



تأثیر پوشش گیاهی و فرسایش خاک بر کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب های سطحی
مطالعه‌ی موردی: حوضه آبریز رودخانه قلیان، منطقه‌ی قالیکوه لرستان
امیرسعید حسینی¹، سعید حکیمی آسیابر^{2*}، مژگان صلواتی³

1- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه زمین شناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

2- استادیار، گروه زمین شناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

3- استادیار، گروه زمین شناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

تاریخ پذیرش: 1402/01/19

تاریخ دریافت: 1401/11/10

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و فرسایش خاک و تغییر در خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب است. فرسایش خاک رابطه نزدیکی با نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین دارد و می‌تواند کیفیت آب یک منطقه را تغییر دهد. بدین منظور در این تحقیق 15 نمونه از آب آبراهه‌های دائمی پیربادوش و گشون رودخانه قلیان در منطقه قالیکوه لرستان جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که بر اساس مطالعات، از ارتفاعات بالاتر منطقه به سمت بخش‌های پست و پایین‌دست، با کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خاک و پیشروی رسوبات کواترنری، با ورود کاتیون‌ها و آنیون‌های بیشتر از رسوبات به آب و افزایش هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول و کدورت، از کیفیت آب منطقه کاسته شده‌است. لذا با پوشش گیاهی بیشتر در ارتفاعات این منطقه، بر میزان نفوذپذیری خاک افزوده شده و از میزان فرسایش خاک کاسته شده‌است. در این منطقه علاوه بر تغییر ارتفاع، کاهش پوشش گیاهی به نوع سنگ بستر و در نواحی محدودی به چرای مفرط بستگی دارد که سبب افزایش آلاینده‌ای مانند نترات شده‌است. افزایش نترات در آب منطقه علاوه بر عوامل انسان‌زاد (چرای دام) به عوامل زمین‌زاد (گسترش شیل‌های نفتی و فرسایش نهشته‌های کواترنری) نیز بستگی دارد. در نتیجه کیفیت آب منطقه بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی و زمین‌زاد قرار گرفته‌است و عوامل انسان‌زاد نقش کمتری داشته‌اند.

کلمات کلیدی: پوشش گیاهی، رسوبات کواترنری، شیل‌های نفتی، فرسایش، قالیکوه لرستان.

1-مقدمه

شرایط و تبادلات شیمیایی حاکم بر محیط یک رودخانه می‌توانند کیفیت آب آن رودخانه را کنترل نمایند (پناگوئرلو^۱ و همکاران، 2020) و کیفیت آب یک منطقه، جدا از فعالیت‌های انسانی می‌تواند متأثر از عوامل زمین‌زاد طبیعی (سنگ بستر، فعالیت‌های زمین‌شناسی و...) باشد (أولابی^۲ و همکاران، 2020) ولی در هر حالت با مدیریت کارآمد می‌توان بستری مناسب برای استفاده بهینه از آب یک منطقه در راستای کاهش کیفی و آلاینده‌ها ایجاد کرد که یکی از آنها مدیریت و برنامه ریزی برآورد میزان فرسایش و رسوبگذاری در حوضه‌های آبریز است که در این راستا کاربری صحیح و پوشش گیاهی از مهم‌ترین عوامل مهارکننده فرسایش است. فرسایش و هوازدگی فرایندهای زمین‌شناسی طبیعی هستند که در طی فرایند هوازدگی سنگ‌های بزرگ به دلیل عملکرد نیروهای طبیعت شکسته می‌شوند و بدون نقل و انتقال در کنار یکدیگر باقی می‌مانند در حالیکه فرسایش، حاصل مجموعه‌ای از فرایندهای طبیعی است که در آن قطعات ایجاد شده توسط هوازدگی به مکان‌های جدیدتر منتقل می‌شوند. فرسایش با عوامل اقلیمی، پوشش گیاهی، پستی و بلندی مرتبط است و دارای مرحله جداسازی ذرات خاک توسط انرژی قطرات باران، انتقال ذرات خاک و سنگ به جریان آب، حمل و نقل این ذرات توسط رواناب سطحی در امتداد شیب و رسوب خاک فرسایش یافته است (رومکنز^۳ و همکاران، 2002). بر اساس پژوهش‌های حیدرنازاد و همکاران در سال 2020 با موضوع برآورد فرسایش خاک با استفاده از مدل SCMSA و رویکرد OWA در لرستان مشخص شد که بیشتر مناطق لرستان فرسایش کمی را متحمل شده‌اند. با توجه به واقعیت‌های محلی در یک حوضه آبریز می‌توان اقدامات حفاظتی را با شناسایی عوامل تأثیرگذار بر فرسایش انجام داد (بیاتی خطیبی و کرمی، 2016). در تحقیق تغییرات مکانی رواناب، رسوب و آستانه شروع رواناب در حوزه آبخیز قره شیران اردبیل که در سال 1396 توسط عسگری و همکاران انجام شد، بر اساس ضریب مقاومت سازندها و سنگ‌های سازنده تشکیلات متنوع زمین‌شناسی؛ رواناب و رسوب و زمان شروع رواناب، رفتارهای مختلفی از خود نشان داده‌اند. کنترل فرسایش مستلزم شناخت رفتار رواناب و تولید رسوب در شرایط مختلف است (مصطفی زاده و همکاران، 2022). در تحقیق اسفندیاری درآباد و همکاران در سال 1400 با موضوع مدل سازی میزان رسوبات معلق در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون چندگانه، مشخص شد که با مطالعه و مدل سازی رابطه بین ویژگی‌های فیزیوگرافی، ژئومورفولوژیکی، اقلیمی و لیتولوژی هر حوزه با میزان رسوبات معلق می‌توان تخمین درستی از میزان رسوبات رودخانه‌ها داشت. تغییرات غیراصولی کاربری اراضی در مناطق مرتع نیز با تغییر در میزان رواناب زمینه را برای فرسایش فراهم می‌سازند (بیاتی خطیبی و همکاران، 1398). بر اساس تحقیق قهرمان‌نژاد و همکاران در سال 1396 با موضوع تأثیر سناریوهای

1- Pena-Guerrero
2- Owolabi

3- Romkens

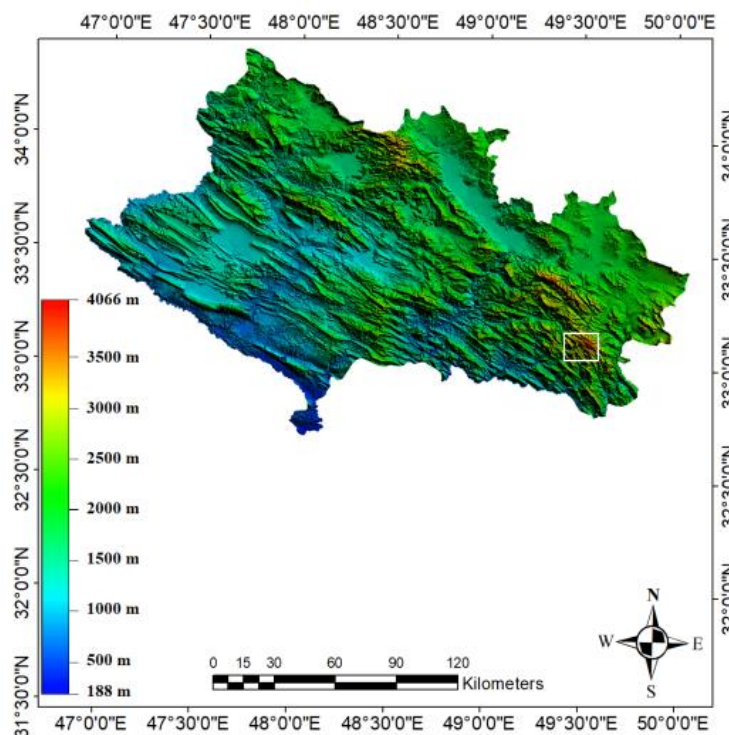
مختلف مدیریت کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک با مدل USLE در حوضه کلیبرچای، با افزایش اراضی پوشش درختی، از میزان فرسایش کاسته شده است. بر اساس مطالعات بسیاری از پژوهشگران، با افزایش درصد پوشش گیاهی، هم رواناب و هم از دست دادن رسوب به طور تصاعدی کاهش می‌یابد. به گونه‌ایکه با گسترش زمین‌های زراعی و کاهش مراتع، زمینه برای افزایش رواناب و غلظت رسوب در یک حوضه آبریز فراهم می‌شود (رضایی مقدم و همکاران، 2022). در بررسی نقش پوشش جنگلی در نگهداشت خاک به عنوان یک خدمت اکوسیستمی سالاروند و همکاران در سال 1397 مشخص شد که ضمن کاهش پوشش جنگلی در بخش‌های جنوبی استان لرستان، حداکثر هدررفت خاک به دلیل افزایش فرساینده‌گی باران و گرا دیان طول مشاهده شده است و از میزان نگهداشت خاک کاسته شده است. میزان فرسایش‌پذیری خاک در نواحی بدون پوشش گیاهی یک حوضه آبریز می‌تواند با افزایش شدت بارندگی، افزایش یابد (بی‌غم و همکاران، 2023). کاهش تراکم گیاهی می‌تواند در اثر عوامل مختلف مانند؛ جنگل سوزی، جاده‌سازی، چرای مفرط دام ایجاد شود که در صورت چرای دام‌ها می‌تواند با آلاینده‌گی آب یک منطقه با یون نیترات همراه باشد. در این صورت، فعالیت‌های انسانی می‌توانند عامل اصلی کاهش کیفی و افزایش آلاینده‌گی آب یک منطقه باشند. به طوریکه کاهش مراتع و افزایش زمین‌های بایر حاصل از توسعه کاربری شهری می‌تواند باعث کاهش تغییرات کیفی آب در یک منطقه شود (قهرودی تالی و همکاران، 2018). نتایج مطالعه ژئوشیمیایی آب و رسوب رودخانه بادآور استان لرستان با نگرش زیست محیطی که توسط حسونند و فرقانی در سال 1398 انجام شد حاکی از آن است که مهم‌ترین منابع انسانی آلودگی آب، یون فسفات و عناصر سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و روی هستند. در پژوهش غریب رضا و همکاران در سال 1399 با موضوع ارزیابی کیفیت رسوبات سطحی رودخانه تجن مشخص شد که فعالیت‌های انسانی در افزایش غلظت عناصری مانند آرسنیک، کروم و نیکل تأثیرگذار بوده‌اند. در مواردی نیز عوامل غیرانسانی باعث تغییرات کیفی آب یک منطقه می‌شوند. کریمی و همکاران در سال 1401 در تحقیقی با موضوع اثر دو سرشاخه سیول و قدح در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه به این نتیجه رسیدند که رودخانه در طول مسیر خود پس از جدا شدن از سازندهای کارستی کبیرکوه با ورود به سازندهای تبخیری (به ویژه گچساران) دچار افت تدریجی کیفی آب شده است.

