

پیش بینی کوتاه مدت خشک سالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده و زنجیره احتمالاتی مارکف (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک قزوین) مینا طاهری^۱، مهدی پناهی^۲

چکیده

آگاهی از وضعیت خشک سالی ابزاری مناسب جهت برنامه ریزی در بخش کشاورزی، منابع آب و سایر موارد حادث شده از خشک سالی را فراهم می آورد. هدف از انجام این تحقیق پیش خشک سالی در ایستگاه سینوپتیک قزوین بر اساس شاخص بارش استاندارد (SPT)^۳ و پیش بینی کوتاه مدت آن با زنجیره مارکف^۴ می باشد. در این تحقیق احتمال بروز حالت های مختلف خشک سالی کوتاه مدت، بر اساس آمار ماهانه بارندگی ایستگاه سینوپتیک قزوین در طی سال های (۹۲-۱۳۴۵) محاسبه شده است. نتایج تحلیل پیش بینی خشک سالی با استفاده از زنجیره مارکف نشان دهنده آن است که سال ۹۳-۱۳۹۲ با احتمال ۴۵/۵ درصد در وضعیت نرمال و شش ماهه اول سال آبی مذکور، احتمال گذار از شرایط نرمال به تر با احتمال ۴۷/۶ درصد بیشترین احتمال در سری زمانی داده های مورد بررسی را دارا می باشد. واژه های کلیدی: پیش بینی خشک سالی، زنجیره مارکف، شاخص بارش استاندارد شده، قزوین.

مقدمه

ایران کشوری است که به لحاظ اقلیمی جز کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب شده به طوری که از یک سو متوسط بارندگی سالانه آن حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی ها و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین و از سوی دیگر میزان تبخیر از سطح آن حدود سه برابر تبخیر خشکی های زمین می باشد (اصغر زاده و ثنایی نژاد، ۱۳۸۵). بارندگی مهم ترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان های سطحی، تغییرات تراز آب زیرزمینی و... منعکس می شود. از طرف دیگر، در میان متغیرهای اقلیمی، بارش خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک جز بی ثبات ترین آن ها محسوب می گردد. به همین دلیل بارش اولین عاملی است که می تواند در بررسی هر حالتی از خشک سالی مورد توجه قرار گیرد (قمقامی و بذرافشان، ۱۳۹۱). خشک سالی یکی از نوسان های اقلیمی است که عدم شناخت اصولی این پدیده، زیان سنگینی بر اقتصاد یک منطقه، از طریق تأثیر طولانی و ماندگار بر بخش کشاورزی تحمیل می نماید (ساری صراف و جامعی، ۱۳۸۲)، چراکه این بخش تأمین کننده مواد غذایی مورد نیاز و مواد اولیه صنایع می باشد. اهمیت این موضوع نیاز به برنامه ریزی مستدل و مدون در مواجهه با خشک سالی، بر اساس پژوهش های علمی را امری ضروری می نماید.

عمدتاً به منظور پیش بینی پدیده های آب و هوایی یا از قوانین دینامیکی حاکم بر اتمسفر (مدل های گردش عمومی جو) استفاده شده و یا از سری زمانی اطلاعات عناصر آب و هوایی و مدل های آماری (از قبیل توابع توزیع احتمالی) مدل های استوکاستیک و زنجیره مارکف استفاده شده است (یوسف گمرکچی، ۱۳۸۹).

لوهانی و همکاران (۱۹۹۸) با اعمال مدل زنجیره مارکف بر طبقات شاخص خشک سالی پالمیر، یک سامانه پیش آگاهی برای مدیریت خشک سالی کشاورزی در دو منطقه متفاوت اقلیمی در ایالت ویرجینیا را توسعه دادند. پائلو

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه زنجان

^۲ استادیار دانشگاه زنجان

^۱ - Standardized Precipitation Index

^۲ - Markov chain

و پیرا (۲۰۰۷)^۱ نشان دادند که رهیافت مدل‌سازی زنجیره مارکف درک ویژگی‌های تصادفی خشک‌سالی از طریق تحلیل احتمالات انتقال مفید می‌باشد. آن‌ها با استفاده از زنجیره مارکف، طبقات شاخص بارش استاندارد شده را تا سه‌گام زمانی آینده در پرتغال پیش‌بینی نمودند. آشگر طوسی و همکاران (۱۳۸۲) در تحقیقی اقدام به پیش‌بینی احتمال وقوع خشک‌سالی در استان خراسان نمودند. به‌منظور پیش‌بینی احتمال وقوع خشک‌سالی در استان خراسان، از آمار بارندگی سالانه یازده ایستگاه سینوپتیک استان طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۲ میلادی استفاده نمودند. با استفاده از زنجیره مارکف، وضعیت‌های مختلف احتمال حالت‌های مختلف بارندگی در سال ۲۰۰۴ محاسبه و نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع برای سه وضعیت خشک سالی، نرمال و حالت مرطوب رسم گردید. یوسفی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی به کمک زنجیره مارکف و توزیع نرمال، احتمال حالت‌های (خیلی خشک، خشک، نیمه‌خشک، متوسط، نیمه مرطوب، مرطوب، خیلی مرطوب) را بر اساس بارش‌های سالانه ایستگاه سینوپتیک قزوین محاسبه نمودند. مقایسه این دو روش دلالت بر برتری زنجیره مارکف نسبت به توزیع نرمال داشته است. بشیر زاده و عراقی نژاد (۱۳۸۹) با استفاده از تئوری ران^۲ و زنجیره مارکف در استان لرستان، وضعیت منطقه در پانزده سال آتی از نظر تعداد سال‌های خشک و تداوم این سال‌ها پیش‌بینی نمودند. قمقامی و بذرافشان (۱۳۹۱)، به‌منظور بررسی توانایی مدل زنجیره مارکف جهت پایش و پیش‌بینی وضعیت خشک‌سالی در گستره ایران، از آمار بارندگی ماهانه مربوط به ۳۳ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۶ میلادی استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد مدل زنجیره مارکف توانایی شبیه‌سازی رفتار احتمالی خشک‌سالی در ایران را دارد.

با توجه به آنکه استان قزوین با داشتن ۱۵۷۰۴۵ هکتار سطح زیر کشت محصولات آبی و ۹۴۶۱۹ هکتار محصولات دیم در مقام هفدهم سطح زیر کشت در کشور بوده و با تولید محصولات عمده‌ای نظیر انگور (۳۷۳۹۴۷ تن)، پسته (۲۳۳۶ تن) و گندم (۳۳۲۹۹۶ تن) به‌عنوان یکی از قطب‌های مستعد کشاورزی در سطح ایران مطرح می‌باشد (میامی و وحیدی اصل، ۱۳۷۹). همچنین با توجه به موقعیت خاص این استان و روند مهاجرپذیری آن در طی سالیان اخیر، همواره با افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی، صنعت و شرب روبرو بوده و از طرفی در طی چند سال اخیر با خشک‌سالی‌های متعددی روبرو شده (به‌طور مثال در سال ۸۱-۱۳۸۰ بر اساس آمار داخلی سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین میزان خسارت در حدود ۳۴۳۲۶۴ میلیون ریال بوده است) که این خشک‌سالی‌ها خسارت‌های سنگینی به بخش کشاورزی وارد نموده است (یوسف گمرکچی، ۱۳۸۹). لذا پایش و پیش‌بینی وضعیت خشک‌سالی در این منطقه امری ضروری به نظر می‌رسد.

هدف از انجام این تحقیق تحلیل و پیش‌بینی خشک‌سالی کوتاه‌مدت در منطقه مرکزی دشت قزوین، بر اساس اطلاعات بلندمدت ایستگاه سینوپتیک قزوین می‌باشد که به‌منظور پایش خشک‌سالی در این منطقه، از شاخص بارش استاندارد شده و جهت پیش‌بینی خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت از مدل زنجیره مارکف استفاده شده است. این ایستگاه به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، معرف مکانی خوبی در محدوده دشت قزوین محسوب شده و در صورت پایش و پیش‌بینی خشک‌سالی در این محدوده و آگاهی از وضعیت شرایط جوی در طی ماه‌های آتی در کنار اجرای برنامه‌های مدیریت ریسک (ریسک خشک‌سالی، منابع آب و ...) و تدوین مقررات مرتبط در برنامه‌های آگاهی با خشک‌سالی کمک شایانی به برنامه ریزان در بخش کشاورزی و سایر بخش‌های مرتبط خواهد نمود.

¹ - Paulo and Pereira, 2007

² -Theory of run

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه و داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های ایستگاه سینوپتیک شهر قزوین با طول دوره آماری ۴۷ ساله در طی سال‌های (۱۳۴۵-۹۲) استفاده شده است. این ایستگاه در سال ۱۳۳۴ تأسیس شده است که در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه قرار گرفته است (سازمان هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۲). بر اساس تحلیل بارش ماهانه ایستگاه مورد مطالعه میانگین بارش ماهانه ایستگاه ۲۶/۹ میلی‌متر که حداکثر بارش ماهانه ۴۷/۷ میلی‌متر در ماه اسفند و حداقل آن ۱ میلی‌متر در ماه مرداد ثبت شده است.

شاخص بارش استاندارد شده

به منظور بررسی خشک‌سالی از ابعاد دیدگاه‌های مختلف، شاخص‌های متنوعی ابداع شده است که اساس این شاخص‌ها اغلب بر مبنای سنجش انحراف مقادیر بارندگی از میانگین دراز مدت طی یک دوره زمانی معین استوار است. یکی از کارترین نمایه‌ها شاخص بارش استاندارد شده است که اولین بار در ایالت کلرادو توسط مک کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ مورد استفاده قرار گرفته است (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۰). مزیت عمده این شاخص در مقایسه با شاخص‌های دیگر این است که در شرایط خشک‌سالی در مقیاس‌های مختلف زمانی انواع مختلفی از خشک‌سالی را بررسی می‌نماید (Paulo and Pereira, 2007). با برآورد این شاخص در مقیاس‌های مختلف زمانی کوتاه مدت (۳ و ۶ ماهه) شرایط رطوبت خاک و خشک‌سالی‌های کشاورزی را می‌توان بررسی نمود، همچنین در مقیاس زمانی بلندمدت (۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه) این شاخص در خشک‌سالی‌های هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۰ و مک کی و همکاران، ۱۹۹۳).^۱ برای محاسبه شاخص بارش استاندارد شده ابتدا تابع توزیع احتمال^۲ داده‌ها با برازش یک تابع احتمال مناسب بر کل داده‌ها تعیین می‌گردد. سپس تابع توزیع تجمعی^۳ داده‌ها با استفاده از احتمال معادل آن به توزیع نرمال که دارای میانگین صفر و انحراف از معیار یک می‌باشد، تبدیل می‌گردد. از این رو مقدار این شاخص به واحد انحراف از معیار بیان می‌گردد (۱۴). طبقه‌بندی شدت برای تعیین ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها بر اساس شاخص بارش استاندارد شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی بر اساس شاخص بارش استاندارد شده

عنوان طبقه	حدود طبقات SPI
ترسالی بسیار شدید	بزرگ‌تر مساوی ۲
ترسالی شدید	کوچک‌تر از ۲ و بزرگ‌تر مساوی
ترسالی متوسط	کوچک‌تر از ۱/۵ و بزرگ‌تر مساوی ۱
ترسالی ضعیف	کوچک‌تر از ۱ و بزرگ‌تر مساوی ۰/۵
نرمال	کوچک‌تر از ۰/۵ و بزرگ‌تر از ۰/۵-
خشک‌سالی ضعیف	کوچک‌تر مساوی ۰/۵- و بزرگ‌تر از ۱-
خشک‌سالی متوسط	کوچک‌تر مساوی ۱- و بزرگ‌تر از ۱/۵-
خشک‌سالی شدید	کوچک‌تر مساوی ۱/۵- و بزرگ‌تر از ۲-
خشک‌سالی بسیار شدید	کوچک‌تر مساوی ۲-

^۱-Mckee & etal., 1993

^۲-Probability Distribution Function

^۳-Cumulative Distribution Function

زنجیره مارکف

مدل زنجیره مارکف یک فن ریاضی جهت مدل‌سازی پدیده‌های تصادفی است که توالی مشاهدات را در طول زمان نشان می‌دهد. وابستگی این زنجیره به زمان، یا از طریق ضرایب همبستگی سری و یا با استفاده از ماتریس‌های احتمال انتقال بیان می‌شود (آشگر طوسی و همکاران، ۱۳۸۲). زنجیره مارکف حالت خاصی از مدل‌هایی است که در آن‌ها حالت فعلی یک سیستم به حالت‌های قبلی آن بستگی دارد. در تعیین حالت سیستم با استفاده از مدل مارکف باید دو عامل را مشخص نمود. این دو عامل عبارت‌اند از حالت سیستم در زمان مشخص و احتمالات تغییر حالت خاص به حالت‌های ممکن دیگر که اصطلاحاً احتمالات گذار^۱ نامیده می‌شوند (لشنی‌زند، ۱۳۸۰).

اگر مجموعه حالات ممکن در یک زنجیره مارکف محدود باشد می‌توان یک ماتریس مربع P را تشکیل داد که عناصر آن P_{ij} عموماً معرف ماتریس احتمال گذار است.

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ P_{m1} & P_{m2} & \dots & P_{mj} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

احتمال حالت‌های آغازین سیستم در ستون سمت چپ و احتمال حالت‌هایی که سیستم از آن‌ها گذر می‌کند در طول سطرهای ماتریس نشان داده شده است (مؤمنی، ۱۳۷۳).

ماتریس احتمال گذار دارای خواص زیر است:

الف) برای تمام عناصر ماتریس احتمال گذار داریم:

$$0 \leq P_{ij} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (2)$$

ب) جمع احتمالات گذار از یک حالت به تمام حالت‌های ممکن دوره زمانی بعدی باید برابر یک باشد یعنی

$$(i = 1, 2, \dots, k) \sum_{j=1}^k P_{ij} = 1 \quad (3)$$

ج) اگر P ماتریس احتمال گذار یک زنجیره مارکف باشد، خواهیم داشت:

$$P^n = P^{(0)} P^{(n)} \quad (10)$$

P^0 توزیع آغازین احتمالات اولیه و P^n ماتریس احتمال گذار n مرحله‌ای است.

د) در حالت ایستا ضرب بردار حالت در ماتریس گذار برابر بردار حالت خواهد شد که به آن بردار تثبیتی منحصر به فرد گویند (۲) یعنی:

$$\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) \quad (11)$$

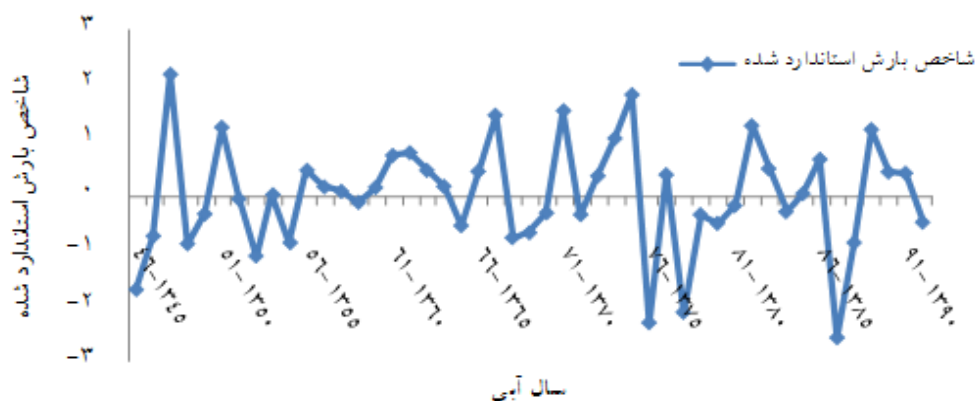
$$\pi p = \pi$$

¹-Transition Probabilities

نتایج و بحث

در این راستا به منظور تحلیل خشک سالی کوتاه مدت در منطقه طرح، با استفاده از قابلیت های نرم افزار DIP^1 اقدام به تعیین شاخص بارش استاندارد شده، بر مبنای داده های بارندگی ماهانه گردید که به نتایج آن در نمودار (۱) اشاره شده است. بر این اساس دوره های متعدد ترسالی و خشک سالی در ایستگاه مذکور پایش شده است به نحوی که در چند سال متوالی خشک سالی های شدید در محدوده مطالعاتی حادث شده است و دوره های ترسالی و خشک سالی در یک سیکل توالی در ایستگاه مذکور به وقوع پیوسته است. در گام بعد با استفاده از داده های ماهانه شاخص بارش استاندارد شده، از قابلیت های زنجیره مارکف جهت تحلیل و پیش بینی احتمالی بروز خشک سالی استفاده گردد. برای تحلیل مدل زنجیره مارکف، فرض می کنیم که مقدار شاخص خشک سالی در یک دوره آماری معین به مقدار دوره قبلی وابسته می باشد (با توجه به اینکه در تحلیل خشک سالی کشاورزی، مقدار تجمعی خشک سالی اثرگذار می باشد. لذا تحلیل خشک سالی کشاورزی در این تحقیق مورد نظر بوده است).

با توجه به آنکه در طبقه بندی خشک سالی توسط شاخص بارش استاندارد شده، ۹ درجه تحلیل خشک سالی ارائه شده (جدول ۱) از این-رو ماتریس احتمال گذار یک ماتریس 9×9 می باشد. طبق جدول شماره ۱ درایه های ماتریس انتقال مربوط به احتمال تغییر وضعیت از حالتی به حالت دیگر است.



شکل ۱- تغییرات شاخص بارش استاندارد شده

جدول ۲ نشان دهنده پیش بینی احتمالاتی خشک سالی کوتاه مدت در محدوده مطالعاتی بر اساس سیستم طبقه بندی شاخص بارش استاندارد شده می باشد.

جدول ۲- پیش بینی احتمالاتی خشک سالی ماهانه سال ۱۳۹۲-۹۳

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	احتمال (درصد)
شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	شخص	۴۸/۵
شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	شخص سالی	۴۰
۷۲/۷	۶۸/۴	۸۷/۵	۳۵/۳	۳۸/۵	۴۳/۸	۴۰	۴۳/۸	۴۲/۹	۴۲/۹	۴۰	۴۸/۵	

¹- Drought Index Package

پیش‌بینی کوتاه‌مدت خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده و زنجیره ...

همچنین جدول ۳ نشان‌دهنده نتایج پیش‌بینی احتمالاتی خشک‌سالی فصلی در محدوده مطالعاتی در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ بر اساس سیستم طبقه‌بندی شاخص بارش استاندارد شده می‌باشد.

جدول ۳- پیش‌بینی احتمالاتی خشک‌سالی فصلی سال ۱۳۹۲-۹۳

وضعیت مقدار شاخص خشک‌سالی	فصل پاییز	فصل زمستان	فصل بهار	فصل تابستان
شاخص خشک‌سالی	خشک به خشک	نرمال به خشک	خشک به نرمال	نرمال به نرمال
احتمال (درصد)	۴۶/۲	۳۷/۵	۵۰	۴۷/۴

از آنجا که سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ بر اساس تحلیل خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده سال نرمال تعیین شده با توجه به مدل احتمالاتی زنجیره مارکف سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ با احتمال ۴۵/۵ درصد در وضعیت نرمال قرار خواهد گرفت. در ۶ ماه اول سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ احتمال گذار از شرایط نرمال به تر با احتمال ۴۷/۶ درصد بیشترین احتمال در سری زمانی داده‌های مورد بررسی می‌باشد.

نتایج تطبیقی مدل پیش‌بینی و پایش خشک‌سالی در محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده آن است که در صورت وجود سیستم پایش و تحلیل کوتاه‌مدت عوامل هواشناسی، امکان پیش‌بینی احتمالاتی بروز خشک‌سالی محقق می‌باشد؛ که این امر در کنار آگاهی و دانش بهره‌برداران در شرایط مواجهه با خشک‌سالی، سهم چشمگیری در کاهش آسیب‌پذیری بهره‌برداران (کشاورزان و ...) در شرایط خشک‌سالی را خواهد داشت.

منابع

- ۱- آشگر طوسی ش.،، علیزاده ا. و جوانمرد س (۱۳۸۲) پیش‌بینی احتمال وقوع خشک‌سالی در استان خراسان. تحقیقات جغرافیایی. ۱۸ (۷۰): ۱۲۸-۱۱۹.
- ۲- ارشقی ع (۱۳۷۱) تئوری و مسائل احتمالات. انتشارات نی، تهران. ۲۷۰ صفحه.
- ۳- اصغر زاده ح. و ثنایی نژاد ح (۱۳۸۵) تخمین تبخیر- تعرق گیاهان با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوضه آبخیز تنگ کنشت کرمانشاه. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۴- بذرافشان ا.، محسنی ساروی م.، ملکیان آ. و معینی ا (۱۳۹۰) بررسی وضعیت خشک‌سالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI). تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۸ (۳): ۴۰۷-۳۹۵.
- ۵- بشیر زاده م. و عراقی نژاد ش (۱۳۸۹) پیش‌بینی شدت، تداوم و فراوانی خشک‌سالی با استفاده از تئوری RUN و زنجیره مارکف مطالعه موردی: استان لرستان. پژوهش آب ایران. ۴ (۶): ۹۴-۹۱.
- ۶- ساری صراف ب. و جامعی ج (۱۳۸۲) تحلیل و برآورد خشک‌سالی در غرب ایران. تحقیقات جغرافیایی. ۱۸ (۷۱): ۱۷۳-۱۵۱.
- ۷- سازمان هواشناسی استان قزوین (۱۳۹۲) آمارنامه داخلی. ۱۵۰ صفحه.
- ۸- قمقامی م. و بذرافشان ج (۱۳۹۱) پیش‌آگاهی وضعیت خشک‌سالی هواشناسی در گستره ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکف. حفاظت منابع آب و خاک. ۱ (۳): ۱۲-۱.

- ۹- لشنی زند م (۱۳۸۰) پهنه بندی خشک سالی اقلیمی در استان لرستان با به کارگیری شاخص های آماری. مجموعه مقالات کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. دانشگاه زابل.
- ۱۰- مؤمنی م (۱۳۷۳) پژوهش های عملیاتی (مدل های احتمالی). انتشارات مهر. ۳۸۶ صفحه.
- ۱۱- میامتی ا. و وحیدی اصل م. ق (۱۳۷۹) نظریه مقدماتی احتمال و فرآیندهای تصادفی. مرکز نشر دانشگاهی. ۳۹۶ صفحه.
- ۱۲- یوسف گمرکچی ا (۱۳۸۹) پهنه بندی خشک سالی و پیش بینی تأثیر آن بر عملکرد محصولات عمده زراعی استان قزوین. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۱۹۰ صفحه.
- ۱۳- یوسفی ن س.، حجام س. و ایران نژاد پ (۱۳۸۶) برآورد احتمالات خشک سالی و ترسالی با استفاده از زنجیره مارکوف و توزیع نرمال (مطالعه موردی: قزوین). پژوهش های جغرافیایی. ۳۹ (۶۰): ۱۲۸-۱۲۱.
- 14- Edwards DC and McKee TB (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.
- 15- Lohani V. K, Loganathan GV and Mostaghimi S (1998) Long-term analysis and short-term forecasting of dry spells by Palmer Drought Severity Index. Nordic Hydrology. 29 (1): 21-40.
- 16- McKee TB, Doesken NJ and Kleist J (1993) The relation of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology. 379-384.
- 17- Paulo AA and Pereira LS (2007) Prediction of SPI drought class transitions using Markov chains. Water Resources Management. 21 (10): 1813-1827.

Short-Term Forecasting of drought by use of Standardized Precipitation Index & Probability Markov Chain (Case study: the synoptic station of Qazvin)

M. Taheri, M. Panahi

Abstract

Being aware of drought situation is an appropriate tool to manage agricultural activities, water resources and other issues affected by drought. Objective of the present research is to measure drought in the synoptic station of Qazvin based on Standard Precipitation Index (SPI) and short-time forecasting by use of Markov Chain. Probability of occurrence of various situations of short-term droughts was calculated based on monthly precipitation data of Qazvin Synoptic Station through 1996-2013. Results of drought forecasting analysis by use of Markov Chain demonstrated that considering the probability of 45.5 percent in normal situation and first six-month of the precipitation year, 2013-14 may be a transition year from normal condition into wet one with probability of 47.6 percent of the most possibility in the investigated data.

Key Words: Drought monitoring & Forecasting, Markov Chain, Qazvin, Standardized Precipitation Index.

پژوهش‌نامه کشاورزی و منابع طبیعی