

## بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف

محمد نادریان فر

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

حسین انصاری

استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

علی نقی ضیائی

استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

کامران داوری

دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۱۵

### چکیده

دشت نیشابور با اقلیم خشک و نیمه خشک یکی از دشتهایی است که با افزایش برداشت چشمگیر آب زیرزمینی در سالهای اخیر روبرو بوده است به طوری که در ۵ سال اخیر بیش از ۴ متر افت داشته است. در نتیجه نقش عوامل مدیریتی در این دشت حائز اهمیت می باشد. در این مقاله برای یافتن اثرات بارندگی و شرایط اقلیمی بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی از داده های بارندگی ۲۲ ایستگاه بارن سنجی و تبخیر سنجی در طول دوره ۸۵ ۱۳۵۲ استفاده شد و با روش IDW مقدار متوسط بارندگی دشت محاسبه گردید. با توجه به آزمونهای من کندانال، والدولفویتز و کمترین مربعات مشخص شد که شیب سطح آب زیرزمینی دشت در دوره ۱۳۷۲-۱۳۸۵ دارای روند مثبت است و در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد به همین دلیل برای یافتن همبستگی بارندگی ها بر روی سطح آب زیرزمینی دشت ابتدا روند از سطح آب زیرزمینی به روش تفاضل گیری و برون یابی منحنی روند حذف گردید. نتایج همبستگی پیرسون بین بارش و سطح آب زیرزمینی نشان داد که بارندگی ها با یک تاخیر ۱۰ ماهه ( $R=0.539$ ) بیشترین تاثیر را روی سطح آب زیرزمینی دشت خواهد داشت. اما برای یافتن اثرات خشکسالی و تر سالی روی سطح آب زیرزمینی از شاخص SPI استفاده شد. نتایج تحلیل ها به صورت سری زمانی متوالی نشان داد که SPI با مقیاس زمانی بلند مدت ۴۲ ماهه از همبستگی بیشتری ( $R^2=0.519$ ) با سطح آب زیرزمینی دشت برخوردار است. همچنین نتایج تحلیل های فصلی سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در گام های زمانی و تاخیرهای مختلف نشان داد که بارندگیهای زمستان با SPI با مقیاس زمانی ۳۰ ماهه و در ۴ فصل تاخیر بیشترین تاثیر ( $R^2=0.62$ ) روی سطح آب زیرزمینی خواهند داشت.

**کلمات کلیدی:** بارندگی، شاخص SPI، سطح آب زیرزمینی، برون یابی روند.

### مقدمه

و اقتصادی یک منطقه، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، نقش بسزایی داشته باشد. عدم شناخت صحیح و بهره برداری بی رویه از این منابع خسارت جبران ناپذیری مانند افت شدید و غیرقابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاهها و قنات، تغییرات الگوی جریان آب

منابع آبهای زیرزمینی یکی از مهمترین و ارزانتترین منابع آب به شمار می روند که شناخت صحیح و بهره برداری اصولی از آنها میتواند در توسعه پایدار فعالیتهای اجتماعی

خشک است و در نهایت به صورت یک عدد نمایش داده می شود، میتوان تصویر جامعی از همه این عوامل را فراهم کرده و از آن برای ارزیابی دوره های خشک و تصمیم گیری درباره آن استفاده کرد که به مراتب مفیدتر و ساده تر از ردیفهای متعددی از داده های متنوع مرتبط با خشکی است.

امروزه تحقیقات مختلفی روی آبهای سطحی و زیرزمینی انجام شده است تا شناختی اصولی تر و مدیریت منابع آب حاصل گردد. دلیپ و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی برای شناختن و یافتن روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در منطقه Orissa هند و تاثیر خشکسالی و دخالت بشر از روشهای آماری ناپارامتری من کندانال 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. در قبل از فصل مانسون روند تغییرات نشان داد که ۵۹٪ از ایستگاههای ناظر با تجربه افت آبهای زیرزمینی روبرو بوده است و در مقابل ۵۱٪ پس از فصل مانسون برای منطقه مورد مطالعه به عنوان یک کل تغییرات داشته است. شهید و هازریکا (۲۰۰۹) تاثیر خشکسالی بر آب زیرزمینی در شمال غربی منطقه بنگلادش را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آنها نشان داد که کاهش سطح آب زیرزمینی در ۴۲ درصد از این منطقه هر ساله پدیدار است. تحلیل هیدروگراف سطح آب زیرزمینی و سری زمانی بارندگی نشان داد که افزایش برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری در فصلهای خشک و بازگشت خشکسالیها از عوامل افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه می باشد و اگر مداخله بشر در سیستم آب زیرزمینی وجود نمی داشت یکی از عوامل خشکسالی آب زیرزمینی به طور عمده مربوط به کاهش بارندگیها بود. سرانو و مورنا (۲۰۰۵) 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 بلند مدت (بیشتر از ۱۲ ماه) نمی تواند برای تعیین خشکسالی در این منطقه مفید باشد و به طور کلی تغییرات جریانهای سطحی با مقیاس زمانی کوتاه مدت SPI و منابع آب زیرزمینی پاسخ مقیاس زمانی بلند مدت (۴ تا ۱۰ ماه) قابل تبیین می باشد. پیترز و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که کمبود پخش بارندگی

زیرزمینی مانند پیشروی جبهه های آب شور و تداخل آبهای شور 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 می توان از آن در برنامه ریزی تأمین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت منابع آب استفاده نمود (ایزدی و همکاران، ۱۳۸۷). بدین منظور یافتن اثرات بارندگی و بررسی تغییرات آن بر روی سطح آب زیرزمینی ضروری است (خان و همکاران، ۲۰۰۸). از منابع مهم تغذیه زیرزمینی، آب رودها هستند که با کاهش حجم آب و بارندگی یا خشک شدن آب رودها بر اثر خشکسالی، این منبع تغذیه آب های زیرزمینی منطقه نیز کاهش می یابد یا به کلی قطع می شود همچنین بر اثر خشکسالی آب مخازن سدها کاهش می یابد، آب چشمه ها کم و یا به طور کلی خشک می شود که اثر نامطلوبی بر سفره های آب زیرزمینی منطقه تحت تاثیر خود می گذارد. با پایین رفتن سطح آب زیرزمینی در نواحی خشک، علاوه بر پیشروی بیابان (نابود شدن گیاهان طبیعی) آب شور در چاههای آب شیرین پیشروی می کند و آبیاری زیاد با آب شور سرانجام به کویری شدن آن زمین خواهد انجامید (کردوانی، ۱۳۸۰). خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشکسالی (drought) غالباً بعنوان یک پدیده خزننده توصیف می شود و توصیف زمانی و مکانی آن بسیار مشکل است (علیزاده، ۱۳۸۵). هم چنین به دلیل پیچیدگی زیاد این پدیده، فهم آن در مقایسه با دیگر بلایای طبیعی مشکل تر بوده و بخشهای بیشتری را تحت تاثیر خود قرار می دهد. هدف یک شاخص خشکسالی، تعیین ساده و کمی سه ویژگی یعنی شدت، تداوم و گستردگی مکانی آن است. یک شاخص خشکسالی همچنین قادر به پایش سابقه تاریخی یک حادثه بوده تا امکان مقایسه شرایط موجود با گذشته وجود داشته باشد. از طرف دیگر آنجا که دوره های خشک ممکن است در اثر کمبود باران و کاهش پوشش برف، تقلیل جریان های سطحی و رطوبت خاک و دیگر عوامل متأثر از آن و یا حتی براساس ترکیبی از این عوامل بیان شود، لذا توصیف آن ها از نظر کمی و کیفی طیف وسیعی از داده ها را شامل می شود. با ارائه یک شاخص که در واقع تابعی از عوامل مختلف محیطی و عوامل متأثر از دوره های

قرار می‌گیرد و آنچه بر تغییرات سطح آب زیرزمینی موثر است همین تغییر روندهاست به همین علت در مطالعه حاضر از شاخص SPI که قابلیت محاسبه در زمان و مکان را دارا است (هیز و همکاران، ۱۹۹۹) برای تحلیل اثرات اقلیمی مختلف (ترسالی و خشکسالی‌ها) بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور استفاده می‌شود.

