Research Paper

Determining the Important Stations and Physicochemical Parameters of Surface Water Quality Measurement in Gorgan-Rud Basin (Iran) Using Multivariate Statistical Techniques

Raoof Mostafazadeh[1], Khadijeh Haji[2*], Hassan Azarmdel[3] Akbar Ghasemi[4],

[1] Associate Professor, Department of Natural Resources and Member of Water Management Institute, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2] Ph.D. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
[3] M.Sc of Watershed Management, Researcher in Water and Environment, Iran
[4] Ph.D in Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

10.22125/IWE.2021.256284.1442

Received:
November.08.2020
Accepted:
May.04.2021
Available online:
October.05.2022

Keywords:
Cluster Analysis, Gauging Stations, Gorgan-Rud River, Principal Component Analysis, Water Quality Monitoring

Abstract

This study focuses on evaluating the effectiveness of surface water quality monitoring network and identify monitoring stations and water quality parameters, which are important in assessing annual variations of water quality in Gorgan-Rud Basin, Golestan Province. Cluster analysis (CA) was used to sort cases (monitoring points) into groups. Principal component analysis (PCA) and factor analysis (FA) techniques were applied for these objectives. In this study water quality data of nineteen water quality monitoring stations over a 23-year time period (1996-2018), were analysed. Principal component analysis has determined a reduced number of three principal components that explain over 95.47 % of the data set variance. Results indicated that three monitoring stations (Taghi-Abad, Shir-Abad, and Nodeh) were identified as less important in explaining the annual variance of the water quality parameters. Based on the coefficient of determination improvements of regression relations, concluded that removing of the less important stations (from 19 to 16) can help the cost effectiveness and meaningful data collection of the monitoring network in the study domain. In addition, results revealed more important water quality parameters. Results shows that total hardness and EC are most important parameters at first component and in the second component, pH and HCO3 are appropriate for assessing variations of water quality in the Gorgan-Rud Basin. The clustering procedure highlighted two different groups in which the sampling sites have similar characteristics.

1. Introduction

Development of surface water monitoring networks is a critical factor in the assessment and protection of water resources. Surface and ground water resources are affected by point and non-point sources of pollution and their use for drinking, industrial, agricultural, recreation or other purposes impaired gradually. The application of different multivariate statistical techniques, provide an efficient

* **Corresponding Author:** Raoof Mostafazadeh
Address: Department of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
Tel: 09144815743

framework to interpretation of complex data matrices and a better understanding of water quality of a watershed system. Also, these techniques present the identification of possible driving forcers that affect water environmental systems.

2. Materials and Methods

This study focuses on evaluating the effectiveness of surface water quality monitoring network and identify monitoring stations and water quality parameters, which are important in assessing annual variations of water quality in Gorgan-Rud Basin, Golestan Province. Cluster analysis (CA) was used to sort cases (monitoring points) into groups. Principal component analysis (PCA) and factor analysis (FA) techniques were applied for these objectives. In this study water quality data of nineteen water quality monitoring stations over a 23-year time period (1996-2018), were analysed.

3. Results

Principal component analysis has determined a reduced number of three principal components that explain over 95.47 % of the data set variance. Results indicated that three monitoring stations (Taghi-Abad, Shir-Abad, and Nodeh) were identified as less important in explaining the annual variance of the water quality parameters. Based on the coefficient of determination improvements of regression relations, concluded that removing of the less important stations (from 19 to 16) can help the cost effectiveness and meaningful data collection of the monitoring network in the study domain. In addition, results revealed more important water quality parameters. Results shows that total hardness and EC are most important parameters at first component and in the second component, pH and HCO3 are appropriate for assessing variations of water quality in the Gorgan-Rud Basin.

4. Discussion and Conclusion

The clustering procedure highlighted two different groups in which the sampling sites have similar characteristics. This study suggests that PCA and FA techniques are useful tools for identification of important surface water quality monitoring stations/parameters and remove the indirect effect of parameters. The usefulness of multivariate statistical techniques for analysis and interpretation of complex data-sets is highlighted in the current study. Regular surface water quality monitoring should be undertaken for identification of pollution sources and consideration of spatial variations in water quality for effective management of water quality related issues.

5. Six important references

1) Adhami, M., M. Zabihi, S. Zare-Naghadeh, R. Mostafazadeh. 2016. Choosing the Best Hierarchical Clustering Technique Based on Principal Components Analysis for Suspended Sediment Load Estimation. Environmental Erosion Research, 6(4):47-67. [In Persian]
2) Jeihouni, M., A. Toomanian, S.K. Alavipanah, S. Hamzeh and P. Pilesjö. 2018. Long term groundwater balance and water quality monitoring in the eastern plains of Urmia Lake, Iran: A novel GIS based low-cost approach. Journal of African Earth Sciences, 147: 11-9.
3) Mostafazadeh, R., V.B. Sheikh. 2012. Rain-gauge density assessment in Golestan province using spatial correlation technique. Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 93:79-87. [In Persian]
4) Singh, K.R., A.P. Goswami, A.S. Kalamdhad and B. Kumar. 2020. Surface water quality and health risk assessment of Kameng River (Assam, India). Water Practice and Technology, DOI: 10.2166/wpt.2020.090.
5) Uddin, M.G., S. Nash and A.I. Olbert. 2021. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. Ecological Indicators, 122: 1470-160.
6)Wu, Zh., Zh. Che, Y. Wang, J. Dong and M. Wu. 2015. Identification of surface water quality along the coast of Sanya, South China Sea. PLoS One, 10(4): e0123515.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره چهل و نه . پاییز۱۴۰۱

تعیین ایستگاه‌ها و پارامترهای مهم فیزیکوشیمیایی سنجش کیفیت آب سطحی حوضه گرگانرود با روش‌های آماری چند متغیره

رئوف مصطفی‌زاده[۱*]، خدیجه حاجی[۲]، حسن آذرم‌دل[۳]، اکبر قاسمی[۴]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۴

مقاله پژوهشی

چکیده

آگاهی از کیفیت منابع آب یکی از نیازمندی‌های مهم در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت و کنترل آن‌هاست. هدف پژوهش حاضر تعیین ایستگاه‌ها و پارامترهای فیزیکوشیمیایی مهم در برآورد تغییرات کیفیت آب سطحی در حوضه گرگانرود واقع در استان گلستان است. در این پژوهش از روش‌های آماری چند متغیره شامل تحلیل خوشه‌ای، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل‌ها استفاده شده است. آمار ۱۹ ایستگاه پایش در یک دوره زمانی ۲۳ ساله (۱۳۹۷-۱۳۷۵) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس ۱۱ پارامتر کیفیت آب شامل سدیم، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، سولفات، کلر، بی‌کربنات، pH، هدایت الکتریکی، مجموع املاح محلول و سختی کل ارزیابی شدند. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مقادیر ویژه در سه مؤلفه اول در مجموع ۹۵/۴۷ درصد واریانس کل داده‌ها را توجیه می‌نماید. در مؤلفه اول ایستگاه‌های تقی‌آباد، شیرآباد و نوده نقش کم‌تری در توجیه تغییرات سالانه پارامترهای کیفیت آب حوضه گرگانرود دارند. با توجه به بهبود ضریب تبیین معادلات رگرسیونی و با حذف ایستگاه‌هایی با اهمیت کم‌تر می‌توان گفت که بهبود کارایی شبکه پایش با کاهش تعدادی از ایستگاه‌ها (از ۱۹ به ۱۶) و هم‌چنین کاهش هزینه‌های ثبت داده‌ها و افزایش ارزش اطلاعاتی آن‌ها امکان‌پذیر است. هم‌چنین در تحلیل عاملی ۹۷/۹۸ درصد واریانس جامعه توسط سه مؤلفه اول پارامترها به‌دست آمد که در میان آن‌ها سختی کل (۰/۹۸۹) و هدایت الکتریکی (۰/۹۸۷) دارای بیش‌ترین بار عاملی در مؤلفه اول و pH (۰/۹۸۴) و بی‌کربنات (۰/۴۷۵) در مؤلفه دوم در تغییرات کیفیت منابع آب سطحی منطقه مورد مطالعه اهمیت بیش‌تری دارند. بنابراین تعیین عامل‌های مهم و مؤثر در کیفیت آب می‌توان در اتخاذ تصمیم‌های بهتر و اقتصادی‌تر در مدیریت و طراحی شبکه‌های پایش کیفیت آب به مدیران کمک نمود.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه‌های اندازه‌گیری، پایش کیفیت آب، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل مؤلفه اصلی، رودخانه گرگانرود

[۱] دانشیار گروه منابع طبیعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، عضو پژوهشکده مدیریت آب دانشگاه محقق اردبیلی، ۰۹۱۴۴۸۱۵۷۴۳، raoofmostafazadeh@uma.ac.ir (نویسنده مسئول)

[۲] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، ۰۹۱۴۷۱۰۷۷۹۱، khadijehaji95@gmail.com

[۳] کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، محقق در زمینه آب و محیط‌زیست، ۰۹۱۱۵۲۸۰۰۹۲، h.azarmdel@gmail.com

[۴] هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، ایران، ۰۹۱۷۱۷۴۰۵۱۸، ghasemiforester@gmail.com

مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب‌های سطحی در ایران، توجه به کیفیت آب و اتخاذ تمهیداتی در راستای پایش آلودگی منابع آب شیرین در راستای اهداف توسعه پایدار ضروری است (ستاری و همکاران، ۱۳۹۳؛ آسیابی‌هیر و همکاران، ۱۳۹۸). توسعه پایدار کشاورزی بدون در نظر گرفتن کیفیت شیمیایی آب‌های سطحی غیرممکن است، لذا کنترل کیفیت آب از موضوعات مورد توجه در برنامه‌ریزی آبیاری اراضی کشاورزی است (Xiao و همکاران، 2019). از آنجایی‌که پایش و ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد، بنابراین یافتن روشی آسان و نسبتاً دقیق که در آن با حداقل پارامترهای هیدروشیمیایی بتوان طبقه کیفیت آب را پیش‌بینی نمود بسیار مفید است (Boyacioglu et al، 2005؛ Singh et al، 2020). لذا تعیین شرایط کیفی بلندمدت منابع آبی مختلف به‌خصوص در مناطق دارای اقلیم خشک، بسیار حائز اهمیت است. با تعیین روند تغییرات کیفیت منابع آبی، بررسی پایداری کیفی منابع امکان‌پذیر شده و این نتیجه در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت استفاده می‌شود (قادری و همکاران، ۱۳۹۷). رودخانه‌ها یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های پویا هستند و بنابراین آگاهی از تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب یکی از نیازمندی‌های مهم در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت و کنترل آن‌هاست (روحانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ خروشی و همکاران، ۱۳۹۵؛ سبزواری و همکاران، ۱۳۹۹).

