



Studying The Effect of Hydromorphological Characteristics of The Watershed on The Discharge of Qanats (Study Area: Bagheran Rural District, Birjand County)

Ali Jafari¹ | Javad Chezgi² | Hadi Memarian² | Moslem Rostampour²

1. MSc Student, Department of Pasture and Watershed, Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran..
2. Associate Professor, Department of Pasture and Watershed, Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.

✉Corresponding Author: Chezgi@birjand.ac.ir

Received:
02 March 2025

Accepted:
24 May 2025

Published:
22 September 2025

Keywords:

*Morphometric Parameters,
Watershed Area,
Concentration Time,
Basin Slope,
Qanat.*

Extended abstract

Introduction

Qanats, as masterpieces of ancient Iranian hydraulic engineering, have played a vital role in the arid province of South Khorasan and are recognized as one of the most important sources of water for agriculture and drinking in Birjand County. Assessing the status of water resources and obtaining a comprehensive water database in watersheds, particularly in various desert regions, holds significant value, as it can lead to informed and fundamental decisions to address water scarcity in these areas.

Research Objectives: This research attempts to examine the effects of hydromorphological characteristics on the discharge of Qanats and to determine the importance of each characteristic and the magnitude of its effect.

Materials and Methods

Bagheran Rural District is located in Birjand County with geographical coordinates 3632895-711227 and 3629708-701906 and has an area of about 1174 square kilometers. The average annual rainfall in Bagheran Rural District is 171 mm per year, and the maximum annual temperature is 36 degrees Celsius.

Cite this article: Jafari, A., Chezgi, J., Memarian, H. & Rostampour, M. (2025). Studying The Effect of Hydromorphological Characteristics of The Watershed on The Discharge of Qanats (Study Area: Bagheran Rural District, Birjand County). *Journal of Aquifer and Qanat*, 6 (1), 21-40. DOI: <http://doi.org/10.22077/jaaq.2025.9038.1103>.



Copyright: © 2025 by the authors. Licensee Journal of Aquifer and Qanat. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

In this study, the relationship between the discharge of Qanats and the hydromorphological factors of the watershed was investigated using the principal component analysis (PCA) method. To determine the optimal number of components or axes, a broken stick or pebble diagram was used. The selection criterion is the location of the curvature of the diagram. Statistical analyses were performed in the R environment.

Results and Discussion

Principal component analysis shows the relative contribution of each environmental factor to axes one and two of the principal components. Among the studied characteristics, the basin concentration time and the slope of the watercourse had the greatest effect on axis one, and the wellhead depth and the length of the aqueduct had the greatest effect on axis two, respectively; and finally, the greatest contribution among the total changes on axis one belongs to the concentration time (Figure 1). To examine the adequacy of the sample for the analysis and examination of the principal components, the Kaiser, Meyer, and Olkin (KMO) sample adequacy index was used, and the results of the KMO index were 0.86, which is statistically acceptable and at an appropriate level (Howard, 2016).

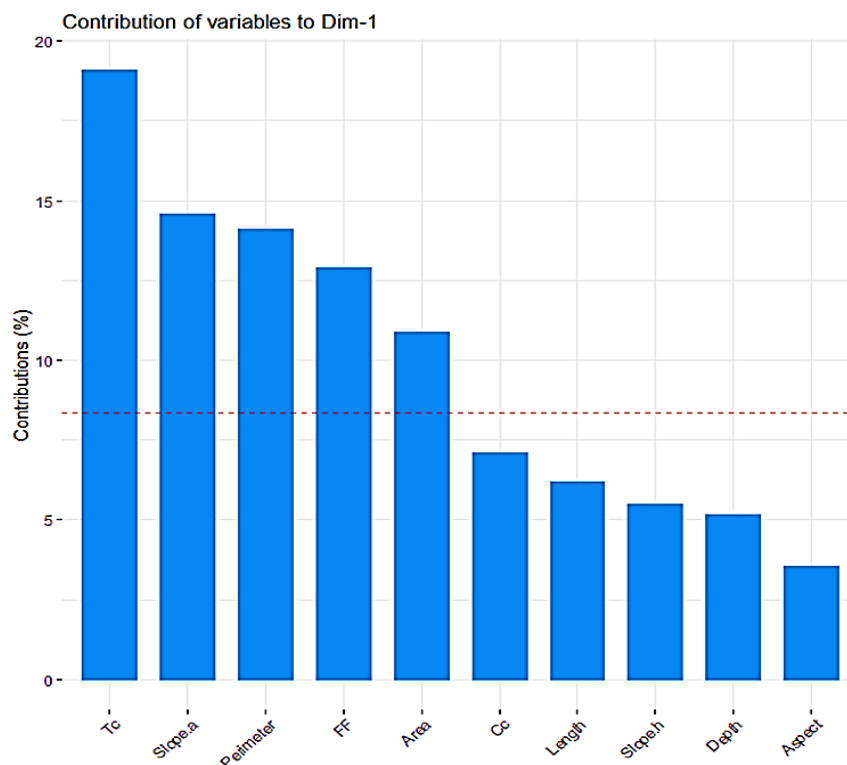


Fig 1. Relative Contribution of Each Environmental Variable in Component One (PCA)

Conclusion

The hydromorphometric parameters of the basin are one of the most stable characteristics that are constant over time and can be of great help in understanding the hydrological characteristics of the region for areas where there are no hydrometric stations (Tajbakhsh and Chezgi, 2022). Qanats are located in the mountains and are more affected by these characteristics, and the impact of the watershed can be obtained. For this purpose, in this study, morphometric parameters such as channel rank, main channel length, surface flow length, shape coefficient, concentration time, average slope of the main channel, main slope of

the watershed, upstream watershed area and watershed environment and their effect on the discharge of the qanats in Bagheran District, Birjand were used. The results of this study indicate that the factor of concentration time can have a significant effect on the discharge of the qanats.

Suggestions:

- Detailed analysis of hydromorphological features using other methods and parameters such as factor analysis or regression, neural network, and time series to predict the effects of hydromorphological parameters on the qanat discharge.
- Hydrological models such as HEC-HMS and SWAT can be used to simulate water in the watershed.
- Planting appropriate vegetation and using native species that are more adapted to the climatic conditions of the region and require less water and care.
- Biological and mechanical operations in watersheds to increase the runoff concentration time and reduce slope as two important complementary strategies in water and soil resource management.



بررسی تأثیر خصوصیات هیدرو مورفولوژیکی حوضه آبخیز بر آبدهی قنات‌ها (منطقه مورد مطالعه: دهستان باقران شهرستان بیرجند)

علی جعفری^۱ | جواد چزگی^۲ | هادی معماریان^۲ | مسلم رستم‌پور^۲

۱. دانشجو کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

✉ نویسنده مسئول: Chezgi@birjand.ac.ir

چکیده

قنات‌ها به‌عنوان شاهکار مهندسی آب ایرانیان باستان نقش حیاتی در استان کویری خراسان جنوبی داشته و یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب کشاورزی و شرب در شهرستان بیرجند شناخته می‌شوند؛ بررسی وضعیت منابع آب و به دست آوردن بانک اطلاعاتی آبی در حوزه‌های آبخیز به‌ویژه مناطق مختلف کویری دارای ارزش بسیاری می‌باشد که می‌تواند باعث تصمیمات درست و اساسی برای حل مشکل کمبود آب در این مناطق شود. به همین منظور بررسی و تحلیل اثرات خصوصیات هیدرو مورفولوژیکی بر روی دبی قنات‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش برای بررسی تأثیر خصوصیات هیدرومورفولوژیکی حوضه آبخیز بر دبی قنات‌ها، مطالعه موردی بر روی دبی ۳۲ قنات از قنات‌های دهستان باقران شهرستان بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی صورت گرفته است. در راستای این هدف با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای، پارامترهای مورفومتری از قبیل رتبه آبراهه، طول آبراهه اصلی، طول جریان سطحی، ضریب شکل، زمان تمرکز، شیب متوسط آبراهه اصلی، شیب اصلی حوضه آبخیز، مساحت حوضه آبخیز بالادست و محیط حوضه آبخیز مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج بررسی‌های صورت گرفته از ۳۲ رشته قنات در محدوده دهستان باقران نشان می‌دهد که بر اساس روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی پارامتر زمان تمرکز با ۴۰/۸۶ درصد و شیب متوسط آبراهه اصلی با ۱۲/۶۸ بیشترین تأثیر در دبی قنات‌های منطقه مورد مطالعه دارد. در نهایت پیشنهاد می‌گردد جهت افزایش دبی قنات‌ها از روش‌های بیولوژیک و بیومکانیک به‌خصوص کف بندها که باعث افزایش زمان تمرکز و کاهش اثر شیب و افزایش نفوذپذیری آب در خاک در حوضه آبخیز می‌شود استفاده گردد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

کلیدواژه‌ها:

پارامترهای مورفومتری،

مساحت حوضه آبخیز،

زمان تمرکز،

شیب حوضه،

قنات.

