

## هیدروشیمی و بررسی کیفی آب رودخانه های منتهی به خلیج گرگان

لیا بشری<sup>1\*</sup>، محمدحسین محمودی قرایی<sup>1</sup>، رضا موسوی حرمی<sup>1</sup>، حمید  
علیزاده کتک لاهیجانی<sup>2</sup>

1: دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده ی علوم، گروه زمین شناسی، رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی

2: موسسه ی ملی اقیانوس شناسی ایران، گروه علوم غیر زیستی دریا

[Lia.khial@gmail.com](mailto:Lia.khial@gmail.com)

### چکیده

خلیج گرگان در گوشه ی جنوب شرقی دریای خزر به عنوان مهم ترین محیط تالابی ایران از اهیت ویژه ای برخوردار است. به جهت نیمه بسته بودن این محیط، تغییرات شیمیایی آب های ورودی به آن از طریق حوضه ی آبریز می تواند تأثیر مستقیم بر شیمی آب این خلیج داشته باشد. در این مطالعه با بررسی ژئوشیمی آب رودخانه های منتهی به خلیج گرگان، تیپ آب با استفاده از دیاگرام های استیف و پایپر، در سه دسته ی کلسیم بیکربناته، کلسیم سولفات و کلسیم- منیزیم کلره تعیین شد. کیفیت آب رودخانه ها از جنبه ی مصارف کشاورزی مورد مطالعه قرار گرفت که طی این بررسی و با استفاده از نمودار ویلکاکس و کمیت SAR، تمام رودخانه های مورد نمونه برداری برای مصارف کشاورزی قابل استفاده و مناسب هستند؛ البته در این میان آب رودخانه ی قره سو از کیفیت پایین تری نسبت به سایر رودها برخوردار است که این مسئله را می توان ناشی از ورود غیر اصولی فاضلاب ها و پسابها به این رودخانه دانست.  
**کلمات کلیدی:** هیدروشیمی، رود های منتهی به خلیج گرگان، تیپ آب، کیفیت آب، نمودار های استیف و پایپر، دیاگرام ویلکاکس

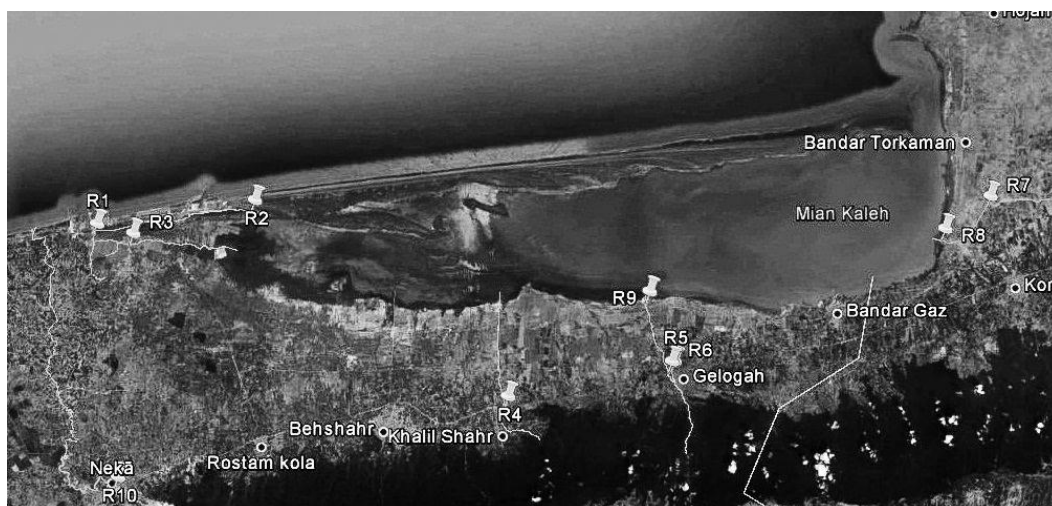
### 1- مقدمه

خلیج گرگان و تالاب میانکاله به عنوان یکی از مناطق تالابی منحصر به فرد از لحاظ تنوع گونه های گیاهی و جانوری در سطح جهان شناخته شده و در کنوانسیون بین المللی رامسر بعنوان مهم ترین محیط تالابی ایران و منطقه ی حفاظت شده ی جهانی به ثبت رسیده است. خلیج گرگان همچنین از جنبه ی شیلات و گردشگری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این خلیج به عنوان یک حوضه ی آبی نیمه بسته در ساحل جنوبی دریای خزر، می تواند از جنبه های رسوب شناسی، اقلیمی و زیست محیطی نیز حائز اهمیت باشد. خلیج گرگان با مختصات طول جغرافیایی  $23^{\circ}53'$  تا  $3^{\circ}54'$  شرقی و عرض  $46^{\circ}36'$  تا  $54^{\circ}36'$  شمالی، به طول حدود 60 کیلومتر و عرض 12 کیلومتر و عمق تقریبی 2 تا 7 متر در گوشه ی جنوب شرقی دریای خزر واقع شده و بخش هایی از سواحل استان های مازندران و گلستان را به خود اختصاص می دهد. مساحت کل این حوضه ی آبریز حدود 15000 کیلومتر مربع است که بیشتر آن را مناطق کوهستانی و بقیه را کوهپایه ها و دشت های ساحلی تشکیل می دهند (باقری و همکاران، 1391). تعداد اندکی رودخانه از نواحی بالادست از بخش های غربی، جنوبی و شرقی به این خلیج وارد می شوند و آب و رسوب را به آن وارد می کنند. از این تعداد، زیرشاخه ای از نکارود (در غرب) و رودخانه ی قره سو (در گوشه ی جنوب شرقی)، سهم عمده ای را به خود اختصاص می دهند و تعدادی رودخانه ی کوچک و فصلی نیز آورد آب و رسوب را

به درون خلیج بر عهده دارند. آبدهی این رودخانه ها طی فصل های پر باران افزایش یافته و در فصل های خشک (اواخر بهار و کل تابستان) به حداقل می رسد.

## 2- مواد و روش ها

در مطالعه ی حاضر، تعداد ده نمونه آب از پنج رودخانه ی منتهی به خلیج گرگان در فروردین ماه 1392 برداشت شده و مورد آنالیز یون های اصلی محلول قرار گرفت (تصویر 1). در هر ایستگاه نمونه برداری، تعداد 3 نمونه ی 0.5 لیتری از 30 سانتی متر بالایی آب رودخانه ها برداشت و در محفظه ی خنک کننده تا رسیدن به آزمایشگاه نگاه داشته شد.



تصویر 1. تصویر ماهواره ای خلیج گرگان و نقاط نمونه برداری از آب رودخانه های ورودی به آن.

پارامترهای صحرایی از قبیل دما، pH و هدایت الکتریکی نمونه ها نیز اندازه گیری شد. جهت آماده سازی برای آنالیز کاتیون های اصلی، ابتدا نمونه ها بوسیله ی فیلتر 0.45  $\mu\text{m}$  فیلتر شدند تا اجزاء کلوئیدی از محلول جدا شود و سپس برای ایجاد امکان نگهداری طولانی مدت، به هرکدام از نمونه ها اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. تعیین مقادیر یون های اصلی به روش تیتراسیون و جذب اتمی در آزمایشگاه شیمی تجزیه ی دانشکده ی علوم دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در نهایت داده ها بوسیله ی نرم افزار های Aqqa و Chemistry برای ترسیم نمودار های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند.

## 3-نتایج و بحث

مقادیر یون های اصلی محلول در آب رودخانه های مورد مطالعه در جدول یک نشان داده شده است. از آنجایی که یون های اصلی محلول در آب، شاخص ترکیب آب بوده و شرایط شیمیایی آب را از

جهت مختلف نشان می دهند، از اطلاعات بدست آمده، جهت تعیین تیپ و رخساره ی شیمیایی آب و نیز بررسی کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی استفاده شد.

