Archive of SID

Sh. Ashgar Toosi
A. Alizadeh, Ph.D
S. Javanmard, Ph.D

شادی آشگر طوسی، کارشناس ارشد مهندسی آب
دکتر امین علیزاده، دانشگاه فردوسی مشهد ـ پژوهشکده امیرکبیر
دکتر سهیلا جوانمرد، پژوهشکده اقلیم شناسی

شماره مقاله: ۵۸۳

پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان

چکیده

با توجه به قرارگرفتن استان خراسان در ناحیهٔ آب و هوایی خشک و نیمه خشک ایران و وقوع خشکسالیهای مکرر در سالهای اخیر، اهمیت پرداختن به مقولهٔ پیش‌بینی خشکسالی بیش از پیش آشکار می‌شود. به منظور بررسی این امر، از آمار بارندگی سالانه یازده ایستگاه سینوپتیک استان طی سالهای ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۲ استفاده شد که پس از تکمیل داده‌های ناقص، با استفاده از مدل زنجیرهٔ مارکف مرتبهٔ اول، ماتریسهای احتمال انتقال و ماتریس معادل برای تمام ایستگاهها محاسبه شدند. با توجه به اینکه ماتریس احتمال انتقال در مدل مارکف مرتبهٔ اول تنها وضعیت یک سال آینده را مشخص می‌سازد، با یک بار ضرب این ماتریس در خود ماتریس، احتمال انتقال دومرحله‌ای برای تعیین وضعیتهای مختلف در سال ۲۰۰۴ محاسبه و نقشه‌های پهنه‌بندی احتمال وقوع برای سه وضعیت خشکسالی، نرمال و حالت مرطوب رسم گردید.

کلید واژه‌ها: خشکسالی، زنجیرهٔ مارکف، ماتریس احتمال انتقال، ماتریس معادل.

مقدمه

آمادگی در برابر خشکسالی، به حمایت دولتها در سطوح مختلف نیاز دارد. برای کاهش اثرهای شدید حوادث غیر مترقبه و بلایای طبیعی، باید برنامه‌هایی مدوّن و مستدل وجود داشته باشد. به عنوان مثال، بین سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۴ دولت استرالیا حدود ۹۲۵ میلیون دلار صرف جبران خسارتهای ناشی از خشکسالی کرد *(Wilhite, 1986)* ، و یا آنکه دولت آفریقای جنوبی برای جبران خسارتهای ناشی از خشکسالی، در اواسط دههٔ ۱۹۷۰ تا نیمهٔ دههٔ ۱۹۸۰، ۲/۵ میلیارد دلار صرف نمود*(Wilhite,1989)*.

در استان خراسان نیز به دلیل خشکسالیهای اخیر، خسارتهای زیادی بر بخشهای مختلف استان و بویژه بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب به‌شمار می‌رود، وارد شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

به عنوان مثال، در سال زراعی ۷۹- ۷۸ ، به‌علت کاهش بارندگی و نباریدن برف و نبود یخبندان کافی، ذخـایر آبهـای سطحی به شدت کاهش یافت و تولید مزارع را که از منابع فوق آبیاری می‌شوند، تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که خسارتهای ناشی از عوامل نامساعد جوّی در بخش زراعت، معادل ۶۸۲/۴ میلیارد ریال برآورد گردید. در بخش قناتهای کشاورزی نیز با توجه به کاهش ۵۳ درصدی میزان بارندگی به منظور جبران خسارتهای خشکسالی و اثرهای نامطلوب آن بر تعداد ۶۷۹۲ رشته قنات در بخشهای مرکزی و جنوبی استان به طول ۷۹۴۸ کیلومتر، حداقل معادل ۶۸ میلیـارد ریال اعتبـار اختصاص یافت. با توجه به عوامل ذکر شده، زمان آن فرا رسیده است که مدیریت ریسک به عنوان مدیریت مناسب در هنگام وقوع خشکسالی به‌طور گسترده و در سطح ملی مورد استفاده قرار گیرد.

تهیهٔ مقدمات احتمال وقوع خشکسالی، به سیاستها و همچنین ارائه طرحهایی مربوط می‌شود که برای آماده‌سازی در مقابل خشکسالی مفید است. نتایج حاصل از این طرحها به کاهش خسارتهای ناشی از خشکسالی به عنوان یک بلای طبیعی منجر می‌شود که در نهایت سبب می‌گردد تا مدیریت ریسک جایگزین مدیریت بحران شود. بدین منظور، در این مقاله سعی شده است تا از روش آماریِ زنجیرهٔ مارکف برای پیش‌بینی احتمال وقوع خشکسالیها استفاده شود.

بررسی منابع

اکثر زنجیره‌های مارکف که در زمینهٔ پیش بینیهای خشکسالی مورد استفاده قرارگرفتند، مرتبه اول هستند. به عبارتی، احتمال وقوع خشکسالی در هر زمان تنها به شرایط یک مرحله قبل از آن بستگی دارد. فایرینگ و توماس[1] (۱۹۶۲) نخستین کسانی بودند که مدل زنجیرهٔ مارکف مرتبه اول را همراه با انتقال ویلسون- هایفرتی[2] جهت تولید داده‌های جریان رودخانه مورد استفاده قرار دادند. *Srikantan and McMohan (1986)* از یک مدل مارکف مرتبه اول همراه با انتقال ویلسون ـ هایفرتی جهت تولید بارندگیهای سالانه استفاده کردند. *Thompson (1990)* نیز از ترکیب تئوری ران، شاخص پالمر و زنجیرهٔ مارکف جهت پیش‌بینی خشکسالی در ایالت متحدهٔ مرکزی با توجه به آمار ماهانه بارندگی درطی سالهای ۱۹۸۸ ـ ۱۸۹۵، استفاده نمود.

وی نتیجه گرفت‌که پایداری خشکسالیهای شدید در منطقه، از دیگر وضعیتها بیشتر است. بدین منظور، نقشه‌های پایداری خشکسالی خیلی شدید و همچنین نقشهٔ پهنه‌بندی احتمال معادل برای خشکسالیهای خیلی شدید را در این منطقه رسم نمود. *Jimoh and Webster (1996)* نیز

1. Fiering and Thomas
2. Wislson-Hiferty

www.SID.ir

Archive of SID

مرتبهٔ بهینهٔ مدل زنجیرهٔ مارکف را برای وقوع بارندگیهای روزانه درپنج‌منطقه در نیجریه به‌دست آوردند. آنها به این نتیجه‌رسیدند که مدل مرتبه اول نسبت به‌مدل مرتبه‌صفر، مناسب‌تر است و تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین‌رفتار مدل مرتبه اول‌ودوم مشاهده‌نکردند. *Jimoh and Webster (1999)* نوسانهای بارندگی درون‌سالی را با استفاده از زنجیرهٔ مارکف در ۷ منطقه در نیجریه مورد بررسی قرار دادند و با حرکت از مناطق جنوبی به سمت شمال نیجریه متوجه شدند که یک اختلاف منظم و با قاعده در p_{01} (احتمال اینکه پس از یک روز مرطوب یک روز خشک باشد) وجود دارد. همچنین آنها دریافتند که اختلاف محلی خیلی محدودی در p_{11} نیز وجود دارد.

Thyer and Kuczca (1999) نیز از یک مدل HSM جهت تولید بارندگیهای سالانه در سیدنی استفاده کردند. مدل آنها فرض می‌کندکه شرایط آب و هوایی، ترکیبی از دو حالت خشک و مرطوب است و هر حالت دارای توزیع نرمال جداگانه‌ای است. انتقال از یک وضعیت به وضعیت دیگر با استفاده از ماتریس احتمال انتقال بیان می‌شود. چنانچه احتمال انتقال به اندازهٔ کافی‌کم باشد، ممکن است شرایط آب و هوایی برای چندین سال پایدار بماند. این شرایط یک ساز و کار روشن را برای مدل HSM جهت شبیه‌سازی اثرهای‌پدیدهٔ شبه‌دوره‌ای نظیر ELnino ، فراهم می‌کند. در مدل HSM ، شبیه‌سازی بارندگی سالانه، یک فرایند دو مرحله‌ای است. در مرحله اول، وضعیت درسال t با فرایند مارکف شبیه‌سازی می‌شود:

$$S_t \mid S_{t-1} \sim \text{Markov}(P, p_1)$$

که در آن P ماتریس احتمال انتقال با فاکتورهای p_{ij} است.

$$p_{ij} = \Pr(S_t = i \mid S_{t-1} = j) \qquad i,j = \text{wet or dry}$$

و p_1 بردار توزیع احتمال حالتهای خشک و مرطوب در سال اول می‌باشد. ازآنجا که وضعیت در سال t مشخص است، بارندگی سالانه به صورت زیر شبیه‌سازی می‌شود:

$$x_t = \begin{cases} N(\mu_{wet}, \sigma^2_{wet}) & \text{اگر} \quad S_t = \text{مرطوب} \\ N(\mu_{dry}, \sigma^2_{dry}) & \text{اگر} \quad S_t = \text{خشک} \end{cases}$$

که $N(\mu,\sigma^2)$ یک توزیع نرمال با میانگین μ و واریانس σ^2 می‌باشد. آنها نتایج مدل HSM را با مدل AR(1) مقایسه نمودند و متوجه شدندکه پایداری خشکسالی در مدل HSM بیشتر و ریسک خشکسالی واقع‌بینانه‌تر است. داده‌های بارندگی سیدنی فرض مدل آب و هوایی ۲ حالتی (HSM) با میانگین دورهٔ زمانی مشابه با پدیدهٔ شبه دوره‌ای ENSO را تأیید نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

عدل (۱۳۶۹) نیز مدل مارکف مرتبه اول را جهت تعیین احتمالات تأمین آب از دریاچه سد امیرکبیر به‌کار برد و نتیجه‌گرفت‌که احتمال کمبود آب دریاچه سد در درازمدت به‌کمک‌آمار ۲۱ ساله، ۲ درصد می‌باشد.

حقیقت‌جو و شاه‌محمدی حیدری (۱۳۸۱) نیز از یک مدل زنجیرهٔ مارکف مرتبه اول جهت پیش‌بینی جریان رودخانه هیرمند در طی سالهای ۱۹۹۷ ـ ۱۹۵۲ به مدت ۴۶ سال استفاده‌کردند و به این نتیجه رسیدندکه احتمال وقوع شرایط خشکسالی در درازمدت، از سایر حالتها بیشتر است.

روش مطالعه

در این مطالعه، از آمار بارندگی سالانه یازده ایستگاه سینوپتیک استان خراسان طی سالهای ۲۰۰۲ ـ ۱۹۷۰ استفاده شده است. با توجه به اینکه هرچه طول دورهٔ آماری مورد مطالعه و صحّت داده‌ها بیشتر باشد، دقت مدل نیز افزایش می‌یابد؛ در مرحله اول، آمار جمع‌آوری شده تصحیح و تکمیل‌گردید و در ایستگاههای تازه‌تأسیس از آنجا که ایستگاه اغلب به‌صورت کلیماتولوژی در همان نقطه قرار دارد، از مقادیر بارندگی ایستگاه کلیماتولوژی آن نقطه برای تکمیل دورهٔ آماری بهره‌گیری شد. با استفاده از شاخص درصد از میانگین، وضعیت سالهای آماری به سه گروه خشک، نرمال و مرطوب تقسیم‌بندی شد و مطابق مدل زنجیرهٔ مارکف که شرح آن در ذیل آمده، احتمالهای مختلف بارندگی سال ۲۰۰۴ محاسبه گردید.

تعریف زنجیرهٔ مارکف

مدل زنجیرهٔ مارکف یک تکنیک 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 سرّی و یا با استفاده از ماتریسهای احتمال انتقال بیان می‌شود.

آنچه در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد، ماتریسهای احتمال انتقال برای بیان وقوع پدیده‌های خشک و مرطوب می‌باشد. زنجیره‌های مارکف در هیدرولوژی، جهت مدل‌سازی فرایندهایی چون بارندگی، جریانهای رودخانه، رطوبت خاک و ذخیرهٔ آب در مخازن، کاربرد فراوان دارد.

اگر چنین فرض‌شودکه X(t) یک فرایند با مقدارگسسته است‌که در زمان صفر شروع شده و در طول زمان ادامه می‌یابد، آنگاه مقادیر X(t) را به صورت x_i،(t =0,1,.....) می‌توان نشان‌داد.

$$P\left[X(t) = x_t \middle| X(\cdot) = x_\cdot, X(1) = x_1, \ldots, X(t-1) = x_{t-1}\right] \quad (1)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در رابطهٔ $P(1)$ این احتمال وجود دارد که فرایند X در زمان t برابر با x_t باشد. چنانچه رابطهٔ ۱ ساده شود، آنگاه:

$$P\left[X(t) = x_t \mid X(t-1) = x_{t-1}\right] \qquad ۲$$

رابطهٔ ۲ به مفهوم این است که نتیجهٔ هر فرایند در زمان t ، تنها با استفاده از شرایط در زمان $t-1$ مشخص می‌شود. فرایندهایی که چنین خاصیتی دارند یک زنجیرهٔ مارکف مرتبه اول یا زنجیرهٔ مارکف ساده نامیده می‌شوند. اکثر زنجیره‌های مارکف که در پیش‌بینی خشکسالیها مورد استفاده قرار می‌گیرند، مرتبه اول هستند. نماد $X(t)=j$ که $j = 1,2,...,r$ به جای X_t مورد استفاده قرار می‌گیرد که نشان می‌دهد $X(t)$ در وضعیت j قرار دارد و r تعداد وضعیتهاست.

ماتریس احتمال انتقال

یک زنجیرهٔ مارکف ساده با استفاده از ماتریس احتمال، انتقالش تعریف می‌شود. این ماتریس، یک ماتریس مربع با نماد $p_{ij}(t)$ می‌باشد و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$p_{ij}(t) = P\left[X(t) = j \mid X(t-1) = i\right] = \frac{\text{تعداد حالتهایی که } X(t-1) = i \text{ و } X(t) = j}{\text{تعداد حالتهایی که } X(t-1) = i} \qquad ۳$$

برای تمام جفتهای i و j ، زنجیره ممکن است از حالت i در زمان $t-1$ به حالت $j=1,2,...r$ در زمان t تغییر یابد؛ لذا با معلوم بودن وضعیت در زمان $t-1$ احتمالهای انتقال متناظر در زمان t با $p_{i1}, p_{i2}, ..., p_{ir}$ نمایش داده می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{r} P_{ij}(t) = 1 \qquad i = 1,2,...,r \qquad ۴$$

لذا؛ چنانچه ماتریس احتمال انتقال، وابسته به زمان نباشد، زنجیرهٔ مارکف را «ایستا» یا «همگن» گویند و در این حالت می‌توان از علایم p و p_{ij} به‌جای $p(t)$ و $p_{ij}(t)$ استفاده نمود. ماتریس احتمال انتقال به‌صورت زیر نوشته می‌شود. عناصر قطر اصلی ماتریس بیانگر پایداری هر وضعیت می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID
۱۱۹۷۶

$$\begin{array}{c} \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ . \\ . \\ r \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 2 & \ldots\ r \end{array} \\ \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02}\ldots & P_{0r} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12}\ldots & P_{1r} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22}\ldots & P_{2r} \\ . & & & \\ . & & & \\ P_{r0} & P_{r1} & P_{r2}\ldots & P_{rr} \end{bmatrix} \end{array} \qquad ۵$$

ماتریس احتمال انتقال n مرحله ای و ماتریس معادل

چنانچه فرض شود زنجیره در حال حاضر در وضعیت i قرار دارد و پس از n مرحلهٔ زمانی در حالت j واقع شده است، احتمال از حالت i به حالت j در n مرحله بعد را با $p^{(n)}_{ij}$ نشان داده و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$i, j = 1,\ldots r \qquad ۶$$
$$n > 1$$
$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^{r} P_{ik}^{(n-1)} P_{ik}$$

چنانچه $n = 1$ باشد، آنگاه $p^{(n)}_{i,j} = p_{ij}$ همان احتمال انتقال می‌باشد. در رابطهٔ ۵، $p^{(n)}_{ij}$ عناصر ماتریس احتمال انتقال n مرحله‌ای هستند که می‌تواند با ضرب‌کردن n با ماتریس احتمال انتقال در خودش به دست آید.

چنانچه ماتریس احتمال انتقال مرتباً در خودش ضرب شود، مقادیر احتمالات انتقال p_{ij} به یک مقدار ثابت می‌رسد، این احتمالات معادل که با p^*_i نمایش داده می‌شوند، ماتریس جدیدی با عنوان ماتریس معادل خواهند ساخت؛ به‌طوری‌که عناصر هر ستون در ماتریس معادل ثابت خواهند ماند.

هر فاکتور از ماتریس معادل، بیانگر احتمال معادل قرارگرفتن در آن وضعیت پس از مدت زمان طولانی است. به بیان دیگر، احتمالات معادل، بیانگر متوسط درصد زمانی است که وضعیت مورد نظر به وقوع پیوسته است. لذا با داشتن توزیع اولیه و ماتریس احتمال انتقال می‌توان احتمال در هر مرحلهٔ دلخواه را به دست آورد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری و بحث

مطابق مدل شرح داده شده، عناصر ماتریس احتمال انتقال تعیین گردید که درجدول ۱ ارائه شده است. نتایج به دست‌آمده نشان می‌دهد که در ۶ ایستگاه از مجموع ۱۱ ایستگاه تحت مطالعه پایداری، خشکسالی بیشتر از سایر حالتها بوده است. این ۶ ایستگاه شامل سبزوار با پایداری خشکسالی معادل ۵۳/۸درصد، سرخس با پایداری۴۱/۷درصد، فردوس۴۱/۷ درصد، کاشمر۳۸/۵ درصد، گلمکان ۳۶/۴ درصد و مشهد ۴۲/۹ درصد می‌باشد. همچنین با ضرب‌کردن متوالی این ماتریسها در خود، احتمالات معادل در درازمدت محاسبه‌گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که عنوان شد، این احتمالات بیانگر درصد زمانی است که پدیدهٔ موردنظر به وقوع پیوسته است. مطابق این جدول، درصد زمان وقوع خشکسالیها در تربت‌حیدریه، فردوس، کاشمر، گلمکان و مشهد، از سایر حالتها بیشتر بوده است.

نظر به اینکه ماتریس احتمال انتقال در این مدل تنها وضعیت یک سال آینده را با توجه به شرایط فعلی مشخص می‌نماید، با یک بار ضرب‌کردن این ماتریس در خود، احتمالات مختلف برای سال ۲۰۰۴ محاسبه و نقشه‌های پهنه‌بندی احتمال برای این سه وضعیت رسم گردید که نتایج حاصل در جدول ۳ ارائه شده است.

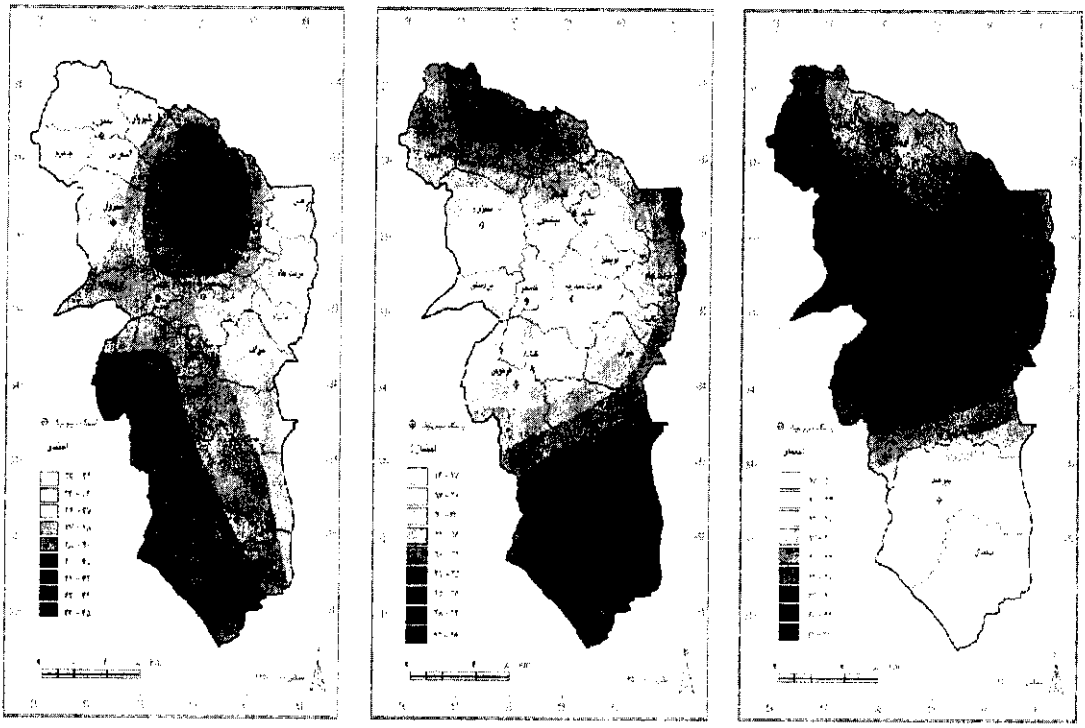
مطابق نتایج به دست آمده از مدل، به‌نظر می‌رسد که احتمال وقوع خشکسالی در مناطق مرکزی استان بویژه شهرستانهای تربت‌حیدریه و سبزوار، به ترتیب با احتمالات ۴۶/۷ درصد و ۴۵ درصد، از سایر نواحی بیشتر است و احتمال وقوع سالی مرطوب در منطقهٔ مشهد و گلمکان و نواحی شمالی استان (منطقه بجنورد و قوچان) و مناطق جنوبی و شهرهای بیرجند و نهبندان بیشتر است.

همان‌طورکه در جدولهای احتمالات انتقال مشخص‌است، این احتمالات در مجموع، دارای محدودهٔ کمی هستند و اختلاف آنها خیلی زیاد نیست. این ویژگی با ضرب‌کردن مکرر ماتریس در خودش بیشتر تقویت می‌شود، به‌نحوی‌که در بعضی از ایستگاهها احتمال خشکسالی و ترسالی بسیار به هم نزدیک شدند. لذا، به نظر می‌رسد برای استفاده از این مدل، به داده‌های طولانی‌مدت آماری نیاز است وکاربرد این مدل برای داده‌های بارندگی روزانه یا ماهانه، نتایج رضایت‌بخش‌تری را ارائه می‌نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه ۱ پهنه‌بندی احتمال وقوع وضعیتهای مختلف آب و هوایی استان خراسان در سال ۲۰۰۴



الف- وضعیت خشکسالی ب- وضعیت نرمال ج- وضعیت مرطوب

جدول ۱ ماتریس احتمال انتقال در ایستگاههای سینوپتیک استان خراسان

بجنورد

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۲۶۴	۰/۴۵۴	۰/۱۸۲
نرمال	۰/۲۷۳	۰/۱۸۲	۰/۵۴۵
خشک	۰/۵	۰/۴	۰/۱

بیرجند

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۶۴	۰/۵۴۵	۰/۰۹۱
نرمال	۰/۱۶۷	۰/۴۱۷	۰/۱۴۶
خشک	۰/۵۵۶	۰/۱۱۱	۰/۳۳۳

تربت‌حیدریه

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۵۳۸	۰/۱۵۴	۰/۳۰۸
نرمال	۰/۴	۰	۰/۶
خشک	۰/۲۸۶	۰/۲۱۴	۰/۵

سبزوار

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸	۰/۳۸۴
نرمال	۰/۶۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۶
خشک	۰/۳۸۵	۰/۰۷۷	۰/۵۳۸

www.SID.ir

Archive of SID

سرخس

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۳۴	۰/۴۴۴	۰/۲۲۲
نرمال	۰/۳۶۴	۰/۲۷۲	۰/۳۶۴
خشک	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۰/۴۱۷

فردوس

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸	/۳۸۴
نرمال	۰/۵۷۱	۰/۱۴۳	۰/۲۸۶
خشک	۰/۴۱۶	۰/۱۶۷	۰/۴۱۷

قوچان

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۴۶۱	۰/۳۰۸	۰/۲۳۱
نرمال	۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۳۷۵
خشک	۰/۲۷۳	۰/۳۶۳	۰/۳۶۴

کاشمر

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۸۵	۰/۲۳۱	۰/۳۸۴
نرمال	۰/۳۳۳	۰/۳۳۴	۰/۳۳۳
خشک	۰/۴۶۱	۰/۱۵۴	۰/۳۸۵

گلمکان

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸	۰/۳۸۴
نرمال	۰/۷۵	۰	۰/۲۵
خشک	۰/۲۷۳	۰/۳۶۳	۰/۲۶۴

گناباد

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۳۳۳	۰/۲۵	۰/۴۱۷
نرمال	۰/۵	۰	۰/۵
خشک	۰/۳۳۳	۰/۴۱۷	۰/۲۵

مشهد

	مرطوب	نرمال	خشک
مرطوب	۰/۴۲۹	۰/۰۷۱	۰/۵
نرمال	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲۵
خشک	۰/۴۲۸	۰/۱۴۳	۴۲۹/۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ احتمالات وضعیتهای مختلف ایستگاههای سینوپتیک در درازمدت

نام ایستگاه	خشک	نرمال	مرطوب
بجنورد	۲۸/۴	۳۴/۵	۳۷/۱
بیرجند	۲۸/۱	۳۷/۵	۳۴/۴
تربت‌حیدریه	۴۳/۸	۱۵/۶	۴۰/۶
سبزوار	۴۰/۵	۱۸/۸	۴۰/۷
سرخس	۳۳/۷	۳۴/۷	۳۱/۶
فردوس	۳۷/۵	۲۱/۹	۴۰/۶
قوچان	۳۱/۲	۲۷/۵	۴۱/۳
کاشمر	۳۷/۳	۲۲/۵	۴۰/۲
گلمکان	۳۴/۴	۲۵	۴۰/۶
گناباد	۳۷/۵	۲۵	۳۷/۵
مشهد	۴۳/۸	۱۲/۵	۴۳/۷

جدول ۳ احتمالات وضعیتهای مختلف ایستگاههای سینوپتیک در سال ۲۰۰۴

نام ایستگاه	خشک	نرمال	مرطوب
بجنورد	۳۳/۲	۳۲/۱	۳۴/۷
بیرجند	۲۰/۸	۳۸/۶	۴۰/۶
تربت‌حیدریه	۴۶/۷	۱۵/۱	۳۸/۲
سبزوار	۴۵	۱۷/۳	۳۷/۷
سرخس	۳۲/۸	۳۴/۳	۳۲/۹
فردوس	۳۸/۱	۲۲/۲	۳۹/۷
قوچان	۲۹/۹	۳۰/۶	۳۹/۵
کاشمر	۳۶/۷	۲۴	۳۹/۳
گلمکان	۳۲/۸	۲۱/۶	۴۵/۶
گناباد	۴۱	۱۸/۷	۴۰/۳
مشهد	۴۳/۴	۱۲/۷	۴۳/۹

منابع و مآخذ:

۱. حقیقت‌جو، پرویز؛ شاه‌محمدی حیدری (۱۳۸۱): «کاربرد زنجیرهٔ مارکف در بررسی خشکسالی و ترسالی منطقهٔ سیستان با توجه به دبی رودخانه هیرمند»، کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، زابل.

۲. خزانه‌داری، لیلی، سهیلا جوانمرد، جواد بداقی جمالی و همکاران (۱۳۷۹): «بحران خشکسالی و مدیریت مقابله با آن»، کنفرانس خشکسالی کرمان.

۳. عدل، ایرج (۱۳۶۹): «کاربرد روش استوکاستیک در بررسی احتمالات تأمین آب از دریاچهٔ سد امیرکبیر»، مجله آب، نشریه علمی و فنی آب کشور، شماره ۹، ص ۱ تا ۷.

۴. مقدم، حسین؛ سهیلا جوانمرد و همکاران (۱۳۷۹): «توسعه راهکارهای مدیریتی بیمه محصولات کشاورزی بر اساس درجه‌بندی مناطق جغرافیایی در شرایط خشکسالی»، کنفرانس خشکسالی کرمان.

5- Jimoh, O.D. and Webster, P. (1996): **"Optimum order of Markov chain for daily rainfall in Nigeria"**.J.Hydrol.185,45-69.

6-Jimoh,O.D.and Webster,P.(1999):**"Stochastic modeling daily rainfall in Nigeria, intra- annual variation of model parameters"**. J.Hydrol.222,1-17.

7-Maidment, D.R.(1931): **Handbook of Hydrology**. Chapter 19 in: Analysis and state modeling of Hydrologic time series.Salas.J.D,Engineering research center, Colorado state university, Fortcollins,Colorado,19.36-19.39.

8- Srikantan. R., McMohan. T.A. (2001): **"Stochastic generation of annual, Monthly and daily climate data:A review"**.Hydrology and Earth system sciences 5(4),653-670.

9- Thomas, H.A and Fiering , M. P. (1962): **Mathematical synthesis of stream flow sequences for the analysis of river basins by simulation.** Chapter 12 in Design of water resources systems. A. Mass, S. Marglin and G. Fair (Eds.), Hardvard Universtiy press, cambridge, Massachusetts, USA.

10- Thompson, S. A. (1999): **"Hydrology for water management , Balkema, Rotterdam Netherlands"**.

11- Thyer, M. A. and Kuczera, G. (1999): **"Modeling long-term persistence in rainfall time series, Sydney rainfall case study"**.Hydrology and water resources symposium, Institution of Engineers, Australia, 550-555.

12- Wilhite. D. A.(1986): **Drought poling in U.S and Australia. A comparative analysis"**. Water resources Bulletin 22: 425-438.

13- Willhite,D.A. (1987): **"The role of government in planning for drought: Wher do we go from here"**,in D.A.Willhite and W.E.Easterling(eds),Planing for Drought: Toward a Reduction of societal. Vulnerability,Boulder,Co:westview press.

www.SID.ir