علـوم محـیـطی سال هفتم ، شماره چهارم، تابستان ۱۳۸۹
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.7, No.4 , Summer 2010

۳۱ -٤٤

بررسی خشکسالی و تحلیل روند دوره‌های خشک کوتاه مدت ایرانشهر با استفاده از مدل زنجیره مارکف در دوره آماری ۱۳۸۵ – ۱۳۵۹

تقی طاوسی*، محمود خسروی، خالد قادری‌زه

گروه جغرافیای طبیعی و آب وهوا شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

Archive of SID

چکیده

هدف این پژوهش شناسایی رخداد خشکسالی و بررسی کوتاه مدت وقوع دوره‌های خشک ایرانشهر می‌باشد . برای بررسی خشکسالی، نمره استاندارد بارش سالانه (Z) ایرانشهر طی سال‌های (۱۳۸۵ – ۱۳۵۹)، به کارگرفته شد. برای شناخت دوره‌های خشک کوتاه مدت، مدل زنجیره مارکف مرتبه اول دو حالته استفاده گردید. روزهای سال به دو گروه، «روزهای تر» (بارش ۰/۱میلی‌متر و بیشتر) و «روزهای خشک» (بارش کمتر از ۰/۱میلی‌متر) تقسیم شد. پس از تعیین فراوانی روزهای «تر» و «خشک»، احتمالات ساده و اقلیمی طول هر یک ازدوره‌های تر و خشک و چرخه هوایی آن‌ها محاسبه و دوره بازگشت آن‌ها مشخص گردید. تحلیل خشکسالی‌ها نشان داد که تکرار دوره‌های خشکسالی در سال‌های اول دوره آماری کمتر و از نظم بیشتری برخوردار بوده است. از سال ۱۳۷۷ به بعد نه تنها فراوانی خشکسالی‌ها بلکه طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۵ شدت و تداوم آنها افزایش یافته است. سپس مقدار احتمال دو روز پیاپی خشک یا تر، اختلاف بین احتمالات ساده و اقلیمی وقوع روزهای تر و خشک تعیین گردید. ولی بین احتمالات ساده و احتمالات اقلیمی دوره‌های خشک و تر کوتاه مدت برای ایستگاه مورد مطالعه اختلاف قابل توجه‌ای مشاهده نشد. در مجموع فراوانی روزهای خشک در تمامی ماه ها مشاهده شد و متوسط روزهای خشک بیست و پنج روز و بالاتر بدست آمد.

کلید واژه‌ها: نمره استاندارد بارش، روزهای خشک، احتمال اقلیمی، مدل مارکف.

Assessment of Drought and Trends Analysis of Short-Duration Dry Periods in Iranshahr Region, Using a Markov Chain (1980-2006)

Taghi Tavousi*, Mahmood Khosravi , Khaled Ghaderi Zeh

Department of Physical Geography and Climatology, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchestan.

Abstract

The purpose of this study is to identify the occurrence of drought events and short-term dry periods in Iranshahr region. The standardized precipitation values are applied for detecting drought in Iranshahr region for the period of 1980-2006. For recognition of short duration dry periods, a Markov chain model was used. The daily data were classified into two groups; wet days (precipitation equal or more than 0.1mm) and dry days (precipitation less than 0.1mm). The frequency of wet and dry periods and the probabilities of the duration of each wet and dry period and its return periods were calculated. The analysis of droughts has shown that the frequency of drought periods in the initial years of statistical period is fewer and that they have less regularity. After 1998, not only the drought frequency but also its intensity and duration is increased. The probability of two successive wet or dry days, the differences of simple and climatic probabilities of wet and dry days was determined. The results showing that significant differences do not exist between simple and climatic probabilities of wet and dry short duration periods. The frequency of dry days is observed in all months. The monthly average of dry duration is 25 or more days.

Keywords: Standardized precipitation values, Dry days, Climatic probabilities, Markov model.

* Corresponding author. *E-mail Address*: t_tavousi@yahoo.com

www.SID.ir

مقدمه

موقعیت جغرافیایی ایرانشهر در جنوب شرق کشور، در استان سیستان و بلوچستان که ازمناطق کم بارش کشور به شمار می‌رود، خشکی را از ویژگی‌های آب وهوایی آن ساخته است. پیش بینی پدیده‌های جوی به ویژه بارندگی به صورت مدل‌های آماری امکان پذیر است. بررسی های آماری به روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی، همبستگی خطی و غیرخطی، مدل‌های ARIMA و استفاده از توزیع‌های آماری شناخته شده نظیر توزیع نرمال، گمبل، پیرسون و.... انجام می‌گیرد (Yosefi, 2007). مطالعات زیادی از روش تحلیل داده‌های بارندگی با استفاده از روش شاخص استاندارد بارندگی(Standard Precipitation Index) یا شاخص(SPI) و نیز الگوی زنجیره مارکف صورت گرفته است. شاخص (SPI) به وسیله (Mckee *et al.*, 1993) معرفی شد. آنها برای اینکه بتوانند کمبود بارندگی را در دوره‌های زمانی چندگانه مورد بررسی قرار دهند، این شاخص را تعریف کردند. در میان روش‌های آماری، زنجیره مارکف در علوم جوی در سال‌های اخیر مورد توجه جدی قرار گرفته است. زنجیره مارکف، روش‌های ساده ریاضی حل احتمالات مربوط به فرآیندهای وابسته را بسیار آسان نموده است. مدل مارکف در علوم گوناگونی مانند هواشناسی، اقلیم شناسی، اقتصاد، صنعت و پزشکی کاربرد وسیعی دارد. متداول‌ترین روش برای بررسی فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب زنجیره مارکف است. در این مدل احتمال وقوع یک حالت اقلیمی در زمان t بر اساس وضعیت آن در زمان قبل(t-1) پیش بینی می‌شود (Alizadeh, 2001). پژوهندگان بسیاری در داخل و خارج از کشور از این مدل استفاده کرده‌اند.

برای مثال: مدل مارکف درجه ۱ با تبدیل – Wilson Hilferty جهت تولید داده‌های رودخانه به کار گرفته شده است (Thomas *et al.*,1962). هم‌چنین برای محاسبه احتمالات دوره‌های خشک زمان رشد محصول (در دهلی نو) از این مدل استفاده شده است (victor *et al.*,1979). از احتمالات مارکف، برای پهنه بندی طول دوره‌های خشک وتر اسپانیا بهره برده اند (Martin-Vide *et al*, 1999) وگروهی از پژوهشگران نیز به کمک مدل زنجیره مارکف و بر اساس فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب، اقلیم اسپانیا را طبقه‌بندی کرده‌اند (Alijani, 2005). در استرالیا بارش روزانه در مقیاس زمانی مختلف با مدل مارکف مورد بررسی قرار گرفته توانایی این مدل در بر آورد، دوره‌های خشک و تر کوتاه مدت با توجه به ویژگی‌های بارش در مکان خاص اثبات گردید (Mehrota *et al.*, 2007). در کشور بلغارستان، تداوم دوره‌های خشک وتر ایستگاهی (Berger *et al.*, 1983) و در اتیوپی، ارزیابی دوره‌های خشک (Selesh *et al.*, 2006) بر پایه زنجیره مارکف تحلیل شده است. جهت پایش خشکسالی در جنوب پرتقال، شاخص SPI با این الگو بررسی شده است (Paulo *et al.*, 2007).

درکشور ایران نیز از مدل زنجیره مارکف برای تحلیل رفتارهای اقلیمی استفاده شده است. نمونه‌های آن را می‌توان در بررسی دوره‌های کوتاه خشک وتر بابلسر (Meshkati, 1984)، نوسانات اقلیمی استان کردستان (Ghadermarzi, 2001)، تبیین خشکسالی استان خراسان (Ashgar Toosi *et al.*, 2003)، دوره‌های خشک کوتاه مدت خراسان (Hejazizadeh *et al.*, 2005)، احتمال وقوع خشکسالی منطقه شرق و جنوب شرق ایران (Daneshvar *et al.*, 2006)، تعیین دوره‌های تر وخشک تهران (مهرآباد) (Kardavani, 2006) و دوره‌های بارش استان اردبیل ذکر کرد (Delara, 2008).

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

جهت بررسی شرایط خشکسالی منطقه مورد مطالعه، مجموع بارش ۲۷ ساله ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر طی دوره آماری (۱۳۸۵-۱۳۵۹) به نمره استاندارد بارش (Z) تبدیل شد و بر پایه شاخص استاندارد بارندگی (SPI) خشکسالی‌ها تحلیل گردید . این شاخص از رابطه زیر بدست می آید :

رابطه (۱)

$$Z = \frac{Xi - \overline{X}}{S}$$

Z = نمره استاندارد بارندگی

Xi= بارش در زمان مشخص

$\overline{X}$ = میانگین بارش

S = انحراف معیار

جدول ۱- توصیف کیفی خشکسالی وترسالی بر اساس شاخص نمره استاندارد بارندگی

توصیف کیفی خشکسالی و ترسالی	نمره استاندارد بارش (z)
ترسالی بسیار شدید	Z < 1.75
ترسالی شدید	1.25 < Z < 1.75
ترسالی متوسط	0.75 < Z < 1.25
ترسالی ضعیف	0.25 < Z < 0.75
نرمال	-0.25 < Z < 0.25
خشکسالی ضعیف	-0.75 < Z < -0.25
خشکسالی متوسط	-1.25 < Z < -0.75
خشکسالی شدید	-1.75 < Z < -1.25
خشکسالی بسیار شدید	Z < -1.75

از آن‌جا که در تحقیقات اقلیمی بویژه اقلیم کشاورزی علاوه بر شناخت خشکسالی‌ها، پی بردن به رفتار دوره‌های تر و خشک کوتاه مدت چند روزه تا چند هفته‌ای، احتمالات وقوع این دوره‌ها و محاسبه دوره برگشت موسم‌های تر و خشک از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا بخش مهمی از تحقیق حاضر به مطالعه این ویژگی‌ها به روش مارکف اختصاص یافت. در این روش نیز داده‌های بارش روزانه ۲۷ ساله ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر در تمام ماه‌ها و فصول سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف مرتبه اول (دو حالته) مورد بررسی قرار گرفتند. استفاده از این مدل به شرح زیر بیان می‌شود :

رابطه (۲)

$$Pr.\{x_{t+1}|x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, ...x_t\} = pr\{x_{t+1}|x_t\}$$

وجود رابطه فوق و یا انطباق زنجیره مارکف به سری داده‌ها با آزمون کای ۲ بررسی شد (Ghaderi zeh, 2008).

برازش داده‌ها بر زنجیره مارکف

برآورد ماتریس احتمال، مشخص کردن مقدار احتمال یک حالت به کلیه حالت‌های ممکن است. در زنجیره مارکف (P) مرتبه اول (دو حالته) می‌تواند به این صورت می‌باشد : در این ماتریس روز خشک با (o) و روز مرطوب با (۱) نشان داده شده است . جمله P_{11} یعنی احتمال روز مرطوب پس از روز مرطوب و جمله p_{00} یعنی احتمال روز خشک پس از روز خشک دیگر می‌باشد. جهت برازش داده‌ها بر زنجیره مارکف مرتبه اول دوحالته ابتدا ماتریس یا جدول توافقی شمارش فراوانی انتقال‌ها را بصورت رابطه ۳ تشکیل شد (Ghaderi zeh, 2008).

رابطه (۳)

$$\begin{matrix} n_{10} & n_{11} \\ n_{01} & n_{00} \end{matrix} \downarrow \quad p = \begin{bmatrix} 1-p & p \\ q & 1-q \end{bmatrix} \longrightarrow q = p_{10} \quad p_{01} = p$$

با مشخص شدن عناصر ماتریس، احتمال انتقال برخی از خصوصیات مهم هم‌چون احتمالات اقلیمی و... بدست

Archive of SID

www.SID.ir

آمد که نتایج آن‌ها در جدول (۵) آورده شده است. روابط زیر برای محاسبه برخی از ویژگی‌ها به شرح زیر می‌باشد :

- احتمالات ساده وقوع روزهای خشک و تر در هر ماه (از تقسیم روزهای تر یا خشک هر ماه بر تعداد روزهای همان ماه)

- احتمالات اقلیمی که نشان دهنده درصد دوره خشک و تر است از روابط زیر بدست می‌آید :

رابطه (۴) – Π_1 – احتمال ساکن وقوع روزتر

$$\Pi_1 = \frac{P}{P+Q}$$

رابطه (۵) – Π_0 – احتمال ساکن وقوع روز خشک

$$-\Pi \quad \Pi_0 = \frac{Q}{p+Q} = 1$$

- امید ریاضی یا طول دوره‌های تر وخشک از روابط زیر بدست می‌آید :

رابطه(۶) – برآورد طول دوره خشک

$$E_0 = \frac{1}{1-p_{00}}$$

رابطه (۷)– برآورد طول دوره تر $E_1 = \frac{1}{1-p_{11}}$

چرخه هوایی نشان‌دهنده یک موسم‌تر و یک موسم خشک متوالی است که از جمع طول دوره‌های خشک و تر بدست می‌آید :

رابطه(۸) – چرخه هوایی $E_c = E_0 + E_1$

- تعیین میانگین روزهای تر وخشک در هر ماه با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید :

رابطه(۹) – تعیین میانگین روزهای خشک

$$r_0 = n^* \Pi_0$$

رابطه (۱۰) – تعیین میانگین روزهای تر

$$r_1 = n^* \Pi_1 = n - r_0$$

برآورد دوره‌های خشک n روزه در طول دوره مورد مطالعه از روابط زیر به دست می‌آید :

$$D_n = 1 + \frac{(n-m)}{}$$

رابطه (۱۱) – تعیین دوره‌های خشک (Wilks, 1995)

- نتایج دوره‌های برگشت هریک از این دوره‌ها از رابطه زیر بدست آمده است :

رابطه (۱۲) – تعیین برگشت موسم‌های خشک

$$P(D^n) = p_{00} n-1 * P_{01}$$

رابطه (۱۳) – احتمال برگشت موسم‌های خشک

$$T = \frac{1}{P}$$

نتایج

در این پژوهش با تبدیل بارش سالانه ایرانشهر به نمره استاندارد بارش (Z)، خشکسالی‌های دوره آماری مورد مطالعه بررسی وتحلیل شد. بارش روزانه نیز روی مدل زنجیره مارکوف اعمال و نتایج زیر بدست آمد :

- در شهرستان ایرانشهر در ماه‌های مختلف وتمام فصول سال احتمال وقوع دو روز متوالی خشک بیشتر از احتمال وقوع دو روزتر متوالی است. بطوری که احتمال وقوع دو روز خشک متوالی هیچ‌گاه کمتر از ۸۵٪ درصد کمتر نیست.
- مقایسه احتمالات ساده وقوع روزهای خشک و تر در ماه‌ها و فصول مختلف سال با احتمالات اقلیمی نشان داد که اختلافات بسیار جزئی بین آن‌ها وجود دارد که در اکثر موارد از ۱٪ بیشتر نیست.
- بیشترین تعداد فراوانی روزهای خشک در دوره زمانی مورد مطالعه ماهانه بیست و پنج روز و بالاتر از آن است.
- بررسی چرخه هوایی در ماه‌ها وفصول مختلف در طی سال‌های مورد مطالعه نشان داد که کمینه و بیشینه ماهانه چرخه هوایی مربوط به مهر ماه با ۲۵۱ روز و اسفند با ۱۴ روز می‌باشد.
- با توجه به جداول مربوط به فراوانی دوره‌های خشک و تر برآورد شده توسط مدل، صحت و دقت بالای مدل زنجیره مارکف در بررسی این دوره‌ها در منطقه مورد

Archive of SID

www.SID.ir

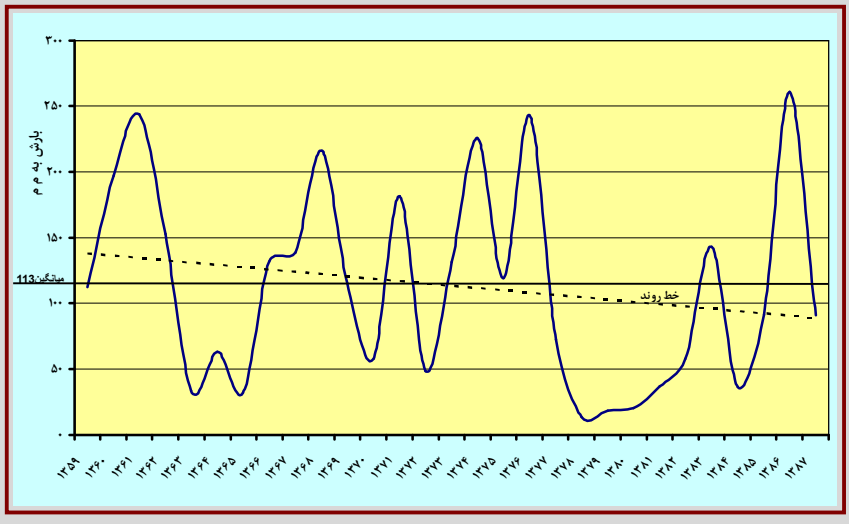
مطالعه اثبات می‌گردد.

- نتایج این پژوهش نشان داد که دوره‌های خشک کوتاه مدت در ایستگاه انتخابی در همه ماه‌های سال به جز شهریور و مهرماه از بیشترین فراوانی برخوردار است و به تدریج با طولانی‌تر شدن دوره‌ها، از تعداد فراوانی‌های مربوطه کاسته شده، این کاهش فراوانی‌ها از دوره‌های خشک یک روزه تا دوره خشک ۸ روزه روند نزولی و کاهشی را نشان می‌دهد.

بحث

تحلیل خشکسالی‌های منطقه

با توجه به نتیجه بدست آمده از پردازش داده‌های بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک مورد نظر و با توجه به توصیف کیفی تعیین شده در جدول شماره ۱ شرایط اقلیمی منطقه طی دوره مورد مطالعه مشخص شد که نتایج آن در جدول شماره ۲ خلاصه شده است. نتایج این جدول بیانگر آن است که در این منطقه در دوره مورد مطالعه، میانگین بارش شهرستان ایرانشهر در حدود ۱۰۸ میلی‌متر است که بیشترین آن به ترتیب در فصل زمستان، بهار، تابستان و پاییز می‌بارد. از لحاظ شدت خشکسالی، بیشترین فراوانی خشکسالی از نوع خشکسالی ضعیف با ۵ بار تکرار و بعد از آن خشکسالی متوسط با ۴ بار تکرار و خشکسالی شدید با ۳ بار تکرار می‌باشند. تداوم دوره‌های خشکسالی در منطقه متفاوت بوده است به طوری که تداوم چهار سال و بیشتر را که مربوط به سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ بوده را تجربه کرده است ولی بیشترین تداوم مربوط به تداوم‌های یک و دو ساله بوده است. نتایج حاصل از بررسی دامنه خشکسالی و ترسالی منطقه که بیانگر شدت و ضعف میزان دریافت بارش می‌باشد، نشان داد که سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۶ سال‌هایی بودند که میانگین بارندگی در اکثر سال‌ها بالاتر از حد نرمال سالانه (۱۰۸ میلی‌متر) بوده است. بطوری که بیشترین ترسالی‌های با شدت بالا در بین این سال‌ها اتفاق افتاده است. روند خشکسالی خصوصاً در ده ساله اخیر روند رو به افزایش چه از نظر فراوانی و چه از نظر شدت خشکسالی نشان می‌دهد (شکل شماره۲).



شکل ۲–نمودار تغییرات بارش سالانه نسبت به میانگین درازمدت و روند آن در ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر طی دوره آماری ۱۳۸۷ – ۱۳۵۹

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- بررسی وضعیت خشکسالی و ترسالی ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر (۱۳۸۵ – ۱۳۵۹)

شاخص بارندگی						
شاخص توزیع استاندارد						
ردیف	سال	مقدار بارندگی	نمره توزیع استاندارد	ترسالی	خشکسالی	توصیف کیفی
۱	۱۳۵۹	۱۱۲/۲	۰/۵	–	–	نرمال
۲	۱۳۶۰	۲۰۰	۱/۲۶	۱	–	ترسالی شدید
۳	۱۳۶۱	۲۴۳/۷	۱/۸۵	۱	–	ترسالی بسیار شدید
۴	۱۳۶۲	۱۵۲/۲	۰/۶۰	۱	–	ترسالی ضعیف
۵	۱۳۶۳	۳۳/۵	-۱/۰۱	–	۱	خشکسالی متوسط
۶	۱۳۶۴	۶۳/۳	-۰/۶۱	–	۱	خشکسالی ضعیف
۷	۱۳۶۵	۳۲/۲	-۱/۰۳	–	۱	خشکسالی متوسط
۸	۱۳۶۶	۱۳۱/۹	۰/۳۲	۱	–	ترسالی ضعیف
۹	۱۳۶۷	۱۳۹/۱	۰/۴۲	۱	–	ترسالی ضعیف
۱۰	۱۳۶۸	۲۱۶/۲	۱/۴۸	۱	–	ترسالی شدید
۱۱	۱۳۶۹	۱۱۵/۵	۰/۱	–	–	نرمال
۱۲	۱۳۷۰	۵۷/۷	-۰/۶۸	–	۱	خشکسالی ضعیف
۱۳	۱۳۷۱	۱۸۱/۶	۱	۱	–	ترسالی متوسط
۱۴	۱۳۷۲	۴۸/۷	-۰/۸۱	–	۱	خشکسالی متوسط
۱۵	۱۳۷۳	۱۳۱/۲	۰/۳۱	۱	–	ترسالی ضعیف
۱۶	۱۳۷۴	۲۲۵/۶	۱/۶	۱	–	ترسالی شدید
۱۷	۱۳۷۵	۱۱۹/۲	۰/۱۵	–	–	نرمال
۱۸	۱۳۷۶	۲۴۲/۸	۱/۸۴	۱	–	ترسالی شدید
۱۹	۱۳۷۷	۷۳/۸	-۰/۴۶	–	۱	خشکسالی ضعیف
۲۰	۱۳۷۸	۱۳/۵	- ۱/۳۰	–	۱	خشکسالی شدید
۲۱	۱۳۷۹	۱۶/۴	-۱/۲۵	–	۱	خشکسالی شدید
۲۲	۱۳۸۰	۱۸/۵	-۱/۲۵	–	۱	خشکسالیشدید
۲۳	۱۳۸۱	۳۶/۹	-۰/۹۷	–	۱	خشکسالی متوسط
۲۴	۱۳۸۲	۵۷/۸	-۰/۶۸	–	۱	خشکسالی ضعیف
۲۵	۱۳۸۳	۱۴۳	۰/۴۷	۱	–	ترسالی ضعیف
۲۶	۱۳۸۴	۳۶/۳	-۰/۹۷	–	۱	خشکسالی متوسط
۲۷	۱۳۸۵	۹۱/۵	-۰/۲۲	–	–	نرمال

www.SID.ir

خصوصیات دوره‌های خشک

احتمال‌های شرطی زنجیره مارکف مرتبه اول هردوره خشک و تر در جدول شماره ۳ آمده است . اعداد هر سلول این جدول همانند مدل زنجیره مارکف مرتبه اول دو حالته نوشته شده، بیانگر وقوع حالات مختلف در دوره مورد بررسی است. برای نمونه در ایستگاه ایرانشهر در ماه فروردین احتمال وقوع یک روز خشک بعد از روز خشک (P_{00})، ۹۵٪ است، در حالی که همین حالت برای وقوع (P_{11}) احتمال وقوع روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب تنها ۳۴٪ است. در این ایستگاه (P_{10}) چنانچه روز اول مرطوب باشد با احتمال ۶۶٪ در روز بعد از آن شرایط خشکی پدیدار می‌گردد. کمترین میزان احتمال (P_{01}) وقوع حالت مرطوب بعد از یک روز خشک است که در این شرایط در ماه فروردین برای ایستگاه ایرانشهر با احتمال ۰۴۸/ ٪ بوقوع می‌پیوندد. نتایج ماتریس‌ها نشان می‌دهد که مقادیر P_{00} که بیانگر دو روز خشک متوالی می‌باشد، بین ۹۱ تا ۹۹ درصد در نوسان است. کمینه احتمال وقوع P_{00} به میزان ۹۱ درصد در ماه اسفند و بیشینه احتمال وقوع این حالت در مهر ماه با ۹۹ درصد در طی دوره آماری رخ داده است.

در خصوص احتمال وقوع P_{11} که بیانگر دو روز تر متوالی می‌باشد بجز از دو ماه شهریور و مهر که کم‌ترین درصد ممکنه یعنی صفر برای آن‌ها بدست آمده است سایر ماه‌های سال در دوره مورد مطالعه یک نوسان عمده در به احتمال وقوع پیوستن دو روز تر متوالی مشاهده می‌شود. نتایج ارائه شده تا این قسمت وضعیت ماهانه ایستگاه را از نظر دوره خشک و تر نشان داد.

جهت شناسایی احتمال‌های شرطی مرتبه اول برای فصول مختلف سال احتمال وقوع P_{00} و P_{11} بصورت میانگین سه ماهه برای هر فصل جداگانه در جدول ۴ آمده است. طبق جدول احتمال وقوع P_{00} برای تمام فصل‌های سال کمتر از ۹۰٪ درصد نیست چنان‌که کمینه آن به میزان ۹۱٪ درصد در فصل زمستان و بیشینه آن ۹۸٪ درصد در فصل تابستان روی داده است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در فصل سرد سال از بادهای غربی و در فصل گرم سال از موسمی‌های جنوب شرقی بارش دریافت می‌کند، ولی به علت نایکنواخت بودن بارندگی در بیشتر سال‌ها، ایرانشهر دستخوش اقلیم خشکی است. در واقع با این شرایط نمی‌توان انتظار وقوع دوره‌های مرطوب زیادی را در منطقه داشت. بطورکلی هیچ یک از ماه‌ها و فصل‌های این ایستگاه در کل دوره آماری احتمال بالای ۴۰٪ درصدی برای وقوع P_{11} را تجربه نکرده‌اند. بیشینه احتمال وقوع این وضعیت ۴۰٪ مربوط به ماه اسفند است.

جدول ۳ – ماتریس احتمال‌های شرطی مرتبه اول ماهانه ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر در طی دوره آماری

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
p_{00}	۰/۹۵۲	۰/۹۷۷	۰/۹۷۸	۰/۹۸۲	۰/۹۶۷	۰/۹۹۱	۰/۹۹۶	۰/۹۸۳	۰/۹۵۴	۰/۹۲۳	۰/۹۲	۰/۹۱
p_{01}	۰/۰۴۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۳۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۴۶	۰/۰۷۷	۰/۰۸۰	۰/۰۹۰
p_{10}	۰/۶۶۲	۰/۷۵	۰/۸۴۳	۰/۷	۰/۸۲۹	۱	۱	۰/۸۱۳	۰/۶۱۲	۰/۶۶۳	۰/۶۵	۰/۶۰۳
p_{11}	۰/۳۳۸	۰/۲۵۰	۰/۱۵۷	۰/۳	۰/۱۷۱	۰	۰	۰/۱۸۷	۰/۳۳۸	۰/۳۳۷	۰/۳۵	۰/۳۹۷

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤ – ماتریس احتمال‌های شرطی مرتبه اول فصلی ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر در طی دوره آماری

فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
p_{00}	۰/۹۶۹	۰/۹۸	۰/۹۷۸	۰/۹۱۸
p_{01}	۰/۰۳۱	۰/۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۸۲
p_{10}	۰/۷۵۲	۰/۸۴۳	۰/۸۲۵	۰/۶۳۹
p_{11}	۰/۲۴۸	۰/۱۵۷	۰/۱۷۵	۰/۳۶۱

احتمالات ساده شرطی و احتمالات اقلیمی

از مقایسه مقادیر احتمالات ساده وقوع روزهای خشک و تر و احتمالات ساکن وقوع روزهای خشک و تر که بیانگر ایام تر و خشک به صورت درصدی است (ستون اول جدول ۵) ، مشخص شد اختلافات بسیار جزئی بین آنها وجود دارد. به طوری که بندرت این میزان اختلاف از چند صدم درصد تجاوز می‌کند. بیشینه اختلاف مشاهده شده ماهانه در ایستگاه مورد نظر در ماه تیر به میزان ۰۵٪ درصد می‌باشد و در ماه‌های خشک دیگر مانند شهریور و مهر هم به همین صورت می‌باشد. بیشینه اختلاف فصلی مشاهده شده در فصل‌های سال و دو دوره گرم و سرد نیز از چند صدم درصد متجاوز نیست. با توجه به اینکه این اختلافات بسیار جزئی بوده لذا می‌توان نتیجه گرفت که روابط مورد استفاده در زنجیره مارکف برای تعیین احتمالات ساده و قوع روزهای خشک و تر از دقت کافی برخوردار است.

فراوانی وقوع روزهای خشک و تر

فراوانی روزهای خشک و تر بدست آمده در دوره زمانی مورد نظر (ستون سوم جدول ۵) بصورت ماهانه، مشخص می‌سازد که در تمام ماه‌های سال تعداد روزهای خشک کمتر از بیست و پنج روز نیست. بیشترین فراوانی وقوع روزهای خشک ماهانه به ترتیب مربوط به ماه‌های مهر با ۲۹/۴ ، شهریور با ۳۰/۷ ، و خرداد و تیر هر دو با ۳۰/۲۲ روز است. بیشترین فراوانی وقوع روزهای تر به ترتیب مربوط به اسفند با ۴ روز، بهمن با ۳/۳ روز و دی با ۳ روز در ماه می‌باشد. بیشترین فراوانی وقوع روزهای خشک به ترتیب فصول سال تابستان با ۹۱ روز ، پاییز ۸۷/۶ روز، بهار با ۸۹/۳ روز و زمستان با ۷۹/۵ روز می‌باشد. بیشترین فراوانی وقوع روزهای تر در فصل‌های سال درست بر عکس وقوع روزهای خشک می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که فصل زمستان ۲ تا ۳ برابر سایر فصول سال از بیشترین فراوانی روزهای‌تر، برخوردار است.

امید ریاضی یا طول میانگین دوره‌های خشک و تر

امید ریاضی دوره‌های خشک یا طول دوره مورد انتظار برای ایستگاه مورد نظر طی دوره آماری در ماه‌های مختلف، به مراتب بیشتر از امید ریاضی دوره‌تر است (جدول شماره ۵). طولانی‌ترین دوره‌های خشک مورد انتظار در ماه‌های مختلف سال مربوط به ماه مهر و بعد از آن شهریور و طولانی‌ترین دوره‌های‌تر مورد انتظار هم به اسفند تعلق دارد. طولانی‌ترین دوره‌های خشک مورد

Archive of SID
www.SID.ir

انتظار فصلی به فصل تابستان و پس از آن پاییز و طولانی‌ترین دوره‌های تر مورد انتظار به فصل زمستان و پس از آن به بهار تعلق دارد .

چرخه هوایی

از حاصل جمع امید ریاضی دوره‌ها و یا حاصل جمع طول دوره خشک با طول دوره تر چرخه هوایی به دست می‌آید (جدول شماره ۵). بیشینه چرخه هوایی دوره‌های خشک و تر ماهانه در طی دوره آماری مورد مطالعه مربوط به مهرماه با (۲۵۱) و شهریورماه با (۱۱۲/۱۱) می‌باشد. کمینه چرخه هوایی ماهانه به ماه‌های اسفند (۱۲/۷۷) و بهمن (۱۴/۰۴) مربوط می‌شود. در طی فصول مورد بررسی ماکزیمم چرخه هوایی متعلق به فصل تابستان (۵۱/۱۹) و پس از آن فصل‌های پاییز (۴۶/۶۶) و بهار (۳۳/۵۷) قرار دارند. کمینه چرخه هوایی مربوط به فصل زمستان می‌باشد.

دوره‌های خشک n روزه

در این پژوهش دوره‌های خشک و تر با آستانه تری (۰/۱) مشخص می‌شود و فراوانی آن‌ها از یک تا هشت روز مورد محاسبه قرار گرفته است. موسم‌های خشک و تر کوتاه مدت در طی دوره آماری مورد مطالعه در شهرستان ایرانشهر از بیشترین فراوانی برخوردار هستند، در بررسی جدول مربوط به برآورد موسم‌های خشک و

جدول۵- ویژگی‌های دوره‌های خشک شهرستان ایرانشهر در طی دوره آماری (۱۳۸۵–۱۳۵۹)

خصوصیات مارکفی	احتمالات شرطی		احتمالات اقلیمی		فراوانی روزها		امید ریاضی		چرخه هوایی
ماه و فصل	W/W	W/D	Π_0	Π_1	R_0	R_1	E_0	E_1	EC
فروردین	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۰۷	۲۸/۸	۲/۲	۱/۵۱	۲۰/۸۲	۲۲/۳۴
اردیبهشت	۰/۰۳	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۰۳	۳۰/۱	۰/۹	۱/۳۳	۴۳/۴۸	۴۴/۸۱
خرداد	۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۷۵	۰/۰۲۵	۳۰/۲	۰/۸	۱/۱۹	۴۵/۴۵	۴۶/۴۴
تیر	۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۷۵	۰/۰۲۵	۳۰/۲	۰/۸	۱/۴۳	۵۵/۵۶	۵۶/۹۹
مرداد	۰/۰۴	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۰۴	۲۹/۸	۱/۲	۱/۲۱	۳۰/۳	۳۱/۵۱
شهریور	۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۹۹۱	۰/۰۰۹	۳۰/۷	۰/۳	۱	۱۱۱/۱۱	۱۱۲/۱۱
مهر	۰/۰۰۴	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۰۰۴	۲۹/۹	۰/۱	۱	۲۵۰	۲۵۱
آبان	۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۰۲	۲۹/۴	۰/۶	۱/۲۳	۵۸/۸۲	۶۰/۰۵
آذر	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۰۷	۲۸	۲	۱/۶۳	۲۱/۷۴	۲۳/۳۷
دی	۰/۱۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۱۰	۲۷	۳	۱/۵۱	۱۲/۹۹	۱۴/۵
بهمن	۰/۱۲	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۱۱	۲۶/۵	۳/۵	۱/۵۴	۱۲/۱۵	۱۴/۰۴
اسفند	۰/۱۳	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۱۳	۲۵/۵	۳/۸	۱/۶۶	۱۱/۱۱	۱۲/۷۷
بهار	۰/۰۴	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۰۴	۸۹/۲۸	۳/۷۲	۳۲/۲۵	۱/۳۲	۳۳/۵۷
تابستان	۰/۰۲۳	۰/۹۷۷	۰/۹۸	۰/۰۲	۹۱/۱۴	۱/۸۶	۵۰	۱/۱۹	۵۱/۱۹
پاییز	۰/۰/۰۳۱	۰/۹۶۹	۰۰/۹۷۴	۰/۰۲۶	۸۷/۶	۲/۴	۴۵/۴۵	۱/۲۱	۴۶/۶۶
زمستان	۰/۱۱۴	۰/۸۸۶	۰/۸۹	۰/۱۱	۷۹/۴۸	۹/۸۲	۱۲/۴۵	۱/۵۶	۱۴/۰۱

www.SID.ir

تر، مشخص است که فراوانی‌های یک روزه و دو روزه در ایستگاه مورد نظر در ماه‌های مختلف سال، فصل‌ها سال از بیشترین فراوانی برخوردارند و به تدریج تا دوره‌های طولانی‌تر از تعداد فراوانی‌های مربوطه کاسته می‌شود. این کاهش در تعداد فراوانی‌های موسم‌های تر به مراتب از شدت بیشتری برخوردار است. به این ترتیب که از تعداد دوره‌های‌تر مثلا ۵، ۶ و ۷ روزه در همه ماه‌های سال و اکثر فصول به شدت کاسته شده و حتی فراوانی این دوره‌ها در اکثر ماه‌ها و فصل‌های سال به صفر می‌رسد. در ایستگاه مورد مطالعه در همه ماه‌ها و فصول سال طول دوره‌ها به صورت عددی افزایش می‌یابد ولی تعداد فراوانی دوره‌ها از دوره یک روزه تا دوره هشت روزه به صورت تصاعدی کاهش می‌یابد.

به طور کلی از ماه‌های خشک و کم بارش به طرف ماه‌های مرطوب بر میزان فراوانی دوره‌های‌تر و خشک کوتاه مدت افزوده می‌شود. به جز از دو ماه شهریور و مهر به علت شرایط خاصی که دارند در بقیه ماه‌ها تعداد دوره‌های خشک یک و دو روزه بیشتر از تعداد دوره‌های خشک هشت روزه است. در ماه‌های مختلف هر قدر طول دوره خشک طولانی‌تر شود از تعداد فراوانی روزهای خشک کوتاه مدت کاسته می‌شود.

با توجه به بارش در ماه‌های مختلف سال ماه‌هایی که از بیشترین بارندگی طی سال برخوردارند، بیشترین فراوانی دوره‌های خشک در آنها اتفاق می‌افتد. برای مثال در ماه‌های مهر و شهریور که کمترین فراوانی روزهای خشک کوتاه مدت برخوردارند در آنها دوره خشک طولانی‌تر است و بارندگی در این ماه‌ها در بیشتر سال‌های مورد مطالعه صفر می‌باشد. شکل شماره ۳ نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی دوره‌های خشک کوتاه مدت در طی دوره آماری در ماه اسفند و پس از آن ماه‌های بهمن، دی و فروردین قرار دارند که بیشترین بارندگی شهرستان ایرانشهر در این ماه‌ها اتفاق می‌افتد. بیشترین فراوانی یک روزه دوره‌های خشک کوتاه‌مدت مربوط به اسفندماه با فراوانی ۶۲ روز و کم‌ترین آن مربوط به مهرماه با با فراوانی ۴ روز می‌باشد.

ارزیابی دوره برگشت موسم‌های خشک

دوره برگشت موسم‌های خشک با استفاده از رابطه ۱۲ و ۱۳ برای ماه‌ها و فصول مختلف محاسبه شد که نتایج آن در شکل‌های شماره ۳ و ۴ آورده شده است. برآوردهای بدست آمده از بازگشت دوره‌های کوتاه‌مدت بیانگر این مطلب است که دوره برگشت موسم‌های خشک از اصول خاصی پیروی نمی‌کند. همان‌طور که در این دو شکل آمده است برگشت موسم‌های خشک کوتاه‌مدت ۱ تا ۸ روزه در ماه مهر و شهریور به علت ناچیز بودن بارش در طی سال‌های مورد مطالعه دیرتر از سایر ماه‌های سال و در ماه‌های دی بهمن و اسفند که بارش به بیشترین مقدار خود در شهرستان می‌رسد زودتر اتفاق می‌افتد.

مرداد ماه گرچه در خشک‌ترین وکم‌بارش ترین فصل شهرستان ایرانشهر یعنی در فصل تابستان قرار دارد ولی به علت نفوذ توده هوای موسمی از طرف شرق و جنوب شرق بارش‌های رگباری را در شهرستان به دنبال دارد. این خود دلیل برگشت موسم‌های خشک کوتاه مدت این ماه زودتر از سایر ماه‌های فصل تابستان و بعضی از ماه‌های فصل بهار و پاییز می‌باشد. دوره برگشت موسم‌های خشک کوتاه مدت ۱ روزه در مهر ماه ۲۵۰ و در اسفند ماه ۱۱ روز برآورد شده است و در ماه‌های فروردین ۲۰، اردیبهشت ۴۳، خرداد ۴۵، تیر ۵۵، مرداد ۳۰، شهریور ۱۱۱، آبان ۵۸، دی ۱۳، و بهمن ۱۲ روز برآورد شده است.

دوره برگشت موسم‌های خشک کوتاه مدت فصلی در شکل (شماره ۵ – ۳۷) نشان داده شده است. با برآورد و بررسی‌های انجام شده احتمال برگشت دوره‌های خشک کوتاه مدت فصل تابستان که به عنوان

Archive of SID

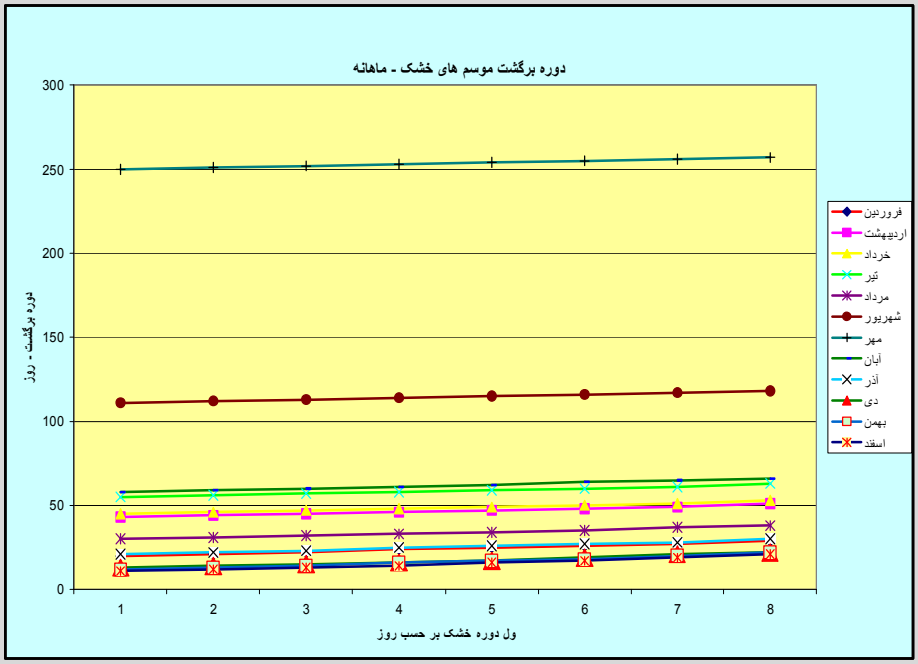
www.SID.ir

جدول ٦ – فراوانی دوره‌های خشک n روزه ماهانه، فصلی شمارش و برآورد شهرستان ایرانشهر

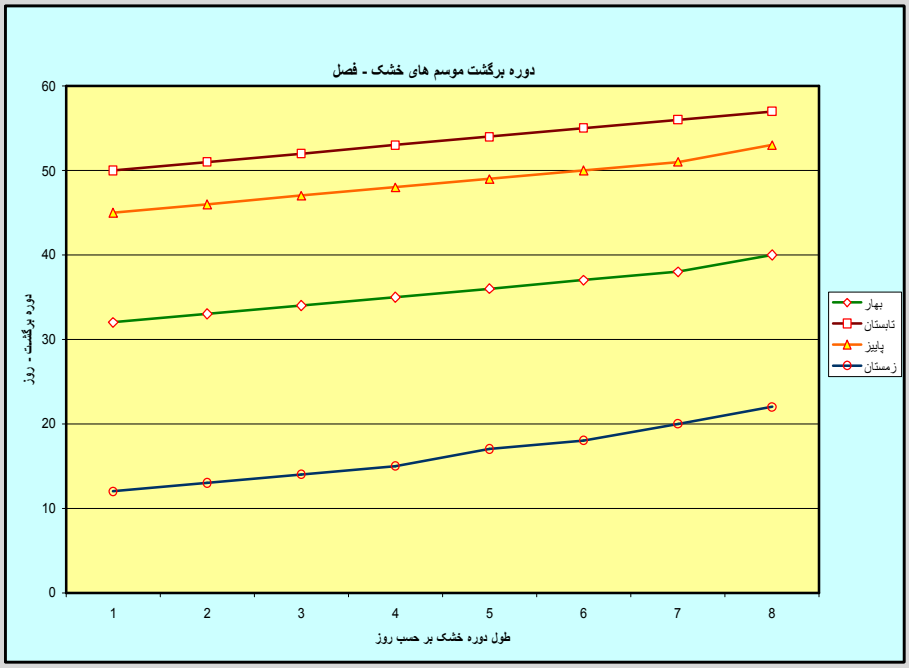
ماه	۱ روزه		۲ روزه		۳ روزه		۴ روزه		۵ روزه		۶ روزه		۷ روزه		۸ روزه	
	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد
فروردین	۳۸	۳۸	۳۳	۳۵	۲۶	۳۴	۲۴	۳۲	۲۲	۳۰	۲۱	۲۹	۱۸	۲۷	۱۲	۲۶
اردیبهشت	۲۱	۲۰	۱۹	۱۹	۱۸	۱۹	۱۷	۱۸	۱۶	۱۸	۱۶	۱۸	۱۵	۱۷	۱۴	۱۷
خرداد	۱۸	۱۸	۱۶	۱۸	۱۶	۱۷	۱۶	۱۷	۱۶	۱۶	۱۴	۱۶	۱۴	۱۶	۱۴	۱۵
تیر	۱۵	۱۵	۱۳	۱۵	۱۳	۱۴	۱۳	۱۴	۱۳	۱۴	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
مرداد	۲۸	۲۵	۲۱	۲۳	۲۰	۲۳	۱۸	۲۲	۱۷	۲۱	۱۶	۲۱	۱۶	۲۰	۱۶	۱۹
شهریور	۹	۸	۹	۸	۹	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
مهر	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۳
آبان	۱۵	۱۴	۱۳	۱۴	۱۳	۱۴	۱۱	۱۴	۱۰	۱۴	۱۰	۱۳	۷	۱۳	۷	۱۳
آذر	۳۳	۳۵	۲۸	۳۳	۲۲	۳۲	۱۹	۳۰	۱۹	۲۹	۱۹	۲۸	۱۸	۲۶	۱۶	۲۵
دی	۵۶	۵۷	۵۱	۵۲	۴۵	۴۷	۴۲	۴۴	۳۸	۴۱	۳۴	۳۷	۳۳	۳۴	۳۰	۳۲
بهمن	۵۸	۵۷	۵۳	۵۲	۴۱	۴۷	۳۸	۴۴	۳۴	۴۰	۲۸	۳۷	۲۴	۳۴	۲۰	۳۰
اسفند	۵۹	۶۳	۴۶	۵۷	۴۱	۵۲	۳۸	۴۷	۳۴	۴۳	۲۸	۳۹	۲۴	۳۶	۲۳	۳۳
بهار	۷۷	۷۲	۷۰	۷۰	۶۶	۶۷	۶۴	۶۵	۶۲	۶۳	۶۰	۶۱	۵۶	۵۹	۵۰	۵۷
تابستان	۵۲	۴۷	۴۳	۴۶	۴۲	۴۵	۳۹	۴۴	۳۸	۴۴	۳۷	۴۳	۳۷	۴۲	۳۷	۴۱
پاییز	۵۵	۵۲	۴۹	۵۱	۴۳	۵۰	۳۷	۴۹	۳۶	۴۸	۳۶	۴۷	۳۲	۴۶	۳۰	۴۵
زمستان	۱۷۳	۱۷۲	۱۵۲	۱۵۷	۱۳۶	۱۴۵	۱۲۸	۱۳۳	۱۱۸	۱۲۳	۱۰۷	۱۱۳	۹۷	۱۰۳	۸۹	۹۸

خشک‌ترین و کم بارش‌ترین فصل سال می‌باشد دیرتر از سایر فصول می‌باشد و فصل‌های پاییز و بهار به ترتیب پس از آن قرار می‌گیرند و فصل زمستان که به عنوان پر بارش‌ترین فصل سال می‌باشد دوره‌های خشک و کوتاه‌مدت آن زودتر از سایر فصول سال اتفاق می‌افتد. دوره برگشت موسم‌های خشک کوتاه مدت ۱ روزه فصل زمستان ۱۲، فصل بهار ۳۲، فصل پاییز ۴۵ و فصل تابستان ۵۰ روز بر آورد شده است.

www.SID.ir



شکل ۳ – نمودار برگشت موسم‌های خشک کوتاه مدت – ماهانه ایرانشهر



شکل ٤ – نمودار دوره برگشت موسم‌های خشک کوتاه مدت – فصلی ایرانشهر

www.SID.ir

منابع

Alijani, B. (2005). Analyses and Prediction of precipitation in Iarestan region using Markov chain models. The Iranian Journal of Research in Geography (Quarterly), 7 (2):11-34.

Alizadeh, A. (2001). Applied Hydrology. Mashhad: Astan Ghods Razvi press.

Ashgar Toosi, S.H. and A. Alizadeh (2003). Prediction of drought occurrence probability in Khorasan Province. The Iranian Journal of Research in Geography (Quarterly 70:119-128.

Berger, A. and C.H.R. Goossens (1983). Persistence of wet and dry spells at Uccle (Belgium). J. Climatol, 3:21-24.

Daneshvar, M.R., A.R. Telvari, M. Tvakoli and M.R. Danaiean (2006). Droughts return periods analyses in South and southeast of Iran. Pajouhesh Va Sazandegy,76: 158-166

Delara, G.H. (2008). Spetial analyses of wet period of year based on Markov chain model: case study Ardabil Province, M.Sc Thesis in climatology, University of Sistan and Baluchestan ,Geography Department.

Ghaderi zeh, K.H. (2008). A survey on dry and wet spells trends in Iranshahr region (1980-2006) using Markov chain Model, M.Sc thesis in Climatology, University of Sistan nad Baluchestan, Geography Department.

Ghadermarzi, H. (2001). Analyses and Prediction of Climate fluctuations in Kurdestan using Markov chain model, M.Sc thesis Teaching and training University, Geography Department.

Hejazi zadeh, Z. and A.R. Shirkhani (2005). Analyses and statistical prediction and dry spells in Khorasan province. Geographical research, 52: 13-31.

Jafari, K.H. (1998). An analyses of wet and dry spells in some of Iranian climate zones, using markov chain model, MSc thesis in agrometeorology, University of Teheran.

Jernigan, w. and H. Robert (2003). testing lump ability in markov chain .www. elsevir. com, statistics and probability letters, 6:17-23 .

Kardavani, P. (2006). A survey on dry and wet spells in Teheran using Markov chain model and synoptic analysis. Sarzamin Quarterly Journal, 17: 11-34

Martin-Vide, J. and L. Gomez (1999). Regionalization of Peninsular Spain Based on the Length of Dry Spells. International Journal of Climatology, Int.j.Climatol,19: 537-555.

Mashkati, M.R. (1984). A survey on dry days occurrence in Babolsar from Bias experimental prespective. Journal of Water Science, 3: 31-51.

McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, January 17–22, Anaheim, California, PP: 179–184

Paulo, A.A. and L.S. Pereira (2007). Prediction of SPI Drought Class Transitions Using Markov Chains. Water Resource Management , 21:1813–1827.

Seleshi, Y. and P. Camberlin (2006). Recent Changes

Archive of SID

www.SID.ir

in Dry Spell and Extreme Rainfall Events in Ethiopia. Theor. Appl.Climatol, 83:181-191.

Shirkhani, A. (2002). Analyses and statistical prediction and dry spells in Khorasan province, M.Sc thesis Teaching and training University, Geography Department.

Sistan and Baluchestan Meteorological Office (2007). Climatic data of Iranshahr synoptic station, IRIMO.

Wilks, D.S. (1995). Statistical Methods in the atmospheric sciences, An introduction. New York: Academic press.

Yousefi, N. (2007). An evaluation of drought probability using Markov chain model and normal distribution (Case study; Ghazvin). Geographical research, 60: 121-128

Archive of SID

www.SID.ir