

Research Paper

Evaluation of the Role of River Platforms in Changing the Groundwater Table Levels in Eastern Guilan Province

Ali Rajabi Eslāmi^{*1}, Manijeh Ghahroudi Tāli², Alirezā Sālehipour Milāni³

1. PhD student in Geomorphology, Physical Geography Department, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Professor of Geomorphology, Physical Geography Department, Earth Sciences Faculty Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor of Geomorphology, Physical Geography Department, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

DOI: 10.22124/gscaj.2024.23937.1220

Received: 2023/01/26

Accepted: 2023/12/18

Abstract

There is a close relationship between water tables and geomorphological landforms, particularly fluvial geomorphology. With the expansion of the relationship among the geomorphology in the majority of hydrogeomorphology theories, attention has been drawn to the various aspects of the role of landforms in groundwater potential. The development of this perspective has made it much easier to assess groundwater potential using geomorphological indicators. One of the most prominent landforms in plains, whose changes can affect the groundwater table, is the river pattern. In the present study, the morphological pattern, as well as the length, area, and height of 31 rivers in the central and eastern parts of Guilan Province, were analyzed, and their effects on the groundwater table were evaluated. Using Landsat 8 satellite imagery, the extent of alluvial fans and main rivers were determined, and the sinuosity index was calculated. The rivers were classified into four straight patterns, sinusoidal, meandering and severe meandering. Next, a groundwater map of the region was created, and by overlaying it with the river patterns, the influence of river morphology on changes in the groundwater table was investigated. The data was analyzed using hierarchical, parametric, and non-parametric statistical methods. The results showed that in separated spatial zones in terms of pattern changes, the greater sinuosity, longer river length, and larger areas influenced by rivers were associated with higher groundwater potential and shallower water tables. Additionally, statistical analyses revealed that the relationship between the river sinuosity index and groundwater depth was non-random, with the water table decreasing as the river pattern shifted from straight to highly meandering.

Keywords: Groundwater, River pattern, Geomorphology, Potential, Guilan province.

Highlight

- Identifying the potential of groundwater resources in the coastal areas through the Geomorphological evidence of the region leads to saving and sustainable management of the groundwater resources in the coastal plains.
- The separation of river patterns in the coastal areas of Guilan province in order to prioritize the management of groundwater resources creates an effective road map to control the quantitative and qualitative crises of these resources.

Extended Abstract

Introduction

As open systems, landforms tend to maintain a dynamic balance or stability, and this state is sustained as long as the amount of energy and matter entering the system is equal to the amount of energy and matter leaving it. When there is a change in the balance between the input and output of an open system, the system strives to reach a new dynamic balance. The time required to achieve this new balance is considered its transitional state. The duration of this period depends on the sensitivity of the system. The amount of energy and matter stored in a system changes according to the amount of energy and matter flowing into it. This change aligns with the increase and decrease in the amount of input energy and matter. The higher the system's storage capacity, the less sensitive it will be to changes. If we assume that the water table is a system adjacent to landforms, based on the above-mentioned, it can be concluded that there is a close relationship between their changes. Therefore, understanding the behavior of

*. Corresponding Author: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

landforms and the processes that govern them at different spatial scales is crucial for diagnosing and predicting water tables. For this reason, geomorphologists have entered this field of study and have tried to establish a relationship between the characteristics of the earth's surface shape and groundwater resources, thereby facilitating access to these resources. One of the most prominent features in plains is the changes in river patterns, which, in the current study, has been discussed regarding the role of river patterns in identifying groundwater potential.

Methodology

In order to analyze the data, information from 252 observation wells over the last 13 years, across different seasons, was obtained from the Iranian Water Resources Organization. Based on this data, the average, historical, and minimum depths of the groundwater table relative to the surface were zoned according to the influence of the rivers. Additionally, using Landsat 8 satellite images, the areas of alluvial fans and main rivers were determined. Finally, the sinuosity coefficient was categorized into four patterns: straight, sinusoidal, meandering, and extreme meandering, and based on this classification, 31 rivers were identified and mapped. After determining and estimating the groundwater data, the morphometric characteristics of the rivers and the resulting patterns were also identified and calculated. In the end, hierarchical, parametric, and non-parametric statistical methods and tests were applied to assess the influence of the river patterns and the environmental parameters of each pattern on changes in the groundwater table.

Results and discussion

Out of the total of 31 rivers identified in the eastern part of Guilan province, 76 sections can be distinguished based on the changes in the appearance of the rivers. These sections are distributed as follows: 5 in straight rivers, 31 in sinuous rivers, 35 in meandering rivers, and 5 in severely meandering rivers. It is clear that the change in the river's appearance reflects the morphogenic characteristics of the region and can have a direct relationship with soil permeability and, consequently, with changes in groundwater levels. To verify this, all the rivers were considered a system, and each river pattern was analyzed separately. The results showed that the groundwater situation can be divided into two main clusters based on the depth of the water table. The first cluster contains 11 large rivers, while the second cluster contains 20 rivers of medium to small length. Most of the rivers in the first cluster are located in the region's western part, whereas the rivers in the second cluster are generally found in the eastern part. The maximum depth from the ground surface to the groundwater table is associated with the second cluster, with an average depth of 7.4 meters. In fact, the water table in these areas is lower and has less potential than in the first cluster. Although the average sinuosity coefficient in both clusters falls within the meandering or Pichanrodi range, there is a significant and strong difference of 95%, with the sinuosity coefficient in each cluster being distinctly different. This demonstrates that when rivers in a region exhibit a strong meandering tendency, the water table depth is lower and has greater potential.

Conclusion

Given that the river pattern follows the characteristics of soil texture, land slope, river discharge, etc., it can be said that changes in the morphogenic and morphometric conditions of the region, in addition to changing the river pattern, also cause changes in the Groundwater pattern, which is discussed in the article. Exploration and potentialization of Groundwater are very important. Therefore, it can be inferred that in spatial zones separated in terms of pattern changes, the greater the degree of sinuosity. The groundwater potential is more suitable and the water table is closer to the ground surface. The results of examining groundwater changes in the area of influence of each river pattern also confirm this result. Analyses show that the groundwater water table in areas where rivers with a straight pattern have a high depth than the surface, and in rivers with a sinusoidal, meandering and meandering pattern, respectively, the extreme depth of the water table reaches its lowest limit. Also, the results of the data coefficient of determination (R^2) show a level of 95%, which indicates a linear correlation of the data and the non-randomness of this information.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgment

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

Citation:

Rajabi Eslāmi, A., Ghahroudi Tāli, M., & Sālehipour Milāni, A. (2024). Evaluation of the Role of River Platforms in Changing the Groundwater Table Levels in Eastern Guilan Province. *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 5(4), pp. 1-22.
DOI: 10.22124/gscaj.2024.23937.1220

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. 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.



ارزیابی نقش پلتفرم‌های رودخانه‌ای بر تغییر سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی شرق استان گیلان^۱

علی رجبی اسلامی^۱، منیژه قهرودی تالی^{۲*}، علیرضا صالحی پور میلانی^۳

۱. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. استاد ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. استادیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

DOI: 10.22124/gscaj.2024.23937.1220

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷

چکیده

ارتباط تنگاتنگی بین سفره‌های آب‌های زیرزمینی و لند فرم‌های ژئومورفولوژی و به‌خصوص رودخانه‌ای وجود دارد. با گسترش ارتباط میان علم ژئومورفولوژی در غالب نظریات هیدرو ژئومورفولوژی، توجه به ابعاد مختلف نقش لند فرم‌ها در پتانسیل آب زیرزمینی مورد اهمیت قرار گرفت و توسعه این تفکر باعث شد تا دستیابی به آب زیرزمین از روی بعضی شاخص‌ها و نشانگرهای ژئومورفولوژی تا حدود زیادی آسان گردد. یکی از اشکال بسیار شاخص در محدوده دشت‌ها که تغییرات آن می‌تواند بر روی سطح آب‌های زیرزمینی تأثیر بگذارد، الگو رودخانه‌ها است. در پژوهش حاضر الگوی مورفولوژی و همچنین طول، مساحت و ارتفاع ۳۱ رودخانه بخش مرکزی و شرقی گیلان محاسبه و تأثیر آنها بر روی سطح آب‌های زیرزمین مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ محدوده مخروط‌افکنه و رودخانه‌های اصلی تعیین گردید و ضریب سینوسیته تعیین و رودخانه به چهار الگوی مستقیم، سینوسی، پیچان‌رودی و پیچان‌رودی شدید تقسیم‌بندی شد. در ادامه نقشه آب‌های زیرزمینی منطقه تهیه شد و با همپوشانی آن با الگوی رودخانه تأثیرگذاری الگوی رودخانه بر تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از روش‌ها و آزمون‌های آماری سلسه‌مراتبی و پارامتریک و ناپارامتریک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که در پهنه‌های مکانی تفکیک‌شده از نظر تغییرات پلتفرمی و الگویی، هرچقدر میزان سینوسیته، طول رودخانه و مساحت محدوده اثر رودخانه بیشتر باشد. پتانسیل آب زیرزمینی مناسب‌تر بوده و سطح ایستابی به سطح زمین نزدیک‌تر است. همچنین نتایج آنالیزهای آماری نشان داد رابطه ضریب سینوسیته رودخانه با عمق آب زیرزمین به‌صورت خطی و غیر تصادفی بوده و عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی با حرکت از سمت الگوی مستقیم به سمت الگوی پیچان‌رودی شدید، کاهش پیدا می‌کند.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، الگوی رودخانه‌ای، ژئومورفولوژی، پتانسیل‌یابی، استان گیلان.

نکات برجسته

- شناسایی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در نواحی ساحلی به‌وسیله شواهد ژئومورفولوژیکی منطقه سبب صرفه‌جویی و مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در دشت‌های ساحلی می‌شود.
- تفکیک الگوهای رودخانه‌ای در نواحی ساحلی استان گیلان به‌منظور اولویت‌بندی مدیریت منابع آب زیرزمینی نقشه راه مؤثری برای کنترل بحران‌های کمی و کیفی این منابع ایجاد می‌کند.

^۱ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری، نویسنده اول با عنوان تحلیل مقایسه‌ای نقش لند فرم‌ها بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی در نواحی مرکزی استان گیلان و غرب استان تهران می‌باشد که باراهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه شهید بهشتی دفاع شده است.

* نویسنده مسئول: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

۱. مقدمه

بشر از ابتدای حیات در کره زمین، نیاز به آب سالم و باکیفیت را از منابع آب زیرزمینی تأمین کرده است. وجود چشمه‌ها جلوه‌ای از آب زیرزمینی در سطح زمین به شمار می‌آیند که نقش کلیدی در مکان‌گزینی و توسعه سکونتگاه‌های اجتماعی ایفا کرده است (اندیشکده تدبیر/آب/ایران ۱۳۹۷: ۱۴). بهره‌برداری از آب زیرزمینی در مقایسه با آب سطحی به دلیل مهیا بودن در مقیاس محلی، امکان تعدیل برداشت، قابلیت اطمینان بالا در دوره خشک‌سالی، کیفیت خوب و نیازمندی به حداقل تصفیه، غالباً منافع اقتصادی بیشتری دارد (Burke and moench, 2000: 183). این منابع تأمین‌کننده بیش از ۵۰ درصد از آب شرب و ۴۳ درصد از آب بخش کشاورزی جهان هست و بیش از ۲/۵ میلیارد نفر در سراسر جهان برای رفع نیازهای اولیه به آب‌های زیرزمینی متکی هستند (موسسه تحقیقات آب، ۱۳۹۴: ۹).

در سال‌های اخیر میزان وابستگی شهرها و شهرک‌های فراوان به آب زیرزمینی در حال افزایش است و سهم این منابع در کشاورزی از نظر میزان محصول و بهره‌وری اقتصادی زیاد می‌باشد. در حقیقت آب زیرزمینی از ارکان انقلاب سبز در کشاورزی آسیا بوده است (Foster and Gardun, 2013: 317). در بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی توجه به ویژگی‌های محیطی و انسانی منطقه حائز اهمیت است، از این رو نیازمند ملاحظه دقیق از نظر بهره‌برداری کارآمد، اثرات اکولوژیکی، عدالت میان نسلی و تغذیه کافی بر اساس شرایط محیطی و ژئومورفیک است (Margat and van der Gun, 2013: 372). با توجه به قرارگیری ایران در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان و وجود محدودیت‌های ذاتی منابع آب همچون نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارش‌ها (کردوانی، ۱۳۹۰: ۴۱۹) و همچنین آلودگی منابع آب سطحی بخصوص در شمال کشور، مکان‌یابی مناسب جهت اکتشاف چاه و حفظ پتانسیل پایدار آب‌های زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اکتشاف منابع آب زیرزمینی نیازمند شناخت مناطق مستعد بوده که به سه روش ژئوفیزیک، زمین‌آمار، گمانه‌زنی صورت می‌گیرد (خلیلی نفت چالی، ۱۳۹۵: ۴). هرچند این تکنیک‌ها ممکن است برآورد دقیقی از آبخوان‌ها به دست دهد، اما اکثر این روش‌ها زمان‌بر، دارای پوشش مکانی محدود، هزینه‌بر و نیازمند عملیات میدانی یا صحرایی در منطقه است. درواقع در روش‌های گمانه‌زنی و زمین‌آمار مستقیماً نوع سنگ‌ها، تخلخل، نفوذپذیری و مشخصاتی از این قبیل به دست نمی‌آید، بلکه با اندازه‌گیری برخی از خواص فیزیکی می‌توان محل‌هایی را که احتمال وجود آبخوان‌های مطلوب بیشتر است را مشخص کرد (صادقت، ۱۳۸۷: ۲۸۸) که نیازمند شناخت کامل سیستم و پیش‌بینی شرایط کنونی و آینده و همچنین ارائه شاخص‌های محیطی موردتوجه ژئومورفولوژیست‌ها می‌باشد (اصغری مقدم، ۱۳۸۹: ۳۶۸) رودخانه از اشکال مهم ژئومورفولوژی مناطق جغرافیایی است که تا حدود بسیار زیادی ماهیت ژئومورفیک هر منطقه را نشان می‌دهد. درواقع الگوهای ظاهری رودخانه را می‌توان به چهار گروه اصلی طبقه‌بندی نمود که عبارت‌اند از کانال‌های مستقیم، سینوسی پیچان‌رودی (مئاندری) و پیچان‌رودی شدید. هر الگو شکل پلانیمتری رودها را تشریح می‌کند. الگوی کانال برگرفته از مجموعه خصوصیات است که می‌تواند رابطه مستقیمی با وضعیت نفوذ آب زیرزمینی و به طبع آن تغییرات سطح ایستابی آب ایجاد کند. عواملی نظیر تغییر در دبی رودخانه وضعیت رسوب، شیب سطح زمین، قدرت رودخانه، پوشش گیاهی و... سبب تغییر الگوی رودخانه در امتداد مسیر آن می‌شود. این عوامل از مهم‌ترین فاکتورهای نفوذ آب زیرزمین در مناطق دشت و پایین‌دست خط شکست کوهستان (خط کنیک) نیز محسوب می‌شود (حسین زاده و اسماعیلی، ۱۳۹۴: ۳۳۸) بنابراین می‌شود این‌گونه استنباط کرد که با تغییر در الگوی رودخانه وضعیت سطح ایستابی آب زیرزمینی نیز باید تغییر یابد. به‌منظور صحت سنجی این موضوع الگوی رودخانه‌های شرق استان گیلان برحسب تغییرات مکانی سطح ایستابی آب زیرزمینی موردبررسی قرار گرفت.

