

## بررسی تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز هلیل رود جیرفت

محمد نادریان فر<sup>۱</sup>، ارسلان فاریابی<sup>۲</sup>، شاپور کوهستانی<sup>۳</sup>، مریم صفوی گردینی<sup>۴</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۱

### مقاله پژوهشی

### چکیده

دشت جیرفت با اقلیم خشک و نیمه خشک یکی از دشتهایی است که با افزایش برداشت چشمگیر آب زیرزمینی در سال‌های اخیر روبرو بوده است. هدف از این مقاله ارزیابی اثرات بارندگی و شرایط اقلیمی بر نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت است. برای این منظور از داده‌های بارندگی ۶ ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی در طول دوره ۹۵-۱۳۷۰ استفاده شد و با روش تیسن بندی و استفاده از داده‌های ماهواره Chirps مقدار متوسط بارندگی دشت محاسبه گردید. نتایج نشان داد همبستگی پیرسون بین بارش و سطح آب زیرزمینی ۰/۲۳ است. برای یافتن اثرات خشک‌سالی و ترسالی بر سطح آب زیرزمینی، از شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) استفاده شد. نتایج تحلیل‌ها به صورت سری زمانی متوالی نشان داد که، SPI با مقیاس زمانی بلندمدت ۷ ماهه از همبستگی بیشتری (۰/۳۵) با هیدروگراف سطح آب زیرزمینی دشت برخوردار است. بررسی داده‌های هیدروگراف دشت جیرفت در دوره آماری ۹۵-۱۳۸۱ نشان داد که در این مدت سطح آب زیرزمینی به اندازه ۸/۶۵ متر افت داشته و میزان متوسط افت سالانه ۰/۶۱ متر می‌باشد. همچنین نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی به روش کریجینگ در دوره‌های زمانی ۵ ساله نشان داد که بخش‌های جنوبی و مرکزی دشت دارای افت سطح آب زیرزمینی بیشتری هستند. در ادامه با استفاده از تحلیل خوشه‌ای وارد، دشت جیرفت به چهار خوشه تقسیم شد که برای خوشه ۱ پیژومتر کلرود، خوشه ۲ پیژومتر ساغری، خوشه ۳ پیژومتر کنارصندل و خوشه ۴ پیژومتر چهره آباد انتخاب شدند. همبستگی بارش متوسط در هر خوشه با نوسانات سطح آب زیرزمینی با پیژومترهای منتخب آن خوشه به ترتیب کلرود ( $r=0/51$ )، ساغری ( $r=0/37$ )، کنارصندل ( $r=0/38$ ) و چهره آباد ( $r=0/55$ ) به دست آمد. با توجه به افت شدید سالانه و اضافه برداشت از دشت چنانچه اقدام جدی و مؤثری در این زمینه صورت نگیرد، این دشت در آینده نه تنها با تشدید پیامدهای زیست‌محیطی، بلکه با مشکلات اقتصادی و اجتماعی نیز مواجه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی # شاخص SPI # جیرفت # خشک‌سالی #

<sup>۱</sup> استادیار، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه جیرفت، ایران. ۰۹۱۳۴۴۸۸۵۸۲ (naderian.mohamad@ujiroft.ac.ir) (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. (arsalan.faryabi@yahoo.com)

<sup>۳</sup> استادیار، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. (Shapourkouhestani@yahoo.com)

<sup>۴</sup> دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، خراسان جنوبی، ایران. (maryamsafavi66@gmail.com)



## مقدمه

گذشته وجود داشته باشد. با ارائه یک شاخص که در واقع تابعی از عوامل مختلف محیطی و عوامل متأثر از دوره‌های خشک است و در نهایت به صورت یک عدد نمایش داده می‌شود، می‌توان تصویر جامعی از همه این عوامل را فراهم کرده و از آن برای ارزیابی دوره‌های خشک و تصمیم‌گیری درباره‌ی آن استفاده کرد که به مراتب مفیدتر و ساده‌تر از ردیف‌های متعددی از داده‌های متنوع مرتبط با خشکی است.

امروزه تحقیقات مختلفی روی آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام شده است تا شناختی اصولی‌تر و مدیریت منابع آب حاصل گردد. (Mohammadi et al (2018) به بررسی آزمون همبستگی بین شاخص منبع آب زیرزمینی و شاخص بارش استاندارد شده طی دوره زمانی مطالعه شده بدون تأخیر زمانی و با تأخیر زمانی یک تا ۱۲ ماهه انجام دادند. نتایج نشان داد شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) ۶ و ۱۸ ماهه با بارش استاندارد (SPI) ۴۸ ماهه همبستگی بالایی دارد. نتایج به دست آمده از آنالیز آماری آن‌ها نشان‌دهنده آن است که با طولانی شدن مقیاس زمانی شاخص SPI میزان همبستگی آن با شاخص GRI قوی‌تر می‌شود. Celik (۲۰۱۵)، تغییرات زمانی تراز آب زیرزمینی در بالادست حوضه آبریز دجله در دیار بکر ترکیه را با استفاده از GIS بررسی و دلایل احتمالی تغییرات آب زیرزمینی را مورد توجه قرارداد. در این بین تغییر اقلیم و به طور مشخص افزایش دما و کاهش بارندگی‌ها در چند دهه گذشته عامل مهمی در تغییرات شدید سطح آب زیرزمینی بوده است. (Khoshhal et al (2013) به بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی تحت تأثیر خشک‌سالی‌ها در دشت ده گلان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن پارامترهای اقلیمی در ارتباط با سطح ایستابی بود. Ansari and Naderianfar (2012) به بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از شاخص فازی بارندگی و تبخیر-تعرق استاندارد شده (SEPI) پرداختند. نتایج تحلیل‌ها به صورت سری زمانی متوالی نشان داد که تغییرات سطح آب زیرزمینی با مقادیر شاخص فازی بارندگی و تبخیر-تعرق استاندارد شده از همبستگی بیشتری در مقیاس‌های

منابع آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع آب به شمار می‌روند. شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی از آن‌ها در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش بسزایی دارد. عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت جبران‌ناپذیری مانند افت شدید و غیرقابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوت، تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی مانند پیشروی جبهه‌های آب شور و تداخل آب-های شور را به دنبال خواهد داشت. بدین منظور برای آگاهی از وضعیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن لازم است بررسی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود. با بررسی دقیق نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌توان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت منابع آب استفاده نمود (Izadi et al., 2008). لذا یافتن اثرات بارندگی و بررسی تغییرات آن بر روی سطح آب زیرزمینی ضروری است (Khan et al., 2008). از منابع مهم تغذیه زیرزمینی، آب رودها هستند که بر اثر خشک‌سالی<sup>۱</sup> حجم آب رودها و منبع تغذیه آب‌های زیرزمینی منطقه کاهش می‌یابد یا به کلی قطع می‌شود، همچنین بر اثر خشک‌سالی آب مخازن سدها و آب چشمه‌ها کم و یا به طور کلی خشک می‌شود که اثر نامطلوبی بر سفره‌های آب زیرزمینی منطقه تحت تأثیر خود می‌گذارد (Kordovani., 2001).

خشک‌سالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشک‌سالی غالباً به عنوان یک پدیده خزنده توصیف می‌شود و توصیف زمانی و مکانی آن بسیار مشکل است (Alizadeh, 2006). هم‌چنین به دلیل پیچیدگی زیاد این پدیده، فهم آن در مقایسه با دیگر بلایای طبیعی مشکل‌تر بوده و بخش‌های بیشتری را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. یک شاخص خشک‌سالی باید قادر به پایش سابقه تاریخی یک حادثه بوده تا امکان مقایسه شرایط موجود با

<sup>۱</sup> Drought

سطحی و زیرزمینی انجام شده است که از آن جمله به مطالعات ((Azizi (2003)؛ Hossein Mormad and Shamsipour and Habibi (2003)؛ Shamsipour (2003)؛ Zahedi (2005) اشاره کرد.

افت سطح آب زیرزمینی و پیامدهای حاصل از آن، یکی از معضلات حال حاضر کشور محسوب می‌گردد. در تحقیق حاضر وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به تغییرات کاهشی در میزان بارش و رفتار نامناسب بهره‌برداران باعث روند کاهشی سطح سفره آب زیرزمینی در دشت جیرفت شده است. در این مطالعه برای یافتن ارتباط خشک‌سالی از تأخیر بارندگی و به دست آوردن همبستگی آن با سطح آب زیرزمینی استفاده می‌گردد و به دلیل تأثیر پیوسته و مداوم بارندگی بر روی سطح آب زیرزمینی، بررسی داده‌های بارندگی به صورت ماهانه و داده‌های مجزا چندان مطلوب نمی‌باشد در حالی که در شاخص SPI می‌توان از مقیاس‌های یک‌ماهه تا چندین ساله استفاده کرده و اثر دوره‌های متوالی بر آب زیرزمینی را مطالعه نمود. از طرف دیگر داده‌های بارندگی اعداد اسکالری هستند که به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرند در صورتی که در شاخص SPI، وضعیت وقوع بارندگی‌ها نسبت به شرایط نرمال منطقه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و آنچه بر تغییرات سطح آب زیرزمینی مؤثر است همین تغییر روندهاست به همین علت در مطالعه حاضر از شاخص SPI که قابلیت محاسبه در زمان و مکان را دارا است ((Hayes et al (1999) برای تحلیل اثرات اقلیمی مختلف (ترسالی و خشک‌سالی‌ها) بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت جیرفت استفاده می‌شود. همچنین در ادامه به بررسی تغییرات افت سطح آب زیرزمینی در دوره‌های ۵ ساله در دشت جیرفت پرداخته شده است.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

دشت جیرفت (شکل ۱) میان ارتفاعات جبال بارز، بحر آسمان و اسفندقه واقع شده است. در این دشت شهرستان‌های جیرفت و عنبرآباد واقع هستند که از شمال

مختلف زمانی نسبت به شاخص بارندگی استاندارد شده برخوردار است. (Naderianfar et al (2010) به بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی تحت شرایط اقلیمی مختلف در حوضه آبریز نیشابور پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که شاخص SPI با مقیاس زمانی ۴۲ ماهه بیشترین همبستگی را روی نوسانات سطح آب زیرزمینی دارد. (Shahid and Hazarika (2010) تأثیر خشک‌سالی بر آب زیرزمینی در شمال غربی منطقه بنگلادش را مورد بررسی قرار دادند، تحلیل هیدروگراف سطح آب زیرزمینی و سری زمانی بارندگی نشان داد که یکی از عوامل خشک‌سالی آب زیرزمینی به طور عمده مربوط به کاهش بارندگی‌ها بود. (Khan et al (2008) از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) برای بررسی اثر خشک‌سالی و بارندگی روی سطح آب زیرزمینی در ۳ منطقه تحت آبیاری در حوزه ماری-دارلین استرالیا استفاده کردند که نتایج آن‌ها نشان داد که همبستگی خوبی بین شاخص SPI و نوسانات سطح آب زیرزمینی در منطقه برقرار است و به وسیله آن می‌توان الگوی خشک‌سالی‌های اصلی در استرالیا را تعیین کرد. (Panda et al (2007) در تحقیقی برای شناختن و یافتن روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در منطقه Orissa هند و تأثیر خشک‌سالی و دخالت بشر از روش‌های آماری پارامتری من-کندال استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که افت سطح آب به علت کمبود باران در طول سال‌های خشک، دمای بالا و دخالت بشری نتوانسته در سال‌های مرطوب با تغذیه این افت را جبران کند. (Vicente-Serrano and Moreno (2005) به بررسی واکنش هیدرولوژیکی خشک‌سالی‌های هواشناسی با استفاده از شاخص SPI در مقیاس زمانی مختلف و در یک حوزه بزرگ بسته در منطقه مرکزی اسپانیا پرداختند. آن‌ها نشان دادند که مقیاس زمانی بلندمدت (بیشتر از ۱۲ ماه) نمی‌تواند برای تعیین خشک‌سالی در این منطقه مفید باشد و به‌طور کلی تغییرات جریان‌های سطحی با مقیاس زمانی کوتاه‌مدت SPI و منابع آب زیرزمینی پاسخ مقیاس زمانی بلندمدت (۱۰-۷ ماه) قابل تبیین می‌باشد. در ایران نیز مطالعاتی بر روی ارتباط خشک‌سالی با آب‌های

بالا و دارای مواد آلی به منظور بهره‌برداری‌های کشاورزی است.

### داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

#### لایه اطلاعات بارندگی حوزه

آمار و اطلاعات مورد استفاده برای محاسبه بارندگی متوسط ماهانه دشت از بین آمار و اطلاعات ۶ ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی در طول دوره ۹۵-۱۳۷۰ استفاده شد (شکل ۱). سپس با روش تیسن بندی مقدار متوسط بارندگی دشت ترسیم شد. در کنار روش تیسن بندی از داده‌های ماهواره Chirps برای به دست آوردن متوسط بارندگی دشت استفاده شد تا صحت داده‌ها نیز مورد چالش قرار گیرد. اندازه‌گیری خشک‌سالی در مقیاس‌های زمانی گوناگون می‌باشد این شاخص به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$SPI = \frac{X_{ik} - \bar{X}_i}{\delta_i} \quad (1)$$

که در آن:

$\delta_i$ : انحراف از معیار داده‌های  $i$  امین ایستگاه،

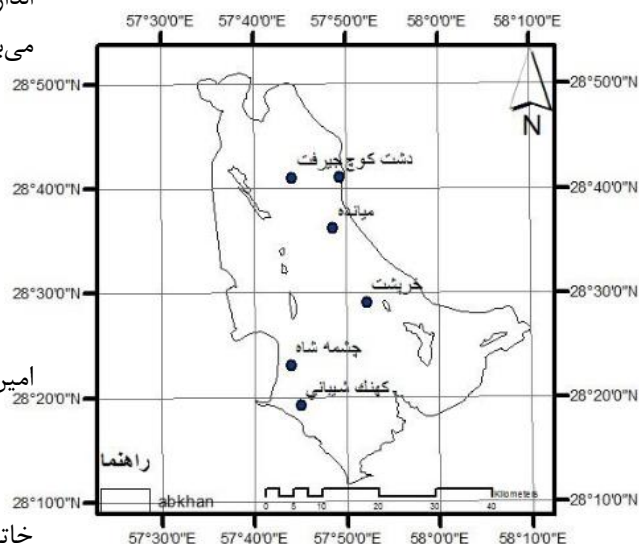
$X_{ik}$ : مقادیر بارندگی برای  $i$  امین ایستگاه و  $k$

امین مشاهده

$\bar{X}_i$ : متوسط بارندگی ایستگاه  $i$  ام می‌باشد.

تعیین و پایش دوره خشک شامل تاریخ شروع، خاتمه، تداوم و شدت دوره خشک است. با تعیین SPI که به عنوان یک شاخص کمی و کاربردی برای مقیاس‌های زمانی متفاوت مطرح است، می‌توان پارامترهای فوق را محاسبه کرد (McKee et al (1993) and McKee (1995)). در این تحقیق برای محاسبه SPI، ابتدا مجموعه‌ای از متوسط دوره‌ها برای تعیین مجموعه داده با مقیاس‌های زمانی  $i$  ماهه که  $i$  برابر ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۳۰، ۳۶، ۴۲، ۴۸، ۵۴، ۶۰، ۶۶، ۷۲، ۷۸ و ۸۴ ماهه می‌باشد، ارائه شد. انتخاب این مجموعه‌ها با توجه به تأثیر کمبودهای بارندگی بر هر یک از انواع منابع آبی، مشخص می‌شود. این مجموعه در حال تغییر، برای همراه یک مقدار جدیدی را با توجه به مقادیر  $i$  ماه قبل به

به شهرستان کرمان، از شمال غرب و غرب به شهرستان بافت، از جنوب به شهرستان کهنوج و از شرق و شمال شرقی به شهرستان بم محدود می‌شود و در مختصات  $45^{\circ}$  تا  $56^{\circ}$  عرض جغرافیایی  $10^{\circ}$  تا  $28^{\circ}$  و  $20^{\circ}$  تا  $29^{\circ}$  طول جغرافیایی قرار گرفته‌اند. دشت جیرفت طبق اقلیم-بندی به روش دومارتن، دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی، دشت جیرفت جزئی از حوضه ساختاری رسوبی ایران مرکزی است که رشته‌کوه‌های بارز با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی این حوضه را از حوضه کویر جدا می‌سازد و بخشی از کمربند آتشفشانی بزمان- سهند را تشکیل می‌دهد. از نظر خاک-شناسی در بخش‌های جنوبی دشت جیرفت، خاک باقابلیت



شکل (۱): مختصات مکانی ایستگاه‌های منتخب باران-سنجی در دشت جیرفت

### پایش خشک‌سالی

برای بررسی شرایط دوره‌های خشک و بررسی روند تغییرات طولانی‌مدت و تأثیر آن روی سطح آب زیرزمینی در این تحقیق، از شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) استفاده شد. شاخص SPI در سال ۱۹۹۳ میلادی توسط توماس بی. مک‌کی (McKee et al (1993))، یکی از محققین دانشگاه ایالتی کلرادو آمریکا، پیشنهاد گردید. این شاخص در حقیقت یک ابزار قوی برای آنالیز داده‌های بارندگی می‌باشد و مشخصه اصلی آن، انعطاف‌پذیری در

تیسین بندی شده دشت بر اساس چاه‌های موجود در شکل ۲ نشان داده شده است.

### تحلیل خوشه‌ای پیرومترهای موجود در دشت

در این مطالعه به منظور بررسی اثرات پارامترهای اقلیمی بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت، ابتدا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای پیرومترهای انتخاب شده در سطح دشت را خوشه‌بندی نموده تا بتوان برای هر یک از خوشه‌ها نماینده معرف آن خوشه را پیدا نمود. خوشه‌بندی پیرومترهای موجود به این خاطر می‌باشد که تحلیل تمامی پیرومترها مشکل بوده و بجای بررسی تک تک پیرومترها می‌توان رفتارهای یکسان را در قالب یک پیرومتر تجزیه و تحلیل نمود. لذا در این تحقیق روش تحلیل خوشه‌ای به روش "وارد" با استفاده از نرم‌افزار Minitab16 انجام شد.

### نتایج و بحث

#### رابطه بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی دشت

برای محاسبه متوسط بارندگی دشت از روش تیسین بندی استفاده شد و با استفاده از ایستگاه‌های موجود و مجاور دشت، برای یک دوره مشترک به‌طور ماهانه استفاده شد. جدول ۱ همبستگی بین سری زمانی ماهانه بارندگی‌های به‌دست‌آمده با ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیر-سنجی موجود در دشت را نشان می‌دهد. برای تمام ایستگاه‌ها این همبستگی بیشتر از ۰/۸۲ می‌باشد و در سطح ۵ درصد نیز معنی‌دار است. در شکل ۳ نتایج هیدروگراف آب زیرزمینی دشت و متوسط مجموع بارندگی‌ها برای دشت جیرفت محاسبه شده است. در این دوره متوسط سطح آب زیرزمینی در دشت جیرفت به‌اندازه ۸/۶۵ متر افت داشته و میزان متوسط افت سالانه ۰/۶۱ متر می‌باشد. نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد با افزایش بارندگی سطح آب زیرزمینی نیز افزایش یافته است که با توجه به تأثیر بارندگی‌ها روی آب زیرزمینی باید از

دست می‌دهد. هر مجموعه داده با مناسب‌ترین توزیع احتمال (در این تحقیق توزیع گاما) جهت تعریف روابط احتمالاتی بارندگی، مشخص گردید (اولین گام در محاسبه شاخص SPI تعیین تابع توزیع احتمال است که بتوان سری‌های زمانی طولانی‌مدت داده‌های بارندگی را توصیف نمود). هنگامی که رابطه احتمال داده‌های بارندگی موجود به دست آمد، احتمال نقطه‌ای هر یک از داده‌های بارندگی مشاهده‌شده، محاسبه و برای محاسبه انحراف بارندگی در یک تابع چگالی احتمال نرمال استاندارد که دارای میانگین صفر و انحراف از معیار واحد می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفت. این مقادیر، مقدار SPI را برای هر داده بارندگی محاسبه می‌کند. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که شاخص SPI دارای مزیت‌های بیشتری نسبت به شاخص پالمر (PDSI) می‌باشد که از آن می‌توان به پایداری مکانی و انعطاف‌پذیری زمانی آن اشاره نمود (Ji and Peters (2003); Guttman (1998)). به‌طور کلی مطالعات مختلف نشان می‌دهد که شاخص SPI در بیان شدت انواع خشک‌سالی‌های متفاوت قابل استفاده می‌باشد (Edwards (1997); Hayes et al (1999); Szalai et al (2000); Umran Komuscu (1999); Wilhite (2000)).

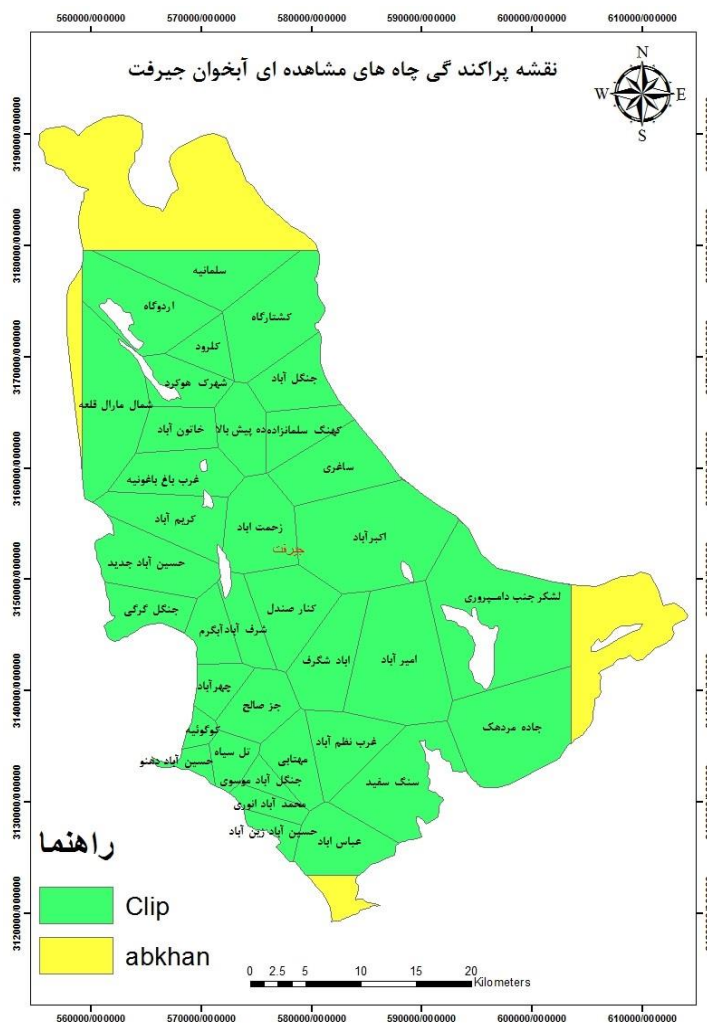
#### اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی دشت

##### ترسیم هیدروگراف

در محدوده آبخوان جیرفت اطلاعات حدود ۷۰ تا پیرومتر موجود می‌باشد، اما به دلیل خشک شدن و نبود داده، حدود ۳۰ تا از این پیرومترها حذف گردیدند. در این محاسبه و ترسیم، از اطلاعات ۳۶ پیرومتر که از لحاظ مکانی دارای توزیع مناسبی بوده و دارای داده‌های سطح آب زیرزمینی را به همراه تراز محاسباتی، در طی بازه زمانی ۱۴ ساله از سال ۸۱ تا ۹۵ استفاده شد. پس از انتخاب بهترین ایستگاه‌های مشاهده‌ای، اقدام به مرتب‌سازی داده‌ها بر اساس ماه هر سال گردید. محدوده آبخوان جیرفت در نرم‌افزار ARCMAP تهیه گردید. در نهایت جهت رسم هیدروگراف سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت از روش تیسین بندی استفاده که نتایج

آذر و دی ماه هر سال می باشد ولی حداکثر بارندگی دشت در بهمن و اسفند اتفاق می افتد که با یک تأخیری چندماهه همراه است. برای مشخص کردن این تأخیر زمانی از شاخص SPI استفاده شد.

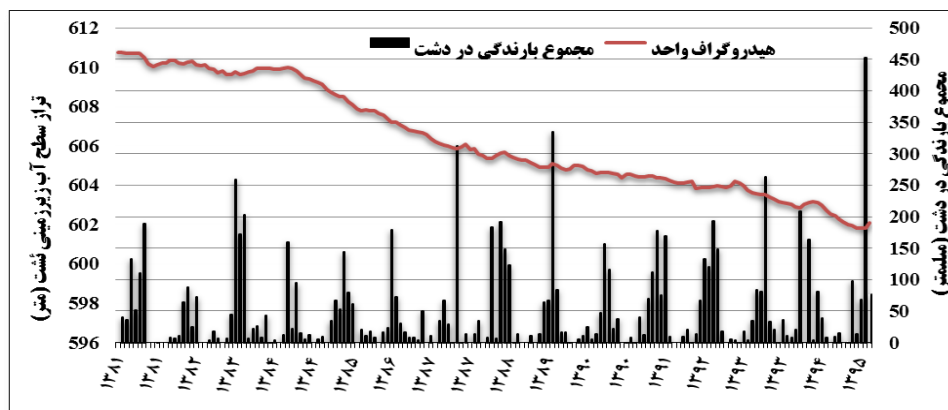
طرح های آبخیزداری از جمله تغذیه مصنوعی و بندها و ... کمک به افزایش سطح آب زیرزمینی منطقه کرد. نفوذ آب ناشی از بارندگی، ذوب برف ها و به عمق رسیدن به زمین با تأخیر زمانی همراه است به طوری که حداکثرهای منحنی هیدروگراف دشت معمولاً در ماه های



شکل (۲): الگوی تیسر بندی چاه های انتخابی در دشت جیرفت جهت تعیین هیدروگراف دشت ۹۵-۱۳۸۱

جدول (۱): همبستگی بین میزان بارندگی ایستگاه های باران سنجی و تبخیرسنجی با متوسط بارندگی دشت جیرفت

ایستگاه	جیرفت	چشمه شاه	خرپشت	کوچ	حسین آباد	میانده	سغدر	دلفارد	شیبانی	دهرود
r	۰/۸۴۷	۰/۹۰۷	۰/۹۲۹	۰/۸۸۸	۰/۸۷۲	۰/۸۹۷	۰/۸۸۵	۰/۸۲۷	۰/۸۴۶	۰/۸۲۷



شکل (۳): مجموع بارندگی سالانه دشت مشترک جیرفت در طول دوره آماری ۱۳۸۱-۹۶

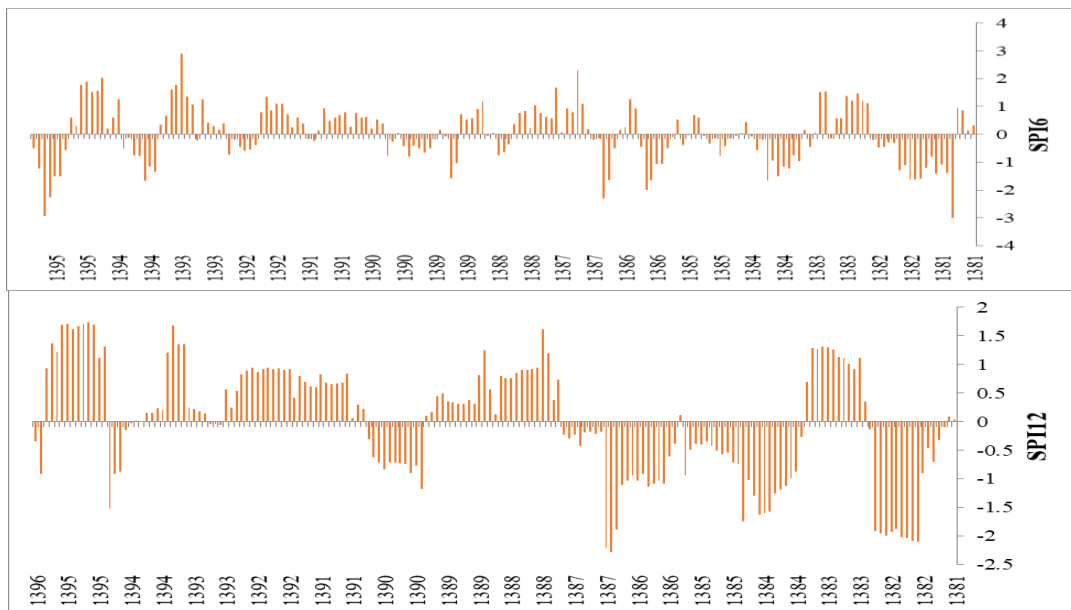
زمانی شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۶ و ۱۲ ماهه را نشان می‌دهد. در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت دوره‌های خشک ( $SPI < 0$ ) و تر ( $SPI > 0$ ) دارای تناوب بسیاری هستند، در حقیقت وقتی که مقیاس زمانی زیاد می‌شود تناوب دوره‌های خشک کمتر می‌شود (Vicente-Serrano and Moreno (2005).

SPI با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۴ خشک‌سالی شدیدی در دشت حاکم بوده است همچنین در سال ۱۳۸۲ نیز خشک‌سالی رخ داده است. این نتایج را مقیاس زمانی ۶ ماهه نیز تأیید می‌کند.

### تغییرات زمانی شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی

#### مختلف

مقیاس‌های زمانی متفاوت شاخص SPI نیاز به تفاسیر متفاوتی دارند. به‌عنوان مثال، SPI با مقیاس زمانی ۱ ماهه شرایط کوتاه‌مدت را منعکس می‌کند، و از آن می‌توان برای تغییرات رطوبت خاک استفاده کرد. SPI با مقیاس زمانی ۳ ماهه، تخمین بارندگی‌های فصلی را میسر می‌سازد. SPI با مقیاس زمانی متوسط ۶ و ۹ ماهه روند الگوی بارش را تعیین می‌کند و SPI با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه الگوی بارندگی‌های بلندمدت را منعکس کرده و معمولاً با دبی رودخانه‌ها، سطح مخازن و حتی سطح آب زیرزمینی رابطه دارد (NDMC, 2007). شکل ۴ تغییرات



شکل (۴): تغییر شکل شاخص SPI هیدروگراف دشت در مقیاس‌های زمانی مختلف

رابطه بین شاخص SPI و سری زمانی سطح آب زیرزمینی دشت

شکل ۵-الف نشان‌دهنده نتایج ضریب همبستگی بین شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف و نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که رابطه بین سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی کوتاه بسیار ضعیف می‌باشد به طوری که تا مقیاس ۵ ماهه این همبستگی کمتر از ۰/۱۵ می‌باشد. از SPI با مقیاس زمانی ۶ ماه به بالا همبستگی‌ها روند رو به بالایی به خود گرفته به طوری که در SPI با مقیاس زمانی ۷ ماه به بیشترین همبستگی خود یعنی ۰/۳۵ می‌رسد. از این مقیاس به بعد همبستگی‌ها از یک‌روند کاهشی تبعیت می‌کند. لذا مقیاس‌های زمانی بلند منجر به خشک‌سالی هیدرولوژیک در منطقه می‌شوند. کاهش سطح آب زیرزمینی در سال‌های مختلف و مقادیر مثبت شاخص SPI در این سال‌ها نشان می‌دهد که برداشت از سطح آب زیرزمینی به قدری زیاد بوده است که حتی بارندگی‌های به وجود آمده در آن سال و ترسالی نیز نتوانسته این مقدار کاهش بیش از اندازه را جبران کند و در این سال علی‌رغم ترسالی سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است. این نتایج با نتایج سایر محققین از جمله Lorenzo-Lacruz et al

#### رابطه بین شاخص SPI و سری زمانی سطح آب زیرزمینی دشت

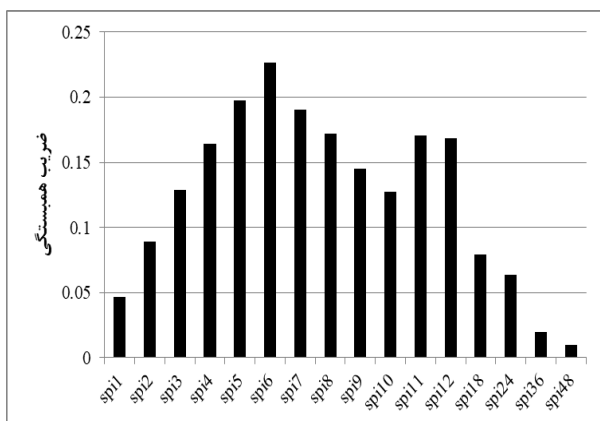
شکل ۵-الف نشان‌دهنده نتایج ضریب همبستگی بین شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف و نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که رابطه بین سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی کوتاه بسیار ضعیف می‌باشد به طوری که تا مقیاس ۵ ماهه این همبستگی کمتر از ۰/۱۵ می‌باشد. از SPI با مقیاس زمانی ۶ ماه به بالا همبستگی‌ها روند رو به بالایی به خود گرفته به طوری که در SPI با مقیاس زمانی ۷ ماه به بیشترین همبستگی خود یعنی ۰/۳۵ می‌رسد. از این مقیاس به بعد همبستگی‌ها از یک‌روند کاهشی تبعیت می‌کند. لذا مقیاس‌های زمانی بلند منجر به خشک‌سالی هیدرولوژیک در منطقه می‌شوند. کاهش سطح آب زیرزمینی در سال‌های مختلف و مقادیر مثبت شاخص SPI در این سال‌ها نشان می‌دهد که برداشت از سطح آب زیرزمینی به قدری زیاد بوده است که حتی بارندگی‌های به وجود آمده در آن سال و ترسالی نیز نتوانسته این مقدار کاهش بیش از اندازه را جبران کند و در این سال علی‌رغم ترسالی سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است. این نتایج با نتایج سایر محققین از جمله Lorenzo-Lacruz et al

در شکل ۵ ب شاخص SPI بدست آمده از داده‌های بارندگی ماهواره Chirps را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۵-ب بیشترین همبستگی با مقیاس زمانی ۶ ماهه با مقدار ...وجود دارد. روش استفاده از بارندگی ماهواره Chirps مشابه روش به دست آوردن متوسط بارش دشت به روش

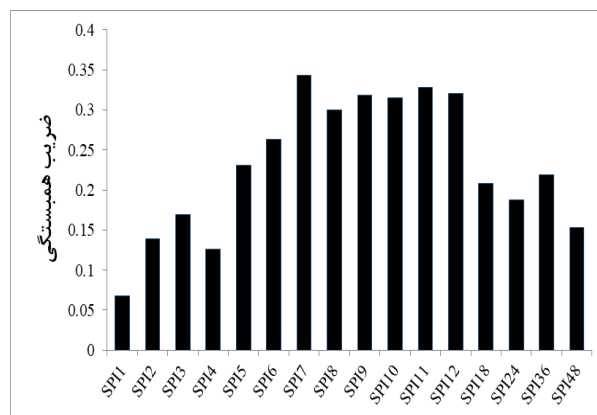


تیسین برای آنالیزها استفاده شده است.

تیسین بندی است. در نتیجه در ادامه از همان داده‌های

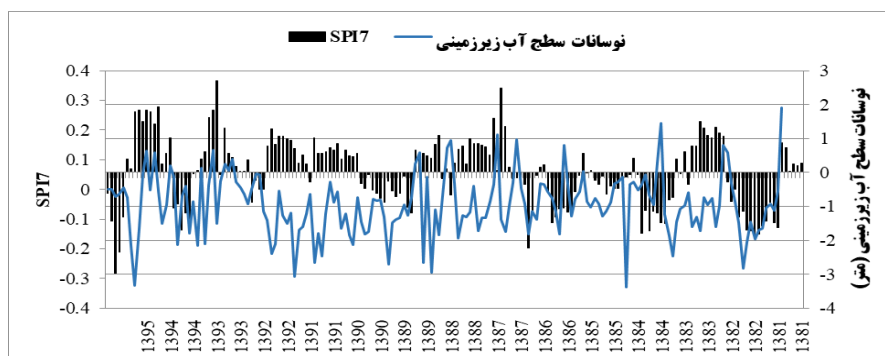


(ب)



(الف)

شکل (۵): همبستگی بین نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف (الف) تیسین و (ب) Chirps



شکل (۶): تغییر شکل سری زمانی سطح آب زیرزمینی استاندارد شده و SPI در مقیاس ۴۲ ماهه (دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۷۲)

در جدول ۲ ماکزیمم همبستگی بین شاخص SPI با نوسانات پیژومترهای مختلف در دشت جیرفت به دست آمده است که در این میان بیشترین همبستگی به مقدار ۰/۴۷۹ بین ایستگاه باران‌سنجی دشت کوچ با مقیاس زمانی ۴۸ ماه و پیژومتر جنگل آباد به دست آمد. لازم به ذکر است که ایستگاه دشت کوچ و پیژومتر جنگل آباد در یک محدوده نزدیک به هم قرار دارند

نتایج شکل ۶ نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۱ که در دشت ترسالی بوده است سطح آب زیرزمینی نیز افزایشی بوده است و با شروع خشکسالی در سال ۱۳۸۲ سطح آب نیز افت شدیدی پیدا کرده است که در شکل به خوبی نشان داده شده است. در سایر سال‌ها نیز با شروع ترسالی - ها سطح آب بالا آمده است ولی سال‌هایی نیز مشاهده می‌شود که علی‌رغم ترسالی در منطقه سطح آب نیز افت داشته است که نشان می‌دهد برداشت بیش از اندازه در این سال‌ها نیز در این نوسانات مؤثر بوده است.

جدول (۲): ماکزیمم همبستگی بین شاخص SPI با نوسانات سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت

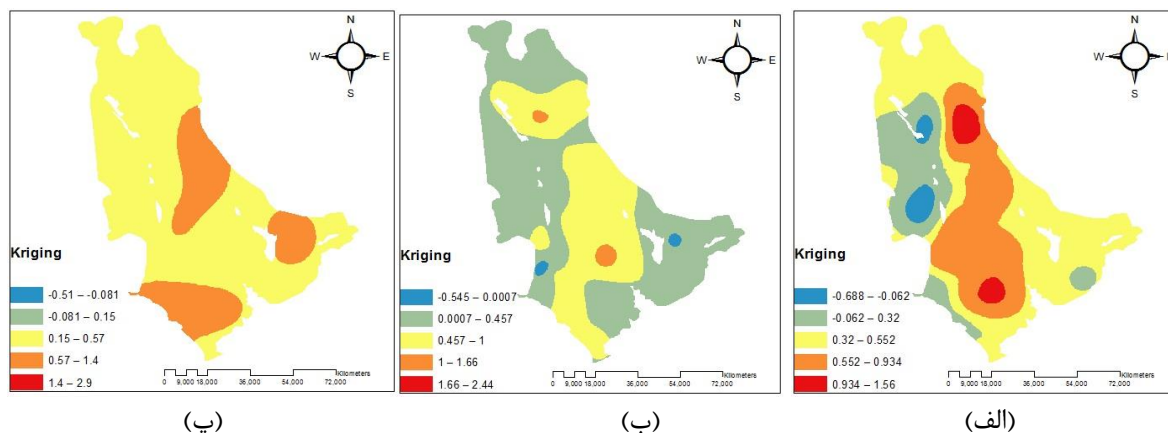
نام ایستگاه باران سنجی	پیزومتر	مقیاس زمانی	r
میانده	چهره آباد	SPI <sub>1</sub>	۰/۳۲۳
جیرفت	شمال ماران قلعه	SPI <sub>11</sub>	۰/۳۰۷
خرپشت عنبر آباد	جنگل آباد	SPI <sub>48</sub>	۰/۴۶
کهنک شیبانی	شمال ماران قلعه	SPI <sub>11</sub>	۰/۳۳۵
دشت کوچ	جنگل آباد	SPI <sub>48</sub>	۰/۴۷۹
حسین آباد	کشتارگاه	SPI <sub>11</sub>	۰/۳۶۳
دهرود	شهرک هوکرد	SPI <sub>12</sub>	۰/۳۷۹
سغدر	ده پیش بالا	SPI <sub>12</sub>	۰/۲۶۶
دیوبند	سنگ سفید	SPI <sub>48</sub>	۰/۲۳۳
متوسط دشت-تیسن	جنگل آباد	SPI <sub>48</sub>	۰/۴۰۹
چشمه شاه	شمال ماران قلعه	SPI <sub>10</sub>	۰/۳۰۹

#### افت سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت

شکل ۷ افت سطح آب زیرزمینی در ۳ بازه ۵ ساله بین سال‌های ۸۵-۱۳۸۱؛ ۹۰-۱۳۸۶ و ۹۵-۱۳۹۱ با استفاده از روش کریجینگ را نشان می‌دهد نتایج افت در ۵ ساله اول (شکل ۷-الف) نشان می‌دهد تغییرات افت سطح آب زیرزمینی بین ۰/۵۴- تا ۲/۴۴ متر می‌باشد که بیشترین افت در بخش‌های مرکزی دشت می‌باشد. نتایج افت در ۵ ساله دوم (شکل ۷-ب) نشان می‌دهد این تغییرات بین ۰/۶۸۸- تا ۱/۵۶ متر می‌باشد که کمترین افت در بخش‌های ساردوئیه مشاهده می‌شود و بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در بخش‌های جنوبی و مرکزی تا بخش‌هایی از جبالبارز شمالی دشت می‌باشد که لازم است تدابیر لازم جهت جبران این افت انجام شود از جمله طرح‌های آبخیزداری که شامل احداث بندها در مسیر رودخانه هلیل رود و تغذیه مصنوعی می‌باشد که این افت را در بلندمدت جبران کند. نتایج افت سطح آب زیرزمینی در ۵ ساله سوم (شکل ۷-پ) نشان می‌دهد که تغییرات

افت بین ۰/۵۱- تا ۲/۹ متر می‌باشد که کمترین افت در ارتفاعات (بخش‌های جبالبارز جنوبی و شمالی و ارتفاعات ساردوئیه) می‌باشد. بیشترین میزان افت در بخش جنوبی (عنبرآباد) مشاهده می‌شود.

کاهش بارندگی، بروز خشک‌سالی‌های پیوسته در چند سال اخیر و برداشت‌های بیش‌ازحد و غیرمجاز، در کاهش حجم ذخایر سفره و بروز روند منفی تراز آب زیرزمینی دشت جیرفت بی‌تأثیر نبوده است. همچنین در دهه‌های گذشته روند منفی برای تراز آب زیرزمینی در نقاط مختلف جهان و ایران گزارش شده است که با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور، ایران را کشوری دارای تنش آبی زیاد معرفی کرده است. در نتیجه اگر برداشت بی‌رویه آب به همین ترتیب ادامه یابد بدون شک در آینده عواقب نامطلوب در مورد منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت و به‌تبع آن بحران‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در منطقه اتفاق خواهد افتاد.



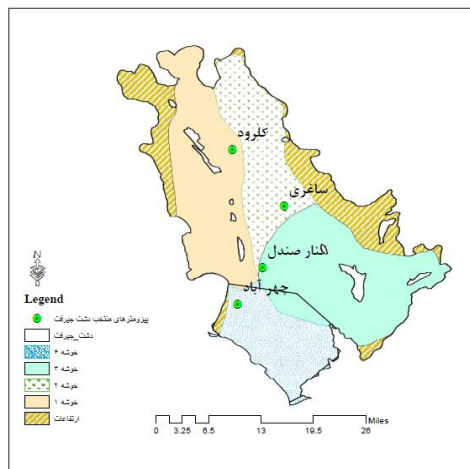
شکل (۷): نقشه پهنه‌بندی میانگین افت آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای طی دوره آماری الف: ۸۵-۱۳۸۱؛ ب: ۹۰-۱۳۸۶؛ پ: ۹۵-۱۳۹۱

### خوشه‌بندی دشت جیرفت

با توجه به تغییرات شدید آب و هوایی در دشت جیرفت بر آن شدیم که با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به روش وارد (Ward) دشت را خوشه‌بندی کنیم. برای این منظور از داده‌های افت سطح آب زیرزمینی در ۳۶ پیزومتر استفاده شد و با توجه به نظرات کارشناسان بومی منطقه، دشت جیرفت به ۴ خوشه تقسیم شد (شکل ۸) تا بتوان متوسط بارندگی در هر خوشه را محاسبه و ارتباط آن‌ها را با نوسانات سطح آب زیرزمینی به دست آورد. برای انتخاب خوشه‌ها از جهت حرکت آب زیرزمینی دشت جیرفت نیز استفاده شد.

#### خوشه ۱

خوشه ۱ شامل پیزومترهای اردوگاه، کلرود، شهرک هوکرد، خاتون آباد، شمال ماران قلعه، غرب باغونیه، کریم آباد، شرف آباد، آبگرم، جنگل گرگی و حسین آباد جدید می‌باشد. میزان افت سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها در طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ برای پیزومتر اردوگاه (۰/۷۸ متر)، کلرود (۴/۰۹ متر)، شهرک هوکرد (۰/۷۶ متر)، خاتون آباد (۱/۱۴- متر)، شمال ماران قلعه (۱/۷۵- متر)، غرب باغونیه (۲/۵۵ متر)، کریم آباد (۱/۲۵ متر)، شرف آباد (۸/۴۹ متر)، آبگرم (۱۷/۸۳ متر)، جنگل گرگی (۱/۳۵ متر) و حسین آباد جدید (۳/۰۴- متر) می‌باشد. شکل ۹- الف تغییرات افت سطح آب زیرزمینی در پیزومتر آبگرم را نشان می‌دهد که بیشترین افت را دارا می‌باشد.



شکل (۸): نقشه مکانی دشت جیرفت و موقعیت پیزومترهای منتخب در هر خوشه

#### خوشه ۲

خوشه ۲ شامل پیزومترهای سلمانیه، کشتارگاه، جنگل آباد، ده پیش بالا، کهنک سلمان زاده، ساغری و زحمت آباد می‌باشد. میزان افت سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها در طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ برای پیزومترهای سلمانیه (۵/۵ متر)، کشتارگاه (۱۷/۱۵ متر)، جنگل آباد (۱۳/۱۸ متر)، ده پیش بالا (۱۱/۴ متر)، کهنک سلمان زاده (۱۱/۵۱ متر)، ساغری (۱۳/۶۲ متر) و زحمت آباد (۶/۵۵ متر) می‌باشد. شکل ۹- ب تغییرات افت سطح آب زیرزمینی در پیزومتر کشتارگاه را نشان می‌دهد که بیشترین افت سطح آب را در این خوشه دارد.

#### خوشه ۳

خوشه ۳ شامل پیزومترهای اکبرآباد، کنارصندل، لشکر جنب دامپروری، جاده مردهک، امیرآباد و الله‌آباد شگرف می‌باشد. میزان افت سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها در طی ۱۴ سال به ترتیب ۲۱/۰۵، ۱۵/۳۵، ۹/۸، ۳/۰۲، ۱۱/۴۹ و ۱۳/۷۸ متر به دست آمده است. شکل ۹- پ تغییرات افت سطح آب زیرزمینی در پیزومتر اکبرآباد را نشان می‌دهد. بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در این خوشه، در پیزومتر اکبرآباد با ۲۱/۰۵ متر به دست آمده است.

#### خوشه ۴

خوشه ۴ شامل پیزومترهای زیر می‌باشد که افت سطح آب زیرزمینی به متر در پراکنش نوشته شده است. این پیزومترها شامل: چهرآباد (۴/۱۶)، کوگوئی (۰/۵۸)، جز صالح (۹/۱۳)، تل سیاه (۳/۴۸)، حسین آباد دهنو (۱۵/۳۷)، مهتابی (۱۳/۸۱)، جنگل آباد موسوی (۱۲/۴۵)، محمد آباد انوری (۱۰/۷۲)، عباس آباد (۷/۶۸)، حسین آباد زین آباد (۹/۸۵)، غرب نظم آباد (۱۵/۹۱) و سنگ سفید (۱۰/۶۸) می‌باشد. شکل ۹- ت تغییرات سطح آب زیرزمینی در پیزومتر غرب نظم آباد را نشان می‌دهد. در این خوشه بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در پیزومتر غرب نظم آباد با ۱۵/۹۱ متر به دست آمده است.

#### رابطه بین شاخص با نوسانات سطح آب زیرزمینی

در جدول ۳ همبستگی بین شاخص در مقیاس‌های زمانی مختلف با پیزومترهای منتخب در هر خوشه ارائه شده است. همان‌طور که مشخص می‌شود در خوشه ۱ بیشترین همبستگی بین شاخص SPI با مقیاس زمانی ۶ ماهه با نوسانات سطح آب زیرزمینی در پیزومتر کلرود به مقدار ۰/۱۷ دارد.

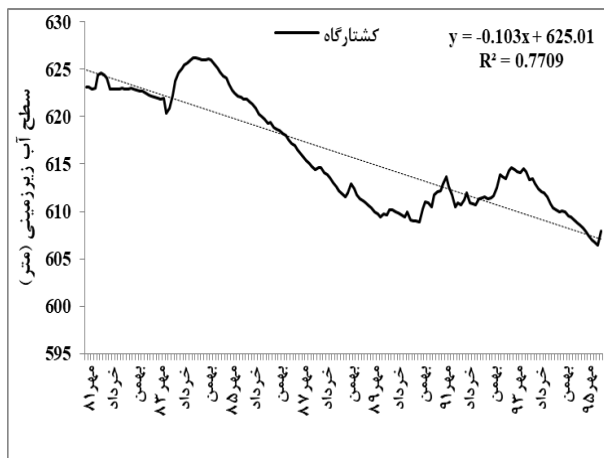
در خوشه ۲ بیشترین همبستگی در پیزومتر ساغری به مقدار ۰/۲۴ با شاخص SPI با مقیاس زمانی ۷ ماهه به دست آمد که نسبت به سایر پیزومترها در این خوشه همبستگی بیشتری داشت که دلیل آن می‌تواند قرار

دشت برخوردار است در نتیجه خشک‌سالی‌ها در دشت جیرفت عامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی دشت می‌باشد ولی به‌تنهایی عامل بحران نبوده بلکه برداشت بی‌رویه و همچنین شیب آبخوان از دیگر عوامل است. در نتیجه خشک‌سالی‌های اقلیمی در کوتاه‌مدت بر روی سطح آب زیرزمینی اثری ندارند اما در بلندمدت باعث افت سطح آب زیرزمینی می‌شوند. افزایش خشک‌سالی‌ها به‌خصوص در سال‌های اخیر باعث افزایش برداشت از سطح آب زیرزمینی و در نتیجه شدت افت سطح آب زیرزمینی دشت شده است. به‌طوری‌که در طی ۱۰ سال بیش از ۸ متر سطح آب زیرزمینی دشت کاهش یافته است. همچنین نتایج افت سطح آب زیرزمینی نشان داد که بخش‌های مرکزی و جنوبی دشت دارای افت بیشتری نسبت به سایر مناطق می‌باشند. در پایان توصیه می‌شود که با انجام شیوه‌های آبخیزداری (تغذیه مصنوعی و بندها) و مدیریتی راندمان سیستم‌های آبیاری را افزایش داده که باعث کاهش برداشت از سطح آب زیرزمینی دشت شده، چراکه اگر با همین روند سطح آب زیرزمینی در آینده کاهش یابد دیری نمی‌گذرد که دیگر بارندگی‌ها نیز نتواند در این روند رو به کاهش مؤثر بوده و منطقه دچار بحران عظیمی خواهد شد.

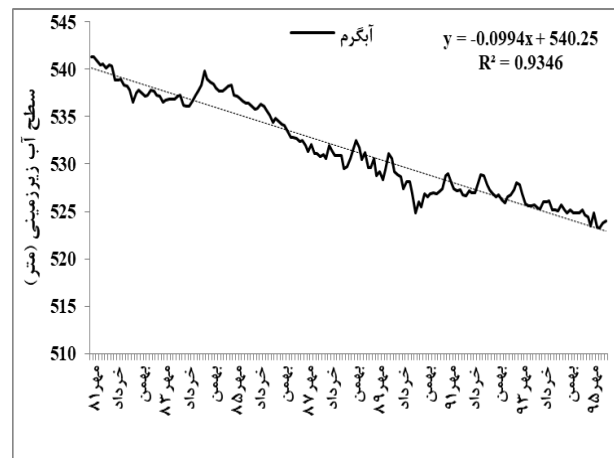
گرفتن در مسیر حرکت آب زیرزمینی در منطقه باشد. در خوشه ۳ این همبستگی با نوسانات پیرومتر کنارصندل به میزان  $0/32$  با شاخص SPI در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه به دست آمد. شاید یکی از دلایل افزایش مقیاس زمانی فاصله چاه منتخب از تغذیه کوه‌های اطراف باشد. همچنین وجود یک گسل که دقیقاً از وسط دشت جیرفت عبور می‌کند و بر روی میزان نفوذ بارندگی‌ها تأثیر مستقیم می‌گذارد منجر به پراکندگی و همبستگی پایین شده است. در خوشه ۴ ماکزیمم همبستگی بین نوسانات پیرومتر چهره آباد با شاخص SPI با مقیاس زمانی ۳۶ ماهه به میزان  $0/48$  به دست آمد.

### نتیجه‌گیری

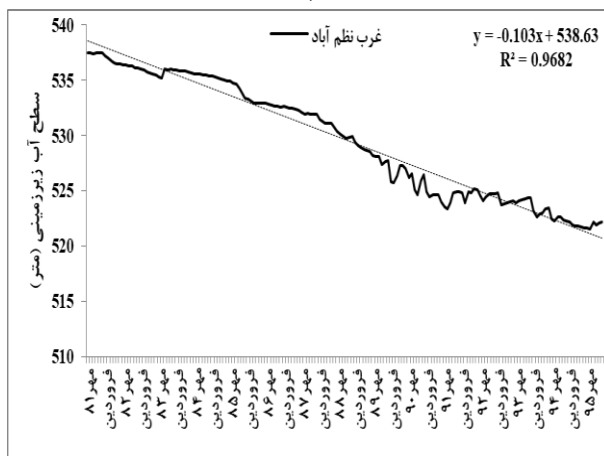
نتایج بررسی سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت نشان می‌دهد که اثرات بارندگی بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی حائز اهمیت می‌باشند به‌طوری‌که همبستگی پیرومتر بین بارندگی و نوسانات سطح آب زیرزمینی همبستگی بالایی دارد. همچنین برای یافتن اثرات خشک‌سالی و ترسالی روی سطح آب زیرزمینی از شاخص SPI استفاده شد. نتایج این تحلیل به‌صورت سری زمانی متوالی نشان داد که، SPI با مقیاس زمانی بلندمدت ۷ ماهه از همبستگی بیشتری ( $0/35$ ) با سطح آب زیرزمینی



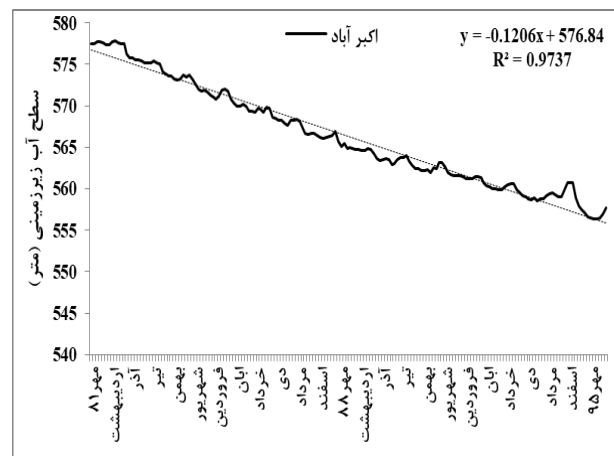
(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل (۹): تغییرات افت سطح آب زیرزمینی در پیزومتر الف: آبگرم، ب: کشتارگاه، پ: اکبرآباد، ت: غرب نظم آباد

جدول (۳): همبستگی بین نوسانات سطح آب زیرزمینی با بارندگی و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف در خوشه‌های منتخب

خوشه منتخب	نام پیزومتر	ضریب همبستگی با شاخص	مقیاس زمانی	همبستگی با بارندگی
خوشه ۱	کلرود	۰/۱۷	SPI <sub>6</sub>	۰/۵۱
خوشه ۲	ساغری	۰/۲۴	SPI <sub>7</sub>	۰/۳۷
خوشه ۳	کنارصندل	۰/۳۲	SPI <sub>24</sub>	۰/۳۸
خوشه ۴	چهره آباد	۰/۴۸	SPI <sub>36</sub>	۰/۵۵

### تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه جیرفت و مدیریت پژوهشی دانشگاه که در انجام این طرح پژوهشی به شماره قرارداد ۶-۹۷-۲۸۳۰ همکاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

### منابع

Alizadeh, A. 2006. The principles applied hydrology. Mashhad: University of Imam Reza. 808 pages.



- Ansari, H., and Naderianfar, M. 2012. Evaluating the groundwater fluctuations with fuzzy Standardized Evapotranspiration Index (SEPI). *Water and Irrigation Management*. 2: 1. 41-54.
- Azizi, G. H. 2003. Relationship between recent drought and groundwater resources in Qazvin plain. *Geographical Research*. No. 46. Page 143-131.
- Celik, R. 2015. Temporal changes in the groundwater level in the Upper Tigris Basin, Turkey, determined by a GIS technique, *Journal of African Earth Sciences*, 107, PP. 134-143.
- Edwards, D. C. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales (No. AFIT-97-051). AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH.
- Guttman, N. B. 1998. Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 113-121.
- Hayes, M. J., Svoboda, M. D. Wihite, D. A. & Vanyarkho, O. V. 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American meteorological society*, 80(3), 429-438.
- Hosseini, A., Farajzadeh, M. Velayati, S. 2005. Neyshabur Water Crisis Analysis with Environmental Planning Approach. Research Committee of Khorasan Regional Water Company.
- Hossein Mormad, M., Shamsipour, A. S. 2003. Impact of Recent Droughts on Groundwater Resources Requirement of North Hamedan Plains. *Geographical Research*. No. 45. Page 130-115.
- Izadi, A., Davari, K. Alizadeh, A. and Ghahreman, B. 2008. Application of Panel Data Model in Predicting Groundwater Level. *Journal of Irrigation and Drainage*, Volume 2, Number 2.
- Ji, L., & Peters, A. J. 2003. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. *Remote Sensing of Environment*, 87(1), 85-98.
- Khan, S., Gabriel, H. F. & Rana, T. 2008. Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. *Irrigation and Drainage Systems*, 22(2), 159-177.
- Khoshhal, J., Ghayoor, H. A. Moradi, M. 2013. A Surveying the Impact of Groundwater Drought in Dehgolan Basin, Kurdistan Province. *Journal of Natural Geography Researches* 79, 19-36.
- Kordovani, P. 2001. Drought and ways of coping with in Iran. Tehran: University of Tehran. 392 pages.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S. M. López-Moreno, J. I. Beguería, S. García-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). *Journal of Hydrology*, 386(1-4), 13-26.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183). Boston, MA: American Meteorological Society.
- McKee, T. B. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. In *Proceedings of 9th Conference on Applied Climatology*, Boston, 1995.
- Mohammadi, S., Naseri, F. Nazari pour, H. 2018. Investigation of temporal variations and the effect of meteorological drought on groundwater resources of Kerman plain using standard precipitation indices (SPI) and groundwater resources (GRI). *Journal of Ecohydrology*. 5: 1. 11-22.
- Naderianfar, M., Ansari, H. Ziaie, A. N. 2010. The study of changes of qualitative and quantitative parameters of ground water resources under different climate conditions. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- NDMC. 2007. National drought mitigation center university of Nebraska, Lincoln, USA, Online <http://www.drought.unl.edu/> accessed Jan 2008
- Panda, D. K., Mishra, A. Jena, 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(3-4), 140-153.
- Shahid, S., & Hazarika, M. K. 2010. Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh. *Water resources management*, 24(10), 1989-2006.



Shamsipour, A.S., Habibi, K. 2003. Evaluation of Drought Impacts on Groundwater Resources (Case Study: Hamadan Plain).

Szalai, S., Szinell, C. S. & Zoboki, J. 2000. Drought monitoring in Hungary. Early warning systems for drought preparedness and drought management, 57, 182-199.

Umran Komuscu, A. 1999. Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey. Drought Network News (1994-2001), 49.

Vicente-Serrano, S. M., & López-Moreno, J. I. 2005. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin.

Wilhite, D. A. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions.

Zahedi, A. 2005. Effects of drought on water Quantity and quality of water resources in Behshahr city. Dissertation for Master's Degree. Shahid Beheshti University of Tehran.





## Investigating the Groundwater Fluctuations Level in Basin of Halil River, Jiroft

Mohammad Naderianfar<sup>1</sup>, Arsalan Faryabi<sup>۲</sup>, Shapour Kouhestani<sup>۳</sup>, Maryam Safavi Gardini<sup>4</sup>

### Abstract

Jiroft Plain with arid and semi-arid climate is one of the plains that experienced a significant increase in groundwater depletion in recent years. In the present study, to investigate the effects of precipitation and climatic conditions on the fluctuations of groundwater level, precipitation data of 6 rain-gage and evaporation stations during 1992-2014 were used and the average amount of precipitation of plain was calculated by Thiessen polygon method using Chirps satellite data. The results of the Pearson correlation between precipitation and level of groundwater showed a correlation of 0.23. However, the Standardized Precipitation Index was used to find the effects of drought and wet periods on the groundwater level. The results of consecutive time series analysis showed that SPI<sub>7</sub> with 7 months long term scale has more correlation (0.35) with the groundwater level of plain. Evaluation of the hydrographic data of Jiroft plain in the statistical period of 2003-2014 showed that during this period, the groundwater level dropped by 8.65 meters and the average annual decrease is 0.61 meters. Also, the results of zoning maps using the Kriging method over 5-year intervals showed that the groundwater level decrease in the south and central parts of the plain had more drop. Then, using Ward analysis, Jiroft plain was divided into four clusters, which for cluster 1 Kalroud piezometer, for cluster 2 Saghari piezometer, for cluster 3, Konarsandal piezometer and Finally for cluster 4, Chehre Abad piezometer were selected. The correlation of average precipitation in each cluster with groundwater level fluctuations with the selected piezometers of that cluster were 0.51, 0.37, 0.38 and 0.55 for Kalroud, Saghari, Konarsandal and Chehre Abad respectively. Due to the sharp annual decline and over-depletion of the plain, if serious and effective action is not taken in this regard, this plain will not only by exacerbate environmental consequences but also will face economic and social problems in the future.

**Keywords:** Groundwater, SPI Index, Jiroft, Drought

---

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, IRAN.09134488582. Corresponding author's Email: Naderian.mohamad@ujiroft.ac.ir

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, IRAN

<sup>3</sup> Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of jiroft IRAN

<sup>4</sup> Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, IRAN



## Investigating the Groundwater Fluctuations Level in Basin of Halil River, Jiroft

Mohammad Naderianfar<sup>1</sup>, Arsalan Faryabi<sup>۲</sup>, Shapour Kouhestani<sup>۳</sup>, Maryam Safavi Gardini<sup>4</sup>

### Introduction:

Groundwater resources are one of the most significant and cheapest water resources. Proper knowledge about them and using them systematically is significantly influential on the sustainable development of social and economic operations in a region, especially in arid and semi-arid regions. Groundwater depletion (a term often defined as long-term water-level declines) and its consequences are considered one of the current problems in the country. In the present study, we investigate the groundwater resources of Jiroft plain. The decrease in precipitation and the improper actions of consumers have resulted in groundwater depletion in Jiroft plain. This study uses precipitation delay and its correlation with groundwater level to find the drought relationship. Due to the constant and continuous effect of precipitation on the groundwater level, it is not desirable to examine the precipitation data monthly and separately. However, in SPI (The Standard Precipitation Index), we can use monthly or even yearly scales to study the effect of consecutive periods on the groundwater level.

On the other hand, precipitation data are scalars that are examined separately, while in SPI, precipitation occurrence is evaluated based on the normal condition of the region. Moreover, these changes in procedures affect the groundwater level. Therefore, since we can calculate SPI in time and place scale, in the present study, we use it to analyze the effects of different climates (wet periods and droughts) on groundwater level fluctuations in Jiroft plain.

### Methodology:

In the present study, we used the Thiessen method to measure the average precipitation in the plain. In addition to the Thiessen method, we used CHIRPS (Climate Hazards Group Infra-Red Precipitation with Station data) to verify the data's accuracy. Also, we used statistics and information from Jiroft plain's piezometer to draw the hydrograph of the groundwater level, employing the Thiessen method. Then, the correlation between groundwater level fluctuations and SPI in different time scales was obtained.

In this study, we first classified the selected piezometers in the plain surface using cluster analysis to find each cluster representative to investigate the effects of climatic parameters on groundwater level fluctuations in different areas of the plain. In the next step, we calculate the average precipitation in each cluster, and their relationship with the groundwater level fluctuations in the selected piezometer of each cluster will be obtained.

---

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, IRAN.09134488582. Corresponding author's Email: Naderian.mohamad@ujiroft.ac.ir

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, IRAN

<sup>3</sup> Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of jiroft IRAN

<sup>۴</sup> Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, IRAN



### Discussion and Conclusion:

Droughts are the leading cause of groundwater depletion in Jiroft plain, but not the only one. Poor harvesting and hydraulic gradient are other factors. Therefore, climatic droughts have no effect on groundwater level over the short run, but over the long run, they cause depletion. The increase in droughts, especially in recent years, has led to increased groundwater abstraction and the severity of groundwater depletion. In the last ten years, the groundwater level of the plain has decreased by more than 8 meters. Moreover, the results of the groundwater depletion showed that the central and southern parts of the plain had more depletion than the other areas.

It is recommended to increase the efficiency of irrigation systems with watershed management methods (artificial recharge and seals) to reduce groundwater abstraction. Because, with the present rate of groundwater depletion, it will not be long before the time that even precipitation is no longer effective in this declining trend, and the region will face a massive crisis.

### The most important references:

- Ansari, H., and Naderianfar, M. 2012. Evaluating the groundwater fluctuations with fuzzy Standardized Evapoprecipitation Index (SEPI). *Water and Irrigation Management*, 2: 1. 41-54.
- Khan, S., Gabriel, H. F. & Rana, T. 2008. Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. *Irrigation and Drainage Systems*, 22(2), 159-177.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S. M. López-Moreno, J. I. Beguería, S. García-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). *Journal of Hydrology*, 386(1-4), 13-26.
- Naderianfar, M., Ansari, H. Ziaie, A. N. 2010. The study of changes of qualitative and quantitative parameters of ground water resources under different climate conditions. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- Vicente-Serrano, S. M., & López-Moreno, J. I. 2005. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin.