

پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش

خلاصه

خشکسالی به عنوان یکی از بلایای اقلیمی از طرف پژوهشگران دارای تعاریف و تعابیر مختلفی می‌باشد. به طور کلی دوره‌ای که در آن مقدار رطوبت و یا هر نمایه رطوبتی دیگر که نسبت به شرایط نرمال منطقه، ناهنجاری منفی داشته باشد به عنوان شرایط دوره خشکسالی تلقی می‌شود. به لحاظ ویژگی‌های فضایی و زمانی، تاریخ آغاز دوره زمانی و یا زمان خاتمه خشکسالی به آسانی قابل تشخیص نیست و از دیدگاه‌های مختلف آغاز و پایان خشکسالی به صورت متفاوت ارزیابی می‌شود. فراوانی، شدت خشکسالی و وسعت منطقه نیز از ویژگی‌هایی است که باید مورد مطالعه قرار گیرند.

به منظور پایش و سنجش خشکسالی در هر منطقه و تجزیه و تحلیل آماری این پدیده و همین‌طور پیش‌بینی وقوع آن لازم است از نمایه‌های مناسب استفاده شود. نمایه استاندارد شده بارش (SPI) یکی از نمایه‌های جدیدی است که جهت پایش خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محاسبه نمایه SPI برای هر منطقه به آمار دراز مدت نیاز دارد. این آمار دراز مدت به صورت تابع توزیع گاما، برازش یافته سپس تابع حاصل برای پیدا کردن احتمال تجمعی بارندگی برای یک ایستگاه و برای ماه معین و مقیاس زمانی گوناگون استفاده می‌شود. مقادیر مثبت، نمایانگر بارش بیشتر از مقدار بارش متوسط و مقادیر SPI منفی، بیانگر بارش کمتر از مقدار متوسط آن می‌باشد. این نمایه بیان می‌کند که ممکن است یک ناحیه با یک یا چند مقیاس زمانی به طور هم‌زمان شرایط ترسالی و در دیگر مقیاس‌های زمانی شرایط خشکسالی را داشته باشد، یعنی یک ناحیه ممکن است دچار خشکسالی کشاورزی باشد؛ اما از لحاظ هیدرولوژی شرایط ترسالی در آن حاکم باشد. محاسبه نمایه SPI با استفاده از نرم افزار ویژه طراحی شده برای این صورت پذیرفته

است. این برنامه نمایه SPI را برای مقیاس‌های ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ماهه محاسبه می‌کند. بررسی روش‌های مختلف درون‌یابی برای پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نشان داده است که بین چهار روش درون‌یابی، روش کرجینگ و IDW روش‌های مناسبی برای درون‌یابی شدت دوره‌های خشک است. لذا با استفاده از این روش مقادیر نقطه‌ای نمایه SPI ماهانه مورد استفاده برای پایش دوره‌های خشک به سطح تعمیم داده شده و نقشه‌های شدت این پدیده در مقیاس‌های زمانی متفاوت، برای استفاده در جهت برنامه ریزی‌های سازگاری با دوره‌های خشک تولید شده است.

مقدمه

خشکسالی یکی از مزلزل‌ترین و از لحاظ اقتصادی زیان‌بارترین بلایای طبیعی می‌باشد. خشکسالی حادثه‌ای طبیعی و پدیده‌ای آرام و مرموز است که به اعتقاد بسیاری دارای مکانیسمی پیچیده بوده و ماهیت آن نسبت به تمامی حوادث طبیعی کمتر شناخته شده است [۷]. خشکسالی بدون شک برای اکثر مردم دربرگیرنده یک تصور ذهنی از سرزمین‌های بایر، نابودی محصولات زراعی و تلاش موجودات زنده جهت بقا می‌باشد. بنابراین درخشکسالی نه تنها باید انتظار نابهنجاری‌های آب و هوایی را داشت، بلکه در دیگر امور روزمره نیز باید منتظر نابهنجاری‌های وخیمی بود. به علت تعدد عوامل وقوع خشکسالی، تعریف آن کار چندان ساده‌ای نمی‌باشد. از طرف دیگر محققان و پژوهشگران از دیدگاه تخصصی خودشان به آن می‌نگرند. هواشناسان عموماً خشکسالی را به عنوان دوره‌ای در نظر می‌گیرند که در طول آن بارش به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از میزانی است که به طور متعارف ریزش می‌کند. این تابع موقعیت مکانی و فصلی نیز می‌باشد. دانشمندان علوم کشاورزی، خشکسالی را بیشتر از نقطه نظر حیات گیاهی و نظارت بر مقدار رطوبت خاک در نظر می‌گیرند. پس برای آن‌ها یک دوره فاقد بارش در صورتی که رطوبت خاک در حد مناسبی باشد، چندان مهم نیست، اما رطوبت خاک و بارش در یک ارتباط تنگاتنگ با هم قرار دارند. از دیدگاه هیدرولوژیست‌ها خشکسالی صرفاً در کاهش جریان رودخانه‌ها و افت سطح آب زیرزمینی تظاهر می‌کند. داده‌های اصلی، جریان‌ات سطح الارضی و زیرزمینی می‌باشد و جالب، وضعیتی است که در آن مقدار آب مورد نیاز محصولات فراهم بوده، اما رواناب به واسطه تأثیرات جدی در حداقل مقدار خود قرار دارد. این بدان معناست که خشکسالی هیدروکلیماتولوژیکی موجود بوده ولی نوع کشاورزی دیده نمی‌شود [۷].

از یک دیدگاه جامع، می‌توان خشکسالی را معلول یک دوره شرایط هوایی خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی دوام داشته باشد تا عدم تعادل جوی در وضعیت هیدرولوژیکی یک ناحیه ایجاد نماید. هر چند عبارت خشکسالی نشانگر یکسال خشک با انحراف مقدار بارش از متوسط دوره آماری است، ولی این دلیل بر آن نیست که در تمام طول سال، بارش پایین‌تر از حد متعارف باشد، بلکه بیانگر وقوع دوره‌هایی با بارش خیلی کم در طی ماه‌های مرطوب یا فراوانی زیاد دوره‌های کم بارش است و هیچ‌گاه دلیل بر خشکی مطلق نمی‌باشد. بنابراین می‌توان گفت خشکسالی یک دوره با بارش کمتر از حالت متعارف است که به کاهش و کمبود ذخائر آب منجر می‌شود.

لذا با توجه به شرایط ویژه جغرافیایی و اقلیمی کشور این مسئله مطرح می‌شود که چگونه می‌توان به ارزیابی دقیق مسئله خشکسالی پرداخت. پایش وضعیت خشکسالی امکان ایجاد سیستم پیش‌آگاهی را در راستای اجرای مدیریت ریسک فراهم می‌آورد. در پایش وضعیت خشکسالی نمایه‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نمایه‌ها یا براساس تعریف‌های خشکسالی و یا روش‌های محاسبه‌ای که در آن از یک یا چند پارامتر هواشناسی استفاده شده به دست آمده‌اند. از جمله این نمایه‌ها می‌توان به نمایه استاندارد شده بارش (SPI) اشاره کرد. در این تحقیق در راستای مطالعه‌های جامع خشکسالی، محاسبه نمایه SPI برای استان خراسان به صورت نقطه‌ای و سپس پهنه‌بندی آن انجام شده است. محاسبه‌ها براساس داده‌های پارامترهای اقلیمی استخراج شده، از شبکه ایستگاه‌های هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی کشور در استان خراسان می‌باشد.

محاسبه نمایه استاندارد شده بارش

نمایه SPI، نمایه‌ای است که بستگی به احتمال بارش برای هر زمان و مقیاس دارد و برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است. (با توجه به اینکه شدت خشکسالی و تکرار آن همگی توابعی اند که به طور صریح و غیرصریح به مقیاس زمانی وابسته‌اند) و می‌تواند هشدار اولیه جهت خشکسالی و کمک به ارزیابی شدت آن باشد. این روش به وسیله مککی^۱ و همکارانش (۱۹۹۳) با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، و جریان آبراهه ارائه شده است. با توجه به خصوصیات SPI این نمایه در سرتاسر دنیا برای پایش

دوره‌های خشکی مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله توسط یاموچ² و همکاران که ثابت نمودند استفاده از نتایج SPI برای تعیین اثرات آب و هوا بر روی عملکرد گیاهان خیلی سودمند است و نیز استفاده از این نمایه در نبراسکا (توسط مککی و ادواردز³)، سواحل غرب آفریقا (توسط اگینو⁴) و در کشور ترکیه (بسه و سیله کومسکو⁵) می‌توان اشاره کرد.

جهت محاسبه این نمایه از تابع توزیع گاما برای برآزش داده‌های بلندمدت بارش استفاده می‌شود که پس از انجام محاسبه‌های لازم و تعیین پارامترهای مربوطه، نمایه SPI به صورت زیر محاسبه می‌گردد [8].

$$SPI = - \left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (1)$$

$$SPI = + \left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad 0.5 < H(x) \leq 1 \quad (2)$$

که در آن

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{H(x)^2} \right]} \quad 0 < H(x) \leq 1 \quad (3)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1 - H(x))^2} \right]} \quad 0.5 < H(x) \leq 1 \quad (4)$$

در این روابط $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$ مقادیر ثابت و $H(x)$ احتمال تجمعی است.

$$d1=3.432788$$

$$d2=0.189269$$

$$d3=0.003308$$

$$c0=2.535537$$

$$c1=0.802853$$

$$c2=0.030328$$

پایش خشکسالی با استفاده از نمایه SPI

نمایه استاندارد شده بارش، یک ابزار قوی در آنالیز داده‌های بارندگی می‌باشد. هدف SPI اختصاص ارزش عددی به بارندگی می‌باشد که بتوان نواحی با آب و هوای کاملاً متفاوت را با هم مقایسه نمود. به عنوان مثال آنچه که در نواحی حاره‌های خشکسالی ایجاد می‌کند، ممکن است همان مقدار بارندگی باشد که به عنوان بارش سنگین در نواحی ییابانی مورد توجه قرار گیرد. بعضی از مزایای SPI عبارتند از:

۱- سادگی SPI،

2- Yamoah et al., 1997

3- Edwards & McKee, 1997

4- Agnew, 2000

5- Komuscu, 1999

- ۲- چندکاره بودن SPI، جهت پایش شرایط خشکسالی از نظر هواشناسی و کشاورزی و هیدرولوژی
- ۳- توزیع نرمال SPI،
- ۴- عدم وابستگی به رطوبت خاک و امکان استفاده در تمامی ماه‌های سال،
- ۵- انعطاف پذیری SPI نسبت به مقیاس‌های زمانی و متفاوت نمایه SPI محاسبه شده در محدوده $+2$ و یا بیشتر برای ترسالی حاد تا -2 و یا کمتر برای خشکسالی حاد، درجه بندی می‌شود.
- در این طبقه بندی، خشکسالی برای یک دوره زمانی وقتی ظاهر می‌شود که نمایه SPI مقدار کمتر از -1 به خود بگیرد. پایان دوره خشکسالی را زمانی می‌توان اعلام کرد که نمایه SPI مقدار مثبت را نشان دهد. براساس روش محاسبه ذکر شده، طبق طبقه بندی نمایه SPI وضعیت منطقه مورد مطالعه را از نظر وقوع خشکسالی و روند آن می‌توان مورد بررسی قرار داد [۱].

جدول ۱: طبقه بندی خشکسالی براساس نمایه SPI

ارزش SPI	درجه خشکسالی
۰ تا ۰/۹۹	خشکسالی ملایم
-۱/۴۹ تا -۱/۰۰	خشکسالی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵۰	خشکسالی شدید
-۲/۰	خشکسالی حاد

SPI در مقیاس زمانی کوتاه مدت و بلندمدت

SPI به دو صورت کوتاه مدت (۱، ۳، ۶، ۹ ماهه) و بلندمدت (۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ ماهه) محاسبه شده و در هر مقیاس زمانی SPI مقیاس بارندگی همان دوره خاص را با بارندگی همان دوره برای همه سال‌هایی که اطلاعات برای آن‌ها ثبت شده، فراهم می‌آورد. SPI کوتاه مدت شرایط رطوبت کوتاه مدت را منعکس می‌کند و برآورد فصلی از بارندگی را مشخص می‌کند و در این مدل تغییرات بیشتری وجود دارد و نشانگر آن است که نمایه SPI کوتاه مدت حساسیت بیشتری به تغییرات شرایط رطوبت دارد و همان طور که n طولانی تر می‌شود بارندگی ماه جدید اثر کمتری بر کل بارندگی دارد و نمایه به آهستگی پاسخ می‌دهد.

مقیاس زمانی کوتاه مدت دارای نوسانات زیادتری نسبت به بلندمدت می‌باشد و نسبت به شرایط رطوبت بسیار حساس است. بنابراین با کوچک‌ترین تغییر در بارندگی ماهانه سریعاً جواب می‌دهد. اگر نوسانات، مثبت باشد سریعاً به بالای صفر و چنانچه

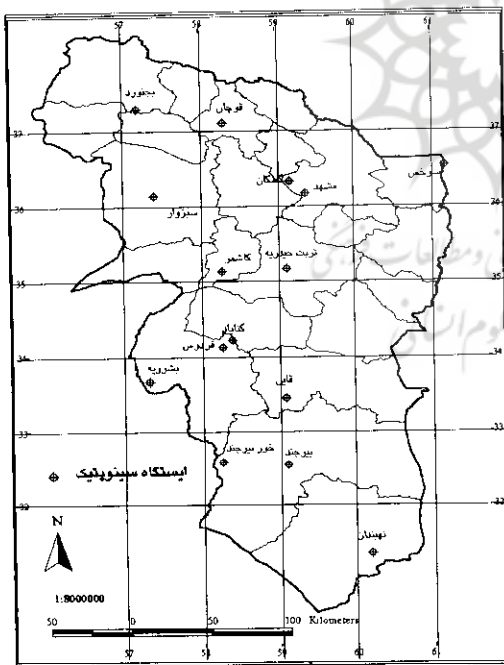
منفی به زیر صفر نوسان می‌کند. SPI دوره‌های طولانی مدت شدت خشکسالی را بهتر منعکس کرده و مقادیر SPI برای این مقیاس زمانی با سیل‌ها، سطح آب در سدها و منابع زیرزمینی آب مرتبط می‌شوند.

مشخصات محدوده مطالعاتی

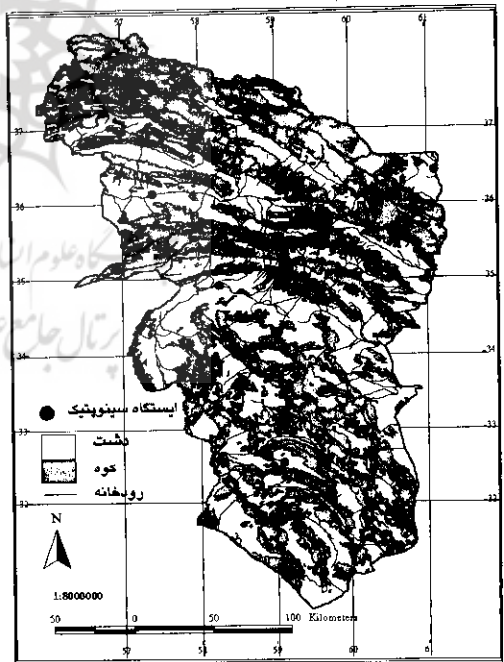
استان خراسان با وسعتی بالغ بر ۲۹۴۹۷۲ کیلومتر مربع و متوسط بارندگی سالانه ۲۰۰ میلیمتر در محدوده عرض جغرافیایی ۳۰ و ۳۸ درجه شمالی واقع و اقلیم آن تحت تأثیر توده‌های محلی و ارتفاعات منطقه می‌باشد که ارتفاعات در نقشه ۱ به صورت حد کوه و دشت نشان داده شده است.

نمایه SPI در استان خراسان

در مرحله اول نمایه SPI برای ۱۵ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در شبکه ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور طبق روش عنوان شده محاسبه شد. مشخصات ایستگاه‌ها که شامل فیلدهای اطلاعاتی نام ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه از سطح دریا می‌باشد به صورت کاملاً ماشینی به محیط GIS انتقال داده شده است. که در جدول ۲ و موقعیت آن‌ها (در استان) در نقشه ۲ نشان داده شده است.



نقشه ۲ محدوده مطالعاتی ایستگاه‌های سینوپتیک



نقشه ۱ توپوگرافی محدوده مطالعاتی به صورت مرز بین کوه و دشت

جدول ۲ لایه نقطه‌ای مربوط به موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان

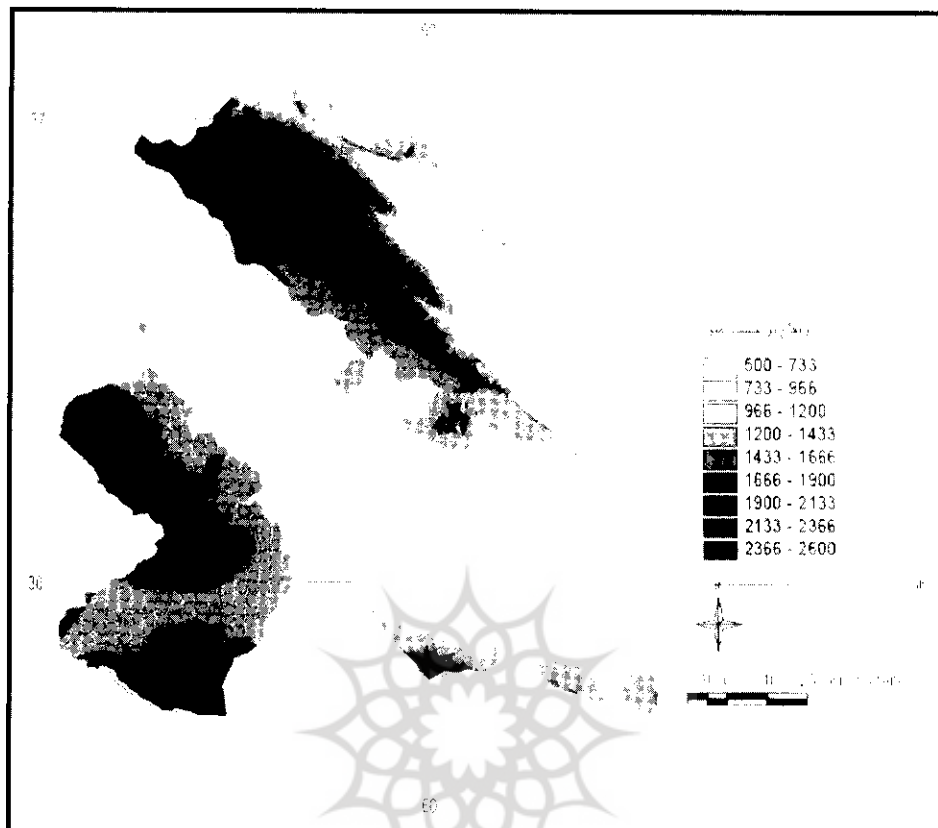
ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع	طول	عرض	ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع	طول	عرض
۱	بیرجند	۱۴۹۱	۵۹,۱۲	۳۲,۵۲	۹	کاشمر	۱۱۱۰	۵۸,۲۸	۳۵,۱۲
۲	بجنورد	۱۰۹۱	۵۷,۱۹	۳۷,۲۸	۱۰	خور بیرجند	۸۴۵	۵۸,۲۶	۳۲,۵۶
۳	بشرویه	۸۸۵	۵۷,۲۶	۳۳,۵۳	۱۱	مشهد	۹۹۹	۵۹,۳۸	۳۶,۱۶
۴	فردوس	۱۲۹۳	۵۸,۹۰	۳۴,۱۰	۱۲	نهبندان	۱۲۱۱	۶۰,۲۰	۳۱,۳۲
۵	قاین	۱۴۳۲	۵۹,۱۰	۳۳,۴۲	۱۳	سبزوار	۹۷۷	۵۷,۴۰	۳۶,۱۳
۶	قوچان	۱۲۸۷	۵۸,۳۰	۳۷,۱۰	۱۴	سرخس	۲۳۵	۶۱,۱۸	۳۶,۵۲
۷	گلمکان	۱۱۷۶	۵۹,۱۷	۳۶,۳۲	۱۵	ترت حیدریه	۱۴۵۰	۵۹,۱۳	۳۵,۱۶
۸	گناباد	۱۰۵۶	۵۸,۴۲	۳۴,۲۱					

SPI استان خراسان برای دوره‌های ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ماهه با اطلاعات بارندگی ۱۵ ایستگاه سینوپتیک استان محاسبه گردیده است. داده‌هایی که دارای نقص و کسری آمار بوده است با توجه به ایستگاه‌های مبنا مشهد، تربت حیدریه، بیرجند، بجنورد، سبزوار و قوچان که آمار بارندگی آن‌ها کامل و بدون نقص بوده است با استفاده از روش‌های میان‌یابی^۶ و درون‌یابی^۷ بازسازی و تکمیل شده است. در روش اول از میانه دو داده مجاور به عنوان جایگزین آمار مفقود شده استفاده می‌شود و در روش دوم از طریق درون‌یابی خطی با توجه به شیب خط عبور کرده از نقاط مجاور به منظور جایگزینی مقدار عددی مناسب برای داده مفقود به دست می‌آید [۶].

برای نمونه، تحلیل نقطه‌ای وضعیت خشکسالی ایستگاه مشهد به شرح ذیل مورد بررسی و بحث قرار گرفته است. به منظور بررسی وضعیت خشکسالی در سی سال گذشته در استان خراسان ایستگاه سینوپتیک مشهد که حداقل دارای سی سال آماری بوده است انتخاب و تغییرات نمایه استاندارد SPI در این ایستگاه محاسبه شده است که در نمودار ۱ تغییرات این نمایه از سال ۱۹۶۳ لغایت ۲۰۰۳ در ایستگاه‌های فوق نشان داده شده است.

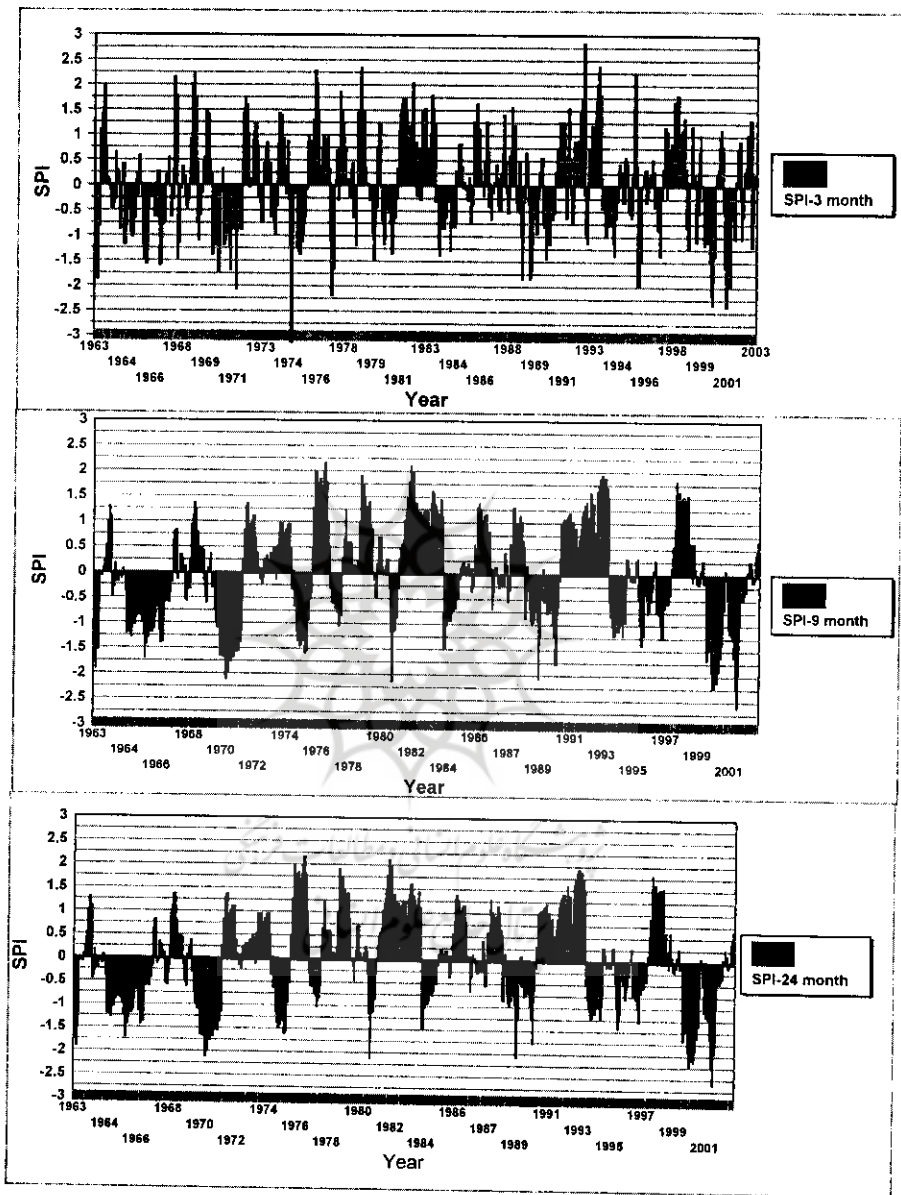
6- Median of near by points

7- Linear interpolation

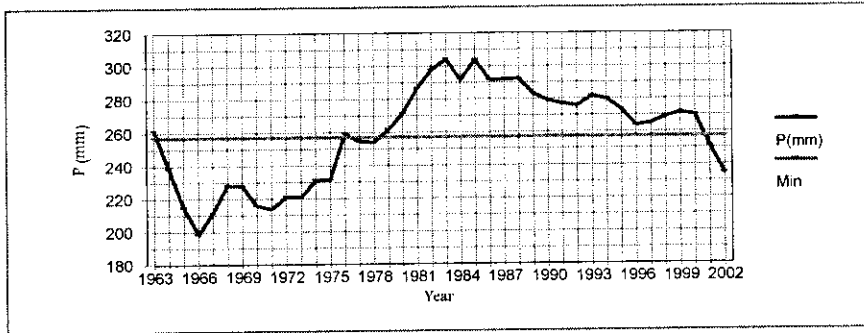


نقشه ۲ توپوگرافی شهرستان مشهد و موقعیت ایستگاه سینوپتیک آن

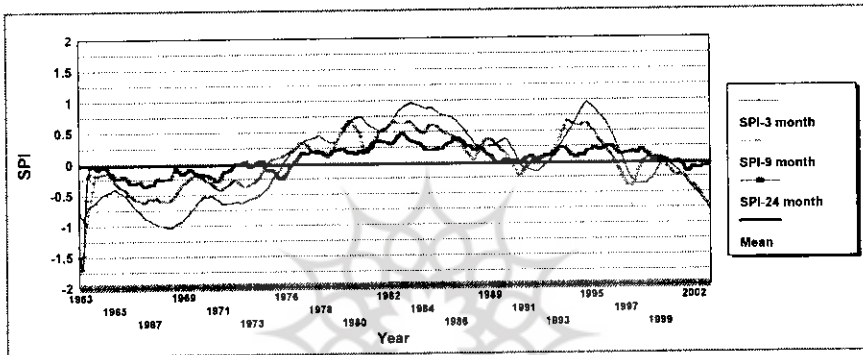
با ارزیابی که بر روی بارندگی سالانه این شهر در طی دوره آماری ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۳ انجام گرفت مشخص شد که متوسط بارندگی سالانه ۲۵۷ mm با ماکزیمم ۴۲۷ و مینیمم ۱۳۸/۷ میلی‌متر در سال بوده است. در این مدت، ۱۴ سال بارندگی کمتر از میانگین بلندمدت بارندگی در این شهر رخ داده است و پس از یک ترسالی مجدداً از سال ۱۹۹۹ کاهش بارندگی را داشته است. در مقایسه با مقادیر محاسبه شده SPI در طی همین دوره آماری شباهت فراوانی بین منحنی‌های رسم شده برای SPI (نمودار ۲ و ۳) و منحنی بارندگی که با استفاده از میانگین‌گیری متحرک به دست آمده است، دیده می‌شود.



نمودار ۱ روند تغییرات نمایه SPI در ایستگاه مشهد طی سال‌های ۱۹۶۳ لغایت ۲۰۰۳



نمودار ۲ میانگین متحرک بارندگی شهرستان مشهد در یک دوره آماری ۳۰ ساله



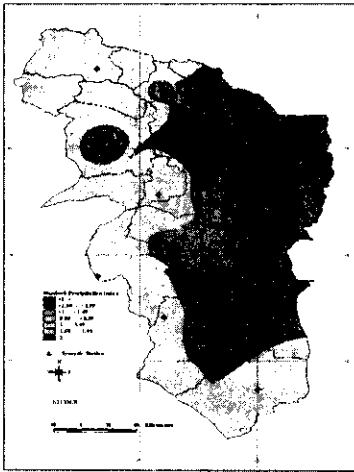
نمودار ۳ پهنه‌بندی استان با استفاده از مدل IDW

پهنه‌بندی استان خراسان با استفاده از نمایه SPI

SPI استان خراسان برای دوره‌های ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ماهه با اطلاعات بارندگی ۱۵ ایستگاه پس از تبدیل به درصد اینچ محاسبه شده است و با استفاده از داده‌های SPI ۳ و ۲۴ ماهه پهنه‌بندی استان با استفاده از روش‌های موجود برای میان‌یابی و تحلیل فضایی داده‌های مکانی صورت گرفته است. مدل‌های ابداعی خاص جهت افزایش دقت نقشه‌های پهنه‌بندی دوره‌های خشک ارائه شده و چندین مدل تحلیلی متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است که تمامی این مدل‌ها توسط سیستم GIS و با استفاده از نرم‌افزار Arcview3.2 انجام می‌گیرد. روش‌های معمول در میان‌یابی به شرح ذیل می‌باشد:

۱- مدل IDW: اساس آن بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح

انترپولاسیون اثر یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نبوده و نقاط نزدیک، بیشتر و نقاط دور، کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرند و هر چه فاصله از مبدأ افزایش می‌یابد اثر پارامتر



کمتر می‌شود. جهت پهنه‌بندی SPI بر این مدل از توان دو عکس فاصله به اندازه سلول‌های ۲۰۰ متر و انجام محاسبات مربوطه، استفاده شده [۲]. برای مثال نقشه شماره ۴ پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان را با استفاده از روش IDW با SPI در ژانویه ۲۰۰۳ با دوره‌زمانی ۴۸ ماهه نشان می‌دهد.

۲- مدل کرچینگ: جهت تحلیل فضایی و توزیع منطقه‌ای داده‌های مکانی، استفاده از مدل کرچینگ روش‌های پیشرفته و مناسب می‌باشد.

با توجه به این که داده‌های مورد استفاده مربوط به شدت

دوره‌های خشک و در نهایت مقادیر نمایه SPI در هر نقشه ۴ پهنه‌بندی استان با استفاده از مدل IDW ایستگاه به عنوان یک مجموعه داده مکانی می‌باشد، لذا پهنه‌بندی و تحلیل فضایی دوره خشک با استفاده از این مدل بسیار مناسب است. روش کرچینگ یک روش پیش‌بینی بهینه است که برای متغیرهای ژئوفیزیکی با توزیع پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیرها در این روش تا حدودی تصادفی بوده، اما تغییراتشان را نمی‌توان با یک تاندسی تعریف کرد. در این مدل تحلیل، از یک روش میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می‌شود به این ترتیب که هرچه متغیر به مرکز و مبدا نزدیک‌تر وزن آن بیشتر و هرچه دورتر وزن آن کمتر خواهد بود. در این روش ابتدا داده‌های مربوط به انحراف آماری متغیرها در فواصل در جهان متفاوت نسبت به نقطه کنترل به صورت مجموعه‌هایی از فاکتورها وزن دار که حداقل خطا در تخمین مقادیر نقطه‌ای را دارد تولید می‌شود با توجه به کامل بودن روش فوق، جهت پهنه‌بندی استان از این روش استفاده شده است. پس از ورود داده‌های SPI به صورت رستری (Grid) با استفاده از نرم‌افزارهای GIS پهنه‌بندی خراسان برای سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ انجام شده است.

نقشه‌های ۵ پهنه‌بندی استان با استفاده از SPI سه ماهه برای سال ۲۰۰۲ براساس روش مدل کرچینگ را نشان می‌دهد. همچنان که در نقشه‌ها مشخص است استان از نظر SPI کوتاه مدت (کشاورزی) تقریباً حالت نرمال دارد و شرایط رطوبت کوتاه‌مدت را منعکس می‌کند و برآورد فصلی از بارندگی را نشان می‌دهد. نقشه‌های ۶ پهنه‌بندی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد بارش SPI 24 ماهه و به روش کرچینگ برای سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ را نشان می‌دهد.

همان‌طور که نقشه‌ها مشخص است، خشکسالی شدید ابتدا در قسمت‌های شمال شرقی و مرکزی استان بروز کرده است. در ماه بعد بیشتر استان به جز ناحیه کوچکی در

شمال غربی استان را فرا گرفته است و در قسمت‌های جنوبی به صورت خشکسالی حاد در آمده است. در ماه‌های بعد خشکسالی گسترش یافته و بیشتر استان را در بر گرفته است. از دسامبر ۲۰۰۱ از خشکسالی حاد به تدریج کاسته شده به طوری که در می ۲۰۰۲ کاملاً از بین رفته است ولی خشکی هم‌چنان در استان، به خصوص در قسمت‌های جنوب و مرکزی وجود دارد و نه تنها از مقدار آن کاسته نشده که روند افزایشی هم داشته است ولی در ژانویه سال ۲۰۰۳ آثار کاهش خشکسالی در استان مشاهده می‌شود.

جدول ۳ محاسبه SPI 24 ماهه سال ۲۰۰۱ برای ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان

نام ایستگاه	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	۲۳۴۵	-۲۷۱	-۲۹۶	-۲۹۴	-۲۹	-۲۸۷	-۱۸۲	-۲۸۹	-۲۹۵	-۲۹۸	-۳۰۱	-۲۸۳	
بجنورد	۰۵۲	۰۶۵	۰۶۸	۰۵	۰۳۶	۰۳۴	۰۲۵	۰۲۸	۰۴۲	۰۳۱	۰۸۶	۰۸۳	
بشرویه	۰۳۲	۰۷۸	۰۸۶	۰۳	۰۳۷	۰۳۱	۰۲۵	۰۲۴	۰۳۱	۰۱۴	۰۶۲	۰۶	
فردوس	۲۷۸	۲۶	۲۷۳	۲۵۱	۲۴۲	۲۴۳	۲۴۲	۲۴۲	۲۳۶	۲۳۸	۲۵۹	۲۴۸	
قاین	۰۴	۱۴۲	۲۰۹	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۲۹	۲۳۲	۲۳۵	۲۳۶	۲۳	
قوچان	۰۴	۰۵۵	۰۳۹	۰۷۱	۰۸	۰۸۴	۰۹۹	۰۹۹	۰۹۹	۰۹۴	۰۷۶	۷۰۲	
گلمکان	۱۸۲	۱۸۶	۲۱۸	۱۲	۲۱۹	۲۲۸	۲۲۶	۲۲۷	۲۲۸	۲۲۷	۲۳۶	۲۱۸	
گناباد	۷۵۶	۱۷۱	۱۵۳	۲۴۱	۲۳۶	۲۳۵	۲۳۳	۲۳۳	۲۳۲	۲۳۹	۲۶۴	۲۷۸	
کاشمر	۱۲	۱۵۵	۲۳۵	۲۴۱	۲۳۵	۲۴۹	۲۵۴	۲۵۴	۲۵۲	۲۶۲	۲۷	۲۵۴	
خور بیرجند	۷۰۲	۱۹۹	۲	۲۰۷	۲۰۴	۲۰۴	۲۰۴	۲۰۴	۲۱۱	۲۰۸	۲۰۸	۱۹۸	
مشهد	۱۳۸	۱۵۸	۲۳۸	۲۳۹	۲۳۱	۲۳	۲۳	۲۳۶	۲۳۶	۲۴۲	۲۴۲	۲۰۶	
نهبندان	۰۲۴	۱۱۶	۱۷۲	۱۷۸	۱۷۳	۱۷	۱۷۲	۱۷۲	۱۷۵	۱۷۴	۱۷۶	۱۷۲	
سبزوار	۱۶۴	۱۵۹	۱۷۷	۱۸۴	۱۸۱	۱۸۲	۱۷۵	۱۷۲	۱۷۴	۱۷۲	۱۸۶	۱۷۷	
سرخس	۲۳۲	۲۳۲	۱۷۵	۱۲۹	۱۲۷	۱۳۶	۱۳۳	۱۳۴	۱۳۹	۱۳۷	۱۳۹	۱۵۳	
تربت حیدریه	۲۰۵	۲۳۴	۱۸	۱۷۴	۱۶۲	۱۷۷	۱۷۶	۱۷	۱۷	۲۳۳	۲۳۲	۲۴۷	

نقشه‌های ۷ شدت سال‌های خشک، در ماه ژانویه برای یک دوره آماری چهارده ساله را نشان می‌دهد (۲۰۰۳-۱۹۹۳).

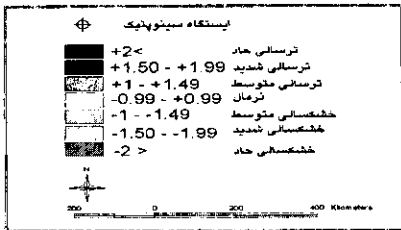
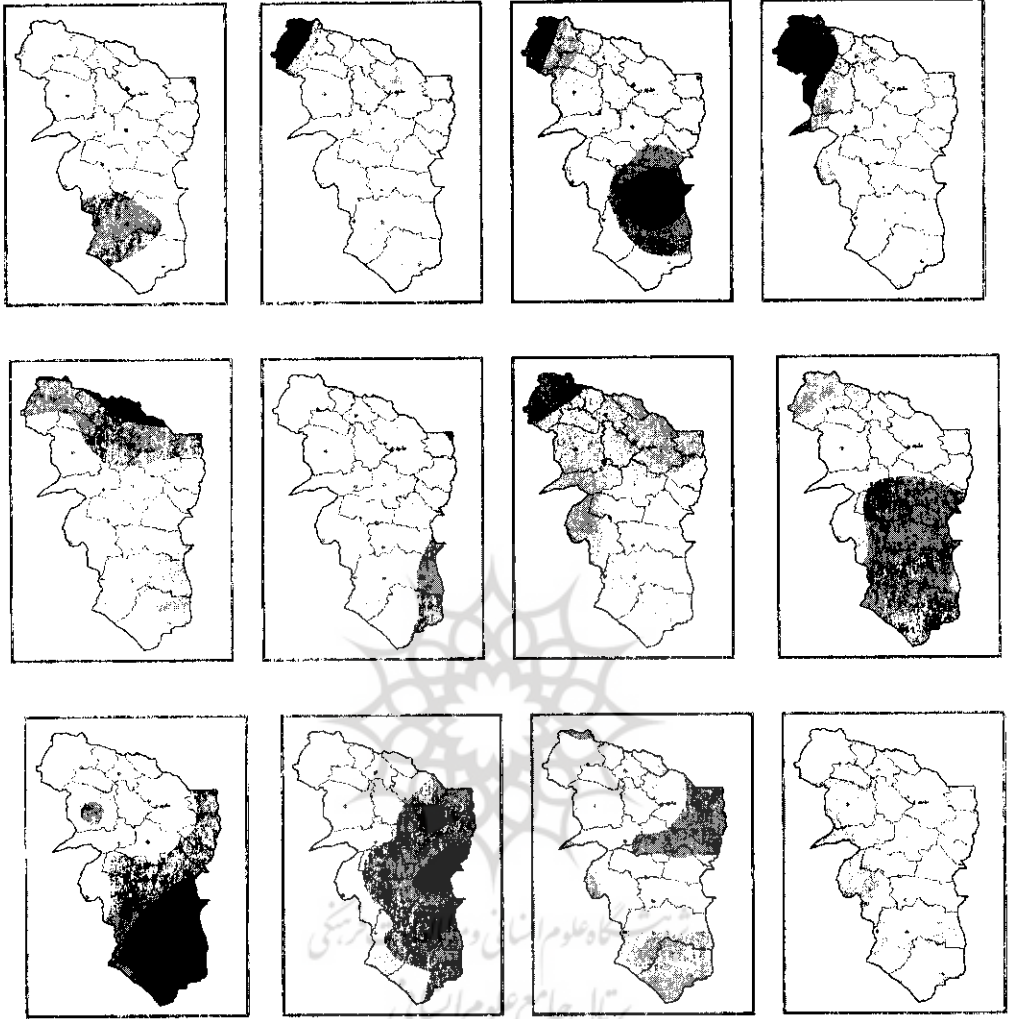
استان خراسان در سال ۱۹۹۳ با یک ترسالی متوسط شروع و با کاهش ترسالی در سال‌های بعد به صورت نرمال در آمده است و این روند تا سال ۱۹۹۸ ادامه یافته است. در این سال خشکی از قسمت‌های جنوبی آغاز و در ژانویه ۲۰۰۳ تقریباً کل استان را فرا گرفته است.

جدول ۴ محاسبه SPI 24 ماهه (سال ۲۰۰۲) ایستگاه سینوتیک خراسان

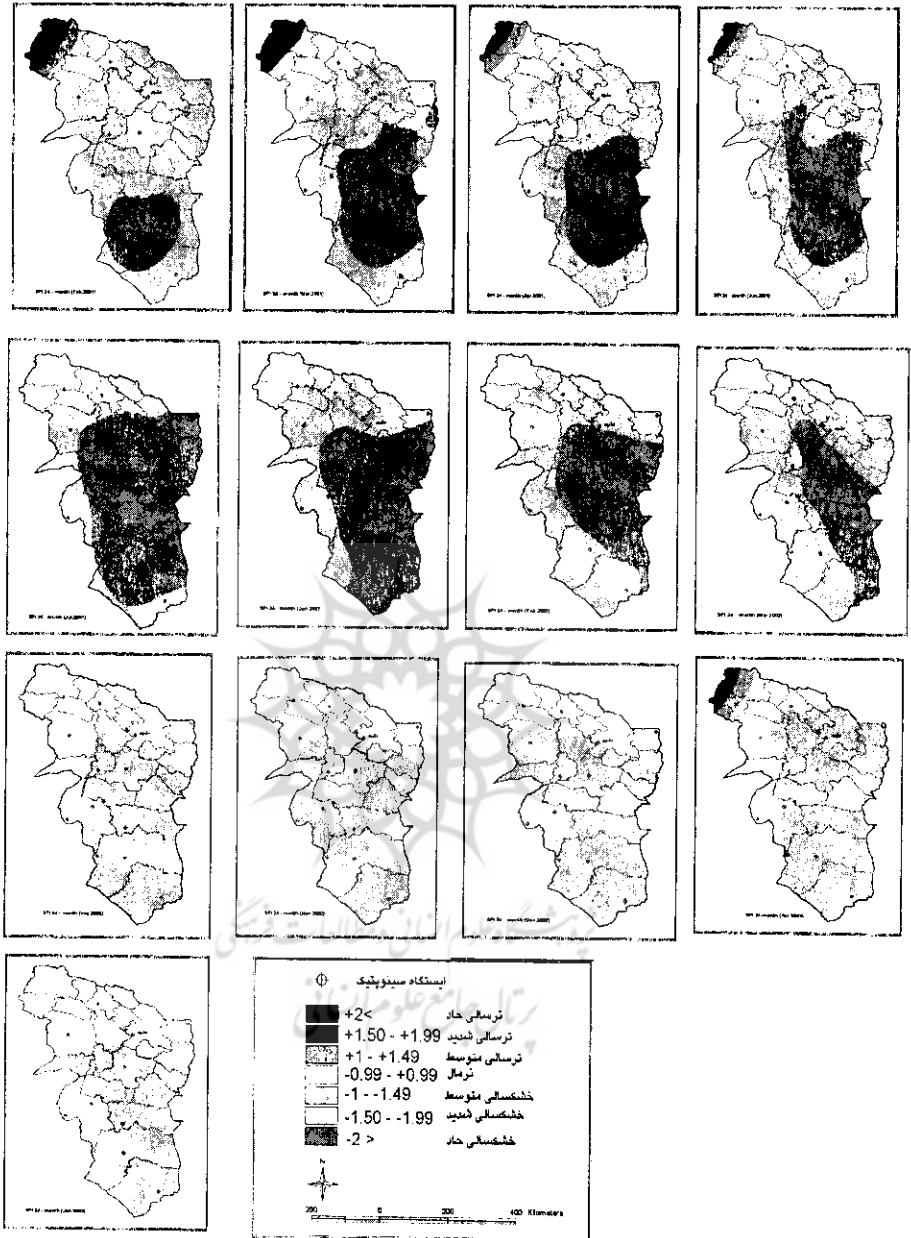
نام ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مهر	مهر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	۰/۳۴	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۲۵
بجنورد	۰/۱۰	۰/۶۴	۰/۲۳	۰/۹۱	۱/۴۲	۱/۱۸	۱/۲۸	۰/۹۷	۰/۴۶
بشرویه	۰/۷۶	۰/۶۴	۰/۲۳	۰/۹۱	۱/۴۲	۱/۱۸	۱/۲۸	۰/۹۷	۰/۴۶
فردوس	۱/۹۹	۱/۲۳	۱/۴۳	۱/۰۸	۱/۰۷	۱/۰۵	۱/۰۴	۱/۱۱	۱/۱۷
قاین	۲/۲۷	۲/۱۷	۱/۸۱	۱/۲۷	۱/۲۶	۱/۲۶	۱/۲۵	۱/۲۳	۱/۴۴
قوچان	۱/۲۳	۱/۳۴	۱/۶۰	۰/۷۳	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۴۵
گلمکان	۲/۱۳	۲/۰۲	۲/۰۵	۱/۴۶	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۹	۱/۰۷
گناباد	۲/۷۸	۲/۵۰	۱/۹۸	۱/۵۱	۱/۳۴	۱/۳۳	۱/۳۱	۱/۳۱	۱/۶۲
کاشمر	۲/۵۱	۱/۹۳	۱/۶۷	۱/۲۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۴	۱/۱۹
خور بیرجند	۱/۹۶	۱/۴۴	۱/۲۶	۱/۱۴	۱/۱۱	۱/۱۱	۱/۱۱	۱/۰۸	۱/۰۹
مشهد	۱/۸۳	۱/۷۱	۱/۵۲	۱/۱۰	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۷۶
نهبندان	۲/۴۱	۱/۸۰	۱/۹۶	۱/۷۹	۱/۷۸	۱/۷۶	۱/۷۵	۱/۷۴	۱/۱۷
سبزوار	۱/۸۱	۱/۶۴	۱/۶۳	۱/۰۰	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۹۱
سرخس	۲/۰۷	۱/۸۲	۱/۱۱	۰/۶۶	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۷
تربت حیدریه	۲/۴۵	۲/۴	۲/۲۱	۱/۹۴	۱/۲۲	۱/۲۵	۱/۲۲	۱/۷	۱/۸۸

جدول ۵: محاسبه SPI 24 ماهه ماه ژانویه در یک دوره آماری

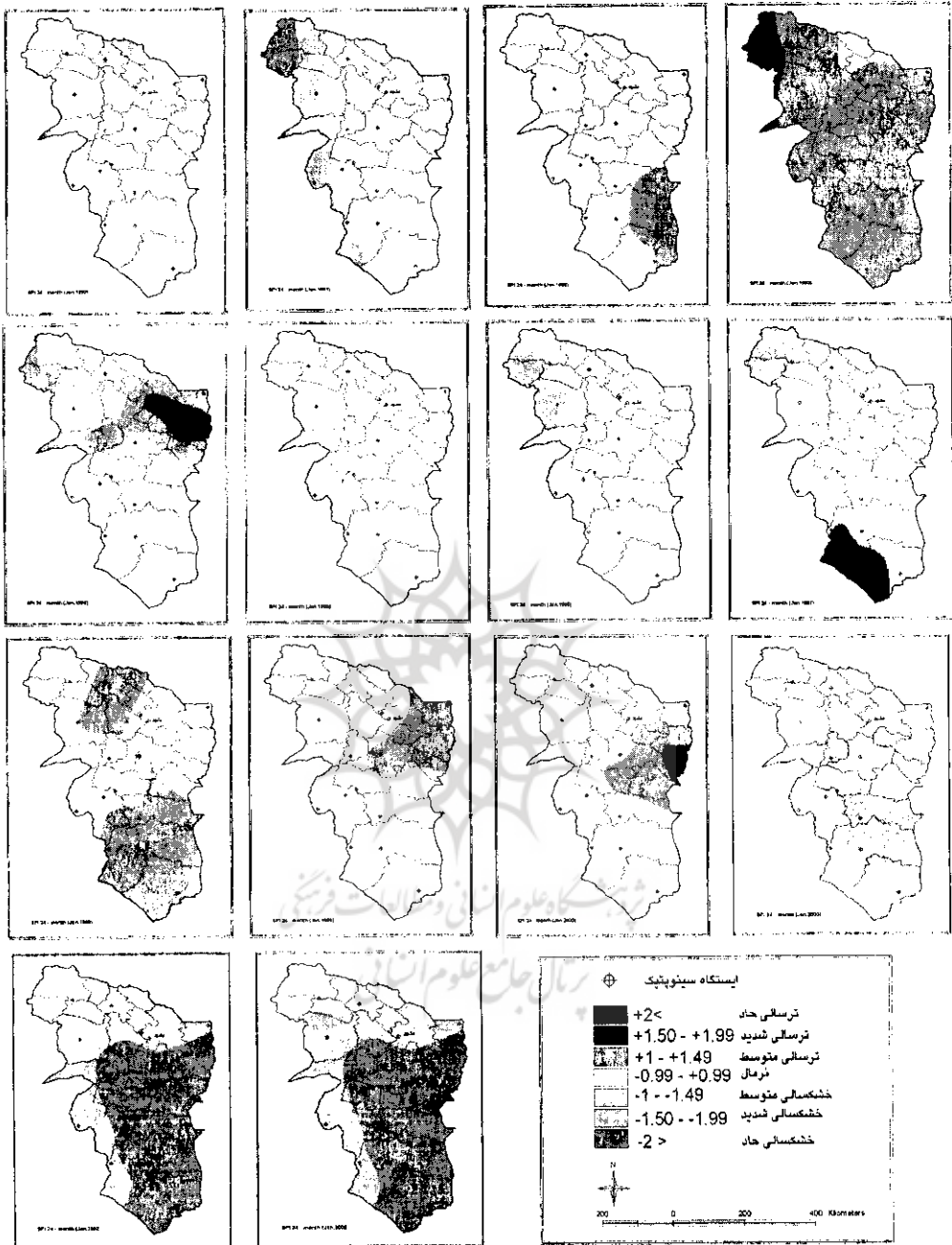
نام ایستگاه	سال	۱۹۹۰	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲
بیرجند	۰/۷۳	۰/۲۳	۰/۷۴	۱/۳۰	۰/۱۱	۰/۵۹	۰/۴۲	۰/۹۵	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۱۷	۱/۰۸	۲/۴۱	۲/۴۱
بجنورد	۰/۳۲	۲/۰۵	۰/۴۳	۱/۳۸	۱/۰۷	۰/۱۲	۰/۲۴	۱/۳۸	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۵۳	۰/۸۰	۰/۸۰
بشرویه	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۲۶	۱/۶۰	۱/۲۸	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۷۳	۰/۸۶	۰/۸۶
فردوس	۰/۳۵	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۸۶	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۵۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۲/۷۸	۱/۹۹	۱/۹۹
قاین	۰/۲۴	۰/۱۶	۱/۲۱	۱/۴۴	۰/۲۵	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۶۲	۱/۱۴	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۴۰	۲/۲۷	۲/۲۷
قوچان	۰/۸۷	۱/۳۳	۰/۰۶	۱/۰۴	۰/۹۳	۰/۱۷	۱/۶۷	۱/۳۲	۰/۶۱	۱/۴۰	۱/۱۵	۰/۴۰	۱/۲۳	۱/۲۳
گلمکان	۰/۱۶	۱/۶۵	۰/۰۴	۱/۵۸	۱/۵۹	۱/۲۷	۱/۱۶	۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۵۵	۰/۳۶	۱/۸۲	۲/۱۳	۲/۱۳
گناباد	۰/۲۳	۰/۸۴	۰/۸۲	۱/۶۴	۰/۴۸	۰/۰۲	۱/۰۳	۰/۱۱	۰/۲۹	۱/۱۹	۱/۱۹	۱/۵۶	۲/۷۸	۲/۷۸
کاشمر	۰/۵۳	۱/۴۲	۰/۳۴	۱/۳۹	۱/۳۹	۰/۱۵	۰/۶۴	۰/۳۵	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۵۴	۲/۱۰	۲/۵۱	۲/۵۱
خور بیرجند	۰/۳۸	۱/۳۴	۰/۷۳	۱/۳۳	۰/۱۶	۰/۶۴	۰/۶۳	۱/۱۱	۱/۱۷	۱/۱۷	۰/۵۱	۱/۰۲	۱/۹۶	۱/۹۶
مشهد	۰/۰۳	۱/۱۳	۰/۳۷	۱/۰۰	۱/۷۳	۰/۵۰	۱/۳۴	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۵۶	۱/۳۸	۱/۸۳	۱/۸۳
نهبندان	۰/۸۹	۰/۱۳	۱/۳۴	۱/۵۹	۰/۷۱	۰/۵۰	۰/۴۵	۱/۱۰	۱/۰۱	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۲۴	۲/۴۱	۲/۴۱
سبزوار	۰/۵۷	۱/۲۹	۰/۳۵	۱/۲۷	۰/۵۶	۰/۷۱	۲/۰۱	۰/۰۳	۰/۹۷	۰/۶۵	۰/۳۰	۱/۶۴	۱/۸۱	۱/۸۱
سرخس	۰/۵۷	۰/۸۲	۱/۱۶	۰/۴۳	۱/۸۱	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۵۷	۰/۴۱	۰/۴۱	۱/۶۹	۱/۴۸	۲/۲۳	۲/۲۳
تربت حیدریه	۰/۸۶	۱/۲۶	۱/۱۰	۰/۴۰	۱/۲۲	۱/۰۲	۰/۱۸	۱/۱۹	۱/۲۷	۱/۲۷	۰/۹۸	۲/۰۵	۲/۴۵	۲/۴۵



نقشه های ۵ بهنه بندی استان به روش کریجینگ (SPI 3 ماهه ۲۰۰۲)



نقشه‌های ۶ پهنه‌بندی خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد بارش SPI (2002-2001)



شکل ۷ بهینه‌بندی خشکسالی استان در یک دوره آماری (ماه ژانویه) (از ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳)

بحث و نتیجه گیری

شاید علت اینکه برخی از دانشمندان و سیاست‌گذاران در طی سال‌ها خشکسالی را از سایر بلایای طبیعی مستثنی می‌کرده‌اند، متفاوت بودن خصوصیات خشکسالی در مقایسه با سایر بلایای طبیعی بوده است. این تفاوت‌ها را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

خشکسالی به کندی شروع می‌شود و دارای طبیعت پنهانی است، تداوم وقوع آن طولانی بوده و اثرات ناشی از آن حالت غیرساختاری دارد و در نتیجه خسارت‌های ناشی از این پدیده در موارد مختلف مانند کشاورزی مایل اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و... به صورت تدریجی ظاهر می‌شود [۹].

از آنجا که وقوع خشکسالی اجتناب‌ناپذیر است به خصوص در دهه اخیر که میزان آن افزایش چشم‌گیری یافته است یک مدیریت صحیح برای مقابله با این بلای طبیعی و ایجاد یک سیستم مدیریتی ریسک و لزوم اطلاع‌رسانی درست و به موقع و ارائه اطلاعات صحیح در هر مقیاس زمانی امری لازم و ضروری خواهد بود. بایش خشکسالی با استفاده از نمایه SPI به عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر در سیستم پیش‌آگاهی مدیریت ریسک بلایای طبیعی، این امکان را فراهم ساخته تا بتوان مناطقی از استان که به وسیله خشکسالی صدمه دیده است را شناسایی نمود. به خصوص که این شاخص با مشخص کردن دوره‌های خشک و تکرار آن‌ها علاوه بر نشان دادن خشکسالی کشاورزی (زودگذر) خشکی را در قسمت هیدرولوژیکی و منابع آبی مشخص و نمایان می‌سازد و می‌توان از آن برای برآورد خسارات‌های وارد به بخش‌های مختلف صنعتی - کشاورزی و دامی استان استفاده کرد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمایه SPI به عنوان یک ابزار مناسب جهت پایش شرایط خشکسالی در استان خراسان قابل استفاده می‌باشد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد عمدتاً خشکسالی از نواحی جنوب خراسان شروع و به سمت شرق استان گسترش می‌یابد تا این که در نهایت بیشتر نواحی استان را در سال ۲۰۰۱ خشکسالی حاد پوشش داده است. با آغاز سال ۲۰۰۱ از مقدار خشکسالی حاد کاسته شده است و در ماه ژوئن به کلی از بین رفته است. در عوض خشکسالی شدید که از شرق استان شروع به گسترش نموده جایگزین آن شده است.

پایین‌ترین مقدار برای SPI در سال ۲۰۰۱ مقدار ۲/۵- (سه ماهه) و ۲/۸- (۲۴ ماهه) برای ایستگاه بیرجند و در سال ۲۰۰۲ بشرویه با کمترین میزان ۲/۳- (سه ماهه) و نهبندان با مقدار ۲/۴- (۲۴ ماهه) بوده است. همچنین امکان استفاده از نمایه SPI در بکارگیری دیگر ابزارهای پایش خشکسالی جهت ایجاد سیستم پیش‌آگاهی خشکسالی فراهم می‌باشد. از نظر

مقایسه روش‌های پهنه‌بندی، با توجه به روش معتبرسازی صلیبی که ظاهراً برای ارزیابی کلیه مدل‌های پهنه‌بندی و در تمامی مقیاس‌های زمانی انجام شدنی است، شیوه مناسبی باشد و نیز می‌توان با استفاده از داده‌های SPI و به کمک مدل‌های رقومی اقلیمی و با روش‌های آماری که از قالب و ساختار ساده‌تری برخوردارند یک پیش‌آگاهی خشکسالی را ارائه نمود تا بتوان یک دورنمای مطابق با واقعیت، از خشکسالی در قسمت‌های مختلف استان به دست آورد [۶].

پی‌نوشت‌ها

- 1- Komuscu, A. U.; A. Erkan; and S. Oz. 1998 "Possible impacts of climate change on soil moisture variability in the South-east Anatolian Development Project (GAP) Region: An analysis from agricultural drought perspective." Climatic Change 40:519-545.
- 2- Abtew, W., Obeysekera, J. and Shih, G. (1993). "Spatial Analysis for Monthly Rainfall in South Florida". Water Resources Bulletin, 29: 179-188.
- 3- Edwards, D.C. and McKee, T. B. (1997). "Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales". Climatology Report Number 97-2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University. Fort Collins.
- 4- McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. (1993). "The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales". In Proc. 8th Conf. on Applied Climatology, January 17-22, 1993. American Meteorological Society, Massachusetts, pp. 179-184.
- 5- 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.
- ۶- جوانمرد، س، همکاران. پیش‌بینی خشکسالی به کمک تحلیل سری‌های زمانی اقلیمی، گزارشات داخلی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی.
- ۷- جوانمرد، س. (۱۳۸۰) و همکاران، سیستم مراقبت از شدت و سعت خشکسالی با نمایه شدت خشکسالی پالمر، بولتن مرکز ملی اقلیم‌شناسی، شماره ۴.
- ۸- جوانمرد، س. همکاران (۱۳۸۲) پیش‌آگاهی خشکسالی در استان خراسان، براساس شاخص‌های خشکسالی، گزارشات داخلی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی.