

## Impact of Drought on Groundwater Quality and Groundwater Level in Qorveh-Chardoli Plain

F. Asadzadeh<sup>1\*</sup>, M. Kaki<sup>2</sup>, S. Shakiba<sup>3</sup> and B. Raei<sup>4</sup>

### Abstract

Considering the climatic condition, drought is an inevitable phenomenon in Iran. The probability of the drought occurrence can however be predicted using the recorded meteorological data. Due to the drought importance and its impact on groundwater resources, the influence of drought on groundwater quality and ground water table of Qorveh-Chardoli plain was evaluated in this study during the last 25 years period. Monthly precipitation data (1987-2013) were applied to calculate the standardized Precipitation Index (SPI) which was then used to find the dry and wet years. Groundwater quality was also determined using electrical conductivity and sodium adsorption ratio and considering the Wilcox diagram. Kriging map of the water quality and water table were produced for wet and dry years. Groundwater quality of the Qorveh-Chardoli aquifer were classified as C2S1 and C3S1. There was no significant change in the water quality even during the wet period with raising water table. Groundwater level has changed 29.35 meters (increasing) and 13.39 meters (decreasing) during the dry and wet periods, respectively. The overall rate of decrease in the water level during the study period was 49 centimeter per year. The greatest decrease in water level were observed for eastern and southern parts of the plain.

**Keywords:** SPI Index, Water table, water quality, Qorveh-Chardoli.

Received: July 3, 2016

Accepted: September 7, 2016

## تأثیر خشکسالی بر کیفیت و سطح آب زیرزمینی دشت قروه و چهاردولی

فرخ اسدزاده<sup>۱\*</sup>، مهتری کاکلی<sup>۲</sup>، سینا شکیبی<sup>۳</sup> و بیژن راعی<sup>۴</sup>

### چکیده

با توجه به ماهیت جغرافیایی کشور، خشکسالی از جمله پدیده‌هایی است که وقوع آن اجتناب ناپذیر می‌باشد. اما می‌توان به کمک آمار و اطلاعات ثبت شده وقوع آن را تا حد امکان پیش‌بینی کرد. با در نظر گرفتن اهمیت خشکسالی و اثرات آن بر منابع آب‌های زیرزمینی، در این پژوهش تأثیر خشکسالی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطح ایستابی دشت قروه و چهاردولی طی ۲۵ سال گذشته مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از متغیرهای اقلیمی بارش ماهانه (۹۱-۱۳۶۵) و شاخص بارش استاندارد (SPI) برای یافتن خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها استفاده شد. طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت قروه و چهاردولی با استفاده از شاخص‌های هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR)، به کمک نمودار ویلکاکس انجام شد. همچنین برای مقایسه و پایش تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و SAR آب زیرزمینی و سطح ایستابی در سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی، با استفاده از روش کریجینگ معمولی نقشه‌های پراکنش آن‌ها ترسیم شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت آب آبخوارهای قروه و چهاردولی در دو کلاس C2S1 و C3S1 بوده و کیفیت در ترسالی به دلیل افزایش برداشت از چاه‌ها بهتر نشده است. سطح آب زیرزمینی در طی دوره آماری بر اثر برداشت از آن دارای روند نزولی معادل با ۴۹ سانتی متر در سال می‌باشد. بیشترین افت‌ها در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۶۵ در قسمت‌های شرقی و جنوبی دشت رخ داده است.

**کلمات کلیدی:** شاخص SPI، سطح ایستابی، کیفیت آب، آبخوارهای قروه و چهاردولی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۴/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۶/۱۷

1- Assistant Professor, Department of Soil Science, Urmia University, Iran. Email: f.asadzadeh@urmia.ac.ir

2-M.Sc. Alumni, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Iran.

3-M.Sc. Alumni, Department of Geology, Urmia University, Iran.

4-Ph.D. Student, Department of Soil Science, University of Tabriz, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه.

۲- کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تبریز.

۳- کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه ارومیه.

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه تبریز.

\*- نویسنده مسئول

مشخص و موقعیت چاه‌های پایش را به دست آوردند. Theodossiou and Latinopoulos (2007) از زمین آمار برای درون‌یابی سطح آب‌های زیرزمینی در حوضه آتتمونتاس در شمال یونان استفاده کرده و براساس نتایج اعتبارسنجی، روش کریجینگ را در تخمین مقادیر پارامترهای کیفی آب زیر زمینی مناسب تشخیص دادند (Taany et al. (2008). به تحلیل زمانی مکانی نوسانات آب‌های زیرزمینی حوضه Amman-zarqa (آمان-زرقا) با استفاده از تحلیل زمین‌آماري پرداختند. آن‌ها از داده‌های ۳۱ حلقه چاه با توزیع مناسب در آبخوان حوضه برای موضوع عملکرد زمین‌آمار استفاده کردند. روش درون‌یابی کریجینگ نشان داد که جهت جریان آب زیرزمینی در طول سال تقریباً ثابت باقی می‌ماند. همچنین از نقشه نوسانات کریجینگ مشخص شد که افزایش و افت‌ها در حوضه متمرکزاند. Ghomshion (2010) به بررسی پراکنش عمق آب زیرزمینی در دشت سمنان به کمک روش‌های زمین‌آماري کریجینگ، کوکریجینگ و روش عکس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ پرداخت. نتایج نشان داد که روش کریجینگ ساده باعث افزایش دقت در برآورد عمق آب زیرزمینی دشت شده است. علاوه بر پژوهش‌های مورد اشاره، مطالعاتی نیز در سال‌های اخیر در رابطه با ارتباط بین خشک‌سالی و ویژگی‌های آب زیرزمینی در بخش‌های از ایران صورت گرفته است. Azizi (2003) به بررسی خشکسالی‌های دشت قزوین و اثرات آن بر منابع آب زیرزمینی این دشت پرداخته و دریافت که تأثیر خشکسالی‌ها بر آب‌های زیرزمینی با دو الی سه ماه تأخیر بروز می‌کند. Khoshhal et al. (2012) نیز نشان دادند که برداشت بیش از اندازه از سفره‌های آب زیرزمینی و خشکسالی‌های طولانی مدت، تأثیر مخربی بر افت سطح ایستابی در دشت دهگلان استان کردستان داشته‌اند. Karami and Kazemi (2012) با بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز در یافتند که در سال شاخص ترسالی، میزان آب‌های زیرزمینی شور و خیلی شور ۱۸/۱۵ درصد و آب‌های زیرزمینی با قلیائیت زیاد ۴/۹۲ درصد می‌باشد در حالی که در سال شاخص خشکسالی، این مقادیر به ترتیب به ۲۸/۲ و ۲۵/۳۵ افزایش یافته‌اند. Mahmoudi et al. (2015) نیز با بررسی تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب سطحی استان سیستان و بلوچستان دریافتند که در دوره‌های خشکسالی مقادیر شوری و قلیائیت آب‌های سطحی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

دشت قروه و چهاردولی دارای آب و هوای نیمه‌خشک و سرد است که در آن به علت تغییرات اقلیمی، نامنظم بودن توزیع بارندگی از نظر زمانی و مکانی، افزایش تقاضا برای منابع آب و محدودیت منابع