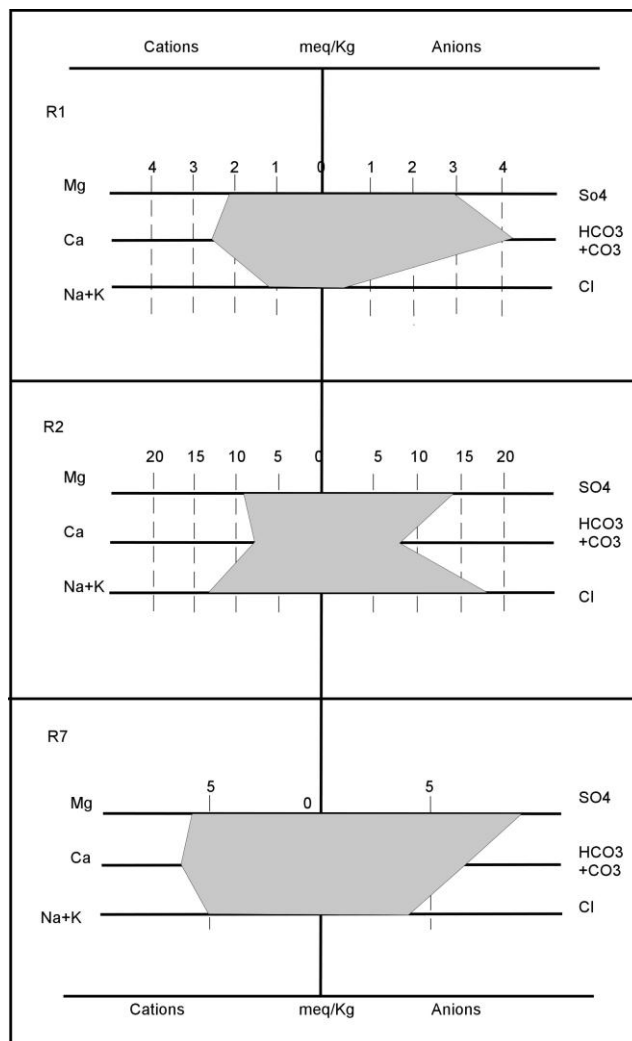
جدول 1. غلظت یون های اصلی محلول در نمونه های آبی رودخانه های مورد نمونه برداری و پارامتر های فیزیکی شیمیایی اندازه گیری شده (غلظت ها بر حسب ppm می باشند).

شماره نمونه	محل نمونه برداری	غلظت یون های اصلی محلول در نمونه (ppm)								پارامتر های فیزیکی شیمیایی			
		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	دما (°C)	pH	TDS (mg/l)	EC (m.s/cm <sup>2</sup> )
R-1	نوکبِه	0	270.8	14.1	146.7	52.1	26.5	6.1	20.1	21.5	8.1	535.5	0.507
R-2	مصب نوکبِه	0	434.3	662.7	675.7	134.4	108.7	33.7	290.0	17.2	7.8	2337	342
R-3	تسکروُد	0	378.2	274.9	248.9	60.5	58.2	7.0	262.0	17.0	8.1	1287	1.560
R-4	خلیل شهر	0	280.6	14.1	131.8	70.6	20.9	3.4	11.5	17.1	8.2	531.5	541
R-5	مگلُوگَآه	2.4	241.6	7.1	173.1	60.5	24.5	2.4	6.8	21.7	8.0	514.7	1.532
R-6	مگلُوگَآه	0	268.4	10.6	122.8	73.9	20.4	5.2	13.5	16.6	8.2	513.5	571
R-7	قره سو	0	378.2	141.0	425.2	117.6	69.4	8.0	111.0	17.2	7.9	1248	1.598
R-8	مصب قره سو	0	378.2	162.2	378.2	105.8	62.3	7.9	115.2	21.6	8.3	1207	0.453
R-9	مصب مگلُوگَآه	2.4	248.9	21.1	170.6	58.8	23.5	4.4	20.9	16.6	8.2	546.8	504
R-10	نکا رود	0	251.3	14.1	171.4	50.4	25.5	3.0	20.2	17.2	8.1	534.5	478

معمولا برای نشان دادن شیمی آب از دو نوع نمودار استیف و پایپر استفاده می شود. نمودارهای استیف غلظت کاتیون ها و آنیون ها را (بر حسب میلی اکی والان) به شکلی نشان می دهد که هم فراوانی نسبی گونه های مختلف و هم فراوانی کل این گونه ها ارا نه گردد (شکل 1). نمودارهای پایپر نمایش های مثلثی کاتیون، آنیون و نسبت های مجموع آنیون و کاتیون هستند (شکل 2). از نمودارهای پایپر اغلب برای رده بندی نوع آب استفاده می شود (ایبای، 2004).

نتایج آنالیز آب رودخانه های مورد مطالعه در شکل های 1 و 2 آمده است. در نمودارهای استیف، شکل میدان نمایانگر نسبت یون های مختلف و اندازه ی میدان، نشاندهنده ی غلظت یونی کل است (ایبای، 2004). بر طبق این دیاگرام (شکل 1) غلظت آنیون ها از کاتیون ها بیشتر بوده و در همه ی نمونه ها به جز نمونه های R-2، R-3، R-7 و R-8، آنیون بیکربنات از سایر آنیون ها و

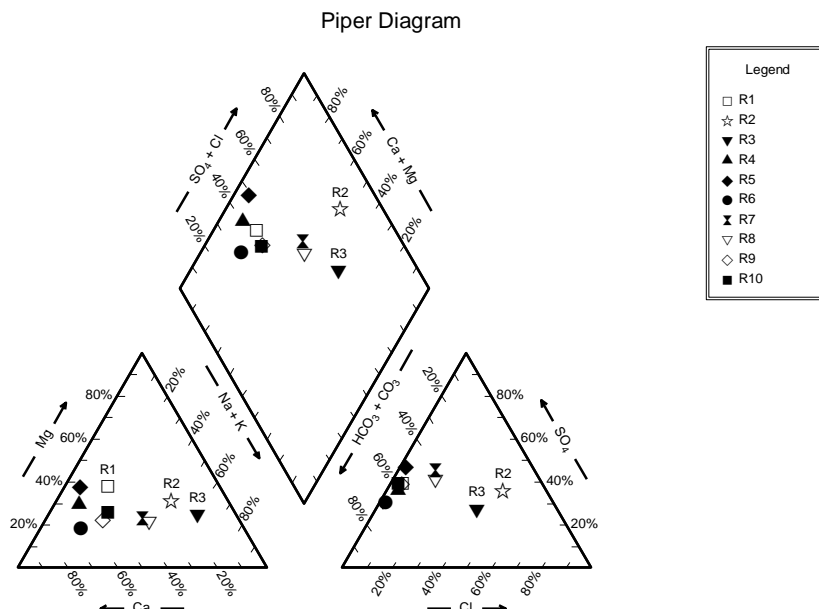
کاتیون ها فراوان تر است. در میان کاتیون ها نیز به جز نمونه های R-2، R-3 و R-8، در تمام نمونه ها یون کلسیم از غلظت بالاتری برخوردار است. بنابراین، آب نمونه های R-1، R-4، R-5، R-6، R-9 و R-10 از نوع آب کلسیم بیکربناته، آب نمونه های R-2 و R-3 از نوع آب منیزیم سولفاته، و در نهایت آب نمونه های R-7 و R-8 به ترتیب از نوع کلسیم کلره و منیزیم کلره می باشد.



شکل 1. نمودار های استیف، مربوط به نمونه های آب برداشت شده از رودخانه های منتهی به خلیج گرگان.

در دیاگرام های پایپر (شکل 2)، مثلث های یونی به میدان های مختلف که با نوع آب یا رخساره ی شیمیایی متناظر است تقسیم می شوند (Back, 1966). این دیاگرام های سه تایی به جهت ارائه اطلاعات مفید درباره ی روابط شیمیایی نمونه های آب، نسبت به سایر روش های ترسیمی مفید تر و دقیق تر هستند (Ravikumar & Somashekar, 2010). در تفسیر نمودارهای پایپر رودخانه های مورد مطالعه، نمونه های R-1، R-4، R-5، R-6، R-9 و R-10 رخساره ی شیمیایی کلسیم بیکربناته را نشان می دهند. نمونه های R-2 و R-3 مربوط

به رخساره ی سدیم کلره بوده و نمونه های R-7 و R-8 رخساره ی آمیخته ی کلسیم- منیزیم کلره را نشان می دهند.



شکل 2. دیاگرام پایپر نمونه های آب رودخانه های منتهی به خلیج گرگان.

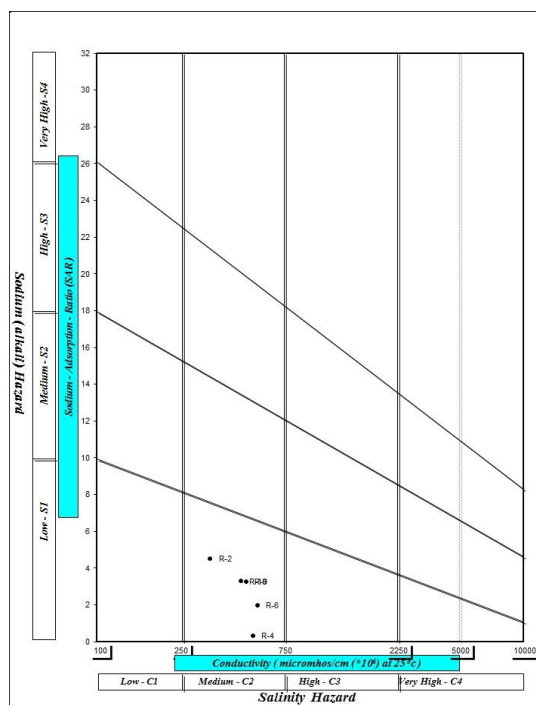
یک رخساره ی شیمیایی آب که در آن داده های نمونه ی آب پلات شده است، بالقوه دارای اطلاعاتی در ارتباط با عوامل کنترل کننده ی شیمی آب نیز هست (ایبای، 2004). نمونه های مورد مطالعه ای که رخساره ی کلسیم بیکربنات را نشان می دهند، نشاندهنده ی اثر تعیین کننده ی هوازدگی بر شیمی آب هستند؛ بدین معنی که هوازدگی واحد های سنگی احتمالاً کربناته، توانسته است در تأمین یون های کلسیم و بیکربنات مؤثر بوده و شیمی این آب ها را به صورت حاضر در آورد.

با توجه به اینکه تمام رودخانه های مورد مطالعه طی مسیر خود تا رسیدن به خلیج گرگان از میان مزارع و زمین های کشاورزی بسیاری عبور می کنند و بخش عمده ای از آب آنها جهت مصارف کشاورزی زهکشی می شود، با اطلاعات موجود می توان کیفیت این آب ها را جهت مصارف کشاورزی نیز مورد بررسی قرار داد. به این منظور می توان از دیاگرام ویلکاکس (1948 و 1995) استفاده کرد. این دیاگرام برای دسته بندی و فهم ویژگی های ترکیب شیمیایی آب، مورد استفاده قرار می گیرد که با استفاده از آن می توان مناسب بودن آب برای مصارف کشاورزی را ارزیابی نمود. نمودار ویلکاکس بر اساس رابطه ی میزان هدایت الکتریکی با درصد  $\text{Na}^+$  ترسیم می شود (شکل 3).

در مطالعه ی ویلکاکس، درصد سدیم از پارامتر های اصلی محسوب می شود که به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\% \text{Na} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) * 100 / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) \quad (1)$$

در این فرمول، غلظت ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر می باشد.



شکل 3. دیاگرام ویلکاکس نمونه های مورد مطالعه. تمام نمونه ها در محدوده ی مخاطره ی پایین سدیم قرار گرفته اند.

میزان اضافی  $Na^+$  با ترکیب با بیکربنات باعث تشکیل خاک های قلیایی می شود؛ در حالی که اگر با کلرید ترکیب شود، خاک های شور را ایجاد می کند که در هر دو صورت، خاک حاصل برای مصارف کشاورزی مناسب نخواهد بود (Rao, 2006). در نمودار ویلکاکس نمونه های مورد مطالعه، این کمیت در محور عمودی نمودار قرار گرفته و محاسبه شده است. نمونه های مورد مطالعه در نمودار ویلکاکس در محدوده ی پایین نمودار واقع شده اند که نشاندهنده ی میزان مخاطره ی پایین این نمونه ها بوده و نشان می دهد که این آب ها از نظر میزان سدیم برای مصارف کشاورزی قابل استفاده می باشند.

از دیگر پارامتر های رایج برای ارزیابی کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی، SAR (نسبت جذب سدیم) می باشد. میزان تمایل آب جهت تبادل کاتیونی در خاک و آب کشاورزی بوسیله ی نسبت جذب سدیم معرفی می شود (US Salinity Laboratory, 1954). این کمیت، رایج ترین پارامتر برای ارزیابی آب زیر زمینی جهت اهداف کشاورزی است (Ayers & Westcot, 1985). از آنجایی که بررسی های انجام شده عامل هوازدگی - به عبارتی واکنش آب و سنگ - را عامل عمده در شکل گیری شیمی آب اکثر نمونه های مورد مطالعه نشان داده است، می توان از این کمیت در این مطالعه نیز استفاده نمود. SAR را می توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$SAR = Na^+ / ([Ca^{2+} + Mg^{2+}] / 2)^{0.5} \quad (2)$$

که در آن غلظت ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر است.

جدول 2. مقادیر محاسبه شده ی میزان جذب سدیم برای نمونه های آب رود خانه های ورودی به خلیج گرگان.

شماره نمونه	میزان جذب سدیم	SAR در تقسیم بندی Rao,2006
R-1	0.565040422	Low
R-2	4.510164068	Low
R-3	5.765333686	Low
R-4	0.308836415	Low
R-5	0.186280418	Low
R-6	1.966042582	Low
R-7	11.47934672	Medium
R-8	12.56561127	Medium
R-9	3.258077167	Low
R-10	3.279030674	Low

میزان SAR در آب های کشاورزی، رابطه ی تنگاتنگی با میزان جذب سدیم بوسیله ی خاک دارد. سدیم اضافه در آب ها اثرات نامطلوبی بر تغییر ویژگی های خاک و آب کشاورزی داشته و نفوذپذیری خاک را کاهش می دهد (Kelly *et al.*, 1951). سدیم با جابه جایی کلسیم جذب شده و منیزیم، از آنجایی که با پراکنده کردن ذرات رس ساختمان خاک را تغییر می دهد، یک عامل مشکل آفرین (Hazardous) محسوب می شود (Suresh & Kottureshwara, 2009).

بر طبق طبقه بندی Rao (2006)، آب ها را می توان از نظر میزان SAR به دسته های <10: Low، 10-18: Medium، 18-26: High و >26: Very High تقسیم نمود. جدول 2 مقادیر محاسبه شده ی SAR را برای نمونه های مورد مطالعه نشان می دهد. به جز نمونه های R-7 و R-8، که در گروه متوسط رده بندی می شوند، سایر نمونه ها در رده ی SAR پایین جای می گیرند و میزان جذب سدیم اندکی نشان می دهند که از این بابت برای مصارف کشاورزی مناسب می باشند.

### نتیجه گیری

بررسی ژئوشیمیایی آب رودخانه های منتهی به خلیج گرگان با استفاده از 10 نمونه ی آبی و با تعیین غلظت یون های اصلی محلول انجام گرفت. طی این بررسی، تیپ آب نمونه های 1، 4، 5، 6، 9 و 10، کلسیم بیکربناته، نمونه های 2 و 3 منیزیم سولفات و نمونه های 7 و 8، کلسیم کلره و منیزیم کلره تعیین شد. ترکیب یونی گروه اول را می توان به شرایط زمین شناسی ناحیه و هوازدگی واحد های سنگی حوضه ی آبریز نسبت داد. با توجه به ورود فاضلاب های شهری و صنعتی به رودخانه های گروه دوم و سوم، ترکیب یونی این آب ها را می توان ناشی از ورود این فاضلاب ها



