

تحلیل ارتباط خشکسالیهای هیدروژئولوژیکی و اقلیمی دشت سبزوار با استفاده از شاخصهای SWI و SPI

مهدی بروغنی^{1*}، مجید طایی² و سید خلاق میرنیا³

1- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی مازندران، نور، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: mboroghani@yahoo.com

2- کارشناس ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی مازندران، نور، دانشگاه تربیت مدرس

3- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی مازندران، نور، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: 91/03/17

تاریخ دریافت: 90/04/12

چکیده

خشکسالی خسارتهای زیادی را ایجاد می‌کند؛ ولی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نمود بیشتری دارد و خسارتهای ایجاد شده در این مناطق به علت شکننده بودن محیط چشم‌گیرتر است. بخشهای مرکزی، شرقی و جنوبی ایران با آب و هوای خشک و نیمه‌خشک از جمله این مناطق بشمار می‌روند. هدف از تحقیق حاضر بررسی ارتباط بین خشکسالی هیدروژئولوژیکی و اقلیمی است. در این تحقیق از شاخصهای SPI و SWI برای پهنه‌بندی خشکسالی هیدروژئولوژیکی و اقلیمی دشت سبزوار استفاده شد. داده‌های مربوط به بارش از سال 1378-79 تا سال 1385-86 و داده‌های مربوط به آبهای زیرزمینی از سال 80 تا سال 86 با استفاده از شاخصهای مذکور مورد تحلیل قرار گرفت. بعد از محاسبه SPI و SWI برای هر سال پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از روش کریجینگ در نرم‌افزار ArcGIS انجام شد. نتایج حکایت از آن داشت که خشکسالی اقلیمی و هیدروژئولوژیکی از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند و بیشترین شدت و فراوانی خشکسالی در غرب دشت سبزوار بوده است. شرق دشت از شرایط نرمال و ترسالی برخوردار بوده و خشکسالی هیدروژئولوژیکی با یکسال تأخیر نسبت به خشکسالی اقلیمی اتفاق می‌افتد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خشکسالی، شاخص SPI، شاخص SWI، دشت سبزوار

مقدمه

مرطوب نیز رخ می‌دهد و حالت طبیعی و نرمال از اقلیم می‌باشد (Bordi & Sutera, 2004). برای تعیین ویژگیهای خشکسالی تاکنون نمایه‌های متعددی ارائه شده است. نمایه خشکسالی بر مبنای یک یا چند متغیر اقلیمی محاسبه می‌شود. نمایه خشکسالی¹ PDSI (Palmer, 1965)،² CMI (Palmer, 1968) و³ SWSI (Shafer) و (Dezman, 1982) بر مبنای متغیرهای مختلف اقلیمی و هیدروژئولوژیکی محاسبه می‌گردند که وزن بارندگی در این

خشکسالی یک پدیده محیطی است که همواره خسارتهای فراوانی بر اقتصاد جوامع به دنبال داشته است (حسینی صفا و مرید، 1387). و دارای یک اثر ممتد و تدریجی بوده و در دوره زمانی تا حدودی طولانی رخ می‌دهد؛ بنابراین باید با ایجاد طرحهای آمادگی برای مدیریت آن، تا حدی از مشکلات ناشی از این پدیده کاست. این پدیده در منطقه‌ای می‌تواند رخ دهد و انسان و محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهد، هر چند که گسترش آن متفاوت است. بر خلاف خشکی که پدیده‌ی دائمی اقلیمی است، خشکسالی در مناطق خشک و

1-Palmer Drought Severity Index

2-Crop Moisture Index

3-Surface Water Supply Index

زیرزمینی در دشت قزوین پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که تعداد ناهنجاریهای منفی بارش طی دوره بیش از تعداد ناهنجاریهای مثبت بوده و تأثیر فعالیتهای انسانی در ناهنجاریهای منفی آبهای زیرزمینی بسیار چشمگیر است. خشکسالی در آبهای زیرزمینی با دو تا سه ماه تأخیر نسبت به خشکسالیهای اقلیمی بروز می‌کند و به‌طور متوسط طی دوره مطالعاتی در هر سال 25 سانتی‌متر سطح آب زیرزمینی افت داشته است.

مرید و پایمزد (1386) طی تحقیقی به مقایسه روشهای هیدروژئولوژیکی و هواشناسی جهت پایش روزانه خشکسالی (مطالعه موردی دوره خشکسالی 1378 لغایت 1380 استان تهران) پرداختند. نتایج ضمن تأیید قابلیت‌های روش چانگ و اهمیت دخالت معرف‌های هیدروژئولوژیکی در پایش خشکسالی، نشان می‌دهد که روش چانگ از حساسیت بیشتری به کمبود منابع آبی در شرایط خشکسالی برخوردار می‌باشد. به‌طوری‌که با مقایسه دو روش طی سه سال 1377-78 تا 1379-80 نشان می‌دهد که 31/1 درصد ایام براساس روش چانگ خشکسالی بسیار شدید می‌باشد و شاخص خشکسالی مؤثر برای همین طبقه از خشکسالی رقم 3/7 درصد ایام را اعلام کرده است. به دلیل دخالت معرف‌هایی مانند ذخیره سدها و آب زیرزمینی، روشهای هیدروژئولوژیکی همراه با شاخصهای هواشناسی می‌توانند ترکیب ایده‌آلی را در اعلام وضعیت خشکسالی ارائه دهند که در آن هم خشکسالی ناشی از کاهش نزولات و هم ناشی از مصرف بالا و سوءمدیریت قابل تفکیک باشد. رضیئی و همکاران (1386) به بررسی خشکسالیهای هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف پرداختند. که نتایج حکایت از آن داشت که در مقیاس 6 ماهه، احتمال ماندن در تله خشکسالی در نواحی مرکزی استان بیش از 70 درصد و در نواحی شرقی کمتر از 50 درصد است و توجه به احتمال تعادل خشکسالی، بخش مرکزی استان در 30 درصد مواقع در خشکسالی بسر می‌برد که نسبت به بقیه استان

گونه نمایه‌ها بیش از بقیه متغیرها و بیش از 80 درصد در تغییر است (Dracup & Keyantash, 2003). برخی از نمایه‌ها تنها از متغیر بارندگی بهره می‌برند. این نمایه‌ها شامل نمایه درصد از نرمال (Wileke و همکاران، 1994) و BMDI¹ (Moodey و Bhalme، 1980)، دهکها (Gibbs و Maher، 1967) و SPI² (Mekee و همکاران، 1995) هستند. نمایه SPI به‌علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به‌عنوان مناسب‌ترین نمایه برای تحلیل خشکسالی به‌ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود (Hayes et al., 1999). نمایه SPI امکان مطالعه وضعیت منابع آب در دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت که به‌ترتیب در کشاورزی و مطالعه جریانهای رودخانه‌ای و مخازن آب زیرزمینی دارای اهمیت است را فراهم می‌سازد (Lloyd-Hughes & Saunde, 2002). در زمینه خشکسالی مطالعات زیادی انجام شده است. Driks و همکاران (1998) برای تحلیل مکانی بارندگی روشهای میان‌یابی تیسن، عکس مجذور فاصله و کریجینگ را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که با وجود محاسبات بیشتر روش کریجینگ، تغییرات معنی‌داری نسبت به روشهای ساده‌تر مشاهده نشده است. Goovaerts (2000) طی تحقیقی در شمال‌غربی پرتغال روند تغییرات تغییرنا 1 را با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه مطالعاتی تفسیر نمود. نتایج نشان داد که یکسان بودن شکل تغییرناها در ماههای مختلف با وجود متمایز بودن عامل‌های آن، به وجود عوارض یکسان ارتباط دارد. Vangelis و Tsakiris (2004) با استفاده از روش عکس مجذور فاصله، نقشه بارندگی ماهانه و نقشه درصد نرمال متوسط بارندگی سالانه را ترسیم و بعد با این اطلاعات، نقشه توزیع مکانی شاخص SPI را برای دوره آماری یکساله 1964-65 تهیه کردند. عزیزی (1382) به ارتباط خشکسالیهای اخیر و منابع آب

1-Bhalme and Mooley drought index
2-Standardized Precipitation Index

دهه اخیر بر منابع آب زیرزمینی دشت میناب و وقوع پدیده فرونشینی پرداختند. بررسیها نشان داد که عوامل بنیادی در رابطه با وقوع فرونشینی وجود آبرفت پوشش به ضخامت متغیر تا حداکثر 150 متر می‌باشد که به‌طور عمده از خاکهای دانه ریز سیلتی‌رسی و سیلتی‌ماسه‌ای تشکیل شده و افزایش افت سطح آب زیرزمینی (5 تا 17 متر) در نتیجه برداشت بی‌رویه ناشی از خشکسالی در طی دو دهه گذشته می‌باشد.

هدف از این تحقیق مقایسه پهنه‌بندی مکانی خشکسالی هیدروژئولوژیکی دشت سبزوار طی 7 سال (86-80) با پهنه‌بندی خشکسالی بارندگی دشت سبزوار طی 8 سال (86-79) با استفاده از شاخص SWI و SPI و همچنین تغییرات مکانی خشکسالی دشت سبزوار طی سالهای مورد بررسی است.

مواد و روشها

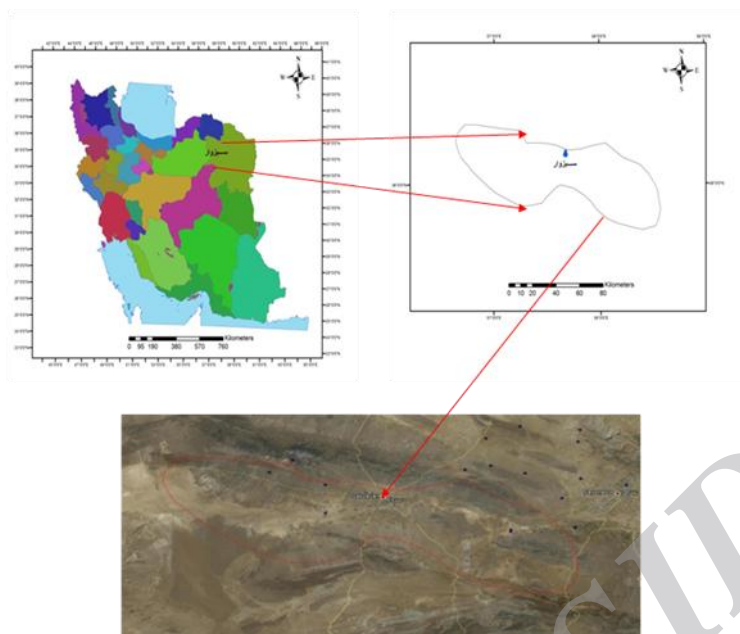
منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و در شهرستان سبزوار با مساحت 7658/564 کیلومترمربع و بین عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}47'28''$ تا $36^{\circ}30'54''$ و بین طول جغرافیایی $58^{\circ}41'16''$ تا $58^{\circ}30'48''$ قرار دارد (شکل 1). برای انجام این تحقیق ابتدا داده‌های مربوط به بارندگی و سطح آب زیرزمینی دشت سبزوار از سازمان مدیریت منابع آب کشور تهیه گردید و بعد این داده‌ها در محیط نرم‌افزار Excel تعریف شد؛ و داده‌هایی که دارای سالهای ناقصی از نظر برداشت بودند کنار گذاشته شدند. داده‌های مربوط به سطح آب زیرزمینی در منطقه پس از حذف چاههای دارای آمار ناقص، در دوره آماری مشترک 1380 تا 1386 به‌صورت ماهانه مرتب گردید، همچنین داده‌های مربوط به بارش از سال 79-1378 تا سال 86-1385 به‌صورت سالانه میانگین گرفته شد (بعد میانگین کل و انحراف از معیار گرفته شد).

آسیب‌پذیرتر است. انصافی‌مقدم (1386) طی تحقیقی به ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک پرداخت. نتایج نشان داد که شاخص SPI و دهک‌ها در جایگاه نخست، شاخص ZSI در جایگاه دوم، شاخص درصد نرمال در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. حسینی‌صفا و مرید (1387) به تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران با استفاده نمایه SPI و منحنی شدت-مساحت-فراوانی (SAF) پرداختند. نتایج آنها نشان داد که خشکسالی سالهای 50-1349، 61-1360 و 68-1367 دوره بازگشتی حدود 2 تا 5 سال، خشکسالیهای 69-1367، 78-1377 و 79-1378، دوره بازگشت 10 تا 20 سال و در آخر خشکسالی سال 76-1375 که شدیدترین سال خشک بود با دوره بازگشت 100 سال می‌باشد.

گل‌محمدی و مساح‌بوانی (1390) طی تحقیقی به بررسی تغییرات شدت و دوره بازگشت خشکسالی حوضه قره‌سو در دوره‌های آینده پرداختند. نتایج حکایت از آن داشت که حوضه در دوره 2040-2069 میلادی شاهد افزایش بارش و در نتیجه کاهش شدت خشکسالی نسبت به دوره پایه خواهد بود. این کاهش شدت، برای مقیاس زمانی 6 و 12 ماهه با افزایش دوره بازگشت افزایش می‌یابد. در حالی‌که برای خشکسالیهای 24 ماهه با افزایش دوره بازگشت، شدت خشکسالی حوضه بیش از دوره پایه خواهد بود.

بذرافشان و همکاران (1390) طی تحقیقی به بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) پرداختند. نتایج نشان‌دهنده آن است که وسعت خشکسالی با افزایش مقیاس زمانی کاهش یافته و وضعیت خشکسالیها در پهنه استان از سمت غرب به شرق کاهش می‌یابد.

حسین‌زاده و نوحه‌گر به بررسی تأثیر خشکسالیهای دو



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران، استان خراسان رضوی و شهرستان سبزوار

تعریف می شود (Lloyd-Hughes & Saunders, 2002).

رابطه (2)

$$\Gamma(\alpha) = \lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{v=0}^{n-1} \frac{n! n^{v-1}}{y+v} = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

برای برازش داده‌های بارندگی به توزیع گاما لازم است که α و β برآورد شود. Mckee و Edwards (1997) برای برآورد این دو عامل استفاده از بیشینه درست‌نمایی را پیشنهاد کرده‌اند که به شکل رابطه‌های (3) و (4) تعریف می‌شوند.

رابطه (3)

$$\tilde{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

رابطه (4)

$$\tilde{\beta} = \frac{\bar{X}}{\tilde{\alpha}}$$

شاخص بارندگی استاندارد شده SPI¹

برای محاسبه نمایه SPI می‌توان بارندگی ماهانه و یا مجموع بارندگی در هر بازه زمانی دلخواه (سه‌ماهه، شش‌ماهه و ...) را با استفاده از یک توزیع مناسب مانند توزیع گاما و یا پیرسون تیپ سه برازش داد. Guttman (1999) توزیع پیرسون تیپ سه را مناسبترین توزیع برای برازش بارندگی ماهانه پیشنهاد کرده است، هر چند که بسیاری از پژوهشگران همانند Mckee و همکاران (1993) توزیع گاما را پیشنهاد نموده‌اند. تابع چگالی احتمال توزیع گاما برای $X > 0$ به شکل رابطه (1) محاسبه می‌گردد (Bordi et al., 2004).

رابطه (1)

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

در رابطه (1) $\alpha > 0$ عامل شکل، $\beta > 0$ عامل مقیاس توزیع گاما و $X > 0$ مقدار بارندگی می‌باشد. در این رابطه $\Gamma(\alpha)$ نیز تابع گاما می‌باشد که به شکل رابطه (2)

1- Standardized Precipitation Index

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

رابطه (9) برای $0.5 < H(x) < 1$ می باشد (رضیئی و همکاران، 1386).

بسیاری از محققان خشکسالی به قابلیت انعطاف پذیری SPI و قابلیت آن برای مقیاس زمانی اذعان کرده اند (Hayes et al., 1998). شاخص SPI برای هر منطقه براساس ثبت بارندگیهای طولانی آن محاسبه می شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلندمدت بارندگیها برآزش داده می شود، سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می گردد. البته به طوری استاندارد شده که متوسط آن برای هر منطقه و دوره مورد نظر صفر شود. (Mckee & Edwards, 1997). مقادیر مثبت SPI نشان دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار -1 یا کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که SPI مثبت می گردد. بنابراین برای محاسبه این شاخص از رابطه زیر استفاده می شود.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\delta}$$

که در آن SPI شاخص خشکسالی، P_i میانگین بارندگی هر سال، \bar{P} میانگین بارندگی کل سالها، و δ انحراف معیار کل سالها.

طبقه بندی مقادیر SPI در جدول 1 ارائه شده است (Hayes Michael, 2000 به نقل از انصافی مقدم، 1387).

شاخص استاندارد سطح ایستابی (SWI)¹
معادله (12)

در رابطه (3) مقدار A برای n مشاهده و به شکل رابطه (5) برآورد می گردد.
رابطه (5)

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

در این رابطه، n تعداد مشاهداتی است که در آن بارندگی روی داده است و \bar{x} نیز میانگین بارندگی بازه زمانی مورد نظر (ماهانه، سه ماهه و ...) می باشد. با استفاده از عامل های برآورد شده در رابطه های بالا می توان احتمال تجمعی بارندگی در مقیاس مورد نظر را برای هر ایستگاه محاسبه نمود. با فرض $t = x/\beta$ ، احتمال تجمعی به شکل تابع گامای ناقص در خواهد آمد و به شکل رابطه (6) تعریف می شود.
رابطه (6)

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\tilde{\alpha})} \int_0^x t^{\tilde{\alpha}-1} e^{-t} dt$$

از آنجایی که تابع گاما برای $x=0$ قابل تعریف نمی باشد و داده های بارندگی همواره دربرگیرنده تعداد زیادی مشاهده با بارندگی صفر می باشد، احتمال تجمعی بارندگی به شکل رابطه (7) تبدیل می گردد.
رابطه (7)

$$H(x) = q + (1-q)G(x)$$

در این رابطه q برابر است با احتمال مقادیر بارندگی صفر. سرانجام H(x) با استفاده از رابطه (8) و (9) به توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و انحراف معیار یک انتقال داده می شود که با توجه به نتیجه بدست آمده مقدار SPI شناخته شده می شود.

رابطه (8)

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

رابطه (8) برای $0 < H(x) \leq 0.5$ می باشد.
رابطه (9)

1- Standardized Water Table Index

به‌عنوان نمونه به تشریح وضعیت خشکسالی در سال 80 می‌پردازیم. در سال 80 شرایط نرمالی از نظر اقلیمی حاکم بوده و قسمت غرب دشت شرایط بسیار خشکی را داشته است و هر چه از سمت شرق و مرکز دشت به سمت غرب می‌رویم بر شدت خشکسالی افزوده می‌شود. ولی از نظر خشکسالی هیدروژئولوژیکی در قسمت غرب دشت شرایط فرامرطوب بوجود آمده و هر چه به سمت مرکز دشت پیش می‌رویم شرایط به بسیار خشک تغییر می‌کند و از مرکز به سمت شرق ابتدا شرایط نسبتاً مرطوبی ایجاد می‌شود و بعد شرایط به سمت فراخشک میل می‌کند به طوری که در غربی‌ترین قسمت دشت شرایط فراخشک را داریم. نمودار موجود در شکل (2) و نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی نشان می‌دهد در سالهایی که میانگین بارندگی کمتر از میانگین طولانی‌مدت بوده خشکسالی داشته‌ایم، که با توجه به میزان بارندگی شدت خشکسالی متفاوت بوده است. همچنین با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی هیدروژئولوژیکی این خشکسالی تقریباً با یک سال تأخیر نسبت به خشکسالی اقلیمی رخ داده است.

$$SWI = \frac{WT_i - \overline{WT}}{\delta}$$

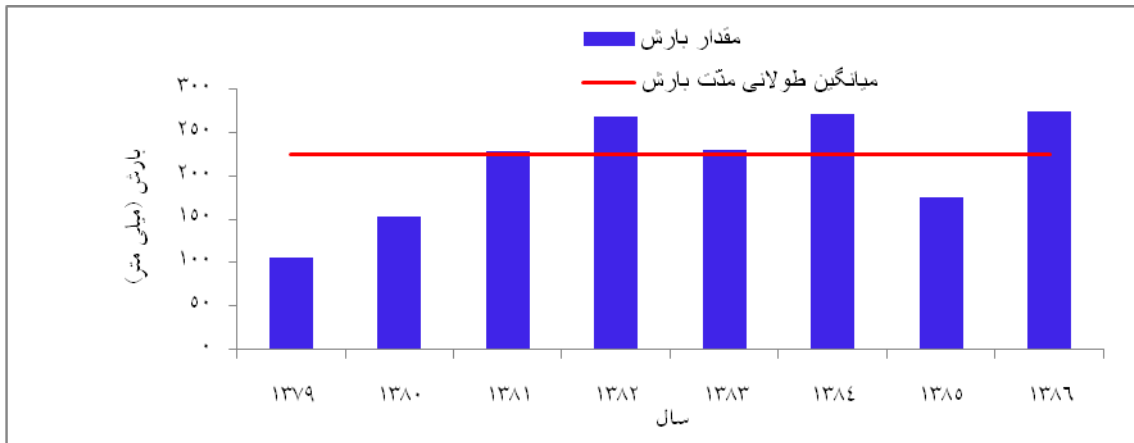
که در آن SWI شاخص استاندارد شده سطح ایستابی، WT_i سطح ایستابی در زمان مورد مطالعه، \overline{WT} سطح ایستابی متوسط می‌باشد. بعد از محاسبه SPI و SWI برای هر سال این داده‌ها وارد نرم‌افزار ArcGIS شد. به دلیل شیب کم منطقه و همچنین وجود تعداد مناسب نقاط مورد مطالعه، این روش با احتساب 24 ایستگاه بارندگی و 87 چاه پیژومتری پهنه‌بندی خشکسالی توسط دو شاخص SPI و SWI انجام گردید.

نتایج

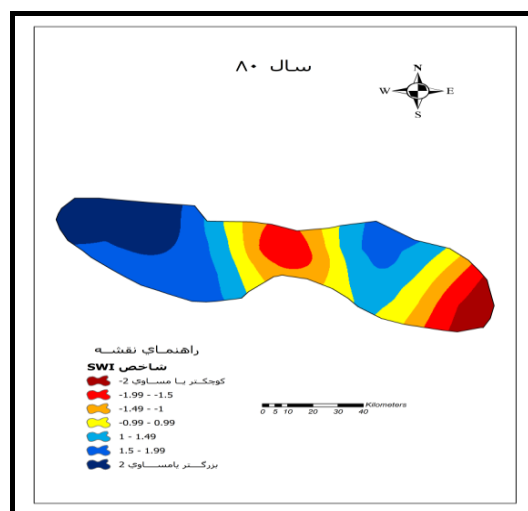
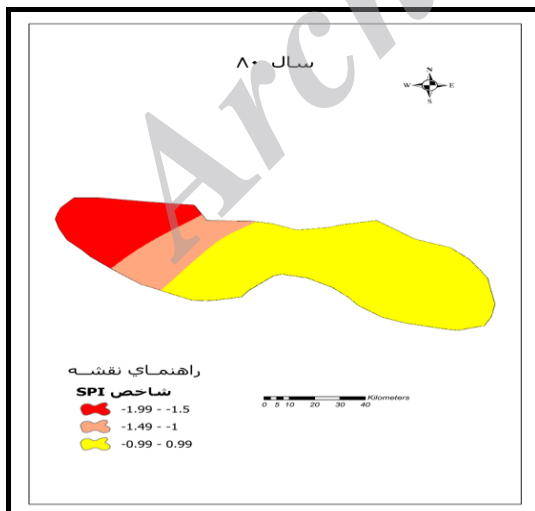
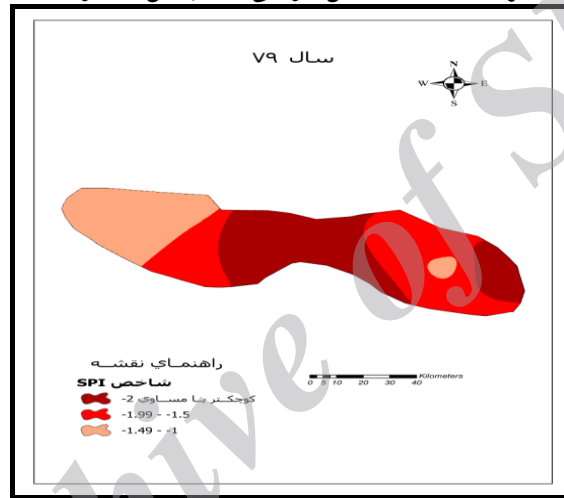
نتایج حکایت از آن دارد که در سال 79 در تمام دشت سبزوار خشکسالی اقلیمی وجود داشته که در مرکز دشت شرایط فراخشک بوده و در شرق دشت شرایط بسیار خشک وجود داشته و در قسمت غربی دشت شرایط نسبتاً خشک وجود داشته است. نمودار ارائه شده در شکل 2 نیز مؤید آن است که میزان بارش در این سال تقریباً کمتر از نصف میانگین طولانی‌مدت بارش می‌باشد. البته

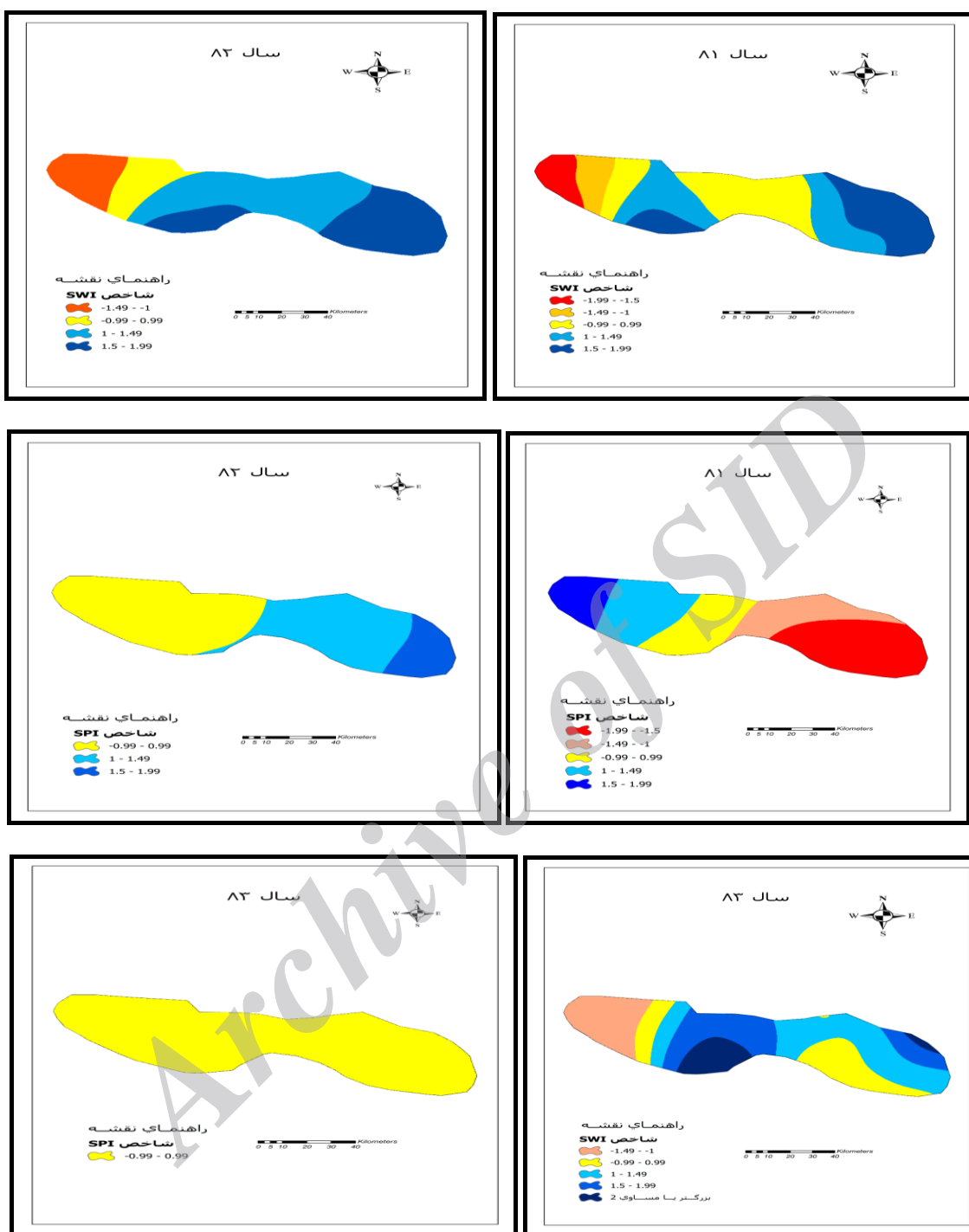
جدول 1- طبقه‌بندی مقادیر SPI

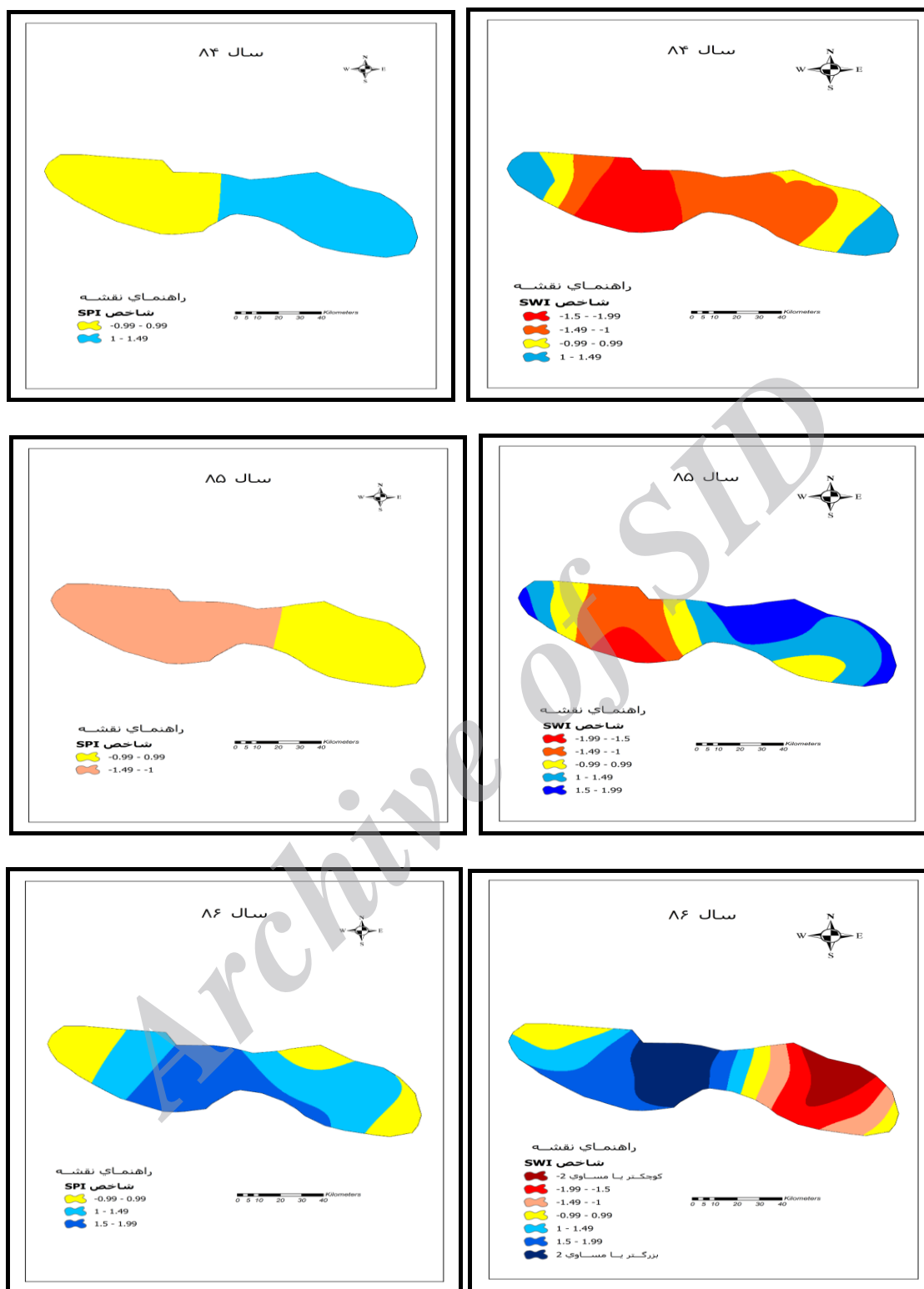
SPI	وضعیت
بزرگتر یا مساوی 2	فرا مرطوب
1/5 تا 1/99	بسیار مرطوب
1 تا 1/49	نسبتاً مرطوب
0/99 تا -0/99	نزدیک نرمال
-1 تا -1/49	نسبتاً خشک
-1/5 تا -1/99	بسیار خشک
کوچک یا مساوی -2	فراخشک



شکل 2- تغییرات مقدار و میانگین طولانی مدت بارش در طول دوره مطالعه







شکل 3 - نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالیهای هیدروژئولوژیکی و اقلیمی دشت سبزوار در طی سالهای 1379-1386

بحث

بررسی تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی اقلیمی محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که روند خشکسالیهای رخ داده از الگوی منظمی طبیعت نمی‌کند. به طوری که با توجه به میزان بارش شدت خشکسالی در سالهای مختلف متغیر می‌باشد. طبق نقشه‌های پهنه‌بندی بدست آمده، مشخص می‌گردد که در بخش غربی منطقه مورد مطالعه بیشترین شدت و فراوانی خشکسالی مشاهده می‌شود، ولی نواحی شرقی محدوده از این لحاظ وضعیت نرمال و ترسالی را نشان می‌دهد؛ در این رابطه رضیئی و همکاران (1386) نیز تغییرات مکانی خشکسالی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان را مورد بررسی قرار داده که نتایج بدست آمده نشان‌دهنده آن است که شدت خشکسالی در زمانهای مختلف و در بخشهای مختلف متغیر بوده است که از این جهت با نتایج تحقیق حاضر منطبق می‌باشد. در رابطه با تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی هیدروژئولوژیکی باید بیان داشت که خشکسالی مورد نظر نیز در بخشهای مختلف ناحیه مورد بررسی از شدت و ضعفی برخوردار بوده است. به طوری که عمدتاً بیشترین ترسالیها همانند وضعیت اقلیمی (بارش) در شرق و مناطق مرکزی محدوده مورد مطالعه متمرکز شده‌اند و در بخش غربی خشکسالیهای هیدروژئولوژیکی با شدت زیاد مشاهده می‌شود و عموماً انطباق مناسبی با خشکسالی اقلیمی ندارند که دارای تأخیر زمانی یکساله با خشکسالی اقلیمی می‌باشند که این امر ناشی از تمرکز زیاد چاههای کشاورزی می‌باشد که در واقع تشدیدکننده شدت خشکسالی هیدروژئولوژیکی می‌باشد. در این زمینه عزیزی (1382) که به بررسی ارتباط خشکسالیهای اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین پرداخته خشکسالی در آبهای زیرزمینی را با 2 تا 3 ماه تأخیر نسبت به خشکسالی اقلیمی برآورد کرد که با نتایج تحقیق حاضر انطباق ندارد، ولی محمدی و شمسی‌پور (1381) طی تحقیقی به بررسی تأثیر خشکسالیهای اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشتهای شمال همدان پرداختند که در این

تحقیق خشکسالی زیرزمینی با تأخیر 9 ماهه نسبت به خشکسالی اقلیمی اتفاق می‌افتد که از این لحاظ با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

منابع مورد استفاده

- انصافی مقدم، ط.، 1386. ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک. مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 14(2): 288-271.
- بذرافشان، ا.، ساروی، م.، ملکیان، آ.، و معینی، ا.، 1390. بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI). مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 18(3): 407-395.
- حسین زاده، م.م.، و نوحه‌گر، ا.، 1390. بررسی تأثیر خشکسالیهای دو دهه اخیر بر منابع آب زیرزمینی دشت میناب و وقوع پدیده فرونشینی. مجله فرسایش محیطی، 9(1): 97-75.
- حسینی صفا، ح.، و مرید، س.، 1387. تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران. مجله علوم کشاورزی و منابع، 11(5): 212-203.
- رضیئی، ط.، دانش کار آراسته، پ.، اختری، ر.ا.، و ثقفیان، ب.، 1386. بررسی خشکسالیهای هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکوف. مجله تحقیقات منابع آب ایران، 3(1): 35-25.
- عزیزی، ق.، 1382. ارتباط خشکسالیهای اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، 46: 143-131.
- گل محمدی، م.، و مساح بوانی، ع.ر.، 1390. بررسی تغییرات شدت و دوره بازگشت خشکسالی حوضه قره‌سو در دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم. نشریه آب و خاک، 25(2): 326-315.
- محمدی، ح.م.، و شمسی‌پور، ا.ا.، 1381. اثر خشکسالی در افت منابع آب زیرزمینی دشتهای شمال همدان. مجله تحقیقات جغرافیایی، 45(45): 115-130.

- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., White, D.A., and Vanyarkho, O.V., 1998. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of American Meteorological Society*, 80: 429-438.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., White, D.A., and Vanyarkho, O.V., 1999. "Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3): 429- 437.
- Keyantash, J., and Dracup, J.A., 2003. The Quantification of drought: An evaluation of drought indices. *American Meteorological Society*, 83, No. 8(Aug): pp, 1167-1180.
- Lloyd-Hughes, B., and Saunders, M.A., 2002. "A drought climatology for Europe". *International Journal of Climatology*, 22: 1571-1592.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., 1993. "The relationship of drought frequency and duration to time scales". *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, USA, pp, 179-184.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., 1995. "Drought monitoring with multiple time scales". *Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology*, Dallas, TX, USA, 233-236.
- Palmer, W.C., 1965. *Meteorological Drought*, Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- Palmer, W.C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index. *Weatherwise*, 21: 156-161.
- Shafer, B.A., and Dezman, L.E., 1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWST) to assess the severity of drought conditions in snow pack runoff areas. In *Proceedings of the (50th) Annual Western Snow Conference*, pp. 164-175. Fort Collins, CO: Colorado State University.
- Tsakiris, G., and Vangelis, H., 2004. Towards a drought watch system based on spatial SPI. *Water Resources Management*, 18: 1-12.
- Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., And Guttman, N.B., 1994. *The national drought atlas*, Institute for water resources. Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.
- مریبد، س.، و پایمزد، ش.، 1386. مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت پایش روزانه خشکسالی: مطالعه موردی دوره خشکسالی 1378 لغایت 1380 استان تهران. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، 11(42): 325-333.
- Bhalme, H.N., and Mooley, D.A., 1980. "Large-scale drought/floods and monsoon circulation". *Monthly Weather Review*, 108: 1197-1211.
- Bordi, I., and Sutera, A., 2004. Drought variability and its climatic implications. *Global and Planetary Change*, 40(1,2): 115-127.
- Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A., and Sutera, A., 2001. "The analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean area: large scale patterns". *Annali Di Geofisica*, Vol.44, No5/6: 965-978.
- Driks, K., Hay, J. E., Stow, C. D., and Harris., D, 1998. High resolution studies of rainfall data. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 208 (3-4): 187-193.
- Edwards, D.C., and McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States and multiple time scale. *Climatology Report Number 67-2*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Edwards, D.C., and McKee, TB., 1997. "Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple timescales". *Colorado State University: Fort Collins, Climatology Report No. pp, 97-2*.
- Gibbs, W.J., and Maher, J.V., 1967. "Rainfall deciles as drought indicators". *Bureau of Meteorology Bulletin No. 48*, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.
- Goovaerts, p., 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228: 113-129.
- Guttman, N. B., 1999. "Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm". *Journal of Amer Water Resources Assn.* 35: 311-322.

Analysis of relationship between hydrogeological and climatological droughts using SWI and SPI indices in Sabzevar Plain

Boroghani, M.^{1*}, Taie, M.² and Mirnia, S.Kh.³

1*- Corresponding Author, M.Sc. in Watershed Management, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Nour, Iran, Email: mboroghani@yahoo.com

2- M.Sc. in Watershed Management, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Nour, Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Nour, Iran.

Received: 03.07.2011

Accepted: 06.06.2012

Abstract

In arid and semi-arid areas, drought damages are more than other regions due to the fragility of environment. Parts of central, eastern and southern Iran with arid and semi- arid climate are include these regions. The object of this study was to investigate the relationship between hydrological and climatological drought in Sabzevar Plain. In this study, SPI and SWI indices were used for the zonation of hydrological and climatological droughts in Sabzevar plain. Precipitation and groundwater data were collected from 1999 to 2007 and from 2001 to 2007, respectively and then were analyzed by the mentioned indices. After calculating SPI and SWI, drought zonation was performed for each year using Kriging method in ArcGIS. Results showed that climatological and hydrological droughts did not follow a certain order and the highest intensity and frequency of droughts were west Sabzevar plain. In other hand, the east region has enjoyed normal and wet condition. According to the results, a significant relationship was found between climatological and hydrological drought in the study area as hydrological drought occurred one year later compared to climatological drought.

Key words: drought zonation, SPI index, SWI index, Sabzevar plain