

جغرافیا و توسعه شماره ۲۸ پاییز ۱۳۹۱  
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۳/۴  
تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۴/۲۸  
صفحات : ۷۹-۹۴

## پایش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی در سال شاخص خشکسالی و ترسالی مورد: دشت تبریز

دکتر فریا گرمی<sup>۱</sup>، هانیه کاظمی<sup>۲</sup>

### چکیده

این مطالعه برای مدیریت بهینه‌ی منابع آب در دشت تبریز، به پایش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی در سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی می‌پردازد تا تغییرات کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی را در مواقع حداکثرهای اقلیمی (خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها) پیگیری نماید. برای این منظور از متغیرهای اقلیمی شامل بارش‌های ماهانه (۸۶-۱۳۵) و نتایج تجزیه شیمیایی آب‌های زیرزمینی بویژه شاخص EC، SAR و TDS مه‌رمه سال شاخص خشکسالی و ترسالی استفاده شد. برای مقایسه و پایش تغییرات شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی در سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی نقشه‌های هم‌ارزش EC و SAR با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم‌افزارهای Arc/View و Arc/GIS ترسیم شدند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان آب‌های زیرزمینی شور و خیلی شور در دشت تبریز در سال شاخص خشکسالی ۲۸/۲ درصد و آب‌های زیرزمینی با قلیابیت زیاد ۲۵/۳۵ درصد بوده در حالی که در سال شاخص ترسالی آب‌های زیرزمینی شور و خیلی شور ۱۸/۱۵ درصد و با قلیابیت زیاد ۴/۹۲ درصد آب‌های زیرزمینی را تشکیل می‌دهند.  
کلیدواژه‌ها : پایش مکانی، شوری آب‌های زیرزمینی، شاخص EC، TDS، SAR، خشکسالی، دشت تبریز.

## مقدمه

طی دهه گذشته (۸۷-۱۳۷۷) در ایران و بطور منطقه‌ای در دشت تبریز، خشکسالی‌های مستمر و شدیدی رخ داده که در نتیجه‌ی آن منابع آب‌های سطحی منطقه خشک و یا بسیار کم شده و سفره‌های زیرزمینی با افت سطح ایستابی شدیدی مواجه شده است. این وضعیت در سال ۱۳۸۷ نیز اتفاق افتاد. بطوری‌که به گزارش نشریه پیک آب (۱۳۸۷) نزول تراز آب زیرزمینی دشت‌های آذربایجان شرقی و دشت تبریز از اواخر سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ ادامه داشته است. در دشت تبریز، کشاورزان علاوه بر آب‌های سطحی رودخانه‌های آجی‌چای، کومورچای و سنخ‌چای از آب‌های زیرزمینی برای مصارف آبیاری استفاده می‌کنند. در سال‌های وقوع خشکسالی که میزان بارش کاهش می‌یابد، با کاهش بارش و منبع تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و افزایش بهره‌برداری از آنها، تغییراتی در کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی به وجود می‌آید که موجب می‌شود این آب‌ها برای استفاده در زراعت مناسب نبوده و همچنین شوری ثانویه خاک‌های دشت را در پی داشته باشد. در این ارتباط مهمترین سؤالی که در این مطالعه مطرح می‌شود عبارت است از اینکه: آیا وقوع خشکسالی‌ها در تغییر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز و شوری آنها نقشی داشته است؟ بنابراین، هدف این مطالعه، تعیین سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی در دشت تبریز با استفاده از شاخص SPI و سپس پایش مکانی تغییرات کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در سال‌های مورد نظر در دشت تبریز می‌باشد.

## پیشینه و سابقه علمی پژوهش

در بین مطالعات هیدروژئولوژی، التحیر و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) نتایج وقوع سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها را در سیستم آب‌های زیرزمینی ایلی نويز بررسی کردند.

آب زیرزمینی که بخشی از چرخه‌ی آب را تشکیل می‌دهد، منبع قابل اطمینانی برای تأمین آب مورد نیاز انسان محسوب می‌شود. وقوع خشکسالی‌ها و بارش‌های شدید مهمترین حداکثرهای اقلیمی<sup>۱</sup> هستند که قابلیت آب‌زیرزمینی را در کوتاه‌مدت و بلندمدت متأثر می‌سازند (Panda et al, 2007:141).

نتایج این حداکثرهای اقلیمی در سراسر سیستم هیدرولوژی اعم از آب سطحی و زیرزمینی (منطقه اشباع و اشباع نشده سفره‌های آب زیرزمینی) منتشر می‌شود (Peters et al, 2006:257). آثار آنها می‌تواند شامل پرشدن سفره‌های آب زیرزمینی از بارش‌های زیاد باشد یا با تغییر در میزان تبخیر و تعرق موجب تغییر در پوشش گیاهی شود. همچنین می‌تواند به افت سطح ایستابی و تغییر کیفیت آب زیرزمینی منجر می‌شود (Panda et al, 2007:141). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاهش سطح ایستابی آب زیرزمینی و تنزل کیفیت شیمیایی آن (در اثر افزایش غلظت املاح) در ایجاد شوری ثانویه خاک، شوری آب‌های سطحی، کاهش باروری خاک‌ها و غیره نقش اساسی دارد (Malins and Metternicht, 2006: 387). این پدیده‌ها که شوری منابع آب و خاک را در پی دارند، از عوامل مؤثر در بیابانی شدن مناطق مختلف جهان می‌باشند (عبدی‌نژاد، ۱۳۸۷: ۹). از این رو برای مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار منابع آب و خاک در نواحی که در معرض خطر شوری قرار دارند، پایش مکانی تغییر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در مواقع حداکثرهای اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. به این ترتیب با شناخت این تغییرات و پیامدهای ناشی از آن، بویژه در صورت وقوع خشکسالی با برنامه‌ریزی صحیح، بهره‌برداری از منابع آب بطور اصولی و بهینه انجام می‌شود.

بر منابع آب‌های سطحی منطقه اثرات تخریبی مستقیم داشته ولی در آب‌های زیرزمینی بطور غیرمستقیم و از طریق کاهش تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی از آب سطحی، افزایش برداشت از طریق چاه‌های عمیق برای مصارف کشاورزی، افزایش دما، تبخیر تعرق و غیره بر منابع آب‌زیرزمینی مؤثر می‌باشد. بنابراین اثرات خشکسالی با تأخیر زمانی ۹ ماهه در آب‌های زیرزمینی رخ می‌دهد.

عزیزی (۱۳۸۲: ۱۴۳-۱۳۱) ارتباط خشکسالی‌های اقلیمی و هیدرولوژیک را در دشت قزوین مطالعه کرده و نشان می‌دهد تعداد ناهنجاری‌های منفی بارش طی دوره‌ی مورد مطالعه بیش از ناهنجاری‌های مثبت بوده است و خشکسالی در آب‌های زیرزمینی با دو تا سه ماه تأخیر نسبت به خشکسالی‌های اقلیمی بروز کرده و به طور متوسط طی دوره‌ی مطالعاتی در هر سال ۲۵ سانتی‌متر سطح آب زیرزمینی افت داشته است.

آبادی و همکاران (۱۳۸۵: ۲۷-۱۸) نیز به بررسی اثر افت سطح ایستابی در شوری آب‌های زیرزمینی زیدآباد سیرجان پرداخته و نتیجه گرفتند اثر افت سطح ایستابی بر شوری آب زیرزمینی در اغلب نواحی منطقه معنی‌دار می‌باشد. در همین زمینه، زارعیان و همکاران (۱۳۸۶) از طریق روش‌های زمین‌آماری به پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی اقدام کردند و در نهایت نقشه پهنه‌بندی شوری آب‌های زیرزمینی دشت یزد- اردکان را در محیط GIS ترسیم کردند.

درباره‌ی مسأله‌ی خشکسالی در دشت تبریز مطالعات زیادی مانند یاراحمدی (۱۳۸۷)، کرمی و نوری (۱۳۸۷) و غیره انجام شده است. برخی پژوهش‌ها هم از قبیل اصغری‌مقدم<sup>۵</sup> (۱۹۹۱)، ندیری (۱۳۸۶)، محمدی‌اقدم و رستمی (۱۳۸۷) و غیره صرفاً جنبه‌های زمین‌شناسی و کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز را مطالعه کرده‌اند.

یائوتی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹: ۳۱-۱۶) بر اساس مطالعات زمین‌آماری، ژئوشیمی و توموگرافی، فرآیندهای شوری زایی آبخوان‌های تحت فشار سواحل مدیترانه (شمال شرقی Morocco) را بررسی کرد و به این نتیجه رسیدند که افزایش شوری زمین‌های منطقه با نفوذ آب شور دریا از خط ساحل همراه است. سابیانی<sup>۲</sup> (۲۰۰۵: ۶۶-۵۳) مسأله‌ی شوری آب‌های زیرزمینی وادی حوضه Yalamlam را در عربستان سعودی مطالعه کرده و علت شوری این منطقه را هیدروژئولوژی محلی، شدت تبخیر و غیره معرفی می‌کند. بیش از یک دهه است که به دلیل هزینه‌های بالای چنین مطالعاتی تکنیک‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به کمک محققان شتافته و پیشرفت‌های شگرفی را در این زمینه موجب شده است. برای مثال، سرپرستوا و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۹۷: ۲۸۶۲-۲۸۵۳) از جمله محققانی هستند که با استفاده از داده‌های IRS و سامانه اطلاعات جغرافیایی به ترسیم نقشه شوری آب‌های زیرزمینی در هند مبادرت کردند.

سلیمان و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۴: ۸۵۲-۸۴۷) با استفاده از داده‌های الکترومغناطیسی و تکنیک‌های زمین‌آماری و سنجش از دور به پیش‌بینی شوری در مراحل اولیه در تایلند پرداختند و نشان دادند با استفاده از داده‌های الکترومغناطیسی می‌توان نقشه‌ی توزیع شوری خاک را با اطمینان ۶۴ درصد ترسیم کرد.

در ایران مطالعات اندکی درباره‌ی تأثیر خشکسالی‌ها در منابع آب زیرزمینی انجام شده است. محمدی و شمسی (۱۳۸۲: ۱۳۰-۱۵۱) تأثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان را بررسی کرده و با تعیین سال‌های ۷۷-۷۹ به عنوان سال‌های شاخص خشکسالی نتیجه می‌گیرد، خشکسالی

1-Yaouti et al  
2-Subyani  
3-Srivastava  
4-Soliman et al

آبخوان‌های آزاد تشکیل شده در آبرفت‌ها (مخروط افکنه‌ها) با وجود وسعت کمی که دارند کیفیت آب آنها نیز خوب است. آبخوان تحت فشار بخش مرکزی و غربی دشت، آب‌هایی با کیفیت نسبتاً مناسبی دارند (ندیری، ۱۳۸۶: ۷۸).

### داده‌های مورد نیاز

- نقشه‌های توپوگرافی (۱: ۵۰۰۰۰)، نقشه زمین-شناسی (۱: ۱۰۰۰۰۰) و تصاویر ماهواره‌ای IRS برای شناسایی منطقه مورد مطالعه  
- داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های انتخابی در دشت تبریز در دوره‌ی آماری (۸۶-۱۳۵۱) برای محاسبه شاخص خشکسالی

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی حدود ۴۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در منطقه شامل قابلیت هدایت الکتریکی (EC)<sup>۱</sup>، نسبت جذب سدیم (SAR) و مواد جامد حل شده در آب (TDS) برای بررسی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز. در جدول (۱) داده‌های تجزیه شیمیایی آب تعدادی از چاه‌های دشت تبریز در مهر ماه ۱۳۸۲ به صورت نمونه ارائه شده است. به دلیل حجم زیاد داده‌ها ارائه‌ی تمامی جداول در این مقاله مقدور نمی‌باشد. نرم‌افزارهای Arc/View، Arc/GIS، Excell و غیره.

در ادامه‌ی این تحقیقات، مطالعه‌ی حاضر به پایش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی در مواقع خشکسالی و ترسالی در دشت تبریز اقدام می‌کند و هدف اصلی آن پایش مکانی تغییر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمین در خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها می‌باشد. برای این منظور ابتدا با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، خشکسالی و ترسالی دشت تعیین شدند، سپس وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی در سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ترسیم شدند.

