

## بررسی روند تغییرات فراسنج‌های کیفی آب رود مارون در حوضه‌ی آبخیز سد مارون

نسرین زلکی بدیلی<sup>1</sup>، مرجان سالاری<sup>2\*</sup>، غلامعباس صیاد<sup>3</sup>، کاظم حمادی<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 1390/12/23 تاریخ پذیرش: 1391/12/4

### چکیده

امروزه استفاده از انواع نرم افزارهای رایانه‌ای از جمله Rockware، و کاربرد GIS، امکان بررسی تغییرات فراسنج‌های مختلف کیفیت آب را در بعد مکانی و زمانی میسر می‌سازد و می‌توان درک بهتری را از مجموعه‌ی عوامل آلوده کننده‌ی رود به صورت تصویری داشت. بنابراین، مدیریت و واپایش کیفیت این منبع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به هدف مطالعه‌ی برخی فراسنج‌های تعیین کننده‌ی کیفیت آب رود مارون شامل کلرور، سولفات، کلسیم، منیزیم و سدیم، کربنات، pH، EC و TDS طی سالهای 83-1379 مورد استفاده واقع شدند. روندیابی فراسنج‌های مذکور براساس زمان و مکان صورت گرفت. نتایج روندیابی زمانی نشان داد که غلظت و دامنه‌ی تغییرات فراسنج‌ها در فصول پرباران کمترین، و در فصول کم باران بیشترین می‌باشند. همچنین، روندیابی مکانی نشان داد که هر چه از منطقه‌ی کوهستانی به سمت دشت نزدیک می‌شویم، غلظت آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. نتایج این مطالعات نشان دادند که امکان تشدید آلودگی در منطقه‌ی وجود داشته و باید در مدیریت منطقه‌ی در جهت کاهش آلودگی رود مارون اصلاحاتی به عمل آید. همچنین، بر اساس نمودار شولر بطور کلی، بیشتر نمونه‌های آب دارای غلظت‌های کلراید و سولفات کمتر از غلظت مجاز قابل شرب می‌باشند، و کیفیت آب این دو ایستگاه از لحاظ شرب خوب است. بر اساس طبقه بندی ویلکاکس، نمونه‌های آب ایستگاه ایدنک در ردیف C3S1، و ایستگاه دهنو در ردیف C2S1 قرار گرفته‌اند که از لحاظ کشاورزی دارای کیفیت مناسب می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** حوضه‌ی آبخیز سد مارون، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، کیفیت آب.

<sup>1</sup> - کارشناس ارشد فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>2</sup> - کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>3</sup> - استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>4</sup> - دکترای هیدرولوژی سازمان آب و برق خوزستان

\* نویسنده مسئول: [salari.marjan@gmail.com](mailto:salari.marjan@gmail.com)

## مقدمه

انسانها از همان ابتدا به اهمیت منابع آب پی برده و محل سکونت خود را پیرامون منابع آب بنا نمودند. با این کار، ضمن تامین نیازهای حیاتی، قادر به رفع نیازهای کشاورزی و حمل و نقل بودند (پوی، 1382). افزایش تقاضای آب، بالا رفتن سطح زندگی، گسترش آلودگی منابع آب بر اثر توسعه فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعتی موجب ایجاد وضع نامساعد زیست‌محیطی و تشدید آلودگی منابع آب شده و مدیریت معقول و منطقی آن را بسیار دشوار و پیچیده کرده است (چپمان، 1996). امروزه جامع‌نگری و برخورد نظامی در مدیریت کمی و کیفی منابع آب به علت افزایش مؤلفه‌های آن نظامها و پیچیدگی ارتباطها و آثار متقابل آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (رحیمی، 1383). بهبود کیفیت آب، و یا تنزل کیفیت آن از مکانی به مکان دیگر بیانگر مسائل زیادی خواهد بود که در پی آن تصمیم‌های مدیریتی مناسبی می‌تواند اتخاذ شود، مادامی که سهم آلاینده‌ها از نظر بیشترین و کمترین تأثیر در تغییرات مشخص گردد می‌توان اقدام‌های مدیریتی لازم را برای بهبود کیفیت آب آبیگر یا رودها با واپایش منابع آلاینده انجام داد (شریعت و همکاران، 1375؛ نصرالله زاده و واردی، 1375).

مدیریت تقاضا و تامین آب برای کاربری‌های مختلف با در نظر گرفتن محدودیتهای کمی و کیفی شناسایی، واپایش و کاهش آلاینده‌های آب به منظور ارتقای شاخصهای کیفیت منابع آب و حفظ محیط زیست از رویکرد های مدیریت منابع آب کشور محسوب می شوند. در این راستا، شناسایی و پایش کیفیت منابع آب از جمله آبیگر سدها به عنوان یکی از گامهای اصلی مدیریت کیفیت منابع آب، جایگاه ویژه ای دارد (دستورالعمل کیفیت، 1388). از طرفی، با افزایش حجم داده‌ها، ماهیت رقومی آنها و توسعه کاربردها و تحلیلهای مورد نیاز، روشهای سنتی تحلیل داده‌های مکانی، مانند روشهای آماری، نمی‌توانند به تنهایی و با اطمینان بالا مورد استفاده قرار گیرند؛ زیرا این روشها، اصولاً برای کار با داده‌های کم حجم ایجاد گردیده‌اند، و در مواجهه با این حجم عظیم از داده‌ها نه تنها سرعت و کارایی لازم را نخواهند داشت، بلکه قادر به پاسخگویی به نیازهای جدید نیز نخواهند بود

(مورتیمار و، همکاران، 1977). در این میان، استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) راه حل مناسبی برای تحلیل و استخراج اطلاعات مفید از داده‌های مکانی می‌باشد، زیرا این تحلیلهای، اطلاعات مفیدی را از داده‌های مکانی موجود استخراج می‌کنند که می‌توانند در تصمیم‌گیریهای آینده بسیار مؤثر واقع گردند. تحقیقات انجام شده در مورد تغییرات کیفی آب رودهای تاکاهاشی و کاکوکا در ژاپن (تراوکا و اوگاوا، 1984) و آمازون و یوکان در برزیل (میلر، 1984)، و همچنین جریان سطحی در ایالت نوادای آمریکا، نشان داده‌اند که نحوه‌ی استفاده از زمینهای پیرامون رودها بر نوع و مقدار آلودگی و تغییرات آن اثرات قابل ملاحظه‌ای را دارند. داسیلوا (2001) با استفاده از فراسنجهای فیزیکی و شیمیایی به بررسی کیفیت آب رود پارادو پرداخت.

چیت سازان و همکاران (1386) کیفیت آب زیرزمینی دشت دالون - سوله را با استفاده از GIS مورد ارزیابی قرار داده و عنوان کردند که با به روز کردن اطلاعات، می‌توان مدیریت بهتری را در مورد کیفیت آب منطقه‌ی اعمال کرده و در هر زمان از وضعیت کیفی آب زیرزمینی دشت مطلع شد. موسوی و همکاران (1388) کیفیت آب رود نکاء، تجن و سفیدرود را براساس معیارهای موجود، و نیز با کاربرد برخی روشهای نموداری از قبیل نمودارهای پایپر، شولر، استیف و ویلکاکس مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که نمونه‌ها در ایسگاههای مختلف از نظر کیفی مشابهند. هدف از پژوهش حاضر بررسی برخی فراسنجهای تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب رود مارون شامل کلرور، سولفات، کلسیم، منیزیم و سدیم، کربنات، EC، pH و TDS و روندیابی فراسنجهای مذکور براساس زمان و مکان با استفاده از نرم افزار Rockware و GIS طی سالهای 83-1379 می‌باشد.

## منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی

حوضه‌ی آبخیز سد مارون در بین طولهای جغرافیایی 50°-05' الی 51°-11' و عرضهای جغرافیایی 39°-30' الی 21°-31' قرار گرفته است. رود مارون از ارتفاعات شرقی و شمالی حوضه‌ی و در حد فاصل رودهای کارون و زهره از منطقه‌ی لنده کهگیلویه سرچشمه گرفته،

نمودارهای پایپر عمدتاً جهت تعیین نوع آبها، رخساره‌های آب- شیمیایی و مسیرهای تکامل زمین‌شیمیایی در آبخوانها تهیه می‌گردند. استوبر و بوچر (1999) از نمودار پایپر جهت تعیین مسیرهای تکامل زمین‌شیمیایی آبهای زیرزمینی استفاده کرده‌اند. نمودار پایپر نمونه‌های آب دو ایستگاه ایدنک و دهنو در شکل (2) ارائه شده است. نمودار پایپر نمونه‌های آب ایستگاه ایدنک (شکل 2، الف) نشان‌دهنده‌ی رخساره آب- شیمیایی نوع  $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl}$  آب رود مارون می‌باشد. با توجه به نمودار پایپر، نمونه‌های آب ایستگاه دهنو (شکل 2، ب) مشخص می‌گردد که آب رود مارون دارای رخساره‌ی  $\text{Ca-HCO}_3$  می‌باشد.

### نمودار شعاعی

با مشاهده نمودارهای شعاعی شکل‌های (3 و 4) که به صورت سالانه برای نمونه‌های آب هر دو ایستگاه ایدنک و دهنو ترسیم شده‌اند، غالب بودن یونهای کلسیم، سدیم، پتاسیم، کلر و بی‌کربنات ایستگاه ایدنک نشانگر این است که رود در این محل احتمالاً از میان سنگ‌شناسیهایی از نوع سنگ آهک- دولومیت و نمک عبور کرده است. در مورد ایستگاه دهنو غالب بودن یونهای کلسیم و بی‌کربنات ناشی از سنگ‌شناسیهایی سنگ آهک- دولومیت و یون سولفات ناشی از وجود گچ و ژپس در منطقه‌ی می‌باشد.

### بررسی فراسنجهای کیفیت آب از نظر مکانی

نقشه‌ی تغییرات مکانی میانگین هشت ساله‌ی  $\text{Na\%}$  در مسیر رود مارون در شکل 2 (الف) نشان داده شده است. با توجه به شکل 2 (الف) میانگین سالانه‌ی سدیم در ایستگاه دهنو  $6/4$  درصد، و در ایستگاه ایدنک حدود شش برابر گردیده است. مقدار  $\text{SAR}$  در ایستگاه ایدنک تقریباً 10 برابر نسبت به ایستگاه دهنو افزایش یافته است (شکل 3 (الف))، عوامل اصلی این افزایش احتمالاً سازندهای زمین‌شناسی منطقه، و املاح تخلیه شده از طریق زهابهای کشاورزی بوده است.

میانگین پنج ساله‌ی  $\text{TDS}$  در مسیر رود در فاصله‌ی ایستگاه دهنو تا ایستگاه ایدنک حدود دو برابر (شکل 4 (الف))، و میانگین  $\text{EC}$  سه ونیم برابر افزایش یافته است (شکل 5 (الف)). عوامل احتمالی این افزایش ورود زهابهای کشاورزی و عوامل شورکننده‌ی زمین

و سپس در جهت غرب جریان می‌یابد شکل (1) موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی را نشان می‌دهد. اهمیت مطالعات کیفیت رود مارون از آن‌جا مشخص می‌شود که یکی از سرشاخه‌های رود جراحی است، که در مسیر خود آب مورد نیاز شهرها و روستاهای زیاد، و نیز هزاران هکتار اراضی کشاورزی، باغهای و نخلستانها و کارخانه‌های صنعتی را تأمین می‌کند، و در نهایت به تالاب شادگان منتهی می‌گردد. در این تحقیق سعی شده است تحلیلی کاربردی از وضعیت کیفی آب رود مارون و ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی با استفاده از اطلاعات آماری کیفیت آب دو ایستگاه نمونه‌برداری از رود مارون با استفاده از نمودار پایپر ترسیم شده با کاربرد نرم افزار  $\text{RockWare Aq.QA}$  تعیین گردد، و سپس میانگین دوره‌ی آماری پنج ساله، و همچنین، میانگین تغییرات فصلی داده‌های کیفی برای هر ایستگاه محاسبه، و تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب ایستگاهها با استفاده از نرم افزار  $\text{ARCGIS}$  مورد ارزیابی قرار گیرد. و همچنین، با استفاده از طبقه‌بندیها و نمودارهای شولر و ویلکاکس، بررسی کیفی آب رود از لحاظ شرب و کشاورزی صورت گیرد.

### مواد و روشها

در این بررسی، آمار واطلاعات کیفیت آب رود مارون شامل درصد سدیم ( $\text{Na\%}$ )، نسبت جذب سدیم ( $\text{SAR}$ )،  $\text{pH}$ ، هدایت الکتریکی ( $\text{EC}$ ) و مواد جامد محلول ( $\text{TDS}$ ) اندازه‌گیری شده در ایستگاههای دهنو و ایدنک (حوضه‌ی آبخیز سد مارون) از سازمان تماب تهیه گردیدند. با توجه به این که در هر بررسی می‌بایست داده‌ها از نظر طول آماری یکسان باشند، بنابراین، از اطلاعات دوره‌ی آماری پنج ساله ایستگاههای مذکور طی سالهای (1383-1379) استفاده گردید. سپس میانگین دوره‌ی آماری پنج ساله، و همچنین، میانگین تغییرات فصلی داده‌های کیفی برای هر ایستگاه محاسبه شد، و تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب ایستگاهها با استفاده از نرم افزار  $\text{ARCGIS}$  مورد ارزیابی قرار گرفت.

