitation-runoff modelling using HEC-HMS, Case Study: Babolrood basin', *Environmental Erosion Research*, 5(4), pp. 30-44. https://20.1001.1.22517812.1394.5.4.1.3

6- Ghafari, H., Rasoulzadeh, A., Raoof, M., Esmeali, A. 2018 Estimation of natural groundwater recharge using WTF method (case study: Ardabil Plain aquifer). *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 48(90), pp.43-52. https://doi.org/10.22034/ceej.2018.7576.

7- Gude, V.G. 2017. Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 16, pp. 591-609. https://doi.org/10.1007/s11157-017-9449-7

8- Hanifehlou, A., Hoseini, S.A., Javadi, S., Sharafati, A. 2023. Prediction of climate and land use changes effects on temporal and spatial fluctuation of groundwater recharge using WetSpass-M distributed model (Case study: Hashtgerd Aquifer, Iran). *Water and Irrigation Management* 13, pp. 43-62 (In Persian). https://doi.org/10.22059/jwim.2023.350426.1026

9- Jaberzadeh, M., Saremi, A., Ghorbanizadeh Kharazi, H., Babazadeh, H. 2024. SWAT and IHACRES models for the simulation of rainfall-runoff of Dez watershed. *Climate Dynamics* in press. https://doi.org/10.1007/s00382-022-06215-2

10- Melki, A., Khelifi, F., Gad, M.F., Abida, H. 2022. Prospective assessment of the water balance of the Northern Gafsa Aquifer, South-western Tunisia. *Environment, Development and Sustainability* 24, pp. 1359-1375. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01500-2

11- Mitiku, A.B., Meresa, G.A., Mulu, T., Woldemichael, A.T. 2023. Examining the impacts of climate variabilities and land use change on hydrological responses of Awash River basin, Ethiopia. *HydroResearch* 6, pp. 16-28. https://doi.org/10.1016/j.hydres.2022.12.002.

12- Mohammadi, M., Sheikh, V.B., Sadoddin, A. 2015. 'Modeling the effects of land use changes on flood hydrograph (A case study: Ja'farabad watershed, Golestan Province)', *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(5), pp. 171-185.

13- Mozafari, E., Saremi, A., Kharazi, H.G., Babazadeh, H. 2023. WetSpass to model the components of hydrologic cycle in the big watershed of Khafr affected by land use. *Theoretical and Applied Climatology* 152, pp. 337-345. https://doi.org/10.1007/s00704-023-04391-7

14- Pandi, D., Kothandaraman, S., Kuppusamy, M. 2021. Hydrological models: a review. *International Journal of Hydrology Science and Technology* 12, pp. 223-242. https://doi.org/10.1504/IJHST.2021.117540

15- Qi, S., Feng, Q., Shu, H., Liu, W., Zhu, M., Zhang, C., Yang, L., Yin, Z., 2023. Redistribution effect of irrigation on shallow groundwater recharge source contributions in an arid agricultural region. Science of the Total Environment 865, pp.161106. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161106

16- Shaabani, M.K., Abedi Koupai, J., Eslamian, S.S., Gohari, A., 2023.The effect of changing the cultivation pattern and improving the efficiency of irrigation systems on reducing the withdrawal of groundwater resources under climate change scenarios (Case study: Kavar Plain). *Journal of Irrigation Sciences and Engineering* 46, pp. 47-63. https://doi.org/ 10.22055/JISE.2022.38791.1994

17- Thornthwaite, C.W., Mather, J.R., 1951. The role of evapotranspiration in climate. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B*, 3, pp.16-39.

18- Wossenyeleh, B.K., Kasa, A.S., Verbeiren, B., Huysmans, M. 2022. Drought propagation in the hydrological cycle in a semiarid region: a case study in the Bilate catchment, Ethiopia. *Hydrogeology Journal* 30, pp. 751-766. https://doi.org/10.1007/s10040-022-02459-8

19- Zhang, G., Chen, X., Zhou, Y., Zhao, H., Jin, Y., Luo, Y., Chen, S., Wu, X., Pan, Z., An, P. 2023. Land use/cover changes and subsequent water budget imbalance exacerbate soil aridification in the farming-pastoral ecotone of northern China. *Journal of Hydrology* 624, pp. 129939. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129939.