۲. مبانی نظری

سیستم‌ها قادر به تبادل انرژی و ماده در درون خود و خارج از خود هستند و در یک سیستم، معابر انتقال و عبور انرژی و ماده وجود دارد. همچنین در درون یک سیستم، مواد می‌توانند از مکانی به مکان دیگر جابه‌جا شوند و یا به واسطه کنش‌های شیمیایی تغییر یابند. لند فرم‌ها به‌عنوان سیستم‌های باز به‌نوعی تعادل دینامیکی یا پایداری تمایل دارند و این حالت (پایداری) تا زمانی که میزان انرژی و ماده ورودی سیستم با میزان انرژی و ماده خروجی از آن برابری کند، ابقاء می‌شود. وقتی تغییری در تعادل میزان ورودی و خروجی یک سیستم (باز) به وجود می‌آید، سیستم درصدد دستیابی به یک تعادل دینامیکی جدید برمی‌آید.

مدت‌زمانی که برای دستیابی به تعادل جدید به طول می‌انجامد، حالت گذار آن تلقی می‌شود. طول این مدت به حساسیت‌های سیستم بستگی خواهد داشت (Strahler, 1957: 913). میزان ذخیره انرژی و ماده در یک سیستم با میزان جریان انرژی و ماده به درون سیستم، تغییر می‌یابد. این تغییر سیری هماهنگ با افزایش و کاهش مقدار انرژی و ماده ورودی به سیستم دارد. هرچه ظرفیت ذخیره‌سازی سیستم بیشتر باشد، به همان نسبت حساسیت آن در برابر تغییرات کمتر خواهد بود. اگر فرض کنیم که سفره‌های آب‌های زیرزمینی از سیستم‌های مجاور لند فرم‌ها محسوب می‌شوند، بر اساس متن فوق می‌توان نتیجه گرفت که رابطه تنگاتنگی بین تغییرات آن‌ها وجود دارد. لذا شناخت رفتار لند فرم‌ها و فرایندهای حاکم بر آن در مقیاس‌های مکانی مختلف در تشخیص و پیش‌بینی سفره‌های آب‌های زیرزمینی حائز اهمیت است. مجموع ویژگی لند فرم‌ها و دگرگونی آن در مقیاس فضای حاکم بر محیط تشکیل از جمله عواملی هستند که برآیند ترکیب و برهم‌کنش آن‌ها می‌تواند بر میزان ذخیره، جهت جریان، کمیت و کیفیت آب زیرزمینی اثر گذاشته و آن را در کنترل خود درآورد (نگارش و همکاران ۱۳۹۵: ۵۵). برای درک درست و کامل پایداری سیستم آب زیرزمینی در مقیاس‌های مختلف (در صورت لزوم تحلیل کمی) نیاز به شناخت دینامیک ماده و انرژی همه مؤلفه‌های ژئومورفیک اثرگذار در فضای تشکیل آن است (قیومی محمدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱). با گسترش ارتباط میان علم ژئومورفولوژی در غالب نظریات هیدروژئومورفولوژی، توجه به ابعاد مختلف نقش لند فرم‌ها در پتانسیل آب زیرزمینی موردتوجه قرار گرفت به‌گونه‌ای که رابرت هورتن در اوایل قرن بیستم میلادی تأثیر فاکتورهای فیزیکی مؤثر بر نفوذپذیری در مقیاس‌های مکانی مختلف را انکارناپذیر دانست توسعه این تفکر باعث شد تا دستیابی به آب زیرزمین از روی بعضی شاخص‌ها و نشانگرها تا حدود زیادی آسان گردد. (Beven and Robert, 2004: 3447) به همین دلیل ژئومورفولوژیست‌ها نیز با به عرصه مطالعات گذاشته و سعی کردند تا بین ویژگی‌های شکل عوارض سطح زمین با منابع آب زیرزمینی رابطه برقرار نمایند و از این طریق دسترسی به این منابع را آسان‌تر سازند. یکی از اشکال بسیار شاخص در محدوده دشت‌ها تغییرات الگو رودخانه‌ها است که در پژوهش حاضر به نقش پلتفرم‌های رودخانه‌ای در شناسایی پتانسیل آب زیرزمینی پرداخته شده است.

۳. پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر نقش عوارض طبیعی و لند فرم‌ها در اکتشاف و مدیریت منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یک روش بهینه و کارآمد موردتوجه بسیاری از محققین داخلی و خارجی قرار گرفته است که در اینجا به تفصیل برخی مطالعات صورت گرفته در ایران و جهان بیان شده است. کافی (۱۴۰۰) در تحقیق خود با روش توصیفی و تحلیلی و به‌وسیله نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، نقشه‌های سطوح هم‌ارتفاع و هم‌عمق آب زیرزمینی و لوگ‌های حفاری به بررسی منابع آب زیرزمینی و ارتباط آن با اشکال ژئومورفیک دشت اهر پرداخته است. نتایج نشان داد که در دشت اهر بالاترین میزان سطح آب زیرزمینی بر روی دشت سیلابی بوده و پایین‌ترین سطح نیز در بخش جنوبی دشت اهر و بر روی ارتفاعات نزدیک به حاشیه سلسله جبال قوشاداغ قرار گرفته است. حیدری و جباری (۱۴۰۰) با استفاده از کد ریاضی Modflow به شبیه‌سازی تراز آب زیرزمینی مرودشت و بررسی سناریوهای قابل پیش‌بینی ژئومورفیک پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با استناد به نقشه‌های تهیه‌شده از آبخوان مرودشت و با توجه به آبرفتی بودن سفره‌ی آب زیرزمینی اثر افت سطح آب را می‌توان با فاصله مکانی کم مشاهده کرد. از سوی دیگر در نقشه‌های میان‌یابی ضریب پارامتر هدایت هیدرولیکی بیان‌کننده‌ی این است که میزان افت تراز آبخوان در مناطق شمال غرب، مرکز و جنوب شرق حوضه دارای بیشترین مقدار است که با ۱۱ درصد خطای نسبی مؤید مدل‌سازی مناسب است. سعیدی و همکاران (۱۴۰۰) نیز به‌وسیله رویکرد تلفیقی AHP و Fuzzy Topsis به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در دشت سیلاخور پرداختند. در این راستا، یازده لایه‌ی موضوعی شامل لایه‌های لیتولوژی، بارش، پوشش گیاهی، تراکم و فاصله از گسل، ارتفاع، شیب، دما، کاربری اراضی، تراکم و فاصله از آبراهه بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آماری تهیه و در ایجاد نقشه‌ی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به کار گرفته شد نتایج نشان داد نقشه‌ی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در پنج طبقه شامل پتانسیل زیاد، خوب، متوسط، کم و خیلی کم پهنه‌بندی گردید. بر این اساس نقاط دارای پتانسیل زیاد تا متوسط بیشتر در مرکز و جنوب غربی دشت قرار گرفته و منطبق بر نواحی آبرفت‌های کواترنری و سازندهای سخت کربناتی است. نگارش و همکاران (۱۳۹۶) نقشه درون‌یابی عمق، تراز و لوگ‌چاه‌های آب، تأثیر هیدرو ژئومورفولوژی حوضه آبریز رودخانه گاوی استان ایلام در تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت مهران را موردبررسی قرار دادند. همچنین بر اساس روش همبستگی اسپیرمن ارتباط

لند فرم‌ها با پارامترهای منابع آب زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که مشخص گردید بین مخروط افکنه‌ها، مسیل، تپه‌ها و دیگر اشکال ژئومورفولوژی با منابع آب زیرزمینی در سطح ۹۹ درصد رابطه معنادار وجود دارد. زنگنه اسدی و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر عوامل جغرافیایی در نوسان آب زیرزمین دشت پارس‌آباد مغان را در طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۱ از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل رگرسیون چند متغیره مورد پژوهش قرار دادند. در این تحقیق از آمار ۳۰ حلقه چاه مشاهده‌ای، داده‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، خاک، منابع ارضی و داده‌های اقلیمی استفاده شد. نتایج نشان داد که عوامل ارتفاع، شیب، جنس زمین (تخلخل و قابلیت انتقال) با تأثیرگذاری بر نفوذپذیری سبب افزایش سطح آب زیرزمینی در شمال شرقی دشت پارس‌آباد مغان شده است. در مطالعات خارجی نیز Seifu and et al (۲۰۲۲) بر اساس تکنیک‌های مکانی به شناسایی نقاط بالقوه آب زیرزمینی در مناطق خشک حوضه فافن جتر اتیوپی پرداختند. نتایج نشان داد که برحسب ده عامل تأثیرگذار شامل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، شیب، خاک، تراکم خطی، تراکم زهکشی، کاربری زمین، پوشش زمین، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص ناهمواری توپوگرافی، و بارندگی منطقه به چهار ناحیه بالقوه کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد قابل تقسیم است. Mseli and eal (۲۰۲۲) به شناسایی مناطق بالقوه تغذیه آب زیرزمینی در حوضه ماکوتوپورا تانزانیا پرداخته و نقش خطواره‌ها و تراکم زهکشی، ارتفاع، شیب، سنگ‌شناسی، بارندگی، و کاربری زمین را بر تغییرات مکانی منابع آب زیرزمینی بررسی کردند. نتایج نشان داد که خصوصیات ژئومورفیک اطلاعات مفیدی را برای امکان اکتشاف چاه‌های آب زیرزمینی و تقویت برنامه‌ریزی و استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی در این منطقه فراهم کرده است. Hamdani and Baali (۲۰۱۹) تأثیر شاخص ارتفاع از نزدیک‌ترین زهکش را در شناسایی پتانسیل آب زیرزمینی مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش با استفاده از داده‌های حاصله از ماهواره لند ست ۸ و تصاویر ASTER شاخص ارتفاع از نزدیک‌ترین زهکش را محاسبه گردید نتایج نشان داد استفاده از شاخص به‌عنوان یک متغیر مستقل در پتانسیل‌یابی و تشخیص بهتر منابع آب زیرزمینی از دقت مناسبی برخوردار است.

۴. روش پژوهش

۴.۱. محدوده مطالعاتی

رودخانه‌های موجود در شرق استان گیلان در محدوده جغرافیایی ۴۰.۵۰° تا ۴۹.۰۰° طول شرقی و ۳۰.۳۰° تا ۳۷.۲۵° عرض شمالی از زیر حوضه‌های تالاب انزلی و دریای خزر در استان گیلان محسوب می‌شود (شکل ۳). این مناطق با وسعت ۳۸۲۰ کیلومتر مربع از غرب شهر ماسال شروع شده و تا شهر چابکسر (ابتدا مرز سیاسی استان مازندران) از شرق ادامه دارد. متوسط دمای ماهانه در ایستگاه رشت ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه در حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر ثبت شده است (دژکام و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۲۵) که بر طبق اقلیم نمای آمبرژه این مناطق در طبقه‌بندی خیلی مرطوب قرار دارد (لشنی زند و همکاران، ۱۳۹۸). مناطق مرکزی گیلان از نظر توپوگرافی و ژئومورفولوژی در زون البرز - تالش واقع شده و تحت تأثیر فرایندهای مجاور یخچالی و رودخانه‌ای می‌باشد (علایی طالقانی، ۱۳۸۸: ۳۶۰). این مناطق شامل لند فرم‌های ساحل، جلگه، پای کوه و تراس فوقانی است (سرور، ۱۳۸۳: ۲۰۵). در حقیقت وجود لند فرم‌های فعال، بارندگی زیاد، رودخانه‌های متعدد (نظیر گشت رودخان، قلعه رودخان، پسیخان رود، پیش رودبار، ماسوله رودخان و ...)، منابع آب‌های ساکن (آب بندان‌ها) و همچنین رسوبات آبرفتی اشباع در دامنه مخروط افکنه‌ها و سطح دشت، سبب ایجاد آب‌های زیرزمینی متعدد با سطح ایستابی بالا در محدوده حوضه آبخیز مورد مطالعه شده که شرایط سهل‌الحصولی جهت دستیابی و استحصال آب زیرزمینی از طریق حفر چاه به‌صورت دستی و با عمق کم (در حدود ۱۰-۳ متر) برای ساکنین منطقه فراهم نموده است. به‌طور کلی منابع آب زیرزمینی در استان گیلان وضعیت بسیار مطلوبی دارد، به گونه‌ای که تعدد رودها و تغذیه مناسب آن‌ها از بستر رودهای اصلی و فرعی، بالا بودن میزان بارش به همراه ضخامت زیاد رسوبات در این محدوده منجر به شکل‌گیری سفره‌های آب شیرین غنی شده است. از طرفی چون شیب سفره‌ها کم می‌باشد سطح آب در آن‌ها بالا بوده و سفره‌های در حالت اشباع نیز گنجایش زیادی برای آب‌های نفوذی ندارند. بارندگی در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی منطقه نقش اصلی را بر عهده دارد. بررسی آب زیرزمینی استان نشان می‌دهد که در سطح استان تعداد ۴۸۱۴۶ حلقه چاه و ۱۵۷۸۵ چشمه وجود دارد و تخلیه کل سالانه از منابع آب زیرزمینی استان حدود ۷۶۹۰۶۹ میلیون مترمکعب در سال است که ۱۶ درصد از میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی مربوط به چاه‌های عمیق

با مکان‌نمایی نامناسب می‌باشد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۹۸). از سال ۱۳۴۸ تاکنون مطالعات ژئوالکتریک بسیاری جهت بررسی پتانسیل آب زیرزمینی در این مناطق انجام شده که نشان می‌دهد با حرکت از جنوب منطقه به سمت نواحی شمالی (خروجی رودخانه‌ها) عمق آب زیرزمینی از حدود ۱ متر به بیش از ۱۵ متر می‌رسد. البته علیرغم بالا بودن سطح ایستابی در نواحی شمالی دشت و وجود شرایط سهل و ارزان برای دسترسی به آب زیرزمینی، به دلیل عواملی نظیر افزایش مهاجرپذیری، گسترده‌گی و بافت روستاها، بالابود تراکم نسبی جمعیت، عدم وجود سیستم جمع‌آوری و تخلیه بهداشتی فاضلاب خانگی، عدم شناخت لند فرم‌های مؤثر در کیفیت و کمیت آب و نوع کشت غالب کشاورزی و ... آب زیرزمینی به‌خصوص در نواحی ساحلی ناپایدار گردیده و نیازمند مدیریت و پتانسیل‌یابی مناسب می‌باشد. همچنین در دره‌های جنوبی دشت که وضعیت کیفیت آب از شرایط مطلوب‌تری برخوردار است به دلیل نزدیکی به سنگ کف و وجود لند فرم‌های اثرگذار بر پایداری آب زیرزمینی نیاز به مطالعه دقیق پتانسیل این منابع می‌باشد (گزارش شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گیلان، ۱۳۹۱: ۲۰۰).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲.۴. موارد و روش‌ها

در انجام هر پژوهش علمی معمولاً داده‌های موجود به‌تنهایی کافی نبوده و لازم است تا اطلاعات مناسب گردآوری شوند. از این رو به جهت تهیه اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی نقش پلتفرم‌های رودخانه‌ای بر تغییرات سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی شرق استان گیلان، ابتدا اطلاعات کتابخانه‌ای تهیه شد. سپس به‌وسیله اطلاعات جمع‌آوری شده و آزمون‌های آماری آنالیز و تحلیل داده‌ها صورت پذیرفت (شکل ۴). بدین منظور میانگین اطلاعات سطح ایستابی آب زیرزمینی داده‌های ۲۵۲ حلقه چاه مشاهده‌ای طی ۱۳ سال اخیر و در فصول مختلف از سازمان منابع آب کشور برداشت شد که در مجموع ۲۵۸۰ داده را شامل می‌شود. بعد از پهنه‌بندی داده‌های آماری، میانگین، بیشینه و کمینه عمق سطح ایستابی در هر محدوده تفکیک و محاسبه شد. همچنین پس از تعیین و برآورد داده‌های آب زیرزمینی ویژگی‌های مورفومتری رودخانه‌ها و الگوها حاصل از آن نیز شناسایی و محاسبه گردید. به‌منظور ترسیم کانال رودها از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتینل ۲ استفاده شد و ۳۱ رودخانه به‌عنوان رودخانه‌های اصلی شرق استان گیلان شناسایی گردید. سپس به‌وسیله تغییرات مورفومتری در طول مسیر رودخانه، نقاط عطف یا نقاط تغییر انحنا، هر رودخانه با توجه به الگوی آن به دو یا چند بخش تقسیم گردید. با توجه به الگوی رودخانه‌ها منطقه مورد مطالعه به ۷۷ بازه تفکیک و برای رقومی ساز و پردازش داده‌ها از نرم‌افزار Arc Gis 10.5 استفاده شد. ضریب سینوسیته هر رودخانه برحسب نسبت طول مسیر اصلی رودخانه بر طول دره یا طول خطی رودخانه محاسبه شد (رابطه ۱).

