

## بررسی اثرات تغییرات بارش بر وضعیت کیفی آب رودخانه سزار جهت شرب و کشاورزی

مهران لشنی‌زند\*

استادیار مرکز تحقیقات و کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان

بهر روز پروانه

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد

مهین مرادی راد

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۰ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۳/۳۰

### چکیده

تغییرات اقلیمی از جمله بارش در طول چند دهه اخیر به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر میزان کمی آب رودخانه‌ها، آلودگی آب و هوا و کاهش توان منابع خاک، بسیار حائز اهمیت است. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات بارش بر وضعیت کیفی رودخانه سزار انجام گرفته است. برای انجام این پژوهش پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، قلیائیت (pH)، کل مواد جامد محلول (TDS)، سولفات ( $SO_4$ )، نسبت جذب سدیمی (SAR)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، کلر (Cl)، غلظت یون‌های بی کربنات ( $HCO_3$ ) و سختی کل (TH) ۱۲ ایستگاه هیدرومتری حوضه سزار طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۸۰-۱۳۶۱) به صورت روزانه استخراج شد. سپس برای همگنی و آزمون روند داده‌ها از نرم افزار SPSS، به منظور تعیین روابط همبستگی از نرم افزار EXCEL و برای بررسی کیفیت آب ایستگاه‌ها به منظور شرب، کشاورزی و تعیین تیپ شیمیایی از نرم افزار G.W.W استفاده گردید. برآزش خطی و غیر خطی داده‌های روزانه ۱۲ ایستگاه محدوده پژوهشی، ارتباط معنی داری بین بارش با پارامترهای کیفیت در روزهای دارای بارندگی در ۱۲ ایستگاه، دبی با پارامترهای کیفیت در روزهای دارای بارندگی در ۱۱ ایستگاه، دبی با پارامترهای کیفیت در روزهای فاقد بارندگی در ۱۲ ایستگاه و بارش ۲۴ ساعت قبل و پارامترهای کیفیت را در همه ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. بهترین مدل در برآزش داده‌ها با مبنا قرار دادن ضریب همبستگی، مدل چند جمله ای درجه ۲ بود. بر اساس دیاگرام های شولر و ویلکوکس آب همه ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی برای شرب، خوب و برای کشاورزی، مناسب تشخیص داده شده‌اند و با توجه به دیاگرام پایپر تیپ و رخساره غالب آب‌های محدوده مورد مطالعه، بی کربنات کلسیک است که در رده آب‌های با سختی موقت قرار می‌گیرد. بررسی انجام شده در مورد اثرات بارش بر تغییرات کیفی آب رودخانه سزار در این پژوهش نشان داد که ارتباط معنی داری بین بارش با دبی و پارامترهای کیفیت آب وجود دارد. این روابط حاکی از آن است که وقوع بارندگی و افزایش دبی، افزایش کیفیت آب رودخانه را به دنبال دارد.

واژگان کلیدی: رودخانه سزار، پارامترهای کیفیت آب، دیاگرام شولر، دیاگرام ویلکوکس، دیاگرام پایپر.

## مقدمه

آب مهم‌ترین منبع طبیعی در تامین نیازهای بشر است. اگر چه سطح وسیعی از کره زمین تحت پوشش آب است، تنها ۱٪ کل آب‌های کره زمین قابل بهره برداری است (چالکش امیری، ۱۳۸۱). بحث کیفیت آب برای اولین بار توسط هیلگارد<sup>۱</sup> مطرح شد، وی طبقه بندی آب براساس میزان مواد تشکیل دهنده آن را در سال ۱۹۰۶ پیشنهاد داد که بعدها این نظریه توسط کلی و براون<sup>۲</sup> در سال ۱۹۳۹ دنبال شد و سرانجام تایلر<sup>۳</sup> در سال ۱۹۵۰ معادله‌ای برای طبقه بندی آب براساس کیفیت آب پیشنهاد کرد (سیف و بانژاد، ۱۳۸۸). شناخت آب از نظر کیفیت، کمیّت و چگونگی حصول آن قدمی اساسی در جهت بهینه سازی مصرف است. عمده فعالیت‌های آب‌شناسی در جهت تأمین آب برای مصارف کشاورزی و یا شرب و صنعت می‌باشد که هر کدام به لحاظ کیفی می‌بایست دارای ویژگی‌های کیفی و معیارهای مشخص باشند (علیزاده، ۱۳۸۵). کیفیت آب در بخش شرب، کشاورزی و صنعت منای بسیاری از محاسبات و برنامه ریزی‌های مدیریت منابع آب است. عوامل طبیعی و انسانی در هر منطقه سبب تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در کیفیت منابع آب می‌شود. به علت اهمیت کیفیت آب از نظر شرب، کشاورزی و صنعت، کارهای بسیاری در این زمینه انجام شده است. ربرو و آراجو (۲۰۰۲) با استفاده از مدل سازی ریاضی اقدام به بررسی پارامترهای موثر کنترل کیفیت آب رودخانه بیریب استوری برزیل کردند. نتایج پژوهش نشان داد که جریان رودخانه مهمترین فاکتور کنترل کیفیت آب رودخانه بیریب استوری برزیل می‌باشد. ژائو و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه آب زیرزمینی منطقه هوتان چین و با مدل رگرسیون دو متغیره در محیط نرم افزاری SPSS روابطی را برای برآورد غلظت املاح از روی سختی کل، شوری، قلیائیت و هدایت الکتریکی املاح ارائه دادند. صفری و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی کیفیت منابع آب شهرستان میانه نشان دادند که آب کلیه چاه‌های میانه قابل قبول و مناسب برای شرب است و هیچ‌گونه آلودگی میکروبی ندارد. زارع ایبانه و همکاران (۱۳۸۷) با مدل‌های رگرسیونی ارتباط بین املاح باقیمانده و دبی رودخانه زاینده رود را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان از بالا بودن ضریب همبستگی معادلات درجه ۲ بود.

بیات‌ورکشی و همکاران (۱۳۸۸) با مینا قرار دادن شاخص لانژلیر، به بررسی وضعیت کیفی آب حوزه آبریز قره‌چای همدان اقدام نمودند که نتایج نشان داد، آب کلیه ایستگاه‌های این حوزه دارای خاصیت رسوب گذاری و غالب بودن تیپ کربنات کلسیم و سولفات است. وفاخواه و صادقی (۱۳۸۸) با استفاده از تحلیل رگرسیونی در نرم افزار SPSS در بررسی ارتباط بین پارامترهای شیمیایی کیفیت و دبی آب در رودخانه هراز پی بردند که رابطه بین پارامترهای شیمیایی آب و دبی در حالت لگاریتمی معنی‌دار بوده و از نظر کیفیت آب برای شرب، آب رودخانه هراز در ایستگاه کرسنگ جزء آب‌های با کیفیت خوب و در رودخانه نارستاق، ایستگاه پنجاب با کیفیت خوب تا قابل قبول بوده و کیفیت آب این ایستگاه از نظر کشاورزی خوب می‌باشد. در نگرش جدید جهانی آب کالایی اقتصادی - اجتماعی و به عنوان نیاز اولیه انسان محسوب می‌شود. وجود برخی از املاح در آب برای سلامتی انسان ضروری است و این در حالی است که مقدار بیش از حد مجاز آن‌ها سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت. بنابراین وجود آب آشامیدنی سالم ضامن سلامتی جامعه است و اولین قدم در شناخت آب، بررسی پارامترهای آب شرب است (بانک جهانی، ۲۰۰۴). در بررسی اثرات تغییرات بارش بر وضعیت کمی و کیفی آب رودخانه‌ها، حوضه سزار با توجه به منابع آبی غنی و دائمی که در خود دارد می‌تواند سهم مهمی را در پویایی و شکوفایی پتانسیل‌های مهم در استان لرستان داشته باشد. در این پژوهش اثرات تغییرات بارش بر وضعیت کیفیت منابع آب سزار جهت شرب و کشاورزی، با توجه به روش رگرسیونی که به‌عنوان روش برتر در بررسی یک متغیر مستقل بر متغیرهای وابسته شناخته شده، مورد بررسی قرار گرفته است.

1-Hilgard

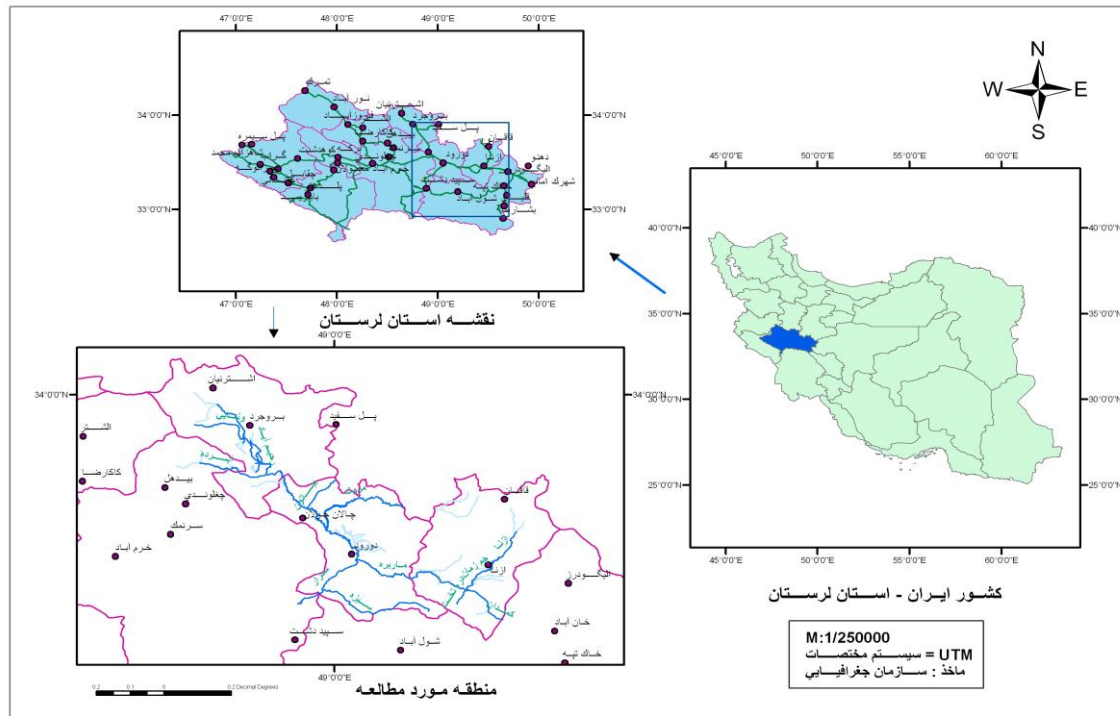
2-Kely & Brown

3- Taeler

## داده‌ها و روش‌ها

محدوده مطالعاتی مورد نظر در بخشی از حوضه آبخیز رودخانه دز قرار گرفته که زهکش اصلی آن را رودخانه سزار تشکیل می‌دهد. موقعیت کلی این محدوده دارای مختصات طول شرقی از  $48^{\circ}36'$  تا  $49^{\circ}33'$  و عرض شمالی  $33^{\circ}30'$  تا  $33^{\circ}54'$  می‌باشد که وسعتی معادل  $9434$  کیلومتر مربع را در خود جای می‌دهد. از نظر تقسیمات سیاسی-اداری جز استان لرستان بوده که قسمت اعظم آن در مناطق کوهستانی واقع بوده و بخش دیگری از آن شامل دشت‌های خرم‌آباد، بروجرد، دورود، ازنا و الیگودرز می‌باشد. رودخانه سزار دارای آب دائمی فراوانی است و از کانون‌های آبیگری دائمی لرستان، خصوصاً کانون‌های آبیگری دائمی اشتهرانکوه، کازینستان و گرین تغذیه می‌نماید. با توجه به آمارهای اخذ شده از شرکت آب منطقه‌ای استان، دوازده ایستگاه هیدرومتری حوضه آبریز سزار تا بعد از ورود رودخانه سبزه به آن به‌عنوان یک محدوده مطالعاتی مستقل در نظر گرفته شده و داده‌های آماری مربوط به این دوازده زیرحوضه سزار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سزار نمایش داده شده است.

