مقاله پژوهشی

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۳۰، سال نهم، بهار ۱۴۰۱، صص ۸۶-۶۵

Hydrogeomorphology, Vol. 9, No. 30, Spring 2022, pp (65-86)

مدل‌سازی مکانی سازند زمین‌شناسی بر اساس پارامترهای کیفی آب در حوضه‌ی آبریز پریشان

کامران رضایی توابع [*۱]، اعظم حیدری [۲]، محمدجواد سیاح‌پور [۳]

۱-دانشیار گروه محیط زیست و شیلات، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲-دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۴ — تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

چکیده

حفاظت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی به عنوان یکی از با ارزش‌ترین منابع ملی امری حیاتی می‌باشد. بدین منظور در این پژوهش حوضه‌ی پریشان به‌عنوان نمونه‌ای از حوضه‌های نیمه بسته داخلی زاگرس انتخاب شد و با استفاده از تعداد ۲۵ حلقه چاه مشاهداتی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب با سازندهای زمین‌شناسی، مدل‌سازی رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) انجام گرفت. در این مدل پارامترهای کیفیت آب مانند (EC، TDS، SAR، CL، Na، K، SO4) به عنوان متغیرهای وابسته و از سازندهای زمین‌شناسی به‌عنوان متغیر مستقل استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی نشان داد که بیشترین میزان همبستگی بر اساس پارامترهای کیفی مانند پتاسیم، کلر و هدایت الکتریکی مربوط به مرکز و شرق حوضه پریشان است که گستره‌ی سازندهای گچساران و رسوبات تبخیری (گچ و نمک) سطح وسیعی از تالاب پریشان را تشکیل می‌دهد و در تغییر کیفیت آب نیز مؤثر هستند. در ادامه با تشکیل ماتریس خود همبستگی شاخص موران ارتباط بین پارامترهای کیفی آب با سازندهای زمین‌شناسی مورد ارزیابی قرار گرفت که مدل با دقت تغییرپذیری بالا ارتباط مستقیمی بین این دو پارامتر برقرار کرد و با انجام این مرحله‌ی صحت‌سنجی مدل مورد تأیید قرار گرفت. در نهایت با استناد به نقشه‌های تهیه شده و قدرت بالای مدل GWR، مدیران و برنامه‌ریزان می‌توانند برای شناسایی نقاط حساس تغییر منابع آبی جهت مدل‌سازی مکانی از آن استفاده کنند.

کلمات کلیدی: GWR، مدل سازی، کیفیت آب، سازند زمین‌شناسی، حوضه‌ی پریشان، استان فارس.

* نویسنده‌ی مسئول

E-mail:krtavabe@ut.ac.ir

۱-مقدمه

حفاظت کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی به عنوان یکی از با ارزش‌ترین منابع امری حیاتی می‌باشد. کشور ایران که بخش اعظمی از آن در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک قرار دارد با بحران کمبود آب مواجه است. علاوه بر کمبود آب، شوری منابع آب نیز در کشور قابل توجه می‌باشد. به طوری‌که از مجموع ۱۰۰ میلیارد متر مکعب منابع آب کشور، حدود ۱۱ میلیارد متر مکعب دارای شوری بیش از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند (رنجبر و پیرسته، ۲۰۱۵: ۱۶۶). با افزایش بهره‌برداری از آبخوان‌ها، توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی و کم بودن تغذیه طبیعی نسبت به میزان برداشت، شوری این منابع رو به افزایش و به تدریج آلودگی سفره‌های آب شیرین را در پی خواهد داشت. شوری مفهومی مناسب برای بیان کیفیت آب است و امروزه شور شدن آب‌های شیرین یکی از تهدیدهای جدی در بحث آلودگی آب و خاک می‌باشد. بنابراین با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی در کشور به خصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک، شناخت عوامل تأثیرگذار بر کیفیت منابع آبی برای حفاظت در جهت کاهش آسیب‌پذیری این منابع، ضروری به نظر می‌رسد. انحلال مواد از سازندهای زمین‌شناسی و ورود آن‌ها به منابع آبی باعث ورود ناخالصی‌هایی به آب می‌شوند که بسیاری از رفتارهای شیمیایی آب و خصوصیات کیفی آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بر اساس نظریه‌ی (دِرِوِر،[1] ۶۲:۱۹۹۸) مهم‌ترین عوامل محیطی در تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی، نوع و جنس سنگ، ارتفاع از سطح دریا، آب و هوا، پوشش گیاهی و زمان است. از میان عوامل ذکر شده عامل نوع و جنس سنگ‌ها یا زمین‌شناسی در تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی اهمیت بیشتری را دارا می‌باشد (جهبز، ۴۳۶:۱۹۹۴)، در واقع در بسیاری از نقاط، در مسیر عبور روان‌آب‌ها و رودخانه‌ها رسوبات تبخیری محتوی گچ و نمک وجود دارند که باعث می‌شوند آب‌هایی که بر روی آن‌ها از نقاط بالا دست جریان دارند کیفیت نامناسبی پیدا کنند. عمده سازندهای مناطق خشک و نیمه خشک ایران را چهار گروه آهک، گچ، مارن، نمک تشکیل می‌دهند. که این سازندها با انحلال و ورود ناخالصی و مواد جامد محلول به‌صورت یون‌های مثبت (کاتیون) و منفی (آنیون) به آب به ترتیب باعث سختی، شوری و سولفاته شدن آب می‌شوند (رضایی و همکارن:۱۳۸:۲۰۲۱). سازندهای آهکی، ترکیبات و یون‌هایی با پایه‌ی کربنات و بی‌کربنات (رگرسون[2] و همکاران، ۱۰۵:۲۰۱۷) سازندهای نمکی، ترکیبات و یون‌های با پایه‌ی کلراید (گرناتو[3] و همکاران، ۸۳:۲۰۱۵) و سازندهای گچی، ترکیبات با پایه‌ی سولفات وارد آب می‌کنند (پروسکی[4] و همکاران، ۱۸۹:۲۰۱۹). در نهایت با تبدیل شدن شوری آب و خاک به یک مشکل زیست محیطی، شناخت کافی از تغییرات مکانی کیفیت آب برای جلوگیری از آلوده شدن هرچه بیشتر این منابع و ارائه راهکارهایی برای بهبود

1-Derever
2-Regreson
3-Gernatu
4-Prokci

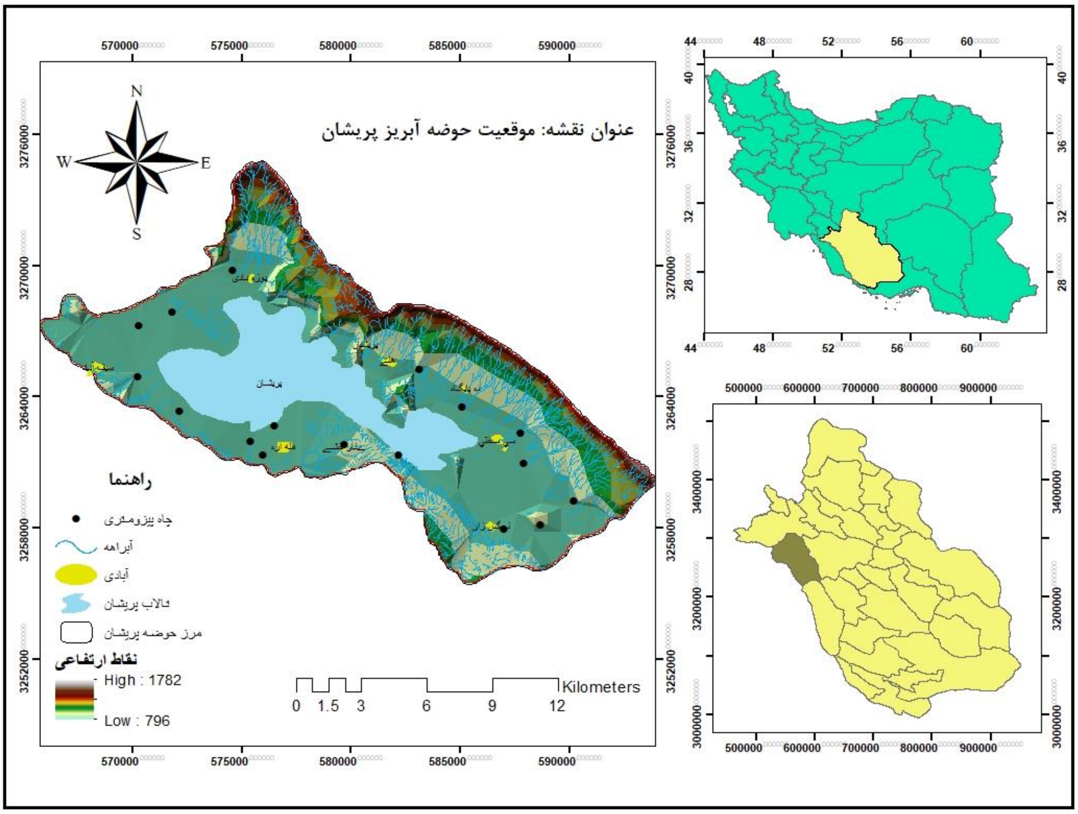
کیفیت آب در مناطق بحرانی ضروری است. درباره‌ی میزان تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت منابع آب، در داخل و خارج از کشور پژوهش‌های زیادی انجام شده است. استفاده از مدل‌سازی‌های کمی و ریاضی شاید یکی از روش‌های مطمئن برای نشان دادن تأثیرات سازندهای زمین‌شناسی بر روی دینامیک آب شور باشد که محققینی مانند عزیزی و همکاران (۲۰۱۱: ۸۲) بر اساس آن توانستند نقاط حساس تخریب منابع آب را توسط سازندهای زمین‌شناسی جهت اقدام‌های مدیریتی شناسایی کنند. از سوی دیگر در مواردی که داده‌های مناسب وجود داشته باشد تجزیه و تحلیل شیمیایی آب و داده‌های لاگ چاه‌های حفاری به نتایج مطمئن‌تری منجر می‌شود در این باره تحقیقات فنگ[1]و همکاران (۲۰۱۶: ۱۳۲) نشان داد که سنگ‌های کربناته علت شوری بالای آب در شمال استان شانشی چین می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از تکنیکی نسبتا ساده، اما قدرتمند و مؤثر برای بررسی روابط متغیرهای مکانی، به نام رگرسیون جغرافیایی وزنی (GWR[2])، به عنوان یک مدل ریاضی برای اهداف مختلف به کار گرفته شده است این روش اولین بار توسط برانسدون و همکاران (۱۹۹۶) ارائه گردید و برای آشکارسازی روابط متغیرهای مکانی در سطح محلی به دلیل کارایی و توان بالا به سرعت توسعه داده شده است. هم‌چنین استفاده از روش‌های آماری رگرسیون جغرافیایی نیز، از فنونی است که برای ارتباط بین کمیت و کیفیت آب‌ها و نقش پارامترهای مؤثرتر بر آن در سطحی وسیع به‌کار برده می‌شوند (اوکونن و کلوو،[3]۲۰۱۲:۱۲۱؛ میرگازهی و ریگی[4]، ۲۰۱۳: ۵۵؛ رحمتی و همکاران، ۱۹:۲۰۱۵؛ تیموری و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۰۴). به طور کلی با بررسی پیشینه‌ی مطالعات قبلی می‌توان دریافت که مدل GWR در رابطه با بررسی روابط بین سازندهای زمین‌شناسی و کیفیت پارامترهای کیفی آب تاکنون مورد استفاده قرار نگرفته است. بنابراین با توجه به محدودیت منابع آب در حوضه پریشان به دلیل قرارگیری در ناحیه‌ی نیمه‌خشک و گرم بررسی عوامل تأثیرگذار بر آن از جمله سازندهای زمین‌شناسی و شناسایی عامل‌های مؤثر بر کیفیت منابع آبی در حوضه‌ها برای حفاظت در جهت کاهش آسیب‌پذیری این منابع و استفاده از یک مدل کارا و قدرتمند ضروری به نظر می‌رسد بنابراین در این تحقیق سعی می‌شود با انتخاب حوضه‌ی پریشان به عنوان نمونه‌ای از حوضه‌های داخلی زاگرس که دارای منابع آبی و چشمه‌های شور و شیرین می‌باشد، کارایی مدل GWR برای تعیین سرچشمه‌های آلودگی این آب‌ها یا به عبارتی دیگر تعیین نواحی که بیشترین تأثیر را از سازند خاصی می‌پذیرند، سنجیده شود و اثرات زمین‌شناسی بر توزیع‌های مکانی شوری منابع آب های زیرزمینی در تغذیه‌ی آب تالاب پریشان بررسی شود.

1-Feng
2-Geography Weighted Rgression
3-Kelave
4-Regei

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز دریاچه پریشان بین طول شرقی " ۲۵ '۵۲°۵۱ تا" ۵۰ '۴۳°۵۱ و عرض شمالی " ۲۵ '۲۲°۲۹ تا " ۴۰ '۲۷°۲۹ یکی از کفه‌های نیمه‌بسته در استان فارس (شهرستان کازرون) می‌باشد. این حوضه از طرف شمال به زیر حوضه کازرون، از شرق به زیر حوضه برم، از جنوب و غرب به زیر حوضه‌ی جره و بالاده منتهی می‌شود. مساحت این حوضه ۲۲۵ کیلومترمربع است که ۴۰ درصد آن (۹۰ کیلومتر مربع) با ارتفاعات و ۶۰ درصد آن (۱۳۵ کیلومتر مربع) آن با دشت و دریاچه پوشیده شده است. حداکثر ارتفاع حوضه پریشان ۱۸۰۰متر و حداقل ارتفاع ۸۵۵ متر از سطح دریا قرار دارد و این ارتفاعات دارای امتداد شمال‌غربی، جنوب‌شرقی است. حوضه پریشان در بخش نیمه‌خشک ایران قرار دارد که دارای زمستان‌های معتدل و کوتاه و تابستان‌های طولانی و گرم و خشک است. رژیم بارندگی این منطقه از رژیم مدیترانه‌ای پیروی می‌کند و بخش عمدهٔ بارش‌ها در طول ماه‌های پاییز تا بهار رخ می‌دهد و ماه‌های تابستان عموماً خشک است. میانگین دما از کمتر از ۸ درجه‌ی سانتی‌گراد در ارتفاعات شمالی تا بیش از ۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد در بخش‌های غربی تغییر می‌کند. متوسط بارندگی سالیانه‌ی بلندمدت برای حوضه‌ی پریشان، ۴۶۳ میلی‌متر می‌باشد. میزان تبخیر سالانه از کمتر از ۲۴۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات شمالی تا بیش از ۲۵۰۰ میلی‌متر در بخش‌های کم‌ارتفاع‌تر تغییر می‌کند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، ۴۸:۱۳۹۵). در حوضه تعداد ۹۶۰ حلقه چاه وجود دارد که بیش از ۳۰۰حلقه‌ی آن غیرمجاز می‌باشد (رضایی توابع و همکاران، ۲۰۲۱: ۶۸). محدوده‌ی مطالعاتی دریاچه‌ی پریشان دارای دو آبخوان آبرفتی است که از شرق به غرب شامل آبخوان آبرفتی فامور و ملااره است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان فارس، ۵۶:۱۳۹۵). دشت‌های این حوضه که نواحی پست بین ارتفاعات را تشکیل می‌دهند، غالباً از روند ارتفاعات تبعیت می‌کنند. از نظر زمین شناسی در پهنهٔ تکتونیکی رشته کوه‌های زاگرس چین‌خورده قرار دارد و در آن رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترسیر به طور هم شیب روی هم قرار دارند. این رسوبات در پلیوسن تغییر شکل یافته و چین خورده‌اند. از نظر هیدرولوژی در این حوضه رودخانه‌ی دائمی وجود نداشته و کلیه جریان‌ها موقت و فصلی می‌باشند که تمامی جریان‌های سطحی منطقه به صورت همگرا از حاشیه به سمت مرکز دشت و دریاچه‌ی پریشان جریان یافته و در نهایت در مرکز و غرب دشت تجمع می‌یابند. تراکم شبکه‌یی آبراهه‌ها نیز در سطح حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه بسیار متفاوت است. بستر آبراهه‌ها در برخی نقاط بر روی این سازندها دارای شکستگی‌ها و درز و شکاف فراوان است که غالبا به شکل دره‌های ژرف V مانند نمایان است (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت حوضه‌ی آبریز پریشان
Fig (1): Location of Parishan basin

۲-۲- زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی در پهنه‌ی تکتونیکی زاگرس چین‌خورده قرار دارد. در این منطقه زاگرس به حداکثر پهنای خود رسیده و چهره‌ی ظاهری ناهمواری‌ها با سایر بخش‌های زاگرس متفاوت است، به طوری که امواج چین‌ها ملایم‌تر و بازتر شده و بیشتر به شکل چاله‌های ناودیسی و برجستگی‌های طاقدیسی خودنمایی می‌کنند. رسوبات دوران چهارم که قسمت اعظم حوضه دریاچه پریشان را شامل می‌شود سه نوع رسوبات دامنه‌ای، آبرفتی، دریاچه‌ای را تشکیل داده است. رسوبات دریاچه انواع رسوبات مارنی و دانه ریز می‌باشد رسوبات از ته نشست‌های آواری[1] مخلوط با رسوبات نمکی تالاب تشکیل شده است(شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، ۸۳:۱۳۹۵) . رخنمون رسوبات مذکور نتیجه عقب نشینی آب تالاب بوده و با شیب بسیار کم ظاهر شده

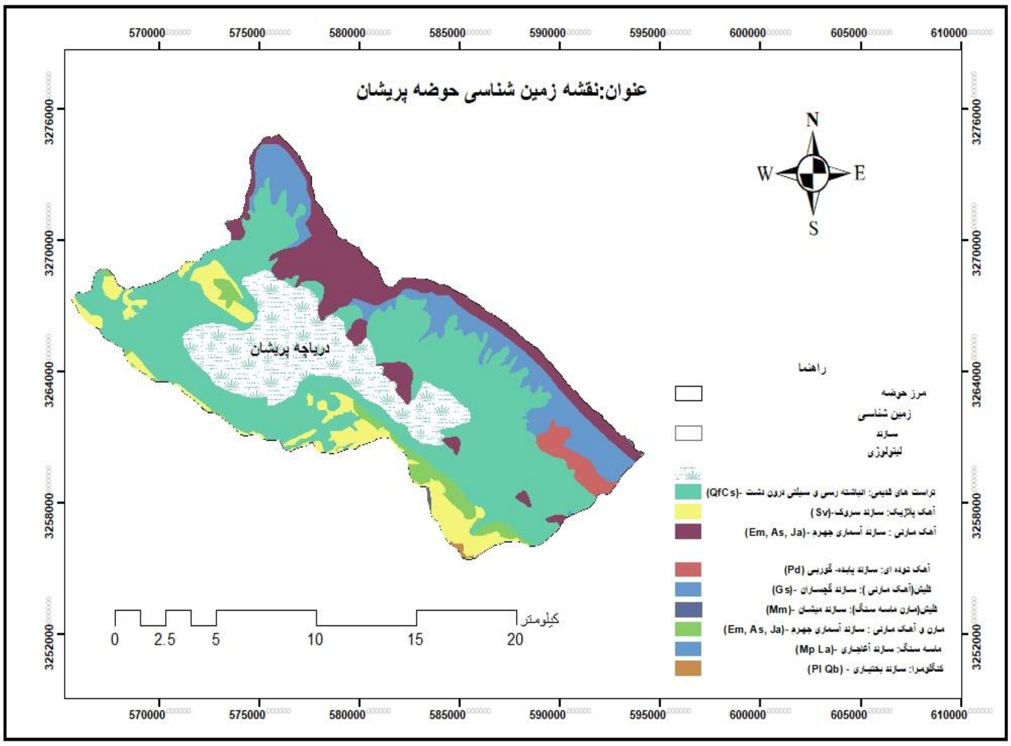
1-Detrete

که اصطلاحاً کفه نامیده می‌شود. حدود رسوبات تالابی و اثر آب تالاب بر روی مناطق مجاور نشان‌دهنده‌ی گسترش وسیع‌تر تالاب در گذشته می‌باشد. رسوبات دوره پلیوسن که با رخساره[۱] کنگلومرا در ناحیه‌ی حوضه‌ی پریشان ظاهر می‌شود، بختیاری نام گرفته است. کنگلومرای بختیاری به صورت دگر شیب زاویه‌ای[۲] بر روی سری‌های قدیمی بخصوص سری میوسن (سری فارسی) قرار می‌گردد (مطالعات سازمان برنامه و بودجه استان فارس، ۷۸:۱۳۹۵). کنگلومرای بختیاری در جنوب و غرب تالاب پریشان دیده می‌شود. رسوبات دوره‌ی میوسن که در جنوب ایران سری فارس نام گرفته از رسوبات آواری و تبخیری [۳]است که گذرهایی از رسوبات همراه با فسیل در آن مشاهده می‌گردد. سری غیر قابل نفوذ فارس سنگ کف اصلی رسوبات دوران چهارم که فرورفتگی و تالاب پریشان را بوجود آورده است.تشکیلات آغاجاری در نواحی جنوبی تالاب پریشان بیرون‌زدگی دارند و رنگ آن‌ها در قسمت‌های فوقانی به‌طور کلی روشن و در ردیف رنگ‌های خاکستری متمایل به زرد خاکستری می‌باشد در صورتی که لایه‌های زیرین با رنگ‌های تند گروه قرمز ظاهر می‌شود فسیل‌ها بیشتر از صدف نرم‌تنان آب شیرین بوده و ندرتاً رسوبات دریایی در آن دیده می‌شود. رسوبات دریاچه انواع رسوبات مارنی و دانه‌ریز می‌باشد رسوبات از ته نشست‌های آواری مخلوط با رسوبات نمکی تالاب تشکیل شده است. تشکیلات میشان در قسمت‌هایی از نواحی جنوبی تالاب پریشان رخنمون داشته و تشکیلات گچساران در نواحی جنوب غربی تالاب پریشان دیده می شود.تشکیلات آهکی آسماری از اولیگوسن بالایی شروع و به میوسن زیرین ختم می‌شود. در منطقه‌ی مورد نظر رخساره آهکی مذبور کاملاً مشخص بوده و ضخامت آن در حدود ۱۵۰متر می‌باشد (مطالعات سازمان برنامه و بودجه استان فارس، ۶۲:۱۳۹۵).این تشکیلات از نظر مورفولوژی کاملاً مشخص بوده و از نوع آهک‌های توده‌ای و سخت می‌باشد این طبقات آهکی ارتفاعات مهم منطقه را به وجود آورده و اکثر خطوط تقسیم جریان‌ها سطحی از آن می‌گذرد. تشکیلات آهکی آسماری به علت دارا بودن فضاهای داخلی که در اثر انحلال کربنات کلسیم به وجود آمده هم‌چنین درزها و شکاف‌های فراوانی دارای مشخصات بسیار مناسب مخزنی برای آب‌های زیرزمینی می‌باشد. وجود چشمه‌های دامنه‌ی ارتفاعات شمالی دریاچه در رسوبات آهکی با آبدهی قابل ملاحظه مؤید این نظر می باشد. از آنجا که فرسایش یا عوامل تکتونیکی مارن‌های ائوسن را ظاهر نموده آهک آسماری را به شکل پرتگاه هایی در بالای آن نمودار است. آهک‌های آسماری عمده‌ترین سازند تشکیل-دهنده‌ی منطقه بوده که دارای شرایط کاملاً کارستی است.

تشکیلات پابده شامل پلئوسن - ائوسن و الیگوسن زیرین می‌باشد در حوضه‌ی پریشان قسمت بالایی آن از رسوبات مارنی که بین آنها لایه‌های کم ضخامت آهک بارز می‌باشد تشکیل شده است و در قسمت‌های پایین‌تر

1-Faciec
2-Uncofoumit
3-Evaporate

مارن و مارن‌های آهکی به وجود آورنده این سری می‌باشند. این تشکیلات در دامنه پرتگاه‌های آهک آسماری در شمال تالاب پریشان رخنمون داشته و شیب ملایمی را در دامنه‌های شکستگی‌های آسماری را به وجود می‌آورد. با توجه به این که ارتفاعات اطراف تالاب را طبقات آهکی مارنی تشکیل می‌دهد، زمینه جهت تأثیر عوامل فرسایش ناشی از انحلال مواد آهکی فراهم می‌باشد. یکی از عوامل تغییر شکل در سواحل تالاب نفوذ آب در طبقات آهکی می باشد که همین انحلال موجب افزایش تدریجی فرسایش و تخریب آن می‌گردد. یکی دیگر از خصوصیات خاص زمین‌شناسی منطقه، وجود گنبد نمکی در اطراف منطقه است که در شرق گسل رانده‌ی کازرون و گسل‌های فرعی دیگر بر اثر اعمال نیروهای تکتونیکی و داشتن وزن مخصوص کمتر از میان رسوبات جوان‌تر سر برآورده است. این دیاپیر مربوط به دوران پرکامبرین با پوشش گچ، نمک، سنگ‌های آذرین و مارن می باشد که به نظر می‌رسد نقش مؤثری در تغییر کیفیت منابع آب منطقه داشته باشد (شکل ۲).



شکل(۲): نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌ی پریشان

Fig (2): Geological map of Parishan basin

۲-۳- روش تحقیق

در این تحقیق برای بررسی رابطه‌ی بین سازندهای زمین‌شناسی و پارامترهای کیفی آب و مدل‌سازی مکانی از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) استفاده شده است. این روش بر مبنای پردازش اطلاعات هیدرولوژی داده‌های کیفی آب و زمین‌شناسی با استفاده از تکنیک GIS انجام می‌شود. پارامترهای مورد نیاز به‌عنوان ورودی‌های مدل با استفاده از نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه‌های کازرون، پریشان سازمان زمین‌شناسی جهت استخراج داده‌های زمین‌شناسی و برای آنالیز پارامترهای کیفی نیز از داده‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی از چاه‌های بهره‌برداری و مشاهداتی اخذ شده از سازمان مدیریت پایه آب ایران استفاده شده است.

در مدل‌سازی مکانی و بررسی روابط میان پارامترهای کیفی و سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از روش‌های رگرسیونی چند متغیره‌ی OLS و GWR از پارامترهای مختلف کیفیت آب به عنوان متغیرهای وابسته و سازندهای زمین شناسی به عنوان متغیر مستقل استفاده شده است به طوری که داده‌های کیفی آب مربوط به تعداد ۲۵ حلقه چاه مشاهده‌ای در سال ۱۳۹۸ می‌باشد (جدول ۱) که از بین داده های ۱۶ پارامتر کیفی، پس از بررسی ارتباط بین پارامترها با هم، آن‌هایی که بیشترین همبستگی و رابطه‌ی معنی دار با پارامترهدایت هیدرولیکی (EC) داشتند، جهت تجزیه و تحلیل آماری انتخاب شدند و جهت کمی‌سازی سازندهای زمین شناسی، برای هر حلقه چاه، پولیگون تیسن ترسیم شد و مساحت سازندهای موجود در هر یک از پولیگون‌ها به عنوان متغیر مستقل استخراج و به جدول توصیفی شیپ فایل مورد نظر، جهت مدل‌سازی در محیط ARC-GIS اضافه شدند و در مراحل زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند؛

نخست متغیرهای مستقل و وابسته به روش آزمون و خطا در روش OLS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند تا بهترین مدل برای اجراسازی در روش GWR، با بهترین مدل و رابطه‌ی معناداری بین متغیرها انتخاب شود. روش حداقل مربعات معمولی یا OLS به منزله‌ی ساده‌ترین و مرسوم‌ترین روش در بین روش‌های رگرسیون چندمتغیره‌ی خطی است. مبنای روش OLS این است که ضرایب مدل به گونه‌ای برآورد شوند که مجموع مربعات خطای بین مقادیر برآورد شده و مقادیر مدل مشاهده‌های برای متغیر وابسته باید حداقل شود (حسین‌خواه و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۵۹) که y متغیر وابسته را نشان می‌دهد و Ɛ اصطلاح خطا یا انحراف مدل و $\sum_{k=1}^{\rho} \beta_k\, x_k$ ضریب و متغیر مستقل p تعداد متغیرهای مستقل می‌باشند. ضرایب بتا در واقع ضرایب یا پارامترهای مدل رگرسیونی هستند که مقادیر آن‌ها در کل منطقه ثابت است مدل OLS مانند معادله‌ی شماره ۱ می‌باشد.

$$y = \beta_\circ + \sum_{k=1}^{\rho} \beta_k x_k + \varepsilon \qquad (1)$$

در مرحله‌ی بعد پس از انتخاب بهترین مدل، برای ارزیابی خود همبستگی مکانی باقیمانده های مدل شاخص موران (معادله‌ی ۲) استفاده شد که درجه‌ی خوشه‌بندی یا پراکندگی باقیمانده‌های استاندارد را مورد ارزیابی قرار دهد. از باقیمانده‌ها برای آزمایش دقت مدل در پیش‌بینی شرایط محلی با اجرای آزمایشی برای همبستگی مکانی استفاده می‌شود. که در آن، Xi و Xj کیفیت آب به ترتیب در ایستگاه i و ایستگاه j است. بنابراین x میانگین کلی کیفیت آب و Wij ماتریس وزن است. مانند ضریب همبستگی، اگر Xi و Xj بالاتر یا کمتر از میانگین قرار بگیرند ، شاخص موران مثبت خواهد بود، در حالی که اگر یک ایستگاه بالاتر از میانگین و ایستگاه های مجاور آن کمتر از میانگین باشد، شاخص به صورت منفی ظاهر خواهد شد و در نهایت جهت دستیابی به دقت بالاتر در تحلیل روابط مکانی، متغیرهای انتخاب شده از مدل OLS وارد مدل GWR شدند. در واقع GWR تغییرات محلی را با توزین بیشتر مشاهدات نزدیک‌تر، نسبت به موارد دورتر ثبت می‌کند (پرات و چانگ، ۲۰۱۲: ۵۲).

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)} \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} wij(x_i - x)(x_j - x)}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} wij} \qquad (2)$$

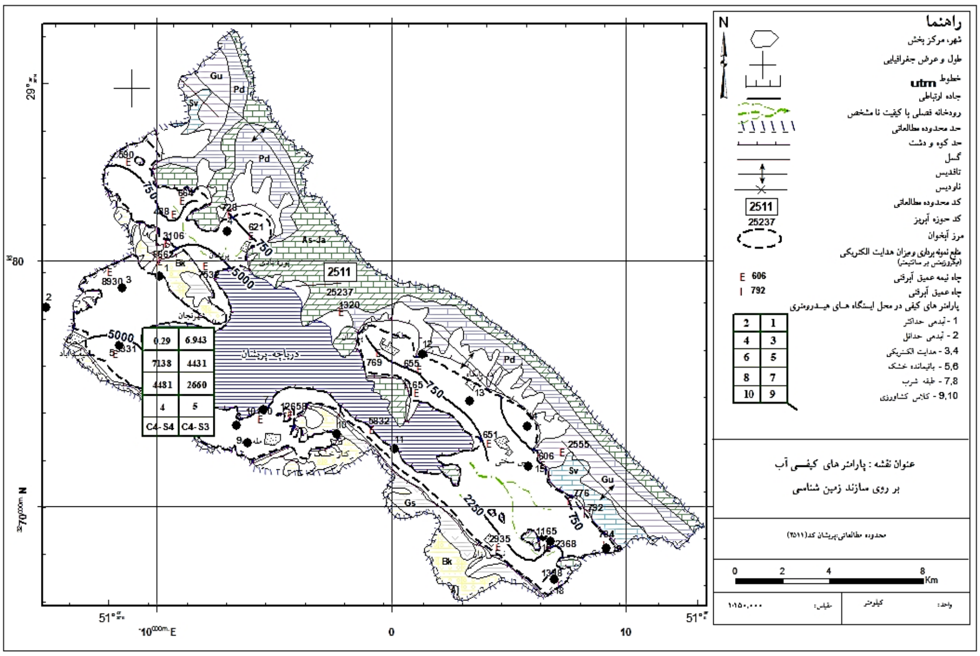
خروجی‌های GWR شامل باقیمانده‌های محلی و نتایج R^2 یا ضریب تعیین می‌باشد که R^2 معیاری برای مشخص کردن کارایی‌های مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره می‌باشد. این ضریب میزان درصد واریانس متغیر وابسته که توسط متغیرهای مستقل تبیین می‌شود را بیان می‌کند. به عبارت دیگر با محاسبه‌ی این ضریب می‌توان گفت که چند درصد از کل واریانس Y توسط متغیرهای مستقل X بیان می‌شود. مقدار عددی این ضریب از ۱ تا ۱- تغییر می کند. مقدار صفر یعنی استفاده از متغیرهای مستقل در برآورد متغیر وابسته هیچ نقشی ندارد و مقدار 1 و ۱- بیانگر تخمین صد درصد واریانس متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل می‌باشد. اگر انحراف معیار متغیرهای X و Y به ترتیب به صورت xS و yS باشد و کواریانس آنها با علامت Cov_{yx} نشان داده شود، ضریب تعیین از رابطه‌ی زیر (معادله‌ی ۳) قابل محاسبه است (عرفانیان و همکاران، ۲۰۱۳: ۳۷).

$$R^2 = \frac{s^2 xy}{s_{xx} s_{xy}} \qquad (3)$$

۳- یافته‌ها و بحث

در پژوهش حاضر، برای بررسی روند تغییرات کمی آب زیرزمینی از ۲۵ حلقه چاه پیزومتری و برای واکاوی روند کیفی ۴۸حلقه چاه بهره‌برداری در طی سری زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۸ که در منطقه پراکنش مناسبی داشتند

استفاده شد (شکل۳). از بین داده های ۱۶ پارامتر کیفی، آن‌هایی که بیشترین همبستگی و رابطه‌ی معنی‌دار با پارامتر هدایت هیدرولیکی (EC) داشتند، جهت تجزیه و تحلیل آماری انتخاب شدند (جدول۱). این پارامترها شامل هدایت الکتریکی (EC)، مواد جامد محلول (TDS)، کلر (CL)، سدیم (Na)، نسبت جذب سدیم (SAR)، پتاسیم (K) و سولفات (SO۴) می‌باشند (جدول۲). در مدل‌سازی OLS، از بین نوع سازند و نهشته، نوع از آنها با پارامترهای کیفی آب رابطه‌ی معنی‌دار نشان دادند که سازندهای انتخاب شده در هر مدل ارائه شده است. از آنجا که EC آب دریاچه‌ی پریشان در سال‌های پر آبی ۵۱۱۰ بوده است، در حال حاضر EC بالقوه‌ی نمک‌های بستر حدود ۲۵۵۵ می‌باشد که عمدتاً یون‌های درشت مولکول کربنات و سولفات هستند (نمکی و از نوع یون‌های کلراید نیستند)، که قدرت آب‌شویی کمتری دارند (رضایی و همکاران، ۲۰۲۱). در ادامه داده‌های تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی پس از انجام آنالیزهای مربوطه و همگن‌سازی نرمال‌سازی شد و در ادامه وارد نرم‌افزار GIS شدند. مراحل پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS و EXCEL انجام شد.



شکل(۳): نقشه‌ی خروجی پارامتر کیفی آب بر روی سازند زمین‌شناسی
Fig (3): Geological map of water quality parameters

۱-۳- طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس ویلکوکس

در این پژوهش جهت طبقه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی برحسب نوع مصرف کشاورزی از طریق دیاگرام

ویلکوکس کیفیت و کلاس آب در منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه شد. جداول (۱ تا ۳) نوع، کیفیت و درصد طبقه‌بندی را نشان می‌دهد. هم‌چنین جهت نقشه‌های کمی و کیفی مدل میان‌یابی نزدیک‌ترین همسایه (NNI) توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی به کار برده شد و در ادامه جهت طبقه بندی آب های زیرزمینی برحسب نوع مصرف کشاورزی، از دیاگرام های ویلکوکس استفاده شد.

جدول (۱): کیفیت و کلاس آب بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس

Table (1): Analysis of water quality parameters of observation wells

ردیف	نوع وکیفیت آب برای کشاورزی و کلاس آب
۱	شیرین - برای کشاورزی کاملاً بی‌ضرر (C1S1)
۲	کمی شور - برای کشاوری تقریباً مناسب (C2S1؛ C2S2)
۳	شور - برای کشاورزی با تمهیدات مناسب (C1S3؛ C2S3؛ C3S1؛ C3S2؛ C3S3)
۴	خیلی شور- مضر برای کشاورزی (C1S4؛ C2S4؛C3S4 ؛ C4S4؛C4S3 ؛ C4S2؛ C4S1)

جدول(۲): آنالیز پارامترهای کیفی آب چاه‌های مشاهداتی بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس

Table (2): Analysis of water quality parameters of observation wells

کیفیت بر اساس RSC	RSC	کیفیت براساس Na٪	Na٪	SAR	کیفیت آب برای کشاورزی	EC	SAR	کلاس آب
مناسب	-۲/۸	مشکوک	۶۹/۰۷	۱۰/۸۷	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۳۶۸۹	۱۰/۸۷	C4-S3
مناسب	-۴/۹۵	مشکوک	۶۱/۰۴	۷/۵۵	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۳۸۲۶	۷/۵۵	C4-S2
قابل قبول	۲/۵	قابل قبول	۵۷/۲۹	۴/۷۹	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۴۲۸	۴/۷۹	C3-S1
مناسب	-۷	قابل قبول	۵۳/۱۹	۶/۳۸	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۳۲۱۰	۶/۳۸	C4-S2
مناسب	-۲۲/۷	قابل قبول	۴۳/۵۲	۶/۰۳	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۵۴۹۵	۶/۰۳	C4-S2
نامناسب	۴	قابل قبول	۵۱/۰۱	۴/۱۳	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۵۵۴	۱۳/۴	C3-S1
نامناسب	۷	قابل قبول	۵۱/۰۶	۳/۵۷	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۱۷۷	۳/۵۷	C3-S1
مناسب	-۲۷/۵	قابل قبول	۵۱/۲۵	۹	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۷۴۱۸	۹	C4-S3
نامناسب	۳/۵	عالی	۶/۰۷	۰/۲۱	کمی شور – مناسب برای کشاورزی	۶۸۲	۰/۲۱	C2-S1
نامناسب	۳	قابل قبول	۴۴/۵۱	۳/۳۷	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۵۷۰	۳/۳۷	C3-S1
مناسب	-۲۵/۴	قابل قبول	۵۲/۱۳	۹	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۷۰۶۵	۹	C4-S3
مناسب	-۲۶/۸۵	قابل قبول	۴۵/۸۷	۷/۲۱	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۶۶۳۳	۲۱/۷	C4-S3
نامناسب	۳/۶	خوب	۳۳/۸۸	۱/۸۱	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۹۴۲	۱/۸۱	C3-S1
مناسب	۱	عالی	۱۹/۰۸	۰/۸۶	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۸۴۰	۰/۸۶	C3-S1
مناسب	-۲۸/۷	خوب	۳۱/۷۳	۳/۹۸	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۵۴۱۶	۳/۹۸	C4-S2
قابل قبول	۱/۵	عالی	۲/۹۹	۰/۰۹	کمی شور – مناسب برای کشاورزی	۶۶۰	۰/۰۹	C2-S1
قابل قبول	۲/۵	عالی	۵/۱۱	۰/۱۸	کمی شور – مناسب برای کشاورزی	۵۹۸	۰/۱۸	C2-S1
نامناسب	۴	عالی	۶/۷۲	۰/۲۲	کمی شور – مناسب برای کشاورزی	۴۹۹	۰/۲۲	C2-S1
مناسب	-۱۷/۵	خوب	۳۰/۷۱	۲/۳۲	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۷۹۹	۲/۳۲	C3-S1

جدول (۳): درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکوکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده
Table (3): Analysis of water quality parameters of observation wells

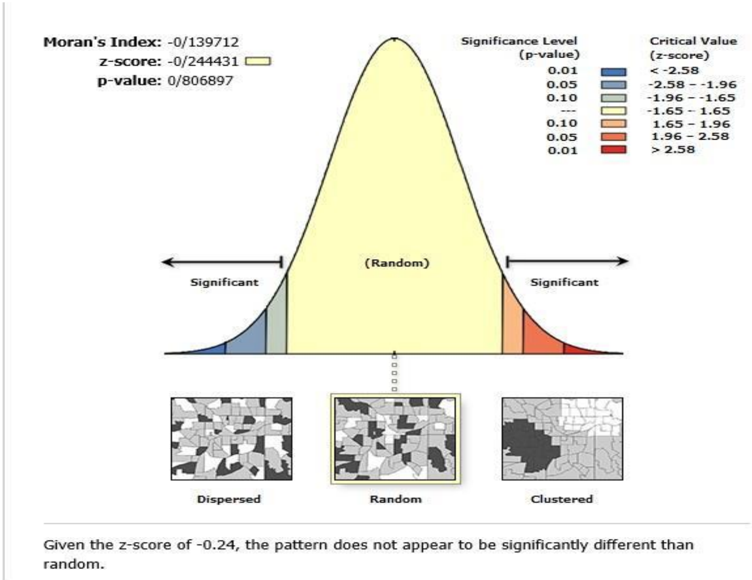
C1				C2				C3				C4			
S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
۰	۰	۰	۰	۱۶/۹۵	۰	۰	۰	۴۷/۴۶	۰	۰	۰	۶/۷۸	۱۵/۲۵	۱۰/۱۷	۱/۶۹

براساس نتایج مدل (OLS) برای سازند آغاجاری (MPLa) و نهشته‌های آبرفتی(Qc) عهد حاضر که عمدتاً تراست‌های وسیعی از اطراف تالاب پریشان را نیز در بر گرفته است علامت ضرایب بتا در آن‌ها منفی می‌باشد که نشان دهنده‌ی رابطه‌ی معکوس آنها با پارامترهای کیفی است ولی اغلب پارامترهای کیفی رابطه‌ی مستقیم و بالایی با دریاچه پریشان دارند. هم‌چنین میزان EC در تالاب پریشان در دوره‌ی پرآبی به ترتیب، ۲/۵ و ۲/۵۳ برابر شوری (بر حسب میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد که در مناطق با آب‌های با ترکیبات نمکی، TDS تقریباً معادل شوری است؛ بنابراین رابطه‌ی بین شوری و EC در این منطقه برقرار است (رضایی و همکاران، ۲۰۲۱) که نشان دهنده‌ی فرسایش سطحی و شستشوی نمک و گچ از سطح، توسط جریان‌های سطحی و انتقال آنها به نقاط پست حوضه یعنی تالاب پریشان می‌باشد.

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از محاسبات و تحلیل‌های پارامترهای کیفی آب بر روی سازند زمین‌شناسی که در منطقه انجام گرفت به این صورت بیان می‌شود که باید نتیجه‌ی استاندارد شاخص باید به صورت تصادفی و بین اعداد ۱/۶۵ تا ۱/۶۵- بدست بیاید تا نشان‌دهنده‌ی صحت‌سنجی در این مرحله باشد. بنابراین اعداد اگر کمتر از ۱/۶۵- باشد نشان‌دهنده‌ی پراکنده بودن باقیمانده‌ها و اگر اعداد بیشتر از ۱/۶۵ باشد نشان‌دهنده‌ی خوشه‌ای بودن باقیمانده‌ها است. همانطور که در جدول (۳) نیز مشاهده می‌گردد که تمامی باقی‌مانده‌ها در مدل‌های انتخابی OLS در محدوه استاندارد قرار گرفتند که نشان‌دهنده‌ی مدل‌سازی مطلوب است. در ادامه شاخص موران به دلیل خوشه‌ای بودن داده‌هایی مانند پارامترهای کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفت. نمودارهای نتایج شاخص موران، نشان‌دهنده‌ی توزیع نرمال داده‌ها و برای پارامترهای کیفی آب می‌باشد.

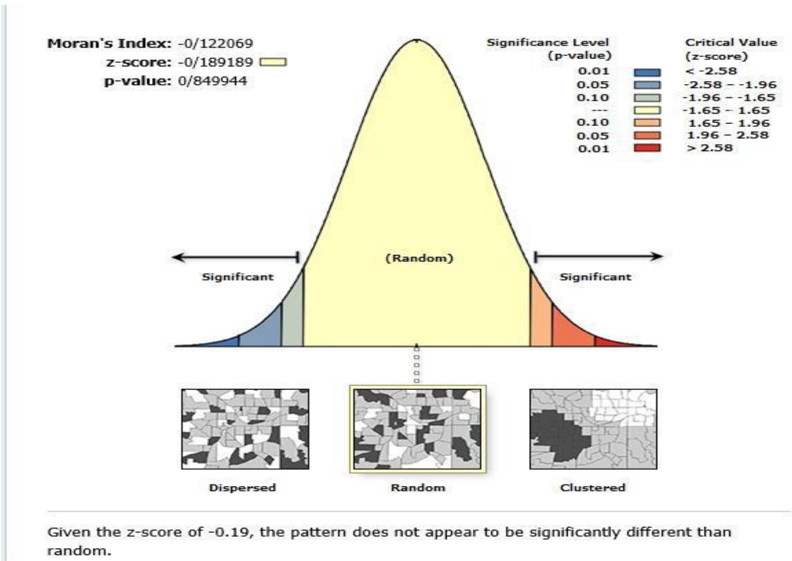
جدول (۴): نتایج شاخص موران برای مدل‌های انتخاب شده برای هر پارامتر کیفی آب
Table (4): Moran index results for selected models for each water quality parameter

پارامترهای کیفی آب	شاخص موران	Z-score	P-value
EC	۰/۱۳۳۵۰۰	۱/۴۶۳۴۹۲	۰/۱۴۳۳۳۳
TDS	۰/۱۴۷۱۹۷	۱/۵۵۷۲۶۶۲	۰/۱۱۹۴۰۸
SAR	۰/۰۴۴۳۹۳	۰/۷۰۸۱۰۹	۰/۴۸۷۷۸۸
NA	۰/۱۵۹۱۷۷	۰/۷۲۸۵۳۶۶	۰/۰۸۳۸۹۲
CL	۰/۰۱۵۹۸۱	۰/۵۷۶۳۹۲	۰/۵۶۴۳۵۱
K	۰/۰۱۵۹۸۱	۰/۵۷۶۳۹۲	۰/۴۲۱۹۰۲
SO4	۰/۰۷۳۲۳۴	۱/۰۴۷۹۹۰	۰/۲۹۴۶۴۳



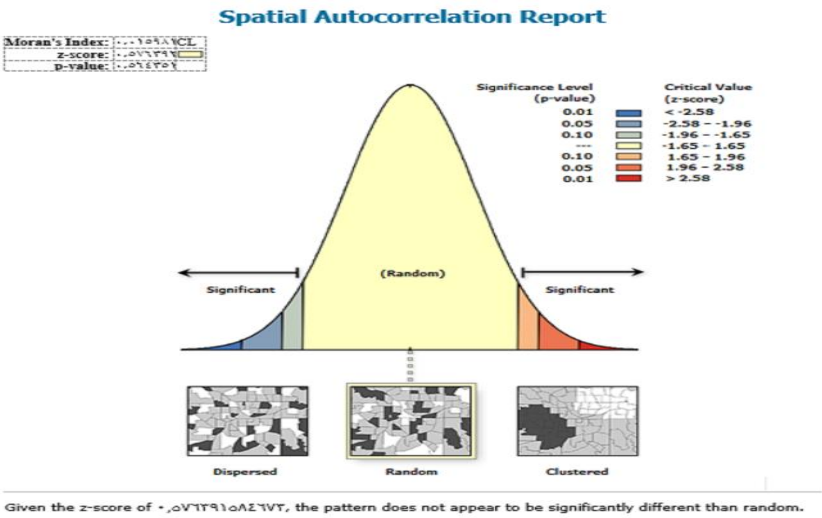
شکل (۴): شاخص موران پارامتر هدایت الکتریکی

Figure (4): Moran index results for two parameters of electrical conductivity



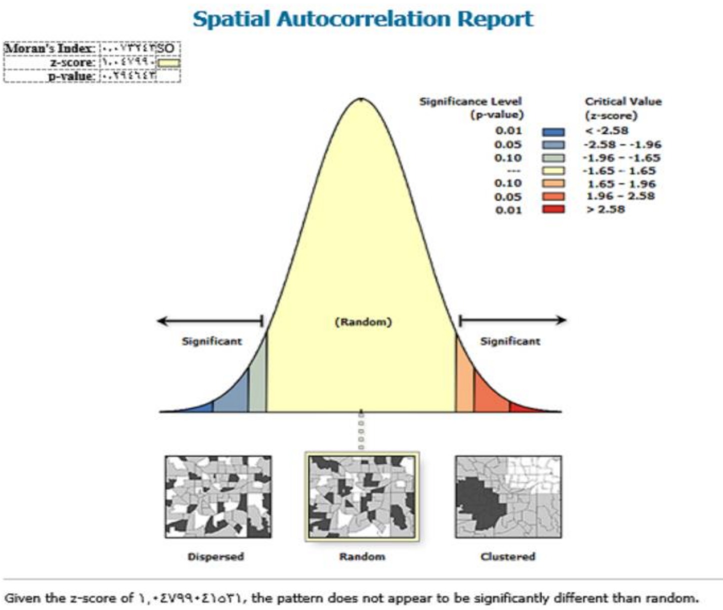
شکل (۵): شاخص موران پارامترسدیم

Figure (5): Moran index results for two parameters, sodium



شکل (۶): شاخص موران پارامتر کلر

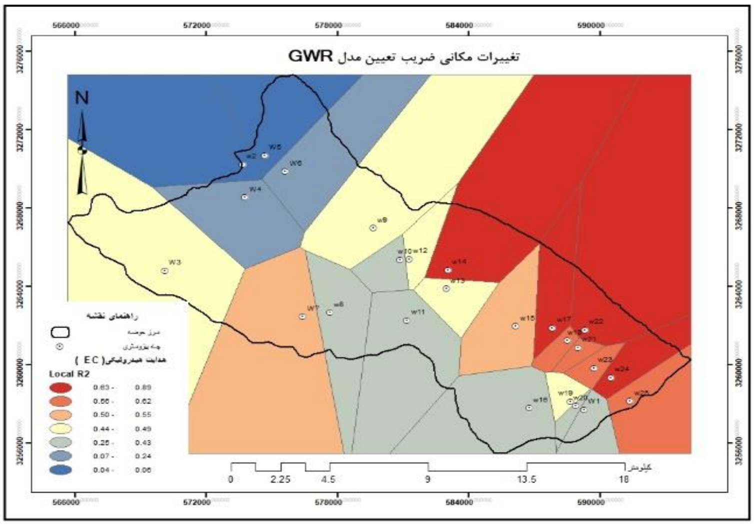
Figure (6): Moran index results for two parameters, chlorine



شکل(۷): شاخص موران پارامتر سولفات پتاسیم

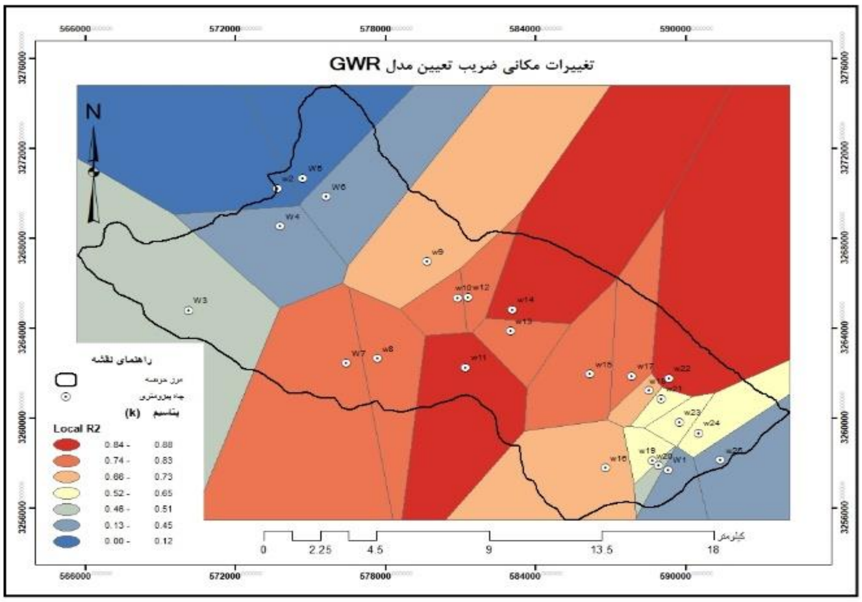
Figure (7): Moran index of potassium sulfate parameter

نتایج این مدل به صورت نقشه‌های مدل‌های مکانی برای هر پارامتر براساس نتایج ضرایب تعیین R^2 نشان داده شده است (شکل ۸ و ۱۱). بنابراین در بررسی نقشه‌ها بیشترین میزان همبستگی مربوط به پارامتر و پتاسیم و هدایت الکتریکی (شکل ۸ و ۹) و کمترین مقدار مربوط به پارامتر سدیم (شکل ۱۱) بود که نشان‌دهنده‌ی شور شدن خاک‌های واقع در این مناطق است در حالی که بقیه‌ی پارامترها نیز همبستگی بسیار بالایی با متغیرهای مستقل نشان دادند. در اغلب پارامترهای کیفی مانند پتاسیم، کلر و هدایت الکتریکی بیشترین میزان همبستگی مربوط به غرب و مرکز حوضه می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی تأثیر بالای دیاپیر نمکی موجود در سازند گچساران واقع در حوضه بر منابع آبی می‌باشد و در نتیجه چاه هایی که نزدیک به این نقاط هستند کیفیت پایین‌تری نسبت به چاه‌های موجود در نقاط مرتفع‌تر و دورتر دارند. هم‌چنین مقاومت کم و فرسایش رسوبات تبخیری سازند آغاجاری در قسمت جنوب غرب حوضه نیز بر این موضوع دامن زده است. به‌طوری‌که منابع آبی که با رسوبات تبخیری در تماس هستند ممکن است مقدار زیادی پتاسیم، سدیم، کلر و سولفات به‌صورت محلول در خود داشته باشند زیرا آبی که از حوضه‌ی رودخانه‌ی دالکی جریان می‌یابد، هم از سازندهای نمکی و هم از سازندهای آهکی عبور می‌کند که بخش زیادی از آن نیز توسط جریان آب زیرزمینی به سمت حوضه‌ی پریشان هدایت می‌شوند که چشمه‌های متعدد در اطراف تالاب نیز ورود جریان آب زیرزمینی از حوضه‌های بالادست را به این محدوده تأیید می‌کند. بنابراین در چشمه‌های موجود در منطقه، بخش زیادی از EC مربوط به یون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم است (رضایی و همکاران، ۲۰۲۱).



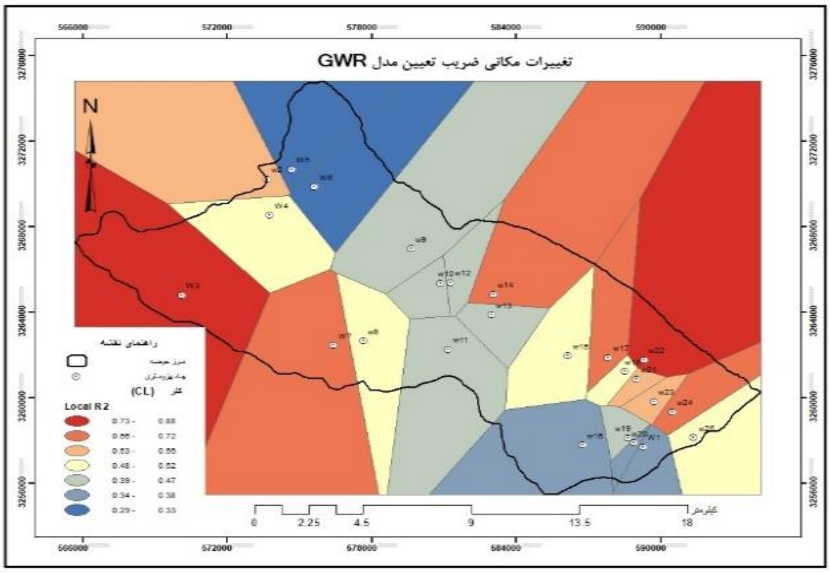
شکل (۸): نتایج مدل GWR براساس هدایت الکتریکی

Figure (8): The results of the GWR model based on the electrical conductivity



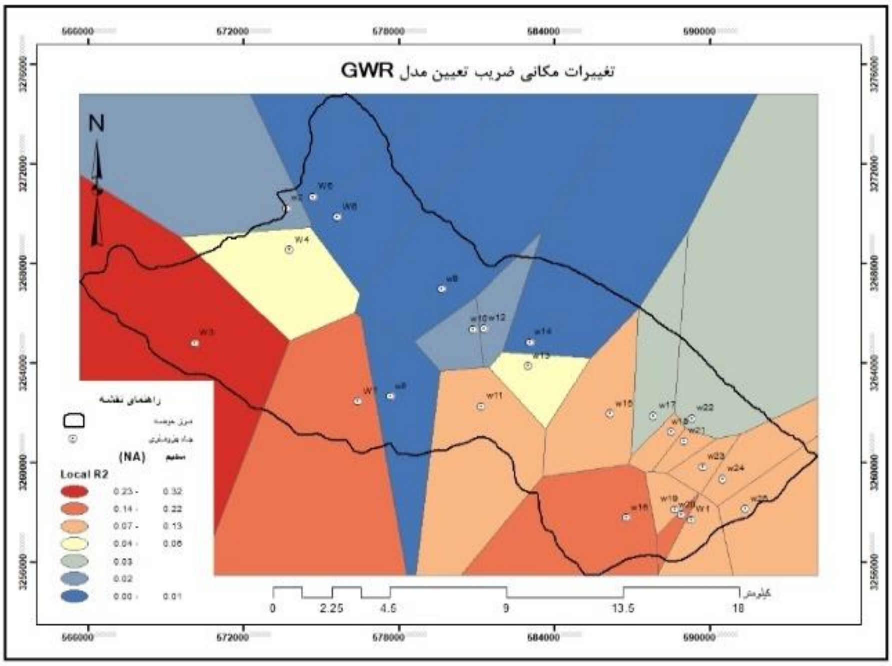
شکل(۹): **نتایج مدل GWR براساس پتاسیم**

Figure (9): The results of the GWR model based on the potassium



شکل (۱۰): نتایج مدل GWR براساس کلر

Figure (10): The results of the GWR model based on the chlorine



شکل (۱۱): نتایج مدل GWR براساس سدیم

Figure (11): The results of the GWR model based on the Sodium

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از محاسبات و تحلیل‌های پارامترهای کیفی آب بر روی سازند زمین شناسی که در منطقه انجام گرفت به این صورت بیان می‌شود که در نقشه‌ها بیشترین میزان همبستگی مربوط به پارامتر و پتاسیم و هدایت الکتریکی (شکل ۸ و۹) و کمترین مقدار مربوط به پارامتر سدیم (شکل ۱۱) بود که نشان‌دهنده‌ی شور شدن خاک‌های واقع در این مناطق است در حالی که بقیه‌ی پارامترها نیز همبستگی بسیار بالایی با متغیرهای مستقل نشان دادند. هم‌چنین ارائه نتایج مشابه نشان می‌دهد که نتایج این پژوهش از اطمینان بیشتری برخوردار است برای مثال تحقیقاتی که در لارستان و سروستان واقع در استان فارس صورت گرفته است نشان می‌دهد که انحلال مواد و کانی‌های موجود در گنبد نمکی و نهشته‌های گچی و مارنی سازندهای مخرب، عامل اصلی کاهش کیفیت منابع آبی هستند (انصاری و همکاران، ۲۰۲۱:۱۳۲؛ جهبز، ۱۹۹۴:۲۶۳). از سوی دیگر نتایج مربوط به مناطق دیگر در باره‌ی قدرت بالای آن جهت مدل‌سازی مکانی نظیر پژوهش‌های (پاسکالی و همکاران،۲۰۱۴: ۱۸۰؛ ضیا و همکاران، ۲۰۱۳: ۸۲؛ پرات و چانگ، ۲۰۱۲: ۵۷؛ زو و جانگ، ۲۰۲۱: ۹؛ لی و همکاران،۲۰۲۰؛ ترن و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۴) نیز گویای دقت بالای آن بوده است که می‌توان به آن‌ها نیز اشاره کرد.

بنابراین با وجود اینکه سازندهای تبخیری (گچ و نمک) اگرچه گستردگی بالایی در منطقه ندارند اما میزان بالایی از سولفات را به منابع آبی منطقه در شرق حوضه و محدوده تالاب پریشان اضافه می‌کنند. از آنجایی‌که میزان شوری با تغییرات EC ارتباط مستقیمی دارد، نسبت شرایط محاسبه شده برای EC نیز با یک تناسب و رابطهٔ مستقیم برای شوری قابل تعمیم است (رضایی و همکاران، ۲۰۲۱) که مدل GWR با قدرت تغییرپذیری مکانی بالا این موضوع را نشان داده است و این موارد دقیقاً با نتایج تحقیقاتی که حسین خواه و همکاران، (۱۹۹۵)؛ انصاری و همکاران، (۲۰۲۱) نیز درباره‌ی قدرت تغییرپذیری مکانی بالای این مدل استنباط کرده‌اند متناسب می‌باشد. در نهایت مدل با دقت تغییرپذیری بالا ارتباط مستقیمی بین این دو پارامتر برقرار کرد و با انجام این مرحله صحت سنجی مدل مورد تایید قرار گرفت. به طوری که نتایج کاربردی مدل GWR می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کند تا نقاط حساس تخریب منابع آبی را شناسایی و برای مدیریت هرچه بهتر مورد استفاده قرار گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش از جمله نخستین مطالعاتی است که ارتباط بین پارامترهای کیفی آب با سازند زمین‌شناسی را در ایران با استفاده از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی مدل‌سازی کرده است. خشکسالی‌های اخیر، کاهش بارندگی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی (در سری زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۸) بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی در حوضه پریشان بسیار اثر گذاشته است. بنابراین در این پژوهش مدل‌سازی مکانی رابطه‌ی بین سازندهای زمین شناسی و پارامترهای کیفی آب درحوضه پریشان، با استفاده از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) انجام شد. از نقاط قوت این مدل در این تحقیق می‌توان به نشان دادن درست نوع همبستگی (مستقیم و معکوس) بین نوع سازندها و پارامترهای کیفی آب در حوضه اشاره کرد. مدل نشان داد که در حوضه پریشان رسوبات تبخیری (گچ و نمک) مانند سازند گچساران از جمله مهم‌ترین علل تخریب کیفیت آب می‌باشند. از سوی دیگر این مدل با قدرت تغییر پذیری مکانی بالا تأثیر سازندهای مختلف بر منابع آبی را در نقاط مختلف و مناطق بحرانی با دارا بودن بیشترین آثار منفی را به خوبی نشان داد. در واقع این مدل یک روش ساده و توانمند جهت مدیریت و برنامه ریزی در حوضه‌ها، بسیار مناسب خواهد بود. هم چنین به دلیل وجود رابطه‌ی معنی‌دار پارامترهای کیفی آب با نقاط پست حوضه مانند دریاچه‌ی پریشان، نشان‌دهنده‌ی شسته شدن و حمل این رسوبات توسط آب‌های جاری که از سازندهای نمکی و آهکی حوضه‌های بالادست توسط رودخانه‌ی دالکی جریان یافته است و به علت پایین بودن سطح تراز بستر دریاچه و هم‌چنین به دلیل شیب لایه‌های زمین‌شناسی از طریق جریان‌های زیرزمینی به این منطقه جریان یافته است و با توجه به آزمایشات کیفی آب که از چشمه‌ها و چاه‌های اطراف دریاچه پریشان گرفته شد بالا بودن میزان شوری آب در مناطق غربی حوضه به دلیل وجود

رسوبات تبخیری این موضوع را تأیید می‌کند. بنابراین در حوضه‌هایی که نقاط برداشت نمونه‌های آب یا چاه‌های مشاهداتی از پراکندگی مناسبی برخوردار باشند این مدل به خوبی و با توانمندی بالا و با دقت بسیار خوبی این روابط را مشخص می‌کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این تحقیق از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، سازمان محیط زیست استان فارس و سازمان آب منطقه‌ای استان فارس و انجمن میراث پریشان جهت ارائه داده‌ها و اطلاعات و هم‌چنین سایر سازمان‌هایی که دسترسی به داده‌ها و اطلاعات این پژوهش را در سایت‌های مربوطه فراهم کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۵- منابع

Azizi, F., Asghari Moghaddam, A., & Nazemi, A. (2019). Groundwater Flow and Salinity Intrusion Simulation in Malekan Plain Aquifer, *Iranian journal of watershed management science*, 45(13), 32-43.

Ansari, M.; Jabari, I. Sargordi, f; (2021). Spatial modeling of water quality parameters based on geological formations; *Journal of Hydrogeomorphology*, 8 (26), 137-117.

Brunsdon, H., Fotheringham, S., & Charlton, M. (1996). Geographically Weighted Regression: A method for exploring spatial nonstationarity, *Geographical Analysis*, 28(4), 281-298.

Drever, J. I. (1988). The geochemistry of natural waters, *the University of Michigan, Prentice-Hall*, 2, 437 p.

Erfanian, M. , Hosseinkhah, M,. And Alijanpour, A. (2013). Introduction of OVS and GWR multivariate regression methods in spatial modeling of land use effects on water quality, *watershed development and development*, 1 (1), 33-39.

Fars Regional Water Joint Organization (2015). *Water Balance Report of Kazerun Study Area* (2647), 1-63.

Fars Regional Water Authority (2010), "*Management of Research and Basic Studies of Water Resources, Global List of Water Resources and Uses of Shapur Dalaki*", Inventory Study Report of Parishan.

Feng, C., Mao, Z., Yang, H., Fui, J., Shi, Y., Cheng, Y., Zhang, H., Niu, L., & Ashraf, M.A. (2016). *Original of formation water salinity variation and its geological significance in change 9 stream Jiyuan Oilfield, Sains Malaysiana,* 45(1), 9–18.

Granato, G.E., DeSimone, L.A., Barbaro, J.R. and Jeznach, L.C., (2015), *Methods for evaluating potential sources of chloride in surface waters and groundwaters of the conterminous United States* (No. 2015-1080). US Geological Survey.

Heydari, A. Rezaei Tavabe, K. Sayahpour, M. (2021). Assessing the environmental flow and presenting a comprehensive approach by examining the quantitative and qualitative parameters of groundwater Case study: Parishan Lake Basin. *The first national conference on water quality management and the third national conference on water consumption management*, Tehran, University of Tehran.

Hosseinkhah, M. Erfanian, M., and Alijanpour, A. (2016). Modeling the effects of land use on water quality parameters using multivariate regression methods OLS and GWR in watersheds of Fars province, *Journal of Environmental Studies*, 42 (2), 353-373.

Jehbez, O. (1994). *Hidrochemical evaluation of Sarvestan basin with emphasis on the role of geological formations*, MSc in Hydrology, University of Shiraz, 436 p.

Mirkazehi Rige, M. (2013). Effect of geological formations on groundwater quality Khash Plain, MSc in Watershed Management, *Faculty of Water and Soil, Department of Range and Watershed Management, University of Zabol*, 120 p.

Okkonen, J., & Klove, B. (2012*).* Assessment of temporal and spatial variation in chemical composition of groundwater in an unconfined esker aquifer in the cold temperate climate of Northern Finland*, Cold Regions Science and Technology*, 71, 118-128.

Pasculli, A., Palermi, S., Sarra, A., Piacentini, T., & Miccadei, E. (2014). A modelling methodology for the analysis of radon potential based on environmental geology and geographically weighted regression, *Environmental Modelling and Software*, 54, p. 165-181.

Porowski, A., Porowska, D. and Halas, S., (2019), "Identification of sulfate sources and biogeochemical processes in an aquifer affected by Peatland*: Insights from monitoring the isotopic composition of groundwater sulfate in Kampinos National Park, Poland*", *Water*, 11 (7), p.1388.

Pratt, B., & Changa, H. (2012). Effects of land cover, topography, and built structure on seasonal water quality at multiple spatial scales, *Journal of Hazardous Materials*, 209– 210, 48-58.

Program and Budget Organization (2015). *Long-term development document of Kazerun city*, natural resources and environment, first volume, 1-205.

Rahmati, and. Heydari, F. Masoudi M ahmudi, N. (2015). Assessing the effect of land use and lithology on spring water quality in Piranshahr waters*, Iranian Journal of Watershed Management*, 27 (8), 19.

Ranjbar, Gholam Hassan, Pirasteh Anousheh, Hadi (۲۰۱۵); *A Look at Salinity Research in Iran with Emphasis on Improving Crop Production*, *Iranian Journal of Crop Science*, Volume 17, Number 2, 165-178.

Rezaei Tavabe, K., and Samadi Kouchaksarai, B., (2021). Investigation of salinity changes and electrical conductivity in the rehabilitation of Parishan wetland by water transfer from Nargesi dam*, the first national conference on water quality management and the third national conference on water consumption management, Tehran*. University of Tehran.

Rogerson, M., Mercedes-Martín, R., Brasier, A.T., McGill, R.A., Prior, T.J., Vonhof, H., Fellows, S.M., Reijmer, J.J., McClymont, E., Billing, I. and Matthews, A., (2017), "*Are spherulitic lacustrine carbonates an expression of large-scale mineral carbonation? A case study from the East Kirkton Limestone, Scotland*", *Gondwana Research*, 48, 101-109.

Teymouri, M. , And Asadi Nalivan, he. (2020). *Assessing the Impact of Land Use and Geology on Groundwater Quality Using Multivariate Statistical Models and Geostatistical Analysis (Case Study: Part of the Hubble River Basin), Journal of Hydrogeomorphology*, (25), 97-121.

Tran, D., Xu, D., Dang, V., & Alwah, A.Q. (2020). Predicting urban waterlogging risks by regression models and internet open-data sources, *Water*, 879(12), 1-23.

Water Transfer Studies from Nargesi Dam to Parishan Wetland: Part 1 (Recognition Stage)., (۲۰۲۱), Parishan Wetland Rehabilitation Project, Client*: General Department of Environmental Protection, Fars Province,* Consultant: Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Supervisor: Consulting Engineers Company Royan.

Xie, Z., Zhang, C., & Berry, L. (2013). Geographically weighted modelling of surface salinity in Florida Bay using Landsat TM data, *Remote Sensing Letters*, 4(1), 75-83.

Xu, H., & Zhang, C. (2021). Investigating spatially varying relationships between total organic carbon contents and pH values in European agricultural soil using geographically weighted regression, *Science of the Total Environment*, 752, 1-11.