بدیهی است که برای آگاهی از کیفیت منابع آب و تولید اطلاعات مورد نیاز باید پایش انجام شود، چرا که داشتن اطلاعات جامع، صحیح و قابل اطمینان با دوره‌های زمانی مناسب می‌تواند عامل مهمی در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها باشد (کاظم‌زاده و ملکیان، ۱۳۹۶). تجزیه و تحلیل نتایج این پایش‌ها در مدیریت کیفی منابع آب و آگاهی یافتن از رخدادهای محیطی و انسانی حائز اهمیت است و ایجاد و توسعه ایستگاه‌های پایش و اندازه‌گیری کیفیت آب‌های سطحی یکی از عوامل اساسی در مدیریت کیفی منابع آب می‌باشند (Singh et al، 2005؛ Yan و et al، 2015). هم‌چنین کیفیت آب در یک منطقه تحت‌تأثیر فرآیندهای طبیعی از قبیل بارش، فرسایش خاک و هوازدگی، زمین‌شناسی، پوشش‌گیاهی و فعالیت‌های انسانی است و پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده می‌شود که حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع آب هستند و نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند (Uddin et al، 2021). در این میان طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تحلیل آماری داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند، بنابراین مدیریت مؤثر و صحیح کیفیت آب، نیازمند شناسایی منشاء و سهم آلاینده‌ها است (نوری و ملکیان، ۱۳۹۵؛ خلیفه و خوش‌نظر، ۱۳۹۷). از آنجا که شناسایی یا پیش‌بینی الگوی آلودگی نیازمند انجام عملیات پایش و کنترل مداوم با صرف وقت و هزینه زیاد است، عملیات اندازه‌گیری باید در مناطقی با بیش‌ترین احتمال رخداد و یا آسیب‌پذیری نسبت به منابع آلاینده انجام شود (Jeihouni et al، 2018). با توجه به هزینه بالای احداث شبکه ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب، طراحی بهینه آن‌ها برای استخراج حداکثر اطلاعات مفید، ضروری است (آذرمدل و همکاران، ۱۳۸۹؛ Strobl و et al ، 2006). در اغلب موارد تجزیه و تحلیل و تفسیر صحیح تعداد زیادی از داده‌های فیزیکوشیمیایی آب، اغلب پیچیده و دشوار است (Singh و et al، 2004؛ Shrestha و Kazama، 2007).

انجام روش‌های جدید برای ارزیابی کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی در راستای رسیدن به ایمنی مناسب برای سلامت انسان‌ها رو به گسترش و پیشرفت می‌باشد، به‌طوری که در ۶۰ سال اخیر در این راستا روش‌های مختلفی به‌کار گرفته شده است (قادری و همکاران، ۱۳۹۷). روش‌های آماری چند متغیره[1] شیوه‌ای برای استخراج اطلاعات پنهان درباره بررسی تأثیرات این رخدادها بر کیفیت شیمیایی منابع آب است (Wu et al, 2015). تحلیل مؤلفه‌های اصلی[2] در شبکه‌های پایش آب زیرزمینی، تفسیر هیدروگراف آب‌های زیرزمینی، تعیین الگوی پراکنش مکانی و زمانی فلزات سنگین و تعیین آلودگی بر اساس شرایط هیدرولوژیک از جمله این روش‌ها می‌باشد (Sojka et al، 2007). مطالعات زیادی در خصوص بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها در جهان انجام شده است. در

1- Multivariate Statistics
2- Principal Component Analysis (PCA)

این راستا، Ouyang (2005) شبکه پایش کیفیت آب سطحی در رودخانه Johns ایالت فلوریدا در طول یک دوره آماری سه ساله را مورد ارزیابی قرار داد. بدین منظور از روش‌های تحلیل مؤلفه اصلی و تحلیل عاملی[1] استفاده نمود. ایشان به این نتیجه رسید که می‌توان تعداد ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب را از ۲۲ به ۱۹ ایستگاه کاهش دهد که این امر باعث کاهش هزینه ثبت داده‌ها خواهد شد. Dalal و همکاران (2009) با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، منابع آلاینده و مؤثر بر تغییرات کیفیت آب رودخانه Kandla را در هند در یک دوره دو ساله در چهار ایستگاه سنجش کیفیت آب مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که افزایش تعداد پارامترهای اندازه‌گیری در ایستگاه‌های پایش می‌تواند در تفسیر بهتر اطلاعات مؤثرتر باشد. هم‌چنین، Singh و همکاران (2019) به ارزیابی کیفیت آب سطحی در هند در دوره آوریل ۲۰۱۶ تا می ۲۰۱۷ پرداختند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار آماری در وضعیت آلودگی در Pagladia، رودخانه‌های Kolong و Beki وجود ندارد ($p>0/05$). تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی منجر به انتخاب هفت پارامتر ارزشمند برای خوشه اول شد که ۹۰/۱ درصد از واریانس کل را به‌خود اختصاص داد و چهار پارامتر دیگر را برای خوشه دوم به‌حساب آورد که ۹۰/۳ درصد از کل واریانس مجموعه داده‌های کیفیت آب را تشکیل داده است.

کیفیت آب با استفاده از روش آماری چند متغیره و شاخص کیفیت آب در رودخانه Swat در شمال پاکستان توسط Jehan و همکاران (2020) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، ۳۰ نمونه آب جمع‌آوری و از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی تجزیه و تحلیل شد. نتایج شاخص کیفیت آب[2] (WQI) در دامنه ۱۳/۵۸ تا ۲۰۹ با مقدار متوسط ۷۷ نشان‌دهنده کیفیت پایین آب برای مصارف آشامیدنی و خانگی بود. کیفیت پایین آب عمدتاً مربوط به خطرات بالای سدیم (قلیایی بودن) و شوری به‌ترتیب بیش‌تر از ۲۷ و ۲۰ درصد بود. در ادامه Bouchelouche و همکاران (۲۰۲۱) برای مطالعه تغییرات مکانی کیفیت آب رودخانه Wadi Mazafran و شناسایی منابع آلودگی، از روش‌های آماری چند متغیره، شامل تحلیل خوشه‌ای[3] (CA) و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) استفاده نمودند. نمونه‌برداری فصلی از می ۲۰۱۸ تا می ۲۰۱۹ در ۱۲ سایت صورت گرفت. نتایج تحلیل خوشه‌ای در سه گروه همگن طبقه‌بندی شد. تحلیل مؤلفه اصلی با ۸۱/۰۴ درصد واریانس جامعه توسط سه مؤلفه اول پارامترها به‌دست آمد، که مؤلفه‌های اول تا سوم به‌ترتیب نشان‌دهنده آلودگی‌های معدنی و آلی، آلودگی فسفات و اثرات سرعت جریان است. سپس فاطمی و احمدی (۱۳۹۵) ارزیابی مکانی و زمانی متغیرهای کیفیت آب‌های سطحی رودخانه کرخه را با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی[4]، تحلیل عاملی/ مؤلفه اصلی مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی، ایستگاه‌ها در سه کلاس از نظر کیفیت طبقه‌بندی شدند و تحلیل عاملی/ مؤلفه اصلی برای شناسایی عوامل مهم بر روی هر کلاس، هر فصل و هم‌چنین مجموعه کل متغیرها اعمال و عوامل مهم مسئول در کیفیت آب در هر یک از این گروه‌ها مشخص شد. به‌عنوان نمونه در مجموعه کل متغیرها تعداد ۶ عامل اصلی به‌دست آمد که بیانگر ۶۷/۰۳ درصد از واریانس کل است. تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب در حوزه آبخیز آجی‌چای با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره توسط کاظم‌زاده و ملکیان (۱۳۹۶) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت آب سطحی در خوشه همگن یک بهتر از دو خوشه همگن دیگر بوده است. تحلیل تشخیص سه تابع معنی‌دار استخراج کرد که توابع اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۷۳/۵۰، ۲۰/۳۰ و ۳/۴۰ درصد واریانس کل مشاهده‌ها را تبیین کردند. هم‌چنین نتایج تحلیل عاملی نشان داد که دو مؤلفه اول مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر کیفیت آب رودخانه آجی‌چای می‌باشد. این مؤلفه‌ها به‌ترتیب ۷۸/۷۵ و ۱۴/۷۱ درصد از واریانس جامعه را تبیین نمودند. نیسی و تیشه‌زن (۱۳۹۷) کیفیت آب رودخانه دز را با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره ارزیابی نمودند. نتایج تحلیل مؤلفه اصلی نشان داد که متغیرهای اصلی تعیین‌کننده کیفیت آب رودخانه دز شامل هدایت الکتریکی، دما، نسبت جذب سدیم، سولفات،

1- Factor Analysis (FA)
2- Water Quality Index (WQI)
3- Cluster Analysis
4- Hierarchical Cluster Analysis (HCA)

pH و اکسیژن محلول هستند که اغلب ناشی از آلاینده‌های صنعتی و انسانی می‌باشند. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای دسته‌بندی ایستگاه‌ها نشان داد که ایستگاه‌های بامدژ و حرمله (پایین‌دست شهر دزفول) از نظر تشابه متغیرهای کیفی آب در یک دسته قرار دارند و ایستگاه تله‌زنگ (بالادست شهر دزفول) با سایر ایستگاه‌ها شباهتی ندارد. بنابراین منطقه شهرنشین و آلاینده‌های انسانی در دسته‌بندی ایستگاه‌ها تأثیر به‌سزایی داشته‌اند.

