نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۴۸۳-۴۷۱

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 471-483

بررسی تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشک سالانه و فصلی در استان خراسان

علیرضا فرید حسینی[1*]- آتنا روشنی[2]- مریم عرفانیان[3]- محمد بنایان اول[4]- امین علیزاده[5]

تاریخ دریافت:۹۰/۶/۷
تاریخ پذیرش:۹۰/۷/۱۹

چکیده

برای مدیریت موثر کشاورزی و برنامه ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آب و خاک، داشتن اطلاعات کافی از چگونگی وقوع دوره های خشک ضروری می‌نماید. بدین منظور، در تحقیق حاضر تداوم و تواتر روزهای خشک استان خراسان بر اساس آمار روزانه بارش ۱۲ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ابتدای تاسیس هر ایستگاه تا سال ۲۰۰۷ مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا فراوانی وقوع نسبی دوره های خشکی بر اساس آمار موجود در هر ایستگاه به دو صورت سالانه و فصلی مشخص شده و سپس احتمال وقوع این دوره ها با استفاده از زنجیره مارکوف مرتبه اول نیز محاسبه شده است. نتایج حاصله از بررسی مقادیر به دست آمده از دو روش فوق در دوره فصلی نشان دهنده آن است که کارایی زنجیره مارکوف در برآورد دوره‌های خشک در فصل زمستان و پائیز بیشتر از دو فصل بهار و تابستان و همچنین دوره سالانه است. همچنین کارایی این روش در بررسی دوره های خشک بلند ۳۰-۲۰ روزه، بیشتر از دوره های خشک متوسط و کوتاه (کمتر از ۲۰ روز) است. علاوه بر این جهت بررسی تغییرات مکانی دوره‌های خشک و تر، مقدار اختلاف میانگین فراوانی های نسبی و مارکوف بر روی کل استان در دوره های فصلی و سالانه پهنه بندی شده است. نتایج حاصله نشان دهنده آن است که روش مارکوف، روشی توانمند در بررسی دوره های خشک بوده و نتایج بسیار نزدیکی به واقعیت ارائه نموده است. به طور کلی نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی نشان دهنده اختلاف کمتر نتایج حاصله از مدل مارکوف با مشاهداتی در قسمتهای شمالی استان بوده که به تدریج به سمت جنوب به این اختلافات افزوده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دوره‌های خشکی فصلی و سالانه، فراوانی نسبی، زنجیره مارکوف، پهنه‌بندی، خراسان

مقدمه

منابع آب از دیرباز به عنوان مهمترین عامل محدودکننده رشد گیاهان وکشاورزی، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند ایران شناخته شده است. با این حال گرچه منابع آب محدود است، اما عمده اهمیت این موضوع در بحث کشاورزی، به نحوه توزیع آب در طول فصل زراعی برمی‌گردد تا میزان کل بارش سالیانه (۲۳). توزیع نامتعادل بارندگی فصلی باعث می‌شود که گیاهان با دوره‌های خشک متوسط تا شدید بین فصلی مواجه شوند که در نهایت باعث به جای گذاشتن اثرات سوئی بر روی میزان محصول و تولیدات گیاهی می‌شود (۱۳). به عبارت دیگر، تغییر در میزان و الگوی بارندگی، اثر زیادی بر چرخه آب و فرآیندهای محیطی (۱۶) و نیز پوشش گیاهی (۲۱) دارد. لذا در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، داشتن اطلاعات کافی از چگونگی وقوع نزولات جوی الزامی است. این موضوع بخصوص در زراعت دیم، که به طور کامل بستگی به بارندگی دارد، از اهمیت بیشتری برخوردار است (۸).

برخی پدیده‌های طبیعی و اقلیمی از جمله خشکسالی، ترسالی و وقوع بارش در مشاهدات پیاپی و تحت شرایط مشخص و طبعاً در طول زمان نتایج یکسانی را بروز نمی دهد و ممکن است هربار چهره-ای متفاوت از بقیه نمودها ارائه نمایند. این قبیل پدیده‌ها را فرآیندهای تصادفی گویند. رویدادهای اقلیمی به عنوان پدیده‌های تصادفی، که به عوامل متعددی بستگی دارد، بطور دقیق قابل پیش‌بینی نیستند، ولی از مشاهده پیاپی آنها آگاهی‌های مفیدی به دست می‌آید که از طریق قوانین احتمالی قابل تعریف هستند (۵). زنجیره مارکوف یک روش ریاضی برای مدل کردن فرآیندهای تصادفی است. اکثر زنجیره‌های مارکوف که در زمینه پیش‌بینی‌های خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته‌اند مرتبه اول هستند (۱). گابریل و نیومن (۱۸) نخستین کسانی بودند که مدل زنجیره مارکوف مرتبه اول را برای بررسی وقوع روزهای خشک و تر در منطقه تل آویو مورد استفاده قرار دادند. به تدریج استفاده از این مدل در سایر موضوعات گسترده تر شد و

۱،۲،۳و۵- به ترتیب استادیار، کارشناس، دانشجوی دکتری و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: afaridh@yahoo.com)
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

محققان بسیاری از این تکنیک برای بررسی وقوع دوره‌های خشک و مرطوب (۱۵) و نیز وقوع خشکسالی و ترسالی (۱۲) استفاده نموده‌اند. از جمله تحقیقات صورت گرفته میتوان به مطالعه مارتین–واید و گومز (۲۲) اشاره نمود که بر اساس احتمالات مارکوفی، طول دوره‌های خشک و تر را در اسپانیا پهنه‌بندی کردند. بارون و همکاران (۱۳) نیز به منظور بررسی وقوع دوره‌های خشک و تاثیر آن بر عملکرد ذرت (maize) از زنجیره مارکوف مرتبه اول در آفریقا استفاده کرده اند. آناگنوستوپولو و همکاران (۱۱) در یونان تغیرات زمانی و مکانی دوره‌های خشک را با روشهای مارکوف مرتبه دوم و توزیع دوجمله ای منفی مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. سلشی و کامبرلین (۲۵) دوره های خشک را برای کشور اتیوپی مورد مطالعه قرار دادند. گونگ و همکاران (۲۰) روند تواتر و تداوم دوره های خشک تابستانه را در ۶ ناحیه چین در نیمه دوم قرن بیستم مورد بررسی قرار دادند. سرینیواساراددی و همکاران (۲۶) نیز از داده های روزانه برای به دست آوردن داده های هفتگی استفاده کرده و وقوع دوره های خشک و تر هفتگی منطقه بنگالور را توسط زنجیره های مارکوف مورد بررسی قرار دادند. ناستوس و زرفوس (۲۴) نیز تغییرات مکانی و زمانی روزهای خشک و تر در یونان را در ۲۷ ایستگاه و همچنین ارتباط آنرا با شاخص NAO مورد بررسی قرار دادند.

