Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Assessing temporal-spatial variations and classifying water quality of the Dinachal River, Iran, through field data collection

Sina Asadpour Lomer[1], Kumars Ebrahimi[✉2], Abdolmajid Liaghat[3], Fatemeh Alipour[3]

1. Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Sina.Asadpour@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Renewable Energies and Sustainable Resources Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. EbrahimiK@ut.ac.ir
3. Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. aliaghat@ut.ac.ir
4. Department of Renewable Energies and Sustainable Resources Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, Ftm.Alipour98@ut.ac.ir.

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Dec. 6, 2023

Revised: Jan. 25, 2024

Accepted: Feb. 3, 2024

Published online: April. 2024

Keywords:
Guilan,
Pollution,
Sustainable Exploitation,
Surface Water Resources,
Water Quality.

ABSTRACT

Rivers play a crucial role as a primary water source for societies, emphasizing the need for continuous monitoring of their quality. In this article, we focus on the assessment of water quality in Dinachal River, located in Gilan province. The evaluation was conducted through field studies, sampling, and laboratory methods. Specifically, we measured and analyzed five hydraulic parameters and thirteen water quality parameters, including nitrate, phosphate, temperature, and acidity. The study encompassed seven selected sections along a 25 km stretch of Dinachal River in September 2021. To analyze the data, we employed various methods such as Schoeller, Piper, and Wilcox, along with the FAO and WQI indices. Spatially comparing the river water quality revealed a consistent increase in most parameters from the upstream section, with a steeper rise observed from the station near SafarMahaleh village (section4) towards the river's end. Notably, three parameters electrical conductivity, nitrate, and total dissolved solids experienced significant increases. Electrical conductivity rose from 315.67 µS/cm to 712 µS/cm, total dissolved solids increased from 202.03 to 455.68 mg/l, and nitrate levels elevated from 11.27 mg/l to 69.47 mg/l along the river. Conversely, nitrate levels rose from 19.4 mg/l to 21.4 mg/l, and electrical conductivity increased from 328 µS/cm to 416µS/cm. When comparing data between 1996and2016, specifically for the months of July and June, we noted that agricultural drains had caused nitrates to exceed the permissible limit. The findings indicate an overall deterioration in certain parameters, particularly in relation to electrical conductivity, nitrate levels, and total dissolved solids. These results emphasize the need for effective measures to mitigate pollution sources and preserve the river's water quality for the well-being of the surrounding communities.

Cite this article: Asadpou Lomer, S., Ebrahimi, K., Liaghat, A., & Alipour, F., (2024) Assessing temporal-spatial variations and classifying water quality of the Dinachal river, Iran, through field data collection, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (2), 313-327. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369232.669614

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369232.669614

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۲ شاپا: ۲۴۲۳-۷۸۳۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

ارزیابی تغییرات زمانی- مکانی و دسته‌بندی کیفیت آب رودخانه دیناچال با استفاده از داده‌برداری میدانی

سینا اسدپورلمر[۱]، کیومرث ابراهیمی[۲]✉، عبدالمجید لیاقت [۳] و فاطمه علی پور [۴]

۱. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Sina.Asadpour@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی انرژی‌های نو و منابع پایدار، دانشکدگان علوم و فناوری‌های میان رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: Ebrahimik@ut.ac.ir

۳. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ALiaghat@ut.ac.ir

۴ . گروه مهندسی انرژی های نو و منابع پایدار، دانشکدگان علوم و فناوری‌های میان رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: Ftm.Alipour98@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴
تاریخ انتشار: اردیبهشت ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
آلودگی،
بهره‌برداری پایدار،
کیفیت آب،
منابع آب‌سطحی،
گیلان.

چکیده

رودخانه‌ها از مهمترین منابع آب مورد استفاده جوامع هستند. از این رو پایش کیفیت مستمر آن بسیار ضروری است. در این راستا در مقاله حاضر پایش کیفیت آب رودخانه دیناچال از استان گیلان بر مبنای مطالعات میدانی، نمونه‌برداری و روش‌های آزمایشگاهی صورت گرفته است. برای این منظور ۵ پارامتر هیدرولیکی و ۱۳ پارامتر کیفیت آب از جمله نیترات، فسفات، دما و اسیدیته در هفت مقطع انتخابی در طول ۲۵ کیلومتری رودخانه دیناچال در شهریور سال ۱۴۰۰ اندازه‌گیری و بررسی شد. به‌منظور تحلیل نتایج از روش‌های شولر، پایپر، ویلکاکس و شاخص‌های FAO و WQI استفاده شد. همچنین، نتایج مقایسه مکانی کیفیت آب رودخانه نشان‌داد که مقادیر اکثر پارامترها از بالادست رودخانه با شیب نسبتاً ثابتی افزایش‌یافته و از ایستگاه واقع در ابتدا روستای صفر محله (مقطع ۴) تا انتهای رودخانه با شدت بیشتری افزایش یافته‌اند. در این میان سه پارامتر هدایت الکتریکی، نیترات و کل موادجامدمحلول افزایش چشمگیری داشته‌اند، به این صورت که از ابتدا تا انتهای رودخانه، هدایت‌الکتریکی از µS/cm67/315 به µS/cm712، کل‌موادجامدمحلول از mg/l03/202 به mg/l68/455 و مقدار نیترات از mg/l27/11 به mg/l47/69 افزایش یافته‌است. همچنین نتایج مقایسه زمانی کیفیت آب رودخانه نشان داد که مقدار اکسیژن محلول نسبت به گذشته کاهش ناچیزی به مقدار ۸ درصد داشته و نیترات از mg/l 4/19به mg/l 4/21 و هدایت‌الکتریکی از µS/cm 328 به µS/cm 416 افزایش داشته‌اند. طبق مقایسات انجام شده بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ در بازه زمانی تیرماه و خرداد ماه، به‌علت ورود زهآب‌های کشاورزی، مقادیر نیترات از حد مجاز فراتر رفته‌است.

استناد: اسدپور لمر؛ سینا، ابراهیمی؛ کیومرث، لیاقت؛ عبدالمجید، علی پور؛ فاطمه، (۱۴۰۳) ارزیابی تغییرات زمانی- مکانی و دسته‌بندی کیفیت آب رودخانه دیناچال با استفاده از داده‌برداری میدانی، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۲)، ۳۲۷-۳۱۳. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369232.669614

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369232.669614

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه شهرها و همچنین افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و صنعتی، تاکید قابل توجهی بر اهمیت بررسی، پایش و صیانت از کیفیت منابع آب سهل‌الوصول سطحی را بیشتر از قبل کرده است. ورود منابع آلاینده تجزیه‌پذیر زیستی به رودخانه‌ها و استفاده زیاد از آفت‌کش‌ها، سموم و مواد شیمیایی کشاورزی موجب عدم توازن در میزان اکسیژن محلول رودخانه‌ها شده است. همچنین ورود فاضلاب‌های مسکونی و پساب‌های کشاورزی و صنعتی باعث تغذیه‌گرایی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شده است (رهنما و همکاران، ۱۳۹۸).

رودخانه‌ها همواره از مهم‌ترین منابع آب در اختیار جهت تأمین آب شرب و کشاورزی، نقش به سزایی در تأمین سلامت انسان و محیط‌زیست دارند؛ اما تخلیه گونه‌های مختلف آلاینده‌های کشاورزی، صنعتی و پساب‌های شهری به رودخانه‌ها موجب شده که این منابع مهم، گاهی اوقات به عنوان یکی از مراکز بحرانی آلودگی‌ها مطرح باشند (شاهی نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). نظر به اینکه بررسی و تحلیل نمونه‌های کمی وکیفی آب رودخانه‌ها نقش حائز اهمیتی در جهت برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه پایدار منابع آب ایفا می‌کند فلذا پایش کیفیت منابع آب سطحی امری ضروری است (پاشازاده و همکاران،۱۳۹۹).

با توجه به‌اینکه افت کیفیت منابع آب سطحی می‌تواند بهره‌برداری پایدار از این منابع حیاتی را با مشکل مواجه نماید، این موضوع در پژوهش‌های گوناگونی با استفاده از روش‌های مختلف بررسی و مطالعه شده است که برخی از مهم‌ترین آن‌ها در ادامه بررسی و ارائه شده است.

با استفاده از پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه سفیدرود و با روش‌های چندمتغیره آماری مانند خوشه‌بندی و با وزن‌دهی به پارامترهای مختلف، شاخص کیفی جدیدی به نام SDWQI ارائه شد. درنهایت بر اساس دسته‌بندی شولر، شاخص WHO و شاخص SDWQI، ایستگاه‌های رودبار و آستانه در رده خوب و عالی جهت مصارف شرب قرار گرفتند (محمدی قلعه نی و کاردان مقدم،۱۴۰۱).

پس از نمونه‌برداری از ۶ ایستگاه در طول رودخانه زیارت استان گلستان با استفاده از شاخص NSFWQI ، شرایط کیفیت آب این رودخانه بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که در ایستگاه پایین‌دست به‌دلیل دریافت پساب از منابع مختلف، میزان غلظت اکسیژن‌محلول، سدیم، کلسیم و فسفات از دیگر ایستگاه‌های بالادست بیشتر بوده است. همچنین نتایج بیانگر میانگین غلظت اکسیژن‌محلول، موادجامدمحلول، کلر، سدیم، فسفات و نیترات به‌ترتیب ۵/۴، ۶۲۷/۵، ۱۱۰/۰۲، ۴۸/۵ و ۹/۲۵ میلی‌گرم برلیتر و میانگین هدایت‌الکتریکی ۱۰۲۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است. و در نهایت کیفیت آب بر اساس شاخص NSFWQI در ایستگاه بالادست، متوسط و در ایستگاه‌های میانی و پایین‌دست، نامطلوب بوده است (نادری و همکاران ،۱۳۹۹).

کیفیت آب رودخانه صوفی‌چای با استفاده از شاخص کیفیت آب[1] یا WQIدر بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۵۱ بررسی شد. پارامترهای کیفی هدایت الکتریکی، اسیدیته، کل‌موادجامدمحلول، کلسیم، بی‌کربنات، سولفات، کلر، منیزیم و سدیم برای بررسی کیفیت آب رودخانه صوفی‌چای استفاده شد. براساس نتایج، کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در روش تحلیل سلسله مراتبی و سدیم، کلر و سولفات در روش آنتروپی به عنوان مؤثرترین پارامترها بر کیفیت آب رودخانه صوفی‌چای تعیین شدند. میانگین مقدار شاخص کیفیت آب با استفاده از روش‌های وزن‌دهی آنتروپی، تحلیل سلسله مراتبی و وزن‌دهی استاندارد سازمان بهداشت جهانی در طول دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۵۱ به ترتیب برابر ۱۳، ۳۸ و ۱۶ بوده و به عبارتی کیفیت آب رودخانه صوفی‌چای در وضعیت عالی قرار داشته است (منافی ملایوسفی و ملکانی،۱۴۰۱)

با استفاده از مدل QUAL2Kw کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد پیشبینی شد. کیفیت آب این رودخانه را در دو سرشاخه تشکیل‌دهنده آن، با طراحی دو سناریو با مقدار جریان عبوری متفاوت جهت بهبود آب آن در پایین‌دست، تحلیل شد که نتایج نشان داد با جلوگیری از تخلیه آب رودخانه‌های بالادست (کیار و جونقان) که وضعیت کیفی نامطلوبی دارند و همچنین اضافه شدن آب چشمه باغ رستم در ادامه مسیر، کیفیت آب این رودخانه در پایین‌دست شرایط بهتری خواهد داشت. به‌طور مثال میزان غلظت اکسیژن محلول حدود ۲۰ درصد بهبود یافته است (مقصودی و همکاران،۱۴۰۰).

در پژوهشی ضمن انتخاب ایستگاه‌هایی مناسب در طول رودخانه، وضعیت کلی کیفیت آب این رودخانه را با استفاده از شاخص WQI بررسی شد. این شاخص به‌منظور بررسی شرایط کیفی آب‌های سطحی و به‌خصوص رودخانه‌های دائمی بهینه معرفی شد. نتایج نشان داد

---

1 Water Quality Index

که کیفیت آب این رودخانه در اکثر ایستگاه‌های بررسی‌شده، در دسته آب‌های با کیفیت متوسط جای می‌گیرد (نوری و همکاران ،۱۳۹۰).

تغییرات مکانی کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج با استفاده از سه شاخص WQI، NSFWQI و IRWQIsc شد. پارامترهای نیترات و کدورت برای محاسبه شاخص‌های IRWQIsc و NSFWQI و پارامترهای کل‌موادجامدمحلول، نیترات و سولفات به‌منظور بررسی شاخص WQI اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد، آب رودخانه‌های کن و کرج مطابق شاخص NSFWQI در محدوده کیفیت بد و متوسط، مطابق شاخص IRWQIsc در محدوده کیفیت بسیار بد و نسبتاً خوب و مطابق شاخص WQI، در محدوده آب‌های باکیفیت قرار دارد. نتایج گروه‌بندی نیز گویای کاهش کیفیت آب از بالادست رودخانه به پایین‌دست آن بود (علیزاده و همکاران،۱۳۹۶).

به‌منظورسنجش میزان تغییرات اکسیژن‌محلول آب رودخانه در اثر تغییر پارامترهای مؤثر بر آن، پارامترهای شبیه‌سازی‌شده در این پژوهش به دو بخش هیدرولیکی و کیفی تقسیم‌بندی شد که داده‌های هیدرولیکی شامل عمق آب، سرعت جریان و دبی است. نتایج نشان داد شبیه‌سازی پارامتر pH دارای کمترین میزان ریشه دوم میانگین‌مربعات‌خطای نرمال بوده و همچنین پارامتر فسفر دارای بیشترین خطا است؛ و درنهایت نتایج تحلیل حساسیت مدل بیانگر اختصاص بیشترین حساسیت اکسیژن‌محلول نسبت به ضریب هوادهی، عمق جریان و ضریب زوال اکسیژن خواهی بیوشیمیایی بود (محمدی قلعه‌نی و ابراهیمی،۱۳۹۸).

توسعه و تهیه یک مدل ریاضی و رده‌بندی کیفیت آب این دو رودخانه به سه روش FAO، WILCOX و WQI انمام شد. نتایج آزمایش‌های کیفی و شبیه‌سازی روش‌های عددی نشان داد که هر دو رودخانه در بازه مورد مطالعه دارای ظرفیت خودپالایی نسبتا خوبی بودند (محمدی قلعه‌نی و همکاران،۱۳۹۴).

به‌منظور نظارت بر آلودگی‌های اولویت‌دار آلی و غیرآلی در حوضه رودخانه، از شاخص کیفیت آب (WAWQI) برای ارزیابی کیفیت آب‌سطحی استفاده شد و در این راستا ۲۱ نقطه نمونه‌برداری را برای ارزیابی کیفیت آب انتخاب شد. نتایج مطالعه نشان داد که کیفیت آب در حوضه رودخانه سیرت عمدتاً به‌عنوان کلاس ۲ یا ۳ رده‌بندی می‌شود. با این حال، تحلیل توزیع مکانی شاخص کیفیت آب با استفاده از ARCGIS نشان داد که آب این رودخانه اکثراً برای تأمین آب آشامیدنی مناسب نیست و این وضعیت ناشی از کیفیت شاخص‌های اصلی آب و پساب‌های ایستگاه‌های تصفیه فاضلاب می‌باشد (Zait et al.,2022).

اثر افزایش شهرنشینی بر کیفیت آب چهار رودخانه شهری در تانزانیا با استفاده از شاخص کیفیت آب و روش‌های آماری ارزیابی شد. نتایج نشان از وجود آلودگی معنادار در بخش‌های پایین‌دست شهرها (به‌طور عمده در مناطق مرکزی شهری) داشت و تقریباً ۳۰ درصد از بخش‌ها دارای کیفیت آب متوسط تا خوب بودند، اما به علت رشد سریع جمعیت، آلودگی شدید به شهرهای بزرگ مرتبط بود (Shuang Chen et al.,2022).

ارزیابی میزان اثربخشی شبکه پایش کیفیت آب‌های سطحی در رودخانه انجام شد. نتایج نشان داد که تعداد ایستگاه‌های پایش و همچنین نزدیکی ایستگاه‌های پایش می‌تواند در کاهش خطای محاسباتی مؤثر باشد. همچنین در این پژوهش قواعدی جهت نحوه انتخاب ایستگاه‌های پایش ارائه شد (Ouyang et al.,2005).

پژوهشی با هدف نمونه‌برداری از فاضلاب‌های شهری و تحلیل منابع آلودگی و چگونگی انتشار و اثرات آلودگی‌ها بر نواحی پایین دست انجام دادند. نتایج نشان داد با ادغام رویکرد های مختلف پایش کیفی و نظارت بر غلظت مواد شیمیایی و اثرات آن‌ها، می‌توان راهبردی مناسب جهت ارزیابی های کیفی مستمر در حال و آینده داشت (De Baat et al.,2021).

با بررسی خطاها و منشأ خطاها در مدل‌سازی، اثرات مدل‌سازی مبتنی بر هر یک از روش‌ها معرفی شد. طبق نتایج، یک ابزار مدل‌سازی مبتنی بر ریسک به‌منظور پیاده‌سازی چارچوب‌های مشخص‌شده توسعه داده و معرفی و ثبت شد (Neil R. McIntyre et al.,2003).

به‌منظور مدل سازی کیفی آب رودخانه با استفاده از تکنیک شبکه‌عصبی‌مصنوعی انجام شد. غلظت اکسیژن‌محلول به‌عنوان شاخص اولیه کیفیت آب اندازه‌گیری شد. نهایتا با استفاده از روش شبکه‌عصبی مصنوعی و با استفاده از ابزارهای آماری، مقادیر پیش‌بینی شده اکسیژن‌محلول با ایجاد همبستگی بین میزان اندازه‌گیری و پیش‌بینی‌شده دقت بالایی را از خود نشان داد (Archana Sarkar et al.,2015).

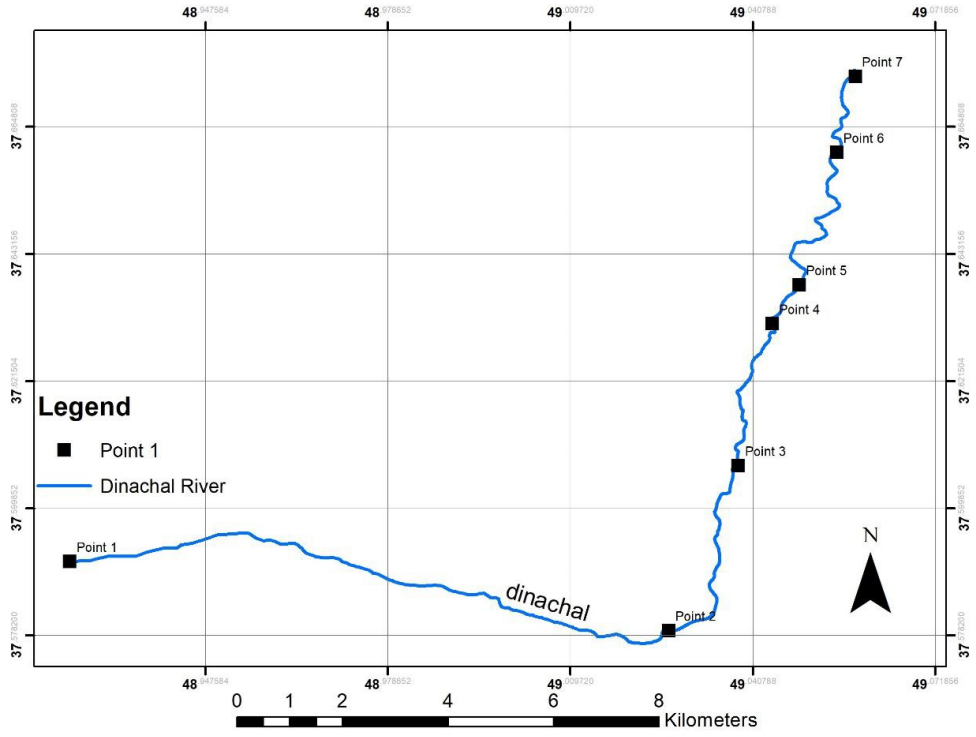
به‌منظور مدل‌سازی یک رودخانه و سپس آنالیز نتایج و ایجاد راهبردی مناسب برای آینده به جهت کنترل کیفی آب رودخانه با نظارت دائم انجام شد. نتایج نشان داد این پژوهش راهکارهایی مناسب اعم از اصلاح ساختارهای استاندارد کیفی و نظارت بیشتر بر خروجی پساب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی ارایه می‌کند (Paul Whitehead et al.,2019).

رودخانه دیناچال به‌دلیل تامین آب شرب و کشاورزی و همچنین تامین نیاز صنعتی کارگاه‌های مجاور رودخانه، از اهمیت بالایی در

بین رودخانه‌های دائمی غرب استان گیلان برخوردار است. بنابراین با توجه به اهمیت رودخانه دیناچال در مصارف شرب، کشاورزی و محیط‌زیست منطقه، پایش کیفیت آن بسیار حائز اهمیت است. در این راستا براساس مطالعات انجام شده روش‌های نمودار شولر، پایپر، ویلکلکس که به‌ترتیب برای طبقه‌بندی آب شرب، سختی و شوری آب کاربرد دارد، انتخاب شدند. همچنین شاخص FAO پارامترهای آب جهت آبیاری و شاخص WQI با هدف طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه دیناچال مورد استفاده قرار گرفتند. پایش رودخانه دیناچال از استان گیلان از بالادست تا پایین‌دست و همچنین مقایسه شرایط کنونی کیفیت آب با سابقه کیفیت آب در سنوات پیشین جهت بررسی تغییرات کیفی آب انجام شده است. در پژوهش حاضر برای نخستین بار گستره ۲۵ کیلومتری از رودخانه دیناچال مورد بررسی کیفی آب قرار گرفته است. بنابراین ضمن پایش سراسری این رودخانه با هدف شناسایی محدوده‌ها و نقاط بحرانی و همچنین عوامل ایجاد آلودگی، مقایسه تاریخی کیفیت آب این رودخانه می‌تواند برای نخستین بار دید کاملی از شرایط حاکم بر منطقه را ترسیم کند.

مواد و روش‌ها

استان گیلان با مساحت حدود ۱۴۰۰۰ کیلومترمربع بین رشته‌کوه‌های البرز و تالش در شمال ایران جای گرفته است. مساحت محدوده مطالعاتی ما در بخش تالش حدود ۱۸۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. ارتفاع محدوده مطالعاتی از ۲۸- متر در ساحل دریای خزر و تا ارتفاع ۱۰۰۰ متری در بلندترین منطقه تغییر پیدا می‌کند. اکثر شیب‌ها بین ۳۰ تا ۶۵ درصد بوده و مناطق پایین‌دست در حاشیه دریای خزر عموماً به صورت دشت و فاقد شیب یا دارای شیب بسیار ملایم می‌باشند. حوضه‌آبریز رودخانه دیناچال بین حوضه‌های شفارود و ناورود قرارگرفته است. در این حوضه ایستگاه‌های تبخیرسنجی، باران‌سنج معمولی، باران‌سنج ذخیره‌ای ثبات و ایستگاه‌های برف سنجی فعال است (محمدی قلعه‌نی و همکاران،۱۳۹۴). نمونه‌برداری در طول رودخانه، در هفت ایستگاه صورت گرفته که هر ایستگاه با بازه‌بندی‌های مختلف از دیگری جدا شده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی رودخانه دیناچال در سال ۱۴۰۰

بازه مورد مطالعه در این پژوهش به طول ۲۵ کیلومتر از رودخانه دیناچال می‌باشد که از بالادست آبشار ویسادار شروع شده و تا ساحل دریای خزر ادامه دارد که اطلاعات جغرافیایی مقاطع طبق جدول شماره ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی مقاطع

شماره مقطع	طول جغرافیایی (درجه اعشار)	عرض جغرافیایی (درجه اعشار)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	۴۸/۸۵۲۶	۳۷/۵۸۱۱	۹۷۸
۲	۴۹/۰۲۰۲	۳۷/۵۷۷۵	۱۱۰
۳	۴۹/۰۳۷۴	۳۷/۶۰۴۹	۳۷
۴	۴۹/۰۴۰۳	۳۷/۶۲۴۵	۶
۵	۴۹/۰۴۴۵	۳۷/۶۳۱۲	-۵
۶	۴۹/۰۵۴۶	۳۷/۶۵۰۷	-۲۲
۷	۴۹/۰۵۶۰	۳۷/۶۷۱۶	-۲۸

روش انجام تحقیق

با توجه به عدم وجود داده‌های متناسب و به‌روز در منطقه مطالعاتی، لذا در پژوهش حاضر جمع‌آوری داده‌ها به صورت میدانی انجام شده است. در این راستا در پایان فصل کشاورزی سال ۱۴۰۰ (شهریور ۱۴۰۰)، نخست به روش بازه‌بندی اصولی رودخانه برای نمونه‌برداری کیفی (محمدی قلعه‌نی و ابراهیمی، ۱۳۹۴) طول رودخانه به هفت مقطع مجزا تقسیم‌بندی شده و در هر مقطع سه‌بار نمونه‌برداری با فاصله زمانی (گام) ۳ ساعته لحاظ شد. همچنین پارامترهای هیدرولیکی آب از جمله عمق آب، سرعت جریان، دبی جریان، عرض رودخانه و دمای آب اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت انجام آزمایش‌های کیفیت آب با رعایت زمان و شرایط استاندارد (حمل فوری با یخچال) به آزمایشگاه کیفیت آب دانشگاه تهران انتقال یافتند. سپس به‌روش‌های تیتراسیون، اسپکتوفتومتری، فلیم‌فتومتری و با استفاده از دستگاه‌های اکسیژن‌متر، pH متر و کنداکتومتر پارامترهای نیترات، فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، اکسیژن محلول، سولفات، بی‌کربنات، کل مواد جامد محلول، کلر، منیزیم، اسیدیته و هدایت الکتریکی (شوری) اندازه‌گیری شدند و با رسم نمودارهای شولر، پایپر و ویلکاکس و با استفاده از استانداردهای FAO و WQI، کیفیت آب رودخانه دیناچال مورد بررسی قرار گرفت (Megahed et al., 2023). درنهایت، نقاط بحرانی رودخانه تجزیه و تحلیل و بررسی شد. در انتها نیز راه‌حل‌های پیشنهادی در راستای بهبود پارامترهای کیفی منطقه مورد مطالعه ارائه شد. به‌منظور ایجاد درک بهتر در ادامه به معرفی نمودارهای شولر، پایپر و ویلکاکس و تشریح استانداردهای FAO و WQI پرداخته شده است.

نمودار پایپر

یکی از روش‌های متداول در تعیین تیپ و رخساره آب، استفاده از نمودار پایپر است. براساس نمودار پایپر هشت رخساره شیمیایی قابل تشخیص است. این هشت رخساره می‌توانند در سه نوع تیپ اصلی قرار بگیرند که شامل آب‌های شیرین، آب‌های شورمزه و آب‌های ترکیبی است. این نمودار ترکیبی متشکل از دو مثلث متوازی‌الاضلاع و یک لوزی می‌باشد که مثلث سمت راست نشان‌دهنده درصد اکی‌والانی آنیون‌ها و مثلث سمت چپ نشان‌دهنده درصد اکی‌والانی کاتیون‌ها است. نمودار پایپر، آب‌ها را بر اساس محل قرارگیری و نزدیکی به گوشه مثلث به چهار نوع اصلی تقسیم می‌کند. آب‌هایی که در گوشه بالای مثلث قرار می‌گیرند عناصر قلیایی خاکی و اسیدهای قوی در آن‌ها غالب می‌باشند و از نوع آب‌های با سختی دائمی هستند. آب‌هایی که نزدیک گوشه سمت چپ قرار می‌گیرند، عناصر قلیایی خاکی و اسیدهای ضعیف در آن‌ها غالب بوده و سختی موقت دارند. نمونه‌هایی که در گوشه پایین مثلث قرار دارند عناصر قلیایی و اسیدهای ضعیف در آن‌ها غالب هستند. همچنین نمونه‌هایی که در گوشه سمت راست مثلث قرارگرفته‌اند، آب‌های شور هستند که در آن‌ها عناصر قلیایی و اسیدهای قوی غالب هستند. در نمودار پایپر می‌توان تعداد زیادی نمونه را در قالب نمودار نشان داد (Ravikumar et al., 2015; Hoaghia et al., 2021).

نمودار ویلکاکس

در نمودار ویلکاکس محور افقی به شوری آب و محور عمودی به نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد. مختصات مربوط به هر آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حرف C از نظر شوری و S از نظر سدیم مشخص می‌گردد. مثلا اگر آبی در منطقهC4S2 قرار بگیرد بدان معنا است که شوری این آب زیاد و سدیم آن متوسط است. بر اساس طبقه بندی ویلکاکس آب‌های خیلی خوب همگی دارای EC کمتر از 250 میکروموس بر سانتیمتر بوده و در گروه C1S1 قرار می‌گیرند، آب‌های خوب در گروه C1S2 و C2S2 و C2S1 قرار می‌گیرند و آب‌های متوسط در کلاس C3S3، C1S3، C2S3، C3S2 و C3S1 قرار گرفته و آب‌های مربوط به سایر کلاس‌ها نامناسب هستند (Bhatti et al., 2019).

نمودار شولر

در گزارش‌های هیدرولوژی برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب معمولاً از نمودار شولر استفاده می‌شود. در نمودار شولر برای هر یک از مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها و نیز درجه سختی آب (TH) محور جداگانه‌ای در نظر گرفته‌شده که با تعیین آن‌ها در آزمایشگاه و اتصال نقاط متناظرشان روی این محورها می‌توان مطابق شکل ۲ به درجه تناسب آب برای شرب پی‌برد (Schoeller, 1956).

استانداردهای رده‌بندی کیفی آب

روش FAO

مبنای ارزشیابی کیفیت آب آبیاری توسط روش FAO شامل شوری، سرعت نفوذ آب به خاک، مسمومیت‌های ویژه یونی و موارد متفرقه مثل وجود نیتروژن، بی‌کربنات و ازت در آب می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. راهنمای تفسیر ارقام کیفیت آب آبیاری (FAO, 1970)

مسائل پتانسیل آبیاری	واحد	درجه محدودیت‌های کاربردی		
		بدون محدودیت	محدودیت کم تا متوسط	محدودیت شدید
شوری (تاثیر بر روی میزان آب قابل دسترسی برای نباتات)				
EC_w	ds/m	<۰/۷	۰/۷ – ۳	۳>
TDS	mg/l	<۴۵۰	۴۵۰ – ۲۰۰۰	۲۰۰۰>
نفوذپذیری (تاثیر برروی سرعت نفوذ آب در خاک) مبنای ارزیابی EC_w و SAR توامان می‌باشد.				
SAR = ۰ – ۳ EC_w		>۰/۷	۰/۲ – ۰/۷	<۰/۲
SAR = ۳ –۶ EC_w		>۱/۲	۰/۳ – ۱/۲	<۰/۳
SAR = ۶ – ۱۲ EC_w		>۱/۹	۰/۵ – ۱/۹	<۰/۵
SAR = ۱۲ – ۲۰ EC_w		>۲/۹	۱/۳ – ۲/۹	<۱/۳
SAR = ۲۰ – ۴۰ EC_w		>۵	۲/۹ – ۵	<۲/۹
مسمومیت‌های ویژه یونی (برای گیاهان حساس)				
سدیم (Na)، آبیاری سطحی،SAR	meq/l	<۳	۳ – ۹	>۹
سدیم (Na)، آبیاری سطحی،SAR	meq/l	<۳	>۳	
کلر (Cl)، آبیاری سطحی،SAR	meq/l	<۴	۴ – ۱۰	>۱۰
کلر (Cl)، آبیاری سطحی،SAR	meq/l	<۳	>۳	
بُر (B)	mg/l	<۰/۷	۳ – ۷	>۳
موارد متفرقه (بر روی گیاهان احتمالا حساس)				
نیتروژن $(NO_3 - N)$	mg/l	<۵	۵ – ۳۰	>۳۰
بیکربنات، تنها در مورد آبیاری بارانی	mg/l	<۱/۵	۱/۵ – ۸/۵	>۸/۵
اسیدیته (pH)	حدود نرمال ۸/۵ – ۶/۵			

شاخص کیفیت آب (WQI)

این شاخص بر مبنا ابزار ریاضی، به بررسی عوامل مؤثر در کیفیت آب می‌پردازد. بنابراین بر اساس شاخص مذکور می‌توان داده‌های کیفی آب را به داده‌های کمی تبدیل کرد و سپس مورد تجزیه وتحلیل قرار داد. مقدار عددی این شاخص با میزان آلایندگی آب رابطه مستقیم دارد. در پژوهش‌ها و گزارش‌های متعدد به‌منظور ارزیابی شرایط کیفیت رودخانه‌ها و مقایسه میزان آلودگی آنها، شاخص WQI استفاده شده است. در این شاخص با تعیین عدد واحدی بین ۰ تا ۱۰۰ کیفیت آب محاسبه و طبقه‌بندی می‌شود. این شاخص، آب را از نظر کیفیت به پنج گروه تقسیم می‌نماید به‌گونه‌ای که باکیفیت‌ترین آب دارای شاخص ۱۰۰ و نامناسب‌ترین آب دارای شاخص ۰ است (Ramalho et al., 2022) (جدول ۳).

جدول ۳. رده‌بندی کیفی شاخص WQI (Ramalho et al., 2022)

کیفیت آب عالی	۹۱ – ۱۰۰
کیفیت آب خوب	۷۱ – ۹۰
کیفیت آب متوسط	۵۱ – ۷۰
کیفیت آب نسبتاً ضعیف	۲۶ – ۵۰
بسیار ضعیف	۰ – ۲۵

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی پارامترهای هیدرولیکی

نتایج مستخرج از اندازه‌گیری‌های هیدرولیکی مربوط به رودخانه دیناچال در هفت مقطع عرضی در جدول ۴ ارائه‌شده است. همانطور که مشخص است از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه سرعت آب کاهش و دمای آب، عرض رودخانه و عمق جریان افزایش یافته‌است (جدول ۴).

جدول ٤. نتایج هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در مقاطع یک تا هفت

شماره مقطع	کیلومتر از بالادست	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	عمق آب (سانتی‌متر)	عرض مقطع (متر)	دمای هوا (درجه سانتی گراد)	دمای آب (درجه سانتی گراد)
۱	۰	۰/۶۰	۱۵/۶۷	۱۰/۵	۱۹	۱۶/۵
۲	۱۱/۵	۰/۳۰	۱۵/۳۳	۱۰/۷۵	۲۰	۱۸/۸
۳	۱۶	۰/۵۰	۱۴/۶۷	۹/۲	۲۱	۱۸/۰۰
۴	۱۸	۰/۱۵	۱۵/۶۷	۱۸/۱	۲۲	۱۹/۸۰
۵	۱۸/۵	۰/۲۵	۱۳/۳۳	۱۲/۳	۲۲/۵	۲۲/۰۰
۶	۲۲/۳	۰/۰۹	۵۱/۶۷	۲۱/۲	۲۳	۲۲/۳۰
۷	۲۴/۹	۰/۰۱	۴۷/۳۳	۳۳/۵	۲۳/۵	۲۲/۳۰

نتایج بررسی نمونه‌های آزمایشگاهی

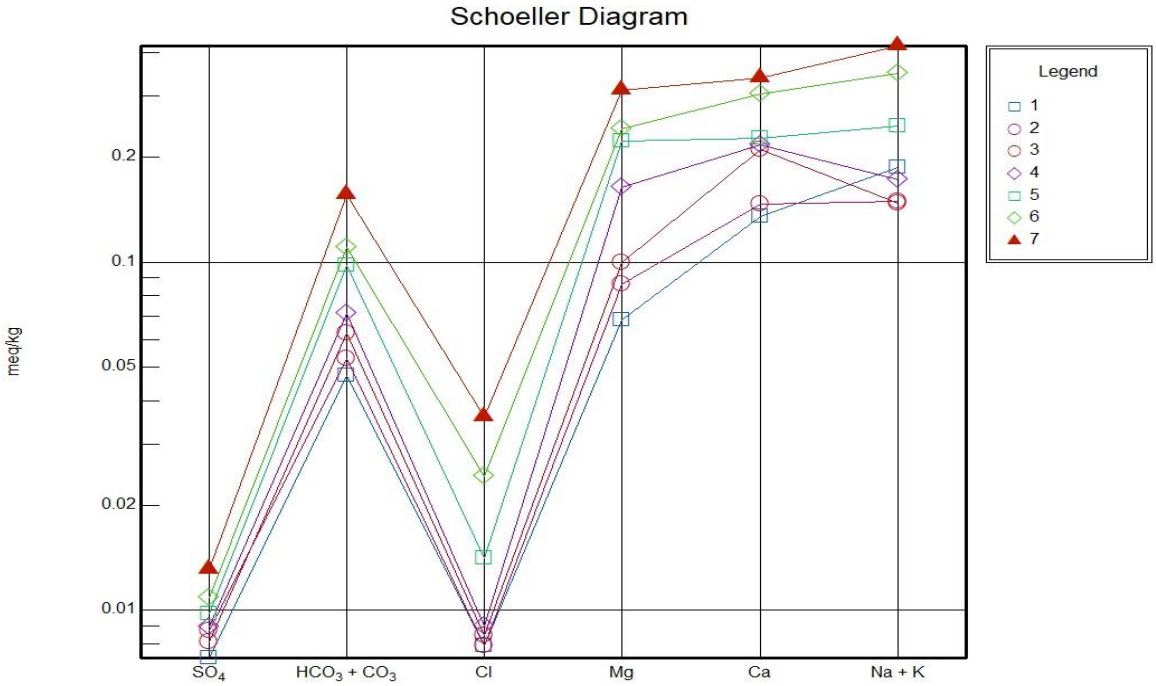
در این بخش نتایج آزمایشگاهی پارامترهای کیفیت آب، هر مقطع با سه تکرار ارائه شده است (جدول ۵).

جدول ۵. پارامترهای کیفیت آب اندازه‌گیری شده در مقاطع مختلف

شماره مقطع	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	TDS (mg/l)	HCO3 (mg/l)	SO4 (mg/l)	DO (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	EC (µmhos/cm)	pH	Na (mg/l)	NO3 (mg/l)	P (mg/l)	SAR(نسبت جذب سدیم)
	۰/۸۶	۰/۳۳	۲۰۴/۸۰	۳/۴۲	۰/۳۳	۷/۶۸	۲/۵۰	۱/۵۰	۳۲۰	۷/۷۸	۳/۲۰	۱۲/۲۰	۰/۰۲	
۱	۰/۹۳	۰/۲۶	۱۹۹/۶۸	۳/۱۸	۰/۳۴	۷/۵۲	۲/۶۳	۱/۶۰	۳۱۲	۷/۷۷	۳/۲۰	۱۱/۱۰	۰/۰۱	۰/۲۲
	۰/۷۱	۰/۲۶	۲۰۱/۶۰	۲/۴۰	۰/۳۸	۷/۸۴	۳	۱/۸۰	۳۱۵	۷/۶۹	۳/۶۰	۱۰/۵۰	۰/۰۱	
میانگین	۰/۸۳	۰/۲۸	۲۰۲/۰۳	۳	۰/۳۵	۷/۶۸	۲/۷۱	۱/۶۳	۳۱۵/۶۷	۷/۷۵	۳/۳۳	۱۱/۲۷	۰/۰۲	
	۰/۷۹	۰/۳۰	۲۰۲/۸۸	۲/۹۴	۰/۳۷	۷/۶۸	۲/۷۸	۱/۱۰	۳۱۷	۷/۷۹	۲/۸۰	۱۸/۵۰	۰/۰۲	
۲	۱/۱۴	۰/۲۷	۲۳۱/۶۸	۳/۷۸	۰/۴۵	۷/۱۲	۲/۹۵	۱/۲۰	۳۶۲	۷/۶۸	۲/۷۰	۱۶/۵۰	۰/۰۲	۰/۱۶
	۱/۲۱	۰/۲۶	۲۱۸/۸۸	۳/۳۰	۰/۴۵	۶/۹۶	۳/۱۰	۱/۶۰	۳۴۲	۷/۸۰	۲/۵۰	۱۷/۸۰	۰/۰۳	
میانگین	۱/۰۵	۰/۲۸	۲۱۷/۸۱	۳/۳۴	۰/۴۲	۷/۲۵	۲/۹۴	۱/۳۰	۳۴۰/۳۳	۷/۷۶	۲/۶۷	۱۷/۶۰	۰/۰۲	
	۰/۶۴	۰/۳۰	۲۰۰/۳۲	۴/۲۰	۰/۴۰	۷/۲۸	۴/۱۸	۱/۱۰	۳۱۳	۷/۷۳	۲/۷۰	۳۲/۴۰	۰/۰۴	
۳	۱/۲۹	۰/۲۹	۲۰۴/۸۰	۴/۰۸	۰/۴۵	۶/۷۲	۴/۱۵	۱	۳۲۰	۷/۷۷	۲/۸۰	۳۲/۵۰	۰/۰۳	۰/۱۵
	۱/۷۱	۰/۳۱	۲۰۰/۹۶	۳/۶۶	۰/۳۴	۶/۹۶	۴/۳۸	۰/۹۰	۳۱۴	۷/۶۳	۲/۹۰	۳۲/۸۰	۰/۰۴	
میانگین	۱/۲۱	۰/۳۰	۲۰۲/۰۳	۳/۹۸	۰/۳۹	۶/۹۹	۴/۲۳	۱	۳۱۵/۶۷	۷/۷۱	۲/۸۰	۳۲/۵۷	۰/۰۴	
	۱/۸۶	۰/۳۳	۲۵۲/۸۰	۴/۳۲	۰/۴۳	۶/۰۸	۳/۶۳	۱/۳۰	۳۹۵	۷/۸۱	۲/۸۰	۲۱/۴۰	۰/۰۶	
۴	۲/۲۱	۰/۳۲	۲۶۳/۶۸	۴/۶۲	۰/۴۵	۵/۶۸	۳/۳۵	۱/۹۰	۴۱۲	۷/۸۸	۲/۹۰	۲۵/۸۰	۰/۰۳	۰/۱۸
	۱/۹۳	۰/۳۱	۲۵۷/۲۸	۴/۵۰	۰/۳۹	۵/۵۲	۰/۹۵	۱/۷۰	۴۰۲	۷/۸۵	۳/۳۰	۱۸/۴۰	۰/۰۳	
میانگین	۲	۰/۳۲	۲۵۷/۹۲	۴/۴۸	۰/۴۲	۵/۷۶	۲/۶۴	۱/۶۳	۴۰۳	۷/۸۵	۳	۲۱/۸۷	۰/۰۴	
	۲/۵۰	۰/۳۵	۲۶۴/۳۲	۵/۷۶	۰/۴۲	۵/۴۴	۳/۶۸	۱/۷۰	۴۱۳	۷/۸۳	۴/۷۰	۲۲/۹۰	۰/۰۷	
۵	۳/۲۹	۰/۵۱	۲۹۱/۸۴	۶/۱۲	۰/۴۸	۶/۰۸	۵/۲۵	۱/۲۰	۴۵۶	۷/۸۶	۴/۸۰	۳۰/۲۰	۰/۰۷	۰/۲۳
	۲/۳۶	۰/۶۲	۲۸۵/۴۴	۶/۴۲	۰/۵۰	۶/۳۲	۴/۷۳	۱	۴۴۶	۷/۸۱	۵/۲۰	۳۵/۶۰	۰/۰۸	
میانگین	۲/۷۱	۰/۵۰	۲۸۰/۵۳	۶/۱۰	۰/۴۷	۵/۹۵	۴/۵۵	۱/۳۰	۴۳۸/۳۳	۷/۸۳	۴/۹۰	۲۹/۵۷	۰/۰۷	
	۲/۷۱	۰/۷۱	۲۵۴/۰۸	۶/۶۷	۰/۵۱	۴/۸۸	۵/۵۵	۱/۴۰	۳۹۷	۷/۹۲	۶/۹۰	۴۵/۲۰	۰/۰۷	
۶	۲/۹۳	۰/۸۸	۲۵۷/۲۸	۶/۹۰	۰/۵۲	۵/۲۸	۶/۱۵	۱/۸۰	۴۰۲	۷/۹۵	۷/۸۰	۴۹/۸۰	۰/۰۸	۰/۳۰
	۳/۱۴	۰/۹۹	۲۳۱/۶۸	۷/۰۸	۰/۵۳	۴/۷۲	۶/۶۳	۱/۶۰	۳۶۲	۷/۹۴	۶/۶۰	۵۸/۹۰	۰/۰۸	
میانگین	۲/۹۳	۰/۸۶	۲۴۷/۶۸	۶/۸۸	۰/۵۲	۴/۹۶	۶/۱۱	۱/۶۰	۳۸۷	۷/۹۴	۷/۱۰	۵۱/۳۰	۰/۰۸	
	۳/۴۳	۱/۰۹	۴۱۷/۲۸	۷/۹۲	۰/۶۵	۴/۹۶	۷/۲۳	۲/۱۰	۶۵۲	۷/۸۰	۸/۱۰	۶۹/۸۰	۰/۰۹	
۷	۴	۱/۳۳	۵۰۳/۰۴	۹/۹۶	۰/۶۱	۵/۱۲	۶/۴۰	۲/۲۰	۷۸۶	۷/۸۶	۷/۹۰	۷۸/۸۰	۰/۰۹	۰/۳۲
	۳/۹۳	۱/۴۱	۴۴۶/۷۲	۱۱/۴۰	۰/۶۳	۴/۸۸	۶/۶۸	۲/۵۰	۶۹۸	۷/۸۱	۸/۸۰	۵۹/۸۰	۰/۱۰	
میانگین	۳/۷۹	۱/۲۷	۴۵۵/۶۸	۹/۷۶	۰/۶۳	۴/۹۹	۶/۷۷	۲/۲۷	۷۱۲	۷/۸۲	۸/۲۷	۶۹/۴۷	۰/۰۹	

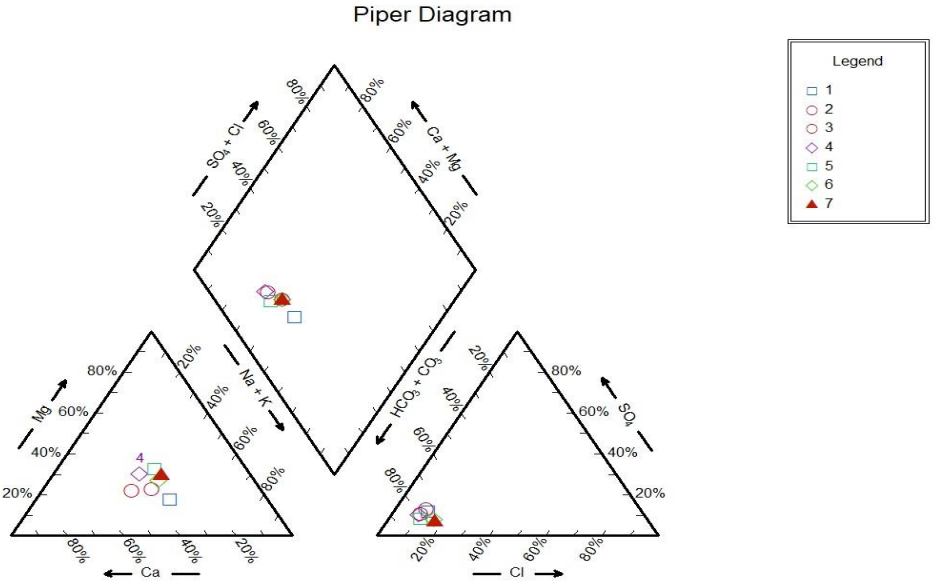
بررسی استانداردهای کیفیت آب

با توجه به شکل۲ به صورت کلی می‌توان گفت رودخانه دیناچال برای مصارف شرب در تمامی مقاطع به جز مقطع آخر، شرایطی پایدار و قابل قبول داشته است. همچنین شرایط کیفی جهت مصارف شرب در دو مقطع ابتدایی از کیفیت بسیار بالایی برخوردار بودند.



شکل ۲. نمودار شولر برای مقاطع ۱ تا ۷

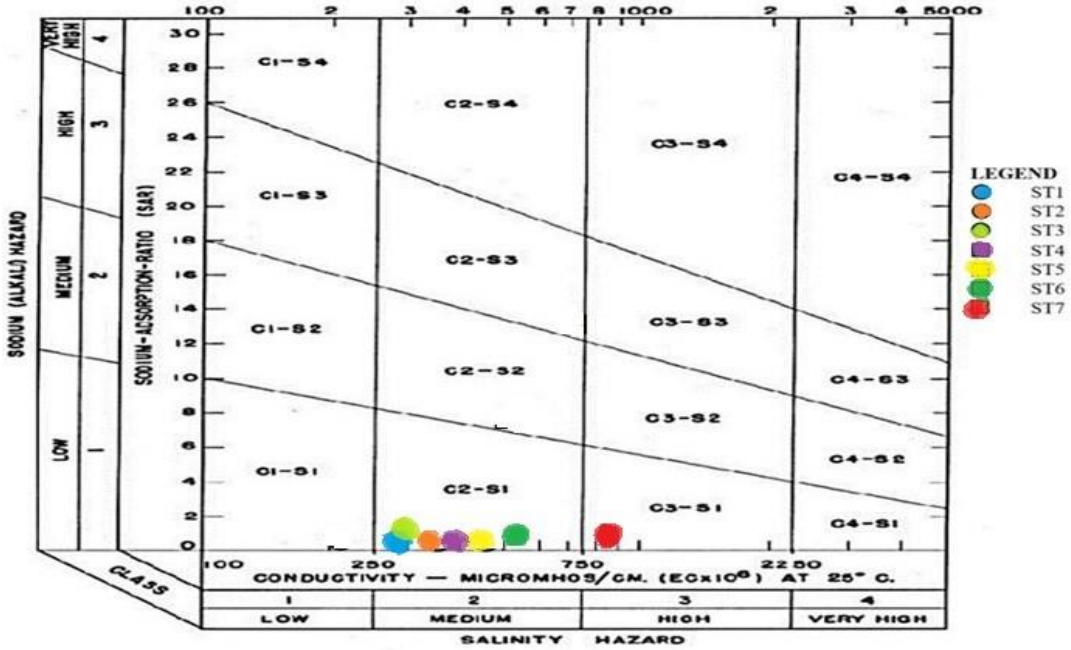
همانطور که در شکل ۳ مشخص است، مقاطع یک تا سه در تیپ آب‌های شیرین، بازه مقاطع چهار تا شش در دسته آب‌های ترکیبی و مقطع آخر که ایستگاه پایش هفت تا دریا را شامل می‌شود، در دسته آب‌های شورمزه قرار گرفتند.



شکل ۳. نمودار پایپر برای مقاطع ۱ تا ۷

همانطور که در شکل۴ مشخص است، از مقطع ۱ تا مقطع ۶، کیفیت آب در کلاس C2S1 قرار دارد که کاملاً جهت کشاورزی مناسب بوده و فقط مقطع ۷ رده C3S1 قرارگرفته است که محل ورود آب رودخانه به دریا بوده است، که تا حدودی جهت کشاورزی

نامناسب است اما به طور کل با توجه به تحلیل نمودار ویلکاکس می‌توان گفت شرایط کیفی رودخانه دیناچال به جز در مقطع انتهایی، جهت استفاده از آب رودخانه برای مصارف کشاورزی دارای شرایطی پایدار و مناسب است.



شکل ٤. نمودار ویلکاکس برای مقاطع ۱ تا ۷

بررسی کیفیت آب در مقاطع با استفاده از استاندارد FAO

طبق جدول۶ کیفیت آب رودخانه مورد مطالعه به سه دسته بدون محدودیت، محدودیت کم تا متوسط و همچنین محدودیت شدید دسته بندی می‌شود. در مقطع شماره یک به دلیل کیفیت بالای آب در تمامی موارد، آب بدون محدودیت بوده و در مقطع آخر به دلیل افت کیفی آب در بخش شوری، آب دارای محدودیت شدید و در سایر بخش‌ها، دارای محدودیت کم تا متوسط است.

جدول ٦. نتایج بررسی کیفی با شاخص آب آبیاری FAO

مسائل پتانسیل آبیاری	درجه محدودیت‌های کاربردی																			
	بدون محدودیت							محدودیت کم تا متوسط							محدودیت شدید					
	مقطع																			
شماره مقطع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شوری	+	+	+	+	+								+								+
نفوذپذیری	+	+	+	+	+								+	+							
مسمومیت ویژه یونی	+	+	+	+	+								+	+							
سدیم	+	+	+	+	+								+	+							
کلر	+	+	+	+	+								+	+							
بیکربنات	+	+	+	+	+								+	+							
اسیدیته	+	+	+	+	+								+	+							

بررسی کیفیت آب در مقاطع با استفاده از استاندارد WQI

طبق طبقه‌بندی شاخص WQI در شکل۵، بازه اول بین دو مقطع یک و دو در رده آب با کیفیت عالی با عدد شاخص ۹۱، بازه دوم بین دو ایستگاه دو تا سه دارای کیفیت خوب با عدد شاخص ۸۲، بازه بین مقاطع سه تا شش دارای کیفیت متوسط و بازه آخر که بین ایستگاه شش تا هفت یا همان نقطه ورود آب به دریا بوده، دارای کیفیت نسبتا ضعیف با عدد شاخص ۴۸ بوده است. دو مقطع اول به دلیل دارا بودن

کیفیت بالا، می‌توانند تنوع‌زیستی آبی زیاد ایجاد کنند اما به‌دلیل اینکه آب در مقاطع ۳ و ۴ و ۵ در طبقه متوسط قرار می‌گیرد قادر به ایجاد تنوع زندگی‌آبی زیادی نیست. همچنین کیفیت متوسط آب در مقاطع مذکور باعث افزایش رشد جلبک‌ها و ایجاد گرفتگی در خروجی قطره چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای می‌شود و به‌منظور استفاده از این آب‌ها برای مصارف شرب یا آبیاری تحت‌فشار می‌بایست تصفیه‌شیمیایی و فیزیکی مناسب روی آن‌ها انجام شود.

شکل ۵. پهنه‌بندی کیفی رودخانه دیناچال با شاخص WQI

مقایسه داده‌های میدانی سال‌های ۱۴۰۰ با ۱۳۹۱

طبق جدول شماره ۷ با مقایسه مقادیر مشاهداتی مقطع شماره ۴(حدفاصل پل اتوبان رشت–آستارا تا ورودی روستا صفرمحله) در سال ۱۴۰۰ و مقادیر اندازه‌گیری‌شده در سال ۱۳۹۱، مقدار اکسیژن محلول نسبت به گذشته کاهشی نداشته است و همچنین میزان نیترات و هدایت الکتریکی افزایش نسبی داشتند و مقدار اسیدیته تفاوت چندانی با گذشته نداشته است. همچنین طبق مقایسات انجام شده بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ در بازه زمانی تیرماه و خرداد ماه، به علت ورود زه‌آب‌های کشاورزی، مقادیر نیترات از حد مجاز فراتر رفته است. امّا در زمان انجام آزمایشات شهریور ماه ۱۴۰۰ به دلیل عدم وجود فعالیت‌های کشاورزی شرایط نیترات در کل رودخانه به جز مقطع آخر پایدار بوده است.

جدول ۷. قیاس مقادیر مشاهداتی ۱۴۰۰ با مقادیر ثبت شده در سال ۱۳۹۱

–	EC (µmhos/cm)	pH (mg/l)	NO3 (mg/l)	DO (mg/l)
مقادیر اندازه‌گیری شده گذشته (محمدی قلعه‌نی و همکاران، ۱۳۹۲)	۳۲۸	۷/۹۱	۱۹/۴	۷/۳
مقادیر مشاهداتی در سال ۱۴۰۰	۴۱۶	۷/۸۱	۲۱/۴	۷/۲

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های کیفیت آب و همچنین بر اساس رده‌بندی‌های انجام شده و دیاگرام‌های سنجش کیفیت آب، وضعیت کیفیت آب رودخانه دیناچال از نظر کل‌موادجامد محلول و میزان اسیدیته و همچنین شوری برای استفاده برای آبیاری و امور کشاورزی دارای محدودیت‌هایی (در محدوده کم تا ضعیف) بوده و کل رودخانه به لحاظ میزان اسیدیته در شرایط نرمال و پایدار قرار دارد. طبق بررسی های بلندمدت و با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵، در رودخانه دیناچال طی بازه زمانی تیرماه و خردادماه، به‌خصوص بین مقاطع ۴ تا ۷ به‌علت ورود زه‌آب کشاورزی که حاوی محلولی از کودهای استفاده شده است، مقادیر نیترات از حد مجاز فراتر رفته اما در زمان آزمایش که در شهریور سال ۱۴۰۰ بوده است به‌دلیل عدم فعالیت‌های کشاورزی، شرایط نیترات در کل رودخانه به جز مقطع آخر، پایدار و در محدوده قابل‌قبول است. میزان تغییرات پارامتر اسیدیته نیز در بازه مجاز قرارداشته که بیشترین میزان آن در زمان نمونه‌برداری برابر با ۷/۹۵ و کمترین آن برابر ۷/۶۳ بوده است. همچنین مقدار پارامتر شوری در مقطع آخر از حد مجاز بالاتر رفته است که میزان آن

برابر با ۷۱۲ میکروموس بر سانتی‌متر بوده است. مقایسه مکانی داده‌ها نشان‌می‌دهد که میزان نیترات در طول مطالعه شده از رودخانه، از ۱۱/۲۷ به ۶۹/۴۷ میلیگرم بر لیتر افزایش یافته و از حد مجاز عبور کرده است، این در حالی است که روند تغییرات نیترات بین دو مقطع ۳ و ۴ کاهشی بوده است که علت آن پدیده دنیتریفیکاسیون می‌باشد، این پدیده نتیجه تجمع مواد آلی ناشی از خروجی فاضلاب کارواش‌های مجاور رودخانه در محدوده مقطع شماره ۴ رخ داده است. همچنین، میزان کل‌موادجامدمحلول از بالادست تا پایین‌دست رودخانه، به‌طور قابل‌ملاحضه‌ای از ۲۰۲/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر به ۴۵۵/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر افزایش داشته اما همچنان در بازه مجاز قرار دارد. به‌طور کلی از نتایج آزمایش‌های صورت‌گرفته بر پارامترهای کیفی آب رودخانه دیناچال می‌توان استنباط کرد که به‌جز پارامتر هدایت الکتریکی(شوری) و نیترات که در مقطع انتهایی از حد مجاز خود فاصله گرفته‌اند، فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، اکسیژن محلول، سولفات، بی‌کربنات، کل مواد جامد محلول، کلر، منیزیم و اسیدیته در محدوده مجاز و یا در نزدیکی حد مجاز قرار دارند که البته نزدیکی زمان نمونه‌برداری به زمان پایان فصل کشاورزی نیز در این مهم اثرگذار بوده است. رودخانه دیناچال در مسیر خود منابع آلایندگی متعددی را دریافت می‌کند. به‌طور مثال می‌توان به وجود ۳ کارواش، در مجاورت ایستگاه شماره ۴ که فاضلاب آن‌ها وارد رودخانه می‌شوند و همچنین از مقطع چهار به بعد وجود ۸ روستا با تعداد خانوار تقریبی هزار نفر که در اطراف رودخانه سکونت داشته و فاضلاب آن‌ها به رودخانه می‌ریزد اشاره کرد. مقاله حاضر نتیجه پژوهش میدانی، آزمایشگاهی و تجزیه‌وتحلیل انجام شده با دقت حداکثری ممکن در سال ۱۴۰۰ است که باهدف پایش کیفیت آب رودخانه دیناچال از استان گیلان صورت‌پذیرفته است. به‌منظور تدقیق و بررسی روند زمانی کیفیت آب، نتایج مطالعات میدانی انجام شده توسط مؤلفین در سال ۱۴۰۰ با نتایج مطالعات سال ۱۳۹۱مقایسه شده است.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود نمونه‌برداری‌های مستمر و دقیقی از این رودخانه انجام بگیرد تا در آینده نیز بتوان با استفاده از اطلاعات موجود، رودخانه را به‌صورت منظم و دائمی مورد پایش و بررسی قرار داد. بررسی و مطالعه مکانی- زمانی بر پارامترهای کیفی رودخانه دیناچال با نظر به‌اینکه رودخانه مذکور برای آبیاری مزارع غرب استان گیلان و همچنین مصارف شرب و استفاده‌های استخرهای پرورش ماهی حائز اهمیت است، همواره مورد سنجش قرار بگیرد. نظر به اینکه مساحت زیادی از اراضی اطراف رودخانه دیناچال را مزارع شالیزار تشکیل داده‌اند، می‌بایستی به‌منظور بررسی واقعی شرایط کیفی در این رودخانه در زمان‌هایی که فعالیت کشاورزی انجام نمی‌شود نمونه‌برداری‌های بیشتری انجام شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه تهران و شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان به دلیل تأمین امکانات لازم برای انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد"

مراجع

بهرامی، نگار و اسدی، اسماعیل (۱۳۹۴). آب زیرزمینی: ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت شبستر–صوفیان. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.

پاشازاده، لاله؛ زینب، جعفری؛ هادی، واعظی‌هیر، عبدالرضا (۱۳۹۹). ارزیابی آلودگی رودخانه آجی‌چای در محدوده دشت تبریز براساس تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های کیفی NSFWQI و IRWQI. آب و خاک، (۶)۳۴.

رحیمی، مینا؛ بشارت، سینا و وردی‌نژاد، وحیدرضا (۱۳۹۵). ارزیابی کیفیت منابع آب‌زیرزمینی آبخوان اردبیل برای مصارف شرب و کشاورزی. محیط زیست و مهندسی آب، (۴)۲.

رهنما، سمیرا و سیاری، نسرین (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی و نرم افزار AquaChem. فصلنامه انسان و محیط زیست، (۴۸)۱.

شاهی‌نژاد، بابک؛ ایزدی، زهره و جوادی، بهزاد (۱۴۰۰). ارزیابی مدل Qual2Kw در شبیه‌سازی کیفی رودخانه خرم‌آباد. هیدروژئومورفولوژی، (۲۶)۸.

صالحی، حسین؛ سلیمانی، لیلا و ابراهیمی محمدی، شیرکو (۱۳۹۵). ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از شبیه AqQA و تعیین مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی (مطالعه موردی: شهرستان قروه، استان کردستان). فصلنامه علمی مهندسی منابع آب، (۲۹)۹.

علی‌پور، عباس؛ رحیمی، جابر و آذرنیوند، علی (۱۳۹۶). بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب و کشاورزی- پیش‌نیازی برای برنامه‌ریزی

آمایش سرزمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران. نشریه علمی – پژوهشی مرتع و آبخیزداری، (۲)۷۰.
علیزاده؛ مریم، میرزایی؛ روح الله، و کیا؛ سید حسین (۱۳۹۶). بررسی روند مکانی شاخص‌های کیفی آب در حوضه رودخانه‌های کن و کرج. مجله مهندسی بهداشت محیط، (۳)۴.
محمدی قلعه‌نی، مهدی و ابراهیمی، کیومرث (۱۳۹۸). آنالیز حساسیت مدل Qual2Kw در مدل‌سازی پارامترهای کیفی سفیدرود. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، (۵)۱۳.
محمدی قلعه‌نی، مهدی و کاردان مقدم، حمید (۱۴۰۱). معرفی شاخص جدید کیفیت منابع آب سطحی جهت مصارف شرب با استفاده از روش‌های چند متغیره آماری (مطالعه موردی: رودخانه سفیدرود). تحقیقات آب و خاک، (۴)۳۶.
محمدی قلعه‌نی، مهدی؛ ابرهیمی، کیومرث و امید، محمدحسین (۱۳۹۴). بررسی خودپالایی رودخانه‌های پسیخان و دیناچال از استان گیلان با توسعه و کاربرد مدل ریاضی و داده‌برداری میدانی. طرح تحقیقات کاربردی. شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، (۲)۱۴.
مقصودی، رضا؛ عابدی کوپایی، جهانگیر و میرعباسی نجف آبادی، رسول (۱۴۰۰). بررسی اثرات برداشت آب رودخانه بهشت آباد بر کیفیت آب پایین‌دست با استفاده از مدل QUAL2Kw. تحقیقات آب و خاک ایران، (۹)۵۲.
منافی ملایوسفی، مرضیه و ملکانی، لیلا (۱۴۰۱). بررسی کیفیت آب رودخانه صوفی‌چای با استفاده از روش‌های آنتروپی شانون و AHP. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، (۲)۱۳.
نادری، محمدحسن؛ پورغلام آمیجی، مسعود؛ خوش‌روش، مجتبی؛ قجقی، آلتین و عرب، نرگس. (۱۳۹۹). ارزیابی مقایسه‌ای مکانی-زمانی پارامترهای کیفی آب و سلامت رودخانه زیارت با استفاده از تحلیل آماری و شاخص کیفی NSFWQI. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، (۶)۵۱.
نوری، روح‌اله؛ جعفری، فاطمه؛ فرمن اصغرزاده، دیانا و اکبرزاده، عباس (۱۳۹۰). ارائه چارچوبی مناسب جهت بررسی وضعیت کیفی رودخانه مرزی اترک. سلامت و محیط زیست، (۲)۴.

REFERENCES

Alipour, A., Rahimi, J & Azarnivand, A. (2016). Groundwater Quality Analysis for Drinking and Agriculture Purposes- a prerequisite for land use plannig in the arid and semi-arid Regions of Iran. *Pasture and watershed scientific-research journal*, (2) 70. (In Persian)

Alizadeh, M., Mirzaei & Kiya, H. (2016). Investigating the Spatial Trends of Water Quality Indicators In the Kan and Karaj River Basins. *Journal of Environmental Health Engineering*, (3)4. (In Persian)

Bahrami, N & Asadi, I. (2014). Groundwater: Qualitative Assessment of Groundwater Resources of Shabestar-Sufian Plain. *National Congress of Irrigation and Drainage of Iran*. (In Persian)

Bhatti, E. U. H., Khan, M. M., Shah, S. A. R., Raza, S. S., Shoaib, M., & Adnan, M. (2019). Dynamics of water quality: Impact assessment process for water resource management. *Processes*, 7(2), 102

Chen, S. S., Kimirei, I. A., Yu, C., Shen, Q., & Gao, Q. (2022). Assessment of urban river water pollution with urbanization in East Africa. *Environmental science and pollution research international*, 29(27), 40812–40825.

De Baat, M. L., Van der Oost, R., Van der Lee, G. H., Wieringa, N., Hamers, T., Verdonschot, P. F. M., De Voogt, P., & Kraak, M. H. S. (2020). Advancements in effect-based surface water quality assessment. *Water research*, 183, 116017.

FAO, (1970). FAO standards for irrigation.

Hoaghia, M. A., Moldovan, A., Kovacs, E., Mirea, I. C., Kenesz, M., Brad, T & Moldovan, O. T. (2021). Water quality and hydrogeochemical characteristics of some karst water sources in Apuseni Mountains, Romania. *Water*, *13*(6), 857.

Maghsoudi, R., Abedi Koupai, J & Mir Abbasi Najafabadi, R. (2021). Investigating the effects of Beheshtabad river water Abstraction on Downstream Water Quality. *Iran Water and Soil Research*, (9) 52. (In Persian)

Manafi Mollayousefi, M & Malekani, L (2022). Evaluation of the Water Quality of Sofi-chai River by Shannon Entropy and AHP methods. *Scientific Research Journal of Irrigation and Water Engineering of Iran*, (2) 13. (In Persian)

Megahed, H. A., GabAllah, H. M., Ramadan, R. H., AbdelRahman, M. A., D'Antonio, P., Scopa, A., & Darwish, M. H. (2023). Groundwater Quality Assessment Using Multi-Criteria GIS Modeling in Drylands: A Case Study at El-Farafra Oasis, Egyptian Western Desert. *Water*, *15*(7), 1376.

Mohammadi Ghaleni, M & Ebrahimi, K. (2019). Sensitivity analysis of the Qual2kw Model in the Modeling of water Quality parameters of Sefirod. *Iran Irrigation and Drainage Journal*, (5) 13. (In Persian)

Mohammadi Ghaleni, M & Kardan Moghaddam, H. (2022). Introducing a New Drinking Quality Index for

Surface Water Resources Using Multivariate Analysis (Case Study: Sefidroud River). *Water and soil research*, (4)36. (In Persian)

Mohammadi Ghaleni, M., Ebrahimi, K & Omid, MH. (2014). Investigating the self-purification of Pisikhan and Dinachal Rivers from Gilan Province with the Development and Application of Mathematical Model and Field Data Collection. Applied Research Plan. *Gilan Regional Water Joint Stock Company*, (2) 14. (In Persian)

Naderi, MH., Pourgholam Amiji, M., Khoshravesh, M., Ghojoghi, A & Arab, N. (2019). Evaluation of spatial-temporal Comparisons of Water Quality Parameters and Health of Ziarat River Using NSFWQI Quality Index and Statistical Analysis. *Iran Water and Soil Research (Agricultural Sciences of Iran)*, (6) 51. (In Persian)

Neil R. McIntyre, Thorsten Wagener, Howard S. Wheater, Zeng Si Yu (2003); Uncertainty and risk in water quality modelling and management. *Journal of Hydroinformatics*. 5 (4): 259–274.

Noori, R., Jafari, F; Forman Asgharzadeh, D & Akbarzadeh, A. (2011). Offering a Proper Framework to Investigate Water Quality of the Atrak river. *Health and environment*, (2)4. (In Persian)

Ouyang, Y. (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, 39(12), 2621-2635.

Pashazadeh Laleh, Z., Jafari, H & Vaezi Hir, AR. (2019). Assessment of Aji-chai River Pollution in Tabriz Plain Area Using Water Quality Indices. *Water and soil*, (6)34. (In Persian)

Rahimi, M., Besharat, S & Verdinejad, V (2015). Quality Evaluation of the of Groundwater Resources of Ardabil Aquifer for Agricultural and Drinking Uses. *Environment and water engineering*, (4)2. (In Persian)

Rahnama, S & Sayari, N. (2018). Survey and Trends of Chemical Water Quality Parameters of Tajan River Water Quality Using Principal Component Analysis and AquaChem Software. *Human and Environment Quarterly*, (48)1. (In Persian)

Ramalho, F. L., Cabral, J. B. P., Alves, W. D. S., de Barcelos, A. A., dos Santos, F. F., & Paulino, A. T. (2022). Spatial and temporal evaluation of water streams using quality indexes: a case study. *Water*, *14*(21), 3526.

Ravikumar, P., Somashekar, R. K., & Prakash, K. L. (2015). A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India. *Elixir Earth Sci*, *80*(2015), 31073-31077.

Salehi, H., Soleymani, L & Ebrahimi Mohammadi, Sh (2015). An Assesment of Groundwater Quality Using the AqQA Model and Determination of the Most Suitable Method for Their Zoning (case study: Qorve city, Kurdistan). *Scientific Quarterly Journal of Water Resources Engineering*, (29)9. (In Persian)

Sarkar, A., & Pandey, P. (2015). River water quality modelling using artificial neural network technique. *Aquatic procedia*, 4, 1070-1077.

Schoeller, H. (1956). Géochimie des eaux souterraines. Societe Technip.

Shahinejad, B., Izadi, Z. & Javadi, B. (2021). Evaluation of Qual2Kw Model in Qualitative Simulation of Khorram Abad River. *Hydrogeomorphology*, (26)8. (In Persian)

Whitehead, P., Dolk, M., Peters, R., & Leckie, H. (2019). Water Quality Modelling, Monitoring, and Management. *Water Science, Policy, and Management*. 55-73.

Zait, R.; Sluser, B.; Fighir, D.; Plavan, O.; Teodosiu, C. (2022) Priority Pollutants Monitoring and Water Quality Assessment in the Siret River Basin, Romania. *Water*, *14*, 129.

Assessing temporal-spatial variations and classifying water quality of the Dinachal River, Iran, through field data collection

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The monitoring and assessment of water quality in rivers play a pivotal role in understanding the dynamics of aquatic ecosystems and their interactions with anthropogenic activities. The Dinachal River, located in Gilan Province, serves as a vital water source for both natural habitats and human utilization. Water quality, a key determinant of the river's ecological health and its suitability for various purposes, is subject to complex temporal and spatial variations influenced by a myriad of factors. The aim of the present article is to monitor the temporal and spatial quality of water in the Dinachal River in Gilan Province, based on field studies, sampling, and laboratory experiments.

Materials and Methods

The Dinachal River, coursing through the Gilan Province of Iran, was chosen as the focal point of this study due to its ecological significance and human dependency. The river's diverse catchment area, characterized by a blend of agricultural, residential, and industrial activities, provides a rich context for examining the intricate relationships between land use practices and water quality dynamics. To monitor the water quality of this river, five hydraulic parameters and thirteen water quality parameters such as nitrates, phosphates, temperature, and acidity were measured and studied at seven selected sections along a 25-kilometer stretch of the river. The test results are presented for use by other researchers in this article. For spatial monitoring, the variations in water quality parameters from upstream to downstream were compared, and for temporal monitoring, the data from research conducted in 2012 were compared with the data obtained from field visits. To analyze the results, many diagrams and indices such as Schuler, Piper, Wilcox diagrams, as well as FAO and WQI indices were used.

Results

The results of the spatial comparison of river water quality indicate that the values of most parameters, including phosphorus, sodium, calcium, and potassium, gradually increased from upstream to downstream, with a relatively constant slope, but experienced a sharper increase from section 4 onwards. Among these parameters, electrical conductivity, nitrate, and total dissolved solids have shown significant increases across the examined stretch. Specifically, the electrical conductivity has increased from 315.67 µS/cm to 712 µS/cm, total dissolved solids have increased from 202.03 mg/l to 455.68 mg/l, and nitrate concentration has increased from 11.27 mg/l to 69.47 mg/l. However, the acidity parameter, in contrast to the others, exhibited only a minor change, increasing from 7.75 to 7.82, whereas the dissolved oxygen experienced a reduction from 7.68 mg/l to 4.99 mg/l. Furthermore, the results of the temporal comparison of river water quality demonstrate that the dissolved oxygen content has experienced a negligible decrease of approximately 8%, while nitrate concentration has increased from 19.4 mg/l to 21.4 mg/l, and electrical conductivity has increased from 328 µS/cm to 416 µS/cm, when compared to the past. Notably, the acidity parameter has shown no substantial variation from the past, decreasing from 7.91 to 7.81. Based on comparisons spanning from 1996 to 2016, encompassing the months of June to July, it is evident that due to the inflow of agricultural runoff, nitrate levels have exceeded permissible limits. Nonetheless, when examinations were conducted in September 2021, marked by the absence of agricultural activities, the nitrate conditions along the entire river, except for the final segment, exhibited stability.

Conclusion

In conclusion, this study underscores the crucial significance of monitoring and comprehending the temporal and spatial dynamics of water quality in the Dinachal River within Gilan Province. The results pinpoint variations in numerous parameters, illuminating the impact of agricultural activities and other factors on water quality. These findings underscore the necessity of sustainable resource management strategies to maintain the health and usability of surface water resources in the region.

Keywords: Guilan, Pollution, Sustainable Exploitation, Surface Water Resources, Water Quality.