هم‌چنین قلی‌زاده و علی‌نژاد (۱۳۹۷) به بررسی تغییرات مکانی برخی از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان پرداختند. برای بررسی کیفیت آب از ۱۲ ایستگاه مطالعاتی در طول دو فصل زمستان و بهار (۱۳۹۵-۱۳۹۴) نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد که افزایش میزان تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب در طول رودخانه از جمله تأثیر خروجی پساب روستا، مزارع پرورش ماهی و فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه ارتباط مستقیم داشته و از بالادست به پایین‌دست رودخانه سطوح آلودگی افزایش و کیفیت آب کاهش می‌یابد. بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بروجرد-دورود توسط سبزواری و همکاران (۱۳۹۹) مورد مطالعه قرار گرفت. برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از روش‌های زمین‌آمار که روش درون‌یابی کریجینگ مناسب‌تر بود، استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش‌تر مناطق دشتی در سال ۱۳۸۰ حدود ۵۹/۷۸ درصد منابع در وضعیت مطلوب قرار دارند که در سال ۱۳۹۵ به ۹۵/۷۹ درصد بهبود یافته است. در طبقه‌بندی کشاورزی در سال ۱۳۸۰ بیش از ۷۴/۰۸ درصد منطقه دارای کیفیت خوب و قابل قبول بوده که در سال ۱۳۹۵ به حدود ۸۵/۹۴ درصد افزایش یافته است. موسوی سردشتی و همکاران (۱۳۹۹) تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب و کشاورزی در ۱۸ حلقه چاه در طول دوره آماری سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۰ در دشت لردگان استان چهارمحال و بختیاری را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که پارامترهای سختی کل و مجموع املاح محلول از نظر شرب شرایط مطلوب‌تری نسبت به پارامترهای کلر، سدیم و سولفات در کل دشت دارند. هم‌چنین از نظر کشاورزی پارامترهای نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی در طول دوره آماری در کل دشت شرایط خیلی خوبی را دارند. نتایج روندیابی نیز نشان داد که پارامترهای مجموع املاح محلول، سختی کل، هدایت الکتریکی، کلر و سولفات دارای روندی مثبت و پارامترهای نسبت جذب سدیم و سدیم دارای روندی نزولی بوده است.

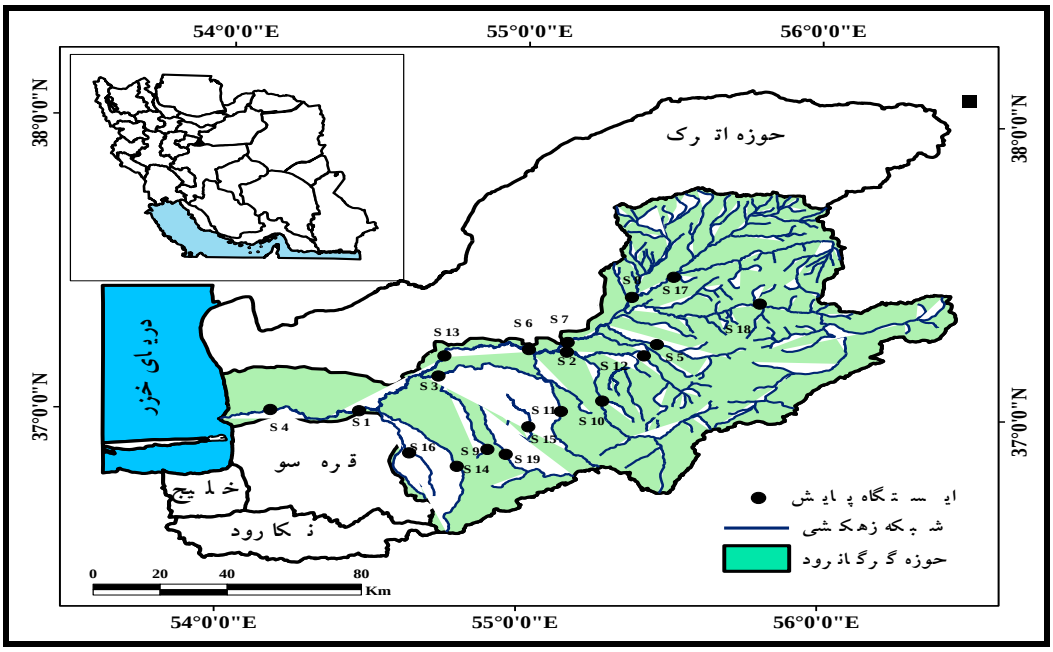
نظر به محدودیت مطالعات انجام شده در زمینه بررسی ارتباط پارامترهای کیفیت آب در جهان و ضرورت بررسی کیفیت آب رودخانه‌های مهم کشور به سبب نقش کلیدی آن‌ها در تأمین آب کشاورزی و وابستگی عمده مشکلات بخش کشاورزی در ایران با آلاینده‌ها حائز اهمیت است. رودخانه گرگانرود به‌عنوان یکی از منابع تأمین آب برای مصارف کشاورزی استان گلستان در معرض آلایندگی منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای است. از مهم‌ترین منابع آلاینده می‌توان به زهکش اراضی کشاورزی، آفت‌کش‌ها، پساب‌های شهری، روستایی و فاضلاب‌های صنعتی اشاره نمود. وجود این منابع آلاینده باعث کاهش کیفیت آب و تهدید سلامت جوامع آبزی رودخانه و نهایتاً دریای خزر می‌گردند. از آنجایی که، هزینه نمونه‌برداری پارامترهای کیفیت آب زیاد می‌باشد اگر بتوان ایستگاه‌های همگن از لحاظ خصوصیات کیفیت آب پیدا کرد که نشان‌دهنده تغییرات کل ایستگاه‌ها و تغییرات آن‌ها باشد، بسیار حائز اهمیت است. در نتیجه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره می‌توان حجم گسترده‌ای از داده‌های کیفی آب رودخانه‌ها را پردازش کرد و به مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب دست یافت. بنابراین اهداف اصلی پژوهش، در مرحله اول تعیین ایستگاه‌های مهم سنجش کیفیت آب، خوشه‌بندی ایستگاه‌ها و سپس تعیین پارامترهای اساسی سنجش کیفیت آب رودخانه گرگانرود در استان گلستان است. کاربرد و تفسیر نتایج استفاده از روش‌های آماری چند متغیره در پردازش حجم وسیعی از داده‌های کیفیت آب، یکی دیگر از اهداف پژوهش حاضر است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه گرگانرود با وسعت ۱۰۱۲۹ کیلومترمربع در محدوده جغرافیایی ´۲۸ °۵۶ تا ´۰۰ °۵۴ طول شرقی و

´۴۸ °۳۷ تا ´۳۵ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است که ۴۸ درصد سطح استان گلستان را تشکیل می‌دهد (مصطفی‌زاده و شیخ، ۱۳۹۰). میزان بارندگی متوسط سالانه از ۲۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر متغیر است. رودخانه گرگانرود دارای ۱۷ سرشاخه اصلی است که در بخش‌های مختلف به‌هم می‌پیوندند و در نهایت به دریای خزر می‌ریزند. ۶۷ درصد منابع آب سطحی استان (حدود ۸۲۸ میلیون مترمکعب) در این حوضه جریان دارد (عسگری و همکاران، ۱۳۹۸). کاربری عمده حوضه به‌ویژه در جنوب و شرق جنگلی بوده و در شمال و غرب منطقه دشت‌های آبرفتی به‌صورت زراعت و مرتع در حال بهره‌برداری هستند. از نظر زمین‌شناسی حوضه گرگانرود-قره‌سو از سنگ آهک‌های متعلق به سازندهای لار و مزدوران با سن ژوراسیک بالایی تشکیل شده و نهشته‌های لسی از گسترده‌ترین رسوبات دوران چهارم در این ناحیه است (شمعانیان و همکاران، ۱۳۸۵). شکل (۱)، پراکنش ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب را در منطقه مورد مطالعه در استان گلستان و ایران نمایش می‌دهد. هم‌چنین در جدول (۱) ایستگاه‌ها و پارامترهای سنجش کیفیت آب که در تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، نمایش داده شده است.