### مواد و روش‌ها

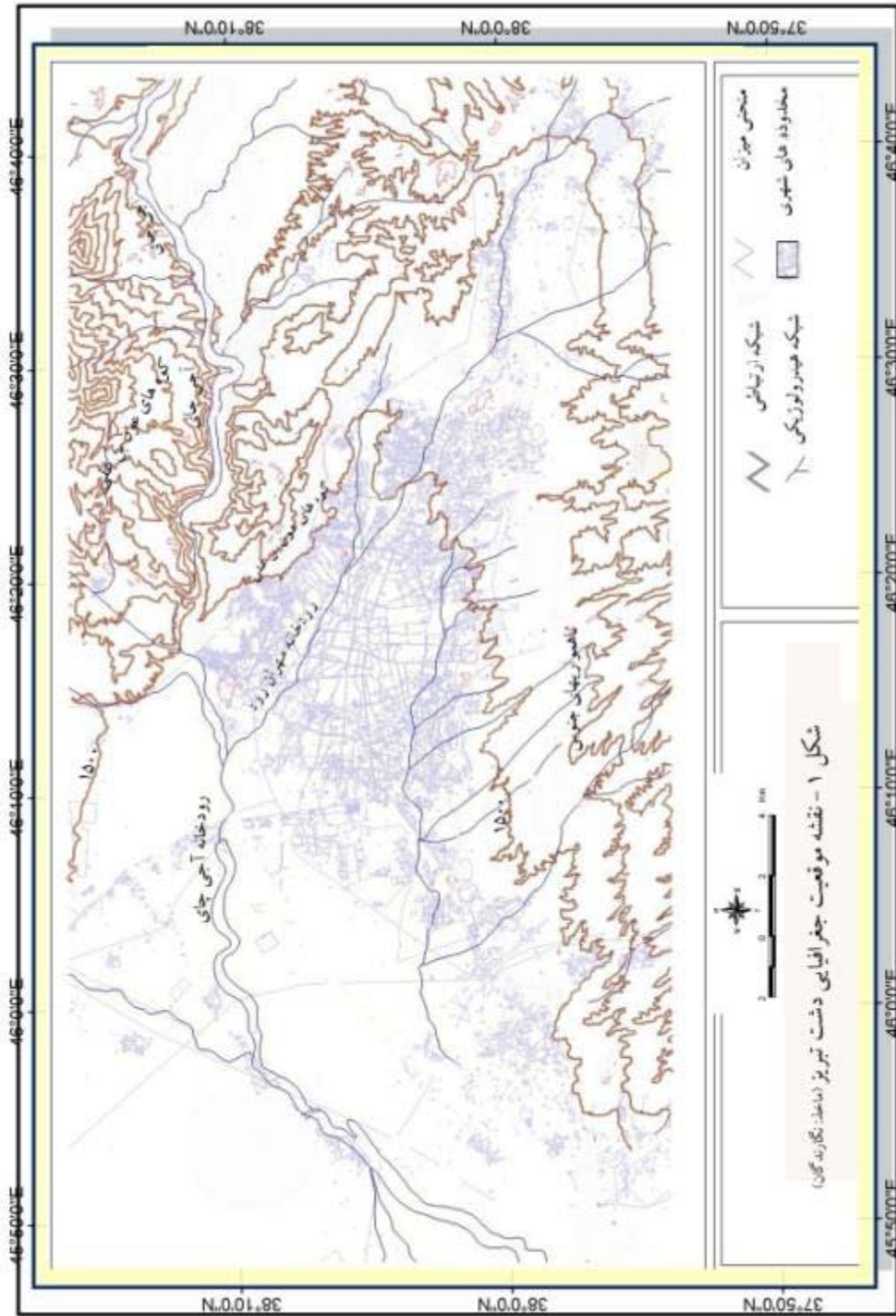
#### موقعیت جغرافیایی دشت تبریز

دشت تبریز با مختصات  $۴۶^{\circ} ۱۵' - ۴۵^{\circ} ۳۰'$  طول شرقی و  $۳۸^{\circ} ۱۷' - ۳۷^{\circ} ۵۶'$  عرض شمالی در شرق دریاچه‌ی ارومیه واقع شده است (شکل ۱). محدوده‌ی غربی آن به باتلاق‌های نمکی حاشیه دریاچه‌ی ارومیه، حد شمالی آن به کوه‌های میشو، حد جنوبی آن به توده‌ی کوهستانی سهند و حد شرقی آن به کوه‌های عون بن علی محدود می‌شود. رود اصلی دشت آجی‌چای می‌باشد که به طرف دریاچه ارومیه جریان دارد. سایر رودخانه‌های دشت را سعیدآبادچای، مهرانرود، گماناب-چای و غیره تشکیل می‌دهند. در دشت تبریز دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار می‌توان شناسایی کرد (شکل ۲).

در شرق، شمال شرق و جنوب شرقی دشت، آبخوان‌های آزاد گسترش یافت است و در قسمت‌های غربی دشت وجود دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار بدیبهی به نظر می‌رسد (Asgahari Moghaddam, 1991:51).

آبخوان آزاد موجود در داخل توف‌های پلیوپلیوستسن که دارای آب‌های با کیفیت بالا می‌باشد در دامنه شمالی سهند تشکیل شده است و از نظر منابع آبی بسیار توسعه یافته است.

۱- قابلیت هدایت الکتریکی (Electrical Conduction) و کل مواد جامد حل شده در آب (Total Dissolved Solides) از شاخص‌های کیفی آب هستند که برای تعیین شوری آب به کار می‌روند. هدایت الکتریکی غلظت کل نمک‌های محلول در آب‌ها را برحسب واحد میلی موس یا میکروموس بر سانتی متر بیان می‌کند. طبق نظر (310,1980) Todd به آبی شور اطلاق می‌شود که کل مواد جامد حل شده آن در هر لیتر بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم باشد و نسبت جذب سدیم (Sodium Absorption Ratio) که نسبت جذب سدیم، مقدار سدیم موجود در آب‌ها را تعیین می‌کند (ولایتی، ۱۳۸۷، ۲۰۸).





جدول ۱: نتایج تجزیه‌ی شیمیایی آب زیرزمینی چاه‌های دشت تبریز در مهرماه ۱۳۸۲

ردیف	مختصات UTM	نام محل	نوع منبع آب	TDS (EC)	pH	میلی اکی والان در لیتر										TH			
						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>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	% Na	SAR				
۱	۶۰۱۶۰۰-۴۲۲۱۸۰۰	الوارسغلی	D	۴۱۲۰	۲۴۶۷	۸/۵	۰/۴۲	۲/۹۸	۳۳/۲۵	۲/۹۶	۴۰/۶۱	۲/۱۲	۳/۱۲	۳۵/۵	۰/۱۶	۴۰/۹	۸۷/۲	۲۲	۲۶۲
۲		خواجه دیزج	D	۳۵۳۰	۲۲۹۹	۷/۱	۰	۹	۹/۲	۱۶/۹۷	۳۵/۱۷	۷/۸۴	۱۶/۹۶	۹/۸۵	۰/۵۵	۳۵/۲	۲۹/۵	۲/۹۵	۱۲۴۰
۳	۵۹۶۷۰۰-۴۲۱۷۷۰۰	مایان سفلی	D	۱۵۲۲	۹۶۰	۷/۸	۰	۳/۶	۸/۲۱	۳/۲۹	۱۵/۱	۳/۸۴	۴/۷۲	۶/۵۶	۰/۱۶	۱۵/۲۸	۴۴	۳/۲۵	۴۲۸
۴	۵۸۶۰۵۰-۴۲۱۶۱۰۰	قزل دیزج	D	۱۹۶۹	۱۲۴۷	۸/۵	۰/۴۵	۴/۱۵	۱۲/۳۱	۲/۴۶	۱۹/۳۷	۰/۹۶	۲/۴۲	۱۶	۰/۲۳	۱۹/۶۱	۸۲/۸	۱۲/۵	۱۶۹
۵	۶۰۷۲۰۰-۴۲۲۰۵۰۰	سه راهی فرودگاه	D	۴۵۹۰	۲۶۸۴	۸/۳	۰/۳	۱/۷۷	۴۰/۲۵	۲/۲۲	۴۵/۲۴	۳/۰۸	۲/۸۸	۳/۸/۹	۰/۱۸	۴۵/۰۴	۸۶/۸	۲۲/۶	۲۹۰
۶	۶۰۵۲۰۰-۴۲۱۶۹۰۰	قراملک	S	۶۱۶۰	۳۹۴۳	۷/۴	۰	۸/۴۵	۳۲/۴۳	۲۰/۸۳	۶۱/۷۱	۱۳/۴	۹/۲۸	۳۷/۹۸	۰/۶۳	۶۱/۲۵	۶۳	۱۱/۵	۱۱۳۲
۷	۶۰۱۴۰۰-۴۲۱۱۹۰۰	کیجا آباد	D	۴۳۷۰	۲۶۶۱	۷/۱	۰	۵/۱۵	۲۹/۲	۹/۵	۴۳/۸۵	۲/۱۲	۹/۱۴	۱۲/۸	۰/۶۵	۴۳/۸۱	۳۰/۷	۳/۴۵	۱۵۱۸
۸	۵۹۷۷۰۰-۴۲۱۱۴۰۰	باغ معروف	D	۳۹۵۰	۱۴۱۵	۷	۰	۵/۶	۲۵/۵۹	۷/۸۱	۳۹	۲۲/۳	۵/۶۸	۱۱/۲	۰/۵۳	۳۹/۵۷	۲۹/۶	۳/۱۴	۱۳۹۲
۹	۵۹۸۲۵۰-۴۲۰۹۸۰۰	سردرود	D	۵۷۷	۳۸۹	۸/۵	۰/۴۵	۲/۴	۱/۲۷	۱/۴۶	۵/۵۸	۱/۹۲	۱/۳۶	۲/۳۸	۰/۱۱	۵/۷۷	۴۳/۲	۱/۹۴	۱۶۴
۱۰	۵۹۵۴۰۰-۴۲۰۷۱۰۰	اسفهان	D	۳۲۵۰	۲۰۹۹	۷/۳	۰	۶/۹۵	۱۶/۸۵	۸/۵۴	۳۲/۳۴	۱۰/۵	۴/۹۶	۱۶/۵	۰/۴۴	۳۲/۴۲	۵۲/۲	۶/۰۹	۷۷۴
۱۱	۵۹۶۹۰۰-۴۲۰۵۹۰۰	اسفهان	Q	۱۶۹۳	۱۱۳۸	۷/۸	۰	۴/۸	۵/۸۶	۶/۲۵	۱۶/۹۱	۵/۲۸	۳/۹۶	۷/۲۳	۰/۴۵	۱۶/۹۲	۴۵/۳	۳/۵۷	۴۶۲
۱۲	۵۹۱۳۰۰-۴۲۰۸۰۰۰	آخولا	D	۱۹۰۰	۱۱۷۰	۷/۹	۰	۳/۵۵	۱۰/۴۳	۴/۳۸	۱۸/۳۶	۲/۹۶	۵/۶۸	۱۰/۲۳	۰/۲۸	۱۹/۱۵	۵۴/۹	۵/۰۵	۴۳۲
۱۳	۵۹۲۳۰۰-۴۲۱۰۷۰۰	آخولا	D	۲۲۸۰	۱۳۶۹	۷/۴	۰/۴	۳	۱۵/۱۴	۴/۱۷	۲۲/۷۱	۴/۸۴	۷/۰۴	۱۰/۴۷	۰/۳۸	۲۲/۷۳	۴۷/۷	۴/۴۵	۵۹۴
۱۴	۵۹۰۶۰۰-۴۲۱۱۹۰۰	نوجه	D	۱۷۶۰	۱۱۹۹	۷/۶	۰	۵/۱۵	۶/۷۷	۶/۲۵	۱۸/۱۷	۴۴/۴	۴/۴۸	۸/۳۶	۰/۲۵	۱۷/۵۳	۴۹/۱	۴/۰۸	۴۴۶
۱۵	۵۸۹۴۰۰-۴۲۰۴۱۰۰	تازه کند	D	۴۸۶۰	۲۹۰۷	۷/۹	۰	۶/۲۵	۳۶/۲	۵/۵۲	۴۷/۹۷	۲۵/۶	۶/۳۴	۱۶/۱	۰/۴۳	۴۸/۴۹	۳۴/۱	۴/۱۳	۱۵۹۸

مأخذ: سازمان مدیریت منابع آب، آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی.

## روش‌ها

استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد، بطوری‌که استاندارد شده و متوسط آن برای هر منطقه و دوره‌ی مورد نظر صفر شود (Edwards and Mckee, 1997). مقادیر مثبت SPI نشان‌دهنده‌ی بارش بیش از میزان متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس دارد. طبق این روش دوره‌ی خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و زمانی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد (جدول ۲). برای محاسبه‌ی این شاخص از رابطه (۱) استفاده شد:

برای تعیین سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی در دوره‌ی آماری مورد مطالعه، از شاخص بارش استاندارد شده (SPI)<sup>۱</sup> استفاده شد. بسیاری از محققان خشکسالی به انعطاف‌پذیری شاخص SPI و قابلیت آن برای هر مقیاس زمانی اذعان داشته‌اند (Hayes, et al, 1998: 430). این شاخص برای هر منطقه بر اساس ثبت بارش‌های طولانی‌مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب برای آماربلندمدت بارندگی‌ها برآزش داده می‌شود. سپس تابع تجمعی توزیع با

جدول ۲: طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI

مقادیر	طبقات
>۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۹۹ تا ۱/۵	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
<-۲	خشکسالی بسیار شدید

مأخذ: بذاق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۳

### نتایج و بحث

۱- شکل (۳) خشکسالی و ترسالی‌های دشت تبریز را در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. مطابق نمودار تغییرات شاخص SPI دشت تبریز در دوره‌ی مطالعاتی (۸۶-۱۳۵۱)، ناهنجاری‌های مثبت بارش در پایکوه‌های اطراف دشت مانند هربی و سعیدآباد بیشتر است. به تدریج به سمت مرکز و شمال غرب آن، تعداد ناهنجاری‌های منفی بارش افزایش می‌یابد.

جدول ۳: طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری بر اساس

شاخص‌های EC و SAR

SAR	EC $\mu\text{S/cm}$	نوع کیفیت آب	ردیف
<۱۰	<۲۵۰	عالی	۱
۱۰-۱۸	۲۵۰-۷۵۰	خوب	۲
۱۸-۲۶	۷۵۰-۲۲۵۰	متوسط	۳
>۲۶	۲۲۵۰-۴۰۰۰	نامناسب	۴
>۲۶	>۴۰۰۰	بسیار نامناسب	۵

مأخذ: Ghosh and Sharma, 2006: 433

جدول ۴: طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری بر اساس

شاخص‌های TDS

TDS mg/l	کیفیت آب
۱-۱۰۰۰	شیرین
۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	لب شور
۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	شور
>۱۰۰۰۰۰	بدمزه و تلخ

مأخذ: Todd, 1980: 304

$$\text{SPI}_n = [P_0 + \sum (P-i) - \mu_n] / \delta_n \quad (۱)$$

$n$  تعداد ماه‌هایی که بارش تجمعی برای آنها حساب شده است  $P_0$  مقدار نرمال شده بارش ماه فعلی  $P-i$  مقدار نرمال شده بارش ماه قبل  $\mu_n$  میانگین تعداد بارش تجمعی برای  $n$  ماه و  $\delta_n$  انحراف برای ماه‌ها می‌باشد. پس از محاسبه شاخص SPI در دوره آماری (۸۶-۱۳۵۱) در ایستگاه‌های مورد مطالعه، با در نظر گرفتن مقدار شاخص و تکرار آن، سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ سال شاخص خشکسالی و سال آبی ۸۳-۱۳۸۲ سال شاخص ترسالی انتخاب شدند. برای بررسی تغییرات مکانی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی با استفاده از داده‌های دو شاخص کیفی آب‌ها (از نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌ها) و نرم افزار Arc/GIS، نقشه‌های هم‌ارزش EC و SAR در مهرماه ۱۳۷۹ و ۱۳۸۲ ترسیم شدند و پراکنش آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تعیین نوع کیفیت آب‌های زیرزمینی از طبقه‌بندی جدول (۴و۳) استفاده شد.

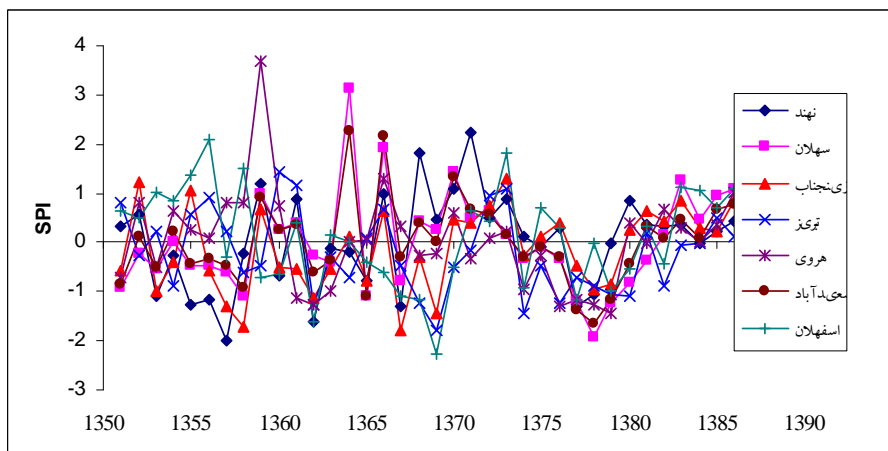


جدول ۵: طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI در ایستگاه‌های دشت تبریز (۸۶-۱۳۵۱)

سال	نهند	سهلان	زینجناب	تبریز	هروی	سعیدآباد	اسفهلان
۱۳۵۱	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۲	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۳	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی
۱۳۵۴	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۵	خشکسالی	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی
۱۳۵۶	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ت.ب.شدید
۱۳۵۷	خ.ب.شدید	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۸	نرمال	خشکسالی	خ.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	ت.شدید
۱۳۵۹	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	ت.ب.شدید	نرمال	نرمال
۱۳۶۰	خشکسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۶۱	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
۱۳۶۲	خ.شدید	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	خ.شدید
۱۳۶۳	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۶۴	نرمال	ت.ب.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	ت.ب.شدید	نرمال
۱۳۶۵	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال
۱۳۶۶	نرمال	ت.شدید	نرمال	نرمال	ترسالی	ت.ب.شدید	نرمال
۱۳۶۷	خشکسالی	نرمال	خ.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی
۱۳۶۸	ت.شدید	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی
۱۳۶۹	نرمال	نرمال	خشکسالی	خ.شدید	نرمال	نرمال	خ.ب.شدید
۱۳۷۰	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	ت.شدید	نرمال
۱۳۷۱	ت.ب.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۲	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی
۱۳۷۳	نرمال	نرمال	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۴	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۵	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۶	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
۱۳۷۷	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	خ.شدید	خشکسالی
۱۳۷۸	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی	خ.شدید	نرمال
۱۳۷۹	نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خ.شدید
۱۳۸۰	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۸۱	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی
۱۳۸۲	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	ترسالی
۱۳۸۳	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۸۴	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۸۵	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۸۶	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال

ت.ب.شدید= ترسالی بسیار شدید، خ.ب.شدید= خشکسالی بسیار شدید، ت.شدید= ترسالی شدید، خ.شدید= خشکسالی شدید

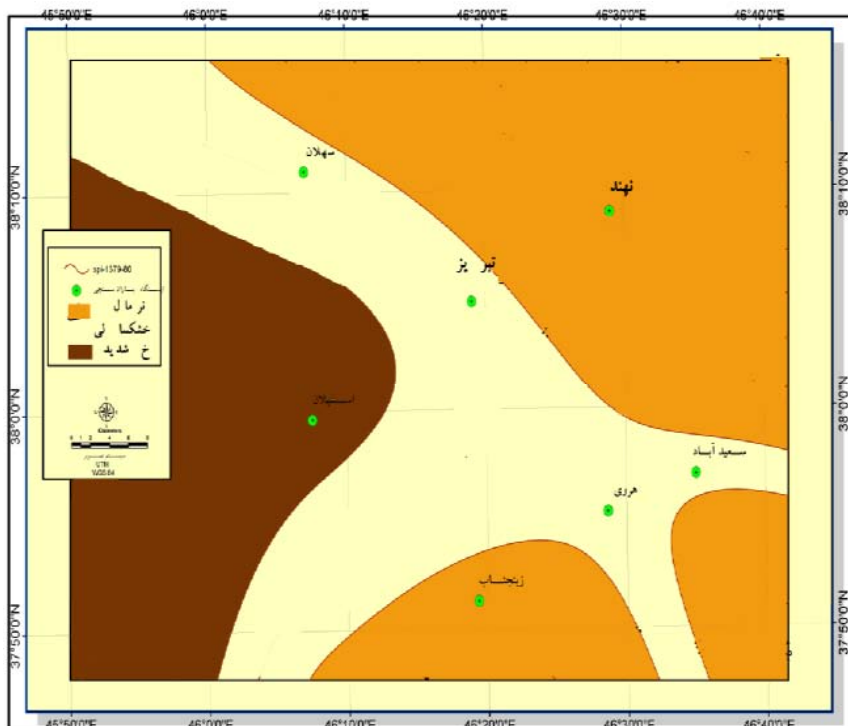
مأخذ: نگارندگان



شکل ۳: نمودار تغییرات شاخص SPI در دشت تبریز (۱۳۵۱-۸۶)  
 مأخذ: نگارندگان

در بر گرفته است. در بخش‌های میانی دشت به طرف حاشیه‌ی دریاچه ارومیه، در وسعتی در حدود ۳۱/۲۸ درصد مساحت منطقه، شرایط خشکسالی حاکم بوده و در پایین دست دشت، شامل ۲۳/۵۳ درصد بقیه منطقه وضعیت خشکسالی شدید بوده است.

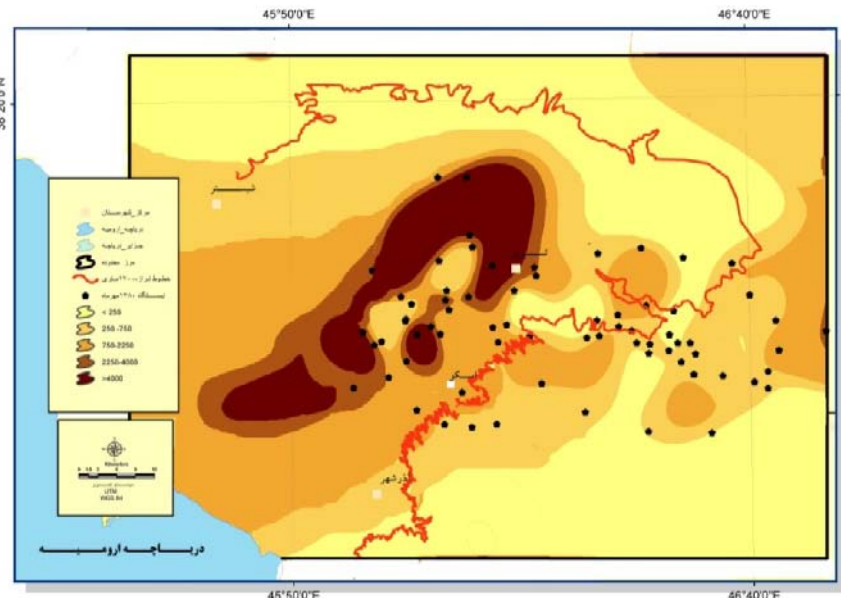
این وضعیت در ایستگاه‌های تبریز و سهلان ملاحظه می‌شود (جدول ۵). بر اساس نقشه پراکنش شاخص SPI در سال شاخص خشکسالی، ارتفاعات شمالی و جنوبی دشت تبریز دارای وضعیت نرمالی هستند (شکل ۴). این وضعیت ۴۵/۱۹ درصد مساحت منطقه را



شکل ۴: وضعیت خشکسالی دشت تبریز براساس شاخص SPI در سال ۱۳۷۹-۸۰  
 مأخذ: نگارندگان

دریاچه ارومیه، به دلیل افزایش مقدار EC آب زیرزمینی از نظر کیفی از نوع نامناسب (شور) و بسیار نامناسب (بسیار شور) تشکیل شده است. این آب‌ها به ترتیب، ۱۳/۰۲ درصد و ۱۵/۱۸ درصد مساحت دشت را دربر گرفته‌اند. با انطباق این نقشه و نقشه وضعیت خشکسالی دشت، مشخص می‌شود که نواحی با آب‌های زیرزمینی شور و بسیار شور کاملاً با مناطقی که شرایط خشکسالی و خشکسالی شدید در آنها حاکم است منطبق هستند.

۲- شکل (۵)، هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز را در سال شاخص خشکسالی (مهرماه ۱۳۷۹) نشان می‌دهد. در این نقشه میزان آب‌های زیرزمینی با کیفیت شیمیایی عالی، ۳۰/۳۸ درصد و با کیفیت خوب ۲۳/۲۵ می‌باشد که در آبخوان‌های پایکوه‌های سهند و ارتفاعات شمالی دشت موجود هستند. به تدریج از پایکوه‌های اطراف به طرف دشت تبریز از کیفیت آب‌ها کاسته می‌شود، بطوری‌که ۱۸/۱۷ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه از نظر کیفیت شیمیایی متوسط می‌باشند. در مرکز دشت به سمت

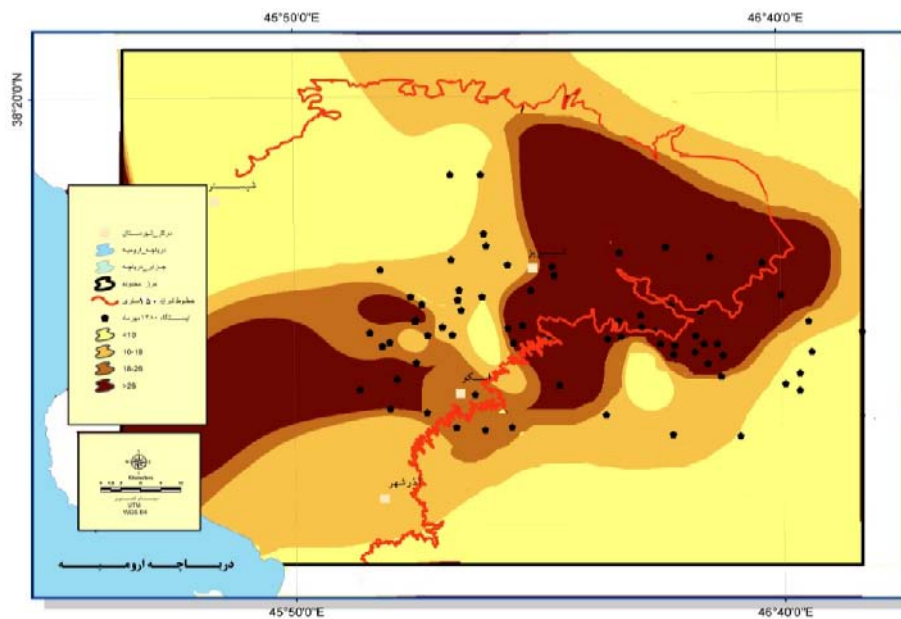


شکل ۵: نقشه سطوح هم‌ارزش EC در دشت تبریز در مهرماه ۱۳۷۹

مأخذ: نگارندگان

ارتفاعات اطراف دشت، میزان SAR کاهش یافته و کیفیت آب‌های زیرزمینی مطلوب‌تر شده است. آب‌هایی که از نظر قلیابیت متوسط هستند، ۱۵/۲۷ درصد سطح دشت را شامل شده و آب‌های با کیفیت عالی و خوب هم که با مناطق با وضعیت نرمال از نظر بارندگی منطبق هستند و تا پایکوه‌های پیرامون دشت امتداد دارند، ۳۶/۹ درصد و ۲۲/۴۸ درصد مساحت آبخوان‌های دشت را تشکیل داده‌اند (جدول ۶).

قلیابیت آب‌های زیرزمینی دشت تبریز را در سال شاخص خشکسالی (مهرماه ۱۳۷۹) شکل (۶) نشان می‌دهد. این نقشه آب‌های بسیار قلیایی را که کیفیت نامناسبی دارند در بخش مرکزی و انتهایی دشت تبریز نمایش می‌دهد. به این ترتیب، ۲۵/۳۵ درصد اراضی دشت دارای آب‌های زیرزمینی  $SAR > 26$  می‌باشد. این اراضی با نواحی از دشت که شرایط خشکسالی و خشکسالی شدید دارند، انطباق دارد. به تدریج به سمت



شکل ۶: نقشه سطوح هم‌ارزش SAR در دشت تبریز در مهرماه ۱۳۷۹ (سال شاخص خشکسالی)  
 مأخذ: نگارندگان

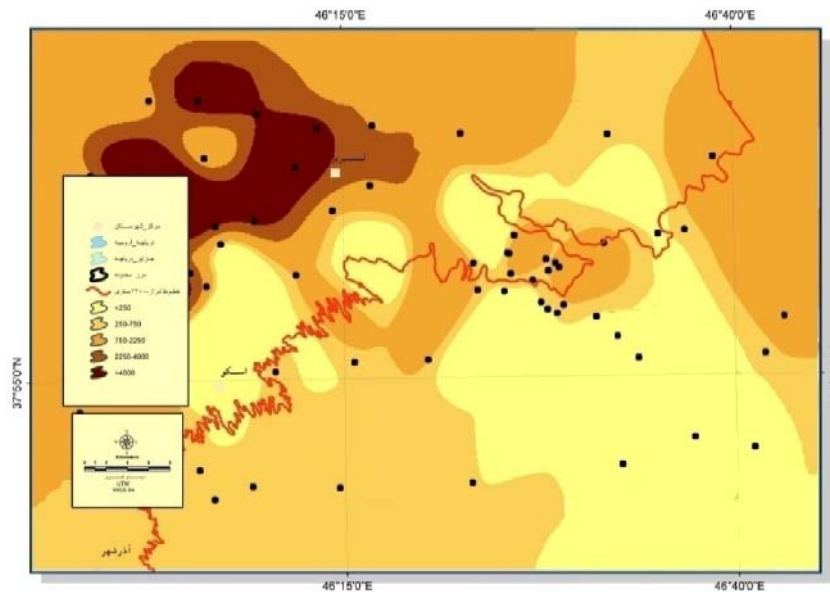
جدول ۶: کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی و درصد آنها در آبخوان‌های دشت تبریز در مهرماه ۱۳۷۹

ردیف	نوع کیفیت آب	آستانه‌های EC $\mu\text{S/cm}$	% EC دشت تبریز	آستانه‌های SAR	% SAR دشت تبریز
۱	عالی	<۲۵۰	۳۰/۳۸	<۱۰	۳۶/۹
۲	خوب	۲۵۰-۷۵۰	۲۳/۲۵	۱۰-۱۸	۲۲/۴۸
۳	متوسط	۷۵۰-۲۲۵۰	۱۸/۱۷	۱۸-۲۶	۱۵/۲۷
۴	نامناسب	۲۲۵۰-۴۰۰۰	۱۳/۰۲	>۲۶	۲۵/۳۵
۵	بسیار نامناسب	>۴۰۰۰	۱۵/۱۸	>۲۶	-

مأخذ: نگارندگان

درصد به آبخوان‌های شمال غربی دشت اختصاص یافته‌اند، آب‌های با کیفیت شیمیایی عالی (۲۷/۵ درصد) و خوب (۲۶/۳۶ درصد) به آبخوان‌های دامنه‌های سه‌سند مربوط می‌شوند. آب‌های با کیفیت شیمیایی متوسط (۲۷/۹۱ درصد) اغلب بخش‌های شمالی دشت را در بر گرفته‌اند.

۳- توزیع مکانی شاخص‌های کیفی در سال شاخص ترسالی (۸۳-۱۳۸۲) وضعیت متفاوتی نسبت به سال شاخص خشکسالی دارند. نقشه هم‌ارزش EC در مهرماه ۱۳۸۲ دشت تبریز، سهم آب‌های زیرزمینی شیرین را که دارای کیفیت عالی، خوب و متوسط هستند را بیشتر نشان می‌دهد (شکل ۷). درحالی‌که آب‌های شور و خیلی شور به میزان ۹/۴۷ و ۸/۶۸



شکل ۷: نقشه سطوح هم‌ارزش EC در دشت تبریز در مهرماه ۱۳۸۲ (سال شاخص ترسالی)  
مأخذ: نگارندگان

جدول ۷: کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی و درصد آنها در آبخوان‌های دشت تبریز در مهرماه ۱۳۸۲

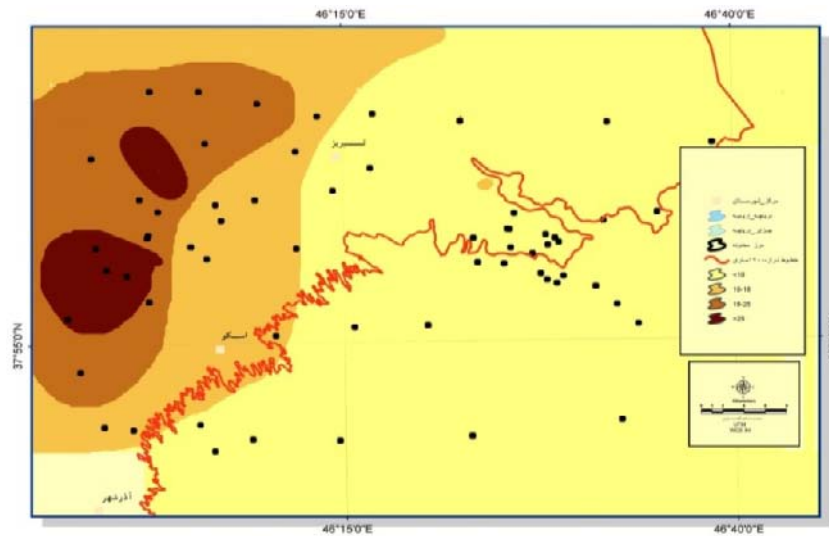
ردیف	نوع کیفیت آب	آستانه های EC $\mu\text{S/cm}$	% EC دشت تبریز	آستانه های SAR	% SAR دشت تبریز
۱	عالی	<250	27/5	<10	59/18
۲	خوب	250-750	26/36	10-18	19/57
۳	متوسط	750-2250	27/91	18-26	16/33
۴	نامناسب	2250-4000	9/47	>26	4/92
۵	بسیار نامناسب	>4000	8/68	>26	-

مأخذ: نگارندگان

۴- تغییرات مقادیر شاخص TDS در سال‌های شاخص مورد مطالعه نشان می‌دهد (جدول ۸) در مهرماه ۱۳۸۲ که به عنوان سال شاخص ترسالی انتخاب شده، آب‌های شیرین ۵۹ درصد آب‌های زیرزمینی دشت تبریز را تشکیل می‌دهند، در حالی که در سال شاخص خشکسالی یعنی در مهرماه ۱۳۷۹ با کاهش، میزان آب‌های زیرزمینی شیرین به ۵۱/۹۴ درصد رسیده است. در ضمن مقادیر آب‌های لب شور که در اصطلاح آب شور گفته می‌شوند در مهرماه ۱۳۷۹ در حدود ۴۸/۰۵ بوده که از میزان آن در سال ۱۳۸۲ کاسته شده است.

پراکنش مقادیر نسبت جذب سدیم SAR آب‌های زیرزمینی دشت تبریز در مهرماه ۱۳۸۲ نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی با قلیائیت زیاد (۴/۹۲ درصد) در پهنه محدودی گسترش داشته و در غرب دشت تبریز مشاهده می‌شود (شکل ۸).

بیش از نیمی از مساحت آبخوان‌های دشت تبریز (۵۹/۱۸ درصد) آب‌های زیرزمینی با کیفیت شیمیایی عالی و در حدود ۱۹/۵۷ درصد آب‌ها با کیفیت خوب تشکیل می‌دهد. آب‌هایی که از نظر شاخص کیفی SAR دارای کیفیت متوسط هستند ۱۶/۳۳ درصد را شامل شده‌اند.



شکل ۸: نقشه سطوح هم‌ارزش SAR دشت تبریز در مهرماه ۱۳۸۲ (سال شاخص ترسالی)  
 مأخذ: نگارندگان

جدول ۸: تغییرات مقادیر شاخص TDS در سال‌های شاخص

مورد مطالعه در دشت تبریز

مهرماه	مهرماه	TDS mg/l	کیفیت آب
۱۳۸۲	۱۳۷۹	۱-۱۰۰۰	شیرین
%۵۹	%۵۱/۹۴	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	لب شور
-	-	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	شور
-	-	>۱۰۰۰۰۰	بدمزه و تلخ

مأخذ: نگارندگان

### نتیجه

بررسی شاخص SPI در دوره‌ی آماری (۸۶-۱۳۵۱) در دشت تبریز نشان داد که خشکسالی بطور متناوب با ترسالی اتفاق افتاده است. دشت در اغلب سال‌ها از وضعیت نرمالی برخوردار بوده و تعداد دوره‌های خشک کوتاه‌مدت نسبت به خشکسالی‌های بلندمدت بیشتر است. با وجود تداوم دوره‌های خشک در سال‌های اخیر، از شدت آنها کاسته شده است. در کل از ارتفاعات پیرامون به سمت دشت تبریز، میزان ناهنجاری‌های منفی بارش افزایش پیدا کرده است. از نظر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نتایج تجزیه شیمیایی نمونه آب‌های ۴۰ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق دشت

بر اساس شاخص قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، مواد جامد حل شده در آب (TDS) و نسبت جذب سدیم (SAR) نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی که به لحاظ درجه در طبقه عالی و خوب قرار می‌گیرند به پایکوه‌های سهند و ارتفاعات شمالی دشت مربوط می‌شوند. با طی مسیر به سمت مرکز دشت و حواشی دریاچه ارومیه با افزایش املاح موجود در آب‌ها از کیفیت آنها کاسته شده بطوری‌که در انتهای دشت به آب‌های خیلی شور تبدیل می‌شوند. این وضعیت در دوره‌های خشک بسیار تشدید می‌شود. در خشکسالی ۸۰-۱۳۷۹ در حدود ۲۸ درصد آب‌های زیرزمینی دشت تبریز بویژه بخش‌های مرکزی و انتهایی دارای کیفیت بسیار پایینی بوده و از آب‌های شور و خیلی شور بودند. از نظر قلیابیت نیز بیش از ۲۵ درصد آب‌ها بسیار قلیایی بودند که برای مصارف کشاورزی و آبیاری بسیار نامناسب می‌باشند. در ترسالی سهم آب‌های زیرزمینی شیرین بویژه آب‌های با کیفیت متوسط بیشتر بوده و مقادیر آب‌هایی با املاح زیاد کمتر شده است.

۶- محمدی‌اقدام، کاظم؛ علی رستمی (۱۳۸۷). ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی شهرستان تبریز برای مصارف آبیاری، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ۲۳ الی ۲۵ مهرماه. دانشگاه تبریز.

۷- محمدی، حسینمراه؛ اکبر شمسی‌پور (۱۳۸۲). تأثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشت‌های همدان، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۵.

۸- ندیری، عطاء... (۱۳۷۶). پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی با استفاده از شبکه‌های عصبی در محدوده متروی شهر تبریز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز.

۹- ولایتی، سعداله (۱۳۸۷). هیدرولوژی سازندهای نرم و سخت، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰- یاراحمدی، جمشید (۱۳۸۷). تحلیل خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز آجی‌چای، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ۲۳ الی ۲۵ مهرماه. دانشگاه تبریز.

11- Asghari Moghaddam, A (1991). The hydrology of Tabriz area. Iran.PH.D Thesis. University College London. London.

12- Edwards, D.C. Mckee, T. B (1997). Characteristics of 20<sup>th</sup> century drought in the United State at multiple time scales, Climatology Report Number 97-2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

13- Eltahir, E. A. B., Yeh, P. J. F (1999). on the asymmetric response of aquifer water level to floods and droughts in Illinois. Water Resources Research 35(4).

14- Ghosh, N. G., Sharma, K. D (2006). Groundwater Modeling and Management. Capital Publishing Company.

در ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها روند تغییر کیفی آب‌های زیرزمینی از ارتفاعات پیرامون دشت به سمت بخش مرکزی و انتهایی دشت می‌باشد. یعنی آبخوان‌های پایکوهی اطراف دشت از نظر کیفیت شیمیایی دارای آب‌های با کیفیت بالا هستند، ولی به طرف مرکز دشت به ویژه با نزدیک شدن به حاشیه دریاچه ارومیه به آب‌های با کیفیت بسیار نامناسب تبدیل می‌شوند. آگاهی از این وضعیت و شناخت تغییر ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با وقوع حداکثرهای اقلیمی، مدیریت بهینه منابع آب را امکان‌پذیر می‌سازد.

### منابع

- ۱- آباد، محمود؛ مجید اونق؛ ابوالفضل مساعدی؛ علی زین-الدینی (۱۳۸۵). بررسی اثر افت سطح ایستابی در شوری آب زیرزمینی منطقه زیدآباد سیرجان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۳. شماره ۲.
- ۲- زارعیان‌چهرمی، مجتبی؛ روح‌الله تقی‌زاده؛ شهلا محمودی؛ احمد حیدری (۱۳۸۶). ارزیابی روش‌های زمین‌آماری جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی (دشت یزد- اردکان)، مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری با محوریت مدیریت حوضه آبخیز، ۱ و ۲ اسفند. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۳- عبدی نژاد، غلامعباس (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی و خشکسالی، جنگل و مرتع، شماره ۷۸.
- ۴- عزیزی، قاسم (۱۳۸۲). ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۶.
- ۵- کرمی، فریبا؛ حبیبه نوری (۱۳۸۷). بررسی خشکسالی‌ها ترسالی‌های سه دهه‌ی اخیر در ایستگاه‌های تبریز- ارمیه و اردبیل، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ۲۳ الی ۲۵ مهرماه. دانشگاه تبریز.

- 19- Soliman, A. S., Farshad, A., Sporry, K., Sherstha, D.P (2004). Predicting salinization in its early stage, Using Electromagnetic data and Geostatistical Techniques: Nakhon Ratchasima, Thailand, 25<sup>th</sup> ACRS, Chiang Mai, Thailand.
- 20- Srivastava, A., Tripathi, N. K., Gokhale, V. G (1997). Mapping groundwater salinity using IRS data and GIS Techniques. *Int.J.REMOTE SENSING*, 18(13).
- 21- Subyani, A. M (2005). Hydrochemical identification and salinity problem of groundwater in Wadi Yalamlam basin, Western Saudi Arabia, *Journal of Arid Environments*, 60.
- 22- Yaouti, F. EL, Mandour, A, EL, Khattach, D, Benavente, J, Kaufmann, O (2009). Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou-Areg (NEMorocco), *Applied Geochemistry*, 24.
- 15- Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A. Vanyarkho, O.V (1998). Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80.
- 16- Malins, D., Metternicht, G (2006). Assessing the spatial extent of dryland salinity through fuzzy modeling. *Ecological Modeling*, 193.
- 17- Panda, D.K. Mishra, A., Jean, S.K. James. B.K. Kumar, A (2007). The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of Hydrology*. 343.
- 18- Peters, E, Bier, G., Van Lanen, H.A.J., Torfs, P. J. J. F (2006). Propagation and spatial distribution of drought in a groundwater catchment. *Journal of Hydrology*. 321.