### نتایج و بحث

#### نمودار پایپر

### بررسی کیفیت آب از لحاظ شرب

منابع آب از نظر بهره‌برداری به منظور آشامیدن، بر اساس معیارهای مورد نظر، قابل طبقه‌بندی می‌باشد. یکی از معیارهای طبقه‌بندی آب از لحاظ شرب، تقسیم‌بندی شولر است. این تقسیم‌بندی در جدول (1) نشان داده شده است.

نمودار شولر، که بر اساس معیارهای پیشنهادی آشامیدنی انسان طراحی شده است، می‌تواند برای تعیین قابلیت شرب نمونه‌های آب بر اساس غلظت یونهای عمده به کار رود. نمودار شولر بر اساس املاح و یونهای عمده مورد نیاز بدن، طبق معیارهای پیشنهادی مراکز علمی - پژوهشی جهان تنظیم شده است.

با توجه به این جدول، کیفیت آب رود مارون طی سالهای 83-1379 در ایستگاه دهنو به صورت آب با کیفیت «خوب»، و در ایستگاه ایدنک در محدوده «خوب تا قابل قبول» قرار می‌گیرد.

شکل (5) نمودارهای شولر مربوط به نمونه‌های آب رود مارون در دو ایستگاه مذکور را ارائه می‌دهند. بیشترین غلظت مجاز شرب کلراید و سولفات را به ترتیب 250 و 500 میلی‌گرم در لیتر توصیه نموده است. بطور کلی، بیشتر نمونه‌های آب دارای غلظتهای کلراید و سولفات کمتر از غلظت مجاز قابل شرب می‌باشند، و کیفیت آب این دو ایستگاه از لحاظ شرب خوب است.

شناسی است. میانگین pH در شکل 6 (الف) ارائه گردیده است که نشان می‌دهد آب رود مارون از نظر pH جهت مصرف در بخش کشاورزی مناسب است.

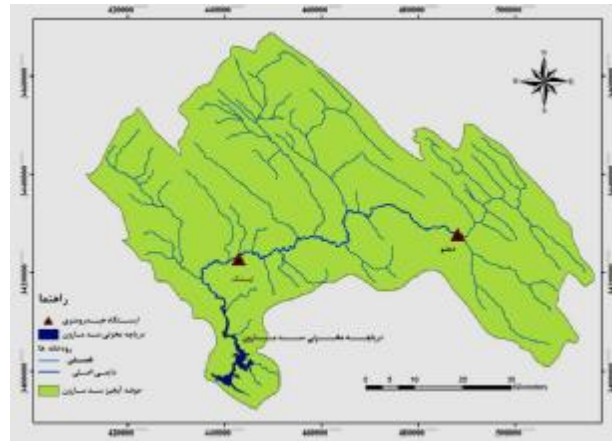
### بررسی کیفیت آب از نظر زمانی

نقشه‌ی تغییرات زمانی Na% (شکل 2 (ب)) و SAR (شکل 3 (ب)) نشان می‌دهد که از لحاظ تغییرات فصلی بیشترین مقدار این فراسنجه‌ها در فصلهای تابستان و پاییز، و کمترین آنها در فصول زمستان و بهار است. بیشترین مقدار تغییرات فصلی TDS در هر دو ایستگاه مربوط به فصل پاییز، و کمترین آن در ایستگاه دهنو و ایدنک به ترتیب مربوط به فصول زمستان و بهار است (شکل 4 (ب)). نقشه‌ی دامنه تغییرات EC در شکل 5 (ب) نشان داده شده است. از لحاظ تغییرات فصلی، بیشترین مقدار EC ایستگاه دهنو و ایدنک به ترتیب در فصل تابستان و پاییز بیشتر از فصول دیگر است.

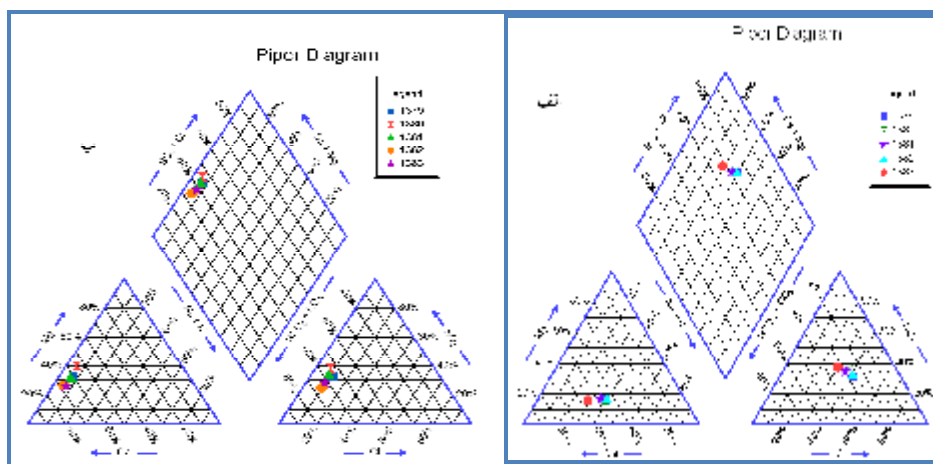
دلایل تغییرات فصلی فراسنجه‌های مورد مطالعه‌ی را می‌توان به وسیله‌ی دلایل اقلیمی تحلیل نمود. اقلیم منطقه‌ی در ارتفاعات بالا (ایستگاه دهنو) نیمه گرمسیری و در ارتفاعات پایین تر (ایستگاه ایدنک) نیمه خشک است. بیشترین مقدار بارندگی در هر دو ایستگاه مربوط به فصلهای زمستان و بهار می‌باشد. در این اوقات از سال کیفیت آب رود بهتر از سایر فصول بوده، اما در فصول تابستان و پاییز که اندازه‌ی بارندگی کم و به تبع آن بدهی رود نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه اندازه‌ی املاح در آب بالا رفته و کیفیت آب رود کاهش می‌یابد.

جدول 1- معیارهای کیفیت آب شرب طبق نظر شولر.

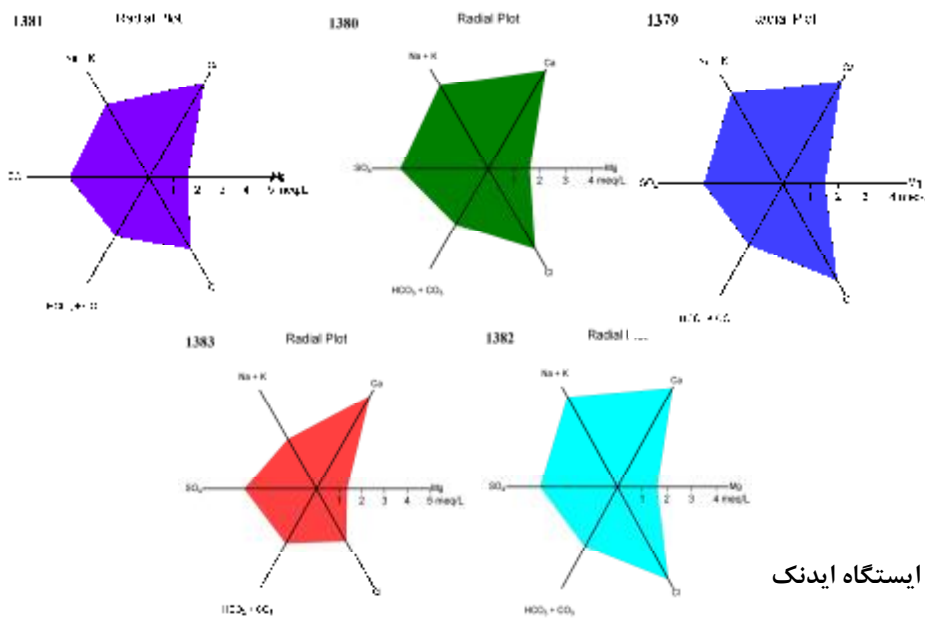
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	T.H.(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	TDS (mg/l)	کیفیت آب	ردیف
<145	<175	<115	< 250	< 500	خوب	1
145-280	175-350	115-230	250-500	500-1000	قابل قبول	2
280-580	350-700	230-460	500-1000	1000-2000	نامناسب	3
580-1150	700-1400	460-920	1000-2000	2000-4000	بد	4
1150-2240	1400-2800	920-1840	2000-4000	4000-8000	قابل قبول در شرایط اضطراری	5
>2240	>2800	>1840	>4000	> 8000	غیر قابل شرب	6



شکل 1- موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه‌ی نسبت به رود مارون.

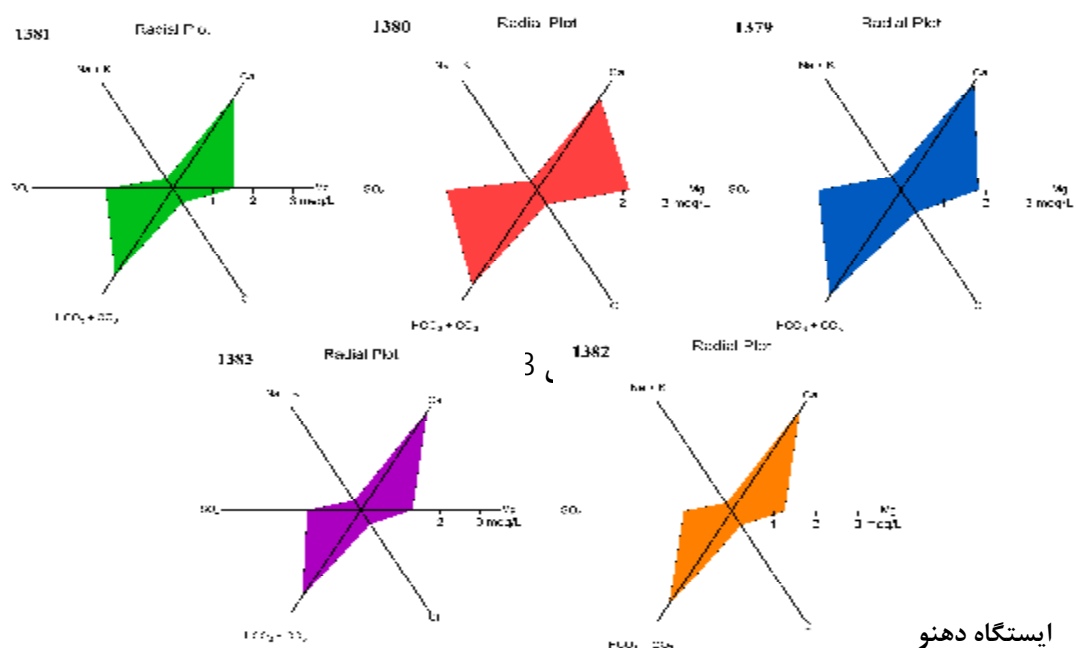


شکل 2- نمودار پایپر نمونه‌های آب رود مارون، ایستگاههای ایدنک (الف) و دهنو (ب)، طی سالهای 83-1379.

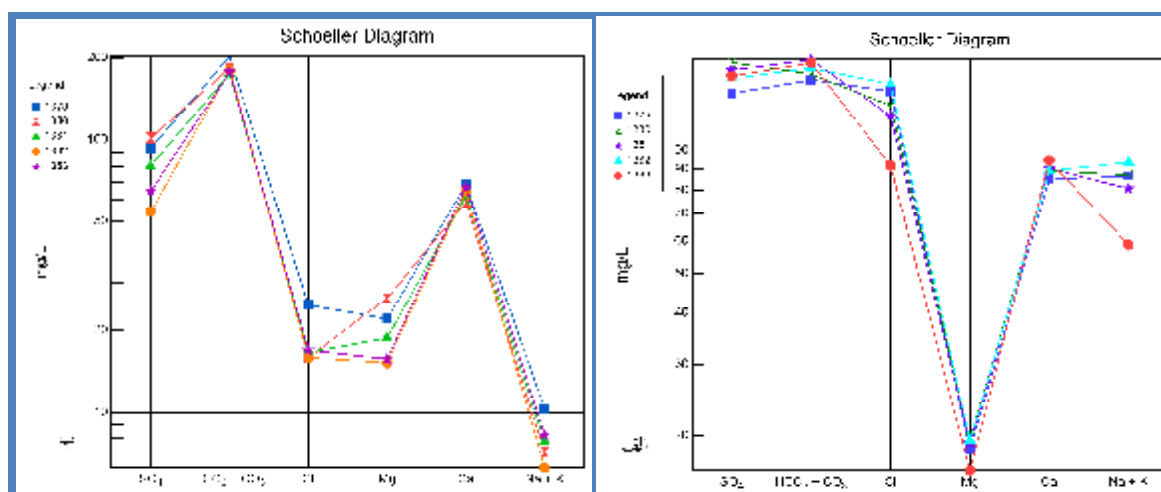


ایستگاه ایدنک

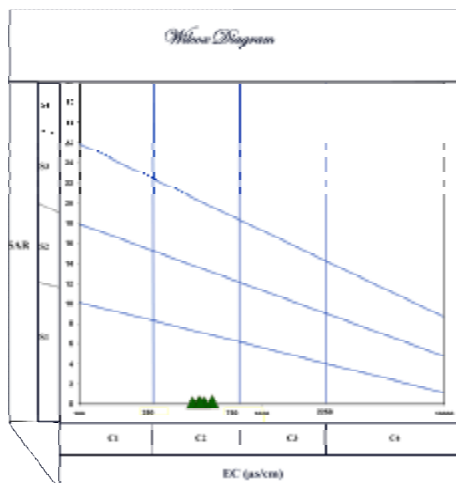
شکل 3- نمودار شعاعی نمونه‌های آب رود مارون، ایستگاه ایدنک، طی سالهای 83-1379.



شکل 4- نمودار شعاعی نمونه های آب رود مارون، ایستگاه دهنو، طی سالهای 83-1379.

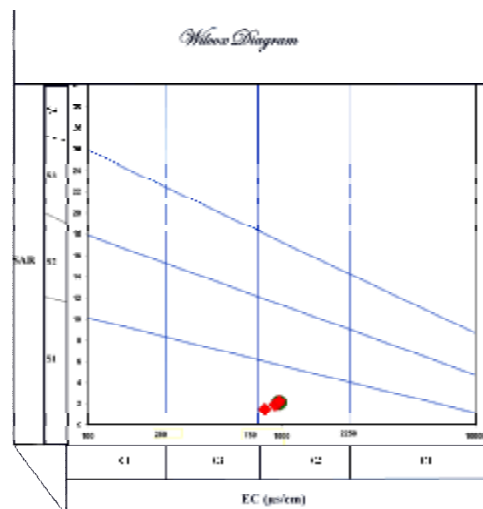


شکل 5- نمودار شولر نمونه‌های آب رود مارون، ایستگاههای ایدنک (الف) و دهنو (ب)، طی سالهای 83-1379.



ب

شکل 7- نمودار ویلکاکس رود مارون، ایستگاه دهنو.



الف

شکل 6- نمودار ویلکاکس رود مارون، ایستگاه ایدنک.

اندازه‌ی RSC منابع آب هر دو ایستگاه از حد مجاز (25/1 میلی‌اکی‌والان در لیتر) کمتر است؛ لذا این آبها از لحاظ خطر بی‌کربنات برای آبیاری مناسبند.

### نسبت Ca/Mg

همچنین، نسبت تعادلی Ca/Mg در آب آبیاری مهم است، بطوری که کمتر از یک بودن این نسبت باعث پراکنش خاک و کاهش تدریجی ثمره گیاه می‌گردد. در جدول (3) مقدار این نسبت یونی را برای هر دو ایستگاه محاسبه گردیده است. در نمونه‌های این فراسنج بیش از یک است. نسبت تعادلی Ca/Mg در آبهای سطحی منطقه‌ی بیشتر از یک است، دامنه تغییرات این نسبت بین 1/36 تا 3/5 قرار دارد.

### نمودار ویلکاکس

در مصارف کشاورزی آب با SAR کم توصیه می‌شود، زیرا به ازای مقدار معینی از کاتیون سدیم، افزایش کاتیونهای کلسیم و منیزیم آب منجر به قابلیت جذب سدیم به‌وسیله‌ی خاک شده و در نتیجه زیان آن برای گیاه کمتر می‌شود. اما سدیم به تنهایی نمی‌تواند معیار کیفی آب به لحاظ کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد، و بهتر است که تأثیر آن در ارتباط با شوری کل آب در نظر گرفته شود؛ لذا، روش طبقه‌بندی ویلکاکس و استفاده از نمودار آن

### RSC

یکی از معیارهای آب آبیاری خطر بی‌کربنات باقیمانده است که با علامت RSC نشان داده می‌شود. غلظت زیاد بی‌کربنات در آب می‌تواند رشد گیاهان را مختل کرده و منجر به رسوب کلسیت، کاهش نفوذپذیری خاک، پایین آوردن نرخ نفوذ و افزایش فرسایش خاک شود. خطر RSC با کاربرد معادله (2) محاسبه می‌شود (کارانت 2001):

$$\text{RSC} = (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

معادله (2) در این معادله، غلظت یونها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد. آبهای دارای مقادیر RSC کمتر از 1/25 میلی‌اکی‌والان بر لیتر برای آبیاری مناسبند، در حالی که آبهای دارای مقادیر RSC بیش از 2/5 میلی‌اکی‌والان برای آبیاری مناسب نیستند. ماهیت و ترکیب خاکهای سطحی و زیر سطحی، عمق سطح ایستابی، پستی و بلندی، آب و هوا و نوع محصولات کشت‌شونده می‌توانند بطور غیرمستقیم روی کیفیت آبها مؤثر باشند، بطوری که در شرایط خاکهای با نفوذپذیری کم، سطح ایستابی کم عمق و پستی و بلندی خشک تمرکز در ریشه‌گاه بالا می‌رود (کارانت، 2001).

مقادیر محاسبه شده خطر بی‌کربنات منابع آب سطحی رود مارون در منطقه‌ی مطالعاتی در جدول (2) ارائه گردیده‌اند. همان‌طور که نشان داده شده است،

نزدیک می‌شویم، کلیه‌ی فراسنج‌های کیفی آب افزایش می‌یابند. عوامل اصلی این افزایش احتمالاً سازندهای زمین‌شناسی منطقه‌ی و املاح تخلیه شده از طریق زهاب‌های کشاورزی بوده است. پس از بررسی نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مشاهده شد یکی از دلایل اصلی آلودگی در ایستگاه ایدنک وجود سازند گچساران با قدرت نفوذپذیری بالا می‌باشد شکل (14). همچنین، با توجه به نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی مشاهده شد که در منطقه‌ی کاربری‌های مستعد آلودگی از جمله مناطق مسکونی، مناطق صنعتی وجود نداشت؛ بنابراین وجود سازندهای با قدرت نفوذ بالا جهت آلودگی رود ملموس‌تر است شکل (13).

2- غلظت فراسنج‌های کیفی مورد مطالعه‌ی در کل حوضه‌ی آبخیز سد مارون با مقدار بارندگی فصلی همخوانی مناسبی دارد، به نحوی که مشاهده شد در فصول پر باران زمستان و بهار کمترین مقدار آلاینده‌ها و همچنین، کمترین دامنه‌ی تغییرات غلظت فراسنج‌های کیفی مشاهده می‌شود، اما در فصول پاییز و تابستان، به علت کاهش بارندگی و در نتیجه کاهش بدهی رود و با افزایش روند نیاز باغها و زمینهای کشاورزی به آبیاری، پساب کشاورزی وارد رود شده و در نتیجه بر غلظت و دامنه تغییرات آلاینده‌ها می‌افزاید.

3- بر اساس طبقه بندی ویلکاکس کیفیت آب در دهنو در ردیف C2S1 و در ایدنک در ردیف C3S1 قرار گرفته و در مجموع برای مصارف کشاورزی محدودیتی ندارد.

4- با کاربرد GIS، امکان بررسی بین اجزای مختلف کیفیت آب و منابع آلوده کننده در بعد مکانی و زمانی وجود دارد، و می‌توان درک بهتری را از مجموعه‌ی عوامل آلوده کننده‌ی رود به صورت تصویری داشت. با توجه به پویایی این نقشه‌ها و با افزودن اطلاعات ماهانه، بهنگام تهیه نیاز به ترسیم مداوم نقشه‌ی از بین می‌رود.

کاربردترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات آبشناسی است، زیرا در نمودار ویلکاکس، محور افقی به شوری آب (بر حسب میکروزمینس بر سانتی‌متر) و محور عمودی به نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد. برای بررسی کیفیت آب رود مارون، نمودار ویلکاکس نمونه‌های آب در هر دو ایستگاه منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی ترسیم گردیدند (شکل‌های 6 و 7). همان‌گونه که در نمودار ویلکاکس منابع آب رود مارون مشخص گردیده است، نمونه‌های آب ایستگاه ایدنک در ردیف C3S1 و ایستگاه دهنو در ردیف C2S1 قرار گرفته‌اند.

مقایسه‌ی داده‌های ایستگاه‌های ایدنک و دهنو با جدول (4) نشان می‌دهد که آب ایستگاه ایدنک و دهنو دارای خطر قلیایی شدن کم بوده و در محدوده‌ی S1 قرار می‌گیرد. همچنین، بر اساس جدول (5)، کیفیت آب ایستگاه دهنو از نظر خطر برای خاک در ردیف C2، و ایستگاه ایدنک در ردیف C3 قرار می‌گیرد.

در جدول (6)، حداقل، میانگین و بیشترین EC (بر حسب میکروزمینس بر سانتی‌متر) و SAR در دو ایستگاه ایدنک و دهنو ارائه گردیده‌اند، همان‌طور که مشاهده می‌گردد، بطور کلی، از لحاظ دو فراسنج ذکر شده، ایستگاه دهنو دارای مقادیر پایینتری نسبت به ایستگاه ایدنک است، و لذا کیفیت آب این ایستگاه نیز از نظر کشاورزی بهتر می‌باشد.

طبقه بندی آب آبیاری بر اساس پایه‌ی فائو بر اساس اندازه‌ی شوری و کل مواد جامد محلول آب است فائو (1985). بر این اساس کیفیت آب در ایستگاه دهنو بدون مشکل شوری و در ایستگاه ایدنک در گروه شوری کم قرار می‌گیرد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که:

1- از نظر مکانی هر چه از سرشاخه دهنو در منطقه‌ی کوهستانی به انتهای حوضه‌ی دشت ایدنک



جدول 2- مقادیر بی کربنات.

ایستگاه دهنو	ایستگاه ایدنک	سال
-1/82	-3/26	1379
-2	-3/47	1380
-3/3	-1/67	1381
-3/39	-1/43	1382
-3/29	-1/65	1383

جدول 3- مقادیر Ca/Mg نمونه‌های آب زیرزمینی.

ایستگاه دهنو	ایستگاه ایدنک	سال
1/88	2/78	1379
1/36	2/76	1380
2	2/87	1381
2/58	2/78	1382
2/58	3/5	1383

جدول 4- طبقه‌بندی آب جهت کشاورزی بر اساس نسبت جذب سدیم (SAR) و یا خطر قلیایی شدن (Miller و همکاران 1984).

SAR < 10	S1	خطر قلیایی شدن کم
SAR = 10-18	S2	خطر قلیایی شدن متوسط
SAR = 18-26	S3	خطر قلیایی شدن زیاد
SAR > 26	S4	خطر قلیایی شدن خیلی زیاد

جدول 5- طبقه‌بندی آب جهت کشاورزی بر اساس هدایت الکتریکی EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) (Bucher, Stober, 1999).

ΣAP			EX			ایستگاه
بیشترین	میانگین	کمترین	بیشترین	میانگین	کمترین	
2/26	1/93	1/47	971	918	816	ایستگاه ایدنک
0/25	0/2	0/16	535	471	417	ایستگاه دهنو

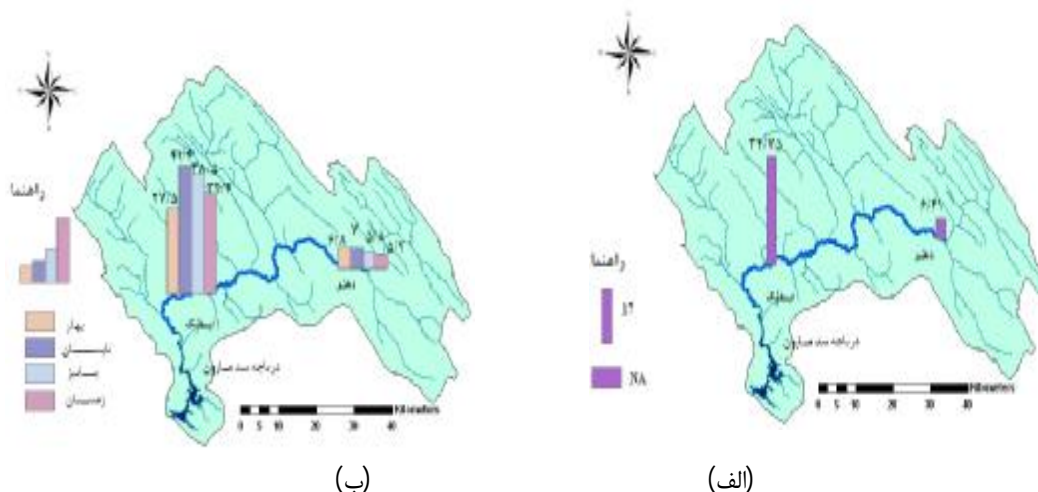
(1999).

EC	طبقه	کیفیت از نظر خطر برای خاک
100 - 250	C1	کم
250 - 750	C2	متوسط
750 - 2250	C3	زیاد
2250 >	C4	خیلی زیاد

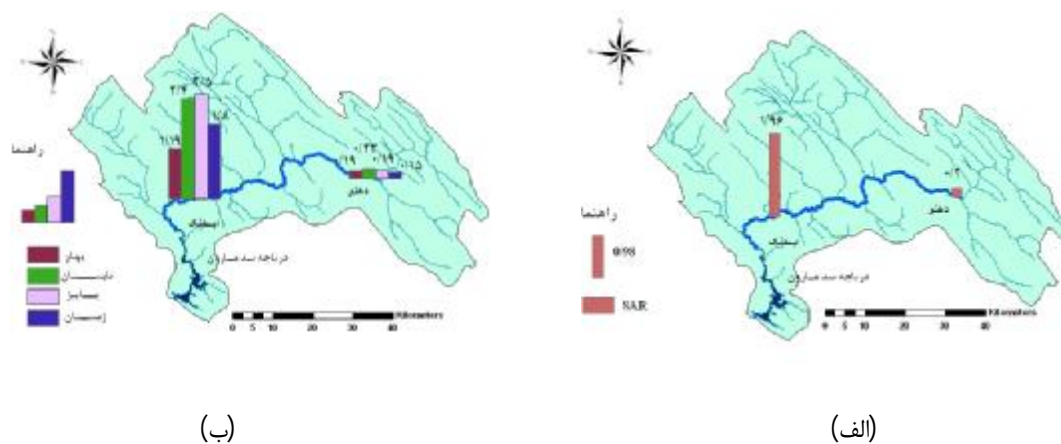
جدول 6- مقایسه کمترین، میانگین و بیشترین EC (بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و SAR در دو ایستگاه ایدنک و دهنو.

## جدول 7- طبقه‌بندی آب آبیاری با کاربرد روش فائو.

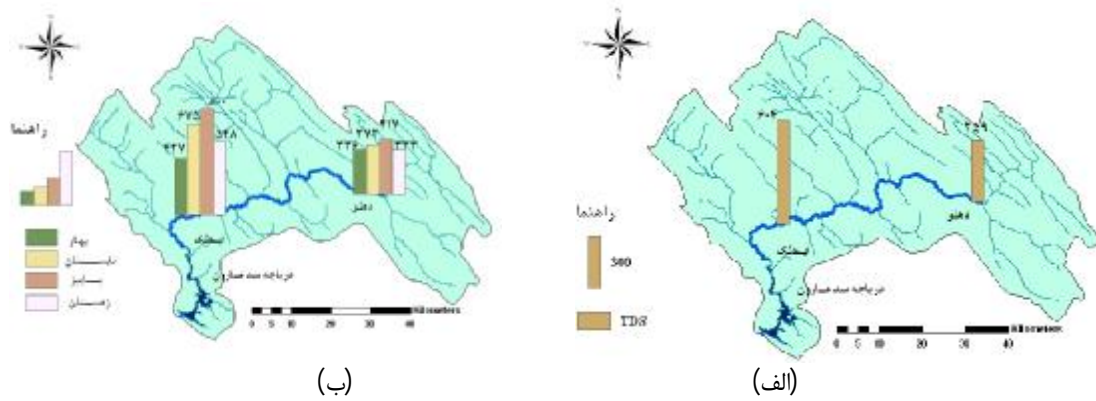
نوع آب	EC (میکروزیمنس بر سانتی متر)	TDS (میلی گرم در لیتر)
شوری کم	700 - 3000	500 - 2000
شوری متوسط	3000 - 6000	2000 - 4000
شوری زیاد	> 6000	> 4000
شوری خیلی زیاد	> 14000	> 9000
آب نمک	> 42000	> 30000



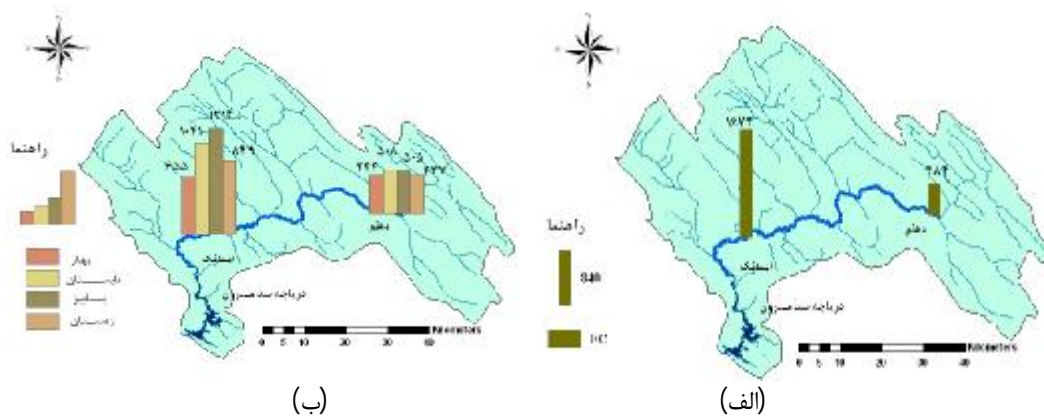
شکل 8- (الف) میانگین پنج ساله ی Na (ب) میانگین تغییرات فصلی Na.



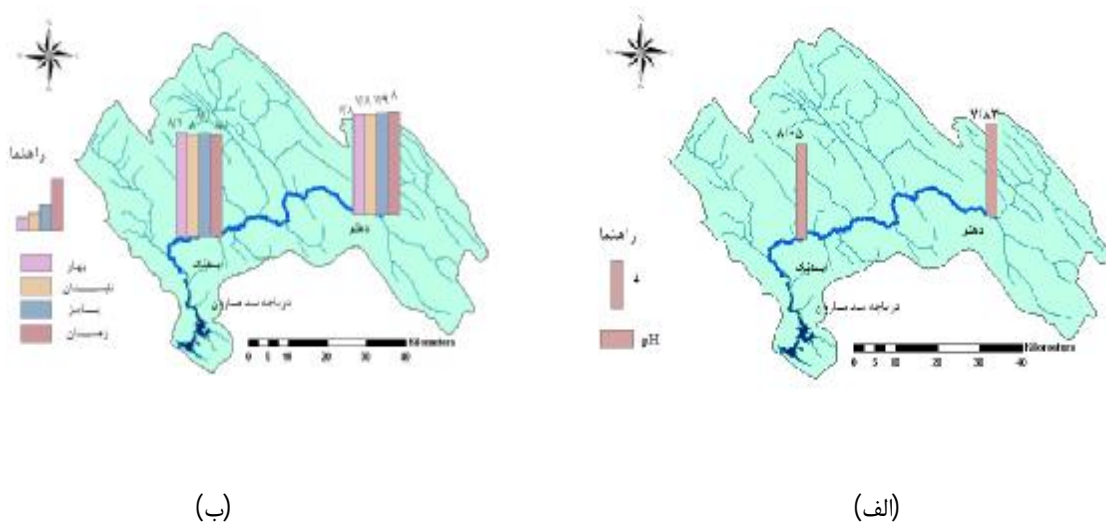
شکل 9- (الف) میانگین پنج ساله ی SAR (ب) میانگین تغییرات فصلی SAR.



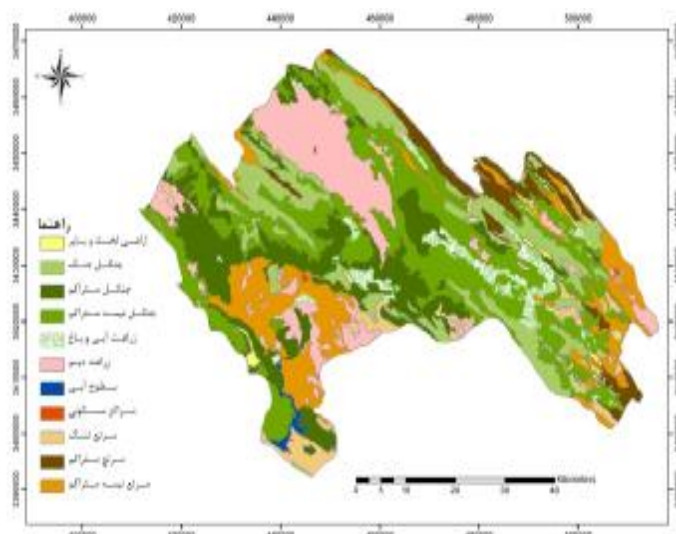
شکل 10- (الف) میانگین پنج ساله‌ی TDS (ب) میانگین تغییرات فصلی TDS.



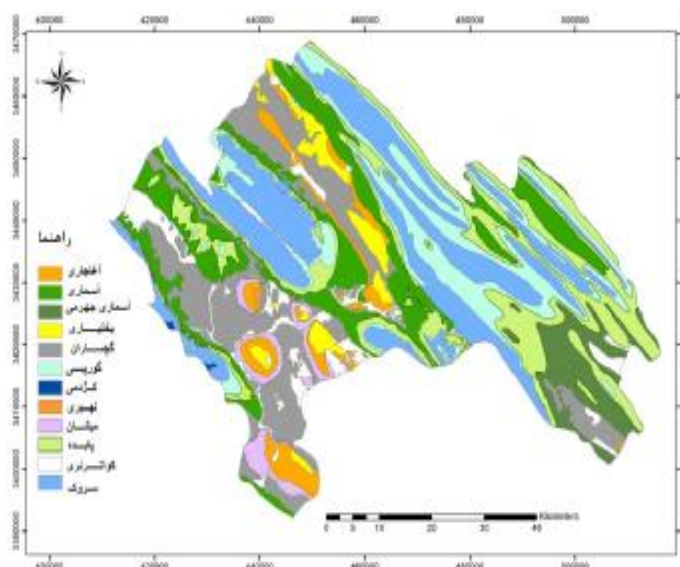
شکل 11- (الف) میانگین پنج ساله‌ی EC (ب) میانگین تغییرات فصلی EC.



شکل 12- (الف) میانگین پنج ساله‌ی pH (ب) میانگین تغییرات فصلی pH.



شکل 13- نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه.



شکل 14- نقشه‌ی سازندهای زمین شناسی منطقه.

4. برآورد آلودگی رودها با روش شبیه‌سازی عددی از قبیل QUAL2E انجام و روشهای کاهش در نظر گرفته شود.

#### منابع

1. پوی، س و همکاران 1382، مهندسی محیط زیست، ترجمه محمد علی کی نژاد و سیروس ابراهیمی.
2. دستورالعمل پایش کیفیت آبهای سطحی (جاری). 1388. وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا. نشریه‌ی شماره (25) 203-225.

#### پیشنهادات

1. آلاینده‌های موجود در آب رودها به صورت منظم در زمان‌های مشخص اندازه‌گیری و واپایش گردند.
2. مطالعاتی در زمینه آلودگیهای رسوبات بستر رودها انجام شود.
3. برآورد اندازه‌ی آلاینده‌ها در مصب رودها با توجه به لخته سازی عناصر سنگین در نظر گرفته شود.

11. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 1985 FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.htm>
12. Karanth, K.R. 2001. Groundwater assessment, development, and management. Tata McGraw-Hill, N.Y.
13. Mortimer, R., G.R. Cannell, and R.S. Addison. 1977. Methimazole and propylthiouracil equally cross the perfused human term placental lobule. *J Clin Endocrinol Metab.* 82: 3099-106.
14. Teraoka, H., and M. Ogava. 1984. Behavior of elements in the Takahashi, Japan river basin. *J. Environ. Qual.* 13:453-459.
15. Miller, W.W., J.C. Guitjens, and C.N. Mahannah. 1984. Water quality of irrigation and surface return flows from flood-irrigated pasture and alfalfa hay. *J. Environ. Qual.* 13: 543-548.
16. Stober, I., and K. Bucher. 1999. Deep groundwater in the crystalline basement of the Black Forest region. *Appl. Geochem.* 14: 237-254.
3. شریعت، م. و م. منوری. 1375. مقدمه‌ای بر ارزیابی اثرات زیست محیطی، سازمان حفاظت محیط زیست.
4. رحیمی، آ. 1383. شبکه‌های پایش کیفیت آب، مجله‌ی آب و محیط زیست، شماره 51(30).
5. چیت‌سازان، م.، ی. میرزایی، س. عطائی زاده و م. درانی نژاد. 1386. بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت دالون - سرله با استفاده از GIS. همایش ژئوماتیک.
6. علیزاده، ا. 1382. اصول هیدرولوژی کاربردی (جلد چهارم)، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی. 736.
7. موسوی، ر.، ر. میرگلوی بیات، ص. معروفی، و ح. زارع ایبانه. 1388. ارزیابی کیفیت آب و تیپ هیدروشیمیایی رودهای نکا، تجن و سفید رود از نظر شرب و کشاورزی. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی.
8. نصرالله زاده، ح.، و آ. واردی. 1381. بررسی کیفیت آب رود تجن با استفاده از منحنی شاخص کیفیت، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رود جلد دوم، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، 903.
9. Chapman, D. 1996. Water quality assessment. E&FN spon, an imprint of Chapman & Hall. 2nd.
10. Dasilva, A.M.M., and S.L. Buenno. 2001. Using chemical and physical parameters to define quality of Parado River water (Botucatu- sp- Brazil), *Wat. Res. Elsvier Sience* 35: 1609-1616.