شکل (۱): موقعیت حوضه گرگانرود و محل ایستگاه‌های پایش کیفیت آب سطحی در استان گلستان و ایران

جدول (۱): پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه‌های سنجش حوضه گرگانرود

ایستگاه	کد	Na^{+2}	Ca^{+2}	K^{+}	Mg^{+2}	$So4^{-2}$	Cl^{-}	$HCO3^{-}$	pH	EC	TDS	TH*
آق‌قلا	S1	۵۰۶/۰۰	۱۴۰/۵۰	۵/۶۶	۱۱۶/۴۰	۷۰۶/۸۰	۷۳۸/۷۵	۳۰۸/۰۵	۷/۸۰	۴۰۷۸/۵۰	۲۴۱۲/۵۰	۸۵۷/۰۲
آرازکوسه	S2	۱۱۷/۵۳	۵۷/۰۰	۳/۱۲	۳۴/۲۰	۱۰۰/۲۰	۱۷۸/۱۳	۲۶۲/۳۰	۷/۸۰	۱۰۴۹/۵۰	۶۷۴/۰۰	۲۹۴/۴۴
باغ‌سالیان	S3	۸۳۷/۲۰	۱۷۶/۵۰	۵/۹۵	۲۲۸/۰۰	۱۴۳۱/۷۲	۱۱۴۰/۰۰	۳۴۰/۰۸	۷/۸۰	۶۳۰۶/۵۰	۳۷۶۱/۰۰	۱۴۷۷/۰۷
بصیرآباد	S4	۴۳۰/۱۰	۱۱۸/۰۰	۴/۷۸	۱۱۱/۹۰	۵۹۴/۲۴	۵۹۱/۵۶	۲۹۵/۸۵	۷/۸۰	۳۲۹۴/۲۵	۱۹۹۳/۷۵	۷۴۹/۲۹
گالیکش	S5	۲۰/۰۱	۴۳/۰۰	۱/۹۵	۲۴/۰۰	۳۱/۵۶	۲۶/۲۵	۲۲۴/۱۸	۷/۸۰	۴۴۰/۰۰	۲۸۳/۲۵	۲۰۴/۵۶
قزاقلی	S6	۱۶۷/۸۴	۶۷/۵۰	۳/۸۰	۴۸/۳۰	۲۱۳/۹۶	۲۲۲/۱۹	۲۶۸/۴۰	۷/۸۵	۱۴۳۶/۲۵	۹۲۹/۲۵	۳۷۸/۶۰
گنبد	S7	۲۱۱/۹۵	۷۳/۵۰	۴/۲۹	۶۳/۰۰	۳۰۶/۶۰	۲۸۰/۳۱	۲۹۷/۳۸	۷/۹۰	۱۷۳۷/۲۵	۱۱۴۶/۵۰	۴۳۲/۷۳
حاجی‌قوشان	S8	۲۹۶/۷۰	۷۷/۰۰	۴/۶۸	۷۵/۶۰	۳۷۱/۴۰	۴۰۳/۱۳	۲۶۹/۹۳	۷/۸۳	۲۳۰۸/۷۵	۱۴۹۸/۲۵	۵۲۳/۱۰
کبودوال	S9	۷/۸۲	۵۱/۵۰	۰/۷۸	۲۲/۲۰	۱۷/۲۸	۱۵/۰۰	۲۴۲/۴۸	۷/۸۰	۴۱۶/۰۰	۲۶۶/۵۰	۲۱۶/۲۷
نوده	S10	۲۰۹/۴۲	۵۰/۰۰	۳/۳۲	۳۴/۸۰	۱۱۷/۶۰	۲۹۹/۰۶	۲۲۸/۷۵	۷/۸۰	۱۳۹۴/۵۰	۸۸۳/۲۵	۲۶۶/۷۴
رامیان	S11	۱۸/۵۷	۴۶/۰۰	۲/۳۴	۲۵/۲۰	۴۲/۴۸	۱۸/۷۵	۲۳۱/۸۰	۷/۸۳	۴۹۴/۲۵	۳۱۹/۲۵	۲۲۱/۸۳
لزوره	S12	۴۳/۸۲	۵۲/۰۰	۲/۳۴	۲۵/۲۰	۶۰/۰۰	۷۳/۱۳	۲۰۷/۴۰	۷/۷۰	۵۹۵/۰۰	۳۸۴/۰۰	۲۱۸/۶۸
سدگرگان	S13	۲۸۵/۲۰	۹۰/۵۰	۴/۱۹	۶۵/۴۰	۳۱۲/۶۰	۳۹۰/۰۰	۲۷۴/۵۰	۷/۷۳	۲۱۲۸/۷۵	۱۳۰۳/۵۰	۴۸۶/۶۷
سرمو	S14	۲۵/۷۶	۸۸/۵۰	۲/۳۴	۴۷/۴۰	۲۳۳/۰۴	۳۶/۵۶	۲۱۹/۶۰	۷/۶۳	۸۸۴/۵۰	۵۷۰/۵۰	۴۱۳/۸۲
شیرآباد	S15	۷/۸۲	۴۹/۰۰	۰/۷۸	۱۷/۱۰	۱۸/۰۰	۱۴/۰۶	۲۰۱/۳۰	۷/۷۸	۳۶۳/۰۰	۲۳۲/۵۰	۱۹۰/۷۳
تقی‌آباد	S16	۱۲/۶۵	۵۳/۰۰	۱/۸۵	۲۶/۴۰	۴۰/۶۸	۱۸/۷۵	۲۵۰/۱۰	۷/۷۰	۵۱۷/۷۵	۳۲۹/۷۵	۲۵۴/۶۷
تمر	S17	۱۴۷/۴۳	۵۷/۵۰	۳/۱۲	۴۷/۷۰	۱۸۵/۴۰	۱۸۰/۹۴	۲۶۹/۹۳	۷/۸۵	۱۲۷۹/۷۵	۸۰۹/۷۵	۳۴۸/۱۴
تنگراه	S18	۸۹/۸۲	۵۵/۵۰	۲/۱۵	۳۴/۸۰	۹۲/۵۲	۱۳۴/۰۶	۲۳۳/۳۳	۷/۷۸	۸۷۸/۲۵	۵۷۶/۲۵	۲۶۹/۳۹
زرین‌گل	S19	۱۴۱/۲۲	۷۲/۵۰	۲/۳۴	۳۴/۵۰	۱۴۶/۱۶	۲۱۱/۸۸	۲۲۲/۶۵	۷/۶۵	۱۱۸۸/۲۵	۷۶۲/۲۵	۳۲۷/۷۶

*واحدهای اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها (میلی‌گرم بر لیتر) ، TDS و سختی کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، EC (میکروموس بر سانتی‌متر)

روش پژوهش

به‌منظور ارزیابی شبکه سنجش کیفیت منابع آب سطحی حوضه گرگانرود، ۱۹ ایستگاه نمونه‌برداری کیفی آب سطحی انتخاب شد. داده‌های مربوط به ایستگاه‌های مذکور از شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان دریافت و بر اساس یک دوره آماری ۲۳ ساله (ماهانه) از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۷ برای تجزیه و تحلیل کیفیت آب صورت گرفت. نرمال بودن داده‌های کیفیت آب با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[1] مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش میانه[2] سالانه داده‌های کیفیت آب به‌دلیل وجود چولگی در داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت (Ouyang، 2005). انتخاب روش مناسب برای دست‌یابی به نتایج مفید در تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌های نامنظم کیفیت آب یکی از مراحل اساسی است (McNei و همکاران، 2005؛ Shrestha و Kazama، 2007). بنابراین استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، مانند تجزیه و تحلیل خوشه (CA)، تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) و تحلیل عاملی (FA) در تفسیر ماتریس داده‌های پیچیده به درک بهتری از کیفیت آب و شرایط محیط‌زیستی و هم‌چنین به شناسایی منابع ایجاد عوامل تأثیرگذار بر سیستم‌های منابع آب کمک می‌کند.

تحلیل خوشه‌ای (CA)

هدف اصلی تحلیل خوشه‌ای، ایجاد طبقات و گروه‌هایی است که تنوع و تفرق درون گروهی آن‌ها کم‌تر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد. در تحلیل خوشه سلسله مراتبی، ادغام گروه‌ها به‌منظور بهینه نمودن حداقل واریانس بین گروه‌ها از روش Ward و بررسی شباهت میان گروه‌ها از روش مربعات فاصله اقلیدسی[3] برای گروه‌بندی ایستگاه‌های پایش بر اساس داده‌های سنجش کیفیت آب استفاده شد (سعادت فومنی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Kowalkowski و

1- Kolmogorov–Smirnov Test
2- Median
3- Euclidean Distance

همکاران، 2006). در نهایت پس از گروه‌بندی، دندروگرام[1] ایستگاه‌ها رسم شد، ایستگاه‌هایی در یک گروه قرار می‌گیرند که پارامترهای کیفیت آب اندازه‌گیری شده در آن‌ها، به اندازه کافی به هم‌دیگر شباهت داشته باشند.

تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) / تحلیل عاملی (FA)

تحلیل مؤلفه‌های اصلی یکی از روش‌های مناسب کاهش تعداد زیادی از پارامترهای مرتبط و استفاده از مؤلفه‌هایی است که به‌ترتیب اهمیت اولویت‌بندی می‌شوند (Smith، 2002؛ McNeil و et al، 2005). هم‌چنین مؤلفه‌ها بر اساس میزان پراکندگی، تشکیل ماتریس کوواریانس و محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه، تعیین شدند (Singh et al، 2004). برای تعیین میزان اهمیت ایستگاه‌ها و پارامترهای پایش کیفی منابع آب در شبکه پایش حوضه مورد مطالعه از تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید. ابتدا به‌منظور داشتن وزن و واریانس واحد، مؤلفه‌ها کدگذاری و استاندارد شدند. در مرحله بعد، ماتریس همبستگی[2] محاسبه و سپس مقادیر ویژه[3] و بردارهای ویژه[4] متناظر تعیین گردید. در ادامه، مؤلفه‌هایی با توجیه درصد کم‌تری از واریانس داده‌ها، حذف شدند. در نهایت ماتریس مؤلفه‌ها و چرخش واریماکس به‌منظور تعیین ایستگاه‌های اصلی تهیه گردید (فریادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ادهمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Ruzdjak و Ruzdjak، 2015). سپس روابط رگرسیونی پارامترهای کیفیت آب با در نظر گرفتن کلیه ایستگاه‌ها و حذف ایستگاه‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت (Ouyang، 2005). در تحلیل عاملی، متغیرهایی که در یک عامل تعریف می‌شوند، به یک‌دیگر کاملاً وابستگی دارند و این وابستگی، عامل را به‌وجود می‌آورد. از طرفی متغیرهای هر عامل هیچ وابستگی به متغیرهای عامل‌های دیگر ندارد (یزدان‌خواه، ۱۳۸۷).

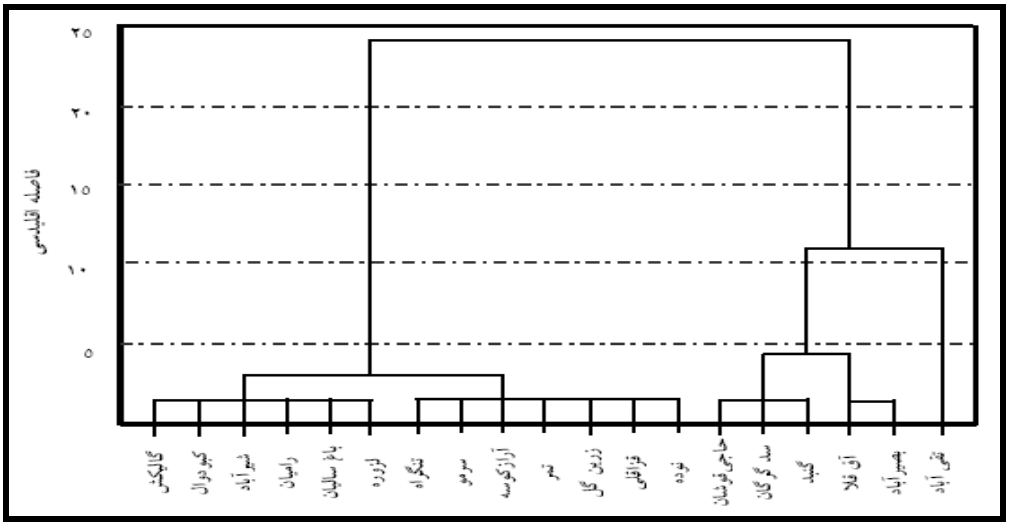
نتایج و بحث

نتایج آزمون نشان داد که داده‌ها در سطح P_{value}=۰/۰۵ نرمال و دارای چولگی مثبت هستند. بدین‌منظور میانه سالانه داده‌های کیفیت آب در محاسبات وارد شد.

تحلیل خوشه‌ای (CA)

در شکل (۲) دندروگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای به روش Ward ارائه شده است. فاصله بین هر یک از ایستگاه‌های پایش در خوشه‌های به‌دست آمده از تحلیل خوشه‌ای، در نتیجه همبستگی و خود همبستگی بین پارامترهای کیفی آب سطحی است. خوشه‌های همگن بر اساس روش Ward و فاصله اقلیدسی تعیین شدند. با توجه به دندروگرام، دو خوشه همگن استخراج شد. هم‌چنین نتایج نشان داد ایستگاه‌های حاجی‌قوشان، سدگرگان، گنبد، آق‌قلا، بصیرآباد و تقی‌آباد در پایین‌دست رودخانه بیش‌ترین شباهت را با یک‌دیگر داشته و سایر ایستگاه‌ها در گروه دیگر قرار گرفتند که با یافته‌های Kowalkowski و همکاران (۲۰۰۶)، Shrestha و Kazama (۲۰۰۷) و نیسی و تیشه‌زن (۱۳۹۷) در خصوص قرارگیری ایستگاه‌های معرفی شده توسط تحلیل مؤلفه‌های اصلی در گروه‌های مشابه در تحلیل خوشه‌ای در یک راستاست.

1- Dendrogram
2- Correlation Matrix
3- Eigenvalues
4- Eingen Vector



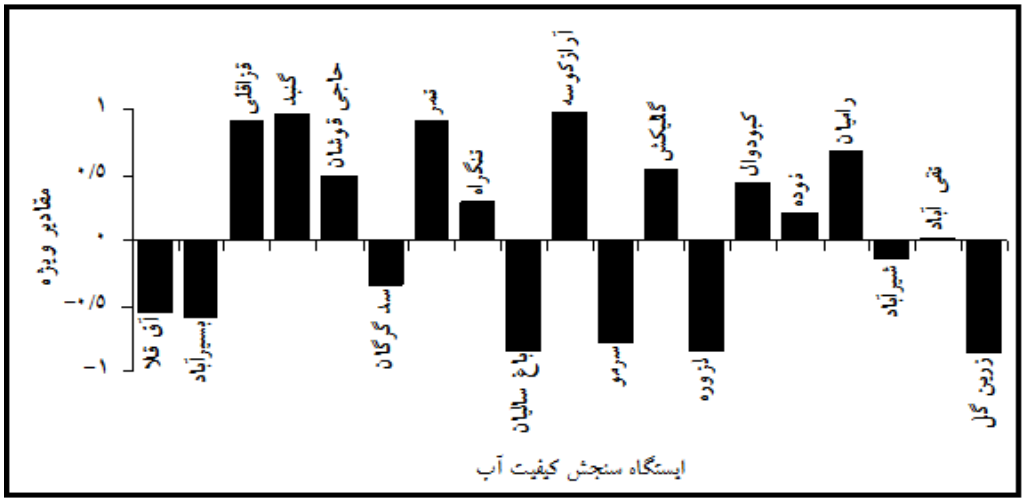
شکل (۲): دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب حوضه گرگانرود

تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) / تحلیل عاملی (FA)

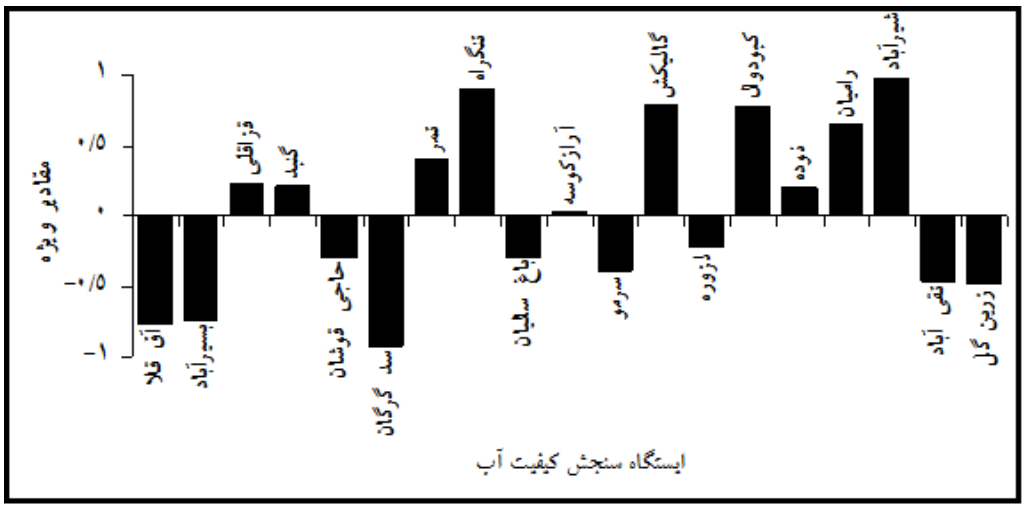
در جدول (۲) نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی ارائه شده است که مقادیر ویژه در سه مؤلفه اول در مجموع ۹۵/۴۷ درصد واریانس کل داده‌ها را توجیه می‌نماید. هم‌چنین مقادیر ویژه استخراج شده در مؤلفه‌های اول تا سوم برای کلیه ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب در شکل‌های (۳) تا (۵) ارائه شده است.

جدول (۲): نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی ایستگاه‌های پایش کیفیت آب حوضه گرگانرود

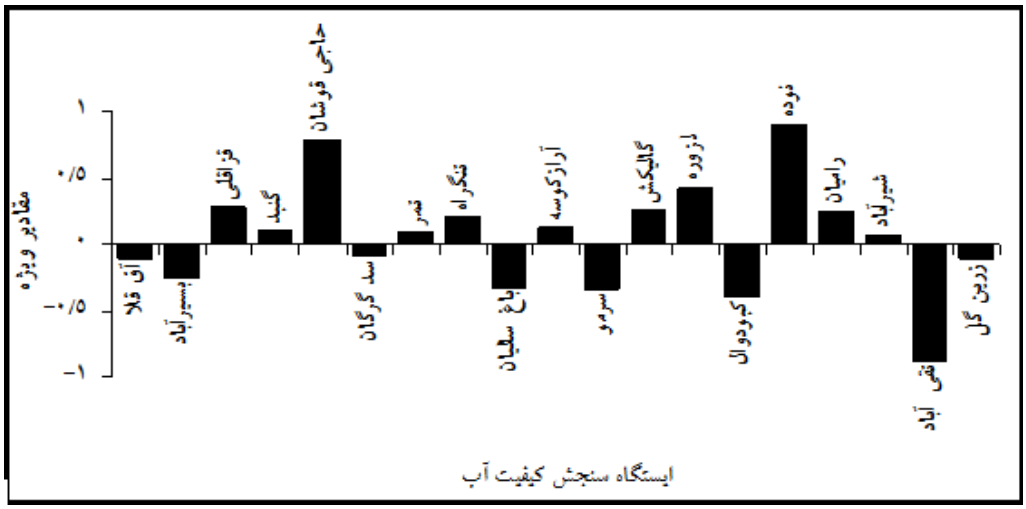
مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد توجیه واریانس	درصد تجمعی توجیه واریانس
۱	۱۲/۵۲۸	۶۵/۹۳۶	۶۵/۹۳۶
۲	۳/۰۵۰	۱۶/۰۵۴	۸۱/۹۹۰
۳	۲/۵۶۲	۱۳/۴۸۴	۹۵/۴۷۴
۴	۰/۴۹۸	۲/۶۲۰	۹۸/۰۹۵
۵	۰/۲۸۷	۱/۵۱۳	۹۹/۶۰۷
۶	۰/۰۳۳	۰/۱۷۳	۹۹/۷۸۰
۷	۰/۰۲۴	۰/۱۲۶	۹۹/۹۰۶
۸	۰/۰۱۰	۰/۰۵۲	۹۹/۹۵۸
۹	۰/۰۰۴	۰/۰۲۳	۹۹/۹۸۱
۱۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۹	۱۰۰



شکل (۳): مقادیر ویژه مؤلفه اول در ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب حوضه گرگانرود



شکل (۴) مقادیر ویژه مؤلفه دوم در ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب حوضه گرگانرود



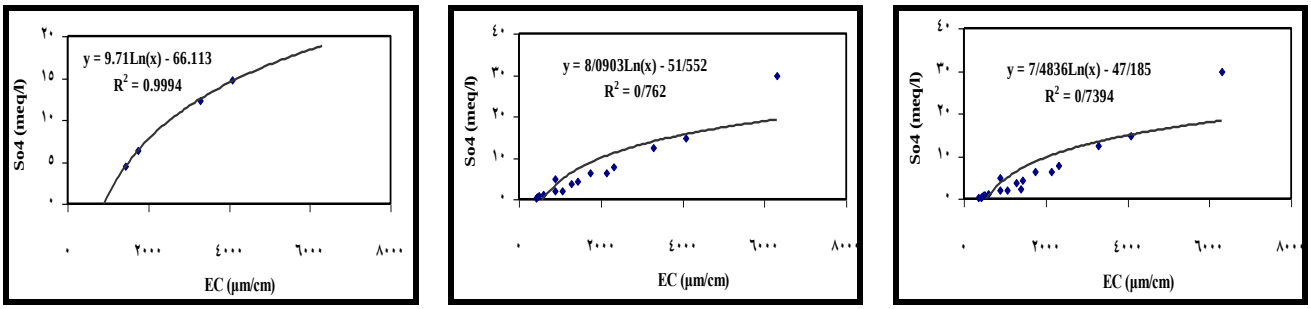
شکل (۵): مقادیر ویژه مؤلفه سوم در ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب حوضه گرگانرود

با توجه به نتایج شکل‌های (۳) تا (۵)، در مؤلفه اول ایستگاه‌های تقی‌آباد، شیرآباد و نوده از ضریب کم‌تری برخوردارند. در حالی‌که در مؤلفه دوم ایستگاه‌های آرازکوسه، نوده و گنبد و در مؤلفه سوم نیز شیرآباد، سدگرگان و تمر دارای ضریب پایین هستند. مقادیر ضریب ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب بعد از چرخش واریماکس در هر مؤلفه در جدول (۳) ارائه شده است.

نتایج جدول (۳) حاکی از این است که ایستگاه‌های آق‌قلا، بصیرآباد، قزاقلی و گنبد به‌عنوان ایستگاه‌های مهم در شبکه پایش کیفیت آب سطحی حوضه گرگانرود می‌باشند. قبل از استناد به نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی باید صحت نتایج مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور پارمترهای اصلی کیفیت آب در سه حالت (الف) پارامترهای تمامی ایستگاه‌های شبکه پایش (ب) پارامترهای ایستگاه‌ها با حذف ایستگاه‌هایی با ضریب تأثیر کم‌تر (ج) پارامترهای چهار ایستگاه اصلی مؤلفه اول مورد ارزیابی قرار گرفت. روابط رگرسیونی پارامترهای مورد بررسی در حالت‌های مذکور شامل هدایت الکتریکی؛ متغیر وابسته (y) و سولفات، کلسیم و منیزیم؛ متغیرهای مستقل (x) و ضریب تبیین (R^2) هر یک از روابط در شکل‌های (۶) تا (۸) ارائه شده است.

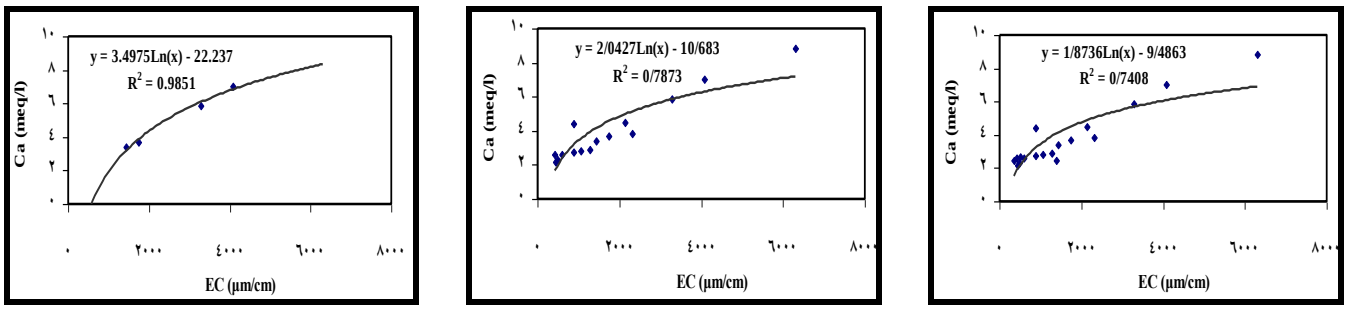
جدول (۳): ضریب ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب حوضه گرگانرود در هر مؤلفه بعد از چرخش واریماکس

ایستگاه	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳
آق‌قلا	-۰/۵۴۷	-۰/۷۶۹	-۰/۱۰۵
بصیرآباد	-۰/۵۹۲	-۰/۷۴۲	-۰/۲۵۱
قزاقلی	۰/۹۱۴	۰/۲۳۵	۰/۲۸۵
گنبد	۰/۹۶۶	۰/۲۱۱	۰/۱۰۴
حاجی‌قوشان	۰/۴۹۵	-۰/۲۹۹	۰/۷۸۵
سدگرگان	-۰/۳۳۴	-۰/۹۲۵	-۰/۰۸۹
تمر	۰/۹۱۱	۰/۳۹۶	۰/۰۹۰
تنگراه	۰/۲۹۸	۰/۹۰۸	۰/۲۰۹
باغ‌سالیان	-۰/۸۴۱	۰/۲۹۴	-۰/۳۲۹
آرازکوسه	۰/۹۸۳	۰/۰۳۱	۰/۱۲۹
سرمو	-۰/۷۷۹	-۰/۳۹۱	-۰/۳۳۹
گالیکش	۰/۵۴۴	۰/۷۸۶	۰/۲۶۵
لزوره	-۰/۸۳۸	-۰/۲۱۶	۰/۴۲۳
کبودوال	۰/۴۴۶	۰/۷۸۴	-۰/۳۹۰
نوده	۰/۲۱۲	۰/۱۹۶	۰/۹۰۵
رامیان	۰/۶۸۵	۰/۶۵۰	۰/۲۵۶
شیرآباد	-۰/۱۳۲	۰/۹۸۱	۰/۰۶۹
تقی‌آباد	۰/۰۱۸	-۰/۴۶۲	-۰/۸۷۱
زرین‌گل	-۰/۸۵۶	-۰/۴۸۸	-۰/۱۰۴



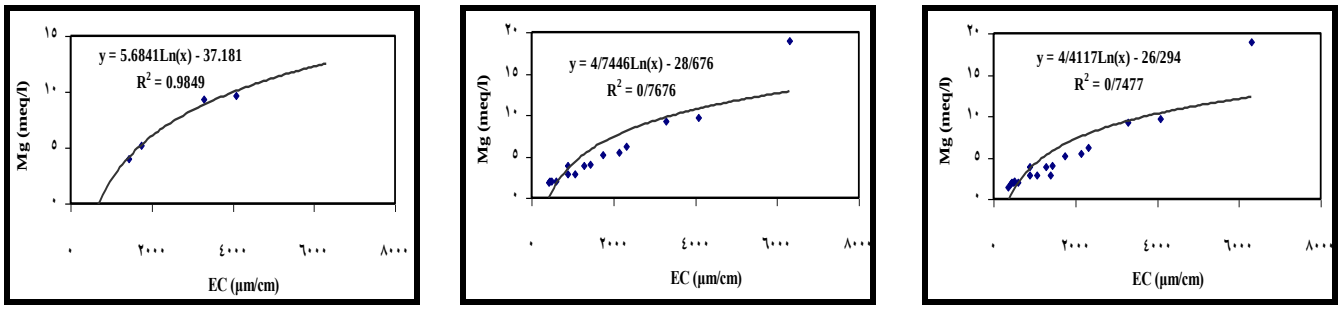
(ج) (ب) (الف)

شکل (۶): همبستگی پارامترهای هدایت الکتریکی و سولفات: (الف) داده‌های ۱۹ ایستگاه شبکه سنجش، (ب) داده‌های ۱۶ ایستگاه با حذف ایستگاه‌های فرعی، (ج) داده‌های چهار ایستگاه اصلی



(ج) (ب) (الف)

شکل (۷): همبستگی پارامترهای هدایت الکتریکی و کلسیم: (الف) داده‌های ۱۹ ایستگاه شبکه سنجش، (ب) داده‌های ۱۶ ایستگاه با حذف ایستگاه‌های فرعی، (ج) داده‌های چهار ایستگاه اصلی



(ج) (ب) (الف)

شکل (۸): همبستگی پارامترهای هدایت الکتریکی و منیزیم: (الف) داده‌های ۱۹ ایستگاه شبکه سنجش، (ب) داده‌های ۱۶ ایستگاه با حذف ایستگاه‌های فرعی، (ج) داده‌های چهار ایستگاه اصلی

با توجه به بالا بودن درصد توجیه واریانس مؤلفه اول (۸۵ درصد)، همان‌طور که در قسمت (ب) شکل‌های (۶) تا (۸) مشاهده می‌شود با حذف ایستگاه‌هایی که ضریب تأثیر کم‌تری دارند، ضریب تبیین (R2) در روابط رگرسیونی افزایش می‌یابد. همبستگی میان پارامترهای کیفیت آب در مرحله اول تحلیل مؤلفه‌های اصلی نمایانگر آن است که بین پارامترهای مورد بررسی، همبستگی بالایی وجود دارد. این امر تناسب داده‌های موجود را برای ورود به تحلیل مؤلفه‌های اصلی و هم‌چنین تعیین مهم‌ترین پارامترهای اندازه‌گیری شده تأیید می‌نماید. هر چه قدر همبستگی بین پارامترها قوی باشد، نتایج بهتری از تغییرات واریانس جامعه را نشان می‌دهد. هم‌چنین می‌توان مشاهده نمود که با در نظر گرفتن فقط ایستگاه‌های اصلی مؤلفه اول، افزایش ضریب تبیین قابل ملاحظه است که با اظهارات Ouyang

(۲۰۰۵)، مبنی بر بهبود ضریب تبیین با حذف ایستگاه‌هایی با اهمیت کم‌تر، مطابقت دارد. در جدول (۴) نتایج استخراج پارامترهای اصلی سنجش کیفیت آب سطحی در شبکه پایش حوضه گرگانرود ارائه شده است.