مقدمه

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع عمده آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند که نقش مهمی در تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی دارند (Emamgholizadeh et al., 2014). محدودیت منابع آب‌های سطحی، افزایش تقاضای مصرف آب هم‌زمان با توسعه صنعتی و اقتصادی جوامع و افزایش کشاورزی، آب‌های زیرزمینی را به یک منبع طبیعی ارزشمند در جهت تأمین نیازهای مربوطه تبدیل کرده است. از طرفی استخراج بی‌رویه آب‌های زیرزمینی به یک مسئله جدی جهانی خصوصاً در کشورهای در حال توسعه تبدیل گردیده است (Konikow & Kendy, 2005). رشد روزافزون جمعیت و رشد سریع اقتصادی روزبه‌روز فاصله بین عرضه و تقاضا را افزایش داده که موجب برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی گردیده است (Hojati & Boustani, 2010).

قنات‌ها یکی از منابع آبی مهم در حوزه‌های آبخیز مناطق کویری است که ادامه حیات موجودات زنده بستگی بسیار زیادی به وجود آن‌ها دارد. قنات از شاهکارهای ایرانیان قدیم است به‌طوری‌که بعد از هزاران سال هنوز هم از منابع آبی مهم در مناطق مختلف به‌خصوص مناطق کویری می‌باشد. تأمین نیاز آب از سوی روستاییان با استفاده از قنات و شبکه اجتماعی موردنیاز برای نگهداری، عضویت و استفاده از آب قنات را می‌توان منشأ افزایش میل به پیشرفت، ایجاد فضای مشارکتی و تقویت روحیه توانمندسازی در راستای تحقق شرایط توسعه پایدار نیز برشمرد. با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی و به‌خصوص قنات‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعات این منابع آبی می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌سازی در برداشت بهینه و پایدار از این منابع آبی در درازمدت داشته باشد (Mohtasham et al., 2017).

بسیاری از محققان برای ارزیابی مناطق مستعد آب‌های زیرزمینی، سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را به کار گرفته و اغلب به این نتایج رسیده‌اند که عوامل تعیین‌کننده مناطق مستعد آب‌های زیرزمینی گوناگون است، عواملی چون خطوط گسلی و شکستگی‌ها، تراکم زهکشی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، شدت بارندگی و بافت خاک در پراکندگی آب‌های زیرزمینی مؤثرند (Mohammadnejad et al., 2018). یکی

از فاکتورهای مهم مدیریت صحیح در هر زمینه، داشتن یک دید و نگرش مناسب از اتفاقات آینده در آن زمینه است. در مدیریت منابع آب این امر مستثنا نبوده و آگاهی از وضعیت منابع آب در یک منطقه نقش تعیین‌کننده‌ای در برنامه‌ریزی‌های آبی و کشاورزی آن دارد. خصوصاً اگر بتوان با استفاده از بررسی عوامل تأثیرگذار شرایط منابع آب در آینده را نیز پیش‌بینی نمود. با توجه به اینکه قنات‌ها نقش حیاتی و یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب کشاورزی در برخی مناطق روستایی می‌باشند، تحلیل اثرات حوزه‌های آبخیز بر آبدی قنات‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است که متأسفانه مطالعات زیادی در این زمینه صورت نگرفته است و در برخی پژوهش‌ها به‌صورت غیرمستقیم اثرات هیدرومورفولوژیکی حوضه آبخیز موردبررسی قرار گرفته است.

کراوز و همکاران به آنالیز سیستم و مدل‌سازی هیدرولوژیک حوضه آبخیز نامکو در فلات تبت پرداختند. بیلان آبی حوضه نامکو تحت تسلط اقلیم نیمه‌خشک، رواناب ناشی از برف و یخ و میزان تبخیر بالا که ناشی از تابش زیاد و رطوبت هوای کم است، قرار دارد. افزایش دمای مشاهداتی، عقب‌نشینی یخچال، کم شدن زمین‌های با یخچال دائمی و بالا رفتن سطح دریاچه نشان‌دهنده تغییرات سیستمی قابل‌ملاحظه و حساسیت بالای فلات تبت به گرمایش جهانی است. درواقع هدف از انجام این تحقیق، توسعه یک مدل بیلان آبی مناسب و کاربرد مقدماتی آن بود (Krause et al., 2010).

اسدی و همکاران به بررسی میزان ارتباط نوسان آب زیرزمینی با عوارض ژئومورفولوژی در دشت پارس‌آباد مغان پرداختند و دریافتند که با توجه به ویژگی‌های منطقه عامل شیب و ارتفاع از سطح دریا از فاکتورهای مهمی هستند که در نوسان آب زیرزمینی منطقه نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند (Asadi et al., 2017). قنواتی و همکاران در پژوهشی به بررسی ویژگی‌های هیدروژئومورفولوژیک حوضه‌های آبخیز کلان‌شهر تهران با تأکید بر سیل‌خیزی از طریق برآورد و بررسی خصوصیات فیزیوگرافیک حوضه‌های آبخیز مسلط بر کلان‌شهر تهران انجام گرفت. نتایج تحقیق نشان داد، به‌علت تأثیرات خصوصیات فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز مسلط بر کلان‌شهر تهران، از جمله، شکل حوضه‌ها، مساحت و طول

و از نفوذ به درون زمین جلوگیری می‌کند (Alaei Taleghani et al., 2018).

لیانگ و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی جامع تأثیر کاربری زمین و ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی پرداختند و نتایج به‌دست‌آمده برای تدوین منابع آب زیرزمینی سالم و سیاست‌های مدیریت کاربری زمین برای اطمینان از پایداری آب‌های زیرزمینی ضروری است (Liang et al., 2022).

ساحا و همکاران با استفاده از تجزیه و تحلیل مورفومتریک که ابزاری مؤثر برای درک ویژگی‌های هیدروژئومورفیک است، بر ویژگی‌های هیدرومورفولوژیکی حوضه راینک هیمالیا پرداختند. حوضه تقریباً دایره‌ای شکل و توپوگرافی ناهموار حوضه شامل دره، یال و شیب است. وضعیت توپوگرافی حوضه رواناب بالا و میزان نفوذ کم را نشان می‌دهد. تفاوت در تراکم زهکشی، نسبت بافت و شاخص تشریح بر روی حوضه مسئول تغییرات فضایی در پتانسیل آب زیرزمینی حوضه است. شاخص ناهمواری نشان می‌دهد که این حوضه مستعد فرسایش خاک است. این حوضه نقش مهمی در تأمین آب وسیع رودخانه تیستا ایفا می‌کند و به‌عنوان منبع آب در محله‌ها عمل می‌کند. این حوضه در بالادست غیرقابل دسترسی است، اما بخش قابل دسترسی پایین دست توسط سکونتگاه انسانی با کاربری‌های بی‌برنامه تسخیر شده است. چنین نوع دخالت انسان در سیستم طبیعی حوضه منجر به تغییرات نامطلوب در رفتار هیدروژئومورفیک رودخانه راینک و شاخه‌های آن می‌شود. پس احیای این حوضه برای محیط زیست ضروری است؛ بنابراین، این مطالعه کمک شایانی به برنامه‌ریزی مناسب برای مدیریت منابع آب حوضه خواهد کرد (Saha et al., 2022).