با این حال علیرغم اینکه روش زنجیره مارکوف در تحلیل فرآیندهای تصادفی (روزهای خشک و تر و خشکسالی) نتایج بسیار دقیقی ارائه کرده است، لکن در ایران کمتر مورد توجه بوده است. از جمله تحقیقات صورت گرفته میتوان به تحقیق مشکانی (۱۰) در بررسی احتمال تواتر روزهای خشک بابلسر، جعفری بهی (۲) در خصوص تحلیل بارش روزانه ایستگاههایی با حداقل دوره آماری ۳۰ سال، زارعی و شاهکار (۴) در بررسی احتمال تواتر روزهای بارانی و خشک مناطق خرمدره– ارداک و زشک، حجازی زاده و شیرخانی (۳) در زمینه بررسی خشکسالی دوره های خشک کوتاه مدت استان خراسان اشاره کرد. همچنین عساکره (۵) تواتر و تداوم روزهای بارانی شهر تبریز در دوره آماری ۲۰۰۵–۱۹۵۱ را بر اساس قوانین احتمالی به صورت فرآیندهای تصادفی و با استفاده از زنجیره مارکوف تحلیل کرد. علاوه بر این می توان به مطالعه عساکره و مازینی (۶) در خصوص بررسی احتمال وقوع روزهای خشک استان گلستان و نیز مطالعه فولادمند (۹) برای پیش بینی بارندگی روزانه، سالانه و تعداد روزهای توام با بارش در منطقه نیمه خشک اشاره کرد.

از آنجایی که وقوع روزهای بدون بارندگی از ویژگیهای اصلی آب و هوایی ایران محسوب می‌شود، این مطالعه با هدف بررسی دوره‌های خشک استان خراسان، که با کمبود منابع آبی مواجه است و از طرف دیگر از مناطق مهم کشور در بحث کشاورزی به حساب می‌آید، صورت گرفته است.

در این تحقیق سعی شده با مقایسه احتمالات بدست آمده از آمار بارش روزانه و احتمالات محاسبه شده از مرتبه اول زنجیره مارکوف، کارایی مدل مارکوف در برآورد احتمال دوره های خشک با تداوم های مختلف و به دو صورت فصلی و سالانه مورد بررسی قرار بگیرد. همچنین با پهنه بندی احتمالات مارکوف و اختلاف میانگین این احتمالات و فراوانی های نسبی، سعی شده دید کلی در مورد کارایی این مدل در قسمت های مختلف استان خراسان ارائه شود، تا بتوان بر اساس میزان کارایی مدل در مناطق مختلف و با داشتن پهنه بندی احتمالات مارکوف، احتمال دوره های خشک با تداوم های مختلف را در مناطقی که آمار کافی از آنها در دسترس نیست، داشته باشیم. نتایج فوق میتواند در خصوص مدیریت لازم منابع آب کشاورزی خصوصاً در مناطق دیم زار کمک شایان توجهی به مسئولان نماید.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: در این تحقیق جهت بررسی دوره های خشک و مرطوب فصلی و سالانه، از آمار و اطلاعات روزانه بارندگی ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی در دوره آماری ابتدای تاسیس هر ایستگاه تا سال ۲۰۰۷ استفاده شده است. در جدول ۱ و شکل ۱ به ترتیب مشخصات و موقعیت این ایستگاهها آورده شده است. ایستگاه های فوق کلیه منطقه را از لحاظ تنوع آب و هوایی به خوبی پوشش می‌دهند. پیش از هرگونه آنالیز و تحلیلی، کلیه آمار فوق به لحاظ کیفی کنترل شده و داده های مفقوده به روش تفاضلها و نسبتها بازسازی شدند (۷).

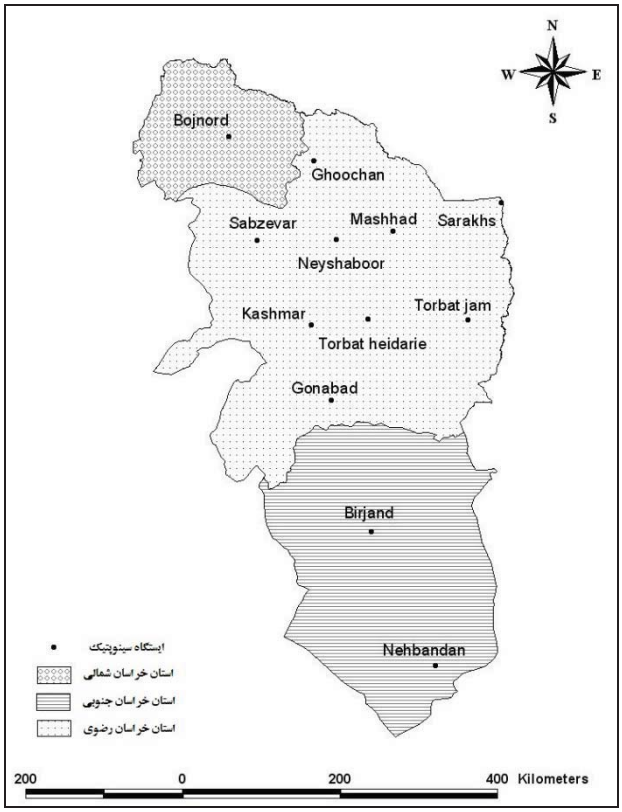
روش‌ها: طبق تعریف، روز خشک روزی است که مقدار بارش در آن روز کمتر از صفر (۵)، ۰/۱ میلی متر (۱۹) و یا کمتر از ۱ میلی‌متر (۱۵) باشد. همچنین دوره خشک متوالی[1]، دوره ای است که در آن مقدار بارش کمتر یا مساوی a میلیمتر باشد (۱۱). می توان گفت دوره خشک، یک روز بعد از روز بارانی شروع شده و یک روز قبل از روز بارانی به اتمام می رسد. با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، آستانه صفر میلی‌متر به عنوان تفکیک کننده روزهای خشک از تر مورد پذیرش واقع شده است.

جهت بررسی دوره های خشک در این تحقیق از دو روش بررسی آمار مشاهده ای (مشاهدات) و زنجیره مارکوف مرتبه اول استفاده شده است. بر اساس زنجیره مارکوف مرتبه اول، احتمال وقوع بارش در هر روز تنها بستگی به وقوع یا عدم وقوع بارش در روز قبل دارد (۱۹). به عبارت دیگر برای هر زوج حالتهای متوالی، یک احتمال وجود دارد.

1- consecutive dry spell

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	دوره آماری
۱	بجنورد	۱۰۹۱	۳۷° ۲۸'	۵۷° ۱۹'	۱۹۷۷-۲۰۰۷
۲	بیرجند	۱۴۹۱	۳۲ ° ۵۲ '	۵۹ ° ۱۲ '	۱۹۶۱-۲۰۰۷
۳	تربت جام	۹۲۸	۳۵ ° ۱۵ '	۶۰ ° ۳۵ '	۱۹۹۳-۲۰۰۷
۴	تربت حیدریه	۱۴۵۱	۳۵ ° ۱۶ '	۵۹ ° ۱۳ '	۱۹۶۱-۲۰۰۷
۵	سرخس	۲۳۵	۳۶ ° ۳۳ '	۶۱ ° ۱ '	۱۹۸۴-۲۰۰۷
۶	سبزوار	۹۴۷	۳۶ ° ۱۳ '	۵۷ ° ۴۳ '	۱۹۶۱-۲۰۰۷
۷	قوچان	۱۲۲۵	۳۷ ° ۱ '	۵۸ ° ۳ '	۱۹۸۴-۲۰۰۷
۸	کاشمر	۱۰۹۳	۳۵ ° ۱۲ '	۵۸ ° ۲۸ '	۱۹۸۶-۲۰۰۷
۹	گناباد	۱۰۱۰	۳۴ ° ۲۱ '	۵۸ ° ۴۲ '	۱۹۸۷-۲۰۰۷
۱۰	مشهد	۹۹۰	۳۶ ° ۱۶ '	۵۹ ° ۳۸ '	۱۹۵۶-۲۰۰۷
۱۱	نهبندان	۱۳۱۱	۳۱ ° ۳۲ '	۶۰ ° ۰۲ '	۱۹۸۷-۲۰۰۷
۱۲	نیشابور	۱۲۱۳	۳۶ ° ۱۲ '	۵۸ ° ۴۸ '	۱۹۹۲-۲۰۰۷



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده در تحقیق

پارامترهای این مدل احتمالی، احتمالات شرطی P_1 (احتمال وقوع یک روز تر به شرطی که روز قبل تر باشد) و P_0 (احتمال وقوع یک روز تر به شرطی که روز قبل خشک باشد) است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_0 = \frac{DW}{DW + DD} \quad (۱)$$

که احتمال وقوع یک دوره تر با طول m برابر است با:

$$(1-P_1)\times P_1^{(m-1)} \quad (۲)$$

و احتمال یک دوره خشک با طول n برابر است با:

$$P_0 \times (1-P_0)^{(n-1)} \quad (۳)$$

در روابط فوق، DW= عبارت است از تعداد رخداد یک روز مرطوب

که روز قبل آن خشک باشد و DD= تعداد رخداد یک روز خشک که روز قبل آن خشک باشد می باشد. مقادیر P_0 برای هر ایستگاه به صورت سالانه و فصلی محاسبه شده و میانگین گرفته شد. به طور نمونه مقادیر سالانه، بهار، تابستان، پاییز و زمستان P_0 مشهد به ترتیب برابر است با ۰/۱۰۶۸، ۰/۱۵۸۱، ۰/۰۱۳۲، ۰/۰۹۳۸ و ۰/۲۰۶۸.

با توجه به هدف این تحقیق، تنها دوره های خشک مورد بررسی قرار گرفته اند که در مقیاس های فصلی و سالانه مطابق با نظر آناگنوستوپولو و همکاران (۱۱) در زیردوره‌های کوچکتر به شرح زیر بررسی شده است:

- دوره کوتاه: ۱۰-۱ روزه
- دوره متوسط: ۲۰-۱۱ روزه
- دوره بلند: ۳۰-۲۱ روزه
- دوره بسیار بلند: بزرگتر از ۳۰ روزه

لازم به ذکر است که جهت بررسی ماهانه دوره های خشک، دو دیدگاه وجود دارد. مطابق با نظر دوجدرویت (۱۷) دوره خشک برای ماهی محسوب می شود که اولین روز دوره خشک در آن ماه واقع شده است. در برابر این نظر، دائوفین (۱۴) معتقد است که دوره خشک برای ماهی حساب می شود که شامل تعداد روزهای خشک بیشتری است. در این تحقیق از روش دوم استفاده شده است.

علاوه بر استفاده از زنجیره مارکوف، از روش بررسی فراوانی نسبی نیز جهت بررسی دوره های خشک استفاده شده است. به این صورت که وقوع دوره های خشک در زیردوره های تعریف شده فوق در دروه آماری هر ایستگاه محاسبه شده است و در مقیاسهای فصلی و سالانه ارائه شده است.

در این روش با توجه به این که اولین روز از سال آبی اول مهر ماه می‌باشد، این روز با عدد ۱ نامگذاری شد و روزهای خشک متوالی با اعداد منفی و روزهای بارانی، با اعداد متوالی مثبت نمایش داده شد تا بدینوسیله مشخص شود در هر سال چه تعداد دوره خشک با تداومهای مختلف وجود دارد. این محاسبات برای کلیه ایستگاهها و سالها، برای تداومهای مختلف انجام شد که در نهایت منجر به مشخص شدن طول دوره های خشکی و تعداد آنها برای هر ایستگاه و نتیجتاً فراوانی تجمعی دوره های خشک با تداوم ۱ تا ۳۰ روزه شده است. پس از تهیه جداول اطلاعات، احتمال وقوع یا فراوانی نسبی دوره های خشک با تداومهای مختلف در منطقه محاسبه شد. به منظور انجام محاسبات فوق، برنامه ای در نرم افزار MATLAB نوشته شد که می‌تواند دوره های خشک با تداوم های مختلف را برای هر ایستگاه محاسبه کند.

در نهایت نتایج حاصل از دو روش فوق برای هر ایستگاه در مقیاسهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفته و مقدار تفاوت نتایج زنجیره مارکوف با فراوانی های نسبی محاسبه شده است. به منظور تحلیل های آماری و مقایسه میانگین های دو روش، از نرم افزار SPSS 16.0 استفاده شده است. همچنین به منظور مشاهده بهتر مناطقی که کمترین و یا بیشترین اختلاف را با نتایج تجربی داشته اند، مقادیر اختلاف بر روی کل منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Arc View GIS 3.2 پهنه بندی شده است تا بتوان به راحتی دریافت که در کدام مناطق استان، استفاده از زنجیره مارکوف برای بررسی دوره های خشک و تر با واقعیت تطبیق بیشتری دارد.

نتایج و بحث

بررسی وقوع دوره‌های خشک در مقیاس زمانی فصلی و سالانه

با توجه به هدف این تحقیق مبنی بر استفاده از روش فراوانی نسبی و زنجیره های مارکوف، در بررسی وقوع دوره های خشک با تداوم های مختلف، بررسی ها به دو شیوه فصلی و سالانه انجام شد. بدین صورت که در مرحله اول، کلیه محاسبات احتمالات مشاهده ای و زنجیره مارکوف در ۴ فصل سال صورت گرفته و پس از آن دوره سالانه به عنوان پایه محاسبات مورد استفاده واقع شده است.

در جدول ۲ نتایج حاصل از کاربرد روشهای فوق در تحلیل فصلی آورده شده است. در این جدول احتمال وقوع دوره‌های خشک با تداومهای مختلف ارائه شده است. طریقه محاسبه بدین صورت بوده است که تعداد رویداد خشکی با دوره مشخصی (مثلاً ۱ تا ۱۰ روزه) در فصول مختلف را بر کل تعداد دوره های خشک آن فصل تقسیم کرده و احتمال وقوع آن دوره خشک مشخص می‌شود. هم چنین در جدول ۳ نتایج محاسبات مشابه با استفاده ازروش زنجیره مارکوف آورده شده است. لازم به ذکر است که در جدول ۳ از ارائه نتایج مربوط به دوره‌های خیلی خشک، به دلیل کوچک بودن و اهمیت کمتر در مطالعات خودداری شده است. علاوه بر این محاسبات مشابه برای دوره سالانه نیز انجام شده است که درجدول ۴ نتایج مربوط به روش تجربی و زنجیره مارکوف آورده شده است.

به طور کلی با توجه به جداول ارائه شده دوره های خشک در هر دو مقیاس سالانه و فصلی در شمال استان کوتاه تر از مناطق جنوبی می باشد. به عنوان مثال دوره های خشک ۱۰-۱ روزه در شمال فراوانی بیشتری نسبت به جنوب دارند، اما فراوانی دوره های خشک ۳۰-۲۰ روزه به سمت جنوب رو به افزایش است. همچنین دوره های خشکی بهار و پاییز بیشتر ۱۰-۱ روزه هستند و اغلب دوره های خشکی تابستان تداوم بیشتر از ۳۰ روز دارند. در زمستان هم در بیشتر مناطق شمالی و مرکزی دوره خشکی بیشتر از ۳۰ روز مشاهده نشده است.

علاوه بر این جهت بررسی تغییرات مکانی مقادیر احتمال دوره-های خشکی با تداومهای مختلف به روش مارکوف در نقاط مختلف استان پهنه‌بندی شده که نتایج در شکل ۲ آورده شده است. با کمک

این نقشه ها میتوان در قسمت هایی از منطقه که آمار بارندگی آن در دسترس نیست، در صورتی که مدل مارکوف با توجه به اختلاف میانگین ها (در ادامه بحث شده است) برای منطقه مورد نظر اختلاف معناداری را نشان ندهد، از احتمالات مارکوف برای تخمین احتمال دوره های خشک با تداوم های مختلف و در دو مقیاس سالانه و فصلی استفاده نمود. مقایسه میانگین‌های روشهای مختلف

به منظور بررسی اختلاف مقادیر حاصل از روش مارکوف و احتمال مشاهده‌ای در هردوره تداوم و نیز دوره مبنا (فصلی یا سالانه)، از مقایسه میانگین‌ها استفاده شده است. نتایج حاصل از این آزمون برای ایستگاههای مختلف در جدول ۵ آورده شده است.

همانطور که در جدول ۵ مشخص است به استثنای چند مورد، در اغلب موارد مقدار میانگین دو روش مشاهده ای و مارکوف در برآورد دوره های خشکی فصل زمستان اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشته و این حالت در اکثر ایستگاهها در فصل پائیز نیز صدق می‌کند. همچنین در شمال خراسان بیشتر اختلاف ها در هر دو مقیاس سالانه و فصلی معنی‌دار نیستند که به علت بارش های بیشتر در این منطقه می‌باشد. همچنین در فصل بهار با وجود بارش های بیشتر، در دوره‌های کوتاه اختلاف ها معنی دار هستند. در دوره سالانه در اکثر موارد، این دو روش با یکدیگر اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ داشته است که این امر می‌تواند به دلیل دقت کمتر برآورد دوره های خشک در این مقیاس زمانی نسبت به فصلی بوده باشد، زیرا در منطقه مورد مطالعه رژیم بارندگی در فصل های مختلف بسیار متفاوت است که اثرات این اختلاف ها در بررسی فصلی تاثیر کمتری در محاسبات دارد.

جدول ۲- احتمال وقوع یا فراوانی نسبی دوره های خشک با تداوم های مختلف به صورت فصلی

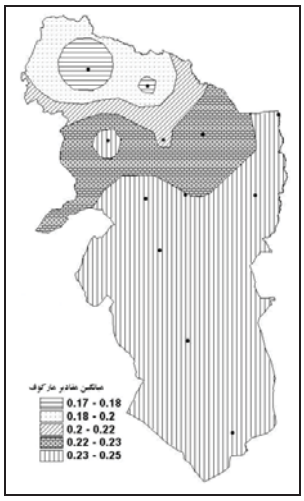
فصل	دوره	بجنورد	قوچان	سرخس	مشهد	سبزوار	نیشابور	تربت جام	تربت حیدریه	کاشمر	گناباد	بیرجند	نهبندان
بهار	۱۰-۱ روزه	0.885	0.891	0.821	0.893	0.838	0.827	0.841	0.841	0.793	0.731	0.774	0.660
	۲۰-۱۱ روزه	0.081	0.070	0.120	0.081	0.102	0.119	0.115	0.110	0.148	0.160	0.151	0.160
	۳۰-۲۱ روزه	0.013	0.026	0.032	0.005	0.032	0.023	0.017	0.032	0.023	0.058	0.049	0.113
	بیشتر از ۳۰ روزه	0.021	0.013	0.027	0.020	0.028	0.030	0.027	0.017	0.036	0.050	0.026	0.066
تابستان	۱۰-۱ روزه	0.395	0.273	0.071	0.103	0.097	0.214	0.125	0.094	0.065	0.000	0.000	0.048
	۲۰-۱۱ روزه	0.219	0.212	0.000	0.103	0.083	0.143	0.000	0.047	0.065	0.000	0.000	0.000
	۳۰-۲۱ روزه	0.109	0.136	0.000	0.092	0.097	0.107	0.000	0.047	0.065	0.000	0.000	0.000
	بیشتر از ۳۰ روزه	0.277	0.379	0.929	0.701	0.722	0.536	0.875	0.813	0.807	1.000	1.000	0.952
پائیز	۱۰-۱ روزه	0.841	0.752	0.703	0.706	0.649	0.773	0.744	0.715	0.694	0.703	0.658	0.603
	۲۰-۱۱ روزه	0.106	0.188	0.172	0.186	0.227	0.185	0.122	0.167	0.176	0.132	0.181	0.159
	۳۰-۲۱ روزه	0.041	0.037	0.062	0.068	0.057	0.017	0.089	0.048	0.037	0.066	0.065	0.095
	بیشتر از ۳۰ روزه	0.013	0.023	0.062	0.040	0.067	0.025	0.044	0.070	0.093	0.099	0.096	0.143
زمستان	۱۰-۱ روزه	0.954	0.933	0.917	0.909	0.853	0.897	0.847	0.893	0.895	0.877	0.845	0.847
	۲۰-۱۱ روزه	0.042	0.067	0.070	0.076	0.123	0.083	0.110	0.092	0.070	0.081	0.116	0.074
	۳۰-۲۱ روزه	0.004	0.000	0.013	0.015	0.023	0.016	0.031	0.014	0.027	0.026	0.030	0.044
	بیشتر از ۳۰ روزه	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.012	0.002	0.008	0.017	0.009	0.035

جدول ۳- احتمال وقوع دوره های خشک با تداوم های مختلف به صورت فصلی بر اساس روش زنجیره مارکوف

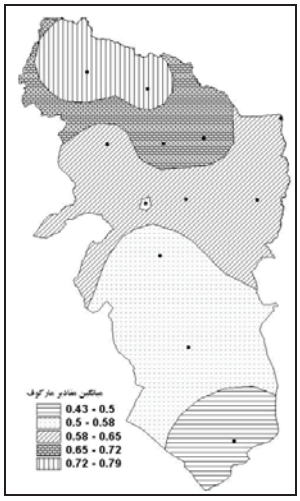
فصل	دوره	بجنورد	قوچان	سرخس	مشهد	سبزوار	نیشابور	تربت جام	تربت حیدریه	کاشمر	گناباد	بیرجند	نهبندان
بهار	۱۰-۱ روزه	0.856	0.870	0.644	0.821	0.709	0.794	0.651	0.751	0.655	0.519	0.560	0.448
	۲۰-۱۱ روزه	0.123	0.113	0.229	0.147	0.207	0.164	0.227	0.187	0.226	0.250	0.246	0.247
	۳۰-۲۱ روزه	0.018	0.015	0.082	0.026	0.060	0.034	0.079	0.047	0.078	0.120	0.108	0.137
تابستان	۱۰-۱ روزه	0.360	0.266	0.060	0.124	0.116	0.145	0.061	0.083	0.081	0.022	0.031	0.037
	۲۰-۱۱ روزه	0.230	0.195	0.057	0.109	0.102	0.124	0.058	0.076	0.074	0.021	0.030	0.036
	۳۰-۲۱ روزه	0.148	0.143	0.053	0.095	0.090	0.106	0.054	0.070	0.068	0.021	0.029	0.035
پاییز	۱۰-۱ روزه	0.817	0.750	0.584	0.627	0.568	0.674	0.595	0.555	0.498	0.468	0.448	0.345
	۲۰-۱۱ روزه	0.150	0.187	0.243	0.234	0.245	0.220	0.241	0.247	0.250	0.249	0.247	0.226
	۳۰-۲۱ روزه	0.027	0.047	0.101	0.087	0.106	0.072	0.098	0.110	0.126	0.133	0.137	0.148
زمستان	۱۰-۱ روزه	0.953	0.945	0.891	0.901	0.858	0.902	0.837	0.893	0.879	0.838	0.840	0.770
	۲۰-۱۱ روزه	0.445	0.052	0.097	0.089	0.122	0.089	0.137	0.095	0.107	0.136	0.135	0.177
	۳۰-۲۱ روزه	0.002	0.003	0.011	0.009	0.017	0.009	0.022	0.010	0.013	0.022	0.022	0.041

جدول ٤- مقادیر احتمال وقوع دوره‌های خشک سالانه به روش مارکوف و آمار مشاهده‌ای

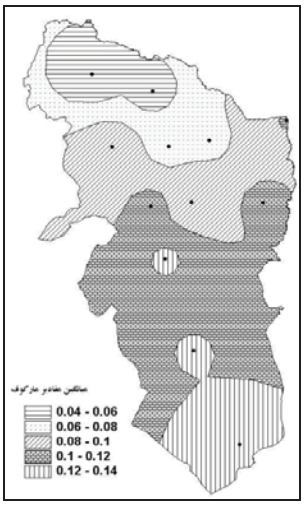
دوره ایستگاه	دوره ۱۰-۱ روزه		دوره ۲۰-۱۱ روزه		دوره ۳۰-۲۰ روزه	
	فراوانی نسبی	احتمال مارکوف	فراوانی نسبی	احتمال مارکوف	فراوانی نسبی	احتمال مارکوف
بجنورد	0.852	0.791	0.083	0.165	0.026	0.035
قوچان	0.831	0.767	0.103	0.179	0.026	0.042
سرخس	0.806	0.593	0.107	0.241	0.023	0.098
مشهد	0.82	0.677	0.104	0.219	0.023	0.071
نیشابور	0.825	0.688	0.112	0.215	0.016	0.067
سبزوار	0.765	0.608	0.138	0.238	0.033	0.093
تربت جام	0.796	0.577	0.110	0.244	0.034	0.103
تربت حیدریه	0.803	0.629	0.113	0.233	0.025	0.086
کاشمر	0.779	0.573	0.118	0.245	0.025	0.105
گناباد	0.762	0.507	0.116	0.250	0.040	0.123
بیرجند	0.758	0.520	0.136	0.250	0.034	0.120
نهبندان	0.706	0.432	0.115	0.245	0.071	0.139



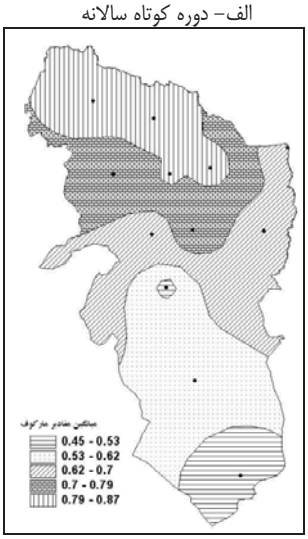
الف- دوره کوتاه سالانه



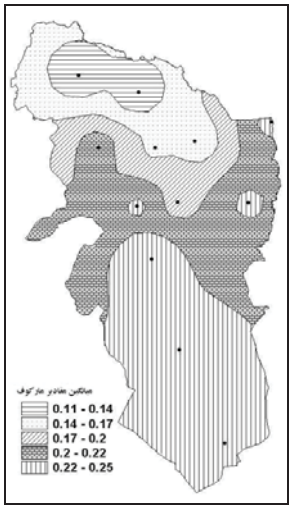
ب- دوره متوسط سالانه



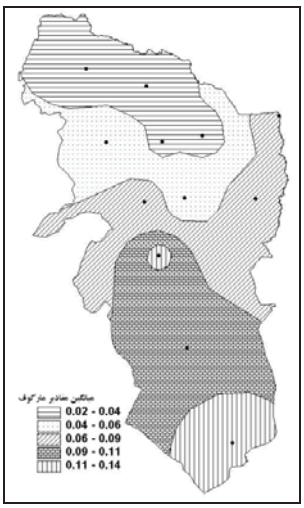
پ- دوره بلند سالانه



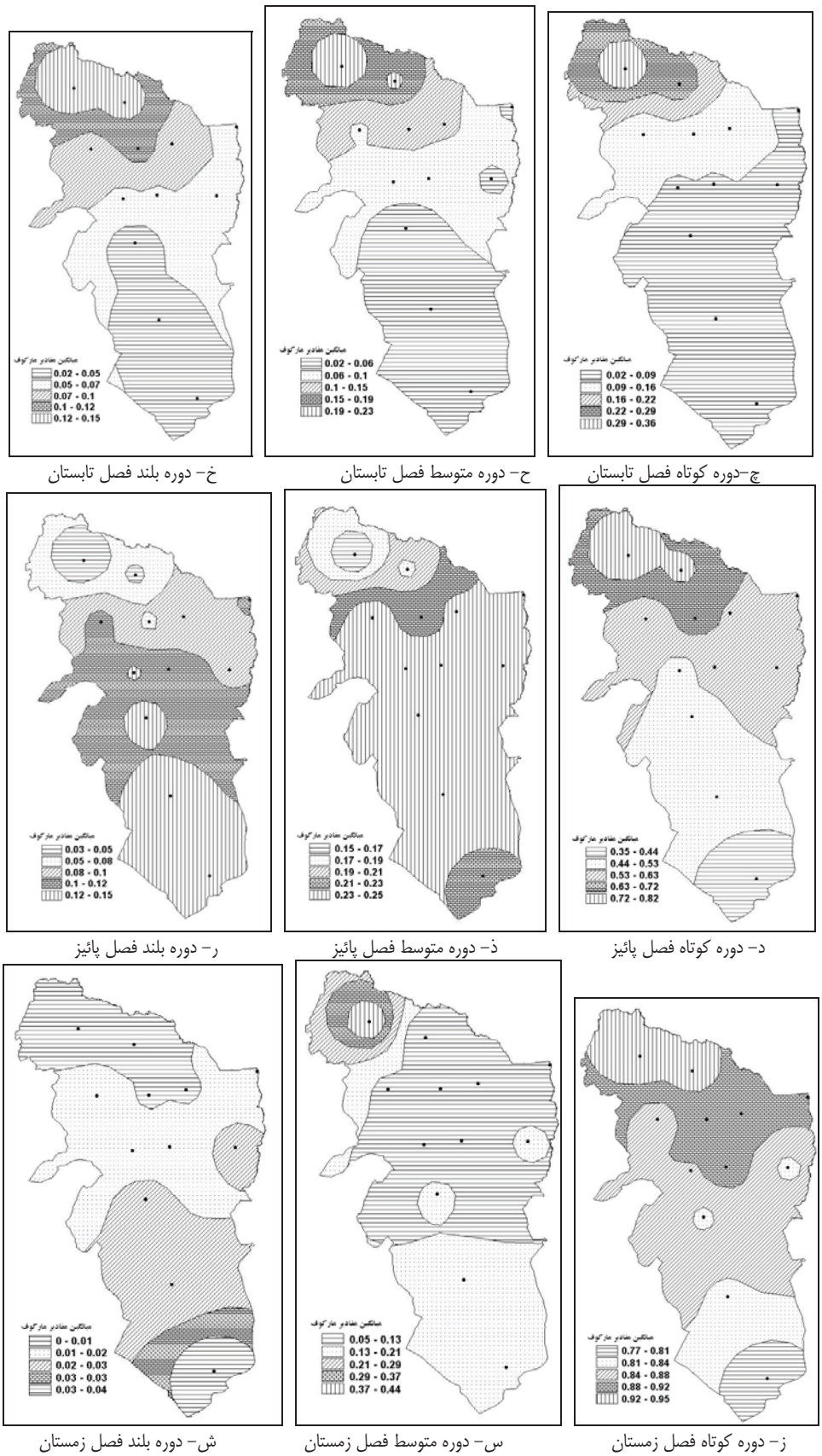
ت- دوره کوتاه فصل بهار



ث- دوره متوسط فصل بهار



ج- دوره بلند فصل بهار



چ–دوره کوتاه فصل تابستان ح– دوره متوسط فصل تابستان خ– دوره بلند فصل تابستان

د– دوره کوتاه فصل پائیز ذ– دوره متوسط فصل پائیز ر– دوره بلند فصل پائیز

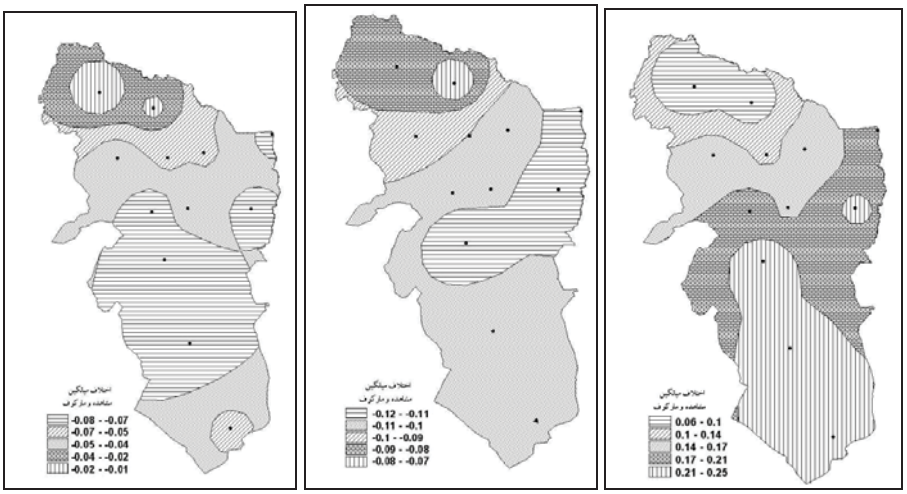
ز– دوره کوتاه فصل زمستان س– دوره متوسط فصل زمستان ش– دوره بلند فصل زمستان

شکل ۲- پهنه‌بندی متوسط مقادیر مارکوف در دوره‌های با تداوم مختلف

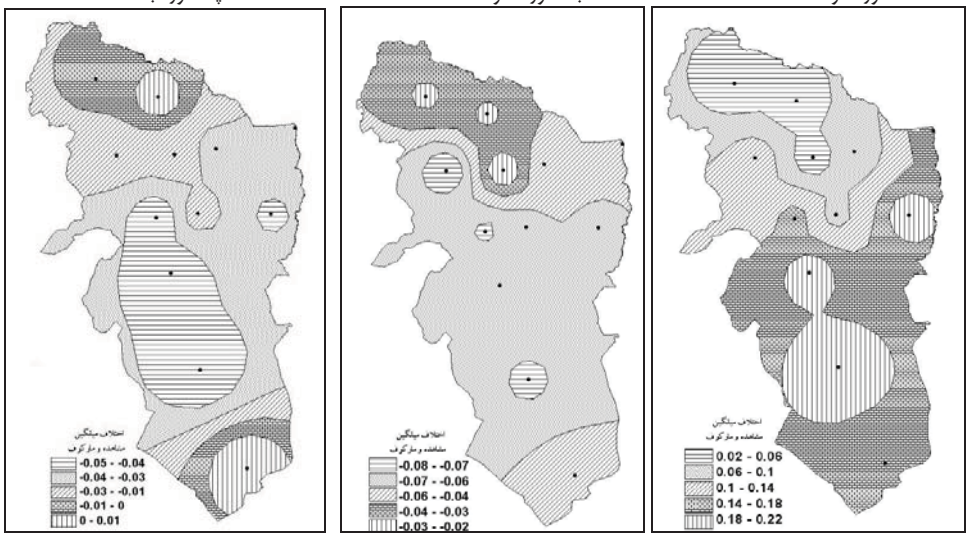
جدول ۵- مقدار اختلاف میانگین مقادیر مشاهده شده و مقادیر مارکوف

مبنا		سالانه			بهار			تابستان			پائیز			زمستان		
دوره	کوتاه	متوسط	بلند	کوتاه	متوسط	بلند	کوتاه	متوسط	بلند	کوتاه	متوسط	بلند	کوتاه	متوسط	بلند
مشهد	0.14**	-0.11**	-0.05**	0.08**	-0.05**	-0.03**	-0.06**	-0.03ns	-0.01 ns	0.05*	-0.01 ns	0.00 ns	0.01 ns	-0.01 ns	0.00 ns
بیرجند	0.23**	-0.10**	-0.08**	0.22**	-0.07**	-0.05**	-0.03**	-0.03**	-0.02**	0.13**	-0.03 ns	-0.04*	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns
بجنورد	0.06**	-0.08**	-0.01 ns	0.03*	-0.03*	-0.01 ns	-0.04 ns	-0.01 ns	-0.03 ns	0.03 ns	-0.04*	0.01 ns	0.01 ns	-0.01 ns	0.00 ns
قوچان	0.06**	-0.07**	-0.02**	0.02*	-0.03*	0.01 ns	-0.05 ns	-0.02 ns	0.01 ns	-0.01 ns	0.02 ns	-0.01 ns	-0.01 ns	0.02 ns	-0.01**
گناباد	0.25**	-0.12**	-0.08**	0.21**	-0.06 ns	-0.05 ns	-0.02*	-0.02*	-0.02*	0.15**	-0.09*	-0.02 ns	0.04 ns	-0.04 ns	0.00 ns
کاشمر	0.20**	-0.11**	-0.08**	0.15**	-0.07 ns	-0.05**	-0.04 ns	-0.03 ns	-0.02 ns	0.16**	-0.06 ns	-0.08**	0.03 ns	-0.04 ns	0.01 ns
نهبندان	0.24**	-0.10**	-0.05**	0.16**	-0.05 ns	0.01 ns	-0.01 ns	-0.03*	-0.03*	0.17*	-0.05 ns	-0.01 ns	0.05*	-0.07*	0.00 ns
نیشابور	0.13**	-0.10**	-0.05**	0.03 ns	-0.02 ns	-0.02 ns	0.01 ns	-0.01 ns	-0.02 ns	0.05 ns	0.03 ns	-0.06**	-0.01 ns	0.00 ns	0.00 ns
سبزوار	0.15**	-0.09**	-0.06**	0.12**	-0.08**	-0.02 ns	-0.06**	-0.04*	0.00 ns	0.05 ns	0.03 ns	-0.02 ns	-0.01 ns	0.02 ns	0.00 ns
سرخس	0.21**	-0.12**	-0.07**	0.16**	-0.05 ns	-0.03 ns	-0.02 ns	-0.05**	-0.05**	0.09 ns	-0.03 ns	-0.02 ns	0.03 ns	-0.02 ns	0.00 ns
تربت حیدریه	0.17**	-0.11**	-0.06**	0.09**	-0.06**	-0.02 ns	-0.03 ns	-0.04*	-0.04**	0.13**	-0.03 ns	-0.04*	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns
تربت جام	0.22**	-0.12**	-0.07**	0.21**	-0.06 ns	-0.04 ns	0.02 ns	-0.04 ns	-0.03*	0.12*	-0.11*	0.02 ns	0.01 ns	-0.02 ns	0.00 ns

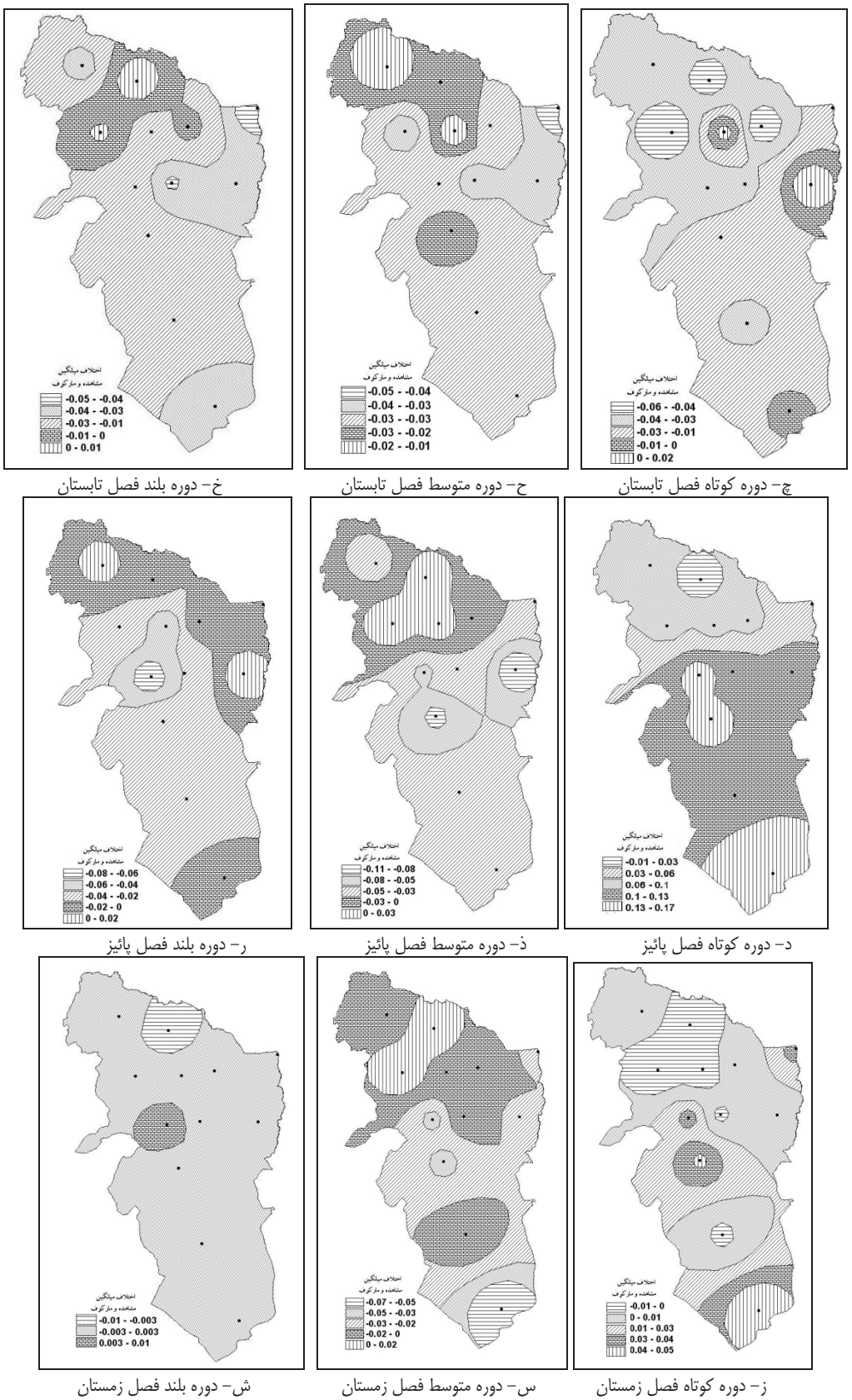
ns= غیر معنی دار، *: معنی دار در سطح ۵٪ و **: معنی دار در سطح ۱٪



الف- دوره کوتاه سالانه ب- دوره متوسط سالانه پ- دوره بلند سالانه



ت- دوره کوتاه فصل بهار ث- دوره متوسط فصل بهار ج- دوره بلند فصل بهار



خ- دوره بلند فصل تابستان ح- دوره متوسط فصل تابستان چ- دوره کوتاه فصل تابستان