جدول (۴): تحلیل پارامترهای اصلی کیفیت آب سطحی حوضه گرگانرود

مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد توجیه واریانس	درصد تجمعی توجیه واریانس
۱	۹/۴۱۴	۸۵/۵۸۳	۸۵/۵۸۳
۲	۱/۱۳۵	۱۰/۳۲۰	۹۵/۹۰۴
۳	۰/۲۲۹	۲/۰۷۹	۹۷/۹۸۲
۴	۰/۱۴۰	۱/۲۷۱	۹۹/۲۵۳
۵	۰/۰۴۷	۰/۴۲۹	۹۹/۶۸۲
۶	۰/۰۳۲	۰/۲۸۷	۹۹/۹۷۰
۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۹۹/۹۸۳
۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۹۹/۹۹۱
۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۹۹/۹۹۶
۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۹۹/۹۹۹
۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰

در این پژوهش، تحلیل عاملی بر اساس ۱۱ پارامتر کیفی به‌منظور تعیین مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت آب سطحی منطقه مورد مطالعه انجام گرفت. نتایج نشان داد که سه مؤلفه اول دارای بیش‌ترین مقادیر ویژه هستند. این مؤلفه‌ها به‌ترتیب ۸۵/۵۸، ۱۰/۳۲ و ۲/۰۷ درصد از واریانس جامعه را تبیین می‌نمایند و در مجموع ۹۷/۹۸ درصد از واریانس جامعه توسط سه مؤلفه اول توصیف شده است. بنابراین سه مؤلفه اول به‌عنوان بهترین مؤلفه‌ها در توصیف تغییرات کیفیت آب رودخانه‌های حوضه گرگانرود می‌باشند. همان‌طور که ذکر شد جهت استخراج پارامترهای اصلی کیفیت آب از درون مؤلفه‌های اصلی، از بار عاملی چرخانده شده با دوران واریماکس استفاده شد. بر این اساس در هر مؤلفه، پارامترهایی که دارای بیش‌ترین بار عاملی مثبت یا منفی هستند، بهترین نماینده برای تبیین آن مؤلفه می‌باشند. جدول (۵)، بار عاملی هر کدام از پارامترها برای عضویت در دو مؤلفه اصلی را نشان می‌دهد.

جدول (۵): ضریب چرخش یافته پارامترهای کیفیت آب سطحی حوضه گرگانرود

پارامتر فیزیکوشیمیایی	علامت اختصاری	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲
مجموع املاح محلول	TDS	۰/۹۸۵	۰/۱۶۲
هدایت الکتریکی	EC	۰/۹۸۷	۰/۱۴۷
اسیدیته	pH	۰/۰۵۶	۰/۹۸۴
بی‌کربنات	$HCO3^-$	۰/۸۱۸	۰/۴۷۵
کلر	Cl^-	۰/۹۷۲	۰/۱۷۱
سولفات	$So4^{-2}$	۰/۹۸۴	۰/۰۸۴
کلسیم	Ca^{+2}	۰/۹۸۲	-۰/۰۵۳
منیزیم	Mg^{+2}	۰/۹۸۱	۰/۱۱۲
سدیم	Na^{+2}	۰/۹۷۲	۰/۱۸۸
پتاسیم	K^+	۰/۸۴۷	۰/۳۵۲
سختی کل	TH	۰/۹۸۹	۰/۰۶۳

بر اساس نتایج جدول (۵) مشخص شد که مؤلفه اول بیش‌ترین درصد تبیین واریانس جامعه بوده است و پارامترهای سختی کل، هدایت الکتریکی، مجموع املاح محلول و سولفات بیش‌ترین همبستگی را با این مؤلفه داشتند. اعضای این گروه بیش‌تر نشان‌دهنده یون‌ها و مواد معلق در حوضه گرگانرود می‌باشد. در میان پارامترهای موجود در مؤلفه اول، سختی کل دارای بیش‌ترین بار عاملی (۰/۹۸۹) است و به‌عنوان پارامتر اصلی این مؤلفه شناخته شده است. در مؤلفه دوم pH و بی‌کربنات به‌ترتیب با بار عاملی ۰/۹۸۴ و ۰/۴۷۵ دارای بیش‌ترین همبستگی با این مؤلفه می‌باشند. اجزای این مؤلفه نیز نشان‌دهنده اسیدیته آب سطحی هستند و مؤلفه pH به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر این مؤلفه شناخته شد که با یافته‌های کاظم‌زاده و ملکیان (۱۳۹۶) مبنی بر بیش‌تر بودن بار عاملی هر کدام از پارامترها در دو مؤلفه اصلی و هم‌چنین با نتایج Singh و همکاران (۲۰۱۹)، Jehan و همکاران (۲۰۲۰) و موسوی سردشتی و همکاران (۱۳۹۹)، در خصوص کارایی و اهمیت روش‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل داده‌های کیفیت آب با تعداد و پیچیدگی قابل توجه، مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

مشخص نمودن تغییرات کیفیت آب سطحی یکی از جوانب مهم ارزیابی اثرات طبیعی و انسانی و بروز آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای است. با توجه به اهمیت رودخانه گرگانرود در استان گلستان، ارزیابی شبکه پایش کیفیت آب سطحی این رودخانه از دیدگاه برنامه‌ریزی مدیریت کیفیت منابع آب سطحی مد نظر قرار گرفته است. در این پژوهش روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌منظور تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای وسیع از داده‌های کیفیت آب ایستگاه‌های پایش حوضه گرگانرود مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی تا حدی نسبتاً زیاد با نتایج تحلیل خوشه‌ای در یک راستاست. با توجه به نتایج پژوهش می‌توان آلودگی‌های آلی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و باغی، فاضلاب‌های خانگی، هوازدگی و تحلیل مواد آلی را به‌عنوان مهم‌ترین دلایل تغییرات در پارامترهای کیفیت آب سطحی حوضه مورد مطالعه ذکر نمود. بر این اساس، افزایش دقت و دفعات نمونه‌برداری در ایستگاه‌های شاخص این رودخانه جهت ثبت دقیق اطلاعات کیفیت آب پیشنهاد می‌گردد. لذا بررسی هر عامل می‌تواند منبع به‌وجود آمدن آلودگی را مشخص کند. هم‌چنین در مواقعی که امکان اندازه‌گیری کلیه متغیرها به دلایل اقتصادی و یا مدیریت زمان وجود ندارد می‌توان با اندازه‌گیری متغیرهای موجود در عامل‌های اصلی بیش‌ترین اطلاعات را از کیفیت آب رودخانه به‌دست آورد. به‌طور کلی نتایج می‌تواند در درک بهتر شرایط کیفی رودخانه و عوامل ایجاد آلودگی در هر فصل و در هر مکان مورد استفاده قرار گیرد و در آینده برای برنامه‌ریزی نمونه‌برداری بهینه و اقتصادی‌تر راهگشای مدیران در زمینه کیفیت آب رودخانه باشد. بنابراین با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره می‌توان حجم گسترده‌ای از داده‌های کیفی آب رودخانه‌ها را پردازش کرد و به مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب دست یافت. چرا که این روش‌ها سبب کاهش هزینه‌های نمونه‌برداری و هدف‌دار نمودن پایش می‌گردند و هم‌چنین شناسایی نواحی همگن نقش به‌سزایی در مدیریت یکپارچه محیط‌زیست و حوزه‌های آبخیز دارد.

منابع

ادهمی، م.، م. ذبیحی، س. زارع‌نقده و ر. مصطفی‌زاده. ۱۳۹۶. انتخاب بهترین تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اصلی در برآورد رسوب معلق. پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۶، شماره ۴، ص ۶۷-۴۷.

آذرمدل، ح.، ر. مصطفی‌زاده و ا. قاسمی. ۱۳۸۹. ارزیابی شبکه ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب سطحی رودخانه گرگانرود استان گلستان. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۴، شماره ۱۰، ص ۶۱-۵۷.

آسیابی‌هیر، ر.، ر. مصطفی‌زاده، م. رئوف و ا. اسمعلی‌عوری. ۱۳۹۸. ارزیابی پایداری منابع آب سطحی در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل. مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۱، شماره ۴، ص ۹۹۸-۹۸۴.

خروشی، س.، ر. مصطفی‌زاده، ا. اسمعلی‌عوری و م. رئوف. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل. اکوهیدرولوژی، دوره ۴، شماره ۲، ص ۳۹۳-۳۷۹.

خلیفه، س. و ع. خوش‌نظر. ۱۳۹۷. بررسی کیفیت رودخانه زرینه‌رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران. علوم و مهندسی آب و فاضلاب، سال ۳، شماره ۱، ص ۳۴-۲۲.

روحانی، ح.، ا. زکی، م. کاشانی و ا. فتح‌آبادی. ۱۳۹۴. ارزیابی پایداری تغییرات کیفیت شیمیایی آب سطحی در رودخانه گرگانرود. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۲، ص ۱۴۰-۱۲۹.

سبزواری، ی.، ع.ح. نصرالهی، و ح.ا. یونسی. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات زمانی مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بروجرد-دورود. مهندسی آبیاری و آب ایران، سال ۱۱، شماره ۴۱، ص ۱۷۶-۱۵۰.

ستاری، م.ت.، م.ع. نایب‌زاد و ر.ع. نجف‌آبادی. ۱۳۹۳. پیش‌بینی کیفیت آب‌های سطحی با استفاده از روش درخت تصمیم. مهندسی آبیاری و آب، سال ۴، شماره ۱۵، ص ۸۸-۷۶.

سعادت فومنی، م.، ب. سرکمری و ف. عزیزآبادی. ۱۳۹۳. ارزیابی ایستگاه‌ها و پارامترهای کیفی رودخانه سفیدرود با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی. فصلنامه فن‌آوری‌های نوین در مهندسی محیط‌زیست و منابع تجدیدپذیر، دوره ۱، شماره ۲، ص ۱۹-۹.

شمعانیان، غ.، م. رقیمی و ا. یخکشی. ۱۳۸۵. هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی دشت گرگان: راهکاری برای حساسیت‌سنجی آلودگی آب‌های زیرزمینی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دوره ۱۳، شماره ۴، ص ۱۰-۱.

عسگری، ا.، ر. مصطفی‌زاده و خ. حاجی. ۱۳۹۸. تحلیل نقاط تغییر در سری زمانی دبی برخی ایستگاه‌های هیدرومتری استان گلستان. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۱، شماره ۵، ص ۹۳-۸۱.

فاطمی، ز. و آ. احمدی. ۱۳۹۵. استفاده از روش‌های چند متغیره آماری برای ارزیابی مکانی و زمانی متغیرهای کیفیت آب‌های سطحی، مطالعه موردی: رودخانه کرخه. نهمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۲۱ و ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. ص ۹-۱.

فریادی، س.، ک. شاهدی و م. نباتپور. ۱۳۹۱. مطالعه پارامترهای کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۳، شماره ۶، ص ۹۲-۷۵.

قادری، ف.، ا. بابانژاد و س.ص. حسینی کریمی. ۱۳۹۷. استفاده ترکیبی از پارامترهای کیفی در آبخوان و آبریز دشت موسیان به‌منظور تشخیص تأثیرپذیری کیفی آبخوان از جریان‌های سطحی. مهندسی آبیاری و آب، سال ۹، شماره ۳۳، ص ۱۶۶-۱۵۱.

قلی‌زاده، م. و م. علی‌نژاد. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات مکانی برخی از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان. فصلنامه علوم محیطی، دوره ۱۶، شماره ۱، ص ۱۲۶-۱۱۱.

کاظم‌زاده، م. و آ. ملکیان. ۱۳۹۶. تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفیت آب سطحی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره (مطالعه موردی: حوزه آبخیز آجی‌چای). مرتع و آبخیزداری، منابع طبیعی ایران، دوره ۷، شماره ۲، ص ۴۷۸-۴۶۵.

مصطفی‌زاده، ر. و و.ب. شیخ. ۱۳۹۰. ارزیابی تراکم شبکه باران‌سنجی استان گلستان با استفاده از روش همبستگی مکانی. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، دوره ۲۴، شماره ۹۳، ص ۸۷-۷۹.

موسوی سردشتی، س.ع.، ک. سلیمانی، ف. شکریان و س.ح. روشان. ۱۳۹۹. بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: دشت لردگان، استان چهارمحال و بختیاری). مهندسی آبیاری و آب ایران، سال ۱۰، شماره ۳۹، ص ۲۷۶-۲۶۲.

نوری، ز. و آ. ملکیان. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر کیفیت آب رودخانه‌های سیمره و کشکان در استان‌های ایلام و

لرستان. محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۲، ص ۵۶۴-۵۴۹.
نیسی، ل. و پ. تیشه‌زن. ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. مهندسی آبیاری و آب، سال ۹، شماره ۳۳، ص ۱۵۰-۱۳۹.
یزدان‌خواه س. ۱۳۸۷. اهمیت نسبی متغیرهای هواشناسی در برآورد تبخیر-تعرق مرجع در اقلیم‌های مختلف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۰ ص.
Bouchelouche D., H. Sefiane, I. Saal, M. Hafiane and A. Arab. 2021. Application of multivariate statistical analysis in the assessment of surface water quality in the hydrographic network of Mazafran Wadi, Algeria. Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions (2nd Edition). EMCEI 2019. 1925-1929.
Boyacioglu, H., H. Boyacioglu and O. Gunduz. 2005. Application of factor analysis in the assessment of surface water quality in Buyuk Menderes river basin. Journal of European Water, 10: 43-49.
Dalal, S.G., P.V. Shirodkar, T.J. Jagtap, B.J. Naik and G.S. Rao. 2009. Evaluation of significant sources influencing the variation of water quality of Kandla creek, Gulf of Katchchh, using PCA. Journal of Environmental Monitoring Assessment, 163(1-4): 49-56.
Jehan Sh., I. Ullah, S. Khan, S. Muhammad, S.A. Khattak and T. Khan. 2020. Evaluation of the Swat river, northern Pakistan, water quality usingmultivariate statistical techniques and water quality index (WQI) model. Environmental Science and Pollution Research, 27: 38545-38558.
Jeihouni, M., A. Toomanian, S.K. Alavipanah, S. Hamzeh and P. Pilesjö. 2018. Long term groundwater balance and water quality monitoring in the eastern plains of Urmia Lake, Iran: A novel GIS based low cost approach. Journal of African Earth Sciences, 147: 11-9.
Kowalkowski, T., R. Zbytniewski, J. Szpejna and B. Buszewski. 2006. Application of chemometrics in river water classification. Journal of Water Research, 40: 744-752.
McNeil, V.H., M.E. Malcolm Cox and M. Preda. 2005. Assessment of chemical water types and their spatial variation using multi-stage cluster analysis, Queensland, Australia. Journal of Hydrology, 10: 181-200.
Ouyang, Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Journal of Water Research, 39: 2621-2635.
Ruzdjak, A.M. and D. Ruzdjak. 2015. Evaluation of river water quality variations using multivariate statistical techniques. Environmental Monitoring and Assessment, 187(4): 215.
Shrestha, S. and F. Kazama. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software. 22: 464-475.
Singh, K.P., A. Malik and S. Sinham. 2005. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques-a case study. Analytica Chimica Acta, 538: 355-374.
Singh, K.P., A. Malik, D. Mohan and S. Sinha. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti river (India)- a case study. Water Research, 38: 3980-3992.
Singh, K.R., A.P. Goswami, A.S. Kalamdhad and B. Kumar. 2019. Assessment of surface water quality of Pagladia, Beki and Kolong river (Assam, India) using multivariate statistical techniques. International Journal of River Basin Management, DOI: 10.1080/15715124.2019.1566236.
Singh, K.R., A.P. Goswami, A.S. Kalamdhad and B. Kumar. 2020. Surface water quality and health risk assessment of Kameng river (Assam, India). Water Practice and Technology, DOI: 10.2166/wpt.2020.090.
Smith, L. 2002. A tutorial on Principal Components Analysis. 1-27.
Sojka, M., M. Siepak, A. Zioła, M. Frankowski, S. Murat-Błażejewska and J. Siepak. 2007. Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mała Wełna river (Western Poland). Journal of Environmental Monitoring Assessment, 147: 159-170.

Strobl, R.O., P.D. Robillard, R.D. Shannon, R.L. Day and A.J. McDonnel. 2006. A water quality monitoring network design methodology for the selection of critical sampling points, Part 1. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 112: 137-158.
Uddin, M.G., S. Nash and A.I. Olbert. 2021. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. Ecological Indicators, 122: 1470-160.
Wu, Zh., Zh. Che, Y. Wang, J. Dong and M. Wu. 2015. Identification of surface water quality along the coast of Sanya, South China Sea. PLoS One, 10(4): e0123515.
Xiao, J., L. Wang, L. Deng and Z. Jin. 2019. Characteristics, sources, water quality and health risk assessment of trace elements in river waterand well water in the Chinese Loess Plateau. Science of the Total Environment, 650: 2004-2012.
Yan, Ch.A., W. Zhang, Zh. Zhang, Y. Liu, C. Deng and N. Nie. 2015. Assessment of water quality and identification of polluted risky regions based on field observations & GIS in the Honghe river watershed, China. PLoS One, 10(3): e0119130.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره چهل و نه . پاییز۱۴۰۱

Determining the Important stations and Physicochemical Parameters of Surface water Quality Measurement in Gorgan-Rud Basin (Iran) Using Multivariate Statistical Techniques

Raoof Mostafazadeh[1*], Khadijeh Haji[2], Hassan Azarmdel[3], Akbar Ghasemi[4]

Abstract

This study focuses on evaluating the effectiveness of surface water quality monitoring network and identify monitoring stations and water quality parameters, which are important in assessing annual variations of water quality in Gorgan-Rud Basin, Golestan Province. Cluster analysis (CA) was used to sort cases (monitoring points) into groups. Principal component analysis (PCA) and factor analysis (FA) techniques were applied for these objectives. In this study water quality data of nineteen water quality monitoring stations over a 23-year time period (1996-2018), were analysed. Principal component analysis has determined a reduced number of three principal components that explain over 95.47 % of the data set variance. Results indicated that three monitoring stations (Taghi-Abad, Shir-Abad, and Nodeh) were identified as less important in explaining the annual variance of the water quality parameters. Based on the coefficient of determination improvements of regression relations, concluded that removing of the less important stations (from 19 to 16) can help the cost effectiveness and meaningful data collection of the monitoring network in the study domain. In addition, results revealed more important water quality parameters. Results shows that total hardness and EC are most important parameters at first component and in the second component, pH and HCO3 are appropriate for assessing variations of water quality in the Gorgan-Rud Basin. The clustering procedure highlighted two different groups in which the sampling sites have similar characteristics.

Key words: Cluster Analysis, Gauging Stations, Gorgan-Rud River, Principal Component Analysis, Water Quality Monitoring

[1] Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, member of Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (*Corresponding Author; Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)
[2] Ph.D. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, khadijehaji95@gmail.com
[3] M.Sc of Watershed Management, Reseearcher in Water and Environment, Iran, h.azarmdel@gmail.com
[4] Ph.D in Forestry, Sari ultural and Natural Resources Research and Education Center, Booshehr Province, Iran, ghasemiforester@gmail.com