از آنجائیکه آب این منطقه تأمین‌کننده‌ی آب شهرهای اطراف است و دور از مناطق شهری-روستایی است و فاقد فاضلاب‌های خانگی، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی است و در مسیر رخنمون بزرگ‌ترین منابع هیدروکربوری (شیل‌های نفتی) نامتعارف در ایران قرار دارد و در نهایت به رودخانه بزرگ دز سرریز می‌شود، هدف از این تحقیق ارزیابی میزان کیفی آب منطقه در راستای تغییرات پوشش گیاهی و فرسایش با توجه به عوامل مختلف محیطی، زمین‌زاد و انسان‌زاد می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- منطقه مورد مطالعه

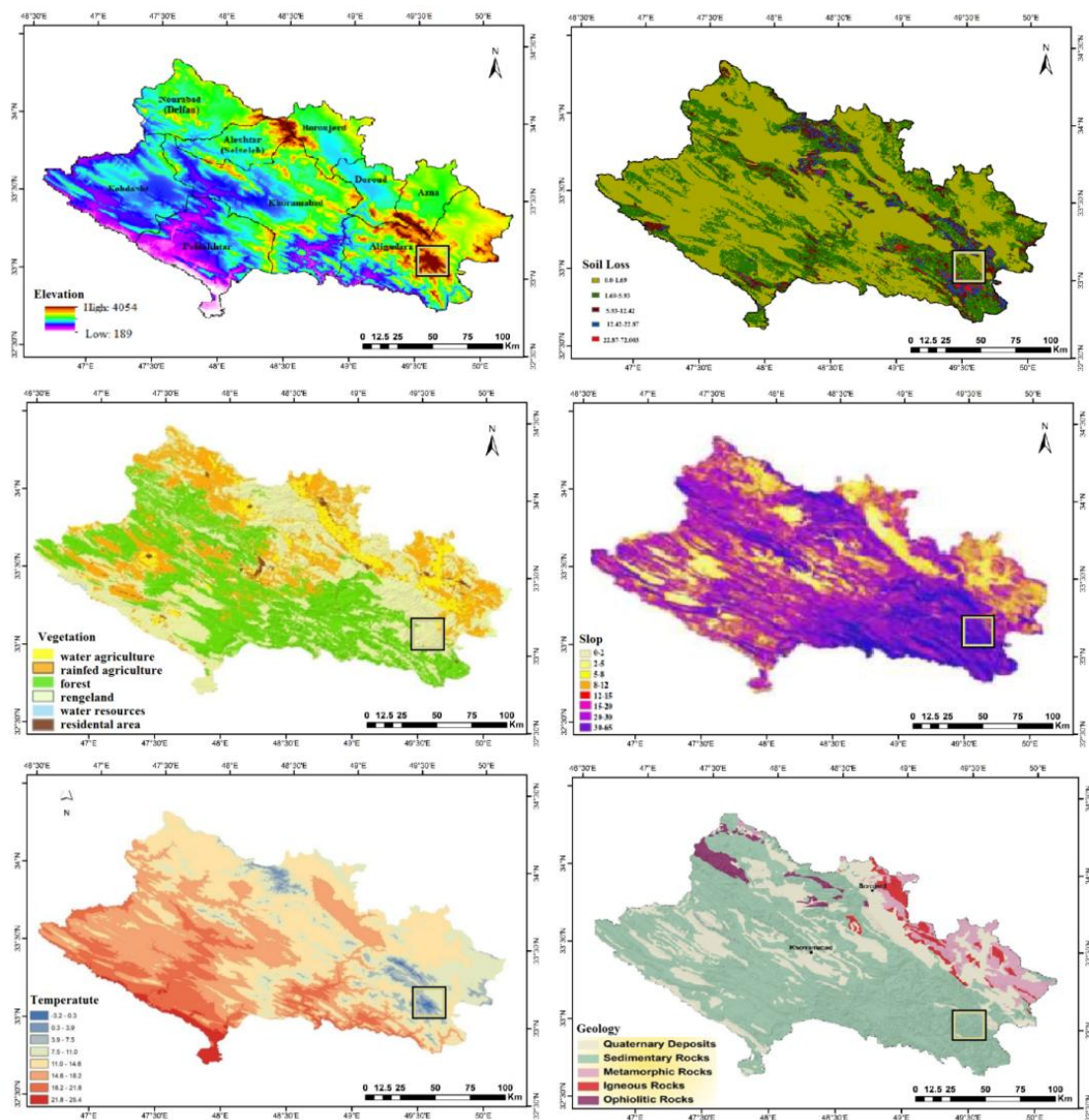
منطقه قالیکوه (غالبه کوه) با عرض جغرافیایی $36.71^{\circ}33'5^{\circ}$ و طول جغرافیایی $2.32^{\circ}49'28^{\circ}$ در ۳۵ کیلومتری شهرستان الیگودرز، در کوه‌های زاگرس واقع شده است که به دلیل ساختار کوهستانی، دارای آبراهه‌های نامنظم و دندریتی است که به صورت فصلی و دائمی هستند. آبراهه‌ها و رودخانه قلیان، آب رودخانه رودبار الیگودرز، که یکی از سرشاخه‌های رودخانه بختیاری است را تغذیه می‌کنند. رودخانه بختیاری به همراه رودخانه سزار (ایران)، از سرشاخه‌های اصلی رودخانه مهم دز می‌باشند. قالیکوه و اشترانکوه از مناطق مرتفع لرستان محسوب می‌شوند (شکل 1).



شکل (1): مدل رقومی ارتفاعی 30متری کل استان لرستان و جایگاه منطقه قالیکوه (GIS Academy)

Fig (1): Lorestan DEM 30 Meters and Location of Qalikhuh region (GISAcademy)

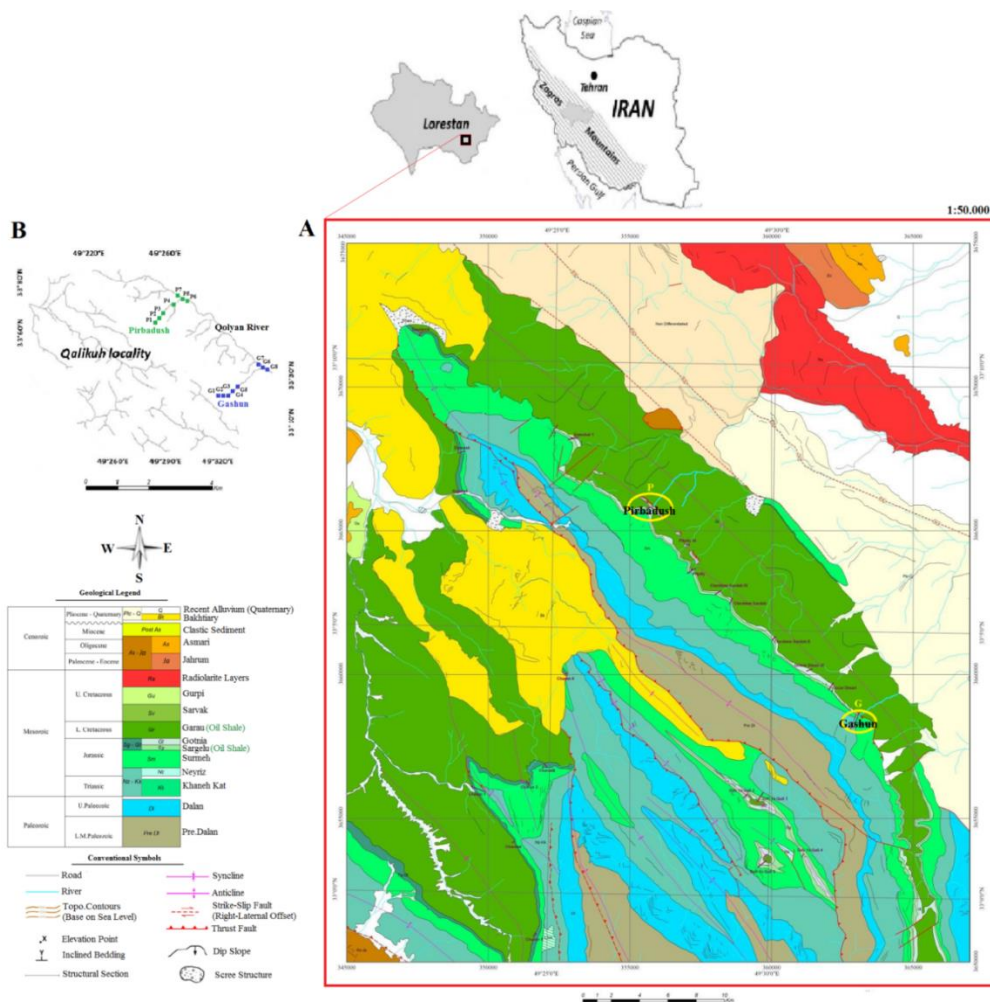
مراعات بیشترین پوشش گیاهی این منطقه را تشکیل می‌دهند. از نظر زمین‌شناسی سنگ‌های رسوبی ژوراسیک و کرتاسه و نهشته‌های آبرفتی کواترنری گسترش زیادی در این منطقه دارند (شکل 2).



شکل (1): موقعیت منطقه قالیکوه در نقشه های ارتفاع، پوشش گیاهی، دما، هدررفت خاک، شیب و زمین شناسی لرستان (حیدرنژاد و همکاران، 2019 و تصاویر لندست، 2019 و سازمان هواشناسی، 1400 و سالاروند و همکاران، 1396 و سازمان زمین شناسی، 1401)

Fig (2): The location of Qalikh Region in the elevation, vegetation, temperature, soil loss, slope and geology maps of Lorestan (Heydarnejad et al, 2019 & Landsat image, 2019 & meteorological organization, 1400 & Salarvad et al, 2016 & geological organization, 1401)

سازندهای گرو و سرگلو در این منطقه حاوی بزرگ‌ترین ذخایر هیدروکربوری نامتعارف در ایران هستند که این منابع در شیل‌های نفتی قرار دارند (شکل 3). این منطقه به دلیل قرارگرفتن در ارتفاعات بالا و دمای پایین و همچنین صعب‌العبور بودن، عاری از هرگونه فعالیت انسانی است و در بیشتر موارد تغییرات کیفی آب حاصل عوامل محیطی و زمین‌زاد می‌باشد.



شکل (3): الف) نقشه زمین‌شناسی (1:50.000) منطقه و موقعیت آبراهه‌های مورد مطالعه پیربادوش (P) و گشون (G) رودخانه

قُلیان (NIOC.exp, 2013)؛ ب) موقعیت نقاط نمونه شده از آبراهه‌های پیربادوش و گشون رودخانه قُلیان

Fig (3): a) Geological map (1:50000) of the area and the location of waterways of Pirbadush & Gashun of Qolyan River (NIOC.exp, 2013); b) Location of sampled points from Pirbadush and Gashun waterways of Qolyan River

2-2- داده‌های مورد نیاز

در این تحقیق، پس از انجام مطالعات اولیه در ناحیه قالیکوه و استفاده از تصاویر گوگل ارث و نقشه ارتفاعی و نقشه زمین‌شناسی 1:50.000 منطقه مشخص شد که آبراهه‌های سطحی دائمی تنها در دو بخش گشون (G) و پیربادوش (P) از رودخانه قلیان جریان دارند و آبراهه‌های دیگر به صورت فصلی جریان دارند که از نظر تأمین آب رودخانه قلیان اهمیت چندانی ندارند. لذا با مشخص کردن محل ایستگاه‌ها، نمونه‌برداری به صورت تصادفی با ثبت مختصات و ارتفاع جغرافیایی و از مرکز جریان رود و در یک مرحله (به دلیل وجود یخبندان در بیشتر مواقع سال و صعب العبور بودن منطقه) مطابق استاندارد تعریف شده با ثبت درجه حرارت ($T^{\circ}\text{C}$) آب انجام شد که از ظروف پلی اتیلینی تیره که قبلاً با اسید نیتریک 10٪ و آب مقطر شستشو داده شده بود، استفاده گردید (سازمان بین‌المللی استانداردسازی¹، 1985) و نمونه‌ها در کمتر از 24 ساعت و به دور از نور مستقیم و حرارت، به آزمایشگاه پژوهشگاه صنعت نفت منتقل شدند.

2-3- روش تحقیق

نمونه برداری در یک مرحله و در اواسط مردادماه (August) به دلیل نگهداشت طولانی برف و یخبندان تا اوایل تابستان در منطقه و رشد پوشش‌های گیاهی از این زمان و صعب العبور بودن منطقه انجام شد. در آزمایشگاه پارامترهای اصلی شامل کاتیون‌ها² (NH_4^+ ، Ca^{2+} ، K^+) و آنیون‌ها³ (NO_3^- ، NO_2^- ، PO_4^{3-} ، Cl^-) و پارامترهای فیزیکی مانند؛ هدایت الکتریکی⁴، pH، کدورت⁵ و شیمیایی مانند: کل مواد جامد محلول⁶، با روش‌های آنالیز نمونه‌های آب مانند؛ ASTM، St.Method، MMS اندازه‌گیری شدند. در هنگام نمونه‌برداری با اندازه‌گیری درجه حرارت آب، مقدار شیب و ارتفاع و تخمین میزان پوشش گیاهی، اطلاعات ثبت گردید. در زمان نمونه‌برداری نمونه‌های آب، فاصله تقریبی گیاهان (بوته‌ها، درختچه‌ها) از نواحی مرتفع به سمت نواحی پست با روش برش عرضی خطی⁷ به صورت تقریبی برآورد شد و با استفاده از رابطه 1، درصد پوشش گیاهی در هر ایستگاه نمونه‌برداری، برآورد شد.

$$(1) \quad 100 \times (100 / \text{طول زمین بدون پوشش گیاهی} - 100) = \text{درصد پوشش گیاهی}$$

در این تحقیق میزان بارندگی بر اساس ارتفاع جغرافیایی و از رابطه 2 برای نقاط مختلف نمونه برداری محاسبه شده است (اصغری سراسکانرود و همکاران، 1393).

1- ISO,1985

2- Cations

3- Anions

4- Electrical Conductivity (Ec)

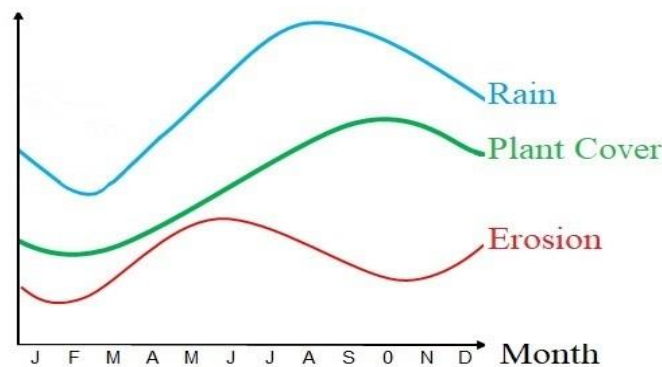
5- Turbidity

6- Total Dissolved Solids (TDS)

7- Transcet

$$P = 0.1183 \times h(09.62) \quad (2)$$

در این معادله P ، مقدار بارندگی (mm) و h ، ارتفاع از سطح دریا (m) است. مقدار و شدت بارندگی در میزان رواناب و میزان فرسایش مؤثر است. در نمودار شکل بعد (مورگان¹، 2009) که بر اساس رابطه مفهومی بین مقدار بارش، تراکم پوشش گیاهی و فرسایش خاک (شکل 4) ارائه شده است، حداکثر فرسایش خاک قبل از حداکثر مقدار بارندگی است که دلیل آن افزایش تدریجی تراکم پوشش گیاهی با شروع فصل بارش و در نتیجه افزایش اثر حفاظتی آن در مقابل فرسایش باران می باشد.



شکل (4): ارتباط تغییرات سالانه بارش، پوشش گیاهی و مقدار فرسایش خاک (مورگان، 2009)

Fig (4): The relationship between annual changes in rain, vegetation and the amount of soil erosion (Morgan, 2009)

در این تحقیق از رابطه پیچیده و منفی بین پوشش گیاهی و فرسایش خاک استفاده شده است (رابطه 3 و شکل 5) که در آن C ، درصد پوشش گیاهی و b ، یک عدد ثابت بین 0.0235-0.0816 است که وابسته به نوع پوشش گیاهی است (گایسلز² و همکاران، 2005).

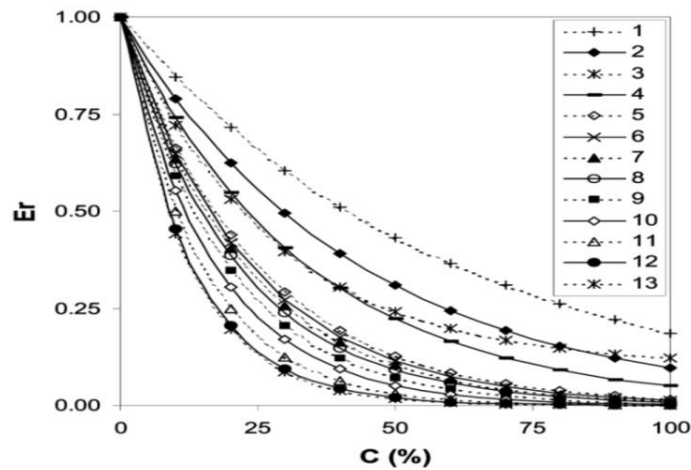
$$E_r = e^{-b \times C} \quad (3)$$

از آنجایی که در این منطقه پوشش گیاهی از نوع مرتع و علفزار است، از رابطه 4 جهت ارزیابی میزان فرسایش استفاده شده است (لانگ³، 1990) و رابطه خطی شماره 11 نمودار شکل 5 در نظر گرفته شده است.

$$E_r = e^{-0.0694 \times C} \quad (e = 2.71) \quad (4)$$

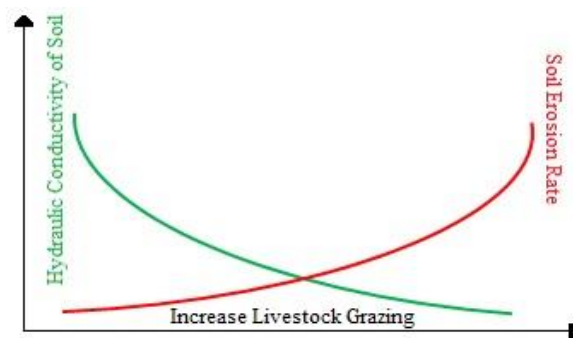
1- Morgan
2- Gyssels

3- Lang



شکل (5): مقایسه تأثیر پوشش گیاهی بر فرسایش خاک (گایسلز و همکاران، 2005)
Fig (5): Comparing the effect of vegetation on soil erosion (Gyssels et al, 2005)

در برخی مناطق چرای بیش از حد باعث کوبیدگی و جدا شدن ذرات خاک سطحی می‌گردد (چاناسیک^۱ و همکاران، 2003) و عاملی در تغییر خصوصیات خاک (کاهش تخلخل کل و نفوذپذیری) و کاهش گیاهان مرتع است (شکل 6) که با افزایش تولید رواناب و رسوب همراه است و می‌تواند با آلودگی آب به نیترات^۲ همراه باشد که منشأ انسان‌زاد دارد.