با توجه به اثرات بارش بر تغییرات آب رودخانه‌ها اعم از کمی و کیفی، در این پژوهش اقدام به بررسی ارتباط و اثرات بارش بر پارامترهای کیفیت آب محدوده‌ی پژوهشی سزار، به‌صورت روزانه شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا اندازه-گیری‌های روزانه ۱۱ پارامتر کیفیت شامل هدایت الکتریکی (EC)، قلیائیت (pH)، کل مواد جامد محلول (TDS)، سولفات (SO<sub>4</sub>)، نسبت جذب سدیمی (SAR)، کلسیم (Ca)، منیزیم (mg)، سدیم (Na)، کلر (Cl)، غلظت یونهای بی کربنات (HCO<sub>3</sub>) و سختی کل (TH) ۱۲ ایستگاه هیدرومتری حوضه سزار طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۶۱-۱۳۸۰) به صورت روزانه استخراج شد. به منظور محاسبه روابط همبستگی و انجام تحلیل رگرسیونی در محیط نرم افزارهای SPSS, Excel کامل‌ترین دوره‌ی آماری هر ایستگاه برای تمام پارامترهای کیفیت آب، بارش و دبی، حتی الامکان بدون نیاز به بازسازی داده‌ها در نظر گرفته شد.



شکل ۱. سیمای عمومی و موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی پژوهشی

برای انجام مراحل کار در محیط نرم افزار Excel اقدام به ثبت ۱۱ پارامتر کیفیت آب هر ایستگاه به صورت روزانه در یازده ستون و سپس دبی مربوط به تک تک روزها بعد از استخراج در ستون دوازدهم گردید و علاوه بر دبی، بارش هر کدام از روزها در صورت وقوع در ستون سیزدهم و بارش ۲۴ ساعت قبل در ستون چهاردهم ثبت شد.

در ادامه پژوهش برای هر ایستگاه، ابتدا بارش و دبی (به عنوان متغیر مستقل) و پارامترهای کیفیت آب ایستگاهها در روزهای بارندگی (به عنوان متغیر وابسته)، سپس دبی (به عنوان متغیر مستقل) با پارامترهای کیفیت آب ایستگاهها (به عنوان متغیر وابسته) در روزهای فاقد بارندگی، دبی و بارش (به عنوان متغیر مستقل) با پارامترهای کیفیت آب ایستگاهها (به عنوان متغیر وابسته) در روزهای که تا ۲۴ ساعت قبل بارندگی رخ داده و در آخر بارش همهی ایستگاهها (به عنوان متغیر مستقل) و دبی همهی ایستگاهها (به عنوان متغیر وابسته) مورد بررسی قرار گرفته است.

سپس برای انجام روابط همبستگی و تحلیل رگرسیونی با بهره گیری از مدل های خطی، لگاریتمی، چند جمله ای، توانی و نمایی با مینا قرار دادن ضریب همبستگی و با مراجعه به جدول معنی دار بودن I چگونگی وجود رابطه معنی دار بین متغیرها بررسی شد. وجود برخی از املاح در آب برای سلامتی انسان ضروری است و این در حالی است که مقدار بیش از حد مجاز آنها سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت. بنابراین وجود آب آشامیدنی سالم ضامن سلامتی جامعه است و اولین قدم در شناخت آب، بررسی کیفیت پارامترهای آب شرب است (Kawamura, ۱۹۹۱). در ادامه، با توجه به اهمیت رودخانه سزار به عنوان یکی از منابع تأمین آب استان لرستان و مهم ترین منبع تأمین آب رودخانه دز لازم دیده شد که نتایج تجزیه شیمیایی شامل هدایت الکتریکی، سختی کل، کل جامدات محلول، آنیون ها (بی کربنات، سولفات، کلر)، کاتیون ها (سدیم، منیزیم، کلسیم)، نسبت جذب سدیم و اسیدیته آب در ۳ دیاگرام شولر، ویلکوکس و پایپر با استفاده از نرم افزار G.W.W مورد بررسی قرار می گیرد. لذا جهت تعیین کیفیت منابع آب برای شرب از نمودار شولر استفاده شده است. در نمودار شولر برای هر یک از مقادیر کاتیون ها (Na, Ca, Mg) و آنیون ها ( $\text{HCO}_3$ , Cl) و نیز درجه سختی آب (TH) محور جداگانه ای در نظر گرفته می شود که با تعیین آنها در آزمایشگاه و اتصال نقاط متناظرشان روی این محورها می توان به درجه تناسب آب شرب پی برد.

نمودار شولر یا نمودار لگاریتمی از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه و نشان دادن تعداد زیادی نمونه در یک برگ در ایران بیشتر معمول است. در این نمودار مقادیر یون ها را در ستون های قائم نشان می دهند. ضمناً تقسیمات ستون ها لگاریتمی بوده و نتایج آنالیز شیمیایی آب ها را به صورت خط شکسته در این نمودار نشان می دهند (صداقت، ۱۳۸۵). جهت طبقه بندی آب از لحاظ کشاورزی از نمودار ویلکوکس استفاده شد. مهم ترین معیارهای کیفی در طبقه بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن می باشد. مبنای دیاگرام ویلکوکس، هدایت الکتریکی کل املاح و نسبت جذب سدیم است در این روش کیفیت شیمیایی آب از نظر شوری و سدیمی بررسی می گردد (فائو، ۱۹۸۵).