آخوندی و همکاران در پژوهشی به بررسی و تحلیل اثرات تغییر اقلیم در دبی قنات‌ها در دوره‌های آتی بر روی دبی قنات‌های شهرستان بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی پرداختند. برای بررسی اثرات سناریوهای تغییر اقلیم بر دبی قنات‌ها، ۲۶ پارامتر خروجی مدل گردش عمومی جو کانادا (CanESM2 AR5) تحت سناریوی انتشار RCP4.5 به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از سیر نزولی و افت دبی قنات‌ها طی سال‌های آینده تا سال ۲۰۵۰ می‌باشد. این

کم آبراهه‌های اصلی، وجود اختلاف ارتفاع و شیب زیاد شمالی- جنوبی، فاصله کم بین حوضه دریافت و بخش خروجی حوضه‌ها و کوتاهی زمان تمرکز و مداخلات انسانی، رواناب‌های حاصل از بارندگی در مدت زمان اندک وارد پیکره شهری می‌گردد (Ghanavati et al., 2016).

Najarchi و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از دو نوع شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه و شبکه تابع پایه شعاعی به بررسی رابطه بین خصوصیات هیدروژئومورفولوژی حوضه آبخیز جریان‌های زیر قشری در ۷ زیر حوضه آبخیز واقع در استان کرمان پرداخته شد. خصوصیات هیدروژئومورفولوژی سدهای زیرزمینی به‌عنوان متغیر مستقل ورودی و دبی جریان زیر قشری در خروجی حوضه آبخیز به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شبکه عصبی تابع پایه شعاعی با ضریب تعیین ۰/۹۱۸۲ و نسبت به روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با ضریب تعیین ۰/۸۸ و نتایج دقیق‌تری در برآورد میزان دبی جریان زیر قشری ارائه می‌نماید (Najarchi et al., 2019).

Alaei Taleghani و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تأثیر عوامل ژئومورفولوژی بر تغذیه منابع آب زیرزمینی دشت می‌اندره کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از روش استنباطی و تحلیلی وزنی- تجربی استفاده شده است. در روش استنباطی، با استفاده از داده‌های چاه‌های پی‌زومتری، تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت می‌اندره با عناصر ژئومورفولوژیکی دشت، ارزیابی مقایسه‌ای شده است. در روش دو با تلفیق نه متغیر: شیب، زمین‌شناسی، گسل، ژئومورفولوژی، هیپسومتری، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، تراکم زهکشی و خاک در محیط GIS به پهنه‌بندی حوضه به واحدهای هیدرو ژئومورفولوژی مبادرت گردید. نتایج حاصل از هر دو روش، بیانگر رابطه‌ی معنادار بین عناصر ژئومورفولوژی و منابع آب زیرزمینی در دشت می‌اندره بوده درواقع دشت سیلابی و مخروط افکنه‌ها بیشترین نقش را در تغذیه منابع آب زیرزمینی دشت دارد. در مرحله‌ی دو، رسوبات دامنه‌ای و مرحله‌ی سه ارتفاعات در ذخیره‌ی منابع آب زیرزمینی نقش دارد و کمترین اهمیت مربوط به اراضی بدلدی است؛ زیرا این اراضی منابع آب را در سطح جاری می‌سازد

کاهش دبی می‌تواند پیامدهای جدی نظیر کاهش تولیدات کشاورزی، تأثیر منفی بر اقتصاد محلی و افزایش تنش‌های آبی که ممکن است منجر به مهاجرت روستاییان به شهرها شود، به دنبال داشته باشد. به منظور مقابله با این چالش‌ها و کاهش آثار منفی ناشی از کاهش دبی قنات‌ها، ضروری است که برنامه‌های جامع مدیریت منابع آب تدوین شود که به تغییرات اقلیمی توجه داشته و بهره‌وری مصرف آب در بخش‌های مختلف را افزایش دهد (Akhondi et al., 2025).

قنات‌ها، شاهکارهای مهندسی باستانی، برای هزاران سال ستون فقرات سیستم‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، به‌ویژه در استان خراسان جنوبی، بوده‌اند. قنات‌ها نه تنها منبع حیاتی آب بلکه نماد هویت فرهنگی و میراث تاریخی استان نیز هستند و بر اقتصاد، اجتماع و محیط‌زیست جوامع وابسته به خود تأثیر به سزایی داشته‌اند.

با این حال، در سال‌های اخیر، این سیستم‌های آبیاری ارزشمند با چالش‌های جدی مواجه شده‌اند و عوامل انسانی همچون مدیریت نادرست منابع آب و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی نیز بر وضعیت قنات‌ها تأثیر منفی گذاشته است. از این‌رو، درک بهتر تأثیرات خصوصیات هیدرومورفولوژیکی حوضه آبخیز بر آبدهی قنات‌ها، برای برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک امری حیاتی است. این پژوهش با تمرکز بر دهستان باقران شهرستان بیرجند، به بررسی دقیق تأثیر خصوصیات هیدرومورفولوژیکی حوضه آبخیز بر آبدهی قنات‌های این دهستان می‌پردازد تا بتوان راهکارهای مدیریتی مؤثر برای حفاظت و پایداری این میراث ارزشمند را ارائه داد.

مواد و روش

معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت بیرجند در استان خراسان جنوبی قرار دارد که در محدوده‌ای با مختصات ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۴۴ دقیقه طول جغرافیایی شرقی قرار گرفته است. حوضه آبریز بیرجند دارای وسعت ۳۱۵۵ کیلومتر مربع بوده که ۱۸۴۵ کیلومتر دشت و بقیه را

ارتفاعات تشکیل می‌دهد. این دشت حالت کشیده داشته و تمامی پیرامون آن را ارتفاعات و بخش مرکزی را آبخوان آبرفتی تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه شهرستان بیرجند با داشتن بیش از ۱۸۷۵ رشته قنات و تخلیه ۲۳ میلیون مترمکعب در سال، بیشترین تعداد قنات‌ها را در سطح استان دارد و بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی در این شهرستان از طریق قنات‌ها تأمین می‌شود (Khayat, et al., 2024). اقلیم دشت بیرجند در سیستم طبقه‌بندی کوپن جز مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود. از نظر توپوگرافی حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا ۲۷۸۷ متر در ارتفاعات شمالی (منطقه بند دره) و حداقل ارتفاع نیز ۱۱۸۰ متر در خروجی دشت (منطقه فدشک) است. دهستان باقران شهرستان بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۶۳۲۸۹۵-۷۱۱۲۲۷ و ۳۶۲۹۷۰۸-۷۰۱۹۰۶ دارای مساحتی در حدود ۱۱۷۴ کیلومتر مربع است. میانگین بارش سالیانه در دهستان باقران به‌طور متوسط ۱۷۱ میلی‌متر در سال و بیشینه دمای سالیانه ۳۶ درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱ موقعیت دهستان باقران را نشان می‌دهد.

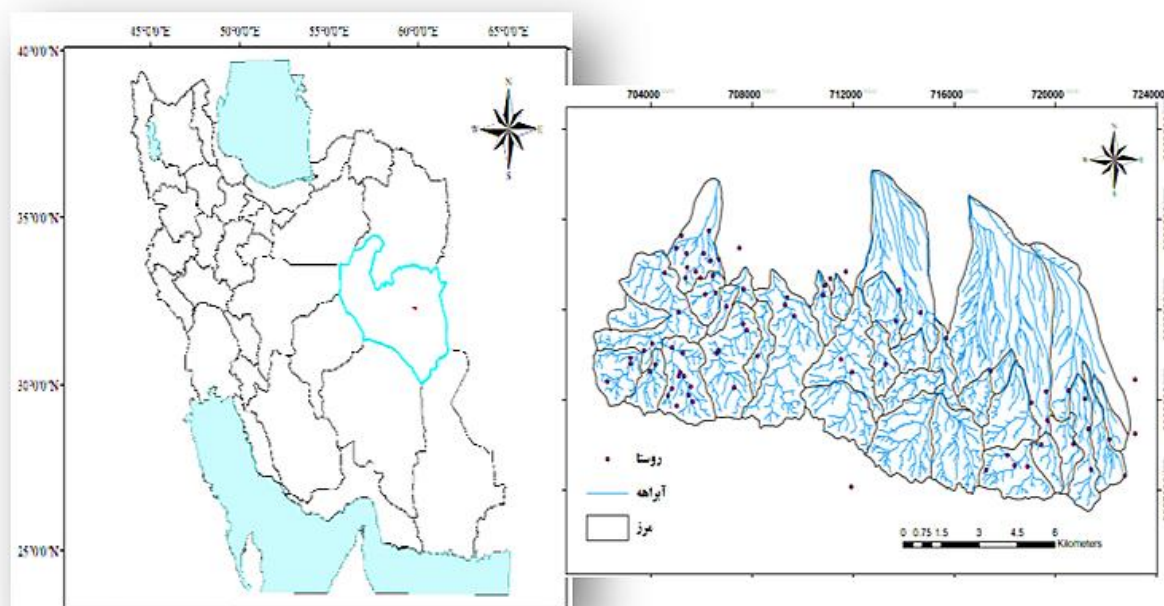
منابع آبی دهستان باقران

از نظر منابع آبی دهستان باقران شهرستان بیرجند دارای ۵۷۳ رشته قنات دایر، ۱۴۶ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق و ۳۴۵ دهنه چشمه می‌باشد (Regional Water Company, 2024).

داده‌های مورد استفاده

مساحت حوضه آبخیز

مساحت حوضه یکی از مشخصه‌های مهم است که بزرگی حجم رواناب و شدت جریان یا دبی به آن بستگی دارد. مساحت تصویر افقی حوضه را سطح حوضه می‌گویند. مساحت حوضه را با پلانی متر (مساحت سنج) روی نقشه توپوگرافی با مقیاس مشخص تعیین می‌شود و برحسب کیلومتر مربع، هکتار و یا مایل مربع بیان می‌شود. در اینجا از طریق روش GIS مساحت حوضه‌ها محاسبه گردید. حوضه‌های آبریز را بر اساس سطح به سه گروه کلی حوضه‌های کوچک مقیاس، متوسط و بزرگ تقسیم می‌کنند.



شکل ۱. موقعیت مکانی استان خراسان جنوبی و دهستان باقران.

Fig 1. Location of South Khorasan Province and Bagheran Rural District.

آن به طول حوضه است. طول حوضه معمولاً به طول مسیر آبراه اصلی از نقطه خروجی تا دورترین نقطه روی خط تقسیم آب گفته می‌شود. به آبراهه‌هایی که بیشترین زمان پیمایش را در حوضه داشته باشد آبراهه اصلی می‌گویند.

ضریب فشردگی

ضریب فشردگی یا ضریب گراویلوس عبارت است از نسبت محیط حوضه به محیط دایره فرضی که مساحت آن برابر با مساحت حوضه باشد این ضریب برای حوضه دایره کامل معادل ۱ و برای حوضه کشیده تا ۲/۵ هم می‌رسد و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود که در آن P محیط حوضه به کیلومتر، A مساحت حوضه به کیلومترمربع است.

$$CC = \frac{P}{\bar{P}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

رتبه‌بندی یا رده‌بندی آبراهه‌ها و رودخانه‌ها

رده‌بندی آبراهه‌ها یا رتبه‌بندی آن‌ها یکی از موضوعات مورد بحث در زمینه بررسی‌های هیدرولوژیکی عوارض آبی محسوب می‌شود که می‌تواند در ساده‌سازی نقشه‌ها کاربرد فراوانی داشته باشد. رتبه‌بندی یا رده‌بندی آبراهه‌ها با

حوضه‌های کوچک: مساحت حوضه کمتر از ۱۰۰ کیلومترمربع، حوضه‌های متوسط: مساحت حوضه بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومترمربع و حوضه‌های بزرگ: مساحت حوضه بیش از ۱۰۰۰ کیلومترمربع.

محیط حوضه آبخیز

محیط حوضه در واقع طول خط تقسیم یا مرز حوضه است و آن را از حوضه‌های مجاور جدا می‌کند اندازه‌گیری محیط حوضه به وسیله منحنی سنج تعیین و برحسب کیلومتر و یا مایل با حرف P بیان می‌شود. در اینجا از روش GIS محیط حوضه‌ها به دست آمد.

ضریب شکل حوضه

ضریب شکل حوضه از روش هورتن عبارت است از نسبت مساحت حوضه برحسب کیلومترمربع (A) به مجذور طول حوضه (L) برحسب کیلومتر که با علامت FF بیان می‌شود.

$$FF = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

اگر حوضه مستطیلی فرض شود که طول آن L و عرض متوسط آن B باشد، آنگاه $A=B \cdot L$ بوده پس $FF=B/L$ خواهد بود؛ یعنی ضریب شکل حوضه نسبت عرض متوسط

روش دستی در تهیه نقشه شبکه آبراهه‌ها و رتبه‌بندی آبراهه‌ها، دقیق‌تر است ولی زمان زیادی را صرف نموده و همین‌طور هزینه زیادی در استخراج نقشه به خود اختصاص داده است. به همین منظور از روش‌های GIS که امتیاز بیشتری (زمان کم و سرعت زیاد) دارد استفاده می‌شود.

شیب متوسط آبراهه اصلی

نیمرخ طولی (پروفیل طولی) رودخانه اصلی در یک حوضه آبریز اطلاعات خوبی را در مورد سرعت حرکت آب، زمان تمرکز، قدرت جریان و وضعیت فرسایش رودخانه را به دست می‌دهد برای اندازه‌گیری شیب رودخانه یا آبراهه اصلی در یک حوضه آبریز روش‌های مختلفی وجود دارد.

زمان تمرکز

طبق تعریف حداکثر زمانی که آب ناشی از بارش (باران یا ذوب برف) از دورترین نقطه حوضه مسیر هیدرولوژیکی خود را طی می‌کند تا به نقطه خروجی حوضه برسد را زمان تمرکز می‌گویند.

اصولاً فاصله فیزیکی بین دورترین نقطه و خروجی حوضه ممکن است زمان رسیدن آب را به خروجی حوضه شامل نگیرد. آنچه مسلم است زمانی که همه نقاط حوضه در تشکیل جریان خروجی حوضه مشارکت کنند از نظر هیدرولوژیکی موردنظر است. بدین منظور فرمول‌ها و روش‌های تجربی بسیاری ارائه شده است که می‌توان به روش‌های ۱- معادله ایزارد ۲- معادله کربای ۳- معادله سازمان هوانوردی آمریکا ۴- معادله اورتون - می‌دوز ۵- معادله کریچ ۶- معادله برانس بای - ویلیامز اشاره کرد. با توجه به اینکه مساحت حوضه‌های مورد مطالعه کوچک بوده از روش معادله برانس بای - ویلیامز استفاده شده است.

شیب متوسط حوضه آبخیز

عامل شیب متوسط حوضه یکی از خصوصیات اساسی و فیزیکی مهم است؛ که محاسبه و تعیین این عامل در تمامی طرح‌های آب‌و خاک ضروری است. در بسیاری از روابط تجربی، تعیین زمان تمرکز و شیب متوسط حوضه عامل اصلی بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در برآوردها دارد.

توجه به کاربردهای مختلف آن‌ها به روش‌های متفاوتی انجام می‌گیرد، اما هدف مشترک این روش‌ها رتبه‌بندی آبراهه‌ها با توجه به ارتباط توپولوژی بین آن‌ها است. جهت جریان آب در این روش‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و هر کدام از این روش‌ها با فرض مشخص بودن جهت جریان آب در آن‌ها قابل پیاده‌سازی است.

روش استراهلر

رتبه‌بندی آبراهه‌ها در این روش به این ترتیب انجام می‌شود که سرشاخه هر آبراهه را که از ارتفاعات شروع می‌شود آبراهه رده ۱ گویند. از اتصال حداقل دو رودخانه رده ۱ رودخانه رده ۲ به وجود می‌آید. رودخانه رده ۲ زمانی به رودخانه رده ۳ تبدیل می‌شود که حداقل یک رودخانه رده ۲ دیگر به آن بپیوندد؛ و به همین ترتیب تا انتهای حوضه آبریز رودخانه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. شماره رده رودخانه در نقطه تمرکز نشان‌دهنده درجه تکامل شبکه آبراهه‌ها در حوضه بالادست آن نقطه است.

این روش دارای پیش‌زمینه قوی ریاضی است. درواقع درجه هر کدام از محل‌های تلاقی آبراهه‌ها ارتفاع سرشاخه‌ای است که توانسته یک شبکه دودویی کامل را ترتیب دهد.

درجه انشعاب

هر اندازه رده یک رودخانه بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده تعداد انشعاب بیشتر است و بنابراین سیلاب با سرعت بیشتری به انتهای حوضه می‌رسد و سریع‌تر تخلیه می‌شود. با توجه به رده رودخانه اصلی در یک حوضه آبریز می‌توان درجه انشعاب رودخانه را محاسبه کرد. ضریب انشعاب عبارت است از تعداد رودخانه یک رده مشخص بر تعداد رودخانه‌های رده بالاتر از آن.

