

## تحلیل و پیش بینی آماری خشکسالی و دوره های خشک کوتاه مدت در استان خراسان\*

دکتر زهرا حجازی زاده- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم

علیرضا شیرخانی- کارشناس ارشد جغرافیا

پذیرش مقاله: ۸۲/۴/۹

### چکیده

تحقیق حاضر درصدد شناسایی رخداد خشکسالی و دوره های کوتاه مدت وقوع آن در منطقه خراسان می باشد. جهت دستیابی به این منظور از دو روش بهره گرفته شده است. برای بررسی وضعیت خشکسالی های منطقه از آمار بارش ماهانه ۳۴ ایستگاه طی سال های تحقیق (۱۹۹۷-۱۹۶۸) و روش گیبس- ماهر استفاده شد. گام بعدی به شناخت دوره های کوتاه مدت وقوع خشکسالی اختصاص یافت. این کار نیز با استفاده از روش زنجیره مارکف مرتبه اول دو حالت انجام شد. برای این کار که از داده های بارش روزانه پنج ایستگاه منتخب در بخش های مختلف استان استفاده شد، ویژگی های مهم مرتبط با دوره های تر و خشک کوتاه مدت همچون احتمالات ساده و اقلیمی، فراوانی روزها، طول دوره های تر و خشک و نیز سیکل هوایی تعیین شد. سپس با محاسبه فراوانی دوره های خشک، احتمال وقوع این دوره ها و سرانجام دوره بازگشت آنها مشخص گردید. تحلیل نتایج پردازش بارش ماهانه با روش نرمال، شرایط سال های مختلف از نظر خشکسالی و ترسالی را معلوم ساخت؛ به گونه ای که ۵۷ درصد ایستگاه ها در سال ۱۹۷۰ دارای شرایط خشکسالی بسیار شدید بوده اند. برعکس، در سال ۱۹۹۱ تمام ایستگاه ها بارش دریافتی بالاتر از میزان نرمال داشته و ۷۶ درصد از آنها نیز ترسالی با شدت های مختلف را تجربه کرده اند. تعیین دقیق مقدار احتمال دو روز خشک متوالی، اختلاف بین احتمالات ساده و اقلیمی وقوع روزهای تر و خشک و نیز فراوانی وقوع دوره های خشک از نتایج مهم این مطالعه می باشد؛ چنان که احتمال دوره خشک متوالی از ۷۱ تا ۹۸ درصد نوسان داشت. بین احتمالات ساده و اقلیمی خشکسالی ایستگاه ها نیز اختلاف چشمگیری مشاهده نشد. به لحاظ فراوانی روزهای خشک نیز در تمامی فصول، متوسط تعداد روزهای خشک بیست روز و بالاتر از آن می باشد. واژگان کلیدی: خراسان، خشکسالی، دهک ها، زنجیره مارکف، دوره های خشک کوتاه مدت.

### مقدمه

تردید نیست که اقلیم در اشکال گوناگون از جمله خشکسالی نقش تعیین کننده ای در وضعیت اقتصادی و به تبع آن شرایط اجتماعی جوامع دارد. این شرایط بالاخص در مورد برخی کشورها مثل ایران که به لحاظ موقعیت جغرافیایی در مناطق گرم و خشک واقع اند، ملموس تر است. حدود ۷۸ درصد از وسعت ۳۱۳۵۲۴ کیلومتر مربعی استان خراسان از نظر آب و هوایی دارای اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی می باشد و استعداد بالایی جهت ابتلا به بلایای طبیعی دارد.

\* در تاریخ تدوین مقاله استان خراسان بزرگ به سه استان قلعی تقسیم نگردیده بود.

وقوع پدیده خشکسالی و اثرات زیانبار آن که بخش های مختلف زندگی انسان را تحت تأثیر خود قرار داده است، باعث شده که مخصوصاً در دهه های اخیر متخصصان علوم جوئی و نیز اقلیم شناسان کشورهای مختلف جهان به جستجوی راه هایی جهت مقابله با آن از طریق مطالعه شرایط وقوع دوره های این رخداد در زمان های گذشته و نیز پی بردن به رفتارهای خاص آن در خصوص نحوه تکرار این دوره ها در آینده اقدام نمایند. از آنجا که تا کنون تعریف واحدی از خشکسالی که تمام متخصصان علوم مربوطه بر آن اتفاق نظر داشته باشند، ارائه نشده است؛ لذا بسته به این که این گونه تحقیقات توسط چه سازمان یا متخصص و یا چه هدفی (به لحاظ هیدرولوژیکی، اقتصادی یا کشاورزی) صورت گرفته باشد، از روش های متفاوتی نیز جهت انجام مطالعات استفاده گردیده است. تا کنون مطالعات زیادی از روش «تحلیل داده های بارندگی با استفاده از شاخص دهک ها» و نیز «الگوی زنجیره مارکف» صورت گرفته است. از روش گیبس-ماهر که بر مبنای کاربرد توزیع های فراوانی تجمعی یک ایستگاه بنا شده است، بیشترین استفاده را محققین استرالیایی بعمل آورده اند. مثلاً گیبس و ماهر<sup>۱</sup> (۱۹۶۷) این شاخص را جهت مطالعه خشکسالی های استرالیا استفاده کرده اند. خوش اخلاق (۱۳۷۷) با استفاده از این شاخص و با بهره گیری از آمار بارندگی ۳۷ ایستگاه بین سال های ۶۳-۱۹۶۲ تا ۹۲-۱۹۹۱ در سطح کشور، به بررسی وضعیت آب و هوایی کشور به لحاظ وضعیت ترسالی و خشکسالی پرداخت و سطوح درگیر با ترسالی و خشکسالی را مشخص کرد. مظفری (۱۳۸۰) نیز در قسمتی از کار خود جهت ارزیابی قابلیت های محیطی کشت گندم دیم در منطقه کرمانشاه در غرب کشور، از شاخص دهک ها برای شناخت خشکسالی های منطقه مذکور استفاده کرد. استفاده از روش زنجیره مارکف به دلیل توانمندی های آن در محاسبه دوره های تر و خشک و همچنین ساده کردن حل بسیاری از مسائل احتمالات مربوط به فرایندهای وابسته، دارای سابقه طولانی تر و کاربرد بیشتری نسبت به روش قبلی می باشد. از این مدل در علوم مختلفی نظیر هواشناسی، کشاورزی، اقلیم شناسی، منابع طبیعی و ... استفاده زیادی بعمل آمده است. رومن<sup>۲</sup> (۱۹۴۵) و کریشنان<sup>۳</sup> (۱۹۶۰) بررسی های تداوم دوره های خشک را در مقیاس منطقه ای بدون در نظر گرفتن وابستگی وقوع دوره خشک نسبت به دوره یا دوره های قبل به انجام رسانیدند. آنها در مطالعات دوره های خشک از توزیع های آماری گسسته استفاده کردند. اما بررسی احتمالات وقوع بارندگی بیشتر از آستانه ای معین در طول دوره ای از زمان، با این فرض که بارندگی هر دوره پدیده ای وابسته به وقوع یا عدم وقوع بارندگی دوره قبل است، اولین بار توسط گابریل و نیومن<sup>۴</sup> (۱۹۶۲) انجام گرفت. ساستری و کاپور<sup>۵</sup> (۱۹۷۰) روشی را برای ارزیابی فراوانی روزهای متوالی با بارندگی کمتر یا بیشتر از آستانه معین ارائه دادند که در آن از احتمالات شرطی استفاده شده است. از آنجا که سیستم های سینوپتیک مؤثر بر بارندگی و دوره های خشک ممکن است به مدت چند روز روی هر منطقه دوام داشته باشند، لذا تعیین احتمالات رویدادهای متوالی مانند یک روز تر به دنبال یک روز دیگر و یا یک روز خشک به دنبال یک روز خشک دیگر لازم خواهد بود. مدل احتمالی زنجیره مارکف برای تشریح فراوانی طولانی مدت رفتار دوره های تر و خشک جوئی بسیار مناسب است.

<sup>۱</sup> - Gibbs & Maher  
- Roman  
- Krishnan  
- Gabriel & Neuman  
- Sastry & Kapoor

کلارک و کاراس<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) در یک حوضه آبریز روابط تحلیلی بین بارندگی و رواناب را برای یک مدل توزیع احتمال مورد نظر قرار دادند و مدل توزیع احتمال شرطی را برای نشان دادن چگونگی توالی بارش و پتانسیل تبخیر و تعرق در عرض های مختلف جغرافیایی بکار گرفتند.

خاویر مارتین وید و لیدا گومز<sup>۲</sup> (۱۹۹۸) کار منطقه بندی شبه جزیره اسپانیا را بر مبنای طول دوره های خشک از طریق روش زنجیره مارکف انجام دادند و بر اساس آن نواحی مختلف این کشور را تقسیم بندی کردند. به این ترتیب که روش مارکفی در نواحی شمالی اسپانیا کاملاً پذیرفته شده و قابل قبول است و بر عکس، نواحی جنوبی اسپانیا تطبیقی با این روش ندارند و در نهایت در نواحی مرکزی اسپانیا این روش پذیرفته شده است و لیکن اختلاف محسوسی بین مقادیر تجربی و برآورد شده برای طولانی ترین دوره ها وجود دارد.

مشابه تحقیق فوق در ایالات متحده توسط ویلکس<sup>۳</sup> (۱۹۹۸) صورت گرفت که در آن ویژگی های چند مدل استوکاستیکی (عوامل تعیین کننده وضعیت آب و هوای یک منطقه) در خصوص تناسب و کارایی این مدل ها برای یک منطقه با استفاده از همین روش مورد توجه قرار گرفت.

در ایران، هاشمی (۱۳۴۷) با استفاده از مدل زنجیره مارکف به بررسی آمار بارندگی روزانه در تهران پرداخت. وی آستانه تری و خشکی را برای بارندگی  $0.2$  میلیمتر در نظر گرفت و فراوانی دوره های خشک و تر چند روزه را ابتدا با استفاده از مدل مارکف و سپس با استفاده از مدل برنولی برآورد نمود و با مقادیر واقعی مشاهده شده مقایسه کرد و نتیجه گرفت که در تمام ماه های مورد مطالعه (نوامبر تا آوریل) نتایج حاصل از مدل مارکف به واقعیات مشاهده ای بسیار نزدیک تر است.

مشکانی (۱۳۶۲) نیز احتمال تواتر روزهای خشک و تر بابل را از دیدگاه بیزی تجربی طی فصل بارش (مهر تا شهریور) برای دوره ده ساله ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۹ با آستانه خشکی و تری  $0.1$  میلیمتر در روز بررسی نمود و به این نتیجه رسید که داده های بارندگی روزانه این ایستگاه با مدل زنجیره مارکف مرتبه اول مطابقت دارد. تاکنون درباره منطقه خراسان که بخش وسیعی از شرق و شمالشرق کشور را در بر دارد، تحقیق جامعی با استفاده از این روش صورت نگرفته و از اینرو تحقیق حاضر در پی دستیابی به این اهداف است:

الف- شناخت وضعیت کلی خشکسالی های منطقه؛

ب- شناسایی ویژگی های دوره های خشک.

#### روش بررسی

در این تحقیق جهت بررسی شرایط خشکسالی منطقه مورد مطالعه از روش گیس و ماهر (۱۹۶۷) استفاده شد. داده های مورد استفاده در این روش، داده های بارش سالانه برای سی سال از ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۷ را شامل می شود. در این مرحله مقادیر بارش مذکور با استفاده از نرم افزار Hayfa پردازش شده و مقادیر بدست آمده بر اساس تقسیم بندی دهک ها و با توجه به جدول شماره (۱) در سه گروه با شرایط خشکسالی، حالت نرمال و وضعیت ترسالی دسته بندی گردید.

- Clarke & Karras

- Martin-vide & Gomez

- D.S.Wilks

جدول ۱- تقسیم بندی دهک ها از روش گیس - ماهر

احتمال وقوع (درصد)	دهک	ارزش کیفی
۱۰	۱	خشکسالی خیلی شدید
۲۰	۲	خشکسالی شدید
۳۰	۳	خشکسالی متوسط
۴۰	۴	نرمال
۵۰	۵	نرمال
۶۰	۶	نرمال
۷۰	۷	ترسالی متوسط
۸۰	۸	ترسالی شدید
۹۰	۹	ترسالی خیلی شدید
۱۰۰	۱۰	ترسالی بسیار بسیار شدید

از آنجا که در تحقیقات اقلیمی و بالخصوص 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 دوره‌های تر و خشک از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا بخش مهمی از تحقیق حاضر به مطالعه این ویژگی‌ها به روش الگوی مارکف اختصاص یافت. داده‌های استفاده شده در روش زنجیره مارکف نیز داده‌های بارش روزانه فصول پاییز تا بهار از پنج ایستگاه منطقه می باشد (ماه‌های فصل تابستان به دلیل فقدان بارش مؤثر در فعالیت‌های کشاورزی مورد مطالعه قرار نگرفت). این ایستگاه‌ها عبارتند از مشهد، سبزوار، بیرجند، تربت حیدریه و بربر قلعه بجنورد. در انتخاب ایستگاه‌ها شرط وجود آمار کامل و طولانی مدت (سی سال) و توزیع نسبی مناسب در سطح منطقه لحاظ گردیده است (نقشه شماره ۱).

معمول ترین شکل، مدل زنجیره مارکف مرتبه اول می باشد که به شرح زیر بیان می شود:

$$\Pr\{x_{t+1} | x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_t\} = \Pr\{x_{t+1} | x_t\} \quad \text{رابطه (۱)}$$

وجود رابطه فوق و یا انطباق زنجیره مارکف به سری داده‌ها با آزمون  $X^2$  بررسی شد.

### برآورد ماتریس احتمال - انتقال زنجیره مارکف

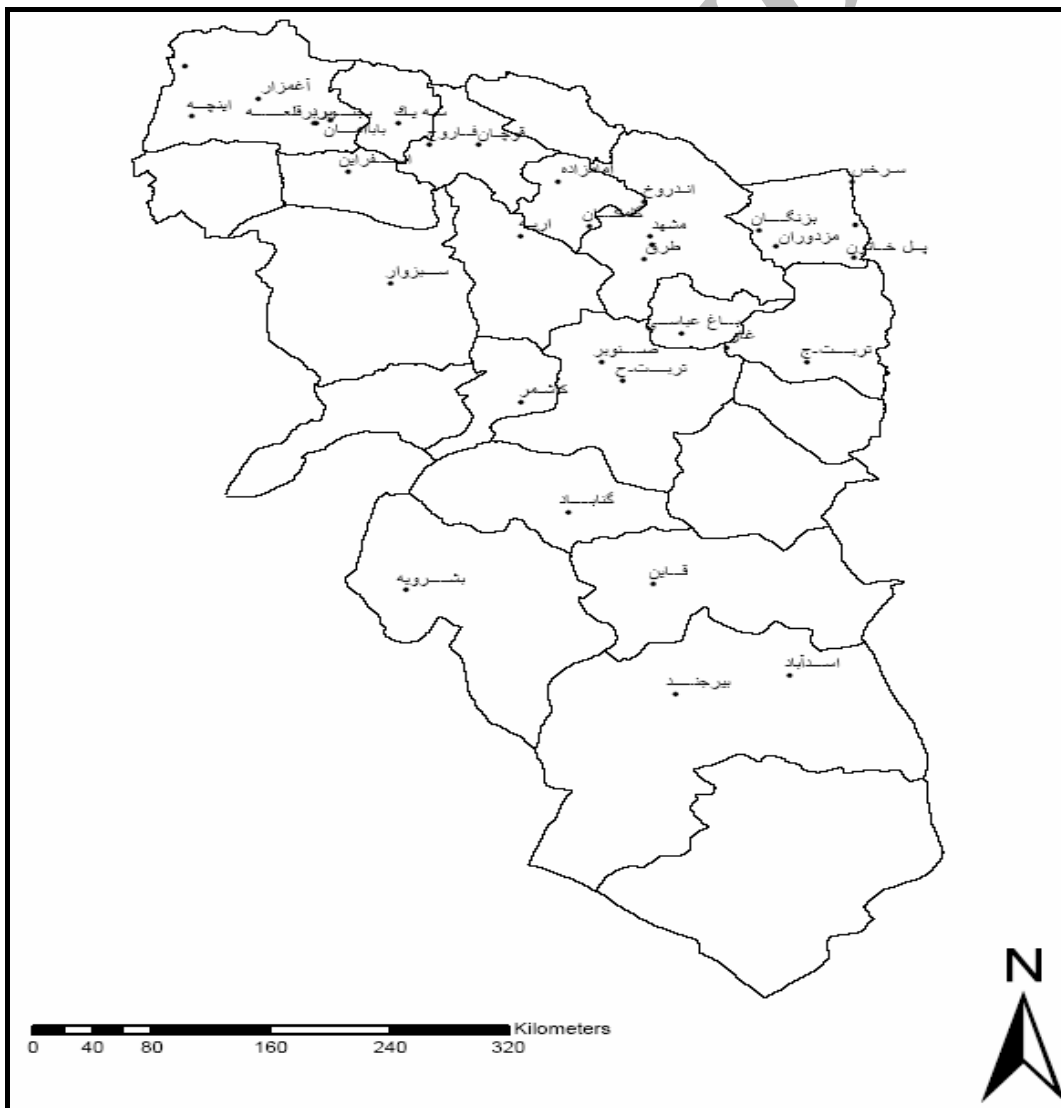
نخستین گام در این کار مشخص کردن مقدار احتمال از یک حالت به کلیه حالت‌های ممکن است. ماتریس احتمال زنجیره مارکف (P) را برای مرتبه اول دو حالت می‌توان به این صورت نوشت:

در این ماتریس روز خشک با (0) و روز مرطوب با (1) نشان داده شده است. جمله  $p_{11}$  یعنی احتمال روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب و جمله  $p_{00}$  بیانگر احتمال روز خشک بعد از یک روز خشک است.

به منظور استفاده از ماتریس فوق در محاسبات بعدی نمادهای p و q به شرح زیر جایگزین شده‌اند:

$$P = \begin{bmatrix} 1-p & p \\ q & 1-q \end{bmatrix} \quad P = p_{01} \quad q = p_{10}$$

نقشه ۱- پراکنندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه



با مشخص شدن عناصر ماتریس، احتمال انتقال برخی خصوصیات مهم سری مشاهدات همچون احتمالات اقلیمی خشکی و تری، طول دوره های تر و خشک، سیکل اقلیمی، فراوانی دوره‌های خشک و تر مورد انتظار در هر ماه و احتمالات

ساده خشکی و تری بدست آمد که نتایج آنها در جداول شماره (۵ تا ۹) آورده شده است. نحوه محاسبه این خصوصیات به شرح زیر است:

۱- احتمالات ساده وقوع روزهای خشک و تر در هر ماه که از تقسیم روزهای تر یا خشک هر ماه بر تعداد روزهای همان ماه حاصل می شود.

۲- احتمالات اقلیمی که نشان می دهد چند درصد از دوره مورد مطالعه خشک و چند درصد تر است و از رابطه های

زیر محاسبه می شوند: رابطه (۱)  $\pi_1 =$  احتمال ساکن وقوع روز تر

$$\pi_1 = \frac{p}{p+q}$$

رابطه (۲)  $\pi_0 =$  احتمال ساکن وقوع روز خشک

$$\pi_0 = \frac{q}{p+q} = 1 - \pi_1$$

۳- طول دوره های تر و خشک، که از این روابط جهت محاسبه آنها استفاده شد:

$$E_0 = \frac{1}{p}$$

رابطه (۳)  $E_0 =$  طول دوره خشک در هر ماه یا طول دوره خشک مورد انتظار

رابطه (۴)  $E_1 =$  طول دوره تر در هر ماه یا طول دوره خشک مورد انتظار

$$E_1 = \frac{1}{q}$$

۴- بعد از مشخص شدن طول دوره های تر و خشک به راحتی می توان با جمع آنها مقدار سیکل هوایی را نیز برای هر یک از این دوره ها تعیین کرد. سیکل هوایی نشان دهنده یک موسم تر و یک موسم خشک متوالی است.

رابطه (۵)  $E_c =$  سیکل هوایی در هر ماه

$$E_c = E_0 + E_1$$

۵- یکی از مهم ترین ویژگی های قابل محاسبه با این روش، تعیین متوسط روزهای تر و خشک در هر ماه است. به عبارت دیگر این که در هر ماه به طور متوسط چند روز تر یا خشک داریم که با استفاده از روابط ۶ و ۷ مشخص شد:

رابطه (۶)  $r_0 =$  فراوانی وقوع، متوسط تعداد روزهای خشک هر ماه

$$r_0 = n \times \pi_0$$

رابطه (۷)  $r_1 =$  فراوانی وقوع، متوسط تعداد روزهای تر همان ماه

$$r_1 = n \times \pi_1 = n - r_0$$

$n =$  تعداد روز در هر ماه

۶- در پایان با استفاده از روابط زیر احتمال وقوع فراوانی ماهانه دوره های خشک  $n$  روزه در طول دوره مطالعه (معیار تر بودن یک روزه، دریافت بارش حداقل ۰/۱ میلیمتر یا بیشتر است)، به همراه دوره برگشت آنها پیش بینی شد.

رابطه (۸)، دوره های خشک  $n$  روزه

$$D_n = 1 + \frac{(N-n)p \cdot q(1-p)^{n-1}}{p+q}$$

$D_n =$  تعداد دوره های خشک  $n$  روزه در یک دوره معین

$N =$  تعداد کل روزهای دوره آماری

$q$  و  $p =$  عناصر ماتریس احتمال انتقالی

رابطه (۹)، دوره برگشت را نشان می دهد. نتایج مربوط به دوره برگشت هر یک از این دوره ها در نمودارهای شماره

(۱ تا ۸) نشان داده شده است. رابطه (۹)، دوره برگشت موسم های خشک

$$T_n = \frac{p+q}{Npq(1-p)^n}$$

$T_n =$  دوره برگشت دوره خشک  $n$  روزه

$n =$  طول مدت دوره های خشک مورد نظر

## نتایج بحث و نتیجه گیری

در بررسی نتایج تحقیق در دو بخش مجزاً ابتدا به تشریح شرایط کلی خشکسالی‌های حاکم بر منطقه مورد مطالعه که از بررسی ۳۴ ایستگاه حاصل شد، پرداخته و در ادامه ویژگی‌های دوره‌های خشک کوتاه مدّت را با استفاده از نتایج پنج ایستگاهی که به روش مارکف مطالعه شدند، مورد بررسی قرار می‌دهد.

### ۱- تحلیل خشکسالی‌های منطقه

با تطبیق یافته‌های حاصل از پردازش داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های منطقه با توجه به گروه بندی 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، سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۹۱ به ترتیب خشک‌ترین و مرطوب‌ترین سال‌ها بوده‌اند. در سال ۱۹۷۰ حدود ۸۱ درصد از ایستگاه‌ها میزان دریافت بارش پایین‌تر از حدّ نرمال داشته و از این میان نزدیک به ۵۷ درصد ایستگاه‌های منطقه شرایط خشکسالی بسیار شدید را پشت سر گذاشته‌اند. برعکس در سال ۱۹۹۱ تمامی ایستگاه‌ها بارش دریافتی‌شان بالاتر از حدّ نرمال بوده، علاوه بر این ۷۶/۲ درصد از آنها وضعیت ترسالی را با شدّت‌های مختلف شاهد بوده‌اند.

جدول ۲- شرایط اقلیمی ۳۴ ایستگاه مطالعه شده نسبت به نرمال سی ساله

درصد	تعداد ایستگاه‌های درگیر با خشکسالی			میانگین	تعداد ایستگاه‌های درگیر با ترسالی			میانگین
	دهک				دهک			
	۳۰	۲۰	۱۰		+۹۰	۸۰	۷۰	
۹/۵	۰	۴	۰	۷۲/۸	۱۴	۷	۱۰	۱۹۶۸
۷۶/۲	۱۱	۹	۱۲	۹/۵	۱	۱	۲	۱۹۶۹
۸۱	۴	۶	۲۴	۰	۰	۰	۰	۱۹۷۰
۵۹/۵	۷	۱۲	۶	۲۶/۲	۵	۳	۳	۱۹۷۶
۷۸/۶	۴	۸	۲۱	۹/۵	۱	۱	۲	۱۹۸۳
۷۲/۸	۲	۸	۲۱	۲/۴	۰	۱	۰	۱۹۸۴
۷۱/۲	۵	۶	۱۹	۲۸/۶	۵	۴	۳	۱۹۸۸
۷۲/۸	۵	۷	۱۹	۱۱/۹	۳	۱	۳	۱۹۸۹
۰	۰	۰	۰	۷۶/۲	۱۲	۱۴	۱۰	۱۹۹۱
۹/۵	۴	۰	۰	۶۶/۶	۱۴	۶	۸	۱۹۹۲
۵۹/۵	۵	۸	۱۲	۱۹	۲	۵	۱	۱۹۹۳
۱۶/۷	۶	۱	۰	۵۲/۴	۱۱	۸	۳	۱۹۹۷

### ۲- ویژگی‌های دوره‌های خشک

در تحلیل ویژگی‌های دوره‌های خشک شرایط پنج ایستگاه مشهد، سبزوار، بیرجند، تربت حیدریه و بربر قلعه بجنورد با استفاده از روش مارکف مورد بررسی قرار گرفت که در این بخش به بررسی آنها می‌پردازد.

احتمال‌های شرطی مرتبه اول دوره‌های خشک و تر این ایستگاه‌ها در جدول شماره (۳) آمده است. اعداد هر کدام از سلول‌های این جدول همانند مدل زنجیره مارکف مرتبه اول دو حالت نوشته شده و بیانگر وقوع حالات مختلف در دوره مورد بررسی است. مثلاً در ایستگاه مشهد در ماه ژانویه احتمال وقوع یک روز خشک بعد از روز خشک ۸۲٪ است؛ در حالی که همین حالت برای وقوع روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب تنها ۴۹٪ است. در این ایستگاه چنانچه روز اول مرطوب باشد با احتمال ۵۱٪ در روز بعد از آن وضعیت خشکی رخ می‌دهد. کمترین میزان احتمال نیز وقوع حالت مرطوب بعد از یک روز خشک است که این شرایط در ماه ژانویه برای ایستگاه مشهد با احتمال تنها ۱۸٪ بوقوع می‌پیوندد. نتایج ماتریس‌ها نشان می‌دهد که مقادیر  $p_{00}$  که بیانگر دو روز خشک متوالی می‌باشد، بین ۷۱ تا ۹۸ درصد در نوسان است. حداقل احتمال وقوع  $p_{00}$  به میزان ۷۱/۴ درصد در ماه مارس مربوط به ایستگاه مشهد است و حداکثر آن با ۹۸/۴ درصد نیز در ماه ژوئن ایستگاه بیرجند اتفاق می‌افتد. در خصوص احتمال  $p_{11}$  نیز شاهد یک نوسان عمده ۴۶ درصدی بین ایستگاه‌های منطقه هستیم که این اختلاف زیاد ناشی از احتمال ۱۳/۵ درصدی وقوع  $p_{11}$  ایستگاه سبزوار واقع در غرب استان و احتمال ۶۰ درصدی ماه مارس در ایستگاه مشهد است.

نتایج ارائه شده تا این قسمت وضعیت ماهانه ایستگاه‌ها را از نظر دوره‌های خشک و مرطوب نشان داد. جهت شناسایی احتمال‌های شرطی مرتبه اول برای کل دوره، تشخیص احتمال وقوع یک روز خشک بعد از یک روز خشک دیگر در کل دوره آماری در هر یک از ایستگاه‌ها در جدول شماره (۴) ارائه شده که در آن احتمالات شرطی مختلف برای هر پنج ایستگاه در کل دوره آماری محاسبه گردیده است.

طبق این جدول احتمال  $p_{00}$  برای تمام ایستگاه‌های مطالعه شده طی دوره مورد بحث هیچگاه از ۸۰ درصد کمتر نیست. چنان که حداقل آن را به میزان ۸۳/۷ درصد در ایستگاه مشهد و ماکزیمم وقوع را نیز در ایستگاه جنوبی بیرجند به میزان ۸۸/۷ درصد شاهدیم.

با توجه به این که ایستگاه‌های مطالعه شده در نواحی متفاوت آب و هوایی این استان واقع اند، می‌توان نتیجه گرفت که بسیاری از بخش‌های خراسان به ویژه در مناطق مورد مطالعه، دارای اقلیم بسیار خشک اند و طبیعتاً با این شرایط نمی‌توان انتظار وقوع دوره‌های مرطوب زیادی را در منطقه داشت. به طوری که شاهد هستیم، هیچیک از ایستگاه‌های منطقه احتمال بالاتر از ۵۰ درصد برای وقوع  $p_{11}$  طی این دوره را تجربه نکرده اند و حداکثر احتمال وقوع این وضعیت را به میزان ۴۷/۱ درصد در مناطق شمالی در ایستگاه بربر قلعه می‌توان مشاهده کرد که این امر نشانگر تفاوت اقلیمی این منطقه به لحاظ شرایط کوهستانی متفاوت و متأثر بودن بیشتر آن از توده‌های مرطوب نسبت به سایر بخش‌های استان است.

البته این نکته را نیز باید مد نظر داشت که با توجه به گستردگی بسیار زیاد خراسان بزرگ، دستیابی به نتایج مطلوب تر قطعاً مستلزم مطالعه ایستگاه‌های بیشتری است و نمی‌توان با قاطعیت کامل نتایج بدست آمده برای این ایستگاه‌ها را به سایر مناطق این استان نیز تعمیم داد.

برخی خصوصیات مهم دیگر مرتبط با ویژگی‌های دوره‌های خشک و مرطوب با استفاده از ماتریس‌های احتمال زنجیره مارکف محاسبه شد که نتایج آن در جداول شماره (۵ تا ۹) ارائه شده است. این ویژگی‌ها شامل احتمالات ساده شرطی و احتمالات اقلیمی دوره‌های خشک و مرطوب، فراوانی وقوع این روزها، طول هر یک از این دوره‌ها و سیکل ترکیبی شان می‌باشد. در این بخش به تشریح این ویژگی‌ها می‌پردازیم:



جدول ۳- ماتریس احتمال های شرطی مرتبه اول دوره های خشک و مرطوب

ایستگاه ماه	مشهد		تربت حیدریه		بربر قلعه		سبزوار		بیرجند	
ژانویه	۰/۱۸	۰/۸۲	۰/۲۰۹	۰/۷۹۱	۰/۱۹۳	۰/۸۰۷	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۱۸۴	۰/۸۱۵
	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۹۶	۰/۵۰۴	۰/۴۴۷	۰/۵۵۳	۰/۳۸۸	۰/۶۱	۰/۴۳۵	۰/۵۳۶
فوریه	۰/۲۳	۰/۷۷	۰/۲۲	۰/۷۷	۰/۱۹۳	۰/۸۰۷	۰/۱۷۷	۰/۸۲۲	۰/۲۰۶	۰/۷۹۴
	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۵۸۳	۰/۴۲۳	۰/۵۷۷
مارس	۰/۲۸۵	۰/۷۱۴	۰/۲۵۹	۰/۷۴۲	۰/۲۲	۰/۷۸	۰/۲۱۱	۰/۷۸۹	۰/۱۹۶	۰/۸۰۴
	۰/۶	۰/۳۹۹	۰/۵۴۹	۰/۴۵	۰/۵۷۲	۰/۴۲۸	۰/۵۰۵	۰/۴۹۴	۰/۵۱۳	۰/۴۸۶
آوریل	۰/۲۳۳	۰/۷۶۶	۰/۱۸۴	۰/۸۱۵	۰/۱۷۸	۰/۸۲۲	۰/۱۶۲	۰/۸۳۸	۰/۱۲۶	۰/۸۷۳
	۰/۵۳۱	۰/۴۶۹	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۵۳۶	۰/۴۶۴	۰/۴۳	۰/۵۶۸	۰/۵۰۷	۰/۴۹۲
مه	۰/۱۶۶	۰/۸۳۳	۰/۱۳۱	۰/۸۷	۰/۱۵۴	۰/۸۴۵	۰/۱۱۲	۰/۸۸۸	۰/۰۶۳	۰/۹۳۷
	۰/۴۳۵	۰/۵۶۵	۰/۳۲۵	۰/۶۷۵	۰/۴۷۴	۰/۵۲۶	۰/۳۳۸	۰/۶۶۲	۰/۲۶	۰/۷۴
ژوئن	۰/۰۴۲	۰/۹۸۵	۰/۰۳۵	۰/۹۶۵	۰/۰۴۷	۰/۹۵۳	۰/۰۳۲	۰/۹۶۵	۰/۰۱۶	۰/۹۸۴
	۰/۳۸۶	۰/۶۱۴	۰/۲۶۲	۰/۷۸۳	۰/۴۰۸	۰/۵۹	۰/۱۳۵	۰/۸۶۵	۰/۱۸۷	۰/۸۱۲
اکتبر	۰/۰۷۱	۰/۹۲۸	۰/۰۴	۰/۹۶	۰/۰۸۴	۰/۹۱۶	۰/۰۴۶	۰/۹۵۳	۰/۰۲۳	۰/۹۷۶
	۰/۴۰۴	۰/۵۹۵	۰/۲۷۲	۰/۷۲۷	۰/۳۸	۰/۶۲	۰/۳۸	۰/۶۲	۰/۳۴۵	۰/۶۵۵
نوامبر	۰/۰۹۷	۰/۹۰۳	۰/۰۸۶	۰/۹۱۳	۰/۱۱۷	۰/۸۳۳	۰/۸۸	۰/۹۱۱	۰/۰۵۶	۰/۹۴۳
	۰/۳۶۴	۰/۶۳۵	۰/۳۶۹	۰/۶۳۱	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۳۷۴	۰/۶۲۶	۰/۳۳	۰/۶۷۱

جدول ۴- میانگین عناصر ماتریس های احتمال انتقال زنجیره مارکف

بیرجند		سبزوار		بربر قلعه بجنورد		تربت حیدریه		مشهد	
۰/۱۶۳	۰/۸۳۷	۰/۱۴۸	۰/۸۵۲	۰/۱۵۱	۰/۸۴۹	۰/۱۳۴	۰/۸۶۶	۰/۱۱۳	۰/۸۸۷
۰/۴۶۲	۰/۵۳۸	۰/۴۱۳	۰/۵۸۷	۰/۴۷۱	۰/۵۲۹	۰/۳۷۵	۰/۳۲۵	۰/۳۷۹	۰/۶۲۱

### ۲-۱- احتمالات ساده شرطی و احتمالات اقلیمی

مقایسه مقادیر احتمالات شرطی وقوع روزهای خشک و تر در هر ماه و احتمالات اقلیمی همان ماه که بیانگر ایام تر و خشک به صورت درصدی است (ستون اول و دوم جداول ۵ تا ۹)، نشان می دهد که اختلافات بسیار جزئی بین این احتمالات وجود دارد؛ به طوری که به ندرت این میزان اختلاف از یک درصد تجاوز می کند. حداکثر اختلاف مشاهده شده در ایستگاه مشهد در ماه ژوئن به میزان ۱/۱ درصد است. این مقدار در ایستگاه تربت حیدریه در ماه دسامبر ۱/۱

درصد و در بربر قلعه بجنورد به یک درصد در ماه آوریل می رسد. در ایستگاه سبزوار حداکثر اختلاف مشاهده شده مربوط به ماه ژانویه به میزان ۲/۷ درصد است. این شرایط به صورت بارزتر در ایستگاه بیرجند برای ماه نوامبر قابل مشاهده است که بیشترین میزان اختلاف را به مقدار ۴/۲ درصد به خود اختصاص داده است. با توجه به این که این اختلافات بسیار جزئی بوده و در اکثر ماهها مقدار آن از همان یک درصد مورد اشاره فراتر نیست، لذا می توان نتیجه گرفت که روابط مورد استفاده از مدل زنجیره مارکف برای تعیین احتمالات شرطی وقوع روزهای تر و خشک از دقت کافی بر خوردار است و می توان از آنها با اطمینان در بررسی های مورد نظر استفاده کرد.

## ۲-۲- فراوانی وقوع روزهای خشک

چنانچه فراوانی روزهای خشک بدست آمده در دوره زمانی مورد نظر که در ستون سوم جداول (۵ تا ۹) آمده را به صورت ماهانه مورد بررسی قرار دهیم، مشاهده می کنیم که در تمام ماههای فصول مطالعه شده، تعداد روزهای خشک به طور متوسط بیست روز و بالاتر از آن می باشد و تقریباً در هیچ مورد کمتر از بیست روز نیست. کمترین فراوانی دوره های خشک مشاهده شده مربوط به ایستگاه مشهد طی ماه های ژانویه و مارس است که هیچده روز می باشد (جدول شماره ۵) و بیشترین فراوانی ها را نیز می توان در ایستگاه های جنوب منطقه از جمله بیرجند شاهد بود که تقریباً بیست و نه روز است (جدول شماره ۶).

## ۲-۳- طول میانگین دوره های خشک

مطابق جداول شماره (۵ تا ۹) طول دوره های خشک در این ایستگاهها تفاوت های چشمگیری با یکدیگر دارند. نتایج بدست آمده به جز در دو مورد در تمام ماه های دیگر منطقی است. بدین ترتیب در حالی که طول دوره خشک در ماه اکتبر ایستگاه بربر قلعه دوازده روز است و این دوره تمام این ماه را در ایستگاه بیرجند شامل می شود. این شرایط برای ماه ژوئن این ایستگاه نیز برقرار است؛ اما در سایر ایستگاهها و ماهها شرایط کاملاً منطقی برقرار است. با این وجود چنانچه نتایج بدست آمده را برای کل دوره آماری در نظر بگیریم، نتایج حاصل کاملاً قابل توجیه است. با این وجود حداقل میانگین طول دوره خشک برای تمام ایستگاهها ماه مارس است که در هیچکدام به جز بیرجند به پنج روز نمی رسد. حداکثر آن نیز مربوط به ماه ژوئن است که با شدت های متفاوت در ایستگاهها رخ می دهد.

جدول ۵- ویژگی‌های دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه مشهد

سیکل هوایی	طول میانگین دوره ها		فراوانی روزها		احتمالات اقلیمی		احتمالات شرطی		خصوصیات مارکفی
	$E_1$	$E_0$	$R_1$	$R_0$	$\Pi_1$	$\Pi_0$	W/D	W/W	ماه
۱۵/۷۶	۱/۶۸	۱۴/۰۸	۳/۴	۲۷/۶	۰/۱۰۶	۰/۸۹	۰/۸۹۷	۰/۱۰۳	اکتبر
۱۱/۸۸	۱/۵۷	۱۰/۳۱	۳/۹۹	۲۶/۰۱	۰/۱۳۲	۰/۸۶۷	۰/۸۷۷	۰/۱۲۳	نوامبر
۷/۸۸	۱/۶۶	۶/۱۷	۶/۵۷	۲۴/۴۳	۰/۲۱۲	۰/۷۸۸	۰/۷۹۲	۰/۲۰۸	دسامبر
۷/۵	۱/۹۷	۵/۵۵	۸/۱۲	۲۲/۸۸	۰/۲۶۲	۰/۷۳۸	۰/۷۴۳	۰/۲۵۷	ژانویه
۶/۵	۲/۱۷	۴/۳۵	۹/۳۲	۱۸/۷	۰/۳۳۳	۰/۶۶۷	۰/۶۷	۰/۳۳	فوریه
۶	۲/۵۱	۳/۵۱	۱۲/۹	۱۸/۱	۰/۴۱۷	۰/۵۸۳	۰/۵۸	۰/۴۱۲	مارس
۶/۴۳	۲/۱۳	۴/۳	۹/۹۶	۲۰/۰۴	۰/۳۳۲	۰/۶۶۸	۰/۶۷۶	۰/۳۲۴	آوریل
۷/۷۸	۱/۷۸	۶	۷/۰۴	۲۳/۹۹	۰/۲۲۷	۰/۷۷۳	۰/۷۶۷	۰/۲۳۲	مه
۲۵/۴۴	۱/۶۳	۲۳/۸۱	۱/۹۸	۲۹/۰۲	۰/۰۶۴	۰/۹۳۶	۰/۹۲۵	۰/۰۷۵	ژوئن

جدول ۶- ویژگی‌های دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه بیرجند

سیکل هوایی	طول میانگین دوره ها		فراوانی روزها		احتمالات اقلیمی		احتمالات شرطی		خصوصیات مارکفی
	$E_1$	$E_0$	$R_1$	$R_0$	$\Pi_1$	$\Pi_0$	W/D	W/W	ماه
۴۵	۱/۵۳	۴۳/۵	۱/۰۵	۲۹/۹۵	۰/۰۳۴	۰/۹۶۶	۰/۹۶۹	۰/۰۳۱	اکتبر
۱۹/۳۵	۱/۵	۱۷/۷۶	۲/۳	۲۷/۷	۰/۰۷۷	۰/۹۲۳	۰/۸۸۱	۰/۱۱۹	نوامبر
۸/۸۳	۱/۷	۷/۱۴	۵/۹۵	۲۵/۰۵	۰/۱۹۲	۰/۸۱	۰/۸۰۵	۰/۱۹۵	دسامبر
۷/۲۱	۱/۷۸	۵/۴۳	۷/۶۴	۲۳/۳۶	۰/۲۴۶	۰/۷۵۲	۰/۷۵	۰/۲۵	ژانویه
۶/۵۸	۱/۷	۴/۸۸	۷/۳۴	۲۰/۶۶	۰/۲۶۲	۰/۷۳۸	۰/۷۴۶	۰/۲۵۴	فوریه
۷/۱۶	۲/۰۶	۵/۱	۸/۹	۲۲/۱	۰/۲۸۷	۰/۷۱۳	۰/۷۱۷	۰/۲۸۳	مارس
۹/۹۶	۲/۰۳	۷/۹۳	۶/۱۲	۲۳/۸۸	۰/۲۰۴	۰/۷۹۶	۰/۷۸۱	۰/۲۱۹	آوریل
۱۷/۲۲	۱/۳۵	۱۵/۸۷	۲/۴۳	۲۸/۵۷	۰/۰۷۸	۰/۹۲۱	۰/۹۱۷	۰/۰۸۳	مه
۶۳/۷۳	۱/۲۳	۶۲/۵	۰/۶	۳۰/۴	۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۸۳	۰/۰۱۷	ژوئن

جدول ۷- ویژگی‌های دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه تربت حیدریه

سیکل هوایی	طول میانگین دوره ها		فراوانی روزها		احتمالات اقلیمی		احتمالات شرطی		خصوصیات مارکفی
	$E_1$	$E_0$	$R_1$	$R_0$	$\Pi_1$	$\Pi_0$	W/D	W/W	ماه
۲۶/۳۷	۱/۳۷	۲۵	۱/۶	۲۹/۴	۰/۰۵۲	۰/۹۴۸	۰/۹۵۳	۰/۰۴۷	اکتبر
۱۳/۲۱	۱/۵۸	۱۱/۶۳	۳/۶	۲۶/۴	۰/۱۲	۰/۸۸	۰/۸۸۶	۰/۱۱۴	نوامبر
۸	۱/۳۵	۶	۷/۸۴	۲۳/۱۶	۰/۲۵۳	۰/۷۴۷	۰/۷۵۸	۰/۲۴۲	دسامبر
۶/۸	۱/۹۹	۴/۸۸	۹/۰۵	۲۱/۹	۰/۲۹۲	۰/۷۰۷	۰/۷۰۵	۰/۲۹۵	ژانویه
۶/۶	۲/۱۳	۴/۵	۱۱/۹۶	۱۹/۰۴	۰/۳۲	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۳۲	فوریه
۶/۰۸	۲/۲۲	۳/۸۶	۱۱/۳۵	۱۹/۶۵	۰/۳۶۵	۰/۶۳۴	۰/۶۴۲	۰/۳۵۸	مارس
۷/۲	۱/۸۲	۵/۴	۷/۵۲	۲۲/۴۸	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۴۸	۰/۲۵۲	آوریل
۹/۸	۱/۴۸	۷/۶	۵/۰۲	۲۶/۰۴	۰/۱۶۲	۰/۸۴	۰/۸۲۸	۰/۱۷۲	مه
۲۹/۸۵	۱/۲۸	۲۸/۵۷	۱/۳۳	۲۹/۶۷	۰/۰۴۳	۰/۹۵۷	۰/۹۵۵	۰/۰۴۵	ژوئن

جدول ۸- ویژگی‌های دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه سبزواری

سیکل هوایی	طول میانگین دوره ها		فراوانی روزها		احتمالات اقلیمی		احتمالات شرطی		خصوصیات مارکفی
	$E_1$	$E_0$	$R_1$	$R_0$	$\Pi_1$	$\Pi_0$	W/D	W/W	ماه
۲۳/۳۵	۱/۶	۲۱/۷۴	۱/۱۴	۲۸/۸۶	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۹۳۸	۰/۰۶	اکتبر
۱۳	۱/۶	۱۱/۳۶	۳/۶	۲۶/۴	۰/۱۲	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۱۲	نوامبر
۷/۸۷	۱/۶۶	۶/۲۱	۶/۵۵	۲۴/۴۵	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۷۹۲	۰/۲۰۸	دسامبر
۶/۶۴	۱/۶۴	۵	۷/۹	۲۳/۴	۰/۲۵۶	۰/۷۴۴	۰/۷۱۷	۰/۲۵۲	ژانویه
۷/۳۶	۱/۷۱	۵/۶۵	۶/۵	۲۱/۵	۰/۲۳۳	۰/۷۶۷	۰/۷۵۷	۰/۲۴۳	فوریه
۶/۷۴	۲	۴/۷۴	۹/۳	۲۱/۷	۰/۳	۰/۷	۰/۶۹۸	۰/۳۰۲	مارس
۷/۹	۱/۷۶	۶/۱۷	۶/۶۶	۲۳/۳۴	۰/۲۲۲	۰/۷۷۸	۰/۷۸۱	۰/۲۱۹	آوریل
۱۰/۴۳	۱/۵	۸/۹۳	۴/۵	۲۶/۵	۰/۱۴۵	۰/۸۵۵	۰/۸۴۷	۰/۱۵۳	مه
۳۲/۶	۱/۱۵	۳۱/۲۵	۱/۱	۲۹/۹	۰/۰۳۶	۰/۹۶۴	۰/۹۶	۰/۰۴	ژوئن

جدول ۹- ویژگی‌های دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه بربرقلعه

سیکل هوایی	طول میانگین دوره ها		فراوانی روزها		احتمالات اقلیمی		احتمالات شرطی		خصوصیات مارکفی
	$E_1$	$E_0$	$R_1$	$R_0$	$\Pi_1$	$\Pi_0$	W/D	W/W	ماه
۱۳/۶۱	۱/۶۱	۱۲	۳/۷۲	۲۷/۲۸	۰/۱۲	۰/۸۸	۰/۸۸۴	۰/۱۱۶	اکتبر
۱۰/۳۶	۱/۸۱	۸/۵۵	۵/۲۶	۲۴/۷۴	۰/۱۷۵	۰/۸۲۵	۰/۸۳	۰/۱۷۶	نوامبر
۷/۶۲	۱/۸۴	۵/۷۸	۷/۴۴	۲۳/۵۶	۰/۲۴	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۲۴	دسامبر
۶/۹۸	۱/۸	۵/۱۸	۸/۰۶	۲۲/۹۴	۰/۲۶	۰/۷۴	۰/۷۴۵	۰/۲۵۵	ژانویه
۷/۲۶	۲/۱	۵/۱۸	۸	۲۰	۰/۲۸۷	۰/۷۱۳	۰/۷۱	۰/۲۹	فوریه
۶/۸۸	۲/۳۳	۴/۵۴	۱۰/۵۴	۲۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۳۴	مارس
۷/۷۷	۲/۱۵	۵/۶۲	۸/۴	۲۱/۶	۰/۲۸	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۲۷	آوریل
۸/۴	۱/۹	۶/۵	۷/۱۳	۲۳/۸۷	۰/۲۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۲۳	مه
۲۳	۱/۶۹	۲۱/۳	۲/۳	۲۸/۷	۰/۰۷۴	۰/۹۲۶	۰/۹۲۴	۰/۰۷۶	ژوئن

#### ۲-۴- سیکل هوایی

مجموع دوره‌های بارز و پی‌درپی خشک و تر که با عنوان سیکل هوایی نامیده می‌شود، در ستون آخر جداول شماره ۵ تا ۹) نشان داده شده است. بدیهی است که بر اساس نتایج بدست آمده طولانی‌ترین سیکل‌ها مربوط به ماه‌های خشک و تر است و کوتاه‌ترین این دوره‌ها نیز در ماه‌های مرطوب نظیر فوریه و مارس مشاهده می‌گردد. به لحاظ ایستگاهی هم ایستگاه‌های بربرقلعه و بیرجند به ترتیب دارای کمترین و بیشترین سیکل‌های هوایی می‌باشند.

#### ۲-۵- دوره‌های خشک $n$ روزه

دوره خشک همان‌طور که قبلاً ذکر شد، به دوره‌های دارای بارش کمتر از ۰/۱ میلی‌متر و یا کلاً فاقد بارش اطلاق می‌شود. در بررسی نتایج دوره‌های خشک مشخص شد که فراوانی دوره‌های یک تا ده روزه در همه ایستگاه‌ها و ماه‌های مورد مطالعه از بیشترین فراوانی برخوردار است و به تدریج تا دوره‌های طولانی‌تر از تعداد فراوانی‌های مربوطه کاسته می‌شود.

در این بخش فقط نتایج بدست آمده برای ایستگاه مشهد به عنوان نمونه در جدول شماره ۱۰) آورده شده است که به تفسیر نتایج آن می‌پردازیم. نتایج سایر ایستگاه‌ها نیز روند مشابهی را نشان می‌دهد که جهت پیشگیری از طولانی شدن بحث از ذکر آنها صرف‌نظر می‌گردد.

بررسی ماهانه نتایج (جدول شماره ۱۰) نشان می‌دهد که ایستگاه مشهد در پرباران‌ترین ماه خود یعنی مارس که به طور متوسط حدود ۵۷/۱۸ میلی‌متر بارش دریافت می‌کند، طبق برآورد انجام شده طی سی سال، ۱۲۰ دوره خشک یک روزه، ۱۰۰ دوره خشک دو روزه، ۸۴ دوره خشک سه روزه داشته است؛ در حالی که دوره‌های دراز مدت ۲۹، ۳۰ و ۳۱

روزه آن هر کدام فقط یک بار اتفاق افتاده است. اما در همین زمان در ماه اکتبر به عنوان یکی از ماه‌های کم باران ایستگاه که متوسط بارش سی ساله آن ۸/۹۳ میلی متر بوده است، ۶۰ دوره یک روزه، ۵۶ دوره دو روزه، ۵۲ دوره سه روزه و ... را تجربه کرده و فراوانی دوره های ۳۱، ۳۰، ۲۹ روزه آن به ترتیب ۸، ۷، ۷ دوره بوده است. این امر از آنجا ناشی می شود که در ماه‌ها و ایستگاه‌های مرطوب تر تعداد دفعاتی که بارش با آستانه بالاتر از حد مورد نظر و صرف نظر از این که چه مقدار افزون از آستانه ۰/۱ میلی‌متر رخ می دهد، بیشتر است. در نتیجه تعداد دوره های خشک کوتاه مدت بیشتر از دوره های دراز مدت است و حال آن که در ماه‌ها و ایستگاه های خشک تر به دلیل آن که تعداد دفعات بارش صورت گرفته کمتر است، در نتیجه تکرار دوره های خشک کوتاه مدت کاهش یافته و به فراوانی دوره های میان مدت و دراز مدت افزوده می شود.

بررسی نتایج حاصل از رابطه رگرسیونی برقرار شده میان مقادیر مشاهده و بر آورد شده دوره های خشک ایستگاه مشهد جهت سنجش میزان دقت رابطه (۸) در محاسبه دوره های خشک نشان می دهد که میزان دقت و اطمینان مورد نظر برای تقریباً همه ماه‌ها به استثناء ژوئن بالاتر از ۹۹٪ است.

#### ۲-۶- ارزیابی دوره برگشت دوره های خشک

دوره برگشت دوره های خشک با استفاده از رابطه (۹) برای ماه های مورد مطالعه محاسبه شد که نتایج آن در نمودارهای شماره (۱ تا ۸) آورده شده است. به عنوان مثال طبق نمودار شماره (۸) در ماه دسامبر در تمام ایستگاه ها بازگشت دوره های خشک یک تا پانزده روز کمتر از پنج سال می باشد. هر چه به دوره های خشک طولانی تر می رسیم، دوره برگشت آنها نیز طولانی تر می شود. این روند را در مورد تمام ماه‌ها و ایستگاه ها می توان شاهد بود.

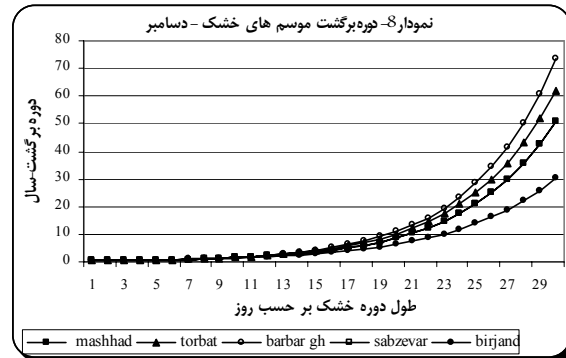
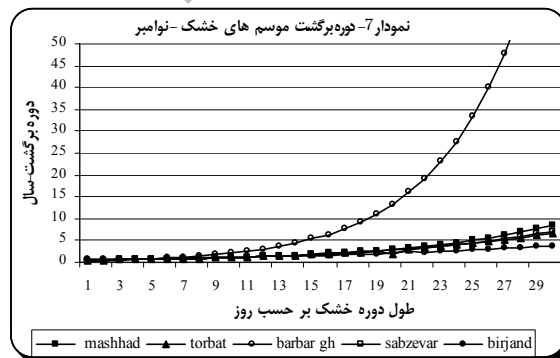
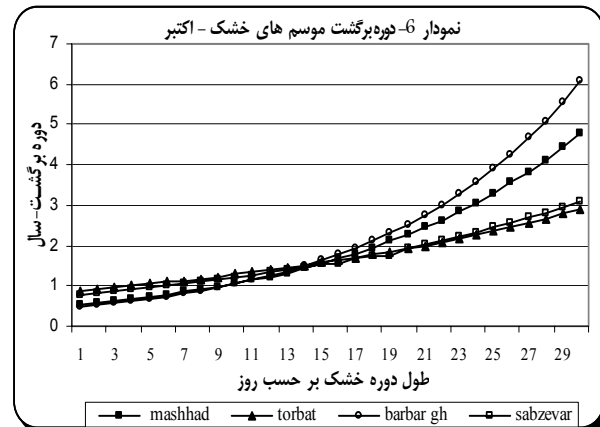
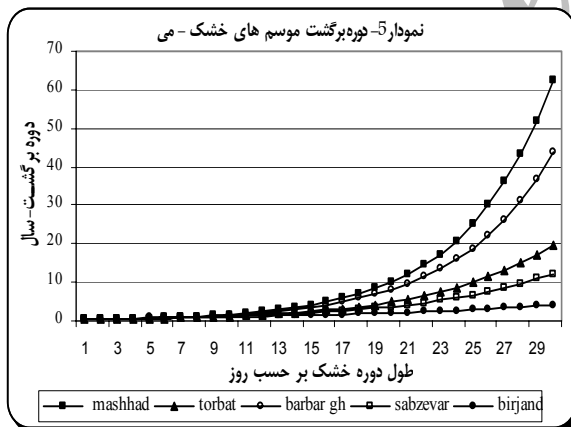
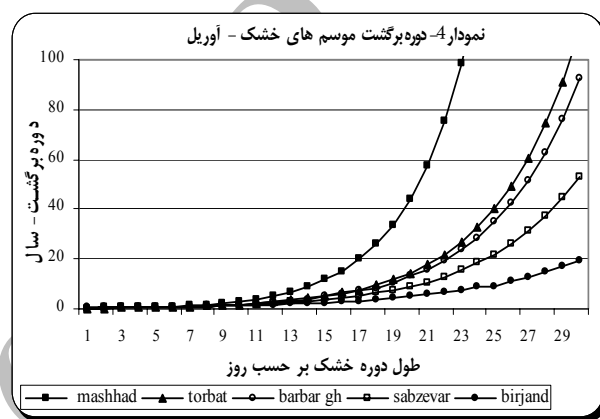
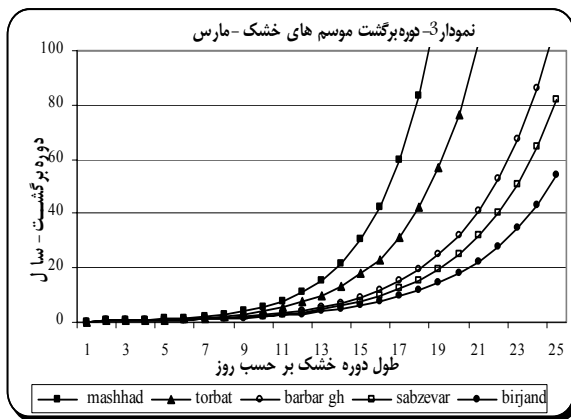
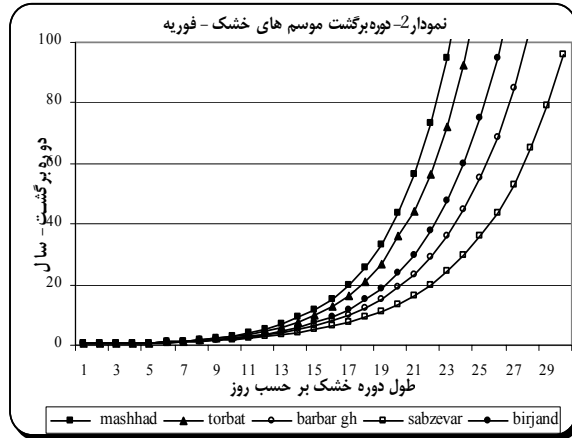
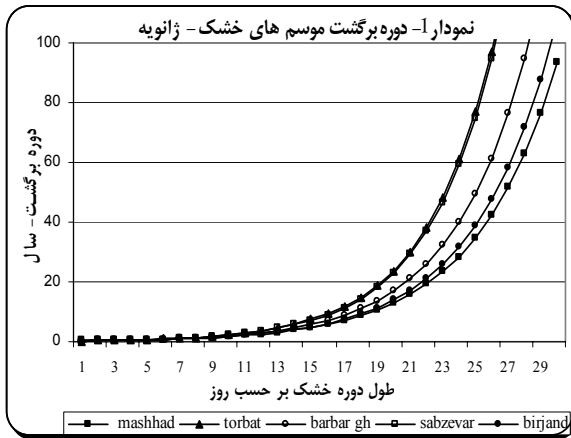
جدول ۱۰- فراوانی دوره‌های خشک شمارش و برآورد شده‌ی ایستگاه مشهد

ماه	ژانویه		فوریه		مارس		آوریل		مه		ژوئن		اکتبر		نوامبر		دسامبر	
	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد	شمارش	برآورد
۱	۱۲۰	۱۲۴	۱۲۸	۱۳۰	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۲	۱۴۱	۱۲۲	۱۲۰	۴۱	۳۶	۶۴	۶۰	۶۷	۷۷	۱۲۴	۱۲۰
۲	۱۰۰	۱۰۲	۹۷	۱۰۰	۱۱۷	۱۱۱	۱۱۱	۱۰۸	۱۰۱	۱۰۰	۳۲	۳۵	۵۶	۵۶	۶۴	۶۹	۹۹	۱۰۰
۳	۸۶	۸۴	۸۲	۷۷	۷۸	۸۰	۸۴	۸۳	۸۶	۸۴	۲۸	۳۳	۵۳	۵۲	۶۰	۶۳	۸۱	۸۴
۴	۷۰	۶۹	۶۵	۳۰	۵۲	۵۷	۶۸	۶۴	۶۵	۷۰	۲۵	۳۲	۴۷	۴۸	۵۸	۵۷	۶۹	۷۱
۵	۵۵	۵۷	۵۱	۴۶	۳۷	۴۱	۵۰	۴۹	۵۴	۵۱	۲۳	۳۱	۴۲	۴۵	۵۵	۵۱	۵۶	۵۹
۶	۴۳	۴۶	۳۸	۳۶	۲۸	۳۰	۲۳	۳۸	۴۶	۴۹	۲۲	۲۹	۳۹	۴۲	۵۰	۴۶	۴۸	۵۰
۷	۳۶	۳۸	۳۰	۲۸	۲۰	۲۲	۲۷	۲۹	۳۸	۴۱	۲۱	۲۷	۳۵	۳۹	۴۲	۴۲	۳۵	۴۲
۸	۲۷	۳۱	۲۰	۲۱	۱۴	۱۶	۲۳	۲۳	۳۲	۳۴	۲۱	۲۷	۳۲	۳۶	۳۸	۳۸	۲۸	۳۵
۹	۲۴	۲۶	۱۴	۱۷	۶	۱۱	۱۸	۱۶	۲۳	۲۹	۲۰	۲۶	۳۰	۳۳	۳۵	۳۴	۲۵	۳۰
۱۰	۱۹	۲۱	۱۰	۱۳	۵	۸	۱۱	۱۳	۲۱	۲۴	۲۰	۲۶	۲۹	۳۱	۳۰	۳۱	۲۱	۲۵
۱۱	۱۵	۱۸	۷	۱۰	۴	۶	۷	۱۰	۱۷	۲۰	۱۹	۲۴	۲۷	۲۹	۲۹	۲۸	۲۰	۲۱
۱۲	۱۱	۱۵	۶	۸	۴	۵	۶	۸	۱۵	۱۷	۱۹	۲۳	۲۵	۲۷	۲۵	۲۴	۲۰	۱۸
۱۳	۱۰	۱۲	۵	۶	۳	۴	۶	۶	۱۳	۱۴	۱۸	۲۲	۲۳	۲۵	۲۳	۲۳	۱۶	۱۵
۱۴	۷	۱۰	۳	۵	۳	۳	۴	۵	۱۲	۱۵	۱۷	۲۱	۲۱	۲۳	۲۱	۲۲	۱۳	۱۳
۱۵	۷	۸	۳	۴	۲	۲	۲	۴	۱۰	۱۰	۱۶	۲۰	۲۰	۲۲	۱۹	۱۸	۱۲	۱۱
۱۶	۶	۷	۲	۳	۲	۲	۱	۴	۷	۹	۱۶	۱۹	۱۹	۲۰	۱۴	۱۶	۱۱	۹
۱۷	۵	۶	۰	۲	۲	۱	۱	۳	۶	۷	۱۵	۱۸	۱۷	۱۹	۱۴	۱۶	۱۱	۸
۱۸	۴	۵	۰	۲	۱	۱	۱	۳	۶	۶	۱۵	۱۸	۱۵	۱۸	۱۳	۱۴	۱۰	۷
۱۹	۲	۴	۰	۲	۱	۱	۱	۲	۵	۵	۱۵	۱۷	۱۴	۱۶	۱۳	۱۳	۸	۶
۲۰	۱	۳	۰	۲	۱	۱	۱	۲	۵	۵	۱۴	۱۶	۱۳	۱۵	۱۳	۱۲	۸	۵
۲۱	۰	۳	۰	۲	۱	۱	۱	۲	۴	۴	۱۴	۱۶	۱۲	۱۴	۱۲	۱۱	۷	۴
۲۲	۰	۲	۰	۲	۱	۱	۱	۲	۴	۳	۱۳	۱۵	۱۱	۱۳	۱۲	۱۰	۷	۴
۲۳	۰	۲	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۴	۳	۱۲	۱۴	۱۱	۱۲	۱۱	۹	۵	۳
۲۴	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۴	۳	۱۲	۱۴	۱۰	۱۲	۱۰	۸	۴	۳
۲۵	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۳	۲	۱۲	۱۳	۱۰	۱۱	۸	۷	۴	۳
۲۶	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۳	۲	۱۱	۱۳	۹	۱۰	۷	۷	۳	۲
۲۷	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۲	۱۱	۱۲	۹	۹	۶	۷	۳	۲
۲۸	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۲	۱۱	۱۲	۹	۸	۵	۶	۲	۲
۲۹	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۲	۱۰	۱۱	۸	۸	۴	۵	۱	۲
۳۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۲	۱۰	۱۱	۸	۷	۴	۵	۰	۲
۳۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۸	۷	۰	۰	۰	۱
R*	۰/۹۹		۰/۹۹		۰/۹۹		۰/۹۹		۰/۹۹		۰/۹۴		۰/۹۹		۰/۹۹		۰/۹۹	

\*R= ضریب همبستگی بین فراوانی‌های مشاهده و برآورد شده

Archive of SID





جهت بررسی شرایط کلی خشکسالی حاکم بر منطقه خراسان به روش گیبس-ماهر و با استفاده از داده های ماهانه بارش ۳۴ ایستگاه عمل شد. بعد از مشخص شدن ویژگی های سال های مورد مطالعه از ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۷ خصوصیات دوره های خشک کوتاه مدت که برای مسائل کشاورزی از جمله دوره های آبیاری محصولات زراعی مهم اند، مورد تحقیق قرار گرفت. این کار نیز با داده های بارش روزانه تنها پنج ایستگاه که دارای این آمار بودند انجام شد.

در بررسی وضعیت خشکسالی های منطقه، شرایط ایستگاه های مختلف از نظر میزان بارش دریافتی مشخص و در سه گروه با شرایط خشکسالی، ترسالی و شرایط نرمال دسته بندی گردید. ضمن آن که سال های ۱۹۷۰ و ۱۹۹۱ به ترتیب به عنوان خشک ترین و مرطوب ترین سال های این دوره آماری مشخص شدند.

از بررسی ویژگی های دوره های خشک کوتاه مدت به روش زنجیره مارکف مرتبه اول نیز نتایج ذیل بدست آمد:

- ارزیابی روزهای متوالی خشک نشان داد که احتمال وقوع این پدیده هیچگاه از ۰.۸٪ کمتر نیست. علاوه بر این هیچیک از ایستگاه های منطقه احتمال بالاتر از ۰.۵٪ برای وقوع دو روز تر متوالی را تجربه نکرده اند.
- مقایسه مقادیر احتمالات ساده وقوع روزهای خشک و تر در هر ماه با احتمالات اقلیمی همان ماه نشان داد که اختلافات بسیار جزئی بین آنها وجود دارد که در اکثر موارد از ۰.۱٪ فراتر نیست.
- بیشترین مقدار فراوانی روزهای خشک در دوره زمانی مورد نظر بیست روز و بالاتر از آن است.
- با بررسی طول دوره های خشک برای ایستگاه های مختلف مشخص شد که حداقل و حداکثر طول این دوره ها به میزان ۱۱/۱۴ و ۲۸/۷۷ روز به ترتیب به ایستگاه های بربر قلعه بجنورد و بیرجند مربوط می شود.
- رابطه رگرسیونی برقرار شده میان مقادیر مشاهده (شمارش شده) و برآورد شده دوره های خشک ایستگاه مشهد به عنوان نمونه نشان داد که دقت مورد نظر برای تقریباً همه ماه ها به استثنای ژوئن بالاتر از ۰.۹۹٪ است که نشان دهنده دقت بالای این روش در تعیین احتمالات وقوع دوره های خشک می باشد.
- ارزیابی دوره برگشت دوره های خشک نشان می دهد که بیشترین اختلافات ماهانه و تفاوت های بین ایستگاهی را می توان در بررسی دوره های برگشت دوره های خشک طولانی مدت شناسایی کرد؛ چرا که وقوع دوره های کوتاه مدت تقریباً در تمامی نقاط استان روندهای مشابهی را نشان می دهد.

## منابع و مأخذ:

- ۱- جعفری بهی، خدابخش (۱۳۷۸)، تحلیل آماری دوره های تر و خشک بارندگی در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از زنجیره مارکف، پایان نامه کارشناسی ارشد هوا شناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۲- خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۷۷)، تحقیق در خشکسالی های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل های سینوپتیکی، پایان نامه دکترای جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
- ۳- رابرتسون، جی. دبلیو، نقش هوا شناسی کشاورزی در توسعه کشاورزی و پروژه های سرمایه گذاری. ترجمه کمیته هواشناسی کشاورزی.
- ۴- فرج زاده، منوچهر (۱۳۷۴)، بررسی آماری خشکسالی در ایران، پایان نامه دکترای جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- مشکانی، محمدرضا (۱۳۶۳)، بررسی احتمال تواتر روزهای خشک بابلسر از دیدگاه بیز تجربی، مجله علوم آب شماره ۳.
- ۶- مظفری، غلامعلی (۱۳۸۰)، ارزیابی قابلیت های محیطی کشت گندم دیم در منطقه کرمانشاه، پایان نامه دکترای جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- هاشمی فریدون (۱۳۴۷)، تجزیه و تحلیل استاتیکی از بارندگی سالانه، ماهانه، و روزانه تهران، تحقیقات علمی هواشناسی کل کشور.
- 8- Eull Moon, S., Boom Ryoo, S., Gi kwon, J. 1994. A Markov chain model for daily precipitation occurrence in South korea, International Jornal of climatology. 14,1009-1016.
- 9- Hudson, G., Brine, V.R., 1999. A method of land evaluation including year to year weather variability, Agricultural and forest meteorology. 101(2000) 203-216
- 10- Katz, R.w., 1977. precipitation as a chain-dependent process, Journal of applied meteorology. 16, 671-676.
- 11- Martin vide, J., Gomez, L. 1998. Regionalization of peninsular Spain based on the length of dry spells, International Jornal of climatology. 19,537-555.
- 12- Stern, R.D., 1981. Computing a probability distribution for the start of the rains from a Markov chain model for precipitation, Journal of applied meteorology. 21,420-423.
- 13- Subramaniam, A.R., Sanjeeva rao, p., 1986. Dry spells sequencess in south coastal Andhra , Mausam. 40-1,57- 60
- 14- Victor, U.S., Sastry, P.S.N. 1979. Dry spell probablity by Markov chain model and its application to crop development stages ,Mausam. 30-4,479-484.
- 15- Wilks, D.S. 1995. statistical methods in the atmospheric sciences. Accademic press. INC.
- 16- Wilks, D.S. 1998. International variability and extreme-value characteristics of several stocastic daily precipitation models, Agricultural and forest meteorology. 98-99, 547-554.