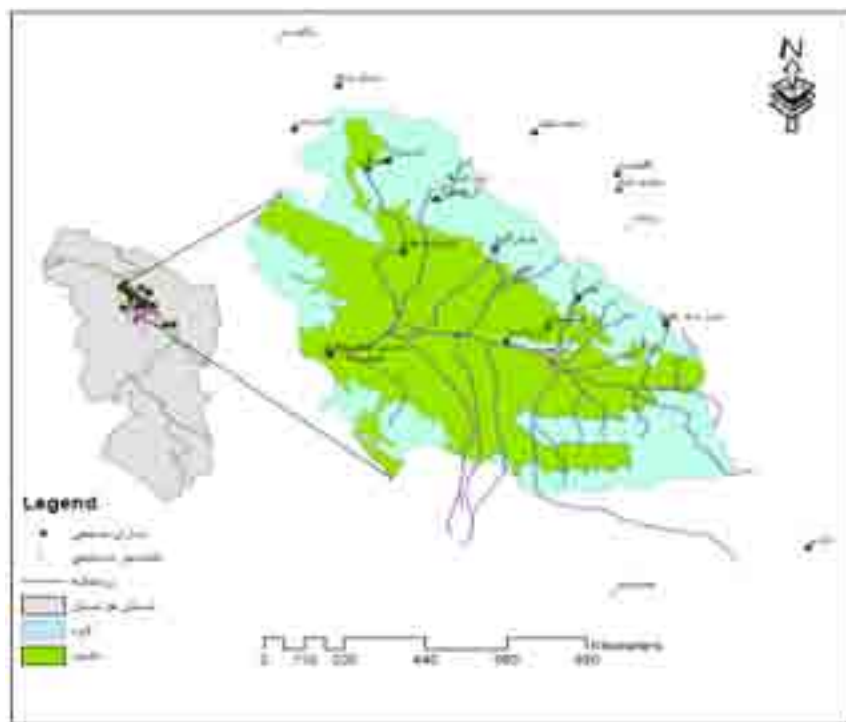
## مواد و روشها

### منطقه مورد مطالعه

دشت نیشابور جزئی از حوضه آبریز کالشور نیشابور می‌باشد که در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود و در شمال شرق کویر مرکزی واقع شده است و دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد. این حوضه در طول جغرافیایی  $17^{\circ} 57'$  تا  $30^{\circ} 59'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ} 39'$  تا  $36^{\circ}$  شمالی واقع شده و از شمال به خط‌الراس ارتفاعات بینالود، از شرق به بلندی‌های لیلجوق و یال پلنگ، از جنوب به تپه ماهوارهای نیزه‌بند، سیاه‌کوه و کوه نمک و از غرب به حوضه آبریز دشت سبزواری محدود شده است (ولایتی و توسلی، ۱۳۷۰). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. وسعت کل حوضه  $7350$  کیلومتر مربع است که  $3160$  کیلومتر مربع آن را ارتفاعات ( $43\%$ ) و  $4190$  کیلومتر مربع را دشت ( $57\%$ ) تشکیل می‌دهد. بلندترین نقطه منطقه در ارتفاعات بینالود واقع در شمال شرقی دشت بوده که از سطح دریا  $3300$  متر ارتفاع دارد، دشت در این محدوده (ارتفاعات بینالود) دارای بافت آبرفتی و تحت تأثیر تغذیه سطحی و زیرزمینی مناسبی قرار دارد اما در نیمه جنوبی و غربی، دشت دارای بافت دانه ریز آبرفتی و وجود سازندهای دانه ریز مارنی و سایر رسوبات تبخیری می‌باشد که باعث شده، آبرفت از نظر دانه‌بندی وضعیت مطلوبی نداشته باشد. پایین‌ترین نقطه در محل خروجی دشت (حسین‌آبادجنگل) واقع در قسمت غربی دشت قرار دارد که حدود  $1050$  متر از سطح دریا بلندتر است (ولایتی و توسلی، ۱۳۷۰). دشت نیشابور در سال‌های اخیر به علت برداشت زیاد از آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی با مشکل افت شدید سطح آب زیرزمینی مواجه شده است. به طوریکه از سال  $1365$  به بعد وزارت نیرو دشت فوق را به عنوان دشت ممنوعه اعلام نموده است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۴).

در سراسر سیستم هیدرولوژیکی باعث می‌شود که خشکسالی در بخش‌های مختلف سیستم هیدرولوژیکی (منطقه غیر اشباع، آب زیرزمینی‌اشباع، آب‌سطحی) رخ دهد. همچنین خشکسالیهای هواشناسی باعث کاهش سطح آب زیرزمینی شده و تعداد خشکسالیها علت جابجایی توزیع خشکسالیها می‌باشد. خان و همکاران (۲۰۰۸) 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 بوسیله آن می‌توان الگوی خشکسالیهای اصلی در استرالیا را تعیین کرد. در ایران نیز مطالعاتی بر روی ارتباط خشکسالی با آبهای سطحی و زیرزمینی انجام شده است که از آن جمله به مطالعات (عزیزی، ۱۳۸۲. حسینمرادی و شمسی پور، ۱۳۸۲. شمسی پور و حبیبی، ۱۳۸۲. زاهدی، ۱۳۸۴) اشاره کرد. حمیدیان پور (۱۳۸۴) نیز به تحلیل دوره‌های خشکسالی دشت مشهد و میزان تاثیر آن بر منابع آب پرداخته است. نتایج حاکی از آن است که خشکسالی باعث تشدید افت آب‌های زیرزمینی و سطحی شده اما به تنهایی عامل بحران آب و کاهش آبهای زیرزمینی نمی‌باشد بلکه بهره برداری بی‌رویه از منابع آب، تخریب پوشش گیاهی، توسعه بی‌رویه بدون توجه به ظرفیتهای اقلیمی منطقه و آمایش سرزمین از جمله عوامل مهم افت آبهای زیرزمینی نیز می‌باشد و همچنین شدت و فراوانی و وقوع خشکسالی‌ها در حال افزایش است و اثرات نامطلوب بر منابع منطقه بالخصوص منابع آب خواهد داشت.

در این مطالعه برای یافتن ارتباط خشکسالی از تاخیر بارندگی و بدست آوردن همبستگی آن با سطح آب آبخانه استفاده می‌گردد و بدلیل تاثیر پیوسته و مداوم بارندگی بر روی سطح آب زیرزمینی و بررسی داده‌های بارندگی بصورت ماهانه و داده‌های مجزا چندان مطلوب نمی‌باشد، درحالیکه در شاخص SPI می‌توان از مقیاس‌های یک ماهه 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 صورتیکه در شاخص SPI، وضعیت وقوع بارندگی‌ها نسبت به شرایط نرمال منطقه مورد ارزیابی



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

که در آن:  $Z_{x_0}$ : مقدار تخمینی متغیر  $Z$  در نقطه  
 $X_0$ : مقدار نمونه در نقطه  $X_i$   $d_i$ : فاصله نقطه  
 نمونه تا نقطه مورد تخمین.  $\alpha$ : ضریبی که وزن را بر  
 اساس فاصله تعیین می‌کند که در این مطالعه ۲ در نظر  
 گرفته شد.

#### پایش خشکسالی

برای بررسی شرایط دوره‌های خشک و بررسی روند  
 تغییرات طولانی مدت و تاثیر 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. مک کی (مکی و همکاران، ۱۹۹۳)، یکی از  
 محققین دانشگاه ایالتی کلرادو امریکا، پیشنهاد گردید. این  
 شاخص در حقیقت یک ابزار قوی برای آنالیز داده های  
 بارندگی می باشد و مشخصه اصلی آن، انعطاف پذیری در  
 اندازه گیری خشکسالی در مقیاسهای زمانی گوناگون می  
 باشد. این شاخص بصورت زیر قابل محاسبه است:

(۲)

$$SPI = \frac{X_{ik} - \bar{X}_i}{\sigma_i}$$

#### داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

##### لایه اطلاعات بارندگی حوزه

آمار و اطلاعات مورد استفاده برای محاسبه بارندگی  
 متوسط ماهانه و سالانه دشت نیشابور از اطلاعات  
 ایستگاههای باران سنجی و تبخیرسنجی (شکل ۱) در طول  
 دوره آماری ۸۵ ۱۳۵۲ مورد استفاده قرار گرفت. برای  
 محاسبه بارندگی متوسط دشت از روش میان‌یابی IDW  
 که یکی از معمولترین تکنیک‌های درون‌یابی نقاط پراکنده  
 در مکان می‌باشد استفاده شده است. اساس روش مذکور  
 بر این فرضیه استوار است که در یک سطح درون‌یابی اثر  
 یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نبوده و نقاط نزدیک  
 بیشتر و نقاط دور کمتر تحت تاثیر قرار گرفته و هر چه  
 فاصله از مبدا افزایش یابد اثر پارامتر کمتر می‌شود. برای  
 انجام این امر از نرم‌افزار ARCGIS بر اساس معادله ذیل  
 استفاده شد.

$$Z_{x_0} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{x_i} d_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-\alpha}} \quad (1)$$

این مقادیر، مقدار SPI را برای هر داده بارندگی محاسبه می‌کند. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که شاخص SPI دارای مزیت‌های بیشتری نسبت به شاخص پالم (PDSI) می‌باشد که از آن می‌توان به پایداری مکانی و انعطاف پذیری زمانی آن اشاره نمود (گیوتمن، ۱۹۹۸. جی و پیترز، ۲۰۰۳). به طور کلی مطالعات مختلف نشان می‌دهد که شاخص SPI در بیان کیفیت انواع خشکسالی‌های متفاوت قابل استفاده می‌باشد (ادوارد و مک کی، ۱۹۹۷. هیز و همکاران، ۱۹۹۹. کوموزکو، ۱۹۹۹. وایت و همکاران، ۲۰۰۰).

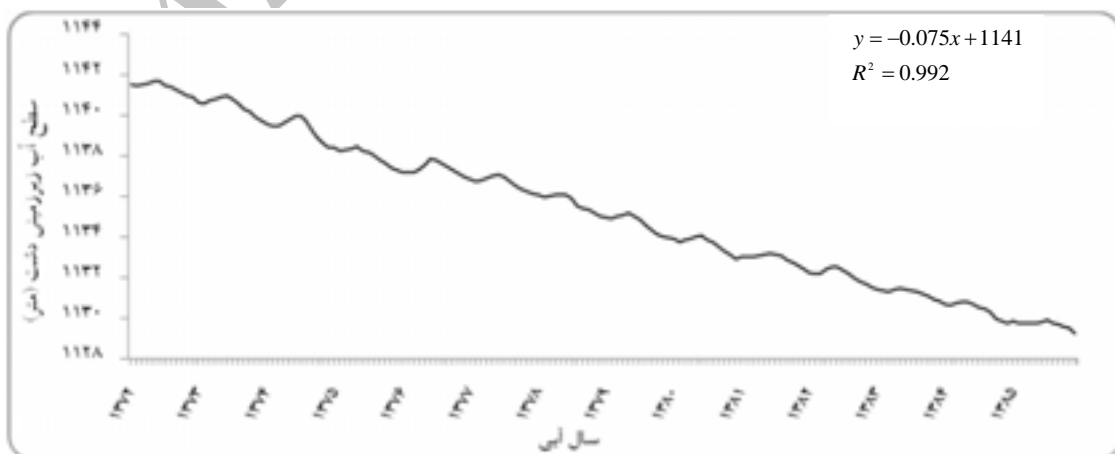
### اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی دشت

#### نیشابور

شکل ۲ هیدروگراف سطح آب زیرزمینی دشت را در دوره آماری ۸۵ ۱۳۷۲ نشان می‌دهد. در این دوره متوسط سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور به اندازه ۱۲/۲۳ متر افت داشته و میزان متوسط افت سالانه ۰/۸۷ متر می‌باشد. تغییر شیب سطح آب در دو سری زمانی متوالی حاکی از تغییر شبکه تیسن در سال ۱۳۷۵ می‌باشد، برای حذف اثر تغییر شبکه تیسن مقدار بدست آمده از کل سری‌های زمانی سطح آب زیرزمینی در سال‌های قبل از تغییر شبکه تیسن کم گردید. سپس برای بررسی روند سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور در مقیاس ماهانه از سه آزمون من کندال، والدولفوویتز و کمترین مربعات استفاده شد.

که در آن،  $\delta_i$ : انحراف از معیار داده‌های  $i$  امین ایستگاه،  $X_{ik}$ : مقادیر بارندگی برای  $i$  امین ایستگاه و  $k$  امین مشاهده، و  $\bar{X}_i$ : 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 بعنوان یک شاخص کمی و کاربردی برای مقیاسهای زمانی متفاوت مطرح است، می‌توان پارامترهای فوق را محاسبه کرد (مک کی و همکاران، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۵). 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، ۱۸، ۲۴، 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 هر ماه یک مقدار جدیدی را با توجه به مقادیر  $i$  ماه قبل بدست 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 سربهای زمانی طولانی مدت داده‌های بارندگی را توصیف نمود). هنگامی که رابطه احتمال داده‌های بارندگی موجود بدست آمد، احتمال نقطه‌ای هر یک از داده‌های بارندگی مشاهده شده، 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.



شکل ۴. هیدروگراف واحد سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور در طول دوره آماری ۸۵ ۱۳۷۲

## ایستاسازی (تفاضل گیری)

برای بررسی ایستایی از آزمون تعمیم یافته دیکه فولر (ADF) استفاده شد. در این روش آماره آزمون ADF یا در واقع همان  $t$  محاسبه شده متغیر تاخیری مورد نظر با مقادیر بحرانی مکینون (Mackinnon Critical Values) مقایسه می نماییم. اگر مقدار  $t$  بدست آمده کوچکتر از مقادیر بحرانی باشد متغیر مورد نظر ایستا است. نتایج این آزمون در جدول ۱ ارائه گردیده است.

## برون یابی روند

در این روش با استفاده از رگرسیون کمترین مربعات یک خط روند به داده‌ها برازش می‌یابد، سپس در مدل ضربی با تقسیم داده‌ها بر عامل روند و در مدل جمعی با تفریق

## نتایج:

آزمونهای روند بر روی سطح آب زیرزمینی دشت نتایج آزمونهای پارامتری من کندال، والدولفوویتز و پارامتری کمترین مربعات نشان می‌دهد که در کلیه ماهها، سطح آب زیرزمینی دشت دارای روند مثبت می‌باشد و در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد (جدول ۲). به همین علت برای یافتن همبستگی بین سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI و بارندگی باید این روند از داده‌ها حذف شود. عدم قطعیت متغیرهای هیدرولوژی از جمله بارندگی و سطح آب زیرزمینی، نشان می‌دهد که سری زمانی مورد

روند از داده‌ها، داده‌ها فاقد روند می‌شوند. در ادامه با استفاده از میانگین متحرک مرکزی (با طولی برابر با طول دوره فصلی)، داده‌های فاقد روند هموار می‌شوند. پس از محاسبه میانگین متحرک، در مدل ضربی با تقسیم داده‌ها بر آن و در مدل جمعی با تفریق داده‌ها از آن، مقادیری به عنوان مقادیر فصلی خام (Raw seasonal) حاصل می‌شود. در هر پرپود فصلی، میانه مقادیر فصلی خام محاسبه شده و سپس تعدیل می‌شود. این میانه‌های تعدیل شده را شاخص‌های فصلی (Seasonal indices) می‌نامند، از این شاخص‌های فصلی برای تبدیل داده‌ها به داده‌های فصلی تعدیل شده (Seasonally adjusted data) استفاده می‌شود. نرم افزار بکار رفته برای این امر MINTAB14 می‌باشد.

مطالعه تصادفی است و برای خارج کردن روند از آن و همچنین بررسی اثرات فصلی از دو روش تفاضل گیری و برون‌یابی منحنی روند برای داده‌های سطح آب زیرزمینی دشت استفاده شد. نتایج آزمون ریشه واحد دیکه فولر (جدول ۱) نشان داد که بارندگی متوسط دشت ایستا بوده ( $4/49 > -7/9$ ) ولی داده‌های سطح آب زیرزمینی دارای روند می‌باشد. برای حذف این روند از یکبار تفاضل گیری روند از داده‌های سطح آب زیرزمینی استفاده شد و سپس نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت.

متغیر	متوسط بارندگی دشت	هیدروگراف سطح آب زیرزمینی دشت
طول وقفه	سطح	تفاضل مرتبه اول
مقدار محاسباتی	۷/۹	۸/۰۵۲۲
مقدار بحرانی	۴/۴۹	۴/۴۹
p-values	۰,۰۰۰۰	۰/۸۵۴۱

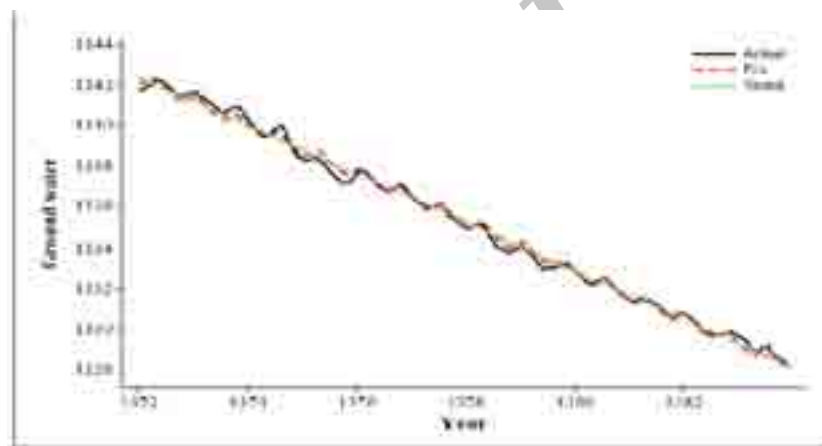
جدول ۱: نتایج آزمون ریشه واحد دیکه فولر برای متغیر بارندگی و سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور

جدول ۴ نتایج بررسی روند سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور

آزمون	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
والد ولفویتز	۲/۹۴	۲/۹۲	۲/۹۴	۲/۹۴۸	۲/۹۴۵	۲/۹۷۴	۳/۰۴۵	۳/۰۵	۳/۰۲۷	۳/۰۳۵	۳/۰۲۴	۳/۰۴۳
روند	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
کمترین مربعات	۰/۲۸	۰/۲۸۸	۰/۲۸۶	۰/۲۸۸	۰/۲۸۱	۰/۲۸۳	۰/۲۸۷	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸
روند	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
من کندال	۵/۳۵	۵/۳۴	۵/۳۵	۵/۳۵	۵/۳۵۸	۵/۳۵۸	۵/۳۵۴	۵/۳۵	۵/۳۵	۵/۳	۵/۳۳	۵/۳۵
روند	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت

معادله خط روند برازش داده شده بر داده‌های سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور برابر است با:

$$Y_t = 141.63 - 0.0748 \times t \quad (3)$$



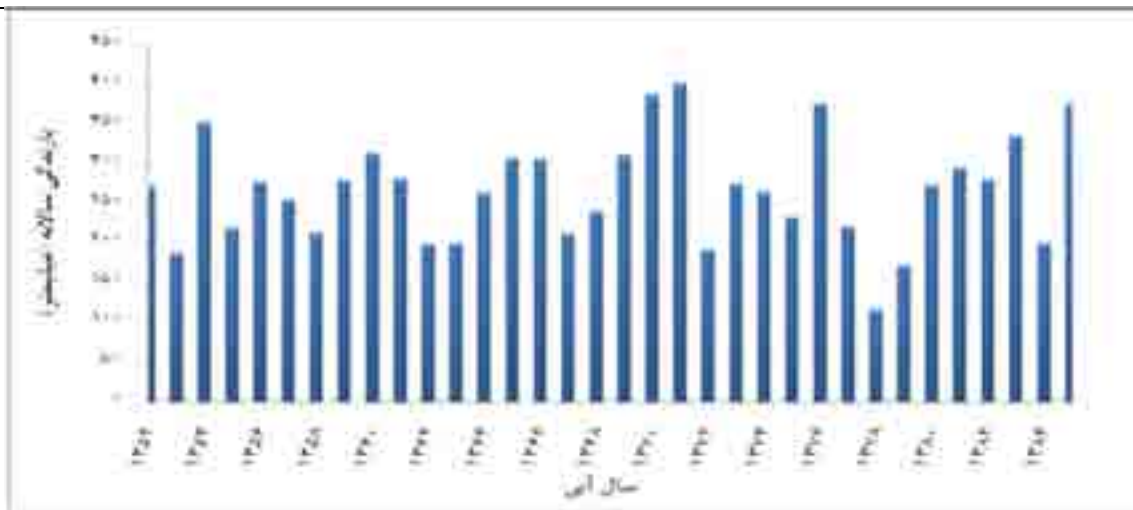
شکل ۴ معادله خط روند برازش داده شده بر داده‌های سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور

جدول ۳ نشان دهنده همبستگی بین سری زمانی ماهانه بارندگی‌های بدست آمده با روش عکس فاصله برای دشت با ایستگاههای باران سنجی و تبخیرسنجی موجود در دشت می‌باشد که برای تمام ایستگاهها این همبستگی بیشتر از ۰/۸۹ می‌باشد و در سطح ۵ درصد نیز معنی‌دار شد. این همبستگی بین متوسط بارندگی دشت با ایستگاههای مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که روش مورد استفاده برای تخمین متوسط بارندگی دارای نتایج مورد قبولی است.

رابطه بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی دشت برای محاسبه متوسط بارندگی دشت از روش عکس فاصله و با استفاده از ایستگاههای موجود در دشت و مجاور دشت برای یک دوره ۳۳ ساله به طور ماهانه استفاده شد. در شکل ۴ مقادیر بارندگی سالانه برای دوره مذکور در دشت نیشابور نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود سالهای ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ کمترین میزان بارندگی در طول دوره مذکور را داشته است که اثرات آن بر روی سطح آب زیرزمینی مشهود و در ادامه تحلیل خواهد شد.

جدول ۴ همبستگی بین میزان بارندگی ایستگاههای باران سنجی و تبخیر سنجی با متوسط بارندگی دشت

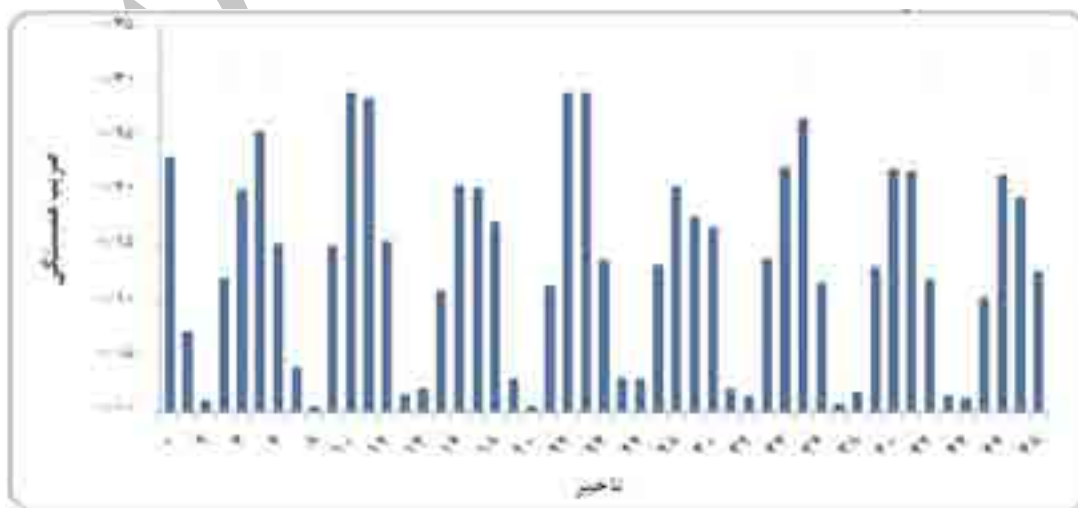
ایستگاه	اندر آب	خرو علیا	فدیسه	حسین آباد جنگل	عیش آباد	دیزباد	مارسوک	روح آباد	طاغون	کارخانه قند
R	۰/۹۰۷	۰/۹۵۵	۰/۹۶۵	۰/۸۹۳	۰/۹۰۷	۰/۹۳۹	۰/۹۳۳	۰/۹۱۳	۰/۹۵۲	۰/۸۹۵



شکل ۴ متوسط بارندگی سالانه دشت نیشابور در طول دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۸۶

(شکل ۵) نشان می دهد که بیشترین همبستگی در تاخیر ۱۰ ماه وجود دارد یعنی اثرات بارندگی ۱۰ ماه بعد در سطح آب زیرزمینی نمود پیدا می کند. اما این همبستگی در تاخیرهای ۲۲ و ۲۳ ماه دارای مقادیر ضریب همبستگی مشابهی می باشند که علت آن تاثیر ندادن مقیاس زمانی مختلف به داده های بارندگی است و این همبستگی به طور سالیانه تکرار می گردد به همین علت همانگونه که قبلا نیز اشاره شد، در این تحقیق از شاخص SPI که قابلیت محاسبه تاخیرهای زمانی مختلف را دارد استفاده کردیم.

به منظور تعیین کمی ارتباط بارش های ماهانه و تغییرات ماهانه سطح ایستابی آب های زیرزمینی دشت، ضریب همبستگی بین بارش ماهانه و تغییرات ماهانه سطح ایستابی باید محاسبه شود. برای بدست آوردن این همبستگی پس از ایستای سازی داده ها از شاخص  $Z_{score} = \frac{x - \bar{x}}{\delta}$  استفاده شد و داده ها استاندارد گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Minitab14 و روش پیرسون ضریب همبستگی محاسبه شده که برابر R=0.481 می باشد. اما نتایج حاصل از همبستگی بین



شکل ۵ ارتباط بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی در تاخیرهای مختلف



(۴)

$$Y = -0.136 + 0.003 X$$

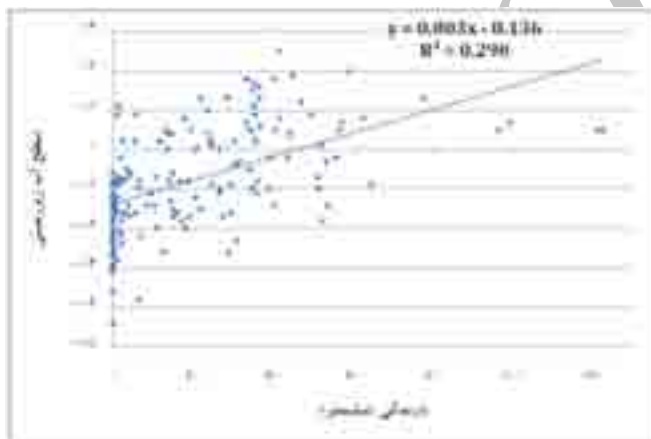
که در آن Y سطح آب زیرزمینی و X بارندگی را نشان می‌دهند.

شکل ۶ پراکندگی رابطه بین بارندگی و تاخیر ۱۰ ماهه سطح آب زیرزمینی را به نمایش گذاشته است.

همان‌گونه که در شکل ۵ نشان داده شده است با ۱۰ تاخیر در مقادیر سطح آب زیرزمینی همبستگی بین بارندگی و نوسانات سطح ایستابی از همبستگی بیشتری برخوردار می‌شوند. بهترین مدل رگرسیون با تاخیر ۱۰ ماهه عبارت است از:

جدول (۴) ضریب همبستگی و رگرسیون خطی بین تغییرات سطح ایستابی با تاخیر ۱۰ ماهه و بارندگی

Durbin Watson	Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Mode
۱/۳۶	۰/۱۰۹	۰/۲۸۶	۰/۲۹	۰/۵۳۹	۱



شکل ۶ نمودار خط رگرسیون برازش داده شده بر داده‌های سطح آب زیرزمینی با تاخیر ۱۰ ماهه و بارندگی ماهانه دشت

به افزایش سطح آب زیرزمینی در دی ماه سال ۱۳۷۵ به مقدار ۱۱۳۸/۳۷ متر می‌گردد.

#### تغییرات زمانی شاخص SPI در مقیاس های زمانی مختلف

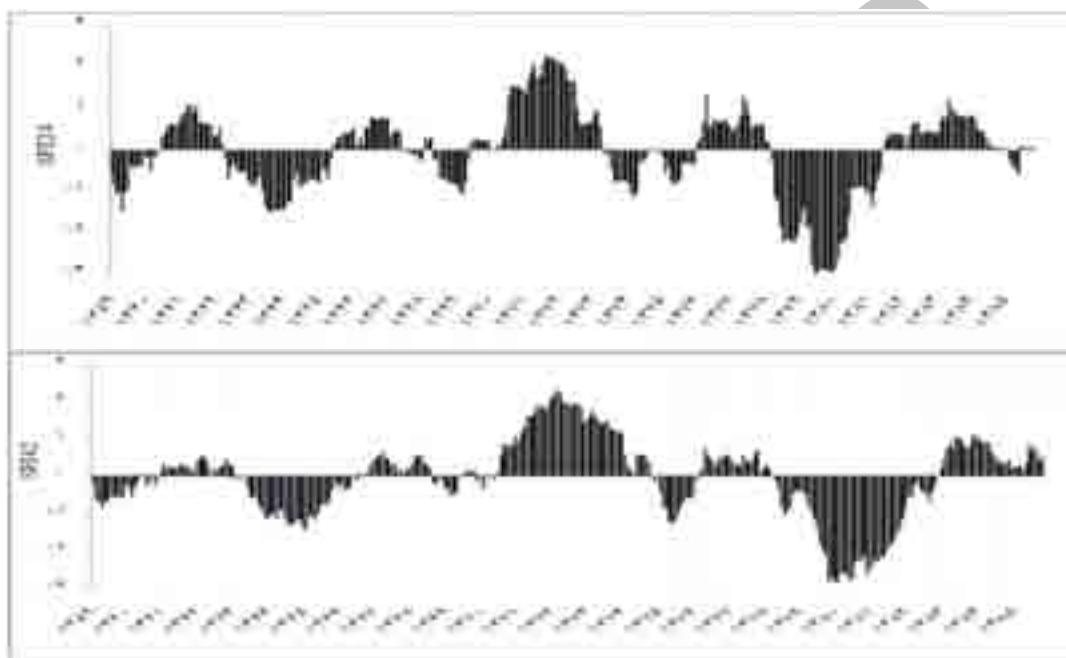
مقیاس های زمانی متفاوت شاخص SPI نیاز به تفاسیر متفاوتی دارند. به عنوان مثال، SPI با مقیاس زمانی ۱ ماهه شرایط کوتاه مدت را منعکس می‌کند و از آن می‌توان برای تغییرات رطوبت خاک استفاده کرد. SPI با مقیاس زمانی ۳ ماهه، تخمین بارندگیهای فصلی را میسر می‌سازد. SPI با مقیاس زمانی متوسط ۶ و ۹ ماهه روند الگوی بارش را تعیین می‌کند و SPI با مقیاس زمانی ۱۲ ماه الگوی بارندگی های بلند مدت را منعکس کرده و

ضریب همبستگی خطی بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی با تاخیر ۱۰ ماهه برابر ۰/۲۹ است که پراکندگی مشاهده شده در تغییرات سطح ایستابی توسط بارش را توجیه می‌کند. دلایل مختلفی برای این همبستگی پایین بین سطح آب زیرزمینی و بارندگی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

نفوذ آب ناشی از بارندگی، ذوب برفها و به عمق رسیدن به زمین با تاخیر زمانی همراه است به طوری که حداکثر های منحنی هیدروگراف دشت معمولا در ماههای آذر و دی ماه هر سال می‌باشد ولی حداکثر بارندگی دشت در بهمن و اسفند اتفاق می‌افتد که با یک تاخیری ۱۰ ماهه همراه است. به طور مثال حداکثر بارندگی متوسط دشت در ماه اسفند ۱۳۷۴ برابر ۱۲۳ میلیمتر می‌باشد که منجر

خشکسالی شدید روبرو بوده که بر تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت نیز تاثیر قابل توجهی گذاشته است. اولین خشکسالی در سالهای ۱۳۶۳، ۱۳۶۴ و ۱۳۶۵ رخ داده است که شدت آن در سال ۱۳۶۴ بیشتر بوده است و دومین خشکسالی در سال ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ و بوقوع پیوسته است که شدت آن در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ بیشتر بوده است. همچنین در سالهای ۱۳۷۱، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۳ یک تر سالی شدید در دشت نیشابور رخ داده است.

معمولا با دبی رودخانه ها، سطح مخازن و حتی سطح آب زیرزمینی رابطه دارد (NDMC، ۲۰۰۷). شکل ۷ تغییرات زمانی شاخص SPI در مقیاس های زمانی مختلف را نشان می دهد. در مقیاس های زمانی کوتاه مدت دوره های خشک ( $SPI < 0$ ) و تر ( $SPI > 0$ ) درای تناوب بسیاری هستند، درحقیقت وقتی که مقیاس زمانی زیاد می شود تناوب دوره های خشک کمتر می شود (سرانو و مورنا، ۲۰۰۵) SPI با مقیاس زمانی ۴۲ ماه نشان می دهد که در دوره آماری موضوع این تحقیق دشت نیشابور با ۲

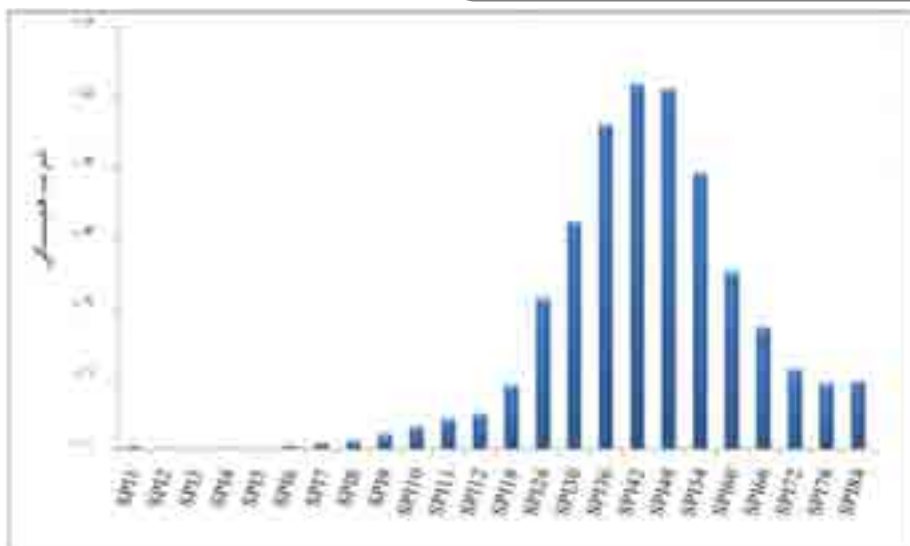


شکل ۷ تغییر شکل شاخص SPI در مقیاس های زمانی مختلف

به بالا همبستگی ها روند رو به بالایی به خود گرفته به طوریکه در SPI با مقیاس زمانی ۴۲ ماه به بیشترین همبستگی خود یعنی  $R^2 = 0/518$  می رسد. از این مقیاس به بعد همبستگی ها کاهش می یابد و از یک روند کاهشی تبعیت میکند. نتایج تاخیر های مختلف سطح آب زیرزمینی و SPI42 نشان داد که بیشترین همبستگی بین شاخص و سطح آب زیرزمینی به طور همزمان اتفاق می افتد و با تاخیر دادن سطح آب زیرزمینی این همبستگی بیشتر کاهش می یابد.

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

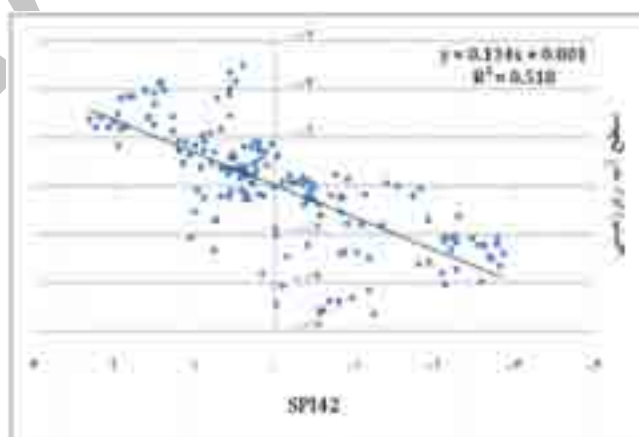
شکل ۸ نشان دهنده نتایج ضریب همبستگی ( $R^2$ ) بین شاخص SPI در مقیاس های زمانی مختلف و سری زمانی سطح آب زیرزمینی فاقد روند (Detrend) دشت می باشد. نتایج نشان می دهد که رابطه بین سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در مقیاس های زمانی کوتاه بسیار ضعیف می باشد به طوریکه تا مقیاس ۱۲ ماه این همبستگی کمتر از  $R^2 = 0/049$  می باشد. از SPI با مقیاس زمانی ۱۲ ماه



شکل ۸ همبستگی بین داده‌های متوالی اصلاح شده سطح آب زیرزمینی دشت (استاندارد شده) و شاخص SPI در مقیاس های زمانی مختلف

کاهش یافته است. همچنین خشکسالی جزئی سال ۱۳۷۵ نشان می دهد که در این سال سطح آب زیرزمینی با شدت بیشتری نسبت به خشکسالی شدیدتر سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۲ کاهش یافته است که نشان می دهد در این سال برداشت زیادی از سطح آب زیرزمینی دشت رخ داده است. پس از این خشکسالیها در سال ۱۳۸۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ دوره های خشک جای خود را به تر سالیها داده است و همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است در این دوره سطح آب زیرزمینی افزایش یافته است.

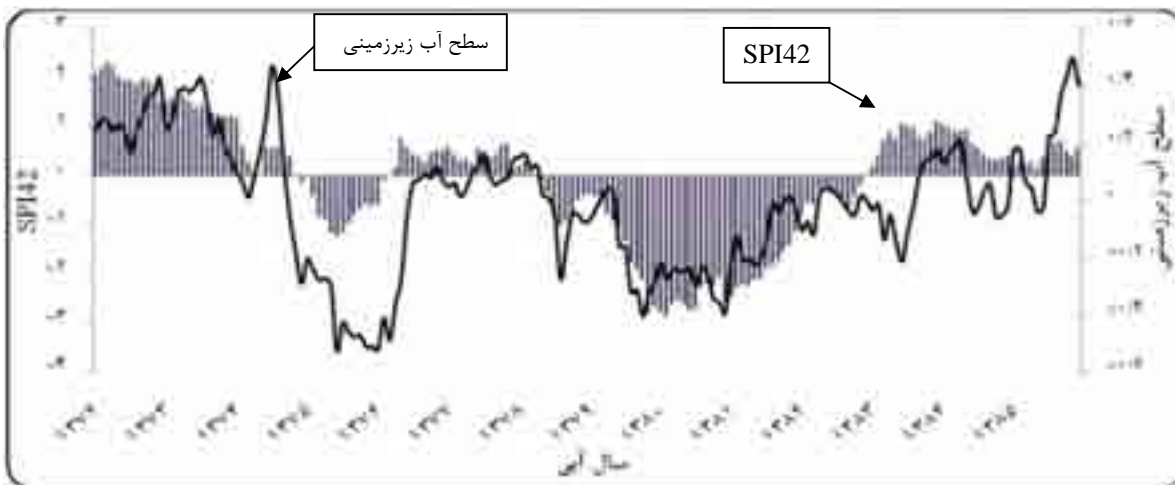
در شکل ۹ همبستگی بالای بین شاخص SPI با مقیاس زمانی ۴۲ ماه و سطح آب زیرزمینی ( $R^2 = 0.518$ ) نشان داده شده و حاکی از آن است که خشکسالی عامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور می باشد ولی به تنهایی عامل بحران نمی باشد بلکه اضافه برداشت ها از سطح آب زیرزمینی نقش اصلی را ایفا می کند. همانطور که اشاره شد خشکسالی از عوامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی دشت می باشد بطوریکه خشکسالی شدیدی که در سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۲ رخ داده است. در شکل ۱۰ نشان میدهد که سطح آب زیرزمینی در این سالها به شدت



شکل ۹ خط رگرسیون برازش داده شده سطح آب زیرزمینی بر شاخص SPI در مقیاس زمانی ۴۲ ماه

نتوانسته این مقدار کاهش بیش از اندازه را جبران کند و در این سال علی‌رغم ترسالی سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است.

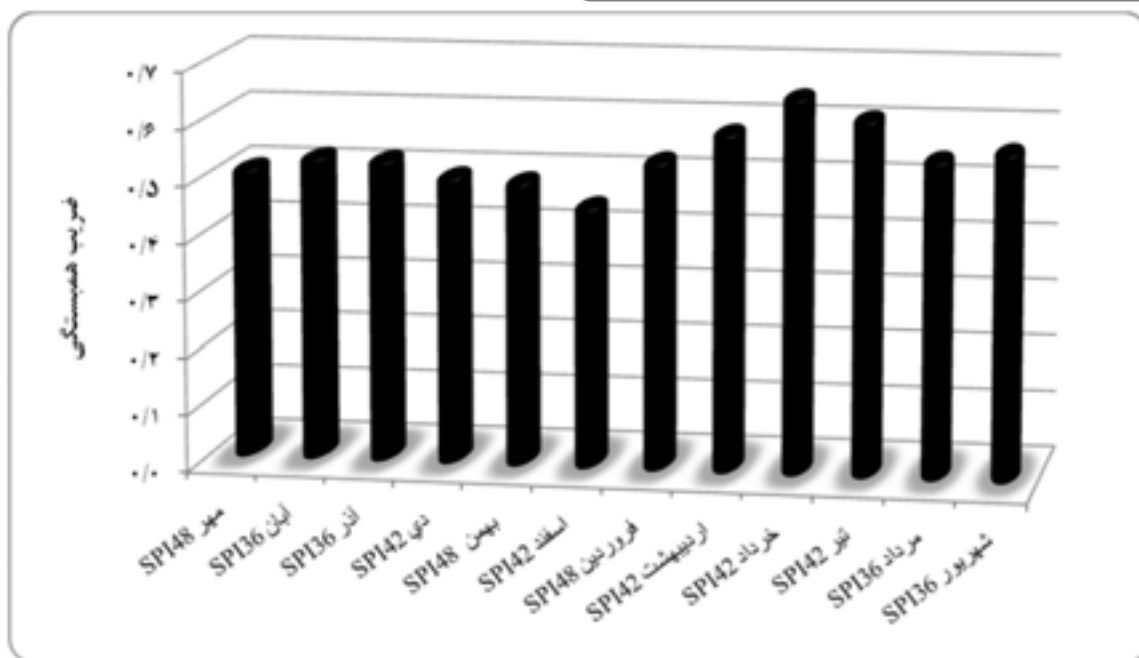
کاهش سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۳ و مقادیر مثبت شاخص SPI در این سال (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که برداشت از سطح آب زیرزمینی به قدری زیاد بوده است که حتی بارندگیهای بوجود آمده در آن سال و ترسالی نیز



شکل ۱۰ تغییر شکل سری زمانی سطح آب زیرزمینی استاندارد شده و SPI در مقیاس ۴۲ ماهه (دوره آماری ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵)

داده‌های متوالی سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ماه اتفاق افتاده است و همبستگی‌های ماه به ماه شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی به نوعی صحت این همبستگی به صورت سری زمانی متوالی داده‌ها را نشان می‌دهد. اما همبستگی‌های موضوع شکل ۱۰ به طور همزمان و ماه به ماه انجام شده و ماکزیمم ضریب همبستگی بدست آمده است. در صورتیکه امکان دارد در تاخیرهای مختلف SPI و مقیاس‌های زمانی متفاوتی دارای همبستگی بیشتری نسبت به تحلیل ماه به ماه و بطور همزمان باشد. نتایج این تاخیرهای زمانی برای ماههای مختلف در جدول ۵ آمده است.

رابطه بین افت ماهانه و فصلی سطح آب زیرزمینی دشت و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف شکل ۱۱ ماکزیمم همبستگی ماه به ماه سطح آب زیرزمینی دشت و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهد. پیداست که بیشترین همبستگی برای ماههای خرداد و تیر با مقیاس زمانی ۴۲ ماه می‌باشد که از بارندگی تجمعی همان ماه با ۴۱ ماه قبل از خود که شروع آن به ترتیب بارندگی‌های ماه دی و بهمن می‌باشد بدست آمده است. این شکل نشان می‌دهد که برای ماههای مختلف، SPI با مقیاس‌های زمانی ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ماهه دارای بیشترین ضریب همبستگی است و همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده، بیشترین همبستگی‌ها برای



شکل ۱۱: ماکزیمم همبستگی بین افت سطح آب زیرزمینی و SPI در مقیاس های زمانی مختلف

درونی همبستگی در بین ماههای مختلف را مشخص نموده است. همانطور که ملاحظه می شود (جدول ۵) کلیه مقیاس های زمانی زیر مجموعه ای از مقیاس زمانی همزمان می باشد که عامل تاخیر زمانی بر آن تاثیر گذاشته است.

نتایج مندرج در جدول ۵ نشان دهنده تاخیرهای زمانی مختلف SPI ماهانه با سطح آب زیرزمینی دشت می باشد که نشان می دهد در تاخیرهای مختلف مقیاس زمانی که بیشترین همبستگی را دارد تغییر یافته و به نوعی عامل

جدول ۵: ماکزیمم ضریب همبستگی بین داده های ماه به ماه افت سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در تاخیرهای مختلف

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
Lag	۲۱	۲۲	۲۳	۱۲	۱۳	۱۴	۰	۲	۱	۳	۴	۲۰
SPI	۱۱	۱۲	۱۲	۲۴	۲۴	۲۴	۴۸	۲۲	۴۲	۳۶	۳۰	۱۱
$R^2_{max}$	۰/۷۱۱	۰/۶۷۶	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۶۷۳	۰/۵۳۴	۰/۵۳۸	۰/۶۱۶	۰/۶۶۵	۰/۷	۰/۶۳۱	۰/۶۷۲

بیشترین تاثیر را بر سطح آب زیرزمینی دشت آن هم در فصل زمستان دارد. همچنین نتایج کلیه تاخیرهای زمانی برای فصل های دیگر نشان می دهد که اثر بارندگی ها بر روی سطح آب زیرزمینی در فصل های بهار و زمستان بیشترین تاثیر را دارد مخصوصاً بارندگی های فصل زمستان که بیشترین تاثیر را دارد.

نتایج همبستگی فصلی بین شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی دشت (جدول ۶) نشان می دهد که بیشترین همبستگی برای SPI فصل بهار با مقیاس زمانی ۴۲ ماهه و سطح آب زیرزمینی دشت رخ داده است. اما با دادن تاخیر به طور فصلی مشخص شد که برای فصل زمستان با یک تاخیر ۴ فصلی (۱۲ ماهه) و SPI با مقیاس زمانی ۳۰ ماهه

جدول ۶ ماکزیمم ضریب همبستگی بین داده های فصلی افت سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در تاخیرهای مختلف

فصل	SPI	$R^2_{max}$	Lag	SPI	$R^2_{max}$	تأثیر
بهار	۴۲	۰/۵۸۵	۰	۴۲	۰/۵۸۵	بهار
تابستان	۳۶	۰/۵۷۴	۱	۳۶	۰/۴۲۸	بهار
پاییز	۳۶	۰/۵۱۲	۳	۳۰	۰/۵۸۸	زمستان
زمستان	۴۸	۰/۴۶۶	۴	۳۰	۰/۶۲	زمستان

### نتیجه گیری

نتایج بررسی سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور نشان می دهد که اثرات بارندگی بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت می باشند، بطوریکه نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی فاقد روند، در تاخیرهای مختلف نشان داد که بیشترین همبستگی در تاخیر ۱۰ ماه رخ می دهد ( $R=0/539$ )، یعنی اثرات بارندگی ۱۰ ماه بعد در سطح آب زیرزمینی نمود پیدا می کند. همچنین برای یافتن اثرات خشکسالی و ترسالی روی سطح آب زیرزمینی از شاخص SPI استفاده شد. نتایج این تحلیل به صورت سری زمانی متوالی نشان داد که، SPI با مقیاس زمانی بلند مدت ۴۲ ماهه از همبستگی بیشتری ( $R^2=0/519$ ) با سطح آب زیرزمینی دشت برخوردار است، در نتیجه خشکسالیها در دشت نیشابور عامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی دشت می باشد ولی به تنهایی عامل بحران نبوده بلکه برداشت بی رویه از دیگر عوامل است. در نتیجه خشکسالیهای اقلیمی در کوتاه مدت بر روی سطح آب زیرزمینی اثری ندارند اما در بلند مدت باعث افت سطح آب زیرزمینی می شوند. افزایش خشکسالیها به خصوص در سالهای اخیر باعث افزایش برداشت از سطح آب زیرزمینی و در نتیجه

شدت افت سطح آب زیرزمینی دشت شده است. بطوریکه در سال ۱۳۸۳ علی رغم افزایش بارندگیها در این سال و ترسالی بوجود آمده باز هم سطح آب زیرزمینی افت زیادی داشت که نشان می دهد برداشت بی رویه از سطح آب زیرزمینی به قدری زیاد بوده که بارندگیهای بوجود آمده نیز بر روی کاهش افت آن کم تاثیر بوده است. نتایج ضریب همبستگی بین داده های فصلی افت سطح آب زیرزمینی و شاخص SPI در تاخیرهای مختلف نشان داد برای فصل زمستان با یک تاخیر ۴ فصلی (۱۲ ماهه) و SPI با مقیاس زمانی ۳۰ ماهه بیشترین تاثیر را بر سطح آب زیرزمینی دشت آن هم در فصل زمستان دارد ( $R^2=0/62$ ). در نتیجه بارندگیهای فصل زمستان بیشترین تاثیر را بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت دارا می باشد. در پایان توصیه می شود که با انجام شیوه های مدیریتی درست و افزایش راندمان سیستم های آبیاری باعث کاهش برداشت از سطح آب زیرزمینی دشت شویم چون اگر با همین روند سطح آب زیرزمینی در آینده کاهش یابد دیری نمی گذرد که دیگر بارندگیها نیز نتواند در این روند رو به کاهش موثر باشند و منطقه دچار بحران عظیمی خواهد شد.

## منابع

- ایزدی، ع، داوری، ک، علیزاده، ا، قهرمان، ب، (۱۳۸۷). کاربرد مدل داده‌های ترکیبی در پیش بینی سطح آب زیرزمینی. مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۲، شماره ۲.
- حسینمیراد، م، شمسی پور، ع. ا. (۱۳۸۲). تاثیر خشکسالیهای اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشتهای شمال همدان. پژوهشهای جغرافیایی. شماره ۴۵. صفحه ۱۱۵-۱۳۰.
- حمیدیان پور، م، (۱۳۸۴). تحلیل دوره های خشکسالی دشت مشهد و میزان تاثیر آن بر منابع آب. پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- زاهدی کلاکی، ا. (۱۳۸۴). بررسی اثرات خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب شهرستان بهشهر. پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- شمسی پور، ع. ا.، حبیبی، ک، (۱۳۸۲) ارزیابی اثرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت همدان).
- عزیزی، ق، (۱۳۸۲). ارتباط خشکسالی های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. پژوهشهای جغرافیایی. شماره ۴۶. صفحه ۱۴۳-۱۳۱.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). ۸۰۸ صفحه.
- کردوانی، پ، (۱۳۸۰). خشکسالی و راههای مقابله با آن در ایران. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۳۹۲ صفحه.
9. Edwards, D. C. and McKee, T. B., (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales, Atmospheric Science Paper No. 634, 1997.
10. Guttman, N. B., (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. J Am Water Resour Assoc 34:113-121.
11. Hayes, M., Wilhite, D. A., Svoboda, M. and Vanyarkho., (1999). Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index, Bull. Amer. Meteor. Soc., 80, 429-438.
12. Ji, L., Peters, A. J., (2003). Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. Remote Sens Environ 87:85-98.
13. Khan, S., Gabriel, H. F., Rana, T., (2008). Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. Irrig Drainage Syst . 22:159-177.
14. Komuscu, A. U., (1999). Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey, Drought Network News, 11, 7-13.
15. McKee, T. B. N., Doesken, J. and Kleist, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eight Conf. On Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc. 179-184.
16. McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J., (1995). Drought Monitoring with Multiple Time Scales. In: Proc. 9th Conf. on Applied Climatology, January 15 - 20, 1995. American Meteorological Society, Massachusetts, pp. 233 - 236.
17. NDMC., (2007). National drought mitigation center university of Nebraska, Lincoln, USA, Online <http://www.drought.unl.edu/> accessed Jan 2008
18. 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, 140- 153.
19. Peters, E., Bier, G., van Lanen, H. A. J., Torfs, P. J. J. F., (2006). Propagation and spatial distribution of drought in a groundwater catchment. Journal of Hydrology 321. 257-275.
20. Shahid, Sh., Hazarika, M. K., (2009). Groundwater Drought in the Northwestern District of Bangladesh. Water Resour Manage DOI 10.1007/s11269-009-9534-y.
21. Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Moreno J. I., (2005). Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitatio Index in a mountainous Mediterranean basin. Hydrology and Earth System Sciences, 9, 523-533.
22. Wilhite, D. A., (2000). Drought as a natural hazard: concepts and definitions, in: Drought: a global assessment, edited by: Wilhite, D., 1, 3-18.

## Evaluating the groundwater level fluctuations under different climatic conditions in the basin Neyshabour

M. Naderianfar  
H. Ansari  
A. Ziaie  
k. davary

### Abstract:

In recent years Neyshabur's plain has faced increasing slump in water table. Thus, the role of management and administrative factors is important. This article evaluates the effects of rainfall and climate on the fluctuations in groundwater level. We used 22 Pluviometry and Evapometry station data during 1352-1385. The average amount of rainfall and evaporation calculated with IDW method on Plain. According to man-Kendal, Valdivlovitz and least squares tests was found the slope of groundwater level has negative trend and in 5 percent level is statistically significant. Therefore to find correlating rainfall on groundwater levels trend of groundwater level measurement was omitted with and the difference curve and extrapolation method, at first. Results of correlation between rainfall and groundwater level showed that rainfall with a 10 monthly lag ( $R=0.539$ ) has greatest impact in groundwater level. Besides, SPI index used for considering dryness and wetness effects on groundwater. SPI consecutive time series analysis showed long-term timescale of 42 monthly has greatest correlation with the groundwater level ( $R^2=0.519$ ). Also, analyzing seasonal groundwater level and SPI index in different delays and time steps pointed out that winter rainfalls with 30 monthly SPI and with four lagged seasons have the most effect on the surface of groundwater ( $R^2=0.62$ ).

**Key words:** Precipitation, SPI, Groundwater level, Trend extrapolation