طول آبراهه و طول جریان سطحی

شبکه آبراهه‌ها در حوضه‌های آبخیز نقش مهمی را ایفا می‌کنند. یکی از مؤلفه‌های شبکه آبراهه‌ها، طول آبراهه‌ها است که در وقایع هیدرولوژیکی حوضه تأثیر زیادی دارد، این مؤلفه در حوضه‌های آبخیز و به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز کوهستانی دارای تغییرات زیادی هست که اندازه‌گیری دقیق آن مشکل است و نیازمند به صرف مدت و هزینه زیاد است. خصوصاً اگر لازم باشد که اقدامات آبخیزداری در مقیاس بزرگ انجام شود.

واحد را می‌توان برای هر پیکسل در یک تصویر تعیین کرد.

قنات‌های مورد مطالعه

از ۲۹۰ رشته قنات حوضه دهستان باقران شهرستان بیرجند تعداد ۳۲ رشته قنات که دارای اطلاعات کامل‌تری بودند انتخاب شد که اطلاعات آن‌ها به شرح جدول ۱ است.

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش ارتباط بین دبی قنات‌ها با عوامل هیدرومورفولوژیکی حوضه آبخیز با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بررسی شد. برای تعیین تعداد بهینه مؤلفه یا محور از نمودار عسای شکسته یا سنگریزه‌ای استفاده شد. معیار انتخاب، محل انحنای نمودار می‌باشد. تحلیل‌های آماری در محیط R انجام گرفت. R یک ابزار قدرتمند و پرکاربرد برای تجزیه و تحلیل آماری است که در زمینه‌های مختلفی مانند آمار، علم داده، تحقیقات علمی و بسیاری موارد دیگر کاربرد دارد. در تحلیل آماری استنباطی مفهومی به نام تحلیل مؤلفه اصلی یا تحلیل عاملی وجود دارد. این آنالیز یک تکنیک چندگانه Multivariate است که به منظور کاهش ابعاد یک مجموعه داده و در عین حال حفظ تا حد امکان اطلاعات از داده‌ها استفاده می‌شود. این روش در بسیاری از زمینه‌های علوم شامل بیولوژی، کشاورزی، اقتصاد، گرافیک، شیمی، علوم اجتماعی و رفتاری و غیره جهت تشخیص الگو، دسته‌بندی، طبقه‌بندی و غیره کاربرد گسترده‌ای دارد. تحلیل مؤلفه اساسی به بیان ساده، روشی برای استخراج متغیرهای مهم (به شکل مؤلفه) از مجموعه بزرگی متغیرهای موجود در یک مجموعه داده است. تحلیل مؤلفه اساسی در واقع یک مجموعه با بُعد پایین از ویژگی‌ها را از یک مجموعه دارای بُعد بالا استخراج می‌کند تا به ثبت اطلاعات بیشتر با تعداد کمتری از متغیرها کمک کند. بدین شکل، بصری‌سازی داده‌ها نیز معنادارتر می‌شود.

روش‌ها و روابط متعددی برای تعیین این عامل ارائه شده است. در این پژوهش، به منظور تعیین و برآورد شیب متوسط یک حوضه آبخیز از روش سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. برای شروع کار می‌بایست از مدل رقومی ارتفاع یا همان DEM استفاده گردد؛ بنابراین جهت محاسبه نقشه شیب با دقت بالا نیاز به DEM با دقتی می‌باشد.

جهت شیب حوضه آبخیز

نقشه جهت شیب از مواردی است که در اکثر موارد در آنالیزهای مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این معیار تأثیر زیادی روی پاسخ حوضه و بسیاری از فرایندهای هیدرولوژیکی مانند ذوب برف و تنوع پوشش گیاهی را مشخص می‌سازد. جهت شیب حوضه ممکن است رو به شمال یا رو به جنوب و یا غرب و شرق باشد. ولی معمولاً از جهت چهارگانه اصلی گاهی از شبکه جهت هشت‌گانه استفاده می‌شود. معمولاً شیب و جهت در حوضه به صورت گرافیکی بررسی می‌شود. برای اینکه لایه جهت شیب تهیه گردد احتیاج به لایه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه می‌باشد. در اینجا از چهار جهت اصلی استفاده شد و با توجه به ارزش‌گذاری جهت جغرافیایی عدد ۴ جهت شمال، عدد ۳ جهت غرب و عدد ۲ جهت شرق و عدد ۱ جهت جنوب را نشان می‌دهد.

پوشش گیاهی

شاخص شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (به اختصار NDVI)، بر اساس میزان و نحوه بازتاب طیف الکترومغناطیس، اطلاعات ارزشمندی در رابطه با سلامت محصولات زراعی، در اختیار ما قرار می‌دهد. شاخص پوشش گیاهی اطلاعات کلی و مفیدی از وضعیت زمین کشاورزی و محصولات آن در اختیار افراد قرار می‌دهند. از این شاخص می‌توان وضعیت کلی زمین کشاورزی یا وضعیت خاک و حجم محصولات یک زمین را تعیین کرد. مقدار شاخص NDVI همیشه بین ۱- و ۱+ خواهد بود؛ مقادیر بین ۰ و ۱- نشان‌دهنده گیاهان مرده یا اجسام غیر آلی مانند سنگ‌ها، جاده‌ها و خانه‌ها است. مقادیر شاخص NDVI برای گیاهان زنده بین ۰ تا ۱ است که ۱ سالم‌ترین و ۰ کمترین مقدار سلامت است. یک مقدار

جدول ۱. مشخصات قنات‌های مورد مطالعه.

Table 1. Characteristics of The Studied Qanats.

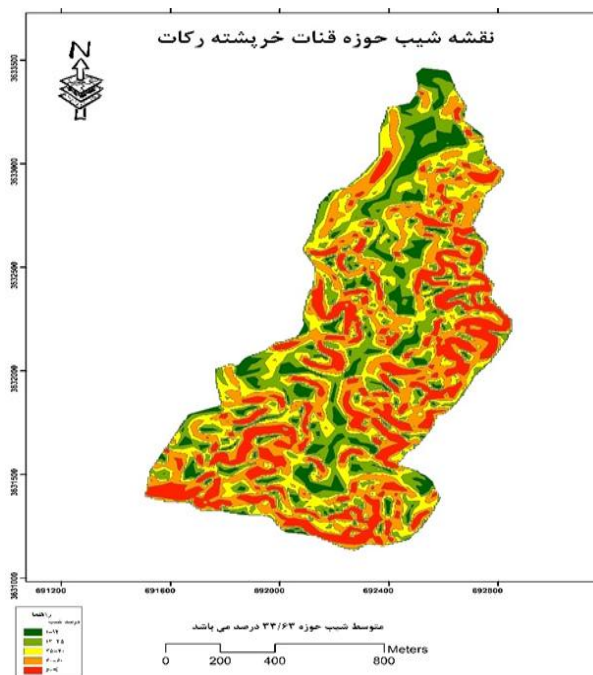
ردیف Row	نام قنات Name of the Qanat	دبی قنات (لیتر بر ثانیه) Discharge of Qanat (liters / s)	عمق مادرچاه (متر) Depth of the well (meters)	طول قنات (متر) Qanat length (meters)
1	رکات Rakaat	0.1	6	208
2	کلاته حاج محمد Kalateh haj mohammad	0.5	20	407
3	نوبهار گلیان Nobahar Golian	1.5	3	135
4	کربلایی برات Karbala barat	1.2	25	225
5	گیوک علیا Gyuk	1	18	225
6	باغ بالا Bagh bala	1.2	2	50
7	استخر چنار Estakhre chendar	0.5	17	90
8	تگ اماران Amaran Tag	0.5	12	150
9	نصرآباد Nasrabad	1.5	8	100
10	کال پیر زنوکی Cal Pierre Zanucki	0.1	7	50
11	درسرا Darsara	0.4	10	130
12	تگ آرگینی Tag Argini	0.5	5	90
13	منظریه Manzaieh	0.3	18	500
14	گزوک Gazok	0.25	15	200
15	دره می‌رک Dare mirk	0.5	3	60
16	باغ مزار Bagh mazar	1	15	140
17	الاهدر بالا Allahdar	0.5	10	230
18	تگ زرد Tag zard	0.35	4	136
19	زرنگ Zarang	0.5	20	170
20	فوداج Fodaj	1.4	20	500
21	کلاته سراج Kalate seraj	0.5	26	230
22	زیروچی پایین Zirochi paein	0.5	20	1000
23	لیدر	0.3	5	90

			Lider	
			النگچه	
40	3	0.2	Elangche	24
			دره زیلگ	
100	5	0.8	Dare zilg	25
			کندوکی	
800	30	2.2	Kandoki	26
			نوک سفلی	
163	5	1	Nok sofla	27
			نوک علیا	
350	20	2.3	Nok olya	28
			ترشاب	
150	10	1	Torshab	29
			آبدرگان	
300	20	1	Abdargan	30
			ده جیم آباد	
350	30	2.5	Jim abad	31
			کلاته هادی	
350	20	0.3	Kalate hadi	32

نتایج و بحث

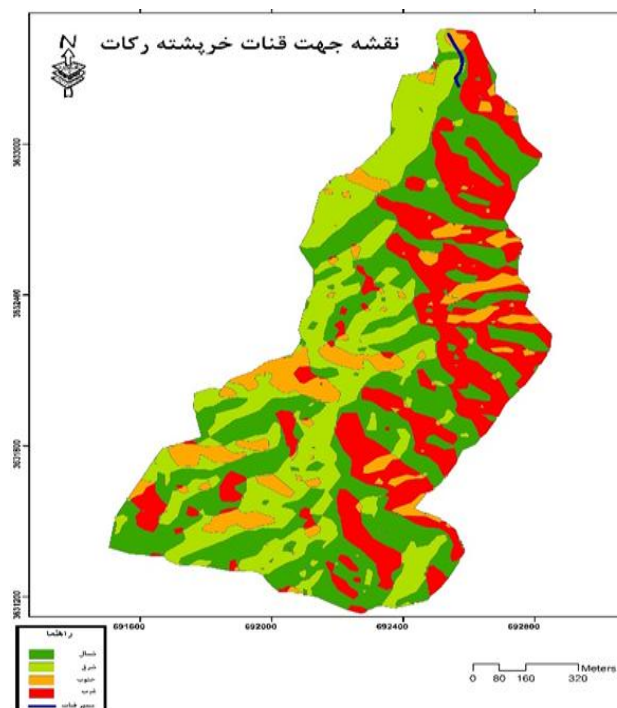
با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و همچنین تصاویر ماهواره‌ای و استخراج نقشه DEM منطقه، پارامترهای مساحت و محیط حوضه آبخیز، طول بلندترین آبراهه هیدرولوژیکی، طول جریان سطحی، ضریب شکل حوضه، ضریب فشردگی حوضه، ضریب انشعاب، زمان تمرکز،

شیب متوسط حوضه، شیب آبراهه اصلی حوضه، پوشش گیاهی و جهت حوضه محاسبه گردید. همچنین عمق مادرچاه، طول و دبی قنات از شرکت آب منطقه‌ای استان اخذ گردید. برای نمونه نقشه شیب، جهت قنات خرپشته روستای رکات در اشکال ۲ و ۳ و همچنین پارامترهای محاسبه‌شده قنات در جدول ۲ آورده شده است.



شکل ۲. موقعیت مکانی استان خراسان جنوبی و دهستان باقران.

Fig 2. Slope Map of The Khar Poshteh Qanat Basin in Rekateh Village.



شکل ۳. موقعیت مکانی استان خراسان جنوبی و دهستان باقران.

Fig 3. Map of The Direction of The Khar Poshteh Qanat in The Village of Rakat.

جدول ۲. پارامترهای محاسبه شده قنات خرپشته روستای رکات.

Table 2. Calculated Parameters of The Khar Poshteh Qanat in Rekat Village.

رکات Rokat	نام آبادی Village Name
خرپشته رکات	نام قنات
Rokat	Qanat Name
208	طول قنات (متر)
	Length of Qanat
6	عمق مادرچاه (متر)
	Depth of Well
0.1	میانگین دبی (لیتر بر ثانیه)
	Average discharge
692542	مختصات جغرافیایی مظهر قنات
3633445	x
692561	مختصات جغرافیایی مادرچاه قنات
3633266	y
152	مساحت حوضه (هکتار)
	Watershed Area
6425	محیط حوضه (متر)
	Watershed perimeter
2713	طول بلندترین آبراهه هیدرولوژیکی (متر)
	longest hydrological waterway
18126	طول جریان سطحی (متر)
	Surface flow length
0.21	ضریب شکل حوضه (FF)
	Shape factor
1.46	ضریب فشردگی حوضه (Cc)
	Compression ratio

2/82	ضریب انشعاب (Br)
	Branching coefficient
1900	بالا ترین ارتفاع آبراهه اصلی (متر)
	Highest elevation
1620	پایین ترین ارتفاع آبراهه اصلی (متر)
	Lowest elevation
280	اختلاف ارتفاع دو طرف آبراهه اصلی (متر)
	The difference in elevation
0.49	زمان تمرکز (ساعت)
	Time concentration
33.63	شیب متوسط حوضه (درصد)
	Medium slope
10.32	شیب آبراهه اصلی حوضه (درصد)
	Slope of the main waterway
0.12	پوشش گیاهی شاخص
	NDVI
2.89	ارزش عددی جهت حوضه
	Numerical value of aspect

تعیین مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر دبی قنات با استفاده از PCA

تحلیل و بررسی مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد که از بین محورهای PCA، دو محور یک به عنوان مهم‌ترین محورهای PCA انتخاب شدند. شکل ۴ و ۵ سهم نسبی هر یک از عوامل محیطی با محور یک و دو مؤلفه‌های اصلی را نشان می‌دهند از بین خصوصیات مورد مطالعه زمان تمرکز حوضه و شیب آبراهه به ترتیب بیشترین تأثیر را در

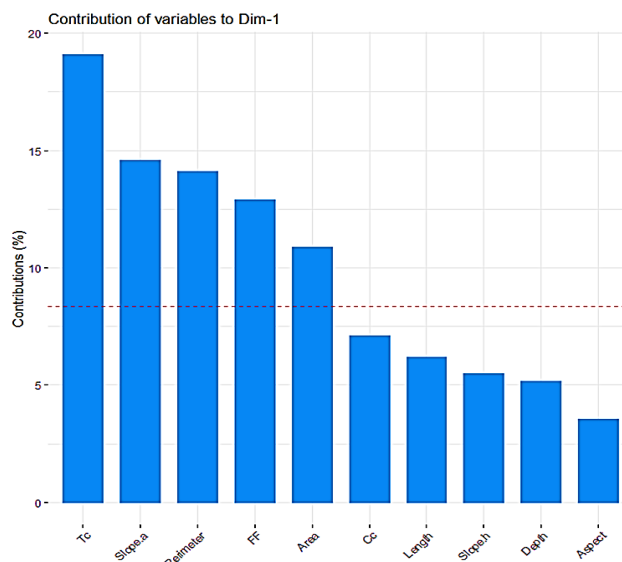
محور یک و عمق مادرچاه و طول قنات به ترتیب بیشترین تأثیر را در محور دو داشته‌اند؛ و در نهایت بیشترین سهم در میان تغییرات کل محور یک به زمان تمرکز تعلق می‌گیرد (جدول ۳). برای بررسی کفایت نمونه جهت تحلیل و بررسی مؤلفه‌های اصلی از شاخص کفایت نمونه کایزر، مایر و اولکین (KMO) استفاده گردید که نتایج شاخص 86/0 KMO به دست آمد که از نظر آماری مورد قبول و در درجه مناسب می‌باشد (Howard, 2016).

جدول ۳. مقادیر ویژه و درصد واریانس تجمعی مؤلفه‌های اصلی.

Table 3. Eigenvalues and Percentage of Cumulative Variance of The Principal Components.

پارامترها	مقدار ویژه	درصد انحراف	درصد واریانس تجمعی
Parameters	Eigenvalue	Eariance.percent	cumulative.variance.percent
زمان تمرکز (ساعت)	4.9	40.86	40.86
Time concentration			
شیب آبراهه اصلی حوضه (%)	1.52	12.68	53.53
Slope of the main waterway			
محیط حوضه (متر)	1.5	12.53	66.06
Watershed perimeter			
ضریب شکل حوضه	1.33	11.04	77.11
Shape factor			
مساحت حوضه (هکتار)	0.85	7.11	84.22
Watershed Area			
ضریب فشردگی حوضه	0.72	6.02	90.24
Compression ratio			
طول قنات (متر)	0.51	4.23	94.46
Length of Qanat			
شیب متوسط حوضه (%)	0.30	2.49	96.95

عمق مادرچاه (متر) Depth of Well	0.23	1.91	98.87
درصد پوشش گیاهی NDVI	0.11	0.89	99.76
جهت جغرافیایی Aspect	0.03	0.24	100.00



شکل ۴. سهم نسبی هر کدام از متغیرهای محیطی در مؤلفه یک (PCA).

Fig 4. Relative Contribution of Each Environmental Variable in Component One (PCA).

جدول ۴. متغیرهای محیطی در مؤلفه یک (PCA).

Table 4. Environmental variables in component one (PCA).

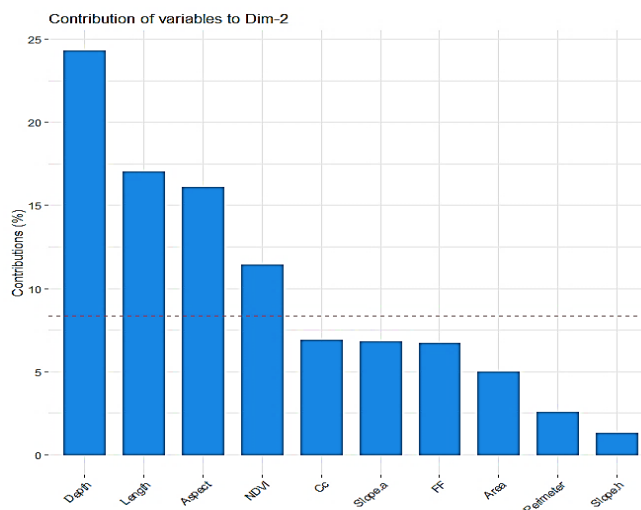
Tc	زمان تمرکز (ساعت)
slope a	شیب آبراهه اصلی حوضه (درصد)
perimeter	محیط حوضه (متر)
FF	ضریب شکل حوضه
area	مساحت حوضه (هکتار)
Cc	ضریب فشردگی حوضه
length	طول قنات (متر)
slope h	شیب متوسط حوضه (درصد)
depth	عمق مادرچاه (متر)
Aspect	جهت

جدول ۵. متغیرهای محیطی در مؤلفه دو (PCA).

Table 5. Environmental variables in component two (PCA).

depth	عمق مادرچاه (متر)
length	طول قنات (متر)
Aspect	جهت
NDVI	درصد پوشش گیاهی شاخص
Cc	ضریب فشردگی حوضه
slope a	شیب آبراهه اصلی حوضه (درصد)
FF	ضریب شکل حوضه

area	مساحت حوضه (هکتار)
perimeter	محیط حوضه (متر)
slope h	شیب متوسط حوضه (درصد)

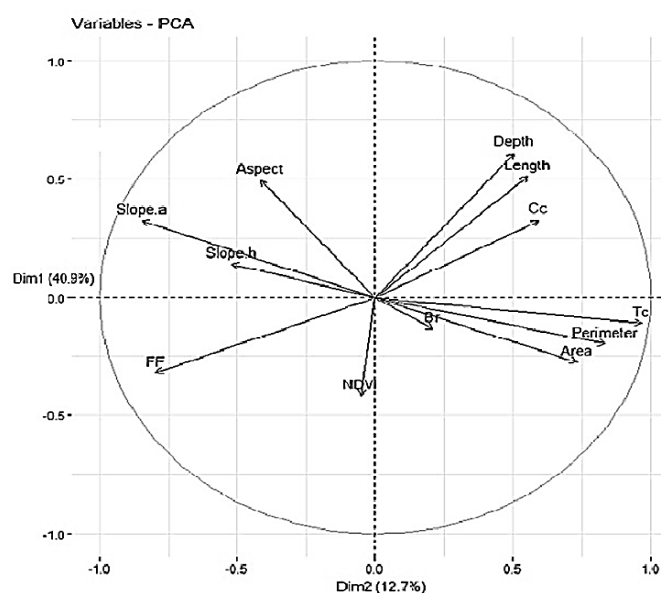


شکل ۵. سهم نسبی هر کدام از متغیرهای محیطی در مؤلفه دو (PCA).

Fig 5. Relative Contribution of Each Environmental Variable in Component Two (PCA).

تمرکز حوضه و شیب آبراهه در مؤلفه یک تأثیر مثبت داشته است که با نتایج تحقیقات نجفی و نصری همخوانی دارد (Najafi et al., 2010) و همچنین عمق مادرچاه و طول قنات بیشترین تأثیر مثبت در مؤلفه دو داشته است که با نتایج شاهرخی ساردو همخوانی دارد (Shahrokhi, 2001).

در نمودار تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) در شکل (۶)، عوامل محیطی هر کدام با خط یا بردار نشان داده شده‌اند. عواملی که طول خط آن‌ها بیشتر و به محور نزدیک‌تر هستند، تأثیرشان بیشتر است. عواملی که نزدیک به هم هستند، به احتمال زیاد هم‌بستگی مثبت با یکدیگر دارند. همچنین، عاملی که هم X و هم Y مثبت دارد، بیانگر رابطه مثبت بین آن با محورهای یک و دو است. زمان



شکل ۶. نمودار تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA).

Fig 6. Principal Component Analysis (PCA) plot.

نتیجه‌گیری

پارامترهای هیدرومورفولوژیکی به شناسایی و درک ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبخیز و ارتباط آنها با رواناب کمک می‌کند (Bhatt and Ahmed, 2014). مفهوم مرفومتري دربرگیرنده اندازه‌گیری و تحلیل عددی سطح زمین، شکل، ابعاد و فرم اراضی است (Strahler, 1964). آنالیز مورفومتري حوضه آبخیز، کارکرد مهمی در جمع‌آوری داده‌های ناقص دارد و به آنالیز رفتار هیدرولیکی حوضه آبخیز کمک می‌کند، بنابراین مطالعات مورفومتري شامل ارزیابی عوامل آبراهه به‌واسطه اندازه‌گیری مشخصات انواع مختلف آبراهه است (Kumar et al., 2000). پارامترهای هیدرومورفومتري حوضه یکی از پایدارترین خصوصیات می‌باشد که در طول زمان ثابت است و برای مناطقی که ایستگاه‌های هیدرومتري وجود ندارد می‌تواند کمک زیادی به شناخت خصوصیات هیدرولوژیکی منطقه داشته باشد (Tajbakhsh and Chezgi, 2022). در قنات‌های دشتی به‌دست آوردن حوضه آبخیز سخت است چون همه قنات‌ها از یک آبخوان تغذیه می‌کنند (Mirani Moghadam, et al., 2020). ولی در قنات کوهپایه‌ای می‌توان تأثیر حوضه آبخیز را به‌دست آورد. به همین منظور در این پژوهش از پارامترهای مورفومتري از قبیل رتبه آبراهه، طول آبراهه اصلی، طول جریان سطحی، ضریب شکل، زمان تمرکز، شیب متوسط آبراهه اصلی، شیب اصلی حوضه آبخیز، مساحت حوضه آبخیز بالادست و محیط حوضه آبخیز و تأثیر آنها بر دبی قنات در دهستان باقران بیرجند استفاده شد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که عامل زمان تمرکز می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر دبی قنات‌ها داشته باشد؛ عوامل دیگری همچون نوع خاک، کاربری زمین و بارش نیز تأثیرگذار است که باید مطالعه گردد. زمان تمرکز تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد. این عوامل شامل موارد زیر هستند: شیب زمین: شیب تندتر باعث می‌شود آب سریع‌تر حرکت کند و زمان تمرکز کاهش یابد.

نوع خاک: خاک‌های نفوذپذیر مانند شن و ماسه می‌توانند آب را سریع‌تر جذب کنند، درحالی‌که خاک‌های رسی ممکن است جریان سطحی را افزایش دهند و زمان تمرکز را کاهش دهند.

شکل حوضه آبریز: حوضه‌های کشیده‌تر معمولاً زمان تمرکز بیشتری نسبت به حوضه‌های گرد دارند. کاربری زمین: مناطق شهری با سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت و بتن می‌توانند زمان تمرکز را کاهش دهند.

بارش: شدت و مدت بارش می‌تواند بر زمان تمرکز تأثیر بگذارد؛ بارش شدید ممکن است باعث افزایش جریان سطحی و کاهش زمان تمرکز شود. این عوامل می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر زمان تمرکز تأثیر بگذارند و در مدیریت منابع آب و طراحی سیستم‌های زهکشی اهمیت دارند.

خصوصیات هیدرومورفولوژیکی یک حوضه آبخیز، شامل ویژگی‌هایی مانند شیب، نوع خاک، شکل و اندازه حوضه و الگوی جریان آب، تأثیرات مهمی بر دبی قنات دارند. برای مدیریت و بهینه‌سازی استفاده از منابع آب، بررسی این اثرات ضروری است. در اینجا به چندین پیشنهاد در خصوص مطالعه و مدیریت اثرات هیدرومورفولوژیکی بر دبی قنات اشاره می‌شود.

تحلیل دقیق ویژگی‌های هیدرومورفولوژیکی با استفاده از روش‌ها و پارامترهای دیگر مانند تحلیل عاملی یا رگرسیون و شبکه عصبی و سری‌های زمانی برای پیش‌بینی اثرات پارامترهای هیدرومورفولوژیکی بر دبی قنات.

استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی مانند HEC-HMS و SWAT برای شبیه‌سازی آب در حوضه آبخیز کاشت پوشش گیاهی مناسب و استفاده از گونه‌های بومی که با شرایط اقلیمی منطقه سازگارتر هستند و نیاز کمتری به آب و مراقبت دارند

عملیات بیولوژیکی و مکانیکی در حوضه‌های آبخیز به‌منظور افزایش زمان تمرکز رواناب و کاهش شیب به‌عنوان دو استراتژی مکمل مهم در مدیریت منابع آب‌و خاک با اجرای این راهکارها می‌توان به بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی، افزایش پایداری قنات‌ها کمک کرد و آینده‌ای پایدارتر برای منطقه رقم زد.

منابع

Akhondi, Z., khayat, A., and yaghoobzadeh, M. (2025). Investigating the Impact of Climate Change on Qanat Discharge: A Case Study of Qanats in Birjand County. *Journal of Aquifer and Qanat*, (1), -. <https://doi.org/10.22077/jaaq.2025.8705.1091>

- Krause, P. Biskop, S. Helmschrot, J. Flügel, W.A. Kang, S. & Gao, T. (2010). Hydrological system analysis and modelling of the Nam Co basin in Tibet. *Advances in Geosciences*, 27, 29-36 . <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/adgeo-27-29-2010>.
- Kumar, R. Kumar, S. Lohani, A. Nema, R. & Singh, R. (2000). Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. *GIS India*. 9(3): 13-17.
- Liang, C.P. Lin, T.C. Suk, H. Wang, C.H. Liu, C.W. Chang, T.W. & Chen, J.S. (2022). Comprehensive assessment of the impact of land use and hydrogeological properties on the groundwater quality in Taiwan using factor and cluster analyses. *Science of The Total Environment*, 851, 158135. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158135>.
- Mirani Moghadam, H., Karami, G. H. and Bagheri, R. (2020). Hydrogeological Assessment of the Gonabad Plain Qanats. *Hydrogeology*, 4(2), 34-47. doi: 10.22034/hydro 2020.9448. https://hydro.tabrizu.ac.ir/article_9448.html?lang=en
- Mohammadnejad, V. Asghari Saraskanroud, S. & Golmohammadzadeh, B. (2018). Mapping groundwater prone areas using GIS and MIF Case study: Urmia County. *Quantitative geomorphology research*, 2(3), 45-58. <https://doi.org/20.1001.1.22519424.1392.2.3.4.7>.
- Mohtasham, M. Dehghani, A. A. Akbarpour, A. & Meftah, M. (2017). Evaluation of Artificial Neural Networks and MODFLOW Numerical Model in Forecasting Groundwater Table (Case Study: Birjand Aquifer, Southern Khorasan). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 11(1), 1-10. https://idj.iaid.ir/article_79421_d72337fd05734ec4_88f46d80ff3287ad.pdf.
- Najafi, A. Nasri, M. & Nasri, M. (2010). Effective Factors in the Flood of the Esfahan-Sirjan watershed Employing Factor Analysis Method. *Geography and Environmental Planning*, 20(4), 101-118. https://gep.ui.ac.ir/article_18452_eae70f63c68b755_9bc753e9864fc8562.pdf.
- Najarchi M, Shahidi Zandi M, JafariNia R, Mokhtari S, Abkar A J. (2019). Investigation of the Relationship Between Hydro-geomorphological Alaei Taleghani, M., Shafiei, N., & Rajabi, M. (2018). The Effect of Geomorphologic Factors on Feeding Underground Water Resources in Kermanshah Meyandareh Plain. *Hydrogeomorphology*, 4(13), 21-41. <https://doi.org/20.1001.1.23833254.1396.4.13.2.7>.
- Asadi ,M. A. Z. Bahrami, S. Akbari, E., & Pourskandar, B. (2017). The Effect of Geographical Factors on Groundwater Fluctuation in Parsabad of Moghan Plain. *Geographic Space*, 17(59), 271-287. <https://www.magiran.com/paper/1768839>.
- Emamgholizadeh, S ,Moslemi, K. & Karami, G. (2014). Prediction of the groundwater level of Bastam plain (Iran) by artificial neural network (ANN) and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Water resources management*, 28, 5433-5446. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0810-0>.
- Ghanavati, E., Saffari, A., Karam ,A. Najafi, E. & Jahandar, G. (2016). Investigation on Hydrogeomorphologic Characteristics of Tehran Metropolitan Watersheds with Emphasis on the Flood-Prone Zones. *Hydrogeomorphology*, 3(6), 33-54. [https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_4943_bb0de45d306fe8f542db\`d7b66698993.pdf](https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_4943_bb0de45d306fe8f542db\`d7b66698993.pdf).
- Hojati, S. M. H. & Boustani, F. (2010). Sustainable Groundwater Management of Khir Plain by Groundwater Balance. *Journal of Physical Geography*, 2(6), 57. <https://www.magiran.com/paper/1826898>.
- Howard, Matt. C. (2016). “A Review of Exploratory Factor Analysis Decisions and Overview of Current Practices: What We Are Doing and How Can We Improve?” *International Journal of Human-Computer Interaction*, 32(1), 51-62.
- Khayat, A., Akhondi, Z., and Khozaymehnezhad, H. (2024). Evaluation of the accuracy of fuzzy neural network in estimating the discharge of Qanats in Birjand city. *Journal of Aquifer and Qanat*, 5(1), 45-58. <https://doi.org/10.22077/jaaq.2025.8597.1086>. https://jaaq.birjand.ac.ir/article_3214.html
- Konikow, L. F. & Kendy, E. (2005). Groundwater depletion: A global problem. *Hydrogeology journal*, 13, 317-320 . <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0411-8>.

through the morphometric analysis :a study on the Rayeng basin in the Darjeeling Himalaya. *Environmental Challenges*, 7, 100463. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100463>

Shahrokhi Sardou, J. (2001). *Investigating the relationship between discharge rate, hydraulic characteristics of Qanat, and morphological characteristics of their watershed*. The first conference on watershed management and water extraction management in watersheds, <https://civilica.com/doc/10809>.

Strahler, AN. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. PP. 4-11. In: Chow, V.T. (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, New York.

Characteristics of the Watershed Basin and Interflows Using Artificial Neural Network Approach (Case Study: Kerman's Subsurface Dams). *jwmseir*; 13 (46):93-101 . <http://jwmsei.ir/article-1-843-fa.html>.

Regional Water Company, S.K. (2024). *Report on the State of Water Resources in South Khorasan Province*.

Tajbakhsh Fakhrabadi, S. M. & Chezgi, J. (2022). Effect of morphometric factors in prioritizing flooding of sub-watersheds in the north of Birjand Plain. *Water and Soil Management and Modelling*, 3(3), 240-255. <https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11855.1179>.

Saha, S. Das, J. & Mandal, T. (2022). Investigation of the watershed hydro-morphologic characteristics