شکل (6): رابطه شدت چرا با نرخ فرسایش خاک و هدایت هیدرولیکی خاک (مورگان، 2009)
Fig (6): The relationship between grazing intensity with soil erosion rate and hydraulic conductivity of soil, (Morgan, 2009)

افزایش یون نیترات و به دنبال آن تغییرات کیفی آب در هر منطقه‌ای می‌تواند مرتبط با فعالیت‌های محیطی و زمین‌زاد و یا فعالیت‌های انسانی باشد. افزایش میزان یون نیترات در آب آشامیدنی می‌تواند عاملی جهت اکسیده

شدن هموگلوبین خون در خردسالان¹ (به خصوص نوزادان) باشد (صادق و همکاران، 2008) و بر اساس استعداد ژنتیکی و نوع رژیم غذایی افراد باعث بروز سرطان روده بزرگ² شود، از اینرو می‌تواند باعث نگرانی برای سلامت عمومی شود (ناصری ملکی و همکاران، 2022). چنانچه منطقه‌ای خارج از محدوده شهری و صنعتی باشد، به منظور ردیابی منشأ انسان‌زاد نیترات از نسبت $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ استفاده می‌شود (آنورنو³ و همکاران، 2022). بر اساس این رویکرد در یک منطقه مقدار کلر پایین و نیترات بالا، حاصل پسماندهای آلی مانند کود حیوانی است در حالیکه تأثیر کودهای شیمیایی معمولاً با مقدار کلر بالا و نیترات کم مشخص می‌شود. فضولات دام حاوی ترکیبات ازت داری مانند اوره است که در شرایط بی‌هوازی تخمیر شده و باعث آزاد شدن اشکال معدنی ازت در محیط می‌شود (بادیا⁴ و همکاران، 2008). ریزجانداران موجود در فضولات دام، ترکیبات نیترا ته (آمونوم، ازت) را به نیترات تبدیل می‌کنند که حاصل فرایند نیترا تی شدن⁵ است که در نتیجه آن یون‌های آمونیوم به وسیله باکتری‌های نیتروزوموناس⁶ و نیتروباکتر اکسیده شده که در نتیجه این اکسیداسیون ابتدا به نیتريت (NO_2^-) و سپس به نیترات (NO_3^-) تبدیل می‌شود (سینگ⁷ و همکاران، 2007). در مناطقی که پوشش گیاهی تراکم اندکی دارد یون نیترات بدون اینکه فرصت جذب توسط گیاهان و نیترا ت زدایی توسط باکتری‌ها را داشته باشد، توسط جریانات عمودی خاک آبتوی شده و به آب منتقل می‌شود (ویک⁸ و همکاران، 2012). نیترا ت زدایی⁹ نوعی تنفس بی‌هوازی است که توسط گونه‌های باکتریایی سودوموناس¹⁰، تیوباسیلوس¹¹ انجام می‌شود، زیرا این باکتری‌ها نقش گسترده‌ای در حذف نیتروژن محیط دارند (راجتا¹² و همکاران، 2020). بادهای پایدار نیز با تجمع جلبک‌های حاوی باکتری‌های نیترا ت زدا در یک محیط می‌توانند باعث حذف نیتروژن رسوب و آب شوند (ژولین¹³ و همکاران، 2020). در یک محیط، نیترا ت با داشتن یون منفی و آمونیوم با داشتن یون مثبت می‌توانند ضمن ایجاد تعادل pH، در جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها تأثیرگذار باشند (مارشور¹⁴، 1995). افزایش یون نیترا ت در مناطق عاری از هرگونه فعالیت انسانی می‌تواند مرتبط با رسوبات تبخیری و آلی و یا گسترش رسوبات تخریبی و سنگ‌شناسی سازندهای بختیاری و آبرفت‌های عهد حاضر و فرسایش باشد (حسینی‌مردی و همکاران، 1391). با تقلیل رطوبت در نهشته‌های کواترنری، اندازه ذرات تقلیل یافته و باعث کاهش مقاومت آنها در برابر فرسایش می‌شود (خدری‌غریبوند و همکاران، 1395). شیل‌های سیاه (شیل‌های نفتی) حاوی ایزوتوپ‌های مختلفی از نیتروژن هستند که در شرایط احیایی دریا‌های عمیق تشکیل شده‌اند که با عملکردهای زمین‌ساختی

1- Methemoglobinemia
2- Colorectal cancer
3- Anornu
4- Badia
5- Nitrification
6- Nitrosomonas
7- Singh

8- Wick
9- De-nitrification
10- Pseudomonas
11- Thiobacillus
12- Rajta
13- Zhu Lin
14- Marschner

و استقرار در محیط‌های نسبتاً اکسیدان، نیتروژن آنها با از بین رفتن سیانوباکتری گلوئوکامپوسومورفیا-پریسکا^۱ به نیترات تبدیل می‌شود (کیپلی^۲، 2013)، از اینرو نیترات می‌تواند منشأ زمین‌زاد داشته باشد.

کلرید هرچند می‌تواند حاصل فاضلاب‌های خانگی و کودهای شیمیایی باشد، اما در مناطق دور از فعالیت‌های انسانی می‌تواند حاصل انحلال کانی‌های تبخیری مانند هالیت (NaCl) و سیلوییت (KCl) و یا بارندگی‌های منطقه‌ای باشد (جلالی، 2006) و یا حاصل فرایند تبخیر باشد (هان اسلو^۳، 1995).

در این تحقیق با استفاده از تحلیل‌های آماری از جمله آزمون همبستگی پیرسون^۴، نتایج تحلیل مؤلفه اصلی^۵ و آنالیز تحلیل خوشه‌ای^۶، ارتباط بین پوشش گیاهی و فرسایش با دیگر عوامل مؤثر بر کیفیت آب بررسی شده است. از آنجائیکه در این تحقیق میزان آمونیوم (NH_4^+)، فسفات (PO_4^{3-}) و نیتريت (NO_2^-) کمتر از حد معمول بودند و کلر (Cl^-) دامنه تغییرات اندکی داشت، از اینرو به بررسی تحلیل‌های آماری آنها پرداخته نشده است.

3- یافته‌ها و بحث

در این تحقیق بر اساس نتایج داده‌ها و محاسبات آماری به بررسی عوامل مؤثر فرسایش خاک و پوشش گیاهی بر کیفیت آب منطقه پرداخته شد که نتایج آن در جدول 1 و 2 ارائه شده است.

جدول (1): پراکندگی پوشش گیاهی، فرسایش، میزان بارندگی، شیب، ارتفاع جغرافیایی و درجه حرارت آب

Table (1): Vegetation distribution, erosion, rainfall, slope, geographic altitude and water temperature

Plant Covers		Altitude	Temperature	Rainfall	Slope	Erosion
unit	(%)	(m)	(°C)	(mm)	(°)	-
P1	70	2830	4.8	644	69	0.007
P2	50	2650	9.2	623	62	0.03
P3	60	2538	10.8	609	55	0.015
P4	50	2396	15.1	593	47	0.03
P5	30	2278	14.2	579	24	0.12
P6	40	2275	11.8	578	23	0.06
P7	20	2311	13.2	583	31	0.25
G1	70	2710	8.7	630	67	0.007
G2	60	2707	8.6	629	67	0.015
G3	60	2684	8.9	627	65	0.015
G4	40	2672	9.2	625	63	0.06
G5	50	2584	11.8	615	49	0.03
G6	30	1912	15.6	535	21	0.12
G7	10	1888	20.1	532	19	0.5
G8	20	1903	17.8	534	20	0.25

1- Gloeocampsomorpha-Prisca
 2- Kiipli
 3- Hounslow
 4- Pearson Correlation Test

5- Principal Component Analysis (PCA)
 6- Clustral Analysis (CA)
 7- Chlorine

جدول (2): میزان کاتیون و آنیون‌ها و خصوصیات فیزیکوشیمیایی حاصل از آزمایش‌های هیدروشیمیایی
Table (2): Amount of cations and anions and physicochemical properties resulting from hydro-chemical tests

	K	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	pH	Ec	Turbidity	TDS
unit	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	@ 25°C	(µmhos/cm/20°C)	(NTU)	(mg/l)
P1	0.3	72.01	<0.02	5.5	<0.01	<0.6	4	7.8	280	0.2	194
P2	0.55	87.57	<0.02	6.1	<0.01	<0.6	4	7.8	325	0.6	228
P3	0.29	82.48	<0.02	4.8	<0.01	<0.6	6	7.9	310	0.9	218
P4	0.32	85.77	<0.02	3.9	<0.01	<0.6	4	7.9	305	0.3	215
P5	0.35	107	<0.02	4.3	<0.01	<0.6	6	7.9	360	0.3	258
P6	0.65	80.12	<0.02	6.9	<0.01	<0.6	4	7.9	328	0.6	236
P7	0.56	93.14	<0.02	10	<0.01	<0.6	8	7.8	358	0.4	256
G1	0.54	62.23	<0.02	1.8	<0.01	<0.6	4	7.9	350	0.4	240
G2	0.49	68.79	<0.02	2.6	<0.01	<0.6	4	7.8	340	0.6	235
G3	0.48	67.81	<0.02	2.2	<0.01	<0.6	4	7.8	350	1	245
G4	0.5	76.3	<0.02	2.4	<0.01	<0.6	4	7.9	375	0.6	260
G5	0.51	80.76	<0.02	2.4	<0.01	<0.6	8	7.9	392	1.2	275
G6	1.58	96.88	<0.02	11	0.02	<0.6	12	7.7	421	4	290
G7	7.39	140	<0.02	0.3	<0.01	<0.6	10	7.6	530	1.7	267
G8	1.5	86.79	0.3	6.2	0.1	<0.6	16	7.7	386	2.2	265

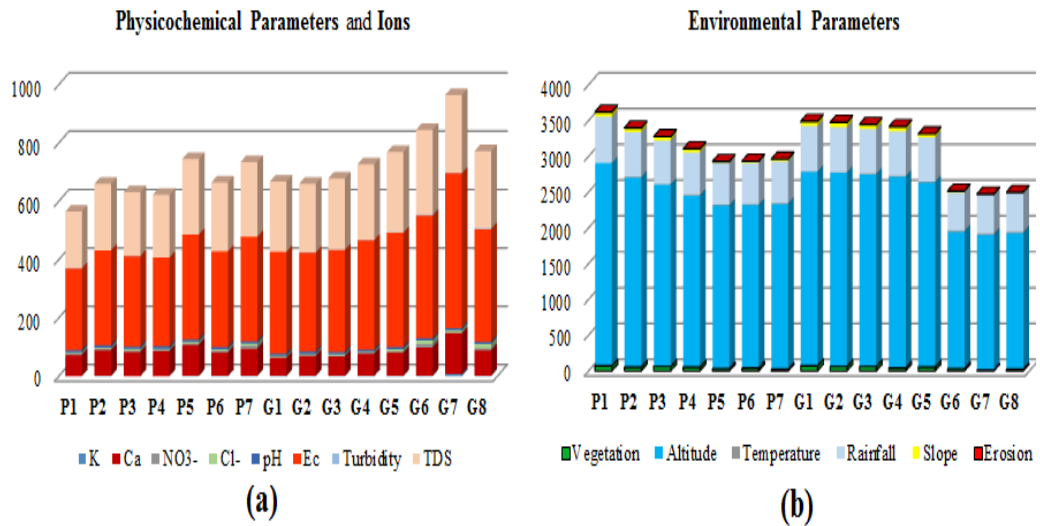
بر اساس این تحقیق، ایستگاه‌های G₄،G₃،G₂،G₁،P₂،P₁ که در ارتفاع بالاتری نسبت به ایستگاه‌های دیگر قرار دارند، پوشش گیاهی بیشتر دارند و آب از کیفیت بالایی برخوردار است و میزان کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی و کدورت اندک است و ایستگاه‌های G₈،G₇،G₆،P₇،P₆،P₅ که در ارتفاع پایین تری نسبت به ایستگاه‌های دیگر قرار دارند، با وجود شیب ملایم تر و میزان بارش کمتر، فرصت انتقال یون‌ها از خاک به آب بیشتر است و درجه حرارت بالاتر آب نیز باعث انحلال بیشتر این یون‌ها در آب شده‌است. از سویی این نواحی به رسوبات آبرفتی کواترنری نزدیک تر هستند و فرسایش بیشتر متحمل شده‌اند، در نتیجه از پوشش کم تراکم گیاهی برخوردار هستند و آب کیفیت نامطلوب دارد. در ایستگاه‌های G₅، P₄،P₃ که در ارتفاع متوسط نسبت به ایستگاه‌های دیگر قرار دارند، پراکندگی گیاهی متوسط است و آب از کیفیت متوسط برخوردار است.

در مطالعه کیفی آب آبراهه‌های دائمی پیربادوش و گشون، ضمن بررسی تغییرات پوشش گیاهی در این آبراهه‌ها مشخص شد با افزایش یون‌های کلسیم، پتاسیم، کلر و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب (هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول) از نواحی مرتفع به سمت نواحی پست منطقه، با کاهش تراکم پوشش گیاهی که به موازات کاهش ارتفاع جغرافیایی، میزان بارندگی، شیب همراه است، از کیفیت آب کاسته شده‌است و سبب افزایش

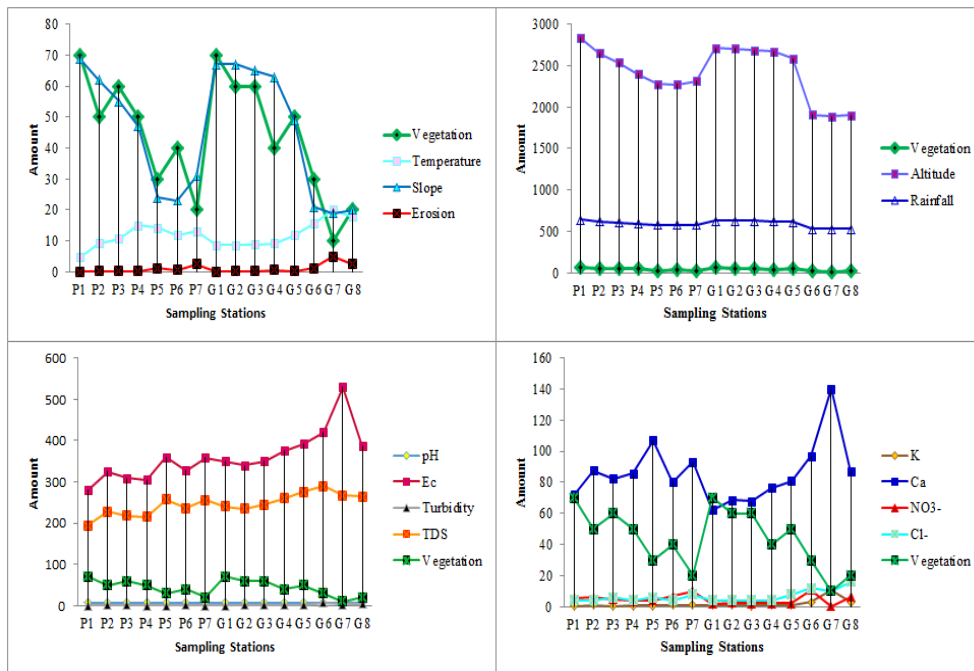
فرسایش و هدررفت خاک منطقه شده‌است و در نواحی مرتفع این منطقه علی‌رغم میزان بارندگی و شیب بیشتر، به دلیل وجود سنگ‌های مقاوم‌تر (دولومیتی) و کم بودن انرژی اولیه آب، فرسایش و حفر بستر با شدت اندکی صورت گرفته است. اما در نواحی پست از مقاومت سنگ‌ها کاسته شده (آهکی) و انرژی آب بیشتر از نواحی مرتفع است، زیرا دبی لحظه‌ای آب و مسافتی که قطعات و ذرات خاک و سنگ طی کرده تا به این نواحی برسند، بسیار زیاد است و ریزش لایه‌های سطحی کمک شایانی به افزایش سرعت آبهای جاری کرده‌است که می‌تواند به گسترش تشکیلات کواترنری حساس به فرسایش و تولید رسوب مرتبط باشد. فرسایش با اثرگذاری در آبرفت‌های عهد حاضر و سنگهای سازند بختیاری، در کنار افزایش درجه حرارت آب و کاهش شیب، نقش مهمی در راستای کاهش کیفی آب نواحی پائین دست منطقه ایفا کرده‌است.

هدایت الکتریکی (شوری) آب در نواحی پست می‌تواند به موازات درجه حرارت محیط افزایش یابد که در مراحل اولیه بر متابولیسم موجودات خاک تأثیر می‌گذارد و بهره‌وری خاک را کاهش می‌دهد، اما در مراحل پیشرفته تمام پوشش گیاهی و سایر موجودات زنده در خاک را از بین می‌برد و در نتیجه زمین‌های حاصل خیز و مولد را به زمین‌های بایر تبدیل می‌کند. از سویی خاک، هنگامی که دارای پوشش گیاهی است کمتر در معرض فرسایش قرار می‌گیرد زیرا پوشش گیاهی مانع برخورد مستقیم قطره‌های باران - به‌ویژه هنگام رگبارهای تند - به زمین می‌شود، به‌علاوه با ایجاد مانع، از جاری شدن آب حاصل از بارندگی‌ها روی زمین جلوگیری می‌کند و فرصت کافی را برای فرورفتن آب در خاک فراهم می‌آورد. بدین‌گونه، در زمین‌هایی که دارای پوشش گیاهی کافی هستند فرسایش به حداقل می‌رسد.

بر اساس نمودارهای ارزیابی کیفی آب منطقه (شکل 7) و اطلاعات جدول 1 و جدول 2، با کاهش ارتفاع جغرافیایی و افزایش یون‌های موجود در آب از کیفیت پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب کاسته می‌شود و از آنجائیکه این منطقه به دور از هرگونه فعالیت‌های انسانی است، با توجه به شواهد موجود و نقشه‌های زمین‌شناسی، توزیع یون‌هایی مانند یون نیترات در آب این منطقه می‌تواند به عواملی مانند چرای مفرط و پراکندگی شیل‌های نفتی و فرسایش نهشته‌های کواترنری مرتبط باشد.



شکل (7): ارزیابی کیفی آب ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس پارامترها
Fig (7): Water quality evaluation of the studied stations based on parameters



شکل (8): رابطه بین پوشش گیاهی با فرسایش، شیب، درجه حرارت، ارتفاع جغرافیایی، بارش و عوامل کیفی آب
Fig (8): The relationship between vegetation and erosion, slope, temperature, rainfall and water quality factors

بر اساس نمودارهای ارزیابی کیفی آب منطقه (شکل 7) که با ارزیابی پارامترهای مختلف ترسیم شده است، آب ایستگاه‌های P₁ و G₇ به ترتیب بهترین و بدترین کیفیت را دارند که در آن افزایش پارامترهای فیزیک و شیمیایی مانند کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی و یون‌های کلسیم بیشترین نقش را در افت کیفی آب منطقه داشته‌اند و افزایش پارامترهای محیطی مانند ارتفاع جغرافیایی، میزان بارش با اثرگذاری بر ارتقاء تراکم گیاهی، بیشترین نقش را در بهبود کیفی آب منطقه ایفا کرده‌اند. بر اساس نمودارهای ارتباط پوشش گیاهی با دیگر عوامل کیفی آب (شکل 8)، رابطه معکوس پوشش گیاهی با عواملی مانند فرسایش، کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی آب، میزان یون کلسیم مشخص است.

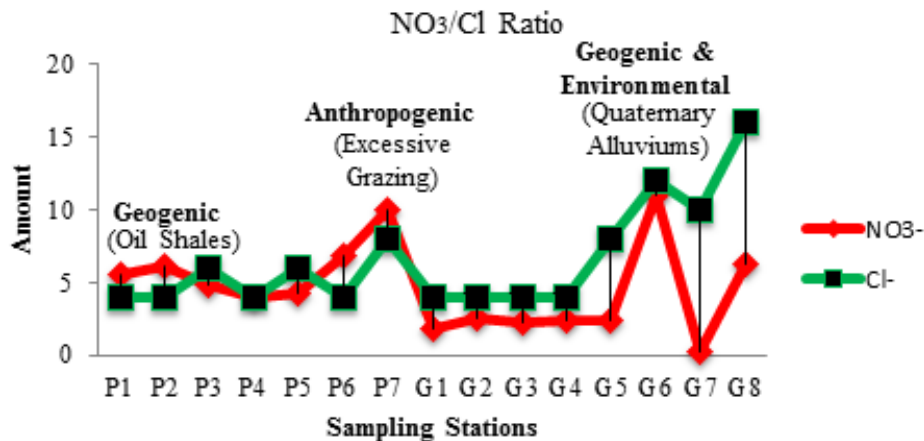
برای بررسی منشأ نیترات می‌توان از نسبت نیترات به کلر استفاده کرد (جدول 3). چنانچه این نسبت زیاد باشد حاصل پسماندهای آلی مانند کود حیوانی است در حالیکه تأثیر کودهای شیمیایی معمولاً با نسبت کم نیترات به کلر مشخص می‌شود. ولی از آنجا که این منطقه به دور از فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی است، عوامل زمین‌زاد می‌توانند در این امر دخیل باشند.

جدول (3): نسبت میزان آنیون کلر به نیترات در نمونه‌های مورد مطالعه

Table (3): Ratio of chlorine to nitrate in the studied samples

NO ₃ /Cl ⁻	Nitrate	Chloride		NO ₃ /Cl ⁻	Nitrate	Chloride	
1.37	5.5	4	P1	0.4	1.8	4	G1
1.52	6.1	4	P2	0.6	2.6	4	G2
0.8	4.8	6	P3	0.5	2.2	4	G3
0.9	3.9	4	P4	0.6	2.4	4	G4
0.7	4.3	6	P5	0.3	2.4	8	G5
1.72	6.9	4	P6	0.9	11	12	G6
1.25	10	8	P7	0.03	0.3	10	G7
				0.3	6.2	16	G8

بر اساس نمودار ارتباط بین یون‌های کلرید و نیترات شکل 9، میزان نسبت یون نیترات به کلر در آب منطقه در بسیاری از ایستگاه‌ها (به خصوص G₇) کمتر است، در نتیجه پدیده نیترات‌زدایی بیشترین تأثیر را در آب این ایستگاه داشته است.



شکل (9): ارتباط بین یون‌های کلراید و نیترات در نمونه‌های مورد مطالعه
 Fig (9): Relationship between chloride and nitrate ions in the studied samples

مطابق نمودار شکل 9 میزان کلر آب ایستگاه‌های P₁, P₂, P₆, P₇ کمتر از میزان یون نیترات است. میزان بیشتر نیترات در آب ایستگاه‌های P₁ (5.5 mgr/l) و P₂ (6.1 mgr/l) با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل 3) می‌تواند به گسترش شیل‌های نفتی سازنده‌های گرو و سرگلو مرتبط باشد که به علت پوشش گیاهی بالا در نواحی بالادست، با وجود رخنمون شیل‌های نفتی منطقه، از غلظت نیترات آب نسبت به ایستگاه‌های P₆ و P₇ کاسته شده‌است، زیرا یون‌های نیترات، کلسیم و پتاسیم در رشد گیاهان مؤثر هستند که توسط ریشه جذب می‌شوند. با توجه به شواهد عینی، عامل افزایش میزان نیترات در آب ایستگاه‌های P₆ (6.9 mgr/l) و P₇ (10 mgr/l) مربوط به چرای مفرط دام است.

افزایش هم‌زمان غلظت کلرید و نیترات در ایستگاه G₆ حاصل افزایش فرسایش محیطی و کاهش تراکم گیاهی است. بر اساس حداکثر میزان کل مواد جامد محلول و کدورت، بیشترین میزان انحلال و هوازدگی مربوط به ایستگاه G₆ است. افزایش میزان کلر در آب ایستگاه‌های G₅ (10 mgr/l)، G₇ (12 mgr/l)، G₈ (16 mgr/l) و P₇ (8 mgr/l) با توجه به افزایش درجه حرارت آب، کاهش ارتفاع جغرافیایی و کاهش تراکم گیاهی می‌تواند مرتبط با فرایند تبخیر باشد. کاهش محسوس مقدار نیترات در آب ایستگاه G₇ (0.3 mgr/l) می‌تواند مرتبط با این فرایند نیترات‌زدا و شروع افزایشی آمونیاک (که در آب ایستگاه G₈ به حداقل 0.3 mgr/l می‌رسد) باشد که با افزایش کاتیون‌ها (K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) و آنیون کربنات (CO₃²⁻) همراه است. میزان بالای نیترات در آب ایستگاه G₆ (11 mgr/l) نیز می‌تواند مرتبط با فرسایش رسوبات تخریبی و آبرفت‌های عهد حاضر باشد،

زیرا بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه در نواحی پایین دست منطقه نهشته‌های آبرفتی کواترنری گسترش بیشتری یافته‌اند و این نهشته‌ها قرابت بیشتری به آبراهه گشون نسبت به آبراهه پیربادوش دارند (شکل 3).

بررسی ضریب همبستگی پارامترها حاکی (جدول 4) از آن است که فرسایش دارای رابطه منفی با سطح معنی‌داری بالا با پوشش گیاهی، میزان بارش، شیب و ارتفاع جغرافیایی و pH قلیایی است. پوشش گیاهی نیز با کاتیون‌های کلسیم، درجه حرارت آب، هدایت الکتریکی و فرسایش رابطه منفی با سطح معنی‌داری بالایی دارد که دلالت بر نقش این شاخص‌ها در افزایش یا کاهش پوشش گیاهی دارد. از سویی دیگر افزایش شیب، ارتفاع جغرافیایی، میزان بارش رابطه مثبت و معنی‌دار بالایی با پوشش گیاهی دارد که حاکی از وجود بیشتر پوشش گیاهی در اراضی مرتفع و شیب‌دار است.

جدول (4): ضریب همبستگی (پیرسون) بین پوشش گیاهی و فرسایش با عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی

Table (4): Correlation coefficient (Pearson) between vegetation and erosion with factors affecting surface water quality

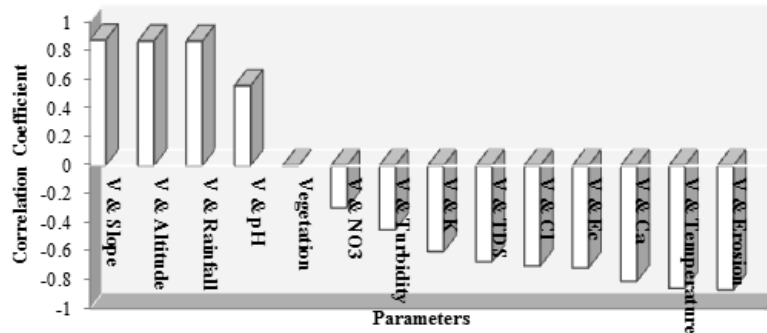
	K+	Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	Tm	pH	Ec	Tb	TDS	V	At	Rf	Sp	Er
K+	1												
Ca ²⁺	.806**	1											
NO ₃ ⁻	-0.281	0.03	1										
Tm	.653**	.795**	0.116	1									
pH	-.758**	-.584*	-0.135	-.524*	1								
Ec	.864**	.742**	-0.196	.713**	-.676**	1							
Tb	0.381	0.337	0.385	.539*	-.631*	.582*	1						
TDS	0.367	0.424	0.129	.595*	-0.368	.775**	.677**	1					
V	-.597*	-.804**	-0.293	-.852**	.556*	-.710**	-0.445	-.669**	1				
At	-.606*	-.744**	-0.361	-.933**	.618*	-.671**	-.688**	-.613*	.868**	1			
Rf	-.608*	-.743**	-0.359	-.932**	.619*	-.672**	-.690**	-.613*	.867**	1.000**	1		
Sp	-0.477	-.726**	-0.42	-.866**	0.425	-.562*	-.516*	-.582*	.873**	.942**	.941**	1	
Er	.863**	.852**	0.014	.793**	-.748**	.815**	0.357	0.49	-.865**	-.772**	-.772**	-.707**	1

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Temperature: Tm, Ec, Electrical Conductivity, Turbidity: Tb, Altitude: At, Rainfall: Rf, Slope: Sp, Erosion: Er Vegetation: V

بر اساس نمودار همبستگی پوشش گیاهی با عوامل کیفی آب (شکل 10)، پوشش گیاهی بیشترین همبستگی مثبت را با میزان شیب و سپس با ارتفاع جغرافیایی، میزان بارش و مقدار pH آب منطقه دارد و بیشترین همبستگی منفی را با میزان فرسایش و سپس افزایش درجه حرارت آب، افزایش یون کلسیم آب، افزایش هدایت الکتریکی آب دارد.



شکل (10): نمودار ضریب همبستگی بین پوشش گیاهی با عوامل محیطی و فیزیوشیمیایی و میزان یون‌های آب منطقه
Figure (10): Correlation coefficient diagram between plant cover with environmental and physicochemical factors and the amount of water ions in the area

بررسی آزمون تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) بر روی شاخص‌های مورد مطالعه (جدول 5) منجر به شناسایی 3 عامل اصلی و مهم گردید که 87٪ از کل واریانس را شامل می‌شوند.

جدول (5): نتیجه تحلیل عاملی بر اساس پارامترهای مؤثر بر پوشش گیاهی و فرسایش

Table (5): The result of factor analysis based on parameters affecting vegetation and erosion
 Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8.605	66.194	66.194	8.605	66.194	66.194
2	1.782	13.708	79.903	1.782	13.708	79.903
3	1.027	7.903	87.806	1.027	7.903	87.806
4	.795	6.118	93.923			
5	.395	3.035	96.958			
6	.196	1.505	98.463			
7	.096	.739	99.202			
8	.053	.407	99.609			
9	.030	.230	99.839			
10	.015	.115	99.954			
11	.006	.044	99.998			
12	.000	.002	100.000			
13	1.107E-5	8.519E-5	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

فاکتور اول که مهم‌ترین فاکتور است 66٪ از واریانس کل را شامل می‌شود، با شاخص فرسایش، پتاسیم، کلسیم، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، درجه حرارت آب رابطه مثبت و معنی‌دار و با شاخص‌های پوشش گیاهی، شیب، ارتفاع جغرافیایی و میزان بارش باران، pH قلیایی آب رابطه منفی و معنی‌دار دارد، که تأییدکننده‌ی روابط همبستگی است و حاکی از این اصل است که این فاکتور بیشترین نقش را در تراکم پوشش گیاهی منطقه ایفا می‌کند. فاکتور دوم 13٪ از واریانس را شامل می‌شود و تنها سطح معنی‌داری را با آنیون نیترات (NO_3^-) در سطح منفی دارد. فاکتور سوم که کمترین نقش را در بین شاخص‌های مورد مطالعه دارد و 7٪ از کل واریانس را شامل می‌شود که در آن بین کدورت و کل مواد جامد محلول رابطه مثبت و معنی‌دار دارد. بر مبنای این آزمون آماری، شاخص‌های فاکتور اول، مهم‌ترین فاکتور در سازوکار پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (جدول 6 و شکل 11).

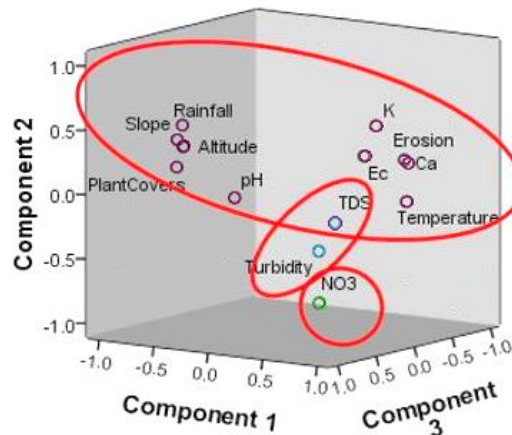
جدول (6): سه مؤلفه مشخص شده با کمک تحلیل عاملی

Table (6): Three factors identified using factor analysis

Component Matrix ^a			
	Component		
	1	2	3
K	.778	.569	.022
Ca	.853	.239	-.295
NO3	.200	-.881	-.060
Temperature	.919	-.036	-.177
pH	-.733	-.188	-.284
Ec	.853	.378	.286
Turbidity	.666	-.332	.613
TDS	.700	-.134	.445
Plant Covers	-.914	.103	.218
Altitude	-.947	.243	.087
Rainfall	-.947	.241	.084
Slope	-.871	.328	.272
Erosion	.897	.285	-.183

Extraction Method: Principal Component Analysis.

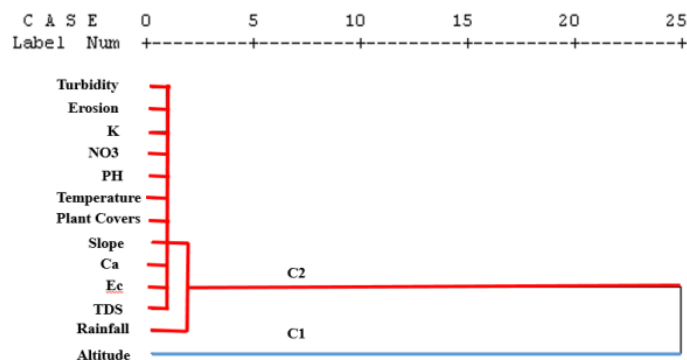
a. 3 components extracted.



شکل (11): نمودار سه بعدی عوامل مؤثر بر کیفیت آب منطقه

Fig. (11): 3D Diagram of determined factors affecting water quality in the region

بررسی آزمون خوشه‌بندی (CA) بر روی شاخص‌های مورد مطالعه منجر به شناسایی دو خوشه گردید. خوشه C₁ که فقط شاخص ارتفاع شامل می‌شود و سایر شاخص‌ها در خوشه C₂ دسته بندی شده‌اند. با توجه به وجود روابط آزمون همبستگی و تحلیل مؤلفه اصلی، آزمون خوشه‌بندی از توانایی تفکیک کمتری برای روابط بین شاخص‌ها برخوردار می‌باشد. از اینرو نتایج این آزمون قابل استناد نمی‌باشند (شکل 12).



شکل (12): نمودار خوشه‌بندی عوامل مؤثر بر پوشش گیاهی و فرسایش خاک

Fig (12): Clustering chart of factors affecting vegetation and soil erosion

4- نتیجه‌گیری

در این تحقیق بر اساس نتایج داده‌ها و محاسبات آماری (آزمون همبستگی پیرسون، تحلیل مؤلفه اصلی، تحلیل خوشه‌ای) به بررسی اثرات فرسایش خاک و پوشش گیاهی بر کیفیت آب منطقه پرداخته شد. با توجه به داده‌های

آزمایشگاهی و بر اساس میزان آنیون‌های آب (کلسیم، پتاسیم، نیترات، کلر) و ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی آب (هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول)، کیفیت آب از مناطق مرتفع به سمت مناطق پست با کاهش تراکم پوشش گیاهی و افزایش فرسایش، کاهش یافته‌است و آب ایستگاه P₁ بهترین کیفیت و G₇ بدترین کیفیت را دارد. بر اساس نمودارها، بین پوشش گیاهی با عوامل فرسایش، کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی و محتوای کلسیم آب رابطه معکوس وجود دارد. نسبت کلر به نیترات در آب منطقه در بسیاری از ایستگاه‌ها (به ویژه G₇ و G₈) بیشتر است، اما در آب برخی ایستگاه‌ها نسبت نیترات به کلر بیشتر است و از آن جاکه این منطقه دور از فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی است و بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه، این نسبت تحت تأثیر عوامل زمین‌زاد مانند رخنمون شیل نفتی (P₁ و P₂) و فرسایش نهشته‌های کواترنری (G₆) قرار دارد که در ایستگاه G₆ علاوه بر عوامل زمین‌زاد، عوامل محیطی مانند کاهش پوشش گیاهی و افزایش انحلال و هوازدگی، باعث افزایش همزمان یون‌های نیترات، کلر و میزان کل مواد جامد محلول و کدورت شده‌اند. بر اساس شواهد عینی تنها عامل انسان‌زاد منطقه، چرای مفرط دام می‌باشد که سبب افزایش میزان یون نیترات (P₆) و P₇ شده‌است.

بررسی ضریب همبستگی پارامترها حاکی از آن است که فرسایش دارای رابطه منفی با سطح معنی‌داری بالا با پوشش گیاهی، میزان بارش، شیب و ارتفاع جغرافیایی و pH کلیایی دارد. پوشش گیاهی نیز با کاتیون‌های کلسیم، درجه حرارت آب، هدایت الکتریکی و فرسایش رابطه منفی با سطح معنی‌داری بالایی دارد. آزمون آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌های مورد مطالعه منجر به شناسایی 3 عامل اصلی و مهم شد که عامل اول به عنوان مهم‌ترین عامل شامل فرسایش، پتاسیم، کلسیم، مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، دمای آب است که رابطه مثبت و معنی‌داری با هم دارند و همچنین پوشش گیاهی، شیب، ارتفاع جغرافیایی و میزان بارندگی، pH کلیایی آب که رابطه منفی و معنی‌داری با هم دارند. این روابط مؤید ضریب همبستگی و بیانگر این اصل است که این عامل اول بیشترین نقش را در تراکم پوشش گیاهی و کیفیت آب منطقه دارد. عامل دوم تنها سطح معنی‌داری با نیترات در سطح منفی دارد. عامل سوم با کدورت و کل مواد جامد محلول رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. با توجه به ضریب همبستگی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌بندی توانایی کمتری در تشخیص شاخص‌ها دارد و نمی‌توان به نتایج این آزمون اعتماد کرد.

در این تحقیق مشخص شد که به جزء افزایش غلظت نیترات در آب برخی ایستگاه‌ها، عوامل محیطی و زمین‌زاد از جمله عوامل مؤثر بر کیفیت آب در منطقه هستند.

بررسی‌های تکمیلی در طول رودخانه قلیان که در بالادست حوضه مهم آبخیز دز است و آبراهه‌های آن در جوار بزرگترین منابع هیدروکربوری شیل‌های نفتی در ایران است، از نظر زیست محیطی، هیدرولوژی، خاک شناسی،

ژئومورفولوژی، اکولوژی و زمین‌شناسی نفت حائز اهمیت است، لذا می‌توان با مطالعات مدون در رشته‌های مختلف بستری مناسب جهت بهبود کیفی آب منطقه در راستای مصارف مختلف فراهم ایجاد کرد.

تشکر و قدردانی

از ریاست محترم (دکتر رشیدی) اداره ژئوشیمی و ریاست محترم اداره کل زمین‌شناسی (دکتر عبدالهی فرد)، معاونت محترم مدیر در امور اکتشاف (دکتر معلمی)، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران و پژوهشکده محیط زیست و بیوتکنولوژی پژوهشگاه صنعت نفت و معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌شود.

لازم به ذکر است مقاله حاضر بخشی از رساله دکتری امیرسعید-حسینی باعنوان مطالعات زمین‌شناسی-ژئوشیمیایی و بررسی آلودگی‌های زیست محیطی شیل‌های نفتی منطقه قالیکوه لرستان می‌باشد.

5-منابع

- Anornu, G., Gibrilla, A., & Adomako, D. (2017). Tracking nitrate sources in groundwater and associated health risk for rural communities in the White Volta River basin of Ghana using isotopic approach ($\delta^{15}N$, $\delta^{18}ONO_3$ and $3H$). *Science of the total environment*, 603, 687-698.
- Asgari, E., ESMALI, O. A., Mostafazadeh, R., & Ahmadzadeh, G. (2018). Spatial variations of runoff, sediment and runoff threshold of Gharehshiran watershed in Ardabil Province.
- Asghari Saraskanroud, S., Belvasi, M., Zeinali, B., Belvasi, I., Davoodi, A. (2014). Investigation of soil erosion risk in Doab basin of Lorestan by network analysis and RS and GIS techniques. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*. Vol. 4: No. 2, (14) 72-89.
- Badía, D., Martí, C., Sánchez, J. R., Fillat, F., Aguirre, J., & Gómez, D. (2008). Influence of livestock soil eutrophication on floral composition in the Pyrenees Mountains. *Journal of Mountain Science*. 5(1):63-72.
- Bayat, R., Jafari, A. A., & Shahkarami, A. (2012). Study on Erosion condition of Lorestan province using RS and GIS.
- Bayati Khatibi, M., Sarysaraf, B., & Karami, F. (2021). Investigation and Estimation of Hydrological Effects of Caused by Land use Changes in the Ojan Chay basin (Sahand mountain range, northwest of Iran). *Geography and Development Iranian Journal*, 19(62), 79-102.
- Bayati Khatibi, M., & Karami, F. (2016). Estimation of Water Erosion and Soil Lose from Single Gully on Atashbeig Catcment Surface. *Hydrogeomorphology*, 3(7), 87-106.
- Bigham, A., Hejazi, S. A., Rezaei Moghaddam, M. H., Yarahmadi, J., & Karami, F. (2023). Simulating the future state of erosion and sedimentation under the influence of climate change (case study: Hajiler River Basin). *Hydrogeomorphology*, 9(33), 126-107.
- Chanasyk, D. S., Mapfumo, E., & Willms, W. (2003). Quantification and simulation of surface runoff from fescue grassland watersheds. *Agricultural Water Management*, 59(2), 137-153
- Esfandiari Darabad, F., Mostafazadeh, R., Nezafat Takle, B., & Pasban, A. (2022). Modeling of Suspended Sediment Yield in Ardabil Province watersheds using PCA and Multiple Regression Analysis. *Irrigation and Water Engineering*, 13(2), 143-162.
- Ghahremannejad, E., Nazarnejad, H., & Miryaghubzadeh, M. (2018). Effect of different land-use management scenarios on soil erosion using USLE model in Kalaybarchay watershed.
- Ghahroudi Talli, M., Valipoor, T., & Shirzadi, L. (2018). The Impact of Land Use Changes on Water Quality in Pishkooh-Taft Basin in Yazd Province. *Hydrogeomorphology*, 5(16), 43-59.
- Gharibreza, M., Masoumi, H., Jafari Gorzin, B., Rahimzadeh, H., & Asgharipour Dashtbozorg, N. (2020). Assessing the quality of surface sediments in the Tajan River and determining the level of ecological pollution. *Environment and Water Engineering*, 6(4), 485-500.

- Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., & Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in physical geography*, 29(2), 189-217.
- Hasanvand, N., & Forghani Tehrani, G. (2019). Geochemical study of water and sediments in the Badavar River, Lorestan Province: environmental implications. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 35(4), 105-128.
- Heydarnejad, S., Ranjbar Fordoei, A., Mousavi, S. H., & Mirzaei, R. (2020). Estimation of soil erosion using SLEMSA model and OWA approach in Lorestan Province (Iran). *Environmental Resources Research*, 8(1), 11-24.
- Hosseini, A., Hakimi Asiaber, S., & Salavati, M. (2022). Investigation of hydro-geochemical quality of surface water for drinking water use (Case study: Qalikh region, Lorestan province, southwest of Iran). *Quaternary Journal of Iran*. 7(1):649-668.
- Hosseinimarandi, H., Mohammadnia, M., Rousta, M. J., & Hataf, B. (2013). Study the groundwater nitrate pollution in the Mian-Jungle region, Fasa, Iran. *Iran-Water Resources Research*, 8(3), 88-92.
- Hounslow, A.W. (1995). Water quality data (first edition). Taylor and Francis
- ISO 5667-3:(1985). Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples. Italy). *Int. J. Earth Sci.*,100. 1569-1587.
- Jalali, M. (2006). Chemical characteristics of groundwater in parts of mountainous region, Alvand, Hamadan, Iran. *Environmental Geology*, 51, 433-446.
- Khedri Gharibvand, L., Ghahrudi Tali, M., Sabokkhiz, F., & Sepehr, A. (2018). Investigation of evolution in Gavkhouni wetland muddy zones by using fractal model. *Geography and Environmental Planning*, 29(2), 113-128.
- Karimi, H., Rostamizad, G., Moghadasifar, S., & Karim, A. (2022). Contribution of two Sioul and Ghadah tributaries in reducing the water quality of the Meimeh River: determination of critical points and remedial solutions. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(3), 79-93.
- Kiipli, E., & Kiipli, T. (2013). Nitrogen isotopes in kukersite and black shale implying Ordovician-Silurian seawater redox conditions. *Oil Shale*, 30(1), 60.
- Lang, R. D. (1990). The effect of ground cover on runoff and erosion from plots at Scone. New South Wales, MSc Thesis, Macquarie University, Sydney, Australia.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd (eds) Academic Press. New York, 15-22.
- Nasseri Maleki, G., Bayati Khatibi, M., Khamnian, Z., Jalali, Z., Dastgiri, S., & Ghodrati Aroogh, H. (2022). Association between nitrate concentration in drinking water and rate of colorectal cancer: A case study in northwestern Iran. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(8), 1791-1800.

- National Iranian Oil Company. Exploration Management. (2013). Geological report of Qalikh oil shales.
- Morgan, R. P. C. (2009). Soil erosion and conservation. John Wiley & Sons.
- Mostafazadeh, R., Talebi Khiavi, H., Esmali-Ouri, A., & Golshan, M. (2022). Surface runoff and sediment yield response under the rainfall simulation condition controlled by soil variables of a semi-arid landscape. *Environment, Development and Sustainability*, 1-18.
- Owolabi, S. T., Madi, K., Kalumba, A. M., & Alemaw, B. F. (2020). Assessment of recession flow variability and the surficial lithology impact: a case study of Buffalo River catchment, Eastern Cape, South Africa. *Environmental earth sciences*, 79(8):1-19.
- Peña-Guerrero, M. D., Nauditt, A., Muñoz-Robles, C., Ribbe, L., & Meza, F. (2020). Drought impacts on water quality and potential implications for agricultural production in the Maipo River Basin, Central Chile. *Hydrological Sciences Journal*. 65(6): 1005-1021.
- Rajta, A., Bhatia, R., Setia, H., & Pathania, P. (2020). Role of heterotrophic aerobic denitrifying bacteria in nitrate removal from wastewater. *Journal of applied microbiology*, 128(5), 1261-1278.
- Rezaei Moghaddam, M. H., Mokhtari, D., & Samandar, N. (2022). Detection of the effect of land use change trends on discharge and sediment simulated with SWAT model in Ojan-Chay watershed. *Hydrogeomorphology*, 9(30), 1-24
- Römkens, M. J., Helming, K., & Prasad, S. N. (2002). Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46(2-3):103-123.
- Sadeq, M., Moe, C. L., Attarassi, B., Cherkaoui, I., ElAouad, R., & Idrissi, L. (2008). Drinking water nitrate and prevalence of methemoglobinemia among infants and children aged 1–7 years in Moroccan areas. *International journal of hygiene and environmental health*, 211(5-6), 546-554.
- Salarvand, J., Ghasemi Aghbash, F., & Asadolahi, Z. (2019). Considering the Role of Forest Cover in Soil Retention as an Ecosystem Services (Case Study: Lorestan Province). *Geographic Space*. 19(67):61-78.
- Singh, R. S., Tripathi, N., & Singh, S. K. (2007). Impact of degradation on nitrogen transformation in a forest ecosystem of India. *Environmental monitoring and assessment*, 125(1): 165-173.
- Wick, K., Heumesser, C., & Schmid, E. (2012). Groundwater nitrate contamination: factors and indicators. *Journal of environmental management*, 111, 178-186.
- Zhu, L., Shi, W., Van Dam, B., Kong, L., Yu, J., & Qin, B. (2020). Algal accumulation decreases sediment nitrogen removal by uncoupling nitrification-denitrification in shallow eutrophic lakes. *Environmental science & technology*, 54(10), 6194-6201.