

## بررسی تأثیر خشکسالی بر آبهای زیرزمینی در حوضه‌ی آبی دهگلان - کردستان

جواد خوشحال - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان  
حسنعلی غیور - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان  
مسعود مرادی\* - کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۵/۰۴      تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۱۲/۰۸

### چکیده

دشت دهگلان یکی از بزرگترین دشت‌های کشاورزی استان کردستان بوده و قطب کشاورزی استان به‌شمار می‌رود. روند روبه‌رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی، رونق کشاورزی در منطقه و نیز، توسعه‌ی صنایع متوسط و کوچک در دشت دهگلان، موجب افزایش برداشت از منابع آبی زیرزمینی در این منطقه شده است. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی واکنش آبهای زیرزمینی نسبت به خشکسالی‌ها در دوره‌های مختلف با توجه به ویژگی دوره‌های خشک از نظر شدت و طول دوره است. در این پژوهش داده‌های اقلیمی، هیدرومتری و آمار ۵۱ حلقه چاه مشاهده‌ای در حوضه‌ی دهگلان طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۳ استفاده شده است. ابتدا دوره‌های رخداد، شدت و مدت خشکسالی در حوضه با استفاده از روش  $SPI^1$  محاسبه شد. سپس رگرسیون چندمتغیره میان فراسنج‌های اقلیمی و آبهای سطحی با سطح آبهای زیرزمینی و نیز رگرسیون یک متغیره میان دبی در خروجی حوضه با سطح ایستابی، به کمک نرم‌افزار اس‌پلاس<sup>۲</sup> در سطح اطمینان ۹۵٪ بررسی شد. در ادامه، تغییرات سطح ایستابی در ارتباط با دوره‌های خشکسالی بررسی شده و در محیط GIS و به روش کریجینگ پهنه‌بندی شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی معنادار نبودن فراسنج‌های اقلیمی در ارتباط با سطح ایستابی است؛ اما تغییرات دبی، دارای ضریب تعیین ۷۱٪ با سطح ایستابی است. تغییرات سطح ایستابی در ارتباط با شدت و طول دوره‌های خشکسالی نشان می‌دهد که با توجه به برداشت بیش از اندازه‌ی مجاز از سفره‌ی آب زیرزمینی، خشکسالی‌های طولانی‌مدت، تأثیر مخرب‌تری نسبت به دوره‌های کوتاه‌تر در افت سطح ایستابی داشته‌اند. همچنین پهنه‌بندی خشکسالی در سطح حوضه و سطح ایستابی دشت با استفاده از تحلیل‌های مکانی و فضایی در GIS نشان می‌دهد که افت سطح ایستابی، افزون‌بر شدت و طول خشکسالی نسبت به کاهش تراکم آبراهه در رودخانه نیز حساسیت قابل توجهی دارد.

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، آبهای زیرزمینی، دشت دهگلان.

## مقدمه

به دلیل روند روبه رشد جمعیت و توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی و نیز، رونق بیش از پیش کشاورزی در منطقه به عنوان محور توسعه‌ی استان، افزایش برداشت و مصرف در بخش‌های شهری و روستایی و همچنین توسعه‌ی صنایع متوسط و کوچک در دشت دهگلان، میزان برداشت از منابع آبی زیرزمینی در این دشت افزایش یافته است (شرکت مهندسان مشاور ژرفاب پایش، ۱۳۸۵: ۲). این شرایط در کاهش منابع آب‌های زیرزمینی تأثیر محسوسی داشته است و آثار منفی آن در کشاورزی (به عنوان اصلی‌ترین بخش فعالیت ساکنان منطقه)، شرب و صنعت نمود یافته است. کاهش تولید محصولات کشاورزی و به دنبال آن، کمبود عرضه به بازار مصرف و در نهایت افزایش قیمت این محصولات، اعمال جیره‌بندی آب شرب در شهرها و روستاهای منطقه، ایجاد مشکل در فعالیت واحدهای صنعتی موجود و محدودیت در استقرار واحدهای صنعتی بزرگ که نیاز به منابع آبی مطمئن و پایدار دارند، از مهم‌ترین آثار کاهش منابع آبی است که در اثر تداوم خشکسالی‌ها، می‌تواند در آینده به بحران اقتصادی - اجتماعی تبدیل شود. ناگفته پیداست شناخت دوره‌های خشکسالی و واکنش آبهای زیرزمینی نسبت به آن با توجه به شرایط موجود کنونی، در امر مدیریت منابع آبی، به ویژه در دوره‌های خشکسالی مؤثر است.

محدوده‌ی مورد مطالعه، در استان کردستان و در شرق شهرستان سنندج، بین طول‌های جغرافیایی ۱۰' ۴۷° تا ۴۴' ۴۸° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵°۳۰' تا ۳۵°۳۲' شمالی قرار دارد. در شرق این حوضه‌ی آبی، دشت قروه قرار دارد. مساحت حوضه‌ی آبی بیش از ۲۸۷۰ کیلومتر مربع و مساحت دشت که تغییرات سطح ایستابی برای آن محاسبه شده است، بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع است.

در زمینه‌ی تأثیر خشکسالی بر منابع آبی زیرزمینی، مطالعات مختلفی در مناطق مواجه با این مخاطره‌ی جوئی انجام گرفته است که هر کدام بسته به هدف و ویژگی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، روش‌های مختلفی را به کار برده‌اند. در ادامه به نمونه‌هایی از این مطالعات اشاره می‌شود.

جودی و کاترین<sup>۱</sup>، (۲۰۰۱) در منطقه‌ی باتلاقی میکرونزی<sup>۲</sup> در استرالیا، تغییرات سطح ایستابی و کیفیت آبهای شیرین را بررسی کرده‌اند، نتایج کار آنها نشان داده است که در خشکسالی‌های شدید، پیشروی آبهای زیرزمینی شور در اثر کاهش سطح ایستابی در مناطق آب شیرین رخ داده است. توید<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) در بررسی کنش متقابل میان آبهای زیرزمینی و تغییرات سطح دریاچه‌ها در یک منطقه، مشخص کرده است که تعادل موجود میان این دو، در مواقع خشکسالی‌های بلندمدت از بین رفته و کاهش سطح آب دریاچه و تغییرات کیفی آب، تحت تأثیر این خشکسالی‌ها است. پترس<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) وقوع خشکسالی در مناطق تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی را با تأکید بر شدت و مدت خشکسالی‌ها و سطح آستانه‌ی بالا بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر تغذیه در آبهای زیرزمینی، سبب جابه‌جایی بیشترین افت از دوره‌ی جریان‌های سطحی حداکثر به جریان‌های حداقل شده است و در بیشتر نقاط مورد مطالعه، تضعیف چرخه‌ی آب

1. Judy & Katheriane
2. Micronesia
3. Tweed
4. Petres

زیرزمینی موجب کاهش طول دوره‌ی لازم برای وقوع خشکسالی شدید شده است. ویلفرید<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) با توجه به تأمین جریان‌های سطحی در فصول خشک سال با ذخیره‌ی برف در حوضه‌های برفی، به بررسی روند جریان‌های حداقل سالانه در برآورد تغییرات ذخیره‌ی آبهای زیرزمینی در مقیاس حوضه‌ای، در نیمه‌ی شرقی ایالات متحده، طی دو سوم قرن پیش پرداخته است. نتایج نشان‌دهنده‌ی روند افزایشی در ذخیره‌ی آب زیرزمینی در محدوده‌ی کوچکی در اوهایو و مناطق بالادست حوضه‌ی می‌سی‌سی‌پی و روند کاهشی بلندمدت در اکثر مناطق، به‌ویژه در شمال نیوانگلند و جنوب خلیج آتلانتیک بوده است. بررسی سه حوضه‌ی واقع در شمال غربی بنگلادش با استفاده از محاسبه‌ی کاهش تجمعی آبهای زیرزمینی بیشتر از یک سطح آستانه برای محاسبه‌ی شدت خشکسالی آبهای زیرزمینی نشان داد که در ۴۲٪ منطقه، کاهش آبهای زیرزمینی پدیده‌ای است که هر ساله رخ می‌دهد. تحلیل هیدروگراف آبهای زیرزمینی و سری‌های زمانی بارش نشان داده است که افزایش استخراج آبهای زیرزمینی در فصل خشک، عامل افت سطح آبهای زیرزمینی در این منطقه است (شهید و هازاریکا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹). همچنین می‌توان به پژوهش‌های (مندیسینو<sup>۳</sup> و دیگران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸)، پالمیو و کاسارانو<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) و لورنزو<sup>۵</sup> و دیگران (۲۰۱۰) در این رابطه اشاره کرد. در سطح کشور با توجه به رخداد خشکسالی، به‌عنوان ویژگی جدایی‌ناپذیر اقلیم ایران، تأثیر این پدیده در آبهای زیرزمینی در حوضه‌ها و دشت‌های مختلف بررسی شده است. عزیزی (۱۳۸۲) به بررسی ارتباط خشکسالی‌ها و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین پرداخته است. وی با بررسی درصد انحراف از میانگین بارش، به‌عنوان شاخص خشکسالی و مطالعه‌ی ارتباط خشکسالی‌ها با منابع آب زیرزمینی، به این نتیجه رسیده است که آبهای زیرزمینی با تأخیر دوماهه تحت تأثیر بارش در منطقه است. همچنین روند مثبت خشکسالی‌ها همراه با تأثیر چشمگیر عوامل انسانی در افت تراز آبهای زیرزمینی در منطقه مؤثر بوده است. اسلامیان و دیگران (۱۳۸۸) وضعیت سیلاب را در حوضه‌ی آبی دشت بوئین بررسی کردند، سپس با بررسی سطح آبهای زیرزمینی و تأثیر تغییرات بارندگی بر آبهای زیرزمینی منطقه، از شیوه‌ی ایجاد ضریب همبستگی با تأخیر زمانی ۱ تا ۶ ماهه به این نتیجه رسیدند که اثر ریزش‌های جوئی بر سطح ایستابی با تأخیر سه‌ماهه انجام می‌شود. شمسی پور و حبیبی (۱۳۸۴) پس از شناسایی دوره‌های خشکسالی در دشت‌های شمال همدان به بررسی همبستگی متغیرهای اقلیمی در ارتباط با سطح آبهای زیرزمینی پرداختند و سپس افت سطح ایستابی را در منطقه پهنه‌بندی کردند. نتایج کار آنها نشان‌دهنده‌ی تأثیر خشکسالی با تأخیر دو ماهه، به‌ویژه در مناطق کشاورزی وابسته به منابع آبی زیرزمینی است. خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های ۲۰ ساله‌ی بارش در شهرستان مرودشت، تغییرات ورودی، خروجی و حجم مخزن سد درودزن و آمار برداشت محصولات کشاورزی، به بررسی تأثیر خشکسالی در منابع آبی و میزان برداشت محصولات کشاورزی پرداخته‌اند. نتایج کار آنها نشان می‌دهد که تغییرات سطح آبهای زیرزمینی و ورودی سد، دارای تأخیر زمانی نسبت به شاخص SPI هستند و در خشکسالی‌های شدید، میزان برداشت محصولات کشاورزی در

1. Wilfried
2. Shahid & hazarica
3. Mendicino
4. Polemio&Casarano
5. Lorenzo

واحد سطح کاهش چشمگیری داشته است. در بیشتر پژوهش‌های انجام شده مانند کارهای خزایی و جبّاری (۱۳۸۳)، عرفانیان و احمدیان (۱۳۸۸) و شکیبیا و همکاران (۱۳۸۹) به استفاده‌ی بی‌برنامه‌ی انسان در کنار خشکسالی، به‌عنوان عامل تشدیدکننده اشاره شده است. در این پژوهش تغییرات بارش و تأثیر آن بر تغییرات سطح ایستابی در آبهای زیرزمینی در حوضه‌ی آبی دهگلان بررسی می‌شود.

## مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به دو گروه تقسیم می‌شود:

- ۱- داده‌های بارش، تبخیر و دبی ایستگاه‌های واقع در حوضه‌ی آبی دهگلان یا مجاور آن، از سال آبی ۶۶-۱۳۶۵ تا ۸۳-۱۳۸۲ که از سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان به‌دست آمده است.
- ۲- داده‌های تراز آبهای زیرزمینی ۵۱ حلقه چاه مشاهده‌ای واقع در محدوده دشت دهگلان، از سال آبی ۶۷-۱۳۶۶ تا ۸۴-۱۳۸۳ که اطلاعات آن از شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان به‌دست آمده است.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه

ایستگاه	نوع ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی	ارتفاع (متر)
بلبان آباد	تبخیرسنجی	۴۷/۱۹	۳۵/۰۸	۲۰۲۵
دهگلان	باران سنجی	۴۷/۲۵	۳۵/۱۶	۱۸۵۰
ناصرآباد	تبخیرسنجی	۴۷/۳۰	۳۵/۱۷	۱۷۷۱
قروه	سینوپتیک	۴۷/۴۸	۳۵/۱۰	۱۹۲۵
قاملو	اقلیم‌شناسی	۴۷/۲۹	۳۵/۱۱	۱۹۱۰
سراب شهرک	اقلیم‌شناسی	۴۷/۳۶	۳۵/۶۱	۱۹۸۳
خسروآباد	باران سنجی	۴۷/۶۱	۳۵/۸۵	۱۸۷۹
حسن خان	باران سنجی	۴۸/۰۳	۳۵/۷۱	۱۷۴۵

ابتدا داده‌های مذکور از نظر صحت و دقت با استفاده از روش جرم مضاعف مورد بررسی قرار گرفتند و پس از اطمینان از صحت آنها، داده‌های مفقود هر ایستگاه با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های مجاور و روش نسبت‌ها و تفاضل‌ها بازسازی شدند. برای مطالعه‌ی خشکسالی‌ها از شاخص بارش استاندارد استفاده شده است. امکان استفاده در مقیاس‌های زمانی مختلف و با اهداف متفاوت، قابلیت استفاده در اقلیم‌های مختلف به‌دلیل خاصیت نرمال‌سازی و سهولت در محاسبه‌ی خشکسالی (هایز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳: ۲) را می‌توان از جمله دلایل انتخاب این شاخص برای محاسبه‌ی خشکسالی عنوان کرد. شاخص بارش استاندارد با رابطه‌ی شماره‌ی ۱ به‌دست می‌آید.

$$SPI = \frac{Pi - \bar{p}}{S} \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

در رابطه‌ی فوق  $SPI$  شاخص بارش استاندارد؛  $pi$ : میزان بارش هر ماه در دوره آماری؛  $\bar{p}$ : میانگین بارش برای دوره‌ی مورد نظر؛ و  $S$  انحراف معیار مقادیر بارش است. تفاوت شاخص بارش استاندارد با نمره‌ی استاندارد ( $Z$ ) در این است که شاخص بارش استاندارد را در مقیاس‌های زمانی مختلف می‌توان محاسبه کرد. بر این اساس خشکسالی در مقیاس‌های زمانی کوتاه (خشکسالی هواشناسی) و مقیاس‌های زمانی طولانی (خشکسالی هیدرولوژیکی) محاسبه می‌شود (مک‌کی<sup>۱</sup> و دیگران، ۱۹۹۳: ۱)؛ در صورتی که نمره‌ی استاندارد تنها در مقیاس یک‌ماهه محاسبه می‌شود. در این پژوهش، شاخص بارش استاندارد با استفاده از نرم‌افزار SPI-SL-6 محاسبه شده است. در این نرم‌افزار، داده‌های بارش ماهانه با هدف نرمال‌سازی ابتدا بر توزیع گاما برازش داده می‌شوند. این توزیع برای داده‌های دارای چولگی استفاده می‌شود و در مسائل جوی و اقلیمی، به‌ویژه بارش، کاربرد فراوان دارد (رحیم‌زاده، ۱۳۹۰: ۱۵۸).

مک‌کی در سال ۱۹۹۳ مقادیر شاخص بارش استاندارد را به شرح جدول شماره ۲ طبقه‌بندی کرده است:

جدول ۲. طبقه‌بندی مقادیر  $SPI$  (مک‌کی: ۱۹۹۳)

بی‌اندازه مرطوب	+۲ و بیشتر
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
مرطوب متوسط	۱ تا ۱/۴۹
نزدیک به نرمال	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹
خشک ملایم	-۱ تا -۱/۴۹
خشک شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
بی‌اندازه خشک	-۲ و کمتر

بر اساس شاخص  $SPI$  رخداد خشکسالی در مقیاس زمانی  $i$ ، دوره‌ای است که در آن شاخص بارش استاندارد، به‌طور پیوسته منفی بوده و مقدار آن -۱ یا کمتر باشد (مک‌کی و دیگران، ۱۹۹۳: ۲). یکی از موارد قابل بررسی در شاخص  $SPI$ ، محاسبه‌ی میزان بزرگی خشکسالی است که مقدار آن با رابطه‌ی شماره ۲ به‌دست می‌آید.

$$DM = -(\sum_{j=1}^x SPI_{ij}) \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

در این رابطه  $DM$ : بزرگی خشکسالی؛  $Z$ : شاخصی است که مقدار آن بر اساس اولین ماه خشکسالی از عدد یک آغاز شده و به تعداد ماه‌های رخداد خشکسالی ( $x$ ) افزایش می‌یابد و  $SPI_{ij}$ : شاخص خشکسالی ماه‌های کمتر از -۱ بر اساس مقیاس زمانی  $i$  در ماه  $Z$ ام خشکسالی است.

پس از مشخص کردن دوره‌های خشکسالی و محاسبه‌ی بزرگی و طول دوره‌های خشک، میزان افت در نقاط

1. Mckee  
2. Drought Magnitude

مختلف سفره‌ی آب زیرزمینی و تغییرات خطوط پیژومتريک متأثر از خشکسالی در محیط<sup>۱</sup> با استفاده از ابزار تحلیل فضایی<sup>۲</sup> و به‌روش کریجینگ<sup>۳</sup> پهنه‌بندی شد.

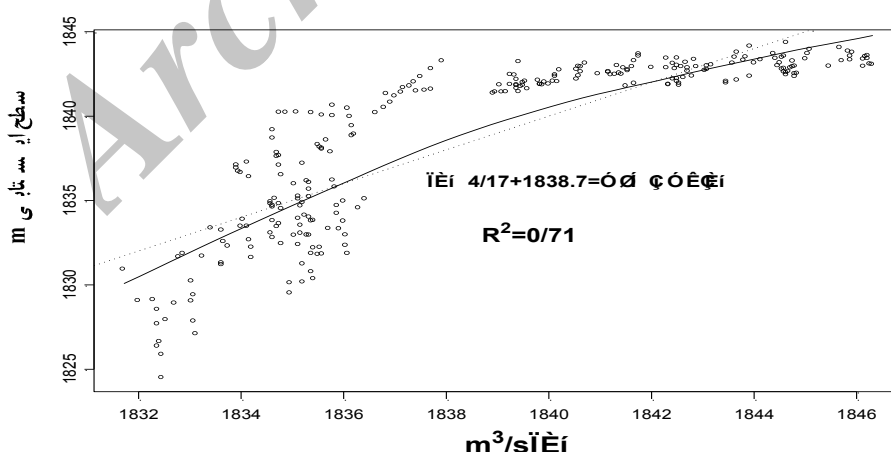
با توجه به اینکه تأثیر بارش در سطح ایستابی با تأخیر زمانی همراه است، نخست رگرسیون چند متغیره میان داده‌های بارش، دما و تبخیر در سطح حوضه، به‌عنوان متغیر مستقل و سطح ایستابی، به‌عنوان متغیر وابسته در ماه مورد نظر و نیز با تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماهه با استفاده از رابطه‌ی شماره‌ی ۳ بررسی شد:

$$\rho_{XY} = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad \text{رابطه‌ی ۳}$$

در این رابطه  $\rho$ : همبستگی میان شاخص بارش استاندارد و سطح ایستابی؛  $X$ : مقدار شاخص بارش استاندارد در یک ماه خاص و  $Y$ : سطح ایستابی در همان ماه است.

### یافته‌های تحقیق

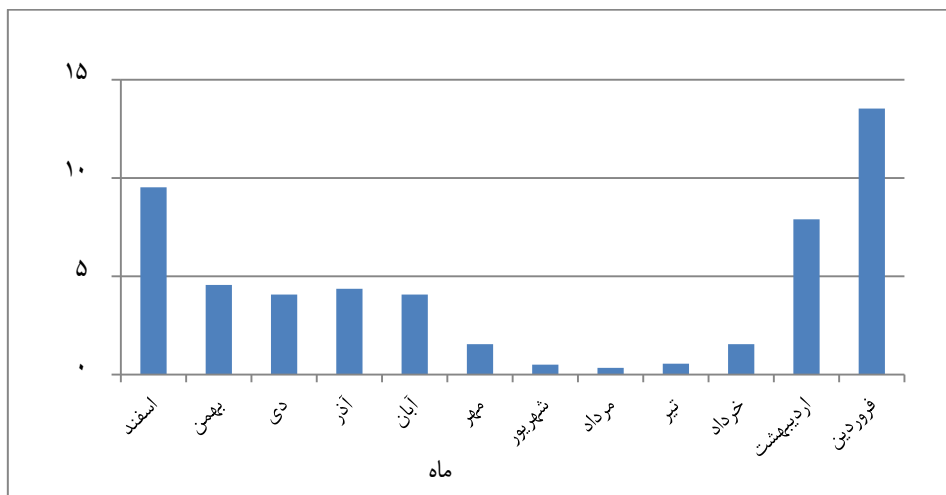
محاسبه‌ی همبستگی میان شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف با تراز آب زیرزمینی، ضرایب همبستگی پایین با عدم معناداری در سطح ۹۵٪ را نشان می‌دهد. همچنین با توجه به اینکه تأثیر میزان بارش بر تغییرات سطح ایستابی به‌طور معمول با تأخیر زمانی همراه است (ویلهايت<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹: ۲۲۵) این محاسبه‌ها با دوره‌های تأخیر ۱ تا ۶ ماهه نیز بررسی شد که نتایج پذیرفتنی مبنی بر همبستگی شاخص SPI و سطح ایستابی به‌دست نیامد. در ارتباط با همبستگی شاخص‌های دما و تبخیر با سطح ایستابی نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد. در مقابل ضریب همبستگی دبی با سطح ایستابی، تأثیر مستقیم و معنادار جریان‌های سطحی را در تراز آب زیرزمینی نشان می‌دهد (شکل شماره‌ی ۱).



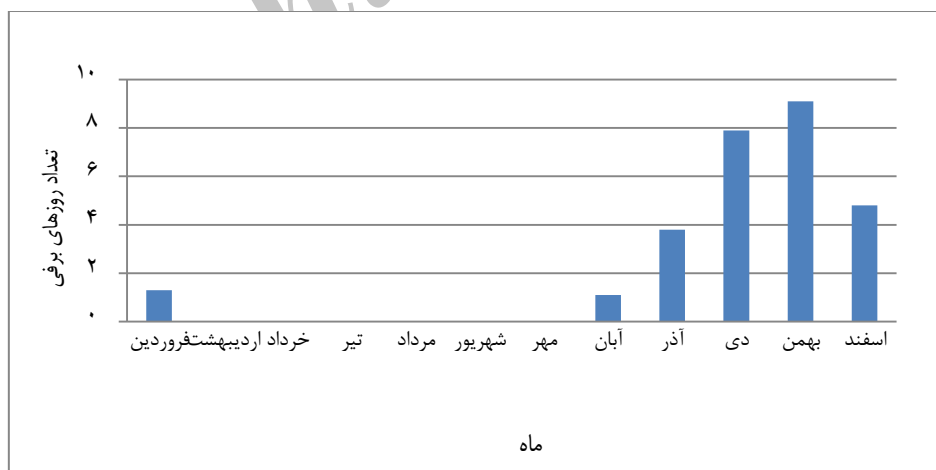
شکل ۱. همبستگی مقادیر دبی با سطح ایستابی

1. Arc Map
2. Spatial Analysis
3. Kriging
4. Wilhite

در توجیه تغییرات سطح ایستابی در ارتباط با جریان‌های سطحی باید یادآور شد که قسمت عمده‌ی بارش حوضه که در نیمه‌ی سرد سال فرو می‌ریزد، به‌شکل برف در سطح حوضه و به‌ویژه در ارتفاعات ذخیره می‌شود. در اواخر زمستان و اوایل بهار با آب‌شدن این برف‌ها در اثر افزایش دمای هوا و بارش باران، حجم زیادی رواناب تولید می‌شود که ضمن جریان یافتن در سطح حوضه، علاوه‌بر افزایش رواناب در سطح حوضه، آبهای زیرزمینی را نیز تغذیه می‌کند (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲. تغییرات ماهانه‌ی دبی (مترمکعب بر ثانیه) در خروجی حوضه



شکل ۳. میانگین ماهانه تعداد روزهای برفی

### خشکسالی مربوط به بازه‌ی زمانی ۱۳۶۷/۶ تا ۱۳۷۱/۸

رخداد اولین خشکسالی در منطقه طی دوره‌ی آماری موجود از بهمن ۱۳۶۸ آغاز شده و تا اسفند ۱۳۷۰ تداوم داشته است. شدت خشکسالی در بیشتر طول دوره در وضعیت نرمال قرار دارد (شکل شماره‌ی ۴) و سطح ایستابی در ابتدا از تغییرات میزان تغذیه و تخلیه در فصول مختلف سال پیروی می‌کند؛ اما با تداوم خشکسالی و پس از دو دوره تخلیه‌ی تابستانی،

سطح ایستابی در مهر ماه ۱۳۷۰ نسبت به زمان مشابه در سال ۱۳۶۸ یک متر افت کرده است. همزمان با پایان دوره خشکسالی، سطح ایستابی نیز در مدت زمان کوتاهی به حالت اول بازمی‌گردد که می‌توان دو دلیل برای آن برشمرد:

۱- همزمانی دوره‌ی افزایش شاخص بارش استاندارد با نیمه‌ی سرد و مرطوب سال که سبب می‌شود درصد

بیشتری از بارش دریافتی که بیشتر به شکل برف است، صرف نفوذ و تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی شود؛

۲- طی دوره‌ی مرطوب برداشت از منابع زیرزمینی که بیشتر برای مصارف کشاورزی است، متوقف می‌شود.

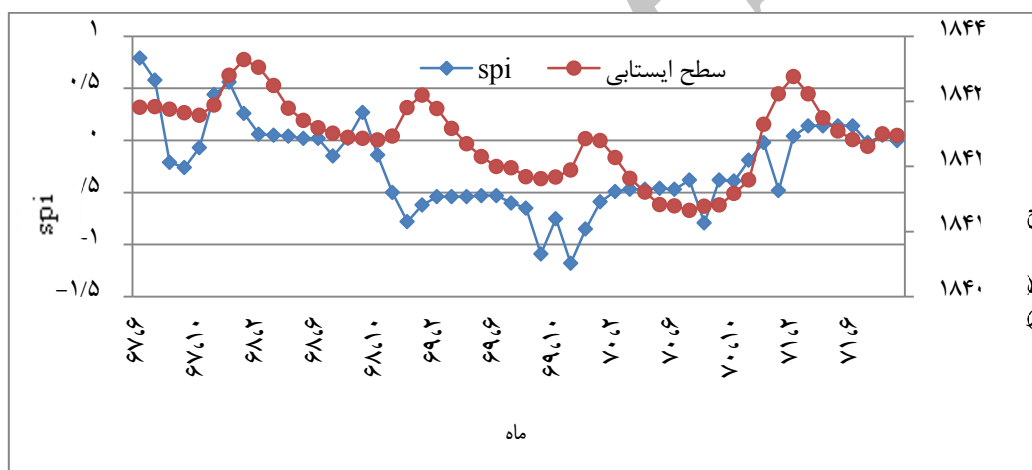
خیزش و افت شدید دبی در اواخر زمستان و اوایل بهار، برفی بودن حوضه و ذوب ناگهانی در این موقع از سال را

نشان می‌دهد. حجم دبی ماهانه در دوره‌های خشکسالی، کاهش چشمگیری را در دبی کل سال و نیز در دبی اوج سالانه

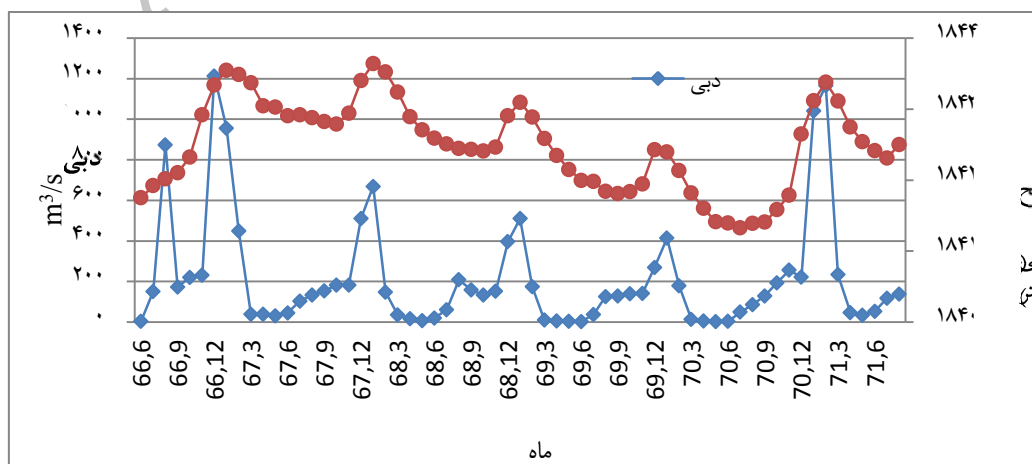
نشان می‌دهد. همچنین بررسی نوسان‌های سطح ایستابی و دبی، ارتباط قوی میان این دو را نشان می‌دهد. در فصول

مرطوب، افزایش دبی موجب تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی شده و در فصول خشک سال که بارش‌ها قطع می‌شود، این ارتباط

تغییر یافته و تخلیه‌ی آبهای زیرزمینی به وسیله‌ی جریان‌های سطحی شکل می‌گیرد (شکل شماره ۵).



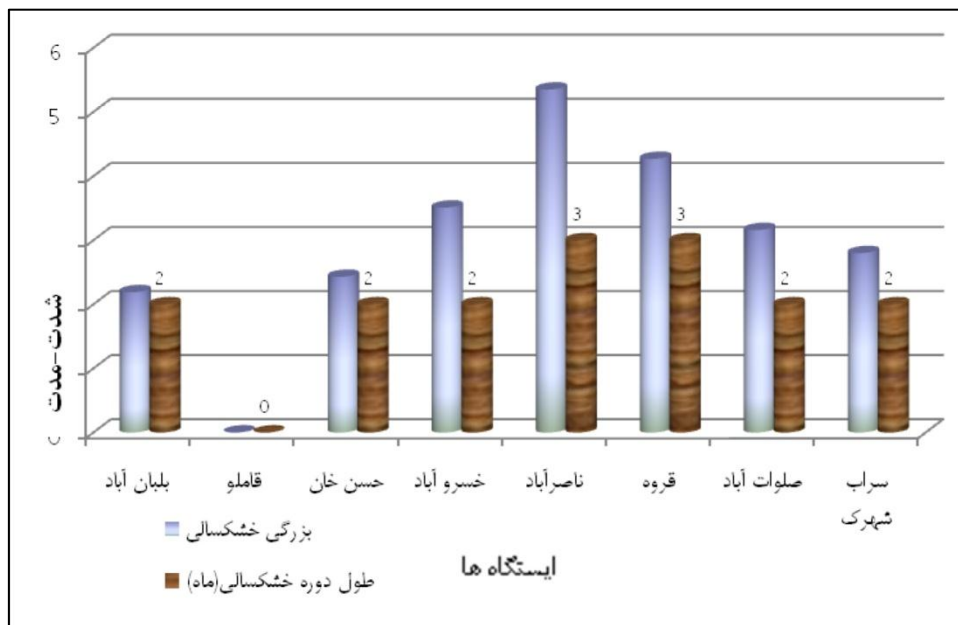
شکل ۴. تغییرات شاخص بارش استاندارد و سطح ایستابی در بازه‌ی زمانی (۶۷/۶ تا ۷۱/۸)



شکل ۵. تغییرات دبی و سطح ایستابی در بازه‌ی زمانی (۶۷/۶ تا ۷۱/۸)



بررسی بزرگی و طول دوره‌های خشکسالی در ایستگاه‌های سطح حوضه و نواحی مجاور در این دوره (شکل شماره ۶) نشان می‌دهد که خشکسالی نه تنها در یک ایستگاه، بلکه در ایستگاه‌های دیگر منطقه نیز رخ داده است. شدت خشکسالی بین ۲ تا ۵ واحد و طول دوره‌ی مداوم خشک نیز ۲ تا ۳ ماه است. در مجموع طی این دوره، خشکسالی خفیف و مدت کمی دوام داشته است.



شکل ۶. بزرگی و طول دوره‌ی خشکسالی (۶۷/۶ تا ۷۱/۸)

با توجه به اهمیت جریان‌های سطحی در تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی، تراکم شبکه‌ی رودخانه در حوضه با استفاده از رابطه‌ی شماره‌ی ۴ بررسی می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۸: ۴۶۷).

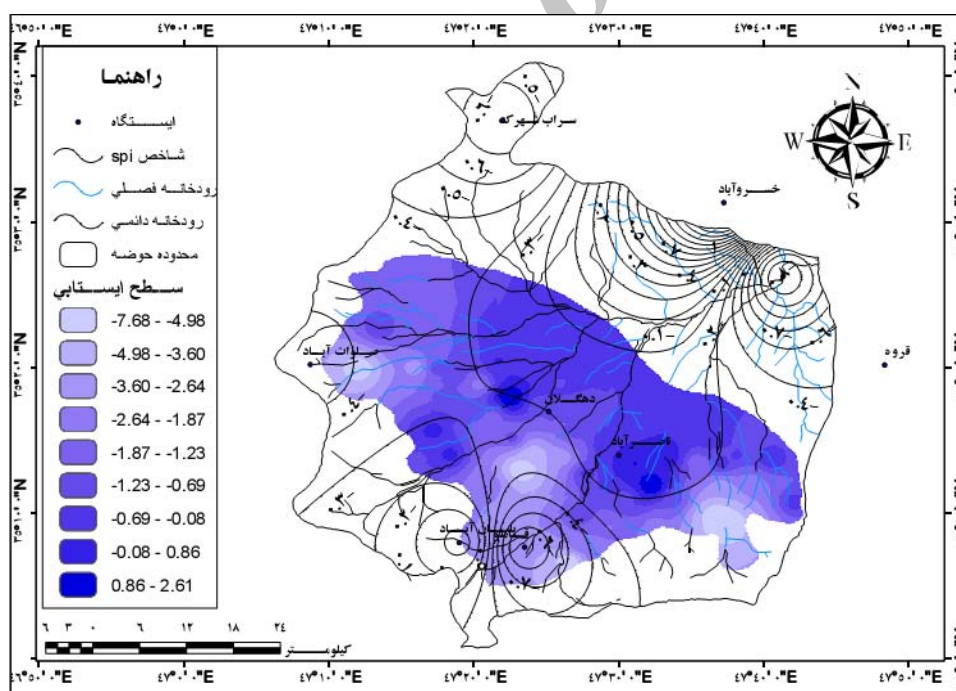
$$\mu = \frac{\sum L_i}{A} \quad \text{رابطه‌ی ۴}$$

که در آن،  $\mu$ : تراکم شبکه‌ی رودخانه‌های حوضه برحسب کیلومتر در کیلومتر مربع،  $L_i$  طول هر یک از آبراهه‌های حوضه شامل آبراهه‌های دائم یا خشک‌رودها بر حسب کیلومتر و  $A$  مساحت حوضه برحسب کیلومتر مربع است. براساس رابطه‌ی شماره‌ی ۴، تراکم آبراهه در سطح حوضه  $0.28$  کیلومتر بر کیلومتر مربع به دست آمده است. این مقدار نشان‌دهنده‌ی تراکم پایین شبکه‌ی رودخانه در حوضه است.

$$\mu = \frac{816}{2875} = 0.28 \text{ km/km}^2$$

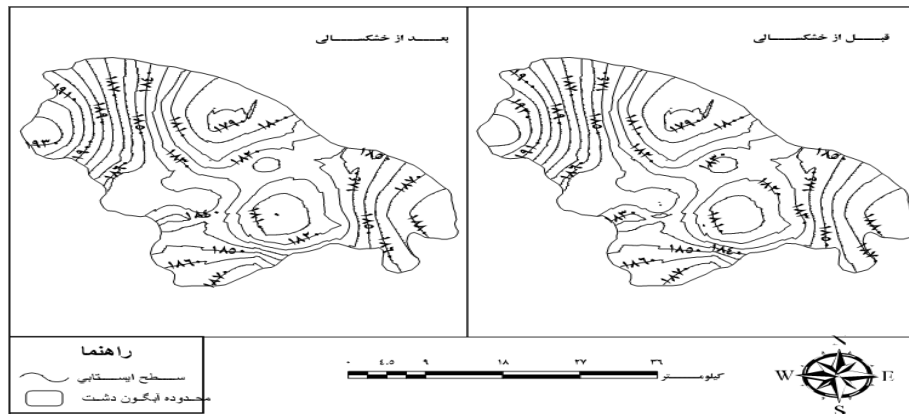
براساس مطالعات انجام شده، ضریب قابلیت انتقال آب زیرزمینی در مناطق مختلف محدوده‌ی سفره‌ی آب زیرزمینی متفاوت است، در حاشیه‌ی سفره به دلیل درشت‌دانه بودن مصالح آبرفت، ضریب انتقال بیشترین مقدار بوده و با

پیشروی به سمت مرکز و خروجی دشت به کمترین میزان خود می‌رسد (گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت بهره‌برداری، ۱۳۸۳: ۲۹). همچنین عمده‌ترین منبع تغذیه‌کننده سفره‌ی آب زیرزمینی، صرف‌نظر از ریزش‌های جوئی در سطح دشت، آبراهه‌های متعددی هستند که از دامنه‌ی ارتفاعات مجاور سرچشمه گرفته و وارد محدوده‌ی دشت می‌شوند. پهنه‌بندی شدت خشکسالی در سطح حوضه و میزان افت سطح ایستابی همزمان با آن نشان می‌دهد که پهنه‌های با افت بیش از ۵ متر در نواحی جنوب‌شرقی، جنوب و غرب حوضه پراکنده شده است (شکل شماره ۷). این قسمت‌ها که تراکم زهکشی در آن کم است و رودخانه‌های فصلی در آن جریان دارد، افت بیشتری را تجربه کرده است. حداکثر افت تراز آب زیرزمینی با ۴ تا ۷ متر در سه محدوده‌ی کوچک در نیمه‌ی جنوبی سفره و در قسمت‌های شرقی، جنوب و غرب آن رخ داده است. به‌طور کلی در این دوره، محدوده‌ی سفره را از نظر واکنش به شرایط دوره‌ی خشک می‌توان به دو نیمه‌ی شمال‌شرقی و جنوب‌غربی تقسیم کرد. در نیمه‌ی شمال‌شرقی افت سطح ایستابی به میزان کمتر از ۲ متر رخ داده است و حتی در دو محدوده‌ی کوچک در این قسمت افزایش سطح ایستابی مشاهده می‌شود. در نیمه‌ی جنوب‌غربی که قسمت‌های بالادست سفره را شامل می‌شود، بیشتر سطوح همراه با افت زیاد با بیش از ۷ متر مشاهده می‌شود (شکل شماره ۷).



شکل ۷. پهنه‌بندی شدت خشکسالی در مقایسه با میزان افت سطح ایستابی به متر (۶/۷ تا ۱/۸ تا ۷/۱)

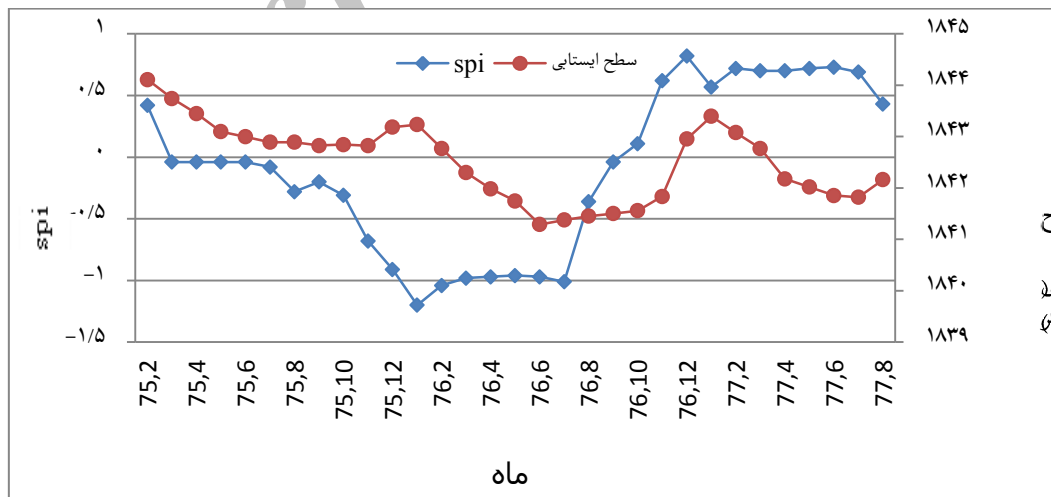
خطوط هم‌اندازه مربوط به سطح ایستابی در آغاز و پایان دوره‌ی خشکسالی مورد بحث، تغییرات ناچیزی را نشان می‌دهد (شکل شماره ۸) که ناشی از شدت و مدت کم خشکسالی در این دوره است.



شکل ۸. تغییرات خطوط پیزومتریک در قبل و بعد از خشکسالی به متر (۶۷/۶ تا ۷۱/۸)

### خشکسالی مربوط به بازه‌ی زمانی ۷۵/۲ تا ۷۷/۸

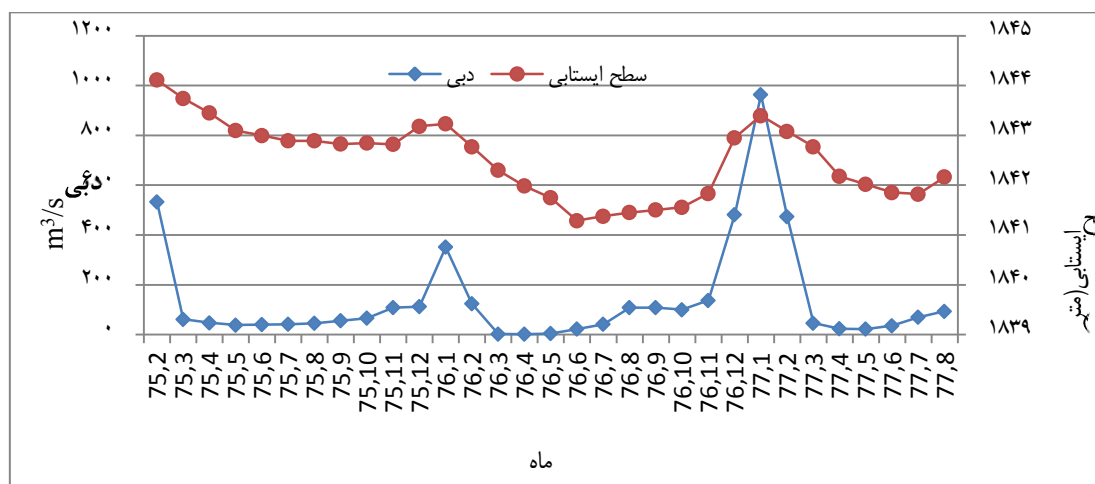
دوره‌ی خشک در این بازه‌ی زمانی از ۷۵/۹ تا ۷۶/۸ تداوم داشته است. این خشکسالی بیشتر خفیف بوده و تنها طی دو ماه در فصل بهار ۱۳۷۶ خشکسالی با شدت متوسط رخ داده است. در اثر تداوم تخلیه و نبود تغذیه، روند افت سطح ایستابی تا اوایل پاییز ادامه داشته است (شکل شماره ۹). در مجموع میانگین سطح ایستابی دشت در اردیبهشت ۷۶؛ یعنی زمانی که سطح ایستابی در حوضه به بالاترین میزان در طول سال می‌رسد، نسبت به زمان مشابه در قبل از خشکسالی، افتی به میزان ۵۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. این کاهش سطح ایستابی در مهرماه؛ یعنی زمانی که سطح ایستابی در حوضه به پایین‌ترین میزان در طول سال می‌رسد، نسبت به زمان مشابه در قبل از خشکسالی بیش از ۲ متر است.



شکل ۹. تغییرات شاخص بارش استاندارد و سطح ایستابی در بازه‌ی زمانی (۷۵/۲ تا ۷۷/۸)

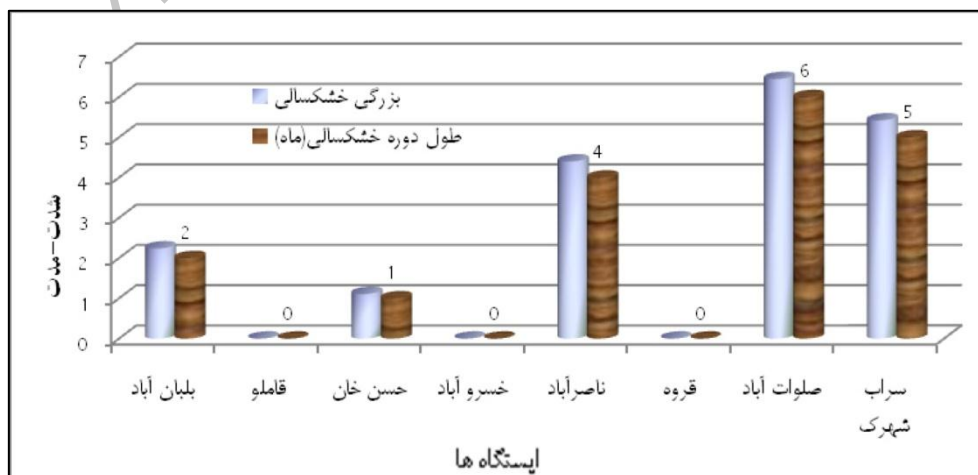
تغییرات همزمان دبی و سطح ایستابی، تأثیرپذیری متقابل این دو بر یکدیگر را در فصول مختلف سال نشان می‌دهد. تحت تأثیر خشکسالی، دبی اوج سالانه در خروجی حوضه با افت چشمگیری مواجه شده و به کمتر از ۴۰۰ متر

مکعب بر ثانیه کاهش یافته است. با توجه به اینکه این کاهش در زمان اوج تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی، یعنی اوایل بهار رخ داده است، میانگین تراز آب زیرزمینی در مهر ماه ۱۳۷۶ نسبت به زمان مشابه در قبل از خشکسالی، ۲ متر افت داشته است (شکل شماره ۱۰).

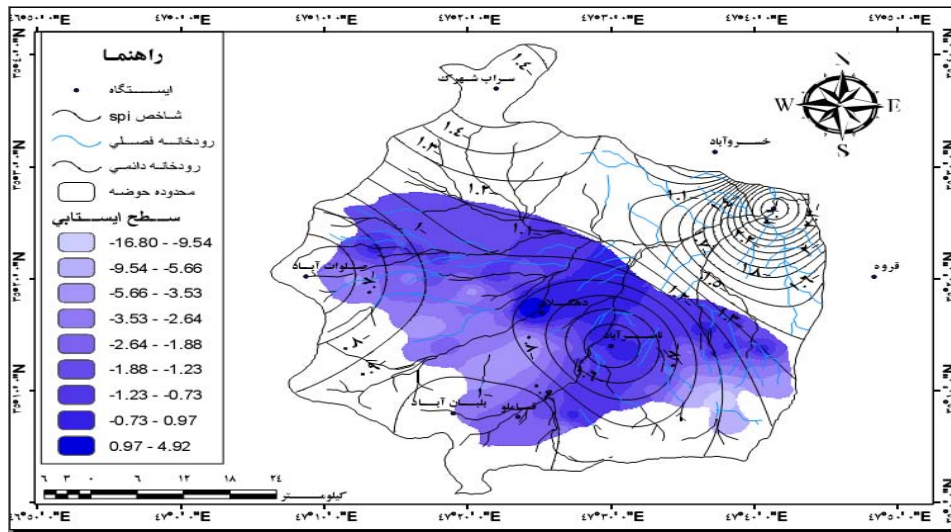


شکل ۱۰. تغییرات دبی و سطح ایستابی در بازه‌ی زمانی (۷۷/۸ تا ۷۵/۲)

خشکسالی در ایستگاه‌های حوضه از لحاظ شدت و مدت در حالت معمولی تا خشکسالی خفیف قرار دارد (شکل شماره ۱۱). پهنه‌بندی میزان افت سطح ایستابی در این دوره نیز، نواحی همراه با افت شدید در سطح حوضه را در قسمت‌هایی که تراکم زهکشی در آن کم است یا شبکه‌ی رودخانه‌های فرعی در آن گسترش دارد، نشان می‌دهد. این قسمت‌ها محدوده‌ای در انتهای شرقی و جنوب‌غربی سفره را شامل می‌شود که با افتی به میزان ۹ تا حداکثر ۱۷ متر مواجه بوده‌اند (شکل شماره ۱۲).

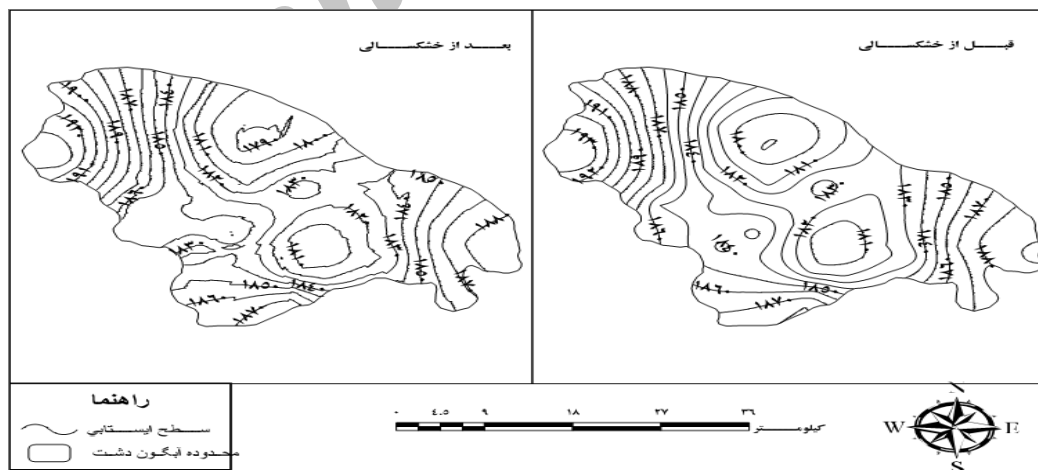


شکل ۱۱. بزرگی و طول دوره‌ی خشکسالی (۷۷/۸ تا ۷۵/۲)



شکل ۱۲. پهنه‌بندی شدت خشکسالی در مقایسه با میزان افت سطح ایستابی به متر (۷۵/۲ تا ۷۷/۸)

تغییرات خطوط ایزوپیز در قبل و بعد از خشکسالی از اردیبهشت ۱۳۷۵ تا آبان ۱۳۷۷ در شکل شماره‌ی ۱۳ نشان داده شده است. وسعت منطقه با ارتفاع ۱۷۹۰ متری پس از دوره‌ی خشکسالی افزایش یافته است و خطوط ایزوپیز به سمت نواحی بالادست سفره‌ی آب زیرزمینی جابه‌جا شده‌اند. در انتهای شرقی سفره، محدوده‌ی ۱۸۹۰ متری ناپدید شده است که نشان‌دهنده‌ی افت سطح ایستابی به میزان بیش از ۱۰ متر در این ناحیه، در مقایسه با زمان شروع خشکسالی است.

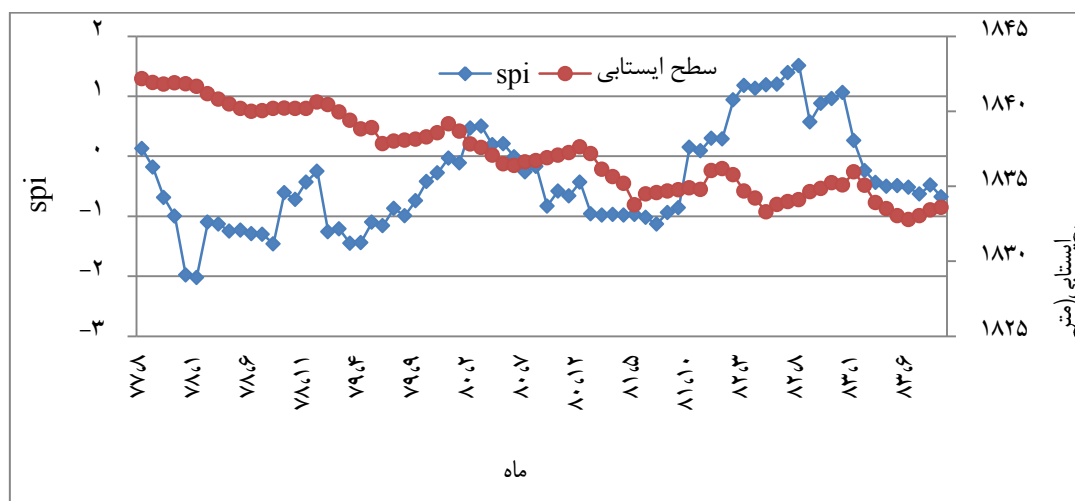


شکل ۱۳. تغییرات خطوط پیزومتريک در قبل و بعد از خشکسالی به متر (۷۵/۲ تا ۷۷/۸)

### خشکسالی مربوط به بازه‌ی زمانی ۷۷/۱۲ تا ۸۱/۱۲

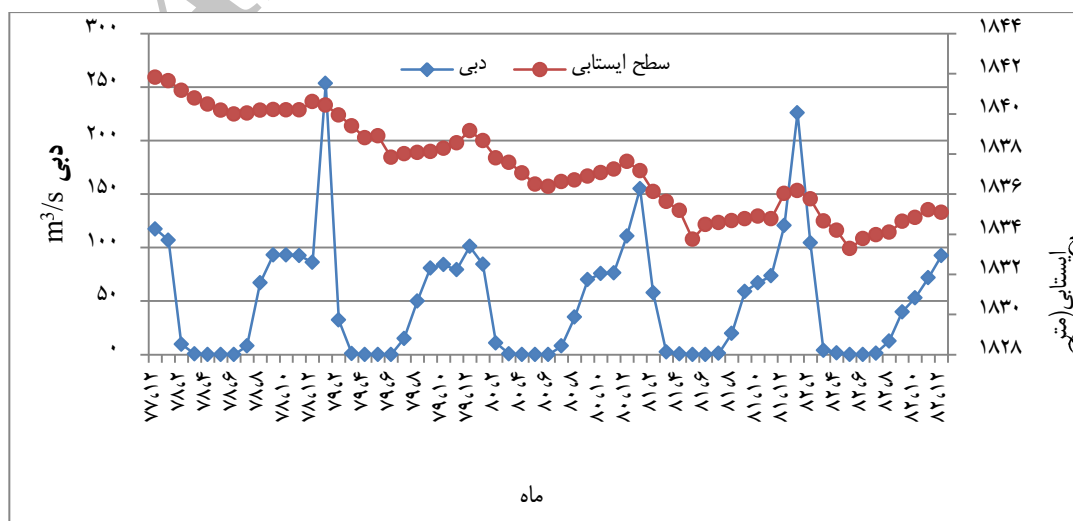
در این دوره، طولانی‌ترین دوره‌ی خشکسالی با درجه‌شدت متوسط تا شدید رخ داده است. طی این دوره‌ی طولانی خشک که با افزایش حجم برداشت نیز همراه بوده است، سطح ایستابی یک روند کاهشی را آغاز کرده است. به گونه‌ای که در

پایان دوره‌ی خشکسالی سطح ایستابی افزایش چشمگیری نداشته است. در این دوره، تأثیر شدت و طول دوره‌ی خشکسالی به‌خوبی مشاهده می‌شود. تداوم خشکسالی طی چهار سال پیاپی و افزایش حجم برداشت از سفره‌ی آب زیرزمینی، دو عامل عمده در کاهش میانگین سطح ایستابی در حوضه به‌میزان ۷ متر بوده است (شکل شماره‌ی ۱۴).



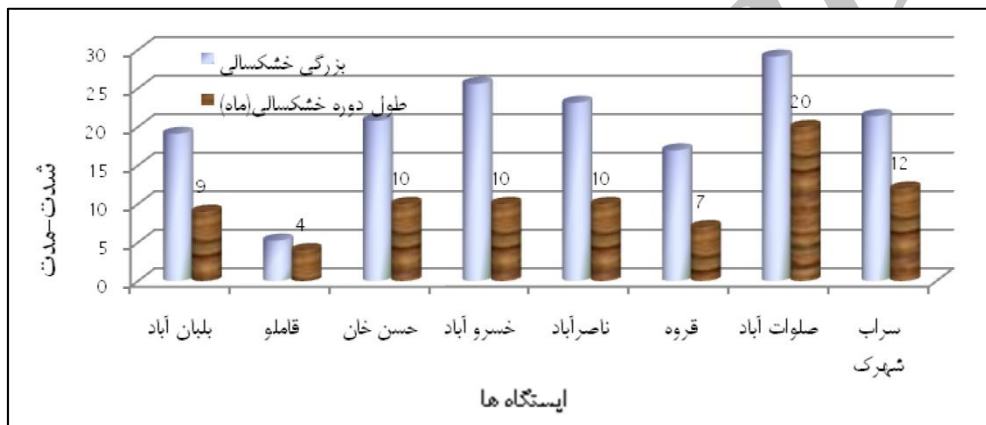
شکل ۱۴. تغییرات شاخص بارش استاندارد و سطح ایستابی در بازه‌ی زمانی (۷۷/۱۲ تا ۸۲/۱۲)

حجم دبی نیز در این دوره در مقایسه با دوره‌های گذشته کاهش یافته است. حداکثر دبی اوج سالانه با ۲۵۰ مترمکعب بر ثانیه در مقایسه با دوره‌های ترسالی که تا ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه افزایش داشت، کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. در طول دوره‌ی خشکسالی، حداکثر دبی‌های سالانه کمتر از ۱۵۰ مترمکعب بر ثانیه است. از دیگر موارد قابل توجه، افزایش ماه‌های همراه با دبی صفر از ۴ ماه در سال به ۵ ماه در سال، در پایان دوره‌ی خشکسالی است که نشان‌دهنده‌ی افت تراز آب زیرزمینی و کاهش دبی پایه در فصل خشک سال است (شکل شماره‌ی ۱۵).

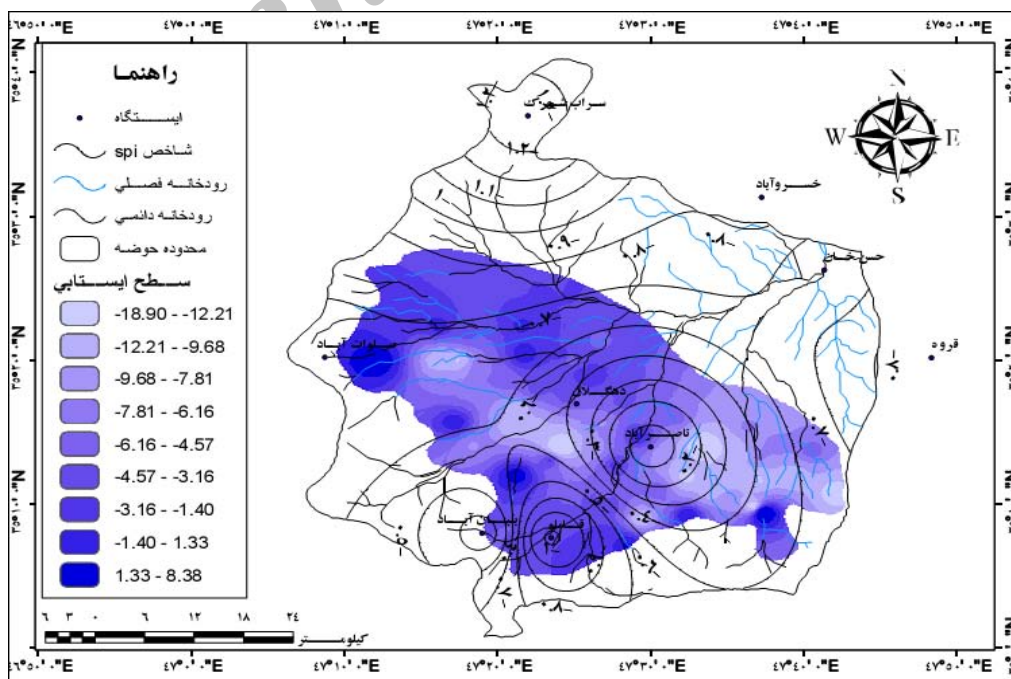


شکل ۱۵. تغییرات دبی و سطح ایستابی در بازه‌ی زمانی (۷۷/۱۲ تا ۸۲/۱۲)

در این دوره، بزرگی و طول دوره‌ی خشکسالی در بیشتر ایستگاه‌ها بالاست. این شرایط موجب افت بسیار تراز آب زیرزمینی طی این دوره شده است. حداکثر افت سطح ایستابی در برخی مناطق، بین ۱۲ تا ۱۸ متر نسبت به ابتدای دوره اندازه‌گیری شده است. شاخص منفی SPI در قسمت‌های شمالی حوضه، شدید تا متوسط و به سمت نواحی مرکزی و جنوبی حوضه، خفیف است (شکل شماره ۱۶). پهنه‌های همراه با افت شدید سطح ایستابی (بین ۹/۶۸ تا ۱۸/۹۰ متر)، نسبت به زمان قبل از وقوع خشکسالی در این دوره گسترش یافته و کمابیش در تمام قسمت‌های سفره‌ی آب زیرزمینی افت بیش از ۳ متر رخ داده است. در قسمت میانی سفره، به‌ویژه در سطوحی که تراکم زهکشی در جریان‌های سطحی کم است یا رودخانه‌های فصلی جریان دارد، میزان افت طی دوره‌ی خشک بیش از ۱۵ متر است (شکل شماره ۱۷).

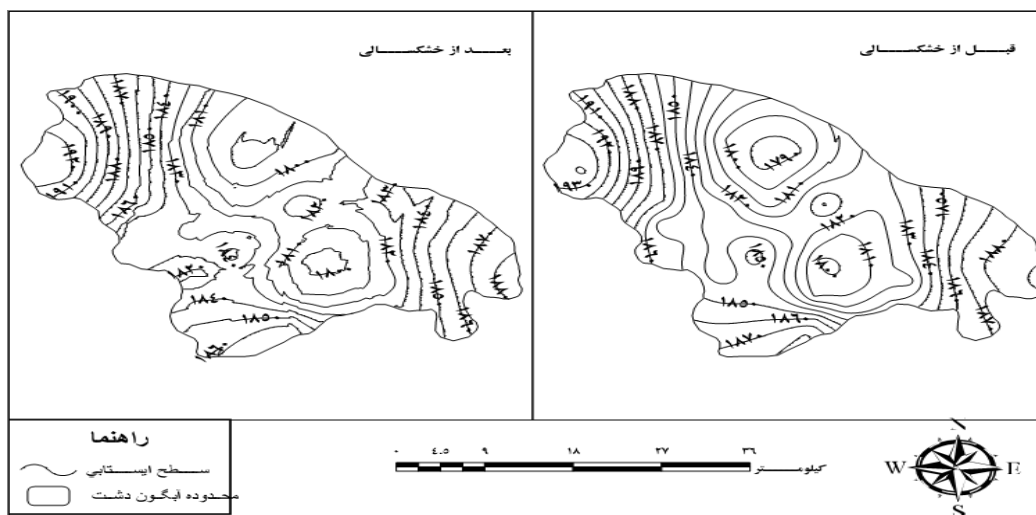


شکل ۱۶. بزرگی و طول دوره‌ی خشکسالی (۷۷/۱۲ تا ۸۱/۱۲)



شکل ۱۷. پهنه‌بندی شدت خشکسالی در مقایسه با میزان افت سطح ایستابی به متر (۷۷/۱۲ تا ۸۱/۱۲)

مقایسه‌ی موقعیت خطوط ایزوپیز در قبل و بعد از وقوع خشکسالی نشان می‌دهد که سطوح ایستابی پایین‌تر، به سمت قسمت‌های بالایی حوضه جابه‌جا شده و بر مساحت آنها افزوده شده است (شکل شماره ۱۸). در ارتباط با مناطق با افت شدید، در این نقشه نیز، بیشترین جابه‌جایی و تغییرات در مناطق شرقی و مرکزی حوضه رخ داده است.



شکل ۱۸. تغییرات خطوط پیزومتریک در قبل و بعد از خشکسالی به متر (۸۷/۱۲ تا ۸۱/۱۲)

## بحث و نتیجه‌گیری

بررسی سه دوره‌ی رخداد خشکسالی در منطقه، همبستگی پایین فراسنج‌های اقلیمی و شاخص بارش استاندارد را با تغییرات سطح ایستابی نشان داد؛ اما در مقابل رواناب سطحی که خود تحت تأثیر این فراسنج‌ها قرار دارد با سطح ایستابی رابطه‌ی معناداری را نشان می‌دهد. مناطق همراه با افت شدید در نقشه‌های پهنه‌بندی شده مربوط به تغییرات سطح ایستابی نیز این گفته را تأیید می‌کند. تغییرات میزان دبی در طول سال، به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی با توجه به اهمیت آن در تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی، نقش مهمی در بیلان آبهای زیرزمینی در سطح حوضه دارد. با توجه به وجود دو دوره‌ی خشک و مرطوب در طول سال، افت‌وخیز ناشی از تغذیه و تخلیه‌ی طبیعی در سطح ایستابی و دبی به‌خوبی مشاهده می‌شود. در طول خشکسالی‌های کوتاه‌مدت، بخش‌های مرتفع جنوبی سفره‌ی آب زیرزمینی با توجه به ضریب انتقال بیشتر خود، سریع‌تر از بخش‌های دیگر واکنش نشان می‌دهند؛ در حالی که در خشکسالی‌های مداوم و طولانی، قسمت‌های میانی سفره با افت بیشتری روبه‌رو می‌شوند. در کل، دو عامل بزرگی و طول دوره‌ی خشکسالی‌ها، در میزان افت تراز آب زیرزمینی تأثیر چشمگیری دارد. با توجه به وقوع شرایط خشکسالی به‌عنوان یک ویژگی جدایی‌ناپذیر در منطقه و روند افزایش تقاضا برای منابع آب در زمینه‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت، همزمان با کاهش مداوم در سطح ایستابی در دشت دهگلان، باید انتظار شرایط وخیمی را در وضعیت منابع آب این منطقه داشت. با این شرایط، رخداد دوره‌های خشکسالی متناوب در منطقه، لزوم مدیریت قوی در استفاده از منابع آب زیرزمینی را، به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی پررنگ‌تر می‌کند. حوضه‌ی آبی دهگلان مانند بسیاری از مناطق کشور، بارشی کمتر از میانگین جهانی دارد و



در صورت استفاده‌ی بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، این منابع به‌سرعت از حالت تعادل خارج شده و بازگشت به شرایط معمولی، کمابیش غیرممکن است.

به نظر می‌رسد پایش مداوم وضعیت خشکسالی و نظارت قوی بر میزان برداشت، به‌ویژه در خشکسالی‌های شدید و طولانی، برای جلوگیری از افت شدید سطح آبهای زیرزمینی در حوضه‌ی آبی دهگلان امری بسیار ضروری است. این امر می‌تواند با بهینه‌سازی در مصرف آب در بخش‌های مختلف، به‌ویژه کشاورزی انجام شود. همچنین با توجه به برفی بودن حوضه، بررسی شرایط اقلیمی مؤثر در ذوب برف در حوضه و تهیه‌ی یک مدل ذوب برف - رواناب، برای شناخت بهتر از منابع آبی حوضه، در مدیریت این منابع مؤثر است. در ارتباط با ذخیره‌ی منابع آبی موجود برای کاهش فشار بر منابع زیرزمینی، استفاده از روش‌های ذخیره‌سازی با احداث سدهای مخزنی و ایجاد مجراهای آبرسانی همزمان با احداث این سدها، می‌تواند روند افت سطح ایستابی را کاهش دهد. همچنین انجام عملیات آبخیزداری برای افزایش ضریب نفوذ در حوضه، موجب افزایش در تغذیه‌ی آبهای زیرزمینی می‌شود.

### تشکر و قدردانی

در پایان بر خود لازم می‌دانم از همکاری مسئولان محترم گروه بیلان و تلفیق شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان آقایان وزیری، بابایی و مبارکی و نیز آقای چاره‌خواه مسئول محترم بخش آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کردستان به خاطر تأمین آمار و اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش تقدیر و سپاسگزاری کنم.

### منابع

- Alizadeh, A., 2009, **Principle of Applied Hydrology**, University of Ferdosi, Mashhad.
- Azizi, GH., 2003, **Relation of Earlier Drought and Groundwater Source in Qazvin Plain**, Geographical Research, No. 46, PP.131-143.
- Brutsaert, W., 2010, **Annual Drought Flow and Ground Water Storage Trends in the Eastern Half of the United States During the Past Two-Third Century**, Springer, No. 100, PP. 93-103.
- Consulting Engineers of Zherfab Monitoring Co, **Justification Report of Ban Extended in Dehgolan Plain**.
- Drexler, J.Z., Ewel, C.C., 2001, **Effect of Enso-Related Drought on Hydrology and Salinity in a Micronesia Wetland Complex (1997-1998)**, J stor, Vol. 24, No. 3, PP. 347-356.
- Erfanian, A., Ahmadian, J., 2009, **Drought Conditions and Calculation of Razavi Khorasan**, First International Conference of Water Sources Management.
- Eslamian, S., Nasiri, M., Rahimi, N., 2009, **Survey of the Drought and Wet Periods in Water Source of Booin Basin**, Geography and Environmental Schematization, No. 33, PP. 75-90.
- Giuseppe, M., Senatore, A., Versace, P., 2008, **A Groundwater Resource Index (GRI) for Drought Monitoring and Forecasting in a Mediterranean Climate**, Elsevier, No. 357, PP. 283-302.

- Hayes, M., 2003, **Drought Indices**, National Drought Mitigation Center, PP. 1-11.
- Khazai, R., Talvari, A., Jabari, E., 2004, **Distribution and Analysis of Hydrological Drought Frequency (Case Study: Qareso Basin)**, Geography and Development, No. 2, PP. 45-55.
- Khoshakhlagh, F., Ranjbar, F., Tolabi, S., Moghbel, M., Masompoor Samakoosh, J., 2009, **Survey of the Impact of 2007-2008 Water Year Drought in Water Resources and Agricultur (Case study: Marvdasht)**, Geography Forum of Iran, No. 24, PP. 119-136.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.I., Begueria, S., Garcia-Ruiz, J.M., Cuadrat, J.M., 2010, **The Impact of Droughts and Water Management on Various Hydrological Systems in the Headwaters of the Tagus River (Central Spain)**, Springer, No. 98, PP. 13-26.
- McKee, T.B., Nolan J.D., Kleist, J., 1993, **The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales**, Eighth Conference on Applied Climatology Department of Atmospheric Science Colorado State University Fort Collins.
- Peters, E., Torfs, P. J. J. F., Van Lanen, H. A. J., Bier, G., 2003, **Propagation of Drought Through Ground Water, A New Approach Using Linear Reservoir Theory**, John Wiley, No. 17, PP. 3023-3040.
- Polemio, M., Casarano, D., 2008, **Climate Change, Drought and Ground Water Availability in Southern Italy**, Geological Society Special Publications, No. 288, PP. 39-51.
- Rahimzadeh, F., 2011, **Statistical Methods in Meteorology and Climatology Researches**, Seyyed Bagher Hosseini, Tehran.
- Shahid, S., Hazarika, M.K., 2009, **Ground Water Drought in the Northwestern Districts of Bangladesh**, Water Resour Manage, No. 24, PP. 1989-2006.
- Shakiba, A., Mirbagheri, B., Kheiri, A., 2010, **Drought and Impact on Groundwater Resources in EST Kermanshah Using SPI Index**, Geography Forum of Iran, No. 25, PP. 105-124.
- Shamsipoor, A., Moradmohamadi, H., 2005, **Impact of Earlier Droughts in Falling of Groundwater Resource of North Hamedan**, Geographical Research, No. 45, PP. 115-130.
- Tweed, S., Leblanc, M., Cartwright, I., 2009, **Ground Water-Surface Water Interaction and the Impact of a Multi-Year Drought on Lakes Condition in South -Australia**, Elsevier, No. 379, PP. 41-53.

*A Survey on the Impact of Groundwater Drought in Dehgolan Basin,  
Kurdistan Province*

**Khoshhal J.**

Associate Prof., Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Esfahan

**Ghayoor H. A.**

Prof., Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Esfahan

**Moradi M. \***

M.Sc. Postgraduate in Climatology, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Esfahan

Received: 26/07/2011

Accepted: 27/02/2012

**Extended Abstract**

**Introduction**

Drought is a natural disastrous phenomenon that occurs due to the continuous reduction of rainfall over a short or a long period of time. A deficit in precipitation (meteorological drought) can result in a recharge deficit, which in turn causes lowered groundwater heads and a deficit in groundwater discharge (Peters et al., 2003: 3023). Given the importance of water in human life, regulating the access to reliable and sustainable water resources and planning for proper consumption are considered essential in any region. There are two types of limitations resulting from natural phenomena or improper managements by human. An increase in population in the plain of Dehgolan, the agricultural nature of the region and urban / rural development has led to the reduction of the groundwater. This phenomenon is evident when the above mentioned factors emerge. The purpose of this study is to survey the ground water responses to drought in different periods of time according to characteristics of severity and duration.

**Methodology**

The applied dataset is divided into two groups:

1- Precipitation, evaporation and runoff were recorded in stations located at the Dehgolan basin or adjacent points. This dataset was obtained from the Meteorological Organization and the regional water supply company of Kurdistan province during the water year period from 1986-87 to 2002-2003.

2- Ground water level (from mean sea level) from 51 wells located within the Dehgolan plain over 1987-88 to 2003-2004 were obtained from regional water supply company of Kurdistan province.

In order to evaluate the effect of droughts on ground water resources in the Dehgholan basin, drought occurrence was calculated using SPI index. It's easy application for different time scales, different purposes, and different climates are due to its normal properties (Hayes, 2003: 2). It can be calculated using the following equation:

$$1) \text{ SPI} = \frac{Pi - \bar{p}}{s}$$

where SPI is the Standardized Precipitation Index, pi is the monthly rainfall value,  $\bar{p}$  is the average of rainfall for the selected 16 year, and s is the standard deviation of precipitation. The correlation coefficient between each climatic variable (including the SPI index, temperature and evaporation), runoff (as independent variables) and groundwater level (as a dependent variable) were calculated at 95% confidence interval. After identifying the drought periods and calculating the severity and duration (drought magnitude), the rate of groundwater level reduction was classified in Arc map using spatial analysis tools and Kriging interpolation method.

### Results and Discussion

The correlation coefficient results indicate that there is no significant coefficient in SPI index, temperature and evaporation related to the ground water level while changes in groundwater levels depend on surface runoff at the basin outlet. An increase in correlation between runoff and ground water level is due to the snowmelt runoff that takes place in late winter and early spring. The groundwater level is affected significantly in this time of the year. A review on the drought severity and its duration show a direct relationship between drought and the above mentioned features. The results of ground water changes on the severity and the duration of droughts in Dehgholan basin indicate that in comparison with the less severe short-term drought, the severe long-term drought has got a higher effect upon lowering the level of ground waters.

The zoning classification of the drought and groundwater level using spatial analysis in GIS environment shows that two major factors are involved in changes in the level of groundwater plain: First, as mentioned, in the case of severe long-term droughts, the reduction amount of ground water levels are more and second the fact that the surface drainage density is an important factor in the recharging process of ground waters.

### Conclusion

Changes in surface runoff rate throughout the year and especially during droughts has important role in discharge of groundwater. During the short-term droughts, those zones with high elevation in Southern parts of the Dehgholan plain faced a decrease in groundwater more than other parts of the plain due to higher transmission ratio. While in continuous and prolonged droughts, middle parts of the plain faced more level drop. Drainage density as the most important determinant factor in each groundwater basins has a dominant role in determining the decreasing rate of groundwater level in parts of no drainage density. Given the potential of drought occurrence as a regular feature of this region and an increase in water demands for

agriculture, drinking and industry versus the continues reduction of groundwater level in Dehgolan plain, critical condition in the status of water resources will be expected in this region.

**Keywords:** *Drought, Groundwater, Dehgolan Basin, SPI.*

Archive of SID