دانست که مقادیر بالای سولفات، کلر و منیزیم را به آب وارد می کنند. وجود کلر همچنین می تواند ناشی از نزدیک بودن نسبی محل نمونه برداری به دهانه ی ورودی رودخانه ی قره سو به خلیج گرگان باشد که میزان بالای کلر ناشی از برگشت احتمالی آب شورتر خلیج به درون رودخانه باشد. در دیاگرام های پایپر نیز به جز نمونه های 2 و 3، در مورد سایر نمونه ها نتایج مشابهی حاصل شده است.

در بررسی کیفی آب رودخانه های مورد مطالعه جهت مصارف کشاورزی، به جز رودخانه ی قره سو که در حد متوسط بود، سایر رودخانه ها برای کشاورزی مناسب بودند. در مورد قره سو نیز با توجه به ورود میزان قابل توجه فاضلاب و پساب های شهری، کیفیت پایین تر آن قابل انتظار بود.

با توجه به اهمیت زیست محیطی خلیج گرگان و آسیب پذیر بودن حوضه های نیمه بسته ای چون این خلیج، با بررسی شیمیایی مداوم آب های ورودی به این خلیج، می توان تغییرات فصلی شیمی آب، دلایل آن و تأثیر آن بر کیفیت آب رودخانه ها و در نهایت خلیج گرگان را دقیق تر زیر نظر گرفت و با تشخیص به موقع تغییرات خطرناک، مانع گسترش آلودگی در این خلیج شد.

## منابع

- افشین، ی: 1373 . "رودخانه های ایران جلد دوم. وزارت نیرو". جاماب. 251 صفحه.
- آمار نامه ی استان مازندران، 1375، سازمان برنامه و بودجه، 802 صفحه.
- ایبای، جی. نلسون، 1390، "مبانی زمین شناسی زیست محیطی" (ترجمه)، فرید مر، سروش مدبری، گیتی فرقانی تهرانی، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- لاهیجانی، حمید، حایری اردکانی، امید، شریفی، آرش، نادری بنی، عبدالمجید. 1389. "شاخص های ژئوشیمیایی و رسوبشناختی رسوبات خلیج گرگان". اقیانوس شناسی، سال اول، شماره 1، 45-55 صفحه.
- APHA, 1998, "Standard methods for examination of water & waste water". American Public Health Association, Washington, DC.
- Ayers RS, Westcot DW., 1985, "Water Quality for Agriculture". In: FAO Irrigation and Drainage. FAO, Rome, Italy
- Gibbs, R.J., 1970. "Mechanisms controlling world water chemistry", science 17 1088-1090.
- Kelly, W. P., 1951, "Alkali Soils – Their Formation, Properties and Reclamation", Reinhold Publ., New York
- Piper, A.M., 1944, "A Graphic procedure in hydrochemical interpretation or water analysis", AGU Trans, 25, 914- 923.
- Rao, SN., 2006, "Seasonal Variation of Groundwater Quality in a Part of Gunter District", Andhra Pradesh, India. Environmental Geology, 49: 413-429
- Ravikumar, P. and Somashekar, R. K., 2010. "Multivariate Analysis to Evaluate Geochemical of Groundwater in Varahi River Basin in Karnataka (India)", The Ecoscan 4(2&3), An International Journal Quarterly Journal of Environmental Sciences. 153-162
- Suresh, T., Kottureshwara, N. m., 2009, "Assessment of Groundwater Quality of Borewells water of Hospet Taluka Region, Karnataka, India". RJC. Vol. 2, No. 1, 221-233, ISSN: 0974- 1496
- U.S. Salinity Laboratory, 1954, "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils", U.S. Dept. of Agriculture, Hand Book, 60, 160
- Wilcox, L., V., 1948. "The Quality of Water for Irrigation Use". US Department of Agriculture. Washington, D. C., Technical Bulletin No. 962. Pp40. 1-40
- Wilcox, L. V., 1995. "Classification and Use of Irrigation Waters", US Department of Agriculture, Washington, D. C., p. 19