آب از مهم‌ترین ارکان محیط زیست محسوب می‌شود. ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک با نزولات جوی بسیار اندک است به طوری که میانگین بارندگی سالانه در ایران (۲۴۰ میلی‌متر) حتی کمتر از یک سوم میانگین بارش سالانه‌ی جهانی (۸۶۰ میلی‌متر) است (Khosravi, 2013). این امر لزوم استفاده از آب‌های زیر زمینی به عنوان منبع اصلی تأمین نیازهای کشاورزی، شرب و نیز صنعت را اجتناب ناپذیر نموده (Shamsaei, 2002) و آب زیرزمینی را در زمره مهمترین و بزرگ‌ترین منبع آب شیرین در جهان قرار داده است. بر اساس بررسی‌های و پیش‌بینی‌های انجام شده به وسیله کارشناسان سازمان ملل، در سال ۲۰۲۵ میلادی میزان سرانه منابع ایران که در سال ۱۹۹۰ معادل ۲۲۰۰ متر مکعب بوده به رقمی بین ۷۲۶ تا ۸۶۰ متر مکعب تنزل خواهد یافت، بر این اساس ایران قبل از سال ۲۰۲۵ در زمره کشورهای مواجه با بحران کمبود آب قلمداد می‌شود (Abdi and Amini, 2002). با توجه به عدم مطابقت نیازهای کشاورزی و صنعتی با توزیع آب، لزوم کنترل و استفاده بهینه از منابع آب بیش از پیش احساس می‌شود. لایه‌های آبدار زیرزمینی کشور ایران هر سال با ۵/۵ میلیارد مترمکعب کسری مخزن مواجه هستند (Kelinhu et al., 2005) که این امر حساسیت بیشتر آب‌های زیرزمینی را نسبت به استفاده‌های بی‌رویه روشن می‌سازد (Alizadeh, 2003). پیامد این مسئله در تعدادی از آبخوان‌ها، افت سطح آب زیرزمینی، کسری مخزن، نشست زمین و در نواحی مستعد، پیشروی آب شور می‌باشد (Data et al., 1997). هر چند به منظور جلوگیری از این ناهنجاری‌ها، ممنوعیت توسعه بهره‌برداری در تعدادی از دشت‌های ایران اعمال گردیده است با این حال به نظر می‌رسد که تأمین پایدار آب در حوضه‌های آبخیز، بدون ارزیابی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی و در نتیجه آثار زیست محیطی و اجتماعی آن به سختی امکان‌پذیر باشد. از این رو برای مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار منابع آب و خاک پایش مکانی و زمانی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در مواقع حداکثرهای اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. به این ترتیب با شناخت این تغییرات و پیامدهای ناشی از آن، به ویژه در صورت وقوع خشکسالی، با برنامه‌ریزی صحیح، بهره‌برداری از منابع آب به طور اصولی و بهینه انجام خواهد شد. تاکنون مطالعات بسیار گوناگونی در رابطه با منابع آب‌های زیرزمینی در ایران و نقاط مختلف دنیا صورت گرفته است. Zhou et al. (2013) طراحی شبکه پایش تراز آب زیرزمینی در دشت پکن را با روش جدید نقشه محدوده رژیم آب زیرزمینی انجام دادند و با این روش مکان‌های مهم نوسانات آب زیرزمینی را

آب سطحی، وابستگی زیاد به آب‌های زیرزمینی به چشم می‌خورد، لذا بهره برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی موجب کاهش روزافزون منابع آب زیرزمینی و تغییر در کیفیت آن می‌شود. لذا برای استفاده بهینه از منابع آب موجود، برنامه‌ریزی همه‌جانبه و آگاهانه الزامی است و این مهم، جز با شناخت دقیق و صحیح پراکنش مکانی و زمانی کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی میسر نخواهد شد.

آبخوان‌های قروه و چهاردولی با مساحت‌های به ترتیب ۱۷۰/۲۵ و ۳۱۶/۵۵ کیلومترمربع در شرق استان کردستان واقع و از مناطق کم باران به حساب می‌آید. متوسط بارندگی دشت ۳۰۷ میلی‌متر در سال و اقلیم آن براساس روش آمبرژه جزء نواحی نیمه‌خشک و سرد می‌باشد. اغلب چاه‌های حفر شده در این دشت از نوع چاه‌های عمیق هستند.

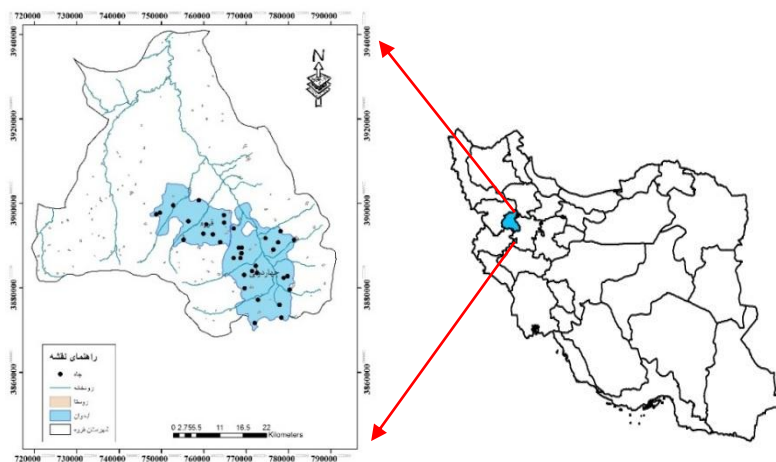
بنابراین، هدف این مطالعه، تعیین سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی در دشت قروه و چهاردولی با استفاده از شاخص SPI و سپس پایش مکانی و زمانی تغییرات کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های مورد نظر در این دشت می‌باشد. بر این اساس این مطالعه با هدف مدیریت بهینه‌ی منابع آب به پایش مکانی-زمانی تغییرات کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی می‌پردازد تا تغییرات آن را در مواقع حداکثرهای اقلیمی (خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها) مشخص کند. همچنین طی این پژوهش تأثیر خشکسالی بر سطح ایستابی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## ۲- روش تحقیق

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان قروه واقع در استان کردستان بین طول‌های ۳۶ ۰۶ ۴۷ و ۵۶ ۳۶ ۴۷ شرقی ۱ ۳۵ تا ۷ ۴۱ ۳۵ عرض شمالی واقع شده است. آبخوان‌های قروه و چهاردولی در این دشت واقع هستند. این شهرستان از شمال به شهرستان بیجار، از غرب به شهرستان دهگلان و از جنوب و شرق به استان کرمانشاه ختم می‌شود. دشت قروه چهاردولی با وسعت حوزه آبخیز ۲۹۷۵/۳۲ کیلومتر مربع و شامل

برای تعیین سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی در دوره‌ی آماری مورد مطالعه، از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) استفاده شد. بسیاری از محققان به انعطاف‌پذیری شاخص SPI و قابلیت آن در مقیاس‌های زمانی مختلف اشاره نموده‌اند (Hayes et al., 1999). شاخص SPI سه ماهه به عنوان تخمینی از بارش‌های فصلی بوده که منعکس کننده رطوبت کوتاه مدت آن منطقه می‌باشد. شاخص SPI شش ماهه نشان دهنده روند بارندگی در میان مدت بوده و با انحراف معیار از میانگین جریان رودخانه‌ها و تراز سطح آب در مخازن همبستگی دارد. شاخص SPI‌های طولانی مدت از جمله SPI بیست و چهار ماهه و چهل و هشت ماهه منعکس کننده کمبود بارش در مقیاس زمانی طولانی مدت می‌باشند که اغلب بر ذخایر آب زیرزمینی و منابع سطحی تأثیرگذار می‌باشند. این شاخص برای هر منطقه براساس ثبت بارش‌های طولانی مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب برای آمار بلندمدت بارندگی‌ها برازش داده می‌شود. سپس تابع تجمعی توزیع با 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 Mackee, 1997).



شکل ۱- موقعیت آبخوان‌های قروه و چهاردولی در ایران و استان کردستان

تخمینگر خطی ناریب<sup>۴</sup> می‌باشد. این تخمین‌گر به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

که در آن  $Z^*(x)$  مقدار تخمین،  $\lambda_i$  وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه  $i$ ام و  $Z(x_i)$  مقدار متغیر اندازه‌گیری شده است. این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند زیرا ترکیب خطی از  $n$  داده می‌باشد. شرط استفاده از این تخمین‌گر این است که، متغیر  $Z$  دارای توزیع نرمال باشد. در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیر خطی استفاده کرد و یا اینکه به نحوی توزیع متغیرها را به نرمال تبدیل نمود (Khosravi, 2011).

**جدول ۲- طبقه‌بندی آب کشاورزی بر اساس شوری و قلیائیت (Khodapanah et al., 2009)**

EC	کلاس	شوری	SAR	کلاس	قلیایی
۲۵۰-۱۰۰	C1	کم	<۱۰	S1	کم
۲۵۰-۷۵۰	C2	متوسط	۱۰-۱۸	S2	متوسط
-۲۲۵۰	C3	زیاد	۱۸-۲۶	S3	زیاد
۷۵۰	C4	خیلی زیاد	>۲۶	S4	خیلی زیاد

به منظور بررسی همبستگی بین ویژگی‌های کمی آب زیرزمینی نظیر ویژگی‌های کیفی و سطح ایستابی با شاخص SPI از ضریب همبستگی مطابق با رابطه‌ی زیر استفاده شد:

$$\rho_{XY} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (3)$$

که در این رابطه،  $X$  شاخص بارش استاندارد شده  $Y$  و نیز می‌تواند ویژگی‌های کیفی آب و یا نوسانات سطح آب زیرزمینی باشد؛  $\sigma$  نشان دهنده‌ی انحراف معیار هر یک از متغیرها و  $cov(X, Y)$  نیز نشان دهنده‌ی کوواریانس متغیرها می‌باشد (Khan et al., 2008).

### ۳- نتایج و تحلیل نتایج

به منظور استخراج دوره‌های خشکسالی و ترسالی، شاخص SPI، بر سری داده‌های بارش ۲۴ و ۴۸ ماه اعمال گردید که نتایج آن در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. مطابق شکل خشکسالی‌های با تأخیر ۲۴ ماهه با شدت بیشتری نسبت به خشکسالی با تأخیر ۴۸ ماه رخ داده است. همچنین مقدار شاخص SPI در دهه‌ی اخیر (۱۳۹۱-۱۳۸۱) نسبت به دو دهه‌ی قبل کمتر بوده و درصد بیشتری از رخدادهای نرمال در دهه‌ی اخیر مشاهده شدند.

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 ۱). برای محاسبه‌ی این شاخص از رابطه (۱) استفاده شد:

$$SPI_n = [P_0 + \sum (P - i) - \mu_n] / \delta_n \quad (1)$$

$n$  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 معیار بارش برای ماه‌ها می‌باشد. پس از محاسبه شاخص SPI در دوره آماری (۹۱-۱۳۶۵) در ایستگاه‌های مورد مطالعه، با در نظر گرفتن مقدار شاخص و تکرار آن، سال آبی ۶۸-۱۳۶۷ سال شاخص خشکسالی و سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ سال شاخص ترسالی انتخاب شدند.

**جدول ۱- طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI (Shokri Koochak and Behnia, 2013)**

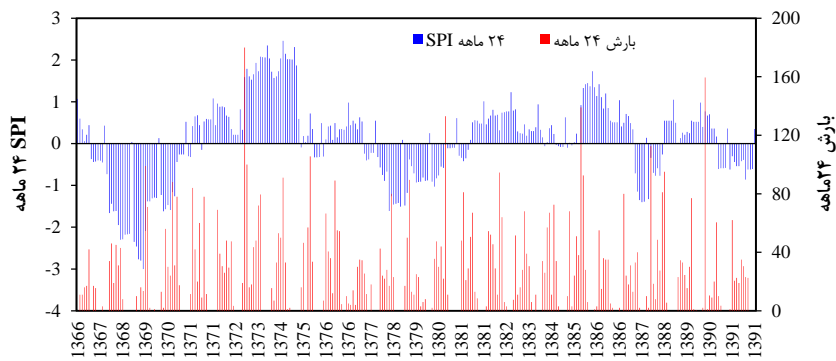
مقادیر	طبقات
>۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی
-۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
<-۲	خشکسالی بسیار شدید

### ۲-۲- معیار کیفی آب زیرزمینی

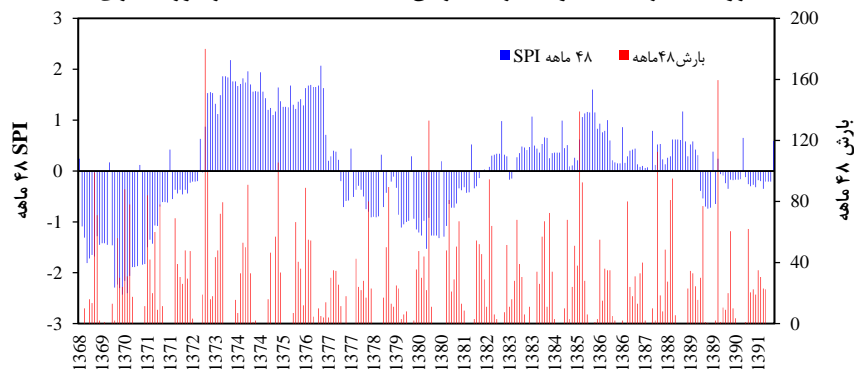
در این تحقیق از روش ویلکاکس و مطابق با جدول ۲ به منظور طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی استفاده شد. این روش که بر مبنای ارزیابی ترکیبی دو شاخص شوری و قلیائیت استوار است از پارامترهای هدایت الکتریکی (EC<sup>۲</sup> بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر) و معیار نسبت جذب سدیم (SAR<sup>۲</sup>) برای طبقه‌بندی آب استفاده نموده و تاکنون کاربرد فراوانی در تعیین کلاس کیفی آب آبیاری داشته است.

### ۲-۳- درون یابی ویژگی‌های کیفی آب و سطح ایستابی

در این پژوهش از روش به منظور بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب در دوره‌های تر و خشک‌سالی از روش کریجینگ استفاده شد. یک روش تخمین زمین آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزنی استوار می‌باشد. به طوری که می‌توان گفت این روش بهترین



شکل ۲- روند تغییرات SPI و تغییرات بارش (۲۴ ماهه) منطقه در دوره آماری (۱۳۶۵-۱۳۹۱)



شکل ۳- روند تغییرات SPI و تغییرات بارش (۴۸ ماهه) منطقه در دوره آماری (۱۳۶۵-۱۳۹۱)

جدول ۳- مشخصات خشکسالی منطقه بر اساس SPI ۲۴ ماهه در دوره آماری (۱۳۶۵-۱۳۹۱)

ردیف	خشکسالی		تداوم خشکسالی (ماه)	حداکثر مقدار کمبود	شدت خشکسالی	متوسط شدت خشکسالی
	شروع	خاتمه				
۱	۶۸/۱۱	۶۸/۲	۱۰	-۲/۳	-۱۹/۳۸	-۱/۹۴
۲	۶۹/۱۱	۶۹/۱	۱۱	-۳	-۲۲/۱۳	-۲/۰۱
۳	۷۰/۷	۷۰/۱	۷	-۱/۶۲	-۹/۹	-۱/۴۱
۴	۷۸/۱۱	۷۸/۶	۶	-۱/۶۱	-۸/۷	-۱/۴۵
۵	۷۹/۲	۷۹/۱	۲	-۱/۴۸	-۲/۶۶	-۱/۳۳

جدول ۴- مشخصات ترسالی منطقه بر اساس SPI ۲۴ ماهه در دوره آماری (۱۳۶۵-۱۳۹۱)

ردیف	ترسالی		تداوم ترسالی (ماه)	حداکثر مقدار مازاد	شدت ترسالی	متوسط شدت ترسالی
	شروع	خاتمه				
۱	۶۶/۱۲	۶۶/۱۲	۱	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷
۲	۷۱/۱۲	۷۱/۱۲	۱	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۸
۳	۷۳/۲	۷۵/۱	۲۴	۲/۴۶	۴۵/۹۵	۱/۹۱
۴	۸۱/۱۲	۸۱/۱۲	۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۱
۵	۸۲/۱۲	۸۲/۱۲	۱	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳
۶	۸۵/۸	۸۶/۶	۹	۱/۷۳	۱۴/۳۶	۱/۵۹
۷	۸۶/۶	۸۶/۶	۱	۱/۲	۱/۲	۱/۲
۸	۸۶/۱۲	۸۶/۱۲	۱	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴
۹	۸۸/۱۲	۸۸/۱۲	۱	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۵

**جدول ۵- مشخصات خشکسالی منطقه بر اساس SPI ۴۸ ماهه در دوره آماری (۱۳۶۵-۱۳۹۱)**

ردیف	خشکسالی		تداوم خشکسالی(ماه)	حداکثر مقدار کمبود	شدت خشکسالی	متوسط شدت خشکسالی
	شروع	خاتمه				
۱	۶۹/۱	۷۱/۷	۲۷	-۲/۴۳	-۴۹/۰۷	-۱/۸۲
۲	۷۹/۸	۷۹/۹	۲	-۱/۱۱	-۲/۱۶	-۱/۰۸
۳	۸۰/۲	۸۱/۲	۱۳	-۱/۲۹	-۱۴/۳۷	-۱/۱۱

**جدول ۶- مشخصات ترسالی منطقه بر اساس SPI ۴۸ ماهه در دوره آماری (۱۳۶۵-۱۳۹۱)**

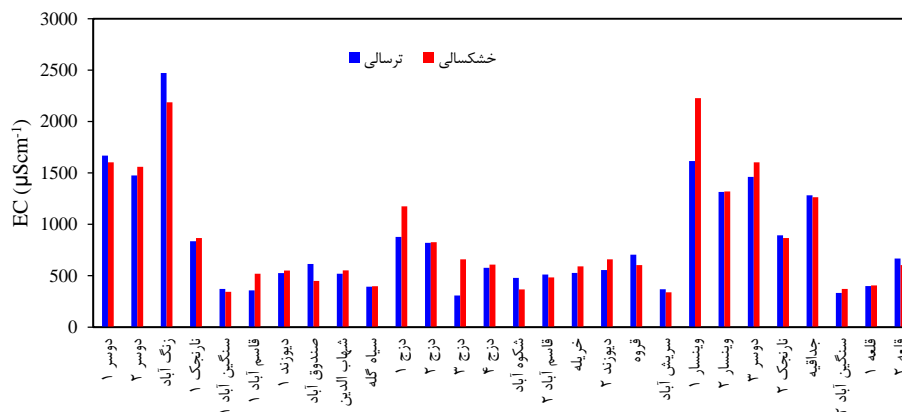
ردیف	ترسالی		تداوم ترسالی(ماه)	حداکثر مقدار مازاد	شدت ترسالی	متوسط شدت ترسالی
	شروع	خاتمه				
۱	۷۳/۳	۷۷/۱	۴۷	۲/۱۸	۷۳/۴۵	۱/۵۶
۲	۸۳/۱۲	۸۳/۱۲	۱	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۸
۳	۸۵/۸	۸۶/۱	۶	۱/۱۶	۷/۲۵	۱/۲۱
۴	۸۸/۱۲	۸۶/۱۲	۱	۱/۱۷	۱/۱۷	۱/۱۷

مقایسه مقادیر شوری و SAR آب در دو دوره تر و خشکسالی به تفکیک چاه‌های مختلف ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مقدار EC در چاه‌هایی نظیر شکوه‌آباد، قلعه، قاسم‌آباد، سنگین‌آباد، وینسار، نارنجک، سیاه‌گله و شهاب‌الدین طی دوره‌های ترسالی و خشکسالی آنچنان محسوس نبوده است. اما در چاه‌هایی نظیر وینسار، دوسر، زنگ‌آباد و دزج که طی دوره‌های خشکسالی ۶۹ تا ۷۱ دچار افت کیفیت شده‌اند و در دوره‌ی ترسالی مقدار EC در زنگ‌آباد، دوسر، دزج، قروه و جداقیه و مقدار SAR در چاه‌های دوسر، نارنجک، جداقیه افزایش یافته است، بطوریکه نشان از تأثیر دراز مدت پدیده خشکسالی، علی‌رغم بارندگی‌ها در سال‌های ۷۳ تا ۷۵ تغییر در کیفیت متغیرهای SAR و EC صورت نگرفته است. در مجموع به نظر می‌رسد عواملی مانند افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در اثر گسترش فعالیت‌های کشاورزی و تأخیر زمانی بین بارندگی و تأثیر آن بر منابع زیرزمینی، سبب شده که به رغم وقوع ترسالی و افزایش بارش‌ها، کیفیت آب تغییرات چندانی در دو دوره خشک و مرطوب ننماید (Eltahi and Yeh, 1999; Mohammadi-Ghaleni et al., 2013).

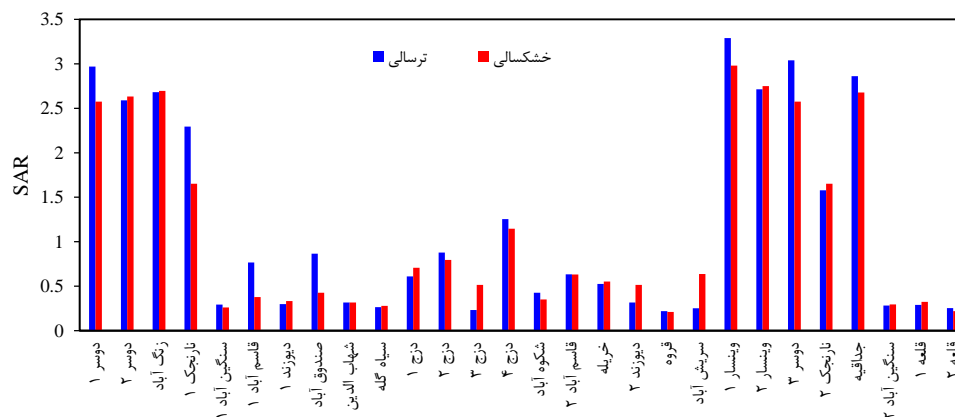
با استفاده از مقادیر متوسط هدایت الکتریکی و نسبت جذب شدید، براساس نمودار ویلکاکس، پهنه‌های کیفی آب زیرزمینی آبخوان‌های قروه و چهاردولی به کمک نرم‌افزار GIS تعیین و در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. همانطور که در این شکل‌ها مشخص است، در دوره‌ی خشکسالی حدود ۷۰ درصد از مساحت منطقه در طبقه کیفی C2-S1 قرار دارد و برای مناطق شرقی دشت قروه و چهاردولی مشخص گردید که در چاه‌های دزج، زنگ‌آباد، وینسار، جداقیه، دوسر و نارنجک آب در کلاس C3-S1 قرار دارند، و این چاه‌ها برای

به طوریکه ۹۰ درصد رخدادهای خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها شدید در ۱۵ سال اول دوره‌ی آماری را نشان می‌دهد. بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ خصوصیات خشکسالی و ترسالی استخراج و در جداول ۳ تا ۶ ارائه شده است. همانطور که از جداول ۳ و ۴ استنباط می‌گردد بحرانی‌ترین دوره خشکسالی براساس شاخص SPI ۲۴ ماهه طی فروردین ۶۹ تا بهمن ۶۹ به مدت ۱۱ ماه به وقوع پیوسته است، همچنین بر اساس شاخص SPI ۲۴ ماهه، طی اردیبهشت ماه ۷۳ تا فروردین ۷۵ طولانی‌ترین دوره ترسالی به مدت ۲۴ ماه حادث شده است. بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده ترسالی‌ها در شاخص SPI بیست و چهار ماهه یک‌ماهه بوده است و بارش‌ها در سال‌های اخیر روند کاهشی را نشان دادند.

با توجه به اینکه شاخص خشکسالی SPI ۲۴ ماهه و ۴۸ ماهه طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۵-۱۳۹۱ در سال ۶۹ شدت خشکسالی بیشتری را نشان داده، بنا بر این سال ۶۹ سال خشکسالی و سال ۷۳ ترسالی بوده است. مقادیر EC و SAR در هر ایستگاه در دوره‌های ترسالی و خشکسالی با یکدیگر مقایسه شدند. میانگین هدایت الکتریکی در ۲۸ چاه مشاهداتی برای دوره ترسالی برابر با ۸۱۸ میکروموس بر سانتی‌متر بوده و این مقدار برای دوره خشکسالی برابر با ۸۵۷ است. این امر هر چند نشان دهنده‌ی افزایش اندک میانگین شوری آب زیرزمینی در منطقه است، اما بایستی توجه نموده که این افزایش اندک بوده و در مجموع و به طور میانگین کلاس شوری آب در منطقه برای هر دو دوره تر و خشک‌سالی به صورت C3 است. در رابطه با SAR نیز میانگین آن برای دوره‌ی خشک و ترسالی به ترتیب برابر با ۱/۱ و ۱/۱۷ بود که نشان دهنده‌ی افزایش جزئی مقدار SAR در طول دوره‌ی ترسالی است. در شکل‌های ۴ و ۵



شکل ۴- تغییرات EC در دوره خشکسالی و ترسالی در ایستگاه‌های مختلف آبخوان‌های قروه و چهاردولی



شکل ۵- تغییرات SAR در دوره خشکسالی و ترسالی در ایستگاه‌های مختلف آبخوان‌های قروه و چهاردولی

خشکسالی اشاره داشته‌اند. افت سطح ایستابی در دوره‌های خشکسالی و ترسالی مطابق نمودار شکل ۸ بدست آمد به طوری که مقادیر مثبت مقادیر افزایشی و مقادیر منفی کاهش می‌باشد. همانطور که قابل ملاحظه است سطح ایستابی در دوره خشکسالی افزایش یافته اما در دوره ترسالی سطح ایستابی کاهش داشته است. نتایج نشان داد که تغییرات سطح ایستابی در دوره خشکسالی و ترسالی به ترتیب ۲۹/۳۵ متر افزایشی و ۱۳/۳۹ متر کاهش بوده است. نتایج نشان می‌دهد که با وجود بارندگی‌ها در دوره‌های ترسالی، افت سطح آب زیرزمینی همچنان در بیشتر چاه‌ها وجود دارد که از عواقب دراز مدت پدیده خشکسالی است و غیر قابل اجتناب می‌باشد. بنابراین بهره‌برداری از آبخوان دشت قروه و چهاردولی مستلزم به کارگیری روش‌های مدیریتی غیرسازه‌ای می‌باشد. علاوه بر کاهش سطح آب زیرزمینی، خشکسالی می‌تواند بر

آبیاری بدون خطر تأثیر سدیم در نفوذ پذیری خاک مناسب می‌باشد. همین نتیجه در دوره ترسالی نیز برای چاه‌های مذکور به جز در چاه زنگ‌آباد به دست آمد. چاه زنگ‌آباد در محدوده شوری خیلی زیاد و مقدار SAR کم قرار گرفته، به طوری که آب این چاه منجر به تجمع حجم زیادی از یون‌ها در خاک این قسمت شده و برای کشاورزی مناسب نمی‌باشد. نتایج این قسمت از مطالعه با تحقیقات Ghader and Hezarkhani (2010) که اقدام به طبقه‌بندی هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه کردند مطابقت دارد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مناطق نامناسب منطقه با وجود ترسالی‌های صورت گرفته همچنان برای آبیاری از منظر کشاورزی مناسب نمی‌باشد. Zainal et al. (2011) و همچنین Asadi and Karimi (2012) نیز در بررسی کیفی ذخایر آب زیرزمینی دشت شبستر بر افت شدید کیفیت این منابع طی دوران

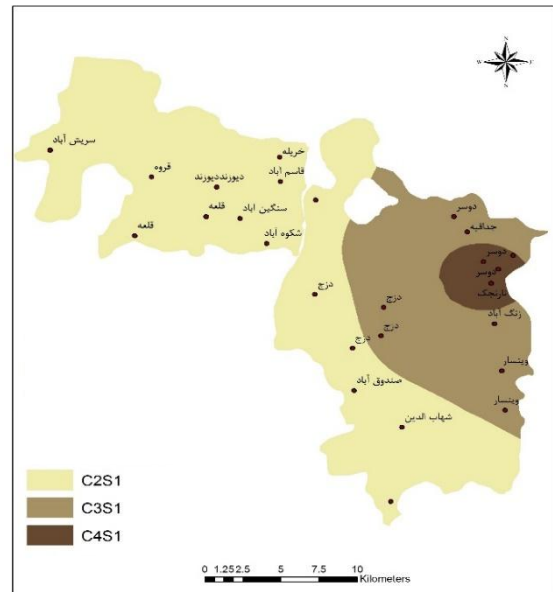
کیفیت منابع آب تأثیر گذارد و باعث افزایش املاح آب و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی گردد (Kalantari and Ershad, 2012).

خشکسالی‌های دوره‌ی ۸۵-۹۰ باعث افزایش املاح و هدایت الکتریکی و کاهش سطح آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه شده است. مطابق نمودار شکل ۹ سطح ایستابی در طول ۲۵ سال در چاه‌های روستای قاسم آباد، دیوزند و کیلومتر ۶ جاده همدان بیشترین افت را داشته است.

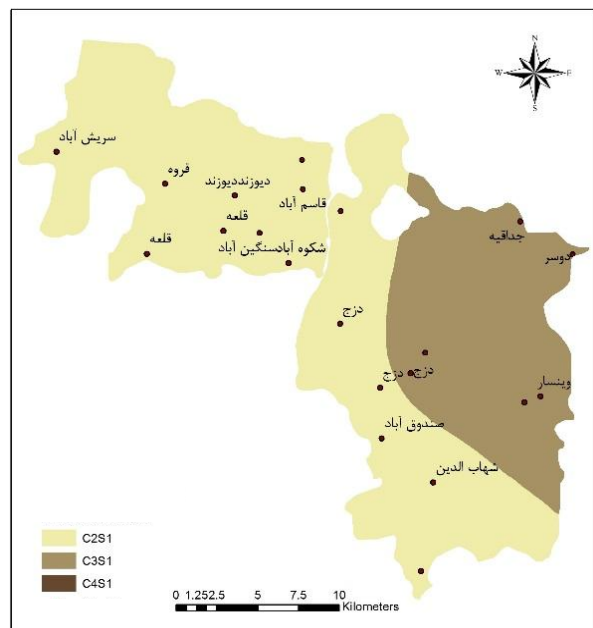
### تعیین الگوی توزیع منابع آب زیرزمینی و تغییرات مکانی و زمانی آن

پهنه‌بندی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی برای ابتدا و انتهای دوره‌ی آماری با استفاده از روش کریجینگ برای آبخوان‌های قروه و چهاردولی انجام شد (اشکال ۱۰ و ۱۱). همانطور که در جدول ۵ نشان داده شد در سال ۱۳۹۰ میانگین سطح ایستابی و میانه آن نسبت به سال ۱۳۶۵ کمتر شده و دارای روند کاهشی است که این نشان از افت سطح آب زیرزمینی دارد. مقدار این افت در این ۲۵ سال حدود ۱۲/۳۸ متر می‌باشد که که نشان دهنده‌ی شدت کاهش معادل با ۰/۴۹ متر در سال است. به نظر می‌رسد برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و گسترش اراضی تحت کشت آبی در منطقه از مهم‌ترین دلایل این مقدار افت آب زیرزمینی در طول این سال‌ها باشد. که این امر لزوم توجه به استفاده بهینه از منابع آب به ویژه منابع زیرزمینی را بیش از پیش گوشزد می‌نماید.

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که طبقات سطح ایستابی ۱۸۱۳/۵-۱۸۰۱ و ۱۸۲۶-۱۸۱۳/۵ متر به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۹۰ بیشترین مساحت از سطح دشت را به خود اختصاص داده‌اند. این تغییرات در طول سال‌های ۶۵ تا ۹۰ نشان دهنده‌ی افت مستمر سطح ایستابی است. نکته دیگر اینکه مساحت کلاس ۱۸۱۳/۵-۱۸۰۱ از سال ۶۵ تا سال ۹۰ تقریباً دو برابر شده که نشان دهنده‌ی تداوم برداشت از آب زیرزمینی منطقه است. در حالی که در طول این دوره مقدار میانگین بارش منطقه در حدود ۲۰ میلی‌متر کمتر شده است بر این اساس به نظر می‌رسد که افزایش برداشت از منابع زیرزمینی دلیل اصلی افت سطح ایستابی در منطقه باشد. کلاس سطح ایستابی ۱۸۱۳/۵-۱۸۲۶ در سال ۱۳۶۵ بیشترین مساحت دشت برابر با ۱۳۵/۹۸ کیلومتر مربع که معادل بیش از یک چهارم وسعت آبخوان است را به خود اختصاص داده است. در حالی که در سال ۹۰ کلاس ۱۸۰۱-۱۸۱۳/۵ مساحت ۲۴۳/۷۱ کیلومتر مربع که معادل ۴۸/۳۶ درصد از سطح آبخوان است، را به خود اختصاص داده است. با نگاه کلی به اشکال ۱۰ تا ۱۱ و جدول ۶ می‌توان فهمید که در کل از مساحت طبقات متوسط رو به پایین



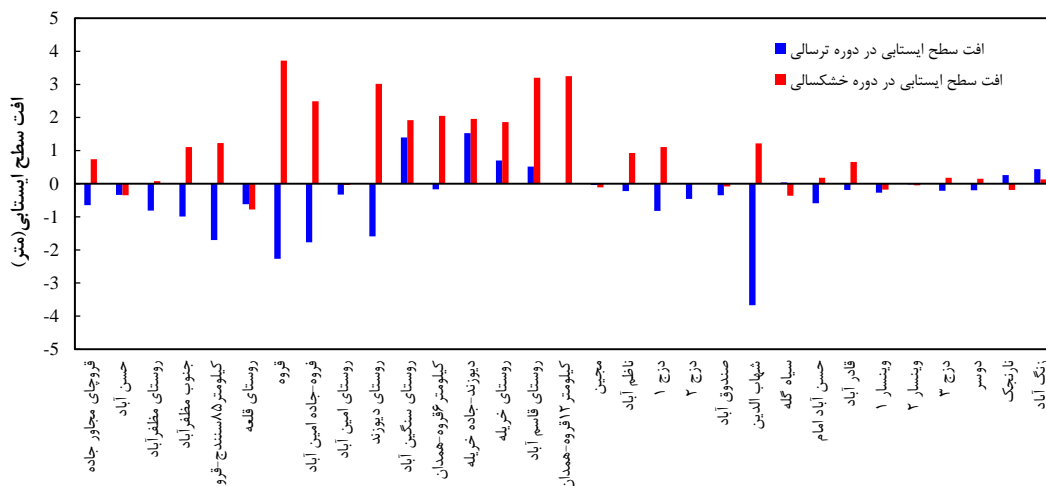
شکل ۶- پهنه‌بندی کیفی آبخوان‌های قروه و چهاردولی در ترسالی



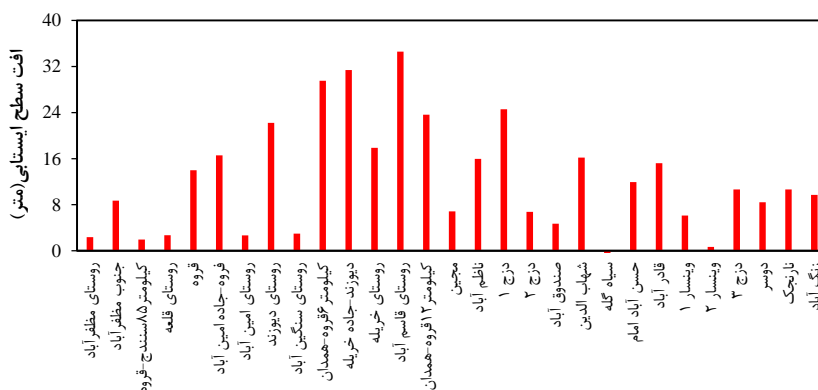
شکل ۷- پهنه‌بندی کیفی آبخوان‌های قروه و چهاردولی در خشکسالی

به طوریکه در دوره‌ی ترسالی وجود بارندگی در چاه‌های قروه، قلعه، دزج، مظفرآباد و ناظم آباد باعث کاهش هدایت الکتریکی شده است. (Kalantari and Ershad (2012) نیز در بررسی تأثیر خشکسالی بر سطح و کیفیت آب زیرزمینی دشت چاهگاه، دریافتند که

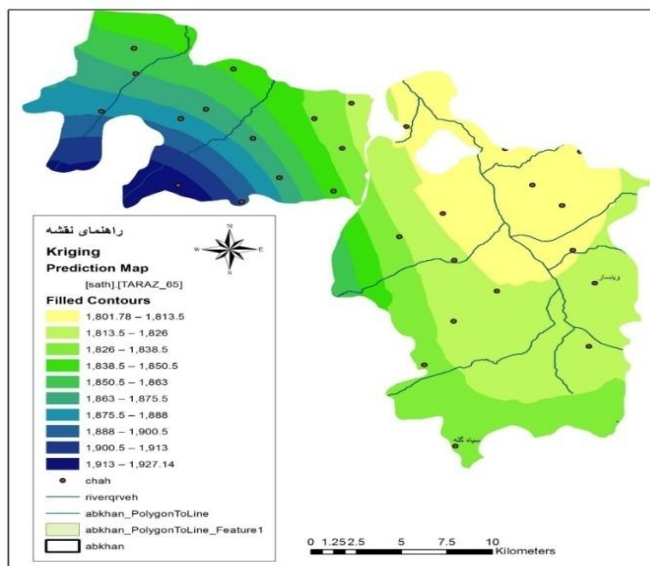




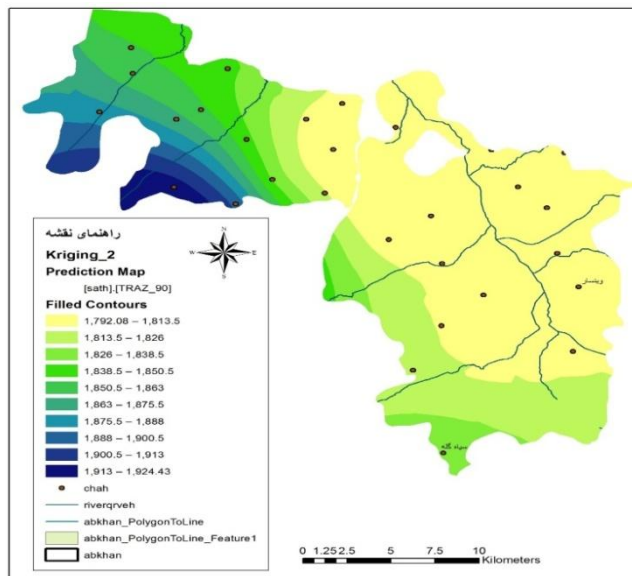
شکل ۸- نمودار افت سطح ایستابی در ایستگاه‌های مختلف برای دوره‌ی خشکسالی و ترسالی



شکل ۹- نمودار افت سطح ایستابی در ۲۵ سال دوره‌ی آماری



شکل ۱۰- روش کریجینگ برای سطح ایستابی آب زیرزمینی سال ۱۳۶۵



شکل ۱۱- روش کریجینگ برای سطح ایستابی آب زیرزمینی سال ۱۳۹۰

جدول ۶- مساحت و درصد آن برای طبقات مختلف سطح آب زیرزمینی

درصد مساحت	مساحت سطح آب سال ۱۳۹۰	درصد مساحت	مساحت سطح آب سال ۱۳۶۵	طبقات ارتفاعی
۴۸/۳۶	۲۴۳/۷۱	۲۲/۵۷	۱۰۲/۶۲	۱۸۰۱-۱۸۱۳/۵
۱۷/۸	۸۹/۶۹	۲۹/۹	۱۳۵/۹۸	۱۸۱۳/۵-۱۸۲۶
۶/۴۵	۳۲/۴۹	۱۸/۲۷	۸۳/۰۳	۱۸۲۶-۱۸۳۸/۵
۶/۳۶	۳۲/۰۳	۶/۶۲	۳۰/۱۱	۱۸۳۸/۵-۱۸۵۰/۵
۵/۲۲	۲۶/۲۹	۸/۳۹	۳۸/۱۵	۱۸۵۰/۵-۱۸۶۳
۰/۰۴	۱۹/۴۲	۵/۸۷	۲۶/۷۲	۱۸۶۳-۱۸۷۵/۵
۳/۱	۱۵/۴۳	۵/۴۴	۲۴/۷۴	۱۸۷۵/۵-۱۸۸۸
۳/۰۴	۱۵/۳۴	۲/۸۷	۱۳/۰۷	۱۸۸۸-۱۹۰۰/۵
۴/۷۹	۲۴/۱۶	۱/۷۴	۷/۹۴	۱۹۰۰/۵-۱۹۱۳
۰/۴۶	۲/۳۱	۰/۲۵	۱۲/۱۲	۱۹۱۳-۱۹۷۷/۱۴

جدول ۷- نتایج آماری سطح آب زیرزمینی برای ۲۸ چاه مشاهده‌ای

سال	میانگین سطح ایستابی	ماکزیم سطح ایستابی	حداقل ایستابی	میان
۱۳۶۵	۱۸۳۹/۳۴	۱۹۳۷/۱۴	۱۸۰۱/۷۸	۱۸۳۲/۲۳
۱۳۹۰	۱۸۲۶/۹۶	۱۹۲۴/۴۳	۱۷۹۲/۰۸	۱۸۱۴/۷۹

از توپوگرافی منطقه دارد، چرا که با حرکت از شمال دشت به سمت جنوب ارتفاع منطقه افزایش یافته و به رشته کوه‌های زاگرس منتهی می‌شود. در مناطق جنوبی دشت به علت کوهستانی بودن منطقه کشت باغات به شدت کاسته شده و به تبع آن مصرف آب در مناطق جنوبی دشت کمتر می‌شود و در نتیجه با افزایش بارندگی در دوره‌ی ترسالی این انتظار خواهد رفت که مساحت طبقات نزدیک به کوه بیشتر شود و حتی سطح ایستابی نیز بیشتر و کیفیت آب نیز تغییر یابد که نتایج پهنه‌بندی در دوره‌ی ترسالی و خشکسالی در شکل‌های ۶ و ۷ مؤید این مطلب می‌باشد. به طوریکه در دوره‌ی ترسالی‌ها در مناطق جنوبی و شمالی هدایت الکتریکی کاهش یافته و میزان ذخیره آب بیشتر شده و در نتیجه سطح آب بالا آمده و افت کمتر شده است.

کاسته شده و در عوض به مساحت طبقات بیشتر اضافه شده است که خود دلیلی بر افت سطح ایستابی آبخوان در طول این دوره بوده و بیانگر تأثیر خشکسالی‌ها شدید دراز مدت و کاهش بارش‌های بیشتر از نرمال در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه (شکل‌های ۲ و ۳) بر منابع آب زیرزمینی است. با توجه به شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشخص می‌شود که با حرکت از شمال دشت به سمت جنوب، سطح آب زیرزمینی بیشتر می‌گردد که این امر دلالت بر تبعیت سطح ایستابی

زیرزمینی در پژوهش این محققین کم عمق بودن چاه‌های منطقه‌ی آن‌ها و در نتیجه تأثیرپذیری بیشتر و سریعتر از مقدار باران باشد. در حالی که در پژوهش حاضر اغلب چاه‌ها از نوع عمیق هستند و به همین علت ضریب همبستگی کمتری بین شاخص بارش استاندارد شده و میانگین عمق آب زیرزمینی مشاهده شد.

#### ۴- خلاصه و جمع‌بندی

با توجه به ماهیت جغرافیایی کشور، خشکسالی از جمله پدیده‌هایی است که وقوع آن اجتناب‌ناپذیر می‌باشد اما می‌توان با استفاده از آمار و اطلاعات ثبت شده وقوع آن را پیش‌بینی کرد و برای مدیریت بهتر منابع و استفاده بهینه از آن‌ها در مواقع ترسالی برای کاهش خسارات به زیرساخت‌ها و همچنین کاربران مورد استفاده، برنامه‌ریزی‌های لازم را اتخاذ کرد. دشت قروه دارای آب و هوای نیمه خشک و سرد است که در آن به علت تغییرات اقلیمی، نامنظم بودن توزیع بارندگی از نظر زمانی و مکانی، افزایش تقاضا برای منابع آب و محدودیت منابع آب سطحی، وابستگی زیاد به آب‌های زیرزمینی به چشم می‌خورد، لذا بهره برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی موجب کاهش روزافزون منابع آب زیرزمینی و تغییر در کیفیت آن می‌شود. بنابراین در بررسی خشکسالی با شاخص SPI سال ۶۹ تا ۷۱ دوره خشکسالی بوده و سال ۷۳ تا ۷۵ دوره‌ی ترسالی را نشان داده است. بررسی کیفیت آب زیرزمینی از نظر آبیاری در آبخوان‌های مورد بررسی نشان داد که در دوره‌ی خشکسالی، منطقه در دو کلاس C2S1 و C3S1 بوده و در دوره‌ی ترسالی نیز بدلیل افزایش میزان برداشت کیفیت تغییری پیدا نکرده و حتی در برخی از مناطق مانند منطقه زنگ‌آباد بحرانی‌تر نیز شده است. سطح آب زیرزمینی در طی این بیست و پنج سال بر اثر برداشت از آن دارای روند نزولی می‌باشد. بیشترین افت‌ها در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۶۵ در قسمتهای شرقی و جنوبی دشت رخ داده است که دارای عمق تا سطح ایستابی ۲۴ متر و سطح ایستابی ۱۸۱۳/۵-۱۸۰۱ می‌باشند. کلاس سطح ایستابی ۱۸۲۶-۱۸۱۳/۵ در سال ۱۳۶۵ بیشترین مساحت دشت برابر با ۱۳۵/۹۸ کیلومتر مربع که معادل بیش از یک چهارم وسعت آبخوان است را به خود اختصاص داده است. در حالی که در سال ۹۰ کلاس ۱۸۰۱-۱۸۱۳/۵ مساحت ۲۴۳ ۲۴۳/۷۱ کیلومتر مربع که معادل ۴۸/۳۶ درصد از سطح آبخوان است، را به خود اختصاص داده است.

جدول ۷ ضریب همبستگی بین شاخص‌های SPI ۲۴ و ۴۸ ماهه را با ویژگی‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج ضریب همبستگی معنی‌داری بین شاخص‌های خشکسالی با هدایت الکتریکی در آب زیرزمینی منطقه مشاهده می‌شود. این امر نشان دهنده‌ی این واقعیت خواهد بود که وضعیت بارش بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مؤثر است. با این حال ضریب همبستگی بین این متغیرها به رغم معنی‌داری، اندک است که این امر نشان می‌دهد که کیفیت آب زیرزمینی علاوه بر ویژگی‌های بارش می‌تواند از ویژگی‌های دیگری نیز متاثر گردد. این ویژگی‌ها می‌توانند شامل وضعیت زمین‌شناسی منطقه از نظر حلالیت سازندها و همچنین روش‌های مدیریتی اراضی از قبیل کوددهی زمین‌های کشاورزی باشد. بین سطح آب زیرزمینی و شاخص‌های خشکسالی به ویژه شاخص SPI ۲۴ ماهه نیز رابطه‌ی معنی‌داری مشاهده شد که نشان دهنده‌ی تأثیرپذیری نسبی سطح آب زیرزمینی از وضعیت بارش منطقه است. (Mohammadi Ghalehi et al., 2013) نیز در بررسی ارتباط بین عوامل اقلیمی و ویژگی‌های کمی آب زیرزمینی مشاهده نمودند که بین شاخص خشکسالی ۲۴ ماهه و سطح آب زیرزمینی رابطه‌ی معنی‌دار با ضریب همبستگی ۰/۵۷ وجود دارد. پژوهش‌های دیگری مانند Khan et al., (2008) نیز به بررسی ارتباط بین شاخص خشکسالی و سطح آب زیرزمینی پرداخته‌اند. در این پژوهش ضرایب همبستگی بین شاخص بارش استاندارد شده و میانگین سطح آب زیرزمینی مقادیر ارائه شده توسط Khan et al. (2008) کم‌تر بود. به نظر می‌رسد شرایط چاه‌ها از عوامل مهمی باشد که میزان تأثیرپذیری سطح آب زیرزمینی از شاخص‌های خشکسالی را مشخص می‌کند (Mohammadi Ghalehi et al., 2013).

جدول ۷- همبستگی بین شاخص‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی با شاخص خشکسالی

متغیر	شاخص SPI ۴۸ ماهه	شاخص SPI ۲۴ ماهه
سطح ایستابی	۰/۳۵۳ *	۰/۳۷۲ *
هدایت الکتریکی	۰/۳۴۷ *	۰/۳۳۸ *
SAR	۰/۲۸۷	۰/۱۰۵

Khan et al. (2008) ضریب همبستگی بین شاخص بارش استاندارد شده و سطح آب زیرزمینی را در چاه‌های کم عمق بررسی نموده‌اند. به نظر می‌رسد دلیل همبستگی بالاتر بین خشکسالی و آب

- Plain using geostatistical techniques. MSc Thesis, Semnan University. 127 p (In Persian)
- Hayes MJ, Svoboda MD, Wilhite DA, Vanyarkho OV (1999) Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80(3), 429-438
- Kalantari N, Ershad P (2012) Effects of drought on groundwater quantity and quality of Chahgah using GIS. National Conference on optimal utilization of water resources. 2 to 3 March, Dezful, Iran (In Persian)
- Karami K, Kazemi H (2012) Spatial Monitoring of Groundwater Salinity in Drought and Wet Periods Case Study: Tabriz Plain. *Geography and Development Iranian Journal* 28:79-94 (In Persian)
- Kelinhu U, Yuangfang H, Hong L, Deli C, Robert ED (2005) Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. *Environment International*. 31:893-903
- Khan S, Gabriel HF, Rana T (2008) Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on water tables in irrigation areas. *Irrigation Drainage System* 22:159-177
- Khodapanah L, Sulaiman WN, Khodapanah N (2009) Groundwater quality assessment for different purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran. *European journal of scientific research* 36(4):543-53
- Khoshhal J, Ghayoor, H, Moradi M (2012) A Survey on the Impact of Groundwater Drought in Dehgholan Basin, Kurdistan Province. *Geographical Research* 44(1):19-36 (In Persian)
- KhosraviKh (2012) Assessment of the Dehgholan Plain Groundwater using Drastic model based on GIS. Master thesis. Watershed Group. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 95p (In Persian)
- Mahmoudi P, Tavousi T, Shahozaei R (2012) Drought and Its Effects on Groundwater Resources Quality in Sistan and Baluchestan Province. *Journal of Water Research in Agriculture* 29(1):21-35 (In Persian)
- Mohammadi Ghaleni M, Ebrahimi K, Araghinejad Sh (2013) Evaluation impact of drought, extraction and construction of dam on the groundwater drop-case study Saveh aquifer. *Journal of Water and Soil Conservation* 19(4):189-193 (In Persian)
- Shamsaei A (2002) Hydraulic stream of water through porous media. Volume II, Engineering
- تشکر
- نویسندگان مقاله از سازمان آب منطقه‌ای استان کردستان به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت قروه و چهاردولی تشکر و قدردانی می‌نمایند.
- پی‌نوشت‌ها
- 1- Standardized Precipitation Index(SPI)
  - 2-Electrical Conductivity
  - 3-Sodium Adsorption Ratio
  - 4-Best Linear Unbiased Estimator(B.L.U.E)
- ۶- مراجع
- Abdi P, Amini A (2002) Arid and semi-arid areas, groundwater resources management using geophysical data and GIS (Case Study: Zanjan plain). Conference on Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems. 23-25 September, Tehran, Iran (In Persian)
- Alizadeh A (2003) Principles of applied hydrology. 14<sup>th</sup> edn. Imam Reza Press.712pp (In Persian)
- Asadi A, Karimi S (2012) Drought effect on groundwater quality calcification of the Shabestar plain, Third National Conference on Integrated Water Resource Management. 20 and 21 September, Tehran, Iran (In Persian)
- Azizi GH (2004) Relation of Earlier Drought and Groundwater Source in Qazvin Plain. *Geographical Research* 46: 131-143 (In Persian)
- Data PS, Deb DL, Tygi SK (1997) Assessment of groundwater contamination from fertilizers in the Delhi area based on O18, No3 and K composition. *Microchemical Journal* 64: 112-120
- Eltahir EAB, Yeh PJF (1999) On the asymmetric response of aquifer water level to floods and droughts in Illinois. *Water Resources Research* 35(4):1199-1217
- Edwards DC, Mckee TB (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
- Ghaderi Z, Hezarkhani A (2012) Hydrochemical Classification of groundwater in Chahardoli-Qorveh plain. *Journal of Water Research in Agriculture* 26(4):415-423 (In Persian)
- Ghomshion M (2010) Spatial prediction of groundwater resources quality and quantity in Semnan/Sorkheh

- of groundwater level fluctuations in Amman–Zarqabasin, Jordan: a case study. *Environmental Geology* 57:525-535
- Zainal A, Hassanpour-Aghdam MA, Mir-Haydar F (2011) Consequences arising from the drop in groundwater level Sofian- Sahbestar and strategies to balance the aquifer. Applied research on water resources in Iran, the second year, 29 and 24 May, Tehran, Iran (In Persian)
- Zhou Y, Dong D, Liu J, Li W (2013) Upgrading a regional groundwater level monitoring network for Beijing Plain, China. *Geosciences Frontiers* 4:127-138
- groundwater. Amir Kabir University Press. Chapter IX.471- 511(In Persian).
- Shokri Koochak S, Behnia A (2013). Monitoring and Prediction of Khuzestan Province, Iran Drought Using SPI drought Index and Markov Chain. *Journal of Irrigation Science and Engineering* 36(3):1-12 (In Persian)
- Theodossiou N, Latinopoulos P (2006) Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the Kriging methodology. *Environmental Modelling & Software* 21(7):991-1000
- Taany RA, Tahboub AB, Saffarini GA (2009) Geostatistical analysis of spatiotemporal variability