روش طبقه بندی ویلکوکس و استفاده از نمودار آن کاربردی ترین روش برای طبقه بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است. جهت تعیین تیپ آب از نمودار پایپر استفاده شده است. در طبقه بندی پایپر آب ها بر اساس کاتیون ها به سه رخساره منیزی، کلسیمی، سدیمی و نیز بر پایه آنیون ها به سه تیپ بی کربنات، سولفات و کلروره تقسیم بندی می شوند (طلایی، ۱۳۸۵). جهت تعیین نوع آب، رخساره های هیدروشمیایی و مسیره های تکامل ژئوشیمیایی مورد استفاده دارد (Kehew, ۱۹۹۱). این نمودار ترکیبی از دو میدان مثلثی و یک میدان لوزی است. درصد کاتیون ها و آنیون ها در میدان مثلثی و موقعیت ترکیبی آنها در میدان لوزی قرار می گیرد. در نمودار پایپر، مثلث آنیون ها و کاتیون ها هر کدام شامل ۵ تیپ آب است که از اتصال ۵۰ درصد اضلاع متقابل به یکدیگر حاصل می شوند. میدان لوزی پایپر با ۸ منطقه رخساره آب، که ۴ رخساره از اتصال نقاط ۱۰ درصد به موازات اضلاع لوزی و ۴ رخساره دیگر از اتصال نقاط ۵۰ درصد به دست می آیند (عباسی و امیری فر، ۱۳۸۸).

## نتایج

بررسی‌های انجام شده در مورد اثرات بارش بر تغییرات کمی و کیفی آب رودخانه سزار در این پژوهش نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین بارش با دبی و سایر پارامترهای کیفیت آب وجود دارد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱، در برازش داده‌ها ۶۲ درصد مدل‌ها به مدل چند جمله‌ای درجه دو، ۱۶ درصد از مدل‌ها به مدل نمایی، ۱۰ درصد به مدل توانی، ۸ درصد به مدل لگاریتمی و در نهایت ۴ درصد به مدل خطی تعلق دارد. مدل‌های رگرسیونی ارتباط بین بارش و دبی و پارامترهای کیفیت آب ایستگاه‌های محدوده‌ی مطالعاتی سزار را مورد بررسی قرار دادند که بیش از ۶۰ درصد نتایج آن‌ها، نشان از بالا بودن ضریب همبستگی معادلات درجه ۲ بود. بررسی ارتباط بین بارش و دبی با پارامترهای کیفیت آب در این پژوهش، توجه به این نکته را ملموس‌تر کرد که تشخیص ارتباط بین این مقوله‌ها با یکدیگر در هر رودخانه نیاز به بررسی‌های جداگانه داشته و داشتن رابطه بین دو متغیر از رودخانه‌ای به رودخانه دیگر هر چند با اقلیم مشابه، متفاوت است و قابل تعمیم نیست. مثلاً بارش و SAR به‌عنوان متغیر مستقل و وابسته در ایستگاه گله‌رود ونایی رابطه معنی‌داری را نشان داده‌اند. اما همین متغیرها در ایستگاه هم‌جوار (سراب سفید ونایی) فاقد رابطه معنی‌دار بوده‌اند.

جدول ۱. نتایج حاصل از برازش و بررسی ارتباط و اثرات بارندگی و دبی با پارامترهای کیفیت آب در حوضه سزار در روزهای دارای بارندگی

روزهای دارای بارندگی															
رودخانه	بارش					دبی									
	مجموع پارامترها	پارامترهای معنی‌دار	نوع رابطه					مجموع پارامترها	پارامترهای معنی‌دار	نوع رابطه					
			خطی	لگاریتمی	توانی	جوانی	چندجمله‌ای درجه ۲			خطی	لگاریتمی	توانی	جوانی	چندجمله‌ای درجه ۲	
آبسرده	۱۱	۴					۴	۱۱	۴			۱			۳
ازناچم زمان	۱۱	۵					۵	۱۱	۷	۱	۱	۲			۳
بیاتون	۱۱	۱					۱	۱۱	۳				۱		۲
تیره دورود	۱۱	۲					۲	۱۱	۱۱			۴	۳		۴
تیره مروک	۱۱	۵				۱	۴	۱۱	۴			۲			۲
دره تخت	۱۱	۸		۲		۵	۱	۱۱	۴						۴
سبزه	۱۱	۳	۱				۲	۱۱	۶			۲	۳		۱
سراب سفید	۱۱	۴	۱				۳	۱۱	۵				۱		۴
سیلاخور	۱۱	۳				۲	۱	۱۱	۹	۱	۷	۱			
کمندان	۱۱	۱۰			۳		۷	۱۱	۳		۱				۲
گله رود	۱۱	۷			۳	۱	۳	۱۱	۸			۱			۷
ماربره دره تخت	۱۱	۹		۲			۷	۱۱							

نتایج نهایی حاصل از برازش و بررسی ارتباط و اثرات بارندگی و دبی با پارامترهای کیفیت آب در حوضه سزار در روزهای دارای بارندگی که در جداول (۱ و ۲) آمده است، نشان می‌دهد در مجموع ۶۲ مورد ارتباط معنی‌دار بین بارش و پارامترهای کیفیت آب و ۶۴ مورد ارتباط معنی‌دار بین دبی و پارامترهای کیفیت آب وجود دارد. نکته قابل توجه در این جدول پارامترهای معنی‌دار دبی و بارش، از نظر تعداد بود که فقط در ایستگاه آبسرده تعداد پارامترهای معنی‌دار بارش و دبی با هم مساوی بودند و در بقیه‌ی ایستگاه‌ها از نظر تعداد ارتباط معنی‌داری بارش و دبی با سایر پارامترها تقریباً رابطه‌ی عکس وجود داشت. مثلاً در ایستگاه سیلاخور ۳ مورد ارتباط معنی‌دار بین بارش و سایر پارامترها و ۹ مورد ارتباط معنی‌دار بین دبی و سایر پارامترها وجود داشت. اما در ایستگاه کمندان ۱۰ مورد ارتباط معنی‌دار بین بارش و سایر

پارامترها و ۳ مورد ارتباط معنی‌داری بین دبی و سایر پارامترها مشاهده می‌شود. در رابطه با بالاترین و پایین‌ترین ضریب همبستگی پارامترها با بارش می‌توان به پارامترهای  $\text{HCO}_3$ , T.D.S در ماربره دره تخت و Ca دره تخت با ۰/۹۷ به- عنوان بالاترین و TH با ۰/۲۹ در ایستگاه سیلاخور به‌عنوان پایین‌ترین ضریب همبستگی اشاره نمود. بالاترین ضریب همبستگی معنی‌دار با دبی، Cl در ایستگاه ازناچم زمان با ۰/۹۹ و پایین‌ترین میزان ضریب همبستگی، SAR ایستگاه سیلاخور به میزان ۰/۳۵ می‌باشد. با بررسی نتایج نهایی حاصل از برآزش و بررسی ارتباط و اثرات دبی بر پارامترهای کیفیت آب حوضه سزار در روزهای فاقد بارندگی که در جدول ۳ آمده است ۷۸ مورد ارتباط معنی‌دار بین دبی و پارامترهای کیفیت آب دیده می‌شود که ۶۰ درصد مجموع پارامترهای همه‌ی ایستگاه‌ها است.

**جدول ۲.** بررسی توصیفی همبستگی (r) در روزهای دارای بارندگی حاصل از بررسی ارتباط و اثرات بارش و دبی بر پارامترهای کیفیت آب در حوضه سزار

روزهای دارای بارندگی								
رودخانه	بارش				دبی			
	بالاترین معنی‌دار (R)	پارامتر	پایین‌ترین معنی‌دار (R)	پارامتر	بالاترین معنی‌دار (R)	پارامتر	پایین‌ترین معنی‌دار (R)	پارامتر
آبسرده	۰/۷۸	Ca	۰/۴۵	Mg	۰/۵۴	SO4	۰/۴۶	Ca
ازناچم زمان	۰/۹۲	Ca	۰/۵۹	SO4	۰/۹۲	Cl	۰/۵۲	pH
بیاتون	۰/۴۰	Cl	-	-	۰/۶۰	SO4	۰/۴۰	Cl
تیره دورود	۰/۳۹	PH	۰/۳۸	Mg	۰/۷۴	T.D.S	۰/۵۰	Na
تیره مروک	۰/۷۳	T.D.S و EC	۰/۶۶	TH	۰/۴۹	Ca	۰/۴۴	Mg
		HCO3						
دره تخت	۰/۹۷	Ca	۰/۶۷	SAR	۰/۸۵	pH	۰/۷۹	SAR
سبزه	۰/۶۳	Ca	۰/۵۲	Mg	۰/۷۵	Cl	۰/۴۷	pH
سراب سفید	۰/۵۵	T.D.S	۰/۵۰	HCO3	۰/۶۷	Na	۰/۴۹	TH
سیلاخور	۰/۵۰	Mg	۰/۲۹	TH	۰/۶۳	Cl	۰/۳۵	SAR
کمندان	۰/۹۶	Cl	۰/۶۳	Mg	۰/۸۹	SO4	۰/۶۶	SAR
گله رود	۰/۶۴	SAR	۰/۵۱	Cl	۰/۶۲	HCO3	۰/۴۸	Cl
ماربره دره تخت	۰/۹۷	HCO3	۰/۵۴	Ca	۰/۵۴	-	-	-
		T.D.S						

بالاترین میزان همبستگی مربوط به ارتباط Mg با دبی ایستگاه دورود با ضریب ۰/۷۱ و پایین‌ترین میزان همبستگی مربوط به ارتباط Cl با دبی ایستگاه ماربره دره تخت با ضریب ۰/۲۳ می‌باشد. از نظر ارتباط معنی‌دار نوع و تعداد پارامترها با دبی می‌توان به Mg در ۳ مورد، pH در ۲ مورد، TH در ۲ مورد و Ca، Na، EC، هر کدام در ۱ مورد اشاره کرد.

## جدول ۳. نتایج حاصل از برازش و بررسی ارتباط و اثرات دبی بر پارامترهای کیفیت آب حوضه سزار در روزهای فاقد بارندگی

روزهای فاقد بارندگی							بالاترین R معنی دار	پارامتر	پایین ترین R معنی دار	پارامترها
دبی										
رودخانه	مجموع پارامترها	پارامترهای معنی دار	نوع رابطه							
			رابطه	کارایی	نقطه	نوع				
						نقطه				
آبسرده	۱۱	۳				۳	۰/۳۷	Mg	۰/۲۱	EC
ازناچم زمان	۱۱	۹	۱			۴	۰/۵۰	Mg	۰/۲۵	EC
بیاتون	۱۱	۱۰			۸	۲	۰/۵۶	EC	۰/۱۹	Cl
تیره دورود	۱۱	۹			۱	۲	۰/۷۱	Mg	۰/۲۳	pH
تیره مروک	۱۱	۱۱		۱		۲	۰/۶۶	pH	۰/۲۳	Ca
دره تخت	۱۱	۳			۱	۲	۰/۳۵	TH	۰/۲۳	Mg
سبزه	۱۱	۷		۱	۵	۱	۰/۶۶	Cl	۰/۳۲	Mg
سراب سفید	۱۱	۴				۱	۰/۵۲	Ca	۰/۲۶	TH
سیلاخور	۱۱	۱۰	۱		۲	۷	۰/۴۸	CO3	۰/۲۳	TH
کمندان	۱۱	۳	۱			۲	۰/۴۰	Na	۰/۲۴	SO4
گله رود	۱۱	۵	۱	۱		۲	۰/۵۲	TH	۰/۴۱	Mg
ماربره دره تخت	۱۱	۴				۴	۰/۳۴	pH	۰/۲۳	Cl

بررسی توصیفی همبستگی R در بارندگی ۲۴ ساعت قبل و پارامترهای کیفیت که در جداول شماره ۵ و ۴ آمده است ۵۶ مورد رابطه معنی دار بارش با پارامترهای کیفیت و ۸۱ مورد رابطه معنی دار دبی با پارامترهای کیفیت را نشان می‌دهد. بالاترین ضریب همبستگی بارش و پارامترهای کیفیت را در ایستگاه‌های تیره دورود،  $\text{HCO}_3$  به میزان همبستگی ۰/۹۹، ازنا چم زمان،  $\text{HCO}_3$  به میزان همبستگی ۰/۹۹، سبزه چم چیت، Na و  $\text{SO}_4$  به میزان همبستگی ۰/۹۹ و دره تخت،  $\text{SO}_4$  به میزان ضریب همبستگی ۰/۹۹ قابل ملاحظه است. ارتباط معنی دار بین دبی و پارامترهای کیفیت در بارندگی ۲۴ ساعت قبل بالاترین R معنی دار را در ایستگاه‌های تیره دورود با ضریب همبستگی ۰/۹۹ مربوط به  $\text{HCO}_3$ ، Na، Ca، SAR، و در ایستگاه سبزه چم چیت مربوط به پارامترهای  $\text{HCO}_3$  و pH و در ایستگاه دره تخت مربوط به پارامتر  $\text{SO}_4$  نشان می‌دهد. درمقایسه بین تعداد معنی داری بارش و دبی با پارامترهای کیفیت آب ایستگاه‌ها، تعداد دبی‌های معنی دار بیشتر بوده است ولی با این تفسیر، باز هم می‌توان گفت علاوه بر دبی با توجه به تعداد بارش های معنی دار، بارش نیز تاثیر بسزایی بر تغییرات کیفیت آب ایستگاه‌های محدوده پژوهشی دارد.

طبق دیاگرام شولر در جدول ۶ آب همه ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی از لحاظ همه کاتیون‌ها و آنیون‌ها خوب است و کیفیت آب همه ایستگاه‌ها بر اساس سختی در رده سخت تا نسبتاً سخت قرار داشته و قابل شرب هستند. البته ایستگاه کمندان نیز نرم بودن آب آن از حد مجاز کمتر بوده و برای شرب خوب تشخیص داده شده است. نتایج دیاگرام ویلکوکس برای همه ایستگاه‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است، که آب ایستگاه‌های دره تخت، سراب سفید ونایی و کمندان در مواردی دارای کلاس (C1-S1) است که شیرین و کاملاً بی ضرر برای کشاورزی است و در اکثر مواقع سال کلاس آب همه ایستگاه‌ها (C2-S1) تشخیص داده شد که کمی شور ولی برای کشاورزی مناسب است. طبق دیاگرام پایپر در جدول ۸ آب این رودخانه در همه ایستگاه‌ها بی کربنات کلسیک است که در رده آب‌های با سختی موقت قرار می‌گیرد و نشان دهنده بالا بودن مقدار کربنات آب همه ایستگاه‌ها است.

**جدول ۴:** نتایج حاصل از برازش و بررسی ارتباط و اثرات بارندگی ۲۴ ساعت قبل با دبی و پارامترهای کیفیت آب در حوضه سزار

بارندگی در ۲۴ ساعت گذشته													
رودخانه	بارش						دبی						
	مجموع پارامترها	پارامترهای معنی دار	نوع رابطه				مجموع پارامترها	پارامترهای معنی دار	نوع رابطه				چندجمله ای درجه ۲
			خطی	لگاریتمی	نمایی	توانی			خطی	لگاریتمی	نمایی	توانی	
آبسرده	۱۱	۶		۱		۵	۱۱	۳			۱	۱	۱
بیاتون	۱۱	۳			۲	۱	۱۱	۹		۷	۱		۱
تیره مروک	۱۱	۷			۳	۴	۱۱	۶			۲		۴
سراب سفید	۱۱	۳				۳	۱۱	۹	۱				۸
سیرلاخور	۱۱	۵	۲			۳	۱۱	۱۱	۲		۲		۷
تیره دورود	۱۱	۱۰			۳	۷	۱۱	۱۰		۳	۱	۱	۵
ازناچم زمان	۱۱	۶				۶	۱۱	۵		۱			۴
گله رود ونایی	۱۱	۳				۳	۱۱	۳					۳
سبزه چم چیت	۱۱	۳				۳	۱۱	۱۰					۱۰
دره تخت	۱۱	۵				۵	۱۱	۹					۹
ماربره دره تخت	۱۱	۵				۵	۱۱	۶			۲		۳

**جدول ۵:** بررسی توصیفی همبستگی (r) در بارندگی ۲۴ ساعت قبل حاصل از بررسی ارتباط و اثرات بارش و دبی بر پارامترهای کیفیت آب

در حوضه سزار

بارندگی ۲۴ ساعت قبل								
رودخانه	بارش				دبی			
	بالاترین (R) معنی دار	پارامتر	پایین ترین (R) معنی دار	پارامتر	بالاترین (R) معنی دار	پارامتر	پایین ترین (R) معنی دار	پارامتر
آبسرده	۰/۵۱	Cl	۰/۴۴	SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub>	۰/۷۴	SO <sub>4</sub>	۰/۵۲	TH
بیاتون	۰/۵۲	Ca	۰/۴۵	Na	۰/۸۵	T.D.S	۰/۵۶	HCO <sub>3</sub>
تیره مروک	۰/۷۲	Cl	۰/۵۹	Na	۰/۸۷	Cl	۰/۵۸	T.D.S
سراب سفید	۰/۸۳	Ca	۰/۷۳	SO <sub>4</sub>	۰/۸۷	Mg, Ca	۰/۶۰	Cl
سیلاخور	۰/۴۳	HCO <sub>3</sub>	۰/۳۲	Ca	۰/۶۴	HCO <sub>3</sub>	۰/۳۳	Na
تیره دورود	۰/۹۹	HCO <sub>3</sub>	۰/۹۳	EC, Mg	۰/۹۹	Na, HCO <sub>3</sub> , SAR, Ca.	۰/۹۲	Mg
ازناچم زمان	۰/۹۹	HCO <sub>3</sub>	۰/۴۸	Ca	۰/۹۵	pH	۰/۵۶	HCO <sub>3</sub>
گلهرودونایی	۰/۷۶	HCO <sub>3</sub>	۰/۵۲	Ca	۰/۸۸	HCO <sub>3</sub>	۰/۴۸	Cl
سبزه چم چیت	۹ ۰/	SO <sub>4</sub> Na	۰/۹۶	SAR	۰/۹۹	pH, HCO <sub>3</sub>	۰/۸۵	Mg
دره تخت	۰/۹۹	SO <sub>4</sub>	۰/۷۴	HCO <sub>3</sub>	۰/۹۹	SO <sub>4</sub>	۰/۸۲	T.D.S
ماربره دره تخت	۰/۸۸	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub>	۰/۷۹	Ca	۰/۹۶	Na	۰/۷۵	EC



**جدول ۶:** جدول حاصل از تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفیت آب محدوده‌ی مطالعاتی سزار با استفاده از دیاگرام شولر جهت طبقه‌بندی آب

شرب

ردیف	ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	کیفیت بر اساس سختی	کیفیت آب شرب	کیفیت بر اساس %Na
۱	تنگ محمد حاجی	آبسرده	سخت-نسبتاً سخت	خوب	عالی
۲	چم زمان	ازنا	سخت-کاملاً سخت	خوب	عالی
۳	بیاتون	بیاتون	سخت	خوب	خوب تا عالی
۴	دورود	تیره	سخت-کاملاً سخت	خوب تا قابل قبول	عالی
۵	مروک	تیره	سخت-نسبتاً سخت	خوب	عالی
۶	دره تخت	دره تخت	نسبتاً سخت	خوب	عالی
۷	ونایی	سراب سفید	سخت-نسبتاً سخت	خوب تا متوسط	عالی
۸	چم چیت	سبزه	سخت-نسبتاً سخت	خوب	عالی
۹	رحیم آباد	سیلاخور	سخت-نسبتاً سخت	خوب تا قابل قبول	خوب تا قابل قبول
۱۰	کمندان	کمندان	سبک	خوب	بد
۱۱	ونایی	گله رود	سخت-نسبتاً سخت	خوب تا قابل قبول	عالی
۱۲	دره تخت	ماربره	سخت	خوب	عالی

**جدول ۷:** نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفیت آب محدوده‌ی مطالعاتی سزار با استفاده از دیاگرام ویلکوکس جهت طبقه‌بندی آب کشاورزی

آب کشاورزی

ردیف	ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
۱	تنگ محمد حاجی	آبسرده	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۲	چم زمان	ازنا	C2-S1, C3-S1	شورتا کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۳	بیاتون	بیاتون	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۴	دورود	تیره	C2-S1, C3-S1	شورتا کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۵	مروک	تیره	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۶	دره تخت	دره تخت	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
۷	ونایی	سراب سفید	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۸	چم چیت	سبزه	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۹	رحیم آباد	سیلاخور	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۱۰	کمندان	کمندان	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
۱۱	ونایی	گله رود	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
۱۲	دره تخت	ماربره	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی

**جدول ۸:** نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفیت آب محدوده مطالعاتی سزار با استفاده از دیاگرام پایپر جهت تعیین تیپ شیمیایی آب

ردیف	ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	تیپ و رخساره غالب
۱	تنگ محمدحاجی	آسرده	بی کربنات کلسیک
۲	چم زمان	ازنا	بی کربنات کلسیک
۳	بیاتون	بیاتون	بی کربنات کلسیک
۴	دورود	تیره	بی کربنات کلسیک
۵	مروک	تیره	بی کربنات کلسیک
۶	دره تخت	دره تخت	بی کربنات کلسیک
۷	ونایی	سراب سفید	بی کربنات کلسیک
۸	چم چیت	سبزه	بی کربنات کلسیک
۹	رحیم آباد	سیلاخور	بی کربنات کلسیک
۱۰	کمدان	کمدان	بی کربنات کلسیک
۱۱	ونایی	گله رود	بی کربنات کلسیک
۱۲	دره تخت	ماربره	بی کربنات کلسیک

## بحث

تغییرات اقلیمی از جمله بارش در طول چند دهه اخیر به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر میزان کمی آب رودخانه‌ها، آلودگی آب و هوا و کاهش توان منابع خاک، بسیار حائز اهمیت است. بررسی‌های انجام شده در مورد اثرات بارش بر تغییرات کمی و کیفی آب رودخانه سزار در این پژوهش نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین بارش با دبی و سایر پارامترهای کیفیت آب وجود دارد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱، در برازش داده‌ها ۶۲ درصد مدل‌ها به مدل چند جمله‌ای درجه دو، ۱۶ درصد از مدل‌ها به مدل نمایی، ۱۰ درصد به مدل توانی، ۸ درصد به مدل لگاریتمی و در نهایت ۴ درصد به مدل خطی تعلق دارد. این روابط حاکی از آن است که شروع بارندگی و افزایش دبی افزایش کیفیت آب رودخانه را به دنبال دارد که با نتایج پژوهش ریبریو و آراجو (۲۰۰۲) در رابطه با معرفی دبی به عنوان مهم‌ترین پارامتر کنترل کننده کیفیت آب رودخانه بربیب استوری برزیل همخوانی دارد.

مدل‌های رگرسیونی ارتباط بین بارش و دبی و پارامترهای کیفیت آب ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی سزار را مورد بررسی قرار دادند که بیش از ۶۰ درصد نتایج آن‌ها، نشان از بالا بودن ضریب همبستگی معادلات درجه ۲ بود و با مطالعات زارع ایبانه و همکاران (۱۳۸۷) که برای آب‌های منطقه غرب و شمال غرب ایران انجام دادند مطابقت داشت. ولی با نتیجه‌ی پژوهش قاسمی و همکاران (۱۳۸۸) که پذیرش خطی را به دلیل سادگی و ضریب بالا برای برآورد پارامترهای کیفی پیشنهاد کردند همخوانی ندارد.

بررسی ارتباط بین بارش و دبی با پارامترهای کیفیت آب در این پژوهش، توجه به این نکته را ملموس‌تر کرد که تشخیص ارتباط بین این مقوله‌ها با یکدیگر در هر رودخانه نیاز به بررسی‌های جداگانه داشته و داشتن رابطه بین دو متغیر از رودخانه‌ای به رودخانه دیگر هر چند با اقلیم مشابه، متفاوت است و قابل تعمیم نیست. مثلاً بارش و SAR به عنوان متغیر مستقل و وابسته در ایستگاه گله‌رود ونایی رابطه معنی‌داری را نشان داده‌اند. اما همین متغیرها در ایستگاه هم‌جوار (سراب سفید ونایی) فاقد رابطه معنی‌دار بوده‌اند.

در مقایسه بین تعداد معنی‌داری بارش و دبی با پارامترهای کیفیت آب ایستگاه‌ها، تعداد دبی‌های معنی‌دار بیشتر بوده است ولی با این تفسیر، باز هم می‌توان گفت علاوه بر دبی با توجه به تعداد بارش‌های معنی‌دار، بارش نیز تأثیر بسزایی بر تغییرات کیفیت آب ایستگاه‌های محدوده پژوهشی دارد.

طبق دیاگرام شولر آب همه‌ی ایستگاه‌های محدوده‌ی مطالعاتی از لحاظ همه‌ی کاتیون‌ها و آنیون‌ها خوب است و کیفیت آب همه‌ی ایستگاه‌ها بر اساس سختی در رده‌ی سخت تا نسبتاً سخت قرار داشته و قابل شرب هستند. البته ایستگاه کمندان نیز نرم بودن آب آن از حد مجاز کمتر بوده و برای شرب خوب تشخیص داده شده است. طبق دیاگرام ویلکوکس آب ایستگاه‌های دره تخت، سراب سفید ونایی و کمندان در مواردی دارای کلاس (C1-S1) است که شیرین و کاملاً بی‌ضرر برای کشاورزی است و در اکثر مواقع سال کلاس آب همه‌ی ایستگاه‌ها (C2-S1) تشخیص داده شد که کمی شور ولی برای کشاورزی مناسب است. این با پژوهش وفاه خواه و صادقی (۱۳۸۸) در مورد خوب بودن کیفیت آب رودخانه‌ی هراز جهت شرب و کشاورزی مطابقت دارد. طبق دیاگرام پایپر آب این رودخانه در همه‌ی ایستگاه‌ها بی-کربنات کلسیک است که در رده‌ی آب‌های با سختی موقت قرار می‌گیرد و نشان دهنده‌ی بالا بودن مقدار کربنات آب همه‌ی ایستگاه‌ها است. نتایج حاصله از بررسی دیاگرام پایپر در مورد ایستگاه‌های حوضه سزار با نتایج پژوهش سیف و بانژاد (۱۳۸۸) در مورد تیپ غالب ۴ ایستگاه اول رودخانه زاینده‌رود که از نوع کربنات کلسیک است مطابقت دارد.

## منابع

- ۱- بیات ورکشی، مریم و معروفی، صفروزارع ایبانه، حمید و قاسمی، عادل. (۱۳۸۸): بررسی وضعیت کیفی آب حوضه آبریز قره چای همدان، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۲- چالکش امیری، م. (۱۳۸۱): اصول تصفیه آب، انتشارات ارکان.
- ۳- زارع ایبانه، حمید و نوری، ح. (۱۳۸۷): تعیین رابطه باقی مانده املاح (شوری) با دبی در رودخانه زاینده رود سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشکده مهندسی عمران تبریز.
- ۴- سیف، زهرا و بانژاد، حسین. (۱۳۸۸): بررسی کیفیت آب زاینده رود از لحاظ شرب و کشاورزی، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۵- صداقت، محمود. (۱۳۸۵): زمین و منابع آب، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۶- صفری، غ و واعظی، ف. (۱۳۸۲): بررسی کیفیت منابع تامین آب مشروب شهرستان میانه، فصل نامه آب و فاضلاب اصفهان، شماره ۴۷.
- ۷- طلایی، رو پیروان، ح. (۱۳۸۵): تأثیر مناطق مینر الیزه بر کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی از دیدگاه زیست محیطی، پنجمین گردهمایی علوم زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور.
- ۸- عباسی، اسماعیل و امیری فر، عاطفه. (۱۳۸۸): بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب حوضه دولاب - ابراهیم آباد یزد، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۹- علیزاده، امین. (۱۳۸۵): اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ بیست و سوم.
- ۱۰- قاسمی، عادل و زارع ایبانه، حمید و بیات ورکشی، مریم. (۱۳۸۸): تحلیل آماری پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه همدان، پنجمین همایش ملی مدیریت پایدار بلایای طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۱۱- وفاخواه، مهدی و صادقی، سید حمید رضا. (۱۳۸۸): ارتباط بین پارامترهای شیمیایی کیفیت و دبی آب در رودخانه هراز، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، گرگان.

13- FAO. Water Quality for Agriculture. R. S. Ayers & Wes tot, (1985): Irrigation and Drainage Paper NO.29.ROM.174P.

14- Internal World Bank. (2004): Unpublished.

- 15- Kawamura S. (1991): Integrated Design of Water Treatment Facilities, Isted. New york: John Wiley & Sons.
- 16- Kehew A.E. (2001): Applied Chemical Hydrogeology. Prentice-Hall, Inc., 368P.
- 17- Ribeiro C.H.A. and Araujo M. (2002): Mathematical Modeling as a Management Tool for Water Quality Control of The Tropical Beberibe Estuary, Ne Brazil, Hydrobiologia 475/476, 229-237.
- 18- Zhao C., Shen B., Guan D. and Wang X. (2004): Ground Water Chemical Test in Hotan sub-Project Area and Counter Measures for Exploitation. Proceedings 7<sup>th</sup> International Regional Conference on Environment and Water, China, 2:1028-1032.