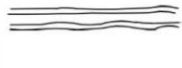
(۱)

$$\frac{L}{d} = S$$



شکل ۲: نسبت طول رودخانه به طول خطی رودخانه (Sugai and Godwin, 2010: 24).

با تعیین ضریب سینوسیته یا پیچش رودخانه (شکل شماره ۲)، هر رودخانه برحسب میانگین ضریب تعیین شده به چهار الگوی مستقیم، سینوسی، پیچان رودی و پیچان رودی شدید تقسیم می‌شود (شکل شماره ۳). همچنین طول مسیر رودخانه‌ها به‌صورت مستقل به‌عنوان یک پارامتر اثرگذار در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

ضریب پیچشی رودخانه	۱ - ۱/۰۵	۱/۰۶ - ۱/۲۵	۱/۲۵ - ۲	> ۲
شمای رودخانه				
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچان رودی	پیچان رودی شدید

شکل ۳: تقسیم‌بندی رودخانه‌ها بر اساس ضریب پیچشی یا سینوسیته (Yamani et al, 2002: 40)

محدوده اثرگذاری رودخانه‌ها برحسب محدوده مخروط افکنه هر رود جدا شده و میانگین مساحت آن نیز محاسبه گردید. به‌وسیله تصاویر مدل ارتفاعی ALOS PALSAR هر قسمت از منطقه اثر جدا شد و میانگین ارتفاعی محدوده محاسبه گردید. در پژوهش حاضر پس از تعیین ضریب سینوسیته رودخانه‌ها، نقشه‌های هم‌ارزش داده‌های دبی، سطح ایستابی و هدایت الکتریکی تهیه و برای هر یک از پهنه‌های مطالعاتی رودخانه‌ای ترسیم گردید. سپس به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ جهت طبقه‌بندی وضعیت آب زیرزمینی در محدوده اثر هر ۳۱ رودخانه از تحلیل خوشه‌ای سلسه‌مراتبی (HCA) استفاده و نمودار درختی آن ترسیم گردید. به منظور تفکیک مناطق مختلف بر اساس ویژگی‌های آبهای زیرزمین از تحلیل خوشه‌ای استفاده گردید. تحلیل خوشه‌ای از روش‌های کارآمد جهت تخمین شباهت بین عناصر در یک گروه است. با استفاده از خوشه‌بندی مناسب امکان جست‌وجوی ساده‌تر و دسترسی دقیق‌تری برای استفاده از اطلاعات امکان‌پذیر است (پرویز و بنیادی، ۱۳۹۸). در تحلیل خوشه‌ای مشاهدات هر خوشه بیشترین شباهت و مشاهدات خوشه‌های مختلف کمترین شباهت را دارند. در روش یادشده گروه‌بندی مشاهدات بر اساس فاصله بین آن‌ها انجام می‌شود. معادله ۲ نحوه محاسبه فاصله اقلیدسی در خوشه‌بندی سلسه‌مراتبی را نشان می‌دهد.

(۲)

$$(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - yi)^2}$$

با توجه ناپارامتریک بودن داده‌های هر خوشه به‌وسیله آزمون معناداری من-ویتنی میزان اختلاف معنادار هر پارامتر مشخص گردید. همچنین به دلیل تعیین میزان اثرگذاری پارمترهای رودخانه‌ای بر تغییرات عمق آب زیرزمینی در هر الگو نیز طبقه‌بندی سلسه‌مراتبی انجام شد و میزان معناداری آن برحسب تعداد متغیرها و پارامتریک یا ناپارامتریک بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون‌های واریانس یک‌طرفه، تی مستقل، کروسکال-والیس و من-ویتنی و همچنین آزمون همبستگی پیرسون محاسبه شد. نمودار روند تغییرات سینوسیته و عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی نیز به‌وسیله نرم‌افزار اکسل برآورد گردید.



شکل ۴: مراحل روش پژوهش

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

۵.۱. الگوی رودخانه‌ای و عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی

رودخانه‌های اصلی مناطق شرقی استان گیلان شامل ۳۱ رود بوده که از این میزان حدود ۴۲ درصد یعنی ۱۳ رودخانه از ۳ الگو یا پهنه‌بندی متفاوت در امتداد جریان خود برخوردارند. این رودخانه‌ها عموماً وسعت زیادی داشته و به دلیل فاصله زیاد کوهستان از دریا در نواحی غربی محدوده مطالعاتی گستردگی زیادی دارند. درواقع فاصله زیاد از ابتدای شروع مخروطافکنه در دهانه کوهستان تا انتهای خروجی رودخانه به دریا سبب شده است تا این تعداد از رودخانه‌ها از نظر تکامل الگوی رودخانه‌ای کامل‌تر از مابقی رودخانه‌ها باشند. الگوی غالب این رودخانه‌ها به صورت سینوسی و پیچان‌رودی و بعضاً پیچان‌رودی شدید است. حدود ۱۸ رودخانه که برابر با ۵۸ درصد کل رودخانه‌ها می‌شود از ۲ پلتفرم متفاوت در امتداد رودخانه تشکیل شده‌اند. از نظر وضعیت ژئومورفولوژی منطقه بیشتر این رودخانه‌ها مربوط به مناطق کم وسعت دشت ساحلی در بخش شرقی محدوده مطالعاتی بوده یا رودخانه‌های فرعی متصل به رود اصلی را شامل می‌شوند. درمجموع ۷۶ پهنه بر اساس تغییرات ظاهری در میزان ضریب سینوسیته رودخانه در مناطق مطالعاتی گیلان تعیین شد که از این تعداد ۵ پهنه در محدوده رودخانه‌های مستقیم قرار داشته و به ترتیب ۳۱، ۳۵ و ۵ پهنه دیگر در محدوده رودخانه‌های سینوسی، پیچان‌رودی و پیچان‌رودی شدید قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشخص است بیشترین الگو رودخانه‌ای مرتبط با پلتفرم‌های سینوسی و پیچان‌رودی است. ریزدانه بودن رسوبات و شیب کم سطح زمین در مناطق ساحلی از دلایل اصلی پیچان‌رودی شدن رودخانه‌ها است که مرز تغییر سطح ایستابی آب زیرزمینی را نیز تا حدودی می‌تواند مشخص نماید.



شکل ۵: تصویر بخشی از رودخانه‌های محدوده مطالعاتی شرق استان گیلان بر اساس نوع الگوی رودخانه‌ای

(تصویر الف): محدوده پیچان‌رودی پسیخان رود. تصویر (ب): محدوده پیچان‌رودی شدید رودخانه شمرد. تصویر (ج): محدوده سینوسی رودخانه ماسوله. تصویر (د): محدوده مستقیم رودخانه لرز چان

به‌طور کلی رودخانه‌های محدوده مطالعاتی گیلان از ابتدای مخروطافکنه و یا ابتدای ورودی رودخانه به دشت به صورت سینوسی شروع شده و در مرکز دشت حالت پیچان‌رودی پیدا می‌کند و در مناطق انتهایی به صورت پیچان‌رودی شدید یا مستقیم است. درواقع در انتهای خروجی رودخانه‌های مناطق غربی که در آن وسعت دشت زیاد است به دلیل گسترش دشت تا محدوده لاگون‌ها و مناطق بسیار ریزدانه، الگوی رودخانه به صورت پیچان‌رودی شدید می‌باشد. (شکل ۵)، اما در مناطق شرقی که وسعت دشت کم است، الگوی رودخانه به صورت مستقیم بوده که یکی از دلایل اصلی آن برش عرضی تپه‌های ماسه‌ای ساحلی است. رودخانه‌های مورد مطالعه در بخش ساحلی و دشتی مناطق شرقی استان گیلان از نظر ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی دارای پراکندگی مناسبی بوده و از طول ۱ کیلومتر در رودخانه گوهر سرا تا ۲۷ کیلومتر در رودخانه سفیدرود متغیر می‌باشند (جدول ۱ و ۲). همچنین میانگین طول کل رودخانه‌ها در حدود ۹ کیلومتر بوده که با توجه به جامع آماری وسیع و متنوع می‌توان نتایج حاصل از این پژوهش را به‌تمامی رودخانه‌های مشابه در مناطق مرطوب شمال کشور تعمیم داد. همچنین به‌منظور صحت سنجی ارتباط الگوی رودخانه‌ای با تغییرات سطح ایستابی، وضعیت آب زیرزمینی در هر بخش از رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. میانگین

عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی از سطح زمین در کل محدوده مطالعاتی حدود ۴/۵ متر می‌باشد. عمق سطح ایستابی در دشت شرقی گیلان با نسبت کمی از غرب به شرق و از جنوب به شمال متغیر بوده به صورتی که بیشترین میانگین عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در منطقه گوهر سرا با میزان ۱۰/۴ بوده و کمترین آن در محدوده رودخانه سیاه رود با میزان ۱ متر می‌باشد. با توجه به جدول شماره ۲ در هر رود مساحت، طول و ارتفاع محدوده اثر رودخانه تا رودخانه بعدی نیز محاسبه شده است زیرا این دو عامل در تفکیک اثرگذاری الگوی رودخانه‌ای بر آب زیرزمینی بسیار مؤثر است. (جدول ۱ و ۲)

جدول ۱: خصوصیات رودخانه‌ها و تغییر سطح ایستابی آب زیرزمینی نواحی شرقی

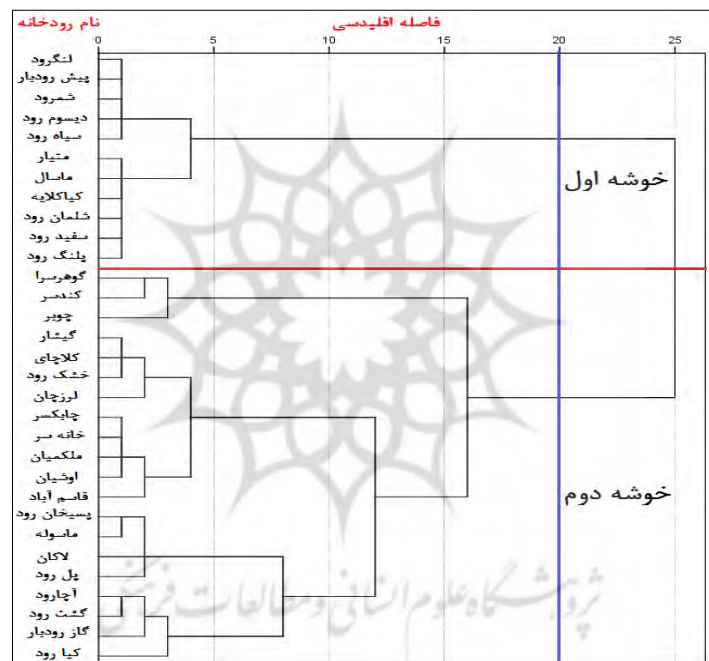
ردیف	نام	کد بازه	طول کل کیلومتر	ضریب سینوسیته	طول بازه کیلومتر	الگوی	وضعیت عمق سطح ایستابی			
							ارتفاع (متر)	میانگین (متر)	بیشینه (متر)	کمینه ای (متر)
۱	گوهر سرا	۱۱	۲/۲	۱/۲۷	۱/۵	پیچان‌رودی	۱/۱۲	۹/۹۵	۱۱/۰۹	۹/۵
		۱۲					-۱۹/۳۵	۱۰/۷	۱۰/۷	۹/۰۱
۲	کند سر	۲۱	۳/۶	۱/۳۸	۳/۶	پیچان‌رودی	۱/۶	۹/۳۸	۱۰/۱	۷/۶۵
		۳۱					۴/۸۹	۶/۱۲	۹/۱۶	۴/۰۵
۳	آچار رود	۳۲	۳/۳	۱/۰۷	۲/۲	سینوسی	۳	۷/۲۹	۹/۰۶	۳/۲۵
		۴۱					-۱۲/۷۳	۶/۱۸	۶/۴	۶
۴	چابکسر	۴۱	۳/۷	۱/۲۸	۳/۲	پیچان‌رودی	۰/۴	۴/۲۸	۶/۱	۲/۷
		۴۲					-۴/۷۴	۶/۴۵	۶/۶	۶/۱
۵	اوشیان	۵۱	۵/۵	۱/۰۷	۱	مستقیم	۰/۴	۲۰/۸۵	۵/۲۵	۲/۷
		۵۲					۶/۲	۴۵/۱۵	۵/۵۶	۵
۶	گیشار	۶۱	۴/۸	۱/۱۴	۱/۳	سینوسی	۰/۹	۵/۲۶	۴/۵۷	۳/۷
		۶۲					۲/۴	۳/۴۲	۴/۴	۲/۷
۷	ملکمیان	۷۱	۲/۵	۱/۳۴	۱/۲	پیچان‌رودی	۰/۵	۲۳/۵۰	۵/۶۶	۶/۰۱
		۷۲					۰/۸	-۱/۰۳	۴/۸۹	۵/۸۲
۸	خانه سر	۸۱	۲/۸	۱/۱۳	۱/۴	سینوسی	۰/۸	۳/۷۹	۶/۰۲	۴/۹
		۸۲					۰/۶	-۱۴/۰۴	۴/۱۹	۵/۱
۹	قاسم‌آباد	۹۱	۲/۶	۱/۱۹	۰/۳	سینوسی	۰/۴	۲۶	۷/۰۲	۷/۱۴
		۹۲					۳/۳	-۹/۵۹	۶/۱۷	۴/۱۴
۱۰	خشک‌رود	۱۰۱	۹	۱/۰۹	۷/۵	سینوسی	۷/۵	۴۶/۴۶	۳/۵۹	۶/۸
		۱۰۲					۵/۹	-۱۲/۶۶	۵/۲۲	۵
۱۱	لرز چان	۱۱۱	۸/۶	۱/۷۱	۷	پیچان‌رودی	۶/۴	۷/۲۹	۳/۵۱	۴/۵
		۱۱۲					۳	-۱۷/۵۴	۳/۸۷	۳/۹
۱۲	کلاچای	۱۲۱	۱۳/۴	۲/۶۳	۶/۵	پیچان‌رودی	۷/۴	۱۷/۸۹	۴/۲۵	۵/۶۲
		۱۲۲					۷/۱	-۹/۹۲	۴/۳۱	۵/۲
۱۳	پل رود	۱۳۱	۱۷/۲	۱/۱۷	۱۰/۳	سینوسی	۲۵/۸	۴۰/۲۵	۳/۴۴	۱۰/۵
		۱۳۲					۳۶/۶	-۵/۹۴	۴/۷۷	۶/۹
۱۴	کیا رود	۱۴۱	۲۱/۳	۱/۱۱	۲/۹	سینوسی	۵/۲	۲۹/۰۸	۹/۳۹	۱۳/۲
		۱۴۲					۵۹/۶	-۸/۹۳	۳/۷۵	۱۰/۴
۱۵	کیاکلايه	۱۵۱	۲۲/۳	۱/۵۴	۱۱/۵	پیچان‌رودی	۱/۳	۱	۳/۱۷	۶/۷
		۱۵۲					۱۳/۶	-۲۳/۹۷	۱/۶۱	۴/۰۱
۱۶	شلمان رود	۱۶۱	۳۲/۶	۱/۱۷	۲/۵	سینوسی	۴/۱	۵۰/۱۶	۲/۵۶	۴/۲۶
		۱۶۲					۴۴/۶	-۱۱/۶۶	۴/۰۴	۸/۶۳
۱۷	لنگرود	۱۶۳	۴۵	۲/۴	۱۷/۷	پیچان‌رودی	۲۶/۴	-۲۷/۲۴	۱/۹	۳/۵
		۱۷۱					۳۲/۷	۴/۱۸	۱/۶۴	۴/۲
۱۷	لنگرود	۱۷۲	۱۷۳	۱/۵۰	۸/۶	پیچان‌رودی	۲	-۱۳/۱۳	۱/۶۳	۳/۱
		۱۷۳					۱۵۲/۱	-۲۴/۴۶	۲/۹۴	۳/۳

جدول ۲: خصوصیات رودخانه‌ها و تغییر سطح ایستابی آب زیرزمینی نواحی مرکزی

ردیف	نام	کد بازه	طول کل کیلومتر	ضریب سینوسیته	طول بازه کیلومتر	الگوی	خصوصیات رودخانه و محدوده اثر رودخانه				وضعیت عمق سطح ایستابی	
							مساحت کیلومتر	ارتفاع (متر)	میانگین (متر)	بیشینه (متر)	کمینه ای (متر)	
۱۸	شمرود	۱۸۱	۸۱/۸	۱/۱۷	۱۱/۶	سینوسی	۳۱/۷	۵۱/۲۸	۳/۵۳	۶/۶	۰/۸۷	
		۱۸۲		۱/۵۷	۲۶/۱	پیچان‌رودی	۱۲۰/۶	-۷/۸۵	۱/۶۸	۳/۱	۰/۸۱	
		۱۸۳		۲/۶	۴۴/۱	سینوسی	۲۳۸/۹	-۲۴/۴۱	۱/۴۳	۱/۹	۰/۸	
۱۹	دیسوم رود	۱۹	۲۵/۸	۱/۱۴	۲/۷	پیچان‌رودی	۳/۶	۶۹/۲۸	۲/۷۹	۳/۰۱	۲/۶	
		۱۹۱		۱/۵	۲۳	پیچان شدید	۸۷/۳	۲۰/۰۹	۲/۰۳	۴/۰۲	۰/۹	
		۲۰۱		۱/۰۷	۱۷/۸	سینوسی	۶/۴	۶۱/۰۴	۵/۵۷	۶/۵	۴/۲	
۲۰	سفید رود	۲۰۲	۸۳/۱	۱/۲۵	۳۳/۳	پیچان‌رودی	۲۲۲/۶	۲۲/۵۸	۲/۷۷	۶/۷	۱/۲	
		۲۰۳		۱/۳۶	۳۱/۹	پیچان‌رودی	۷۹/۴	-۱۲/۸۴	۱/۳۳	۲/۵	۰/۱-	
		۲۱۱		۲/۰۶	۱۴/۵	پیچان‌شدید	۳۳/۹	۳۷/۷۱	۱/۱	۹/۰۳	۲/۰۷	
۲۱	سیاه رود	۲۱۲	۴۸/۳	۱/۱۷	۹/۵	سینوسی	۴۴/۱	۱۲/۱۴	۱/۵۲	۲/۵	۰/۱-	
		۲۱۳		۱/۳۵	۲۴/۲	پیچان‌رودی	۵۴/۵	-۱۳/۳۸	۴/۳۸	۲/۲	۰/۶۲	
		۲۲۱		۱/۵۸	۱۵/۲	پیچان‌رودی	۵۰/۸	۲۱/۹۳	۱/۵۸	۱۱/۸	۰/۵	
۲۲	لاکان	۲۲۲	۲۸/۸	۱/۴۹	۱۳/۵	پیچان‌رودی	۴۴/۹	-۴/۹۵	۳/۶۷	۲/۱	۰/۵	
		۲۳۱		۱/۱۱	۳/۸	سینوسی	۲/۴	۱۰۵/۹۸	۸/۲۷	۸/۵	۷/۹	
		۲۳۲		۱/۵۹	۱۰/۴	پیچان‌رودی	۲۰/۷	۶۲/۹۱	۷/۹	۸/۹	۴/۷	
۲۳	چوبر	۲۴۱	۱۴/۲	۱/۲۵	۱۳/۶	سینوسی	۳۹	۱۱۰	۲/۱۴	۹/۳	۱/۸	
		۲۴۲		۱/۳۶	۱۱/۶	پیچان‌رودی	۶۲/۵	۳۹/۴۶	۴/۸۷	۹/۳	۱/۳۶	
		۲۴۳		۱/۷۰	۳۷/۴	پیچان‌رودی	۱۷۵/۴	۱/۲	۴/۱۷	۷/۵	۰/۹	
۲۴	پسیخان رود	۲۴۴	۶۹/۸	۱/۱۰	۷/۱	سینوسی	۱۷/۱	-۲۱/۸۵	۲/۸۱	۲/۵	۱/۶	
		۲۵۱		۱/۱۵	۱۰/۹	سینوسی	۶/۸	۱۰۶/۰۵	۲/۱۱	۳/۴	۱/۲	
		۲۵۲		۱/۱۸	۲۵	سینوسی	۱۱۷/۵	۱۷/۰۶	۱/۹۳	۴/۷	۰/۸	
۲۵	پیش رودبار	۲۵۳	۴۹/۵	۱/۳۸	۱۳/۵	پیچان‌رودی	۴۹/۴	-۱۸/۹۲	۲/۰۱	۲/۵	۱/۵	
		۲۶۱		۱/۱۴	۶/۸	سینوسی	۳/۶	۱۴۶/۳۲	۸/۱۸	۹/۸	۶/۳	
		۲۶۲		۱/۱۶	۹/۳	سینوسی	۲۹/۱	۶۵/۰۲	۴/۷۳	۹	۰/۸	
۲۶	گشت رود	۲۷۱	۱۶/۱	۱/۷۴	۹/۶	پیچان‌رودی	۸/۹	۷۹/۸۰	۱/۹۳	۱۳/۶	۶/۶	
		۲۷۲		۱/۵۶	۱۱/۶	پیچان‌رودی	۲۷/۲	۴۱/۹۷	۴/۶۱	۷/۹	۱/۶	
		۲۷۳		۱/۰۸	۱/۸	سینوسی	۱۱/۱	۱۴/۸۲	۹/۹۱	۳/۳	۰/۹	
۲۷	گاز رودبار	۲۸۱	۲۳	۱/۱۳	۱۸/۹	سینوسی	۵۹/۶	۷۸/۲۷	۷/۴۴	۱۶/۵	۱/۶	
		۲۸۲		۱/۲۹	۱۴/۱	پیچان‌رودی	۶۶/۶	۶/۰۳	۱/۸۹	۳	۰/۹	
		۲۸۳		۱/۲۲	۸/۱	سینوسی	۴۴/۶	-۱۷/۴	۱/۸	۳/۰۲	۱/۴	
۲۸	ماسوله	۲۹۱	۴۱/۲	۱/۲۹	۵/۸	سینوسی	۶/۸	۸۲/۶۹	۴/۵۶	۸/۵	۲/۵	
		۲۹۲		۱/۴۳	۱۸/۸	پیچان‌رودی	۴۲/۸	۱۷/۷۲	۱/۶۶	۳/۹	۱/۴	
		۲۹۳		۱/۲۵	۱۱/۵	سینوسی	۲۸/۸	-۲۶/۶	۱/۸۷	۲/۴	۱/۴	
۲۹	پلنگ رود	۳۰۱	۳۶/۲	۱/۲۱	۵	سینوسی	۵/۹	۶۷/۴	۴/۲۸	۵/۹	۲/۸	
		۳۰۲		۱/۷۱	۶/۴	پیچان‌رودی	۱۶/۴	۳۲	۱/۹۷	۳/۲	۱/۴	
		۳۰۳		۱/۷۹	۹/۵	پیچان‌رودی	۲۲/۷	۴/۷۱	۲/۱	۳/۵	۱/۵	
۳۰	متبار	۳۱۱	۲۰/۹	۱/۱۲	۹/۱	سینوسی	۲۶/۹	۷۸	۴/۵۱	۶/۵۱	۱/۹	
		۳۱۲		۱/۳۰	۱۴/۱	پیچان‌رودی	۴۹/۴	۶/۵۶	۱/۹۷	۴/۵	۱/۶	
		۳۱۳		۱/۲۱	۸/۴	سینوسی	۱۸	-۲۱/۳	۳/۳۲	۲/۶	۱/۴	
۳۱	ماسال	۳۱۱	۳۱/۷	۱/۱۲	۹/۱	سینوسی	۲۶/۹	۷۸	۴/۵۱	۶/۵۱	۱/۹	
		۳۱۲		۱/۳۰	۱۴/۱	پیچان‌رودی	۴۹/۴	۶/۵۶	۱/۹۷	۴/۵	۱/۶	
		۳۱۳		۱/۲۱	۸/۴	سینوسی	۱۸	-۲۱/۳	۳/۳۲	۲/۶	۱/۴	

۲.۵. طبقه‌بندی و تحلیل پهنه اصلی رودخانه‌ها برحسب سطح ایستابی آب زیرزمینی

طبقه‌بندی خوشه‌ای وسیله میانبر تحلیل داده‌ها و اطلاعات هست که مشاهدات و داده‌ها را به گروه‌های متجانس طبقه‌بندی می‌کند به‌طوری‌که مشاهدات هر گروه بیشترین همسانی و مشاهدات گروه مختلف کمترین همسانی را باهم داشته باشند. از این‌رو به جهت طبقه‌بندی وضعیت سطح ایستابی آب زیرزمینی از تحلیل سلسه‌مراتبی استفاده شده است. همان‌طور که در نمودار درختی شکل شماره ۵ دیده می‌شود وضعیت آب زیرزمینی در رودخانه‌های شرق استان گیلان از نظر عمق سطح ایستابی به دو طبقه یا خوشه اصلی قابل تقسیم می‌باشند (شکل ۶). در محدوده پهنه‌بندی خوشه اول ۱۱ رودخانه بزرگ قرار دارند که حدود ۳۵/۵ درصد از کل رودخانه‌های این منطقه را شامل می‌شود در صورتی که در محدوده پهنه‌بندی خوشه دوم ۲۰ رودخانه با طول متوسط تا کوچک قرار دارند که ۶۴/۵ درصد از کل رودخانه‌ها است. اکثر رودخانه‌های خوشه اول در محدوده غربی منطقه بوده و رودخانه‌های موجود در خوشه دوم عموماً در منطقه شرقی محدوده واقع شده‌اند. میانگین مساحت و ارتفاع محدوده اثر رودخانه در خوشه اول برابر با ۴۹/۸ کیلومترمربع بوده و شاخص سینوسیته آن میانگین ۱/۴ را نشان می‌دهد. همچنین میانگین مساحت و ارتفاع محدوده اثر رودخانه در خوشه دوم برابر با ۱۵/۸ کیلومترمربع بوده و شاخص سینوسیته آن میانگین ۱/۲ را نشان می‌دهد. میانگین عمق سطح ایستابی در خوشه اول و دوم نیز به ترتیب برابر با ۲/۵ و ۵/۵ می‌باشد.



شکل ۶: نمودار درختی طبقه‌بندی تغییرات عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در محدوده اثر ۳۱ رودخانه

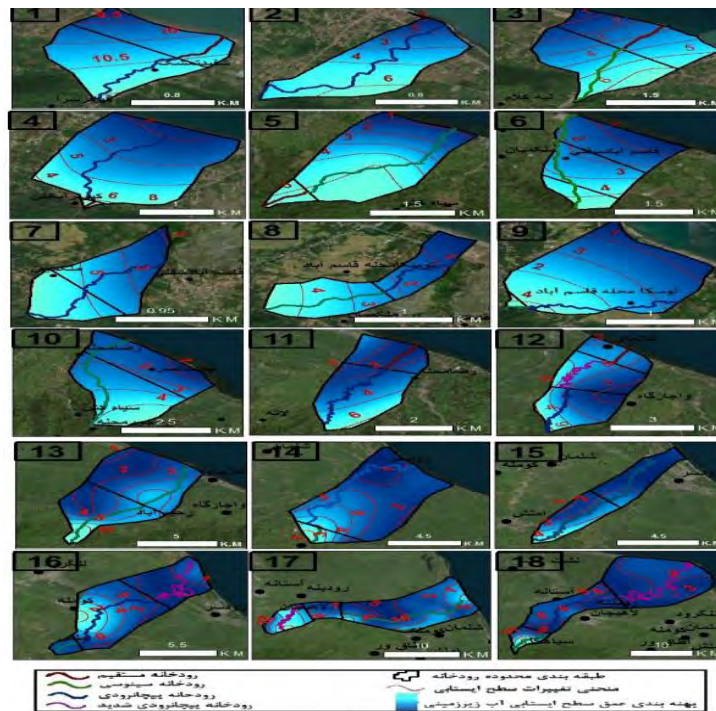
از تحلیل واریانس یک‌طرفه برای تعیین اینکه آیا بین میانگین‌های سه یا چند سطح از متغیر مستقل، تفاوت معناداری وجود دارد یا خیر استفاده می‌شود. بر این مبنا میانگین کل ویژگی‌های مورفومتری ۳۱ رودخانه مورد مطالعه و محدوده اثر آن با وضعیت آب زیرزمینی سنجیده شد (جدول ۳). بیشترین عمق سطح زمین تا سطح ایستابی آب زیرزمینی مربوط به خوشه دوم بوده که میانگین آن برابر با ۷/۴ متر است درواقع سطح ایستابی در این مناطق پایین‌تر بوده و از پتانسیل کمی کمتری نسبت به خوشه اول برخوردار بوده است. میانگین عمق تا سطح ایستابی در خوشه اول برابر با ۲/۵ متر است. همچنین میانگین بیشینه و کمینه سطح ایستابی در خوشه اول به ترتیب برابر با ۴/۴ و ۱/۴ متر بوده و در خوشه دوم برابر با ۷/۴ و ۳/۷ است. درواقع همان‌طور که از انحراف معیار داده‌های مشاهده‌ای مشخص است پراکندگی از میانگین در خوشه دوم بیشتر از خوشه اول است.

جدول ۳: نتایج آزمون معناداری (من-ویتنی) پارامترهای محیطی و ضریب سینوسیته رودخانه‌ها با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی

نوع پارامتر	U	سطح معنی‌داری	نوع خوشه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
ضریب سینوسیته کل	۶۰	۰/۰۳۹	خوشه اول	۱۱	۱/۴۷	۰/۲۱۵	۰/۶۵
			خوشه دوم	۲۰	۱/۳۰	۰/۱۷۶	۰/۳۹
طول رودخانه-کیلومتر	۲۷	۰/۰۰۱	خوشه اول	۱۱	۱۵/۲	۶/۶	۲
			خوشه دوم	۲۰	۵/۹	۴/۹	۱/۱
مساحت کل-کیلومتر	۳۷	۰/۰۰۳	خوشه اول	۱۱	۴۹/۸	۳۷/۵	۱۱/۳
			خوشه دوم	۲۰	۱۵/۸	۲۱/۴	۴/۷
میانگین ارتفاع کل متر	۱۰۷	۰/۸۳۶	خوشه اول	۱۱	۱۶/۶	۱۸/۵	۵/۵
			خوشه دوم	۲۰	۲۳/۴۵	۳۶/۴	۸/۱
میانگین عمق سطح ایستابی-متر	۵	۰/۰۰۱>	خوشه اول	۱۱	۲/۵۶	۰/۴۲	۰/۱۲
			خوشه دوم	۲۰	۵/۵	۱/۹	۰/۴۳
بیشینه عمق سطح ایستابی-متر	۱۰	۰/۰۰۱>	خوشه اول	۱۱	۴/۴	۰/۷۵	۰/۲۲
			خوشه دوم	۲۰	۷/۴	۲/۰۷	۰/۴۶
کمینه عمق سطح ایستابی-متر	۳۳	۰/۰۰۱	خوشه اول	۱۱	۱/۴	۰/۳۹	۰/۱۱
			خوشه دوم	۲۰	۳/۷	۲/۱۵	۰/۴۸

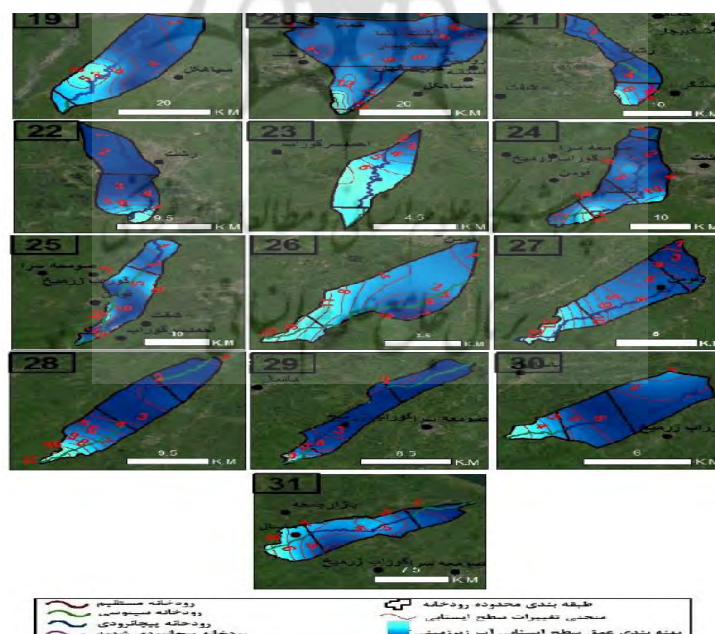
همان‌طور که در جدول فوق آمده است میانگین ضریب سینوسیته در خوشه اول برابر با ۱/۴۷ بوده و در خوشه دوم برابر با ۱/۳۰ است که به معنای اختلاف معنادار الگوی رودخانه‌ای در دو خوشه مختلف می‌باشد. درواقع در خوشه دوم که سطح ایستابی پایین بوده ضریب سینوسیته نیز پایین است و در خوشه اول که عمق سطح ایستابی تا سطح زمین کم است ضریب سینوسیته نیز بیشتر می‌باشد. اگرچه میانگین ضریب سینوسیته در هر دو خوشه در محدوده مئاندري یا پیچان‌رودی قرار دارد اما با یک تفاوت معنادار و قوی در حد ۹۵ درصد و با نمره واریانس ۵/۸ ضریب سینوسیته در هر خوشه کاملاً متفاوت است. این موضوع اثبات‌کننده این است که زمانی که در یک منطقه وضعیت رودخانه‌ها به مئاندري بودن شدید تمایل دارد، عمق سطح ایستابی نیز کمترتر بوده و دارای پتانسیل مناسبی است. با توجه به این که الگوی رودخانه‌ها از ویژگی بافت خاک، شیب زمین، دبی رودخانه و ... پیروی می‌کند، پس می‌توان گفت تغییر در وضعیت مورفونیک و مورفومتری منطقه علاوه بر تغییر الگوی رودخانه سبب تغییر در الگوی آب زیرزمینی نیز می‌شود که این امر در مبحث اکتشاف و پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت است.

در خوشه اول میانگین طول رودخانه در حدود ۱۵/۲ کیلومتر است و در خوشه دوم برابر با ۵/۹ کیلومتر است. اختلاف معنادار و قوی در حد ۹۹ درصد در دو خوشه متفاوت عمق آب زیرزمینی بیانگر آن است که هرچقدر طول رودخانه بیشتر باشد عمق آب زیرزمینی کمتر است و به سطح زمین نزدیک‌تر است. اما اگر محدوده تغییر الگوی رودخانه و طول آن کم باشد عمق سطح ایستابی تا سطح زمین بیشتر می‌شود. همین موضوع در مبحث مساحت نیز کاملاً مصدق است. میانگین مساحت در خوشه اول برابر با ۴۹/۸ کیلومتر و در خوشه دوم برابر با ۱۵/۸ کیلومتر می‌باشد. میانگین ارتفاع در هر محدوده نیز محاسبه شد که در خوشه اول برابر با ۱۶/۶ متر از سطح دریا و در خوشه دوم برابر ۲۳/۴ متر از سطح دریا است. درکل می‌توان این‌گونه بیان نمود که در پهنه‌های مکانی تفکیک‌شده از نظر تغییرات پلتفرمی و الگویی، هرچقدر میزان سینوسیته، طول رودخانه و مساحت محدوده اثر رودخانه بیشتر و ارتفاع منطقه از سطح دریا در این محدوده‌ها کمتر باشد، پتانسیل آب زیرزمینی مناسب‌تر بوده و سطح ایستابی به سطح زمین نزدیک‌تر است (شکل ۷ و ۸).



شکل ۷: پهنه‌بندی رودخانه‌های اصلی شرق استان گیلان بر اساس نوع الگوی رودخانه

(تصویر شماره ۱: رودخانه گوهر سرا، تصویر شماره ۲: رودخانه کند سر، تصویر شماره ۳: رودخانه آچازند، تصویر شماره ۴: رودخانه چابکسر، تصویر شماره ۵: رودخانه اوشیان، تصویر شماره ۶: رودخانه گیشار، تصویر شماره ۷: رودخانه ملک‌میان، تصویر شماره ۸: رودخانه خانه سر، تصویر شماره ۹: رودخانه قاسم‌آباد، تصویر شماره ۱۰: رودخانه خشک‌رود، تصویر شماره ۱۱: رودخانه لرز چان، تصویر شماره ۱۲: رودخانه کلاً (جای). پهنه‌بندی رودخانه‌های اصلی شرق استان گیلان بر اساس نوع الگوی رودخانه (تصویر شماره ۱۳: رودخانه پل رود، تصویر شماره ۱۴: رودخانه کیا رود، تصویر شماره ۱۵: رودخانه کیا کلایه، تصویر شماره ۱۶: رودخانه شلمان رود، تصویر شماره ۱۷: رودخانه لنگرود، تصویر شماره ۱۸: رودخانه شمرود)



شکل ۸: پهنه‌بندی رودخانه‌های اصلی مرکز استان گیلان بر اساس نوع الگوی رودخانه

(تصویر شماره ۱۹: رودخانه دیسوم رود، تصویر شماره ۲۰: رودخانه سفیدرود، تصویر شماره ۲۱: رودخانه سیاه رود، تصویر شماره ۲۲: رودخانه لاکان، تصویر شماره ۲۳: رودخانه چوبر، تصویر شماره ۲۴: پسیخان رود، تصویر شماره ۲۵: رودخانه پیش رودبار، تصویر شماره ۲۶: رودخانه گشت رود، تصویر شماره ۲۷: رودخانه گاز رودبار، تصویر شماره ۲۸: رودخانه ماسوله، تصویر شماره ۲۹: رودخانه پلنگ رود، تصویر شماره ۳۰: رودخانه متیار، تصویر شماره ۳۱: رودخانه ماسال)

۵.۳. ارزیابی تغییرات سطح ایستابی بر اساس تغییرات الگوی رودخانه‌ها

برحسب تغییرات مشاهده‌ای در مسیر رودخانه‌ها، هر رودخانه توسط الگوهای رودخانه‌ای به یک یا چند محدوده تأثیرپذیر طبقه‌بندی شده‌اند. در مجموع از ۳۱ رودخانه موجود در شرق استان گیلان ۷۶ پهنه با ضرایب سینوسیته متفاوت تشخیص داده شده است. با توجه به جدول شماره ۴ نتایج آزمون همبستگی داده‌های مورفومتریک رودخانه‌ای و محیطی با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی نشان می‌دهد که تغییرات ضرایب سینوسیته رودخانه در هر ۴ الگو دارای همبستگی منفی و قوی (در حد ۹۹ درصد) با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی است. درواقع با افزایش ضریب سینوسیته به سمت پیچان‌رودی شدید میزان عمق سطح ایستابی تا سطح زمین نیز کاهش پیدا می‌کند. تغییرات طول رودخانه‌ها در ۷۶ الگوی مختلف نیز نشانگر همبستگی منفی و قوی این عامل با میانگین عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی است، یعنی هرچه قدر طول مقطعی از رودخانه که پلتفرم مختص به خود را دارد بزرگ‌تر باشد عمق آب زیرزمین تا سطح کمتر است و پتانسیل آن مناسب می‌باشد. میزان معناداری آزمون همبستگی طول رودخانه با میانگین عمق آب زیرزمینی و کمینه عمق به ترتیب برابر با $0.01 >$ و $0.44 >$ است.

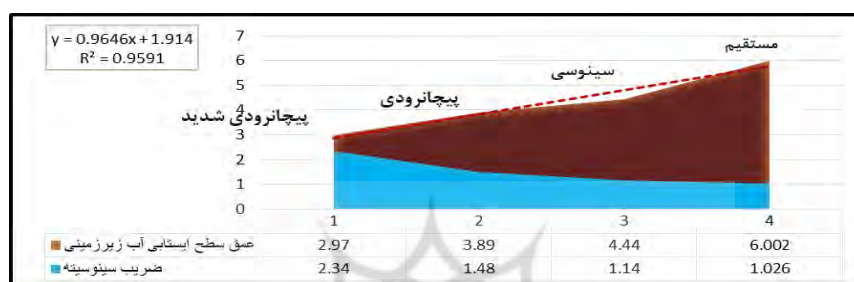
مساحت هر بخش از محدوده تحت تأثیر از الگوهای رودخانه با میانگین و کمینه عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی رابطه منفی و قوی در حد ۹۹ درصد دارد. میانگین ارتفاع در بخش‌های تعیین شده نیز با عمق سطح ایستابی سنجیده شد که بیانگر رابطه مستقیم و قوی با این تغییر است. پس در کل می‌توان بیان نمود که هرچه قدر ضریب سینوسیته، مساحت محدوده و طول رودخانه بیشتر شود عمق سطح ایستابی تا سطح زمین کم می‌شود. و هرچه قدر ارتفاع نیز در این مناطق کمتر باشد عمق به سطح نزدیک‌تر است. درواقع همبستگی قوی این چهار عامل به همدیگر و رابطه آن با آب زیرزمین می‌تواند پیش‌بینی در تعیین مکان مناسب جهت دستیابی به آب زیرزمین پایدار را فراهم نماید.

جدول ۴: آزمون همبستگی (پیرسون) میان ضریب سینوسیته و پارامترهای محیطی رودخانه با میانگین عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی

نوع پارامتر	میانگین عمق سطح ایستابی	بیشینه عمق سطح ایستابی	کمینه عمق سطح ایستابی
ضریب همبستگی	-۰/۴۰۲	-۰/۱۴۹	-۰/۲۳۲
معنی‌داری	۰/۰۰۱ >	۰/۲	۰/۰۴۴
تعداد		۷۶	
ضریب همبستگی	-۰/۴۸۹	-۰/۱۶۳	-۰/۵۵۴
معنی‌داری	۰/۰۰۱ >	۰/۱۶۰	۰/۰۰۱ >
تعداد		۷۶	
ضریب همبستگی	-۰/۳۷۳	-۰/۱۶۱	-۰/۴۷
معنی‌داری	۰/۰۰۱ >	۰/۱۶۵	۰/۰۰۱ >
تعداد		۷۶	
ضریب همبستگی	۰/۲۱۰	۰/۳۹۳	۰/۲۷۷
معنی‌داری	۰/۰۶۸	۰/۰۰۱ >	۰/۰۱۵
تعداد		۷۶	

همان‌طور که در نمودار شکل شماره ۸ نمایش داده است، سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطقی که الگوی رودخانه به صورت مستقیم بوده و ضریب سینوسیته بسیار کم است، بیشترین عمق را تا سطح زمین دارد. میانگین عمق سطح زمین تا سطح ایستابی در این مناطق در حدود ۶ متر است و میانگین ضریب سینوسیته نیز در حدود ۱/۰۲ است. در رودخانه‌های سینوسی، عمق سطح ایستابی نسبت به نواحی دارای الگوی مستقیم، به سطح زمین نزدیک‌تر بوده و میانگین آن برابر با ۴/۴ متر است. میانگین سینوسیته نیز در این مناطق ۱/۱ می‌باشد. رودخانه‌های پیچان‌رودی با میانگین عمق ۳/۸ و فراوانی نمونه ۳۵ دارای بیشترین پراکندگی در مناطق شرقی استان گیلان است. سطح ایستابی در این مناطق نسبت به دو منطقه قبلی به سطح زمین نزدیک‌تر است. میانگین ضریب سینوسیته در رودخانه‌های پیچان‌رودی در حدود ۲/۳۴ است که در این مناطق عمق سطح ایستابی به کمترین حد خود

می‌رسد. همچنین ضریب تبیین داده‌ها (R^2) ۹۵ درصد بوده که بیانگر همبستگی خطی داده‌ها و عدم تصادفی بودن آن‌ها است. بر اساس جدول شماره ۵ مشخص شد که مساحت و طول رودخانه بر اساس آزمون واریانس یک‌طرفه دارای اختلاف معنادار و قوی بوده که به معنای آن است که با افزایش طول رودخانه و به طبع آن افزایش مساحت محدوده اثر رودخانه، عمق سطح ایستابی تا سطح زمین کمتر می‌شود. میانگین مساحت در منطقه دارای الگوی مستقیم در حدود ۲ کیلومترمربع بوده که با اختلاف از سایر مناطق کمترین میزان وسعت را دارد. مساحت محدوده اثر در مناطق با الگوی پیچان‌رودی شدید دارای بیشترین میزان بوده که برابر با ۶۷/۸ کیلومترمربع است. برحسب آزمون واریانس یک‌طرفه نیز مشخص شد میانگین ارتفاع در هر بخش دارای اختلاف معنادار در حد ۹۵٪ است. نکته حائز اهمیت آن است که مناطق با الگوی مستقیم اگرچه دارای ارتفاع کمتری نسبت به مناطق با الگوی سینوسی و پیچان‌رودی است و باید عمق سطح ایستابی در آن‌ها بیشتر باشد، اما به دلیل وضعیت ژئومورفولوژی منطقه نظیر وجود تپه‌های ماسه‌ای و ساحلی، عمق سطح ایستابی بیشتر بوده و این موضوع در همبستگی ضریب سینوسیت به عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی کاملاً مشهود است.

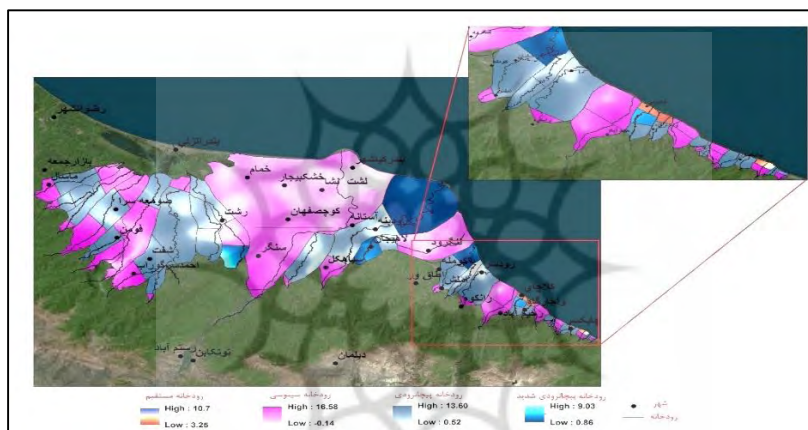


شکل ۹: نمودار روند مکانی تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی برحسب الگوهای رودخانه‌ای در رودخانه‌های شرق استان گیلان

جدول ۵. آزمون معناداری پارامترهای رودخانه‌ای و آب زیرزمینی برحسب چهار الگوی اصلی

نوع پارامتر	F	سطح معنی‌داری	نوع الگوی رودخانه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
ضریب سینوسیت کل	۱۱۴	> ۰/۰۰۱	مستقیم	۵	۱/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱
			سینوسی	۳۱	۱/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۰۸
			پیچان‌رودی	۳۵	۱/۴۸	۰/۱۸	۰/۰۳
			پیچان‌رودی شدید	۵	۲/۳۴	۰/۲۴	۰/۱۲
طول رودخانه کیلومتر	۶/۶۳	۰/۰۰۱	مستقیم	۵	۱	۰/۴	۱۹۸
			سینوسی	۳۱	۷/۲	۶/۲	۱۱۲۵
			پیچان‌رودی	۳۵	۱۲/۶	۹/۳	۱۵۷۲
			پیچان‌رودی شدید	۵	۱۹/۸	۱۴/۲	۶۳۶۹
مساحت کل کیلومتر	۲/۵۴	۰/۰۶۳	مستقیم	۵	۲	۱/۵	۰/۶
			سینوسی	۳۱	۲۲	۳۴/۱	۶/۱
			پیچان‌رودی	۳۵	۴۰/۶	۴۹/۷	۸/۴
			پیچان‌رودی شدید	۵	۶۷/۸	۹/۶	۰/۴
میانگین ارتفاع کل متر	۴/۹۱	۰/۰۰۴	مستقیم	۵	-۶/۳	۲۴/۶۸	۱۱/۰۳
			سینوسی	۳۱	۴۱/۷	۵۲/۸۹	۹/۴۹
			پیچان‌رودی	۳۵	۱۰/۲۷	۲۹/۲۳	۴/۹۴
			پیچان‌رودی شدید	۵	-۳/۹	۲۶/۴۴	۱۱/۸۲
میانگین عمق سطح ایستابی-متر	۴/۶۵	۰/۰۰۵	مستقیم	۵	۶/۳۹	۲/۶۵	۱/۱۸
			سینوسی	۳۱	۴/۷۸	۲/۲۴	۰/۴
			پیچان‌رودی	۳۵	۲/۶۶	۲/۱۷	۰/۳۶
			پیچان‌رودی شدید	۵	۲/۰۷	۱/۲۸	۰/۵۷
بیشینه عمق سطح ایستابی-متر	۰/۵۳	۰/۶۶	مستقیم	۵	۶/۹۱	۲/۹۲	۱/۳
			سینوسی	۳۱	۶/۴۲	۳/۲۳	۰/۵۸
			پیچان‌رودی	۳۵	۶	۳/۰۹	۰/۵۲
			پیچان‌رودی شدید	۵	۴/۷۶	۲/۶۶	۱/۱۹
کمینه عمق سطح ایستابی-متر	۲/۸۱	۰/۰۴۵	مستقیم	۵	۵/۰۳	۲/۴۹	۱/۱۱
			سینوسی	۳۱	۲/۷۷	۲/۰۱	۰/۳۶
			پیچان‌رودی	۳۵	۲/۳۴	۲/۱۴	۰/۳۶
			پیچان‌رودی شدید	۵	۱/۷۳	۱/۰۴	۰/۴۶

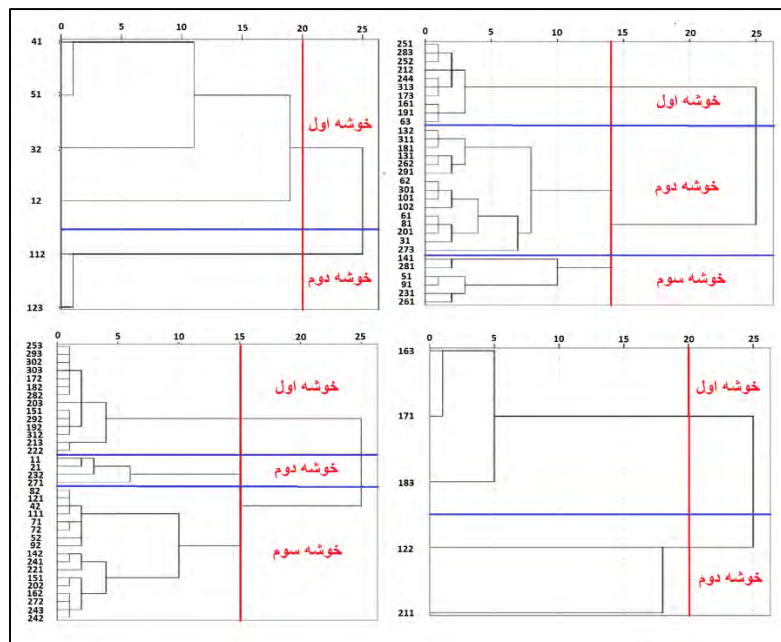
شکل شماره ۱۰ پراکندگی و پهنه‌بندی میانگین عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشخص است. عموماً رودخانه‌های شرقی محدوده مطالعه دارای بخش‌هایی با الگوی مسقیم بوده که در محدوده شهر کلاچای و چابکسر قرار دارد. در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک بخش مستقیم رودخانه معمولاً در ابتدای رود قرار دارا اما در مناطق مرطوب شمالی در انتهای خروجی رودخانه این الگو دیده می‌شود. عمق سطح ایستابی تا سطح زمین در این مناطق بین ۳/۲۵ متر تا ۱۰/۷ متر است. رودخانه‌های سینوسی که در تصویر بارنگ صورتی نمایش داده شده عموماً در بخش ابتدایی و انتهایی رودخانه‌ها دیده می‌شود و بیشترین عمق سطح ایستابی در این مناطق برابر با ۱۶/۵ و کمترین آن در حدود نیم متر است. اما رودخانه‌های با الگوی پیچان‌رودی که دارای پراکندگی زیاد بوده و بارنگ آبی کم‌رنگ در نقشه مشخص است، غالباً در بخش مرکزی رودخانه‌ها دیده می‌شود. بیشترین عمق آب زیرزمین تا سطح زمین در نواحی با الگوی پیچان‌رودی برابر با ۱۳/۶ متر بوده و کمترین آن در حدود نیم متر است. همچنین رودخانه‌های با الگوی پیچان‌رودی شدید از اشکال مختص به نواحی مرطوب ایران بوده که در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور به‌ندرت دیده می‌شود. این الگو به دو صورت در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. ۱- پیچان‌رودی شدید با طول موج بزرگ ۲- پیچان‌رودی شدید با طول موج کوچک. به‌طور مثال در پایین‌دست شهر کومله و رود بنه پیچان‌رودی شدید با طول موج بزرگ دیده می‌شود اما در محدوده شهر لاهیجان و غرب شهر سنگر پیچان‌رودی با طول موج کوچک دیده می‌شود. میانگین کمترین عمق سطح ایستابی در این نواحی حدود ۰/۸ متر بوده و بیشترین آن برابر با ۹ متر است.



شکل ۱۰: پهنه‌بندی میانگین عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی به تفکیک الگوهای رودخانه‌ای

۴.۵. ارزیابی تغییرات سطح ایستابی در هر الگوی رودخانه‌ای به‌صورت مستقل

به‌منظور آنالیز مستقل تغییرات عمق سطح ایستابی آب زیرزمین در هر یک از الگوهای رودخانه‌ای از تحلیل سلسه‌مراتبی استفاده شد. بدین منظور با توجه به شکل شماره ۱۱، تغییرات عمق سطح ایستابی آب زیرزمین در مناطق با الگوی مستقیم در دو خوشه مجزا طبقه‌بندی شد. در خوشه اول چهار محدوده اثر قرار گرفت و در خوشه دوم دو محدوده قرار گرفته است. بر اساس جدول شماره ۶ مشخص شد که مجموعه پارامترهای محیطی و رودخانه‌ای در دو خوشه دارای اختلاف معنادار نبود که نشان‌دهنده آن است که پارامترهای ضریب سینوسیته، مساحت، ارتفاع و طول رودخانه در الگوهای مستقیم محدوده مورد مطالعه (۶ محدوده اثر) در یک راستا قرار داشته و شبیه به هم می‌باشند. میانگین عمق سطح ایستابی در خوشه اول برابر با ۴ متر بوده و در خوشه دوم برابر با ۷/۵ متر است.



شکل ۱۱: نمودار درختی طبقه‌بندی تغییرات عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در هر یک از الگوهای رودخانه‌ای

جدول ۶. نتایج آزمون معناداری (من-ویتنی) پارامترهای محیطی و ضریب سینوسیته رودخانه‌ها با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق با الگوی رودخانه‌ای مستقیم

انحراف معیار	میانگین	نوع خوشه	سطح معنی‌داری	U	نوع پارامتر
۰/۰۰۷	۱/۰۴	خوشه اول	۰/۴۷	۱۰	ضریب سینوسیته کل
۰/۰۳	۱/۰۲	خوشه دوم			
۲۱۲	۱۴۹۷	خوشه اول	۰/۰۶۴	۴	طول رودخانه
۲۵۸	۸۵۸	خوشه دوم			
۲۸۳۰۳۵	۳۲۷۹۹۲۵	خوشه اول	۰/۰۶۴	۱۲	مساحت کل
۱۱۵۴۵۵۱	۹۹۵۸۱۴	خوشه دوم			
۱/۵	-۱۸	خوشه اول	۰/۱۶	۱۰	میانگین ارتفاع کل
۱۰۴	۵۲	خوشه دوم			
۰/۲۴	۴/۰۴	خوشه اول	۰/۰۴	۱۴	میانگین عمق سطح ایستابی
۱/۹۴	۷/۵۸	خوشه دوم			

مناطق که دارای الگوی سینوسی می‌باشند بر اساس شکل شماره ۱۱ و بر حسب عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی به ۳ خوشه متفاوت طبقه‌بندی شدند. در خوشه اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۰، ۱۵ و ۶ محدوده اثر وجود دارد. برحسب آزمون واریانس داده‌ها میانگین عمق سطح ایستابی با اختلاف معنادار در هر سه خوشه متفاوت است. به صورتی که در خوشه اول با میانگین ۲/۵ کمترین عمق را داشته و در خوشه سوم با میانگین ۸/۶ بیشترین عمق را دارا است. در رودخانه‌هایی که دارای الگوی سینوسی می‌باشند ضریب سینوسیته و میانگین ارتفاع نیز دارای اختلاف معنادار در حد ۹۹ درصد بوده. یعنی هرچقدر میزان سینوسیته و مساحت رو به افزایش باشد، میزان عمق سطح ایستابی تا سطح زمین کمتر است (جدول شماره ۷).

جدول ۷. نتایج آزمون معناداری (واریانس یک‌طرفه) پارامترهای محیطی و ضریب سینوسیته رودخانه‌ها با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق با الگوی رودخانه‌ای سینوسی

نوع پارامتر	F	سطح معنی‌داری	نوع خوشه	میانگین	انحراف معیار
ضریب سینوسیته کل	۳/۹۱	۰/۰۳	خوشه اول	۱/۱۷	۰/۰۴۲
			خوشه دوم	۱/۱۳۱	۰/۰۴۵
			خوشه سوم	۱/۱۳۶	۰/۰۳۲
طول رودخانه کیلومتر	۰/۷۵	۰/۴۸	خوشه اول	۹/۶	۷/۶
			خوشه دوم	۶/۵	۴/۸
			خوشه سوم	۶/۵	۷/۲
مساحت کل کیلومتر	۲/۱	۰/۱۴	خوشه اول	۴۱/۱	۵۲/۳
			خوشه دوم	۱۴/۱	۱۲/۸
			خوشه سوم	۱۴/۲	۲۵/۴
میانگین ارتفاع کل متر	۳/۸۹	۰/۰۳	خوشه اول	۱۵/۴۷	۴۵/۵۳
			خوشه دوم	۳۸/۷۵	۳۱/۹۷
			خوشه سوم	۷۷/۱۳	۵۱/۳۴
میانگین عمق سطح ایستابی متر	۳۳/۵۸	> ۰/۰۰۱	خوشه اول	۲/۵	۰/۶۵
			خوشه دوم	۵/۰۱	۱/۶۰
			خوشه سوم	۸/۰۶	۰/۹۰

جدول ۸. نتایج آزمون معناداری (کروسکال-والیس) پارامترهای محیطی و ضریب سینوسیته رودخانه‌ها با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق با الگوی رودخانه‌ای پیچان‌رودی

نوع پارامتر	Chi	سطح معنی‌داری	نوع خوشه	میانگین	انحراف معیار
ضریب سینوسیته کل	۰/۱۵	۰/۹۲	خوشه اول	۱/۴۸	۰/۱۹
			خوشه دوم	۱/۴۹	۰/۲۱
			خوشه سوم	۱/۴۷	۰/۱۷
طول رودخانه کیلومتر	۶/۳۱	۰/۰۴۳	خوشه اول	۱۶/۱	۷/۵
			خوشه دوم	۶/۳	۴/۳
			خوشه سوم	۱۱/۲	۱۰/۵
مساحت کل کیلومتر	۶/۰۶	۰/۴۸	خوشه اول	۴۸/۴	۳۲/۲
			خوشه دوم	۸/۱	۹/۱
			خوشه سوم	۴۱/۷	۶۳/۸
میانگین ارتفاع کل متر	۷/۵	۰/۵۱	خوشه اول	۲/۴-	۱۷/۵
			خوشه دوم	۳۴/۱۵	۴۳/۶
			خوشه سوم	۱۵/۱۵	۲۹/۹
میانگین عمق سطح ایستابی متر	۱۵/۳۷	> ۰/۰۰۱	خوشه اول	۲/۱	۰/۸۴
			خوشه دوم	۷/۲	۳/۶۷
			خوشه سوم	۴/۰۷	۱/۱۹

رودخانه‌های با الگوی پیچان‌رودی برحسب شکل شماره ۱۱ به ۳ خوشه مستقل طبقه‌بندی شده است. خوشه اول دارای ۱۴ محدوده اثر بوده و خوشه دوم و سوم به ترتیب ۴ و ۱۷ محدوده اثر دارند. نتایج آزمون کروسکال والیس (جدول شماره ۸) نشان می‌دهد که میانگین عمق سطح ایستابی در هر سه خوشه دارای اختلاف معنادار است که بیشترین عمق با ۷/۲ متر مربوط به خوشه دوم بوده و کمترین عمق با ۲/۱ متر مربوط به خوشه اول است. میزان طول رودخانه نیز دارای اختلاف معنادار بوده به صورتی که هرچقدر طول رودخانه افزایش پیدا کند عمق سطح ایستابی کمتر می‌شود.

جدول ۹. نتایج آزمون معناداری (تی - مستقل) پارامترهای محیطی و ضریب سینوسیته رودخانه‌ها با عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق با الگوی رودخانه‌ای پیچان‌رودی شدید

نوع پارامتر	T	سطح معنی‌داری	نوع خوشه	میانگین	انحراف معیار
ضریب سینوسیته کل	۰/۶۵	۰/۴۷	خوشه اول	۲/۳	۰/۲۸
			خوشه دوم	۲/۳	۰/۴
طول رودخانه کیلومتر	۴/۲۳	۰/۱۳	خوشه اول	۲۵/۹	۱/۵
			خوشه دوم	۱۰/۵	۵/۶
مساحت کل کیلومتر	۶/۹۹	۰/۰۷	خوشه اول	۹۹/۳	۱۲۰/۹
			خوشه دوم	۲۰/۵	۱۸/۹
میانگین ارتفاع کل متر	۵/۵۹	۰/۰۹	خوشه اول	-۱۵	۱۳/۳
			خوشه دوم	۱۳	۳۳/۶
میانگین عمق سطح ایستابی متر	۲۳۴/۷	۰/۰۱	خوشه اول	۱/۶	۰/۲۳
			خوشه دوم	۲/۷	۰/۴

رودخانه‌های با الگوی پیچان‌رودی شدید همان‌طور که بیان شد دارای پراکندگی بسیار کمی می‌باشند با این حال تغییرات عمق در آن‌ها به دو خوشه قابل تقسیم می‌باشد. خوشه اول دارای ۳ محدوده اثر بوده و خوشه دوم دو محدوده اثر را شامل می‌شود (شکل شماره ۱۱). میانگین عمق سطح ایستابی در خوشه اول برابر با ۱/۶ بوده و در خوشه دوم ۲/۷ می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون تی مستقل در جدول شماره ۹ نشان می‌دهد که هرچقدر مساحت بیشتر باشد و ارتفاع منطقه کمتر باشد میزان عمق سطح ایستابی نیز به همان نسبت کمتر می‌شود.

۶. نتیجه‌گیری

با توسعه ارتباط میان علم ژئومورفولوژی در غالب نظریات هیدرو ژئومورفولوژی، توجه به ابعاد مختلف نقش لند فرم‌ها در پتانسیل آب زیرزمینی موردتوجه قرار گرفت. گسترش این اندیشه باعث شد تا دستیابی به آب زیرزمین از روی بعضی شاخص‌ها و نشانگرها تا حدود زیادی آسان گردد. به همین دلیل ژئومورفولوژیست‌ها نیز پا به عرصه مطالعات گذاشته و سعی کردند تا بین ویژگی‌های شکل عوارض سطح زمین با منابع آب زیرزمینی رابطه برقرار نمایند و از این طریق دسترسی به این منابع را آسان‌تر سازند. از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد توجه به شاخص‌های محیطی به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر نفوذپذیری و تغییرات آب‌های زیرزمینی از اهمیت ویژه‌تری برخوردار شد به‌گونه‌ای که در ده سال گذشته میزان مقالات در این زمینه افزایش چشم‌گیری گرفت. عموم تحقیقات مرتبط شامل بررسی پارامترهای اصلی اثرگذار بر آب‌های زیرزمینی (نظیر زمین‌شناسی، اقلیم، بافت خاک و...) بوده که به‌وسیله روش‌های مختلف ارزش‌گذاری، یک نقشه پتانسیل بالقوه از منطقه ارائه می‌دهد. این‌گونه مقالات در سال‌های اخیر در سراسر جهان و همچنین در ایران حجم گسترده‌ای از تحقیقات مرتبط با پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی را به خود اختصاص داده‌اند. تحقیقات مذکور اگرچه تا حدودی بر اساس پارامترهای اصلی به پیش‌بینی مناطق دارای پتانسیل پرداخته اما از بررسی شاخص‌های متعدد و پارامترهای جزئی در آن صرف‌نظر شده است. بنابراین در این تحقیق سعی شده تا با تأکید بر یکی از عناصر اصلی ژئومورفولوژی به تحلیل و آنالیز نقش این پدیده‌ها بر وضعیت آب زیرزمین پرداخته شود. همچنین از نظر اجرایی نیز تعیین مکان مناسب برای اکتشاف منابع آب زیرزمینی همواره از دغدغه‌های متولیان این امر بوده است که معمولاً از روش‌های گمانه‌زنی، ژئوفیزیک و زمین‌آمار برای تشخیص این منابع استفاده می‌کنند. اما استفاده از شاخص‌ها و الگوهای ژئومورفیک بخصوص ژئومورفیک رودخانه‌ای که نقش بسیار مهمی در تغذیه منابع آب زیرزمینی دارند کمتر موردتوجه قرار گرفته است. در حقیقت تغییر سطح ایستابی آب زیرزمینی از مهم‌ترین فاکتورها جهت تعیین وضعیت این منابع است که ایجاد الگوی مکانی در مناطق مرطوب شمالی بر مبنای شاخص‌های ژئومورفولوژیک رودخانه‌ای می‌تواند مدلی کمی در جهت تعیین آستانه تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی برای کارشناسان این حوزه ارائه دهد. محدوده مورد مطالعه شامل رودخانه‌های موجود در شرق استان گیلان بود که وسعتی در حدود ۳۸۲۰ کیلومترمربع را شامل می‌شوند و از غرب شهر ماسال شروع شده و تا شهر چابکسر (ابتدا مرز سیاسی استان مازندران) از شرق ادامه دارد تاکنون مطالعات ژئوالکتریک بسیاری جهت بررسی پتانسیل آب زیرزمینی در این مناطق

انجام‌شده که نشان می‌دهد با حرکت از جنوب منطقه به سمت نواحی شمالی (خروجی رودخانه‌ها) عمق آب زیرزمینی از حدود ۱۵ متر به کمتر از ۱ متر می‌رسد. البته علیرغم بالا بودن سطح ایستابی در این مناطق، وجود شرایط طبیعی و انسانی مختلف سبب شده تا آب زیرزمینی به‌خصوص در نواحی ساحلی ناپایدار گردیده و نیازمند مدیریت و مطالعه دقیق این منابع باشد.

به‌منظور آنالیز و تحلیل داده‌ها، اطلاعات ۲۵۲ حلقه چاه مشاهده‌ای طی ۱۳ سال اخیر و در فصول مختلف از سازمان منابع آب کشور دریافت گردید. بر طبق این اطلاعات میزان میانگین، پیشینه و کمینه عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی تا سطح زمین برحسب محدوده تأثیر رودخانه‌ها پهنه‌بندی شد. همچنین بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ محدوده مخروط‌افکنه و رودخانه‌های اصلی تعیین گردید و در نهایت ضریب سینوسیته یا پیچش رودخانه به چهار الگوی مستقیم، سینوسی، پیچان‌رودی و پیچان‌رودی شدید تقسیم‌بندی شد که بر این اساس ۳۱ رودخانه و محدوده اثر آن شناسایی و ترسیم گردید. پس از تعیین و برآورد داده‌های آب زیرزمینی ویژگی‌های مورفومتری رودخانه‌ها و الگوها حاصل از آن نیز شناسایی و محاسبه شد. در پایان جهت تصمیم‌گیری در زمینه تأثیرگذاری الگوی رودخانه و پارامترهای محیطی هر الگو بر تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی از روش‌ها و آزمون‌های آماری سلسه‌مراتبی و پارامتریک و نا پارامتریک استفاده گردید.

نتایج نشان می‌دهد که از مجموع ۳۱ رودخانه شناسایی‌شده در شرق استان گیلان ۷۶ پهنه بر اساس تغییرات ظاهری در میزان سینوسیته رودخانه قابل تفکیک است که از این تعداد به ترتیب ۵، ۳۱، ۳۵، ۵ پهنه در محدوده رودخانه‌های مستقیم، سینوسی، پیچان‌رودی و پیچان‌رودی شدید قرار گرفته‌اند. بیشترین الگو رودخانه‌ای مرتبط با پلتفرم‌های سینوسی و پیچان‌رودی است. مشخص است که تغییر در شکل ظاهری رودخانه بیانگر ویژگی‌های مورفونیک منطقه بوده و می‌تواند رابطه مستقیم با نفوذپذیری خاک و به طبع آن با تغییرات آب زیرزمینی داشته باشند. با توجه به اینکه ریزدانه بودن رسوبات و شیب کم سطح زمین در مناطق ساحلی از دلایل اصلی پیچان‌رودی شدن رودخانه‌ها است، این امر می‌تواند مرز تغییر سطح ایستابی آب زیرزمینی را نیز تا حدودی مشخص نماید و شاخصی جهت تعیین تغییر آستانه سطح ایستابی آب زیرزمینی در هر منطقه باشد. جهت اثبات این موضوع ابتدا کل رودخانه‌ها به‌عنوان یک سیستم در نظر گرفته شد سپس هر الگوی رودخانه‌ای به‌صورت مجزا مورد تحلیل قرار گرفت. در ابتدا وضعیت آب زیرزمینی در محدوده ۳۱ رودخانه شرق استان گیلان مورد تحلیل قرار گرفت که نتایج نشان داد وضعیت آب زیرزمینی از نظر عمق سطح ایستابی به دوطبقه یا خوشه اصلی قابل تقسیم می‌باشند. در محدوده پهنه‌بندی خوشه اول ۱۱ رودخانه بزرگ قرار دارند در صورتی که در محدوده پهنه‌بندی خوشه دوم ۲۰ رودخانه با طول متوسط تا کوچک قرار دارند. اکثر رودخانه‌های خوشه اول در محدوده غربی منطقه بوده و رودخانه‌های موجود در خوشه دوم عموماً در منطقه شرقی محدوده واقع شده‌اند. بیشترین عمق سطح زمین تا سطح ایستابی آب زیرزمینی مربوط به خوشه دوم بوده که میانگین آن برابر با ۷/۴ متر است درواقع سطح ایستابی در این مناطق پایین‌تر بوده و از پتانسیل کمتری نسبت به خوشه اول برخوردار بوده است. میانگین عمق تا سطح ایستابی در خوشه اول برابر با ۲/۵ متر است. میانگین ضریب سینوسیته در خوشه اول نیز برابر با ۱/۴۷ بوده و در خوشه دوم برابر با ۱/۳۰ است که به معنای اختلاف معنادار الگوی رودخانه‌ای در دو خوشه مختلف می‌باشد. درواقع در خوشه دوم که سطح ایستابی پایین بوده ضریب سینوسیته پایین است و در خوشه اول که عمق سطح ایستابی تا سطح زمین کم است ضریب سینوسیته بیشتر می‌باشد. اگرچه میانگین ضریب سینوسیته در هر دو خوشه در محدوده مؤانداری یا پیچان‌رودی قرار دارد اما با یک تفاوت معنادار و قوی در حد ۹۵ درصد ضریب سینوسیته در هر خوشه کاملاً متفاوت است. این موضوع اثبات‌کننده این است که زمانی که در یک منطقه وضعیت رودخانه‌ها به مؤانداری بودن شدید تمایل دارد، عمق سطح ایستابی نیز کمتر بوده و دارای پتانسیل مناسبی است. با توجه به این که الگوی رودخانه‌ها از ویژگی بافت خاک، شیب زمین، دبی رودخانه و ... پیروی می‌کند، پس می‌توان گفت تغییر در وضعیت مورفونیک و مورفومتری منطقه علاوه بر تغییر الگوی رودخانه سبب تغییر در الگوی آب زیرزمینی نیز می‌شود که این امر در مبحث اکتشاف و پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت است. پس با توجه به نتایج حاصله می‌توان این گونه استنباط کرد که در پهنه‌های مکانی تفکیک‌شده از نظر تغییرات پلتفرمی و الگویی، هرچقدر میزان سینوسیته، طول رودخانه و مساحت محدوده اثر رودخانه بیشتر و ارتفاع منطقه از سطح دریا در این محدوده‌ها کمتر باشد. پتانسیل آب زیرزمینی مناسب‌تر بوده و سطح ایستابی به سطح زمین نزدیک‌تر است. همچنین نتایج حاصل از بررسی تغییرات آب زیرزمینی در محدوده اثر هر یک از الگوهای رودخانه‌ای نیز مؤید همین نتیجه است. آنالیزهای آماری نشان می‌دهد که سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطقی که الگوی رودخانه به‌صورت مستقیم بوده بیشترین عمق را تا سطح زمین دارد و به ترتیب در رودخانه‌های با الگوی سینوسی، پیچان‌رودی و پیچان‌رودی شدید عمق سطح

ایستایی به کمترین حد خود می‌رسد. در کل نتایج ضریب تبیین داده‌ها (R^2) میزان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد که بیانگر همبستگی خطی داده‌ها و عدم تصادفی بودن این اطلاعات است. اکثر تحقیقات انجام‌شده، در رابطه با پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی پارامتر ژئومورفولوژی را به عنوان یک عامل وزنی در کنار سایر عوامل اثرگذار در نظر گرفته و به فرم و فرایندهای مورفولوژیکی به عنوان یک شاهد مجزا نگاه نمی‌کند. به طور مثال Godfray and Tembo (۲۰۲۲) معتقدند که مطالعه ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی مناطق تغذیه آب زیرزمینی کلید کاوش در دسترس بودن آب زیرزمینی است و ادغام اطلاعات ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیک در شناسایی بهترین مکان برای حفر چاه بسیار حائز اهمیت است. همچنین برخی از مطالعات داخلی و خارجی بر نقش شاخص‌ها و پارامترهای ژئومورفیک در تشخیص بهترین پتانسیل آب زیرزمینی تأکید دارند به طور مثال Dongare and Deota (۲۰۲۳) نقش شاخص‌های ژئومورفیک در شناسایی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در حوزه آبخیز خاچی استان دکن را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص شکل زمین، ویژگی‌های زهکش، شیب به سه پهنه مورفومتری قابل تفکیک بوده و پارامترهای مورفومتری با تغییرات آب زیرزمینی دارای همبستگی مثبت می‌باشند. بنابراین هرچند تاکنون نقش عوامل ژئومورفیک بر آب‌های زیرزمینی در مطالعات متعددی اشاره و مورد تأکید قرار گرفته است، ولی مطالعه جامعی در رابطه با ارتباط مستقیم پارامترهای ژئومورفیک و آب‌های زیرزمینی انجام نگرفته است و تحقیق حاضر توانسته با رویکردی جدید و همچنین مطالعات آماری این ارتباط قوی را مورد بررسی قرار دهد. این مطالعه نشان داده است که پدیده‌های ژئومورفیک و به خصوص پلتفرم رودخانه‌ای که بیانگر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین است، می‌تواند به عنوان یک عامل اصلی در شناسایی منابع آب زیرزمینی استفاده شود. همچنین نتایج پژوهش حاضر تأیید کرد که مطالعات ژئومورفیک پیش از انجام طرح‌های اجرایی می‌تواند زمینه‌ساز کاهش خطا و افزایش بهره‌وری بیشتر در استخراج و تعیین مکان مناسب جهت تغذیه آبخوان یا حفر چاه آب زیرزمینی باشد.

۷. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۸. مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام شده سهم برابر داشته‌اند.

۹. تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

۱۰. تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده‌اند قدردانی می‌نمایند.

منابع

- اصغری مقدم، اصغر. (۱۳۸۹). *اصول شناخت آب‌های زیرزمینی*. تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز.
- اندیشکده تدبیر آب ایران. (۱۳۹۷). منابع آب زیرزمینی پناهگاه روز میاد. *گفتگوی آب*، ۷ (۲۰)، صص ۱-۱۶.
- پرویز، لاله؛ بنیادی، حسین. (۱۳۹۸). مدلسازی عملکرد گندم با استفاده از شاخص‌های اقلیمی و خوشه‌بندی. *اکوهیدرولوژی*، ۶ (۲)، صص ۴۷۹-۴۹۱.
- شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران. (۱۳۹۴). تأسیسات آب‌رسانی مجتمع روستایی کوثر از توابع شهرستان رباط کریم: مطالعات مرحله اول. تهران: شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران.
- صداقت، محمود. (۱۳۹۳). *زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)*. تهران: انتشارات پیام نور.
- حسین‌زاده، محمدمهدی؛ اسماعیلی، رضا. (۱۳۹۴). ژئومورفولوژی رودخانه ای: مفاهیم، اشکال و فرایندها. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

- حیدری، اعظم؛ جباری، ایرج. (۱۴۰۰). شبیه‌سازی تراز آب زیرزمینی مرودشت و بررسی سناریوهای پیش‌بینی با استفاده از کد ریاضی MODFLOW. *هیدروژئومورفولوژی*، ۸(۲۹)، صص ۱۴۹-۱۷۲.
- خلیلی نفت چالی، آتنا؛ خاشعی، عباس. (۱۳۹۵). *آشنایی با روش‌های آب‌یابی*. دومین کنگره ملی آبیاری زهکشی ایران. اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان.
- دژکام، سید صادق؛ جباریان امیری، بهمن؛ درویش‌صفت، علی‌اصغر. (۱۳۹۴). پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان رشت). *محیط‌زیست طبیعی منابع طبیعی ایران*، ۶۸(۲)، صص ۲۲۵-۲۳۸.
- رجبی اسلامی، علی. (۱۳۹۶). *تغییرات کمیت و کیفیت آب زیرزمینی تحت تأثیر کاربری اراضی و سازند منطقه (مطالعه موردی: شهرستان ملارد)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
- سعیدی، محمد؛ کماسی، مهدی؛ حسن‌پور، شهاب. (۱۴۰۰). پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از رویکرد تلفیقی AHP و Fuzzy TOPSIS (مطالعه موردی: دشت سیلاخور). *هیدروژئومورفولوژی تبریز*، ۸(۲۶)، صص ۴۱-۵۹.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. (۱۳۹۸). <https://gsi.ir/guilan/fa/page/3112/> بازایی شده از
- شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران. (۱۳۹۴). طرح مهندسی مجدد چاه‌ها، خطوط انتقال، شبکه توزیع، ایستگاه‌های پمپاژ و مخازن. تهران: شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران.
- علایی طالقانی، محمود. (۱۳۸۸). *ژئومورفولوژی ایران*. تهران: انتشارات قومس.
- صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ بشکنی، زهرا. (۱۳۹۸). تحلیل روابط کمی بین ویژگی‌های مورفومتری مخروط‌افکنه‌های ساحلی با حوضه‌های آبخیز (مطالعه موردی: واحد ژئومورفیک تالش). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۸(۴)، صص ۱۲۰-۱۳۰.
- قیومی محمدی، حمید؛ رامشت، محمدحسین؛ تومانیان، نورایر؛ معیری، مسعود. (۱۳۸۸). فضا و نگرش فضایی در مطالعات خاک و ژئومورفولوژی (مطالعه موردی: سرآب حوضه آبی زاینده رود)، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۰(۳)، صص ۱-۲۰.
- قهرودی تالی، منیژه؛ خدامرادی، فرهاد؛ علی نوری، خدیجه. (۱۴۰۲). تأثیر افت آب‌های زیرزمینی بر مخاطرات فرونشست زمین در دشت دهگلان استان کردستان. *مدیریت مخاطرات محیطی دانشگاه تهران*، ۱۰(۱)، صص ۵۹-۷۰.
- قهرودی تالی، منیژه؛ افشاری، امیر؛ صدوق، سید حسن؛ احتشامی معین آبادی، محسن. (۱۳۹۸). کاربرد شاخص‌های مورفوتکتونیک در تحلیل مخاطرات زمین‌لغزش در راه‌آهن ناحیه لرستان. *مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)*، ۶(۱)، صص ۵۱-۶۶.
- کافی، فروزه. (۱۴۰۰). اشکال پدیده‌های ژئومورفولوژی و رابطه آن با منابع آب زیرزمینی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: دشت اهر). هشتمین همایش ملی ژئومورفولوژی، کارکردها و ضرورتها. تهران: انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران.
- کردوانی، پرویز. (۱۳۹۰). *منابع و مسائل آب در ایران*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- موسسه تحقیقات آب. (۱۳۹۴). شرایط فعلی و آتی منابع و مصارف آب جهان. تهران: پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب وزارت نیرو.
- نگارش، حسین؛ شفیعی، نجمه؛ درانی نژاد، محمدصادق. (۱۳۹۵). تأثیر هیدروژئولوژی آبخوان دشت نورآباد ممسنی بر آب زیرزمینی منطقه با استفاده از GIS. *هیدروژئومورفولوژی*، ۶(۲۰)، صص ۵۵-۷۴.
- Anderson, N.B., Bogart, W.T. (2001), The Structure of Sprawl: Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas. *American Journal of Economics and Sociology*, 60(1), pp: 147-169.
- Bogart, W.T. (2001), The Structure of Sprawl: Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas. *American Journal of Economics and Sociology*, 60(1), pp: 147-169.
- Beven, K. (2004), Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes. *Journal of Hydrological Processes*, vol. 18, pp: 3447-3460.
- *Burke, J. J., Moench, M. H. (2000), *Groundwater and society: Resources, tensions and opportunities*. New York: United Nations Publication.
- Dongare, C. U., Deota, B., (2023), Significance of geomorphic indicators for identification of groundwater recharge potential in the Khapri watershed of Deccan Volcanic Province (DVP), district Dangs, western India, *Groundwater for Sustainable Development*, 22(7), pp: 1-20.
- Foster, S., Gardun, o., (2013), Groundwater-resource governance: are governments and stakeholders responding to the challenge. *Journal of Hydrogeol*, 21(2), pp: 317-320.
- Godfray, G., Tembo, M., (2022), Assessment of ground water potentiality in semi-arid area of central Tanzania. implication from geology and geomorphology of the dodoman supergroup, *Journal of Geology, Ecology, and Landscapes*, 8(1), pp: 1-20.
- Hamdani, N., Baali, A., (2019), Height Above Nearest Drainage (HAND) model coupled with lineament mapping for delineating groundwater potential areas (GPA). *Journal of Groundwater for Sustainable Development*, 9(1), pp: 1-13.
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B., & Arockiaraj, S. (2015), Estimation of long and short term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering*, 116(1), pp: 855-862.

- Mseli, Z. H., Mwegoha, W. J., Gadupti, S., Makutupora basin, Dodoma Tanzania, *Journal of Geology, Ecology, and Landscapes*, 7(3), pp: 198-211.
- Margat, J., van der Gun, J. (2013), *Groundwater around the world: A geographical synopsis*. London: Taylor and Francis.
- Nosrati, K., Rajabi Eslami, A., Sayadi, M., (2019), Spatiotemporal Assessment of Groundwater Quality and Quantity Variation in Mallard County Tehran, *Publishers OF Iranian Journal of Watershed Maneagement Science and Engineering*, 46(13), pp: 121-123. [In Persian].
- Rajabi Eslami, A., Ghahroudi Tali, M., Salehipour Milani, A. R., (2024), The Influence of Geomorphic Parameters of Alluvial fan on Groundwater variation (case study: east and center of Gilan province), *Quantitative Geomorphological Research*, 12(4), pp:108-127. [In Persian]
- Rajabi Eslami, A., Ghahroudi Tali, M., Salehipour Milani, A. R., (2024), The Relevance of the River Pattern and its Effect on the Groundwater Parameters (Case study: the plains of the southern Hillside of Alborz center), *Environmental Erosion Research Journal*, 14(3): 1-27. [In Persian].
- Seifu, T. K., Ayenew, T., Woldeesenbet, T. A., (2022), Identification of groundwater potential sites in the drought-prone area using geospatial techniques at Fafen-Jerer sub-basin, Ethiopia, *Journal of Geology, Ecology, and Landscapes* 8(3), pp:1-13.

Refernses:

- Alaei Taleghani, M. (2009). *Geomorphology of Iran*. Tehran: Qom University Press. [In Persian].
- Anderson, N. B., & Bogart, W. T. (2001). The Structure of Sprawl: Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas. *American Journal of Economics and Sociology*, 60(1), pp: 147-169.
- Asghari Moghaddam, A. (2010). *Principles of Groundwater Recognition*. Tabriz: University of Tabriz Press.
- Beven, K. (2004). Robert E. Horton's Perceptual Model of Infiltration Processes. *Journal of Hydrological Processes*, 18, pp: 3447-3460. [In Persian].
- Bogart, W. T. (2001). The Structure of Sprawl: Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas. *American Journal of Economics and Sociology*, 60(1), pp: 147-169.
- Burke, J. J., & Moench, M. H. (2000). *Groundwater and Society: Resources, Tensions, and Opportunities*. New York: United Nations Publication.
- Dezhkam, S. S., Jabarian Amiri, B., & Darvish Safat, A. A. (2015). Monitoring Land Cover Changes Using Synoptic Analysis and Satellite Imagery (Case Study: Rasht County). *Iranian Journal of Natural Environment*, 68(2), pp: 225-238.
- Dongare, C. U., & Deota, B. (2023). Significance of Geomorphic Indicators for Identification of Groundwater Recharge Potential in the Khapri Watershed of Deccan Volcanic Province (DVP), District Dangs, Western India. *Groundwater for Sustainable Development*, 22(7), pp: 1-20.
- Foster, S., & Garduño, H. (2013). Groundwater-Resource Governance: Are Governments and Stakeholders Responding to the Challenge? *Journal of Hydrogeology*, 21(2), pp: 317-320.
- Geological Survey & Mineral Explorations of Iran. (2019). Retrieved from <https://gsi.ir/guilan/fa/page/3112/>.
- Ghahroodi Tali, M., Afshari, A., Sadough, S. H., & Ehteshami Moein Abadi, M. (2019). Application of Morphotectonic Indices in Landslide Hazard Analysis in Lorestan Railway Region. *Environmental Hazard Management Journal (formerly Risk Knowledge)*, 6(1), pp: 51-66. [In Persian].
- Ghahroodi Tali, M., Khodamoradi, F., & Ali Nouri, K. (2023). Impact of Groundwater Decline on Land Subsidence Hazards in Dehghan Plain, Kurdistan Province. *Environmental Hazard Management Journal of Tehran University*, 10(1), pp: 59-70. [In Persian].
- Gheyoumi Mohammadi, H., Ramesht, M. H., Toumanian, N., & Meiri, M. (2009). Space and Spatial Perspective in Soil and Geomorphology Studies (Case Study: Zayandeh Rud Basin Spring). *Journal of Geography and Environmental Planning (Research Journal of Humanities, University of Isfahan)*, 20(3), pp: 1-20. [In Persian].
- Godfray, G., & Tembo, M. (2022). Assessment of Groundwater Potentiality in Semi-Arid Area of Central Tanzania: Implications from Geology and Geomorphology of the Dodoman Supergroup. *Journal of Geology, Ecology, and Landscapes*, 8(1), pp: 1-20.
- Hamdani, N., & Baali, A. (2019). Height Above Nearest Drainage (HAND) Model Coupled with Lineament Mapping for Delineating Groundwater Potential Areas (GPA). *Journal of Groundwater for Sustainable Development*, 9(1), pp: 1-13. [In Persian].
- Heidari, A., & Jabari, I. (2021). Groundwater Level Simulation of Marvdasht and Scenario Analysis Using MODFLOW Mathematical Code. *Hydrogeomorphology Journal of Tabriz University*, 8(29), pp:149-172. [In Persian].
- Hosseinzadeh, M. M., & Esmaeili, R. (2015). *Fluvial Geomorphology: Concepts, Forms, and Processes*. Tehran: Shahid Beheshti University Press. [In Persian].
- Kafi, F. (2021). *Geomorphological Features and Their Relationship with Groundwater Resources Using GIS (Case Study: Ahar Plain)*. 8th National Conference on Geomorphology: Functions and Necessities. Tehran: Iranian

- Geomorphology Association, University of Tehran. [In Persian].
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B., & Arockiaraj, S. (2015). Estimation of Long- and Short-Term Shoreline Changes Along Andhra Pradesh Coast Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Procedia Engineering*, 116(1), pp: 855–862.
- Kardavani, P. (2011). *Water Resources and Issues in Iran*. Tehran: University of Tehran Press. [In Persian].
- Khalili Naft Chali, A., & Khashaei, A. (2016). Introduction to Water Prospecting Methods. 2nd National Congress on Irrigation and Drainage of Iran. Isfahan: Isfahan University of Technology. [In Persian].
- Margat, J., & van der Gun, J. (2013). *Groundwater Around the World: A Geographical Synopsis*. London: Taylor and Francis.
- Mseli, Z. H., Mwegoha, W. J., & Gadupti, S. (2023). Makutupora Basin, Dodoma, Tanzania. *Journal of Geology, Ecology, and Landscapes*, 7(3), pp:198-211.
- Negarish, H., Shafiei, N., & Dorani Nejad, M. S. (2016). Impact of Hydrogeology of Noorabad Mamasani Aquifer on Regional Groundwater Using GIS. *Hydrogeomorphology Journal*, 6(20), pp: 55-74. [In Persian].
- Nosrati, K., Rajabi Eslami, A., & Sayadi, M. (2019). Spatiotemporal Assessment of Groundwater Quality and Quantity Variation in Mallard County Tehran. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 46(13), pp: 121–123. [In Persian].
- Parviz, L., & Bonyadi, H. (2019). Modeling Wheat Performance Using Climatic Indices and Clustering. *Ecology Journal*, 6(2), pp: 479-491. [In Persian].
- Rajabi Eslami, A., Ghahroudi Tali, M., & Salehipour Milani, A. R. (2024). The Influence of Geomorphic Parameters of Alluvial Fan on Groundwater Variation (Case Study: East and Center of Gilan Province). *Quantitative Geomorphological Research*, 12(4), pp: 108-127. [In Persian].
- Rajabi Eslami, A., Ghahroudi Tali, M., & Salehipour Milani, A. R. (2024). The Relevance of the River Pattern and Its Effect on the Groundwater Parameters (Case Study: The Plains of the Southern Hillside of Alborz Center). *Environmental Erosion Research Journal*, 14(3), pp: 1-27. [In Persian].
- Sadaqat, M. (2014). *Land and Water Resources (Groundwater)*. Tehran: Payame Noor University Press. [In Persian].
- Saeedi, M., Kamasi, M., & Hassanpour, S. (2021). Groundwater Potential Assessment Using an Integrated AHP and Fuzzy TOPSIS Approach (Case Study: Silakhor Plain). *Hydrogeomorphology Journal of Tabriz University*, 8(26), pp: 41-59. [In Persian].
- Seifu, T. K., Ayenew, T., & Woldeesenbet, T. A. (2022). Identification of Groundwater Potential Sites in the Drought-Prone Area Using Geospatial Techniques at Fafen-Jerer Sub-Basin, Ethiopia. *Journal of Geology, Ecology, and Landscapes*, 8(3), pp: 1-13.
- Tadbir Ab Iran Think Tank. (2018). *Groundwater Resources: A Shelter for Doomsday*. *Water Dialogue Quarterly*, 7(20), pp: 1-16. [In Persian].
- Water Research Institute. (2015). *Current and Future Conditions of Global Water Resources and Consumption*. Tehran: Research Institute for Water Resources Studies and Research, Ministry of Energy. [In Persian]

نحوه استناد به این مقاله:

رجبی اسلامی، علی؛ قهرودی تالی، منیژه و صالحی پور میلانی، علیرضا (۱۴۰۳). ارزیابی نقش پلتفرم‌های رودخانه‌ای بر تغییر سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی شرق استان گیلان. *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۱۲(۴)، ۱-۲۲.

DOI: 10.22124/gscj.2024.23937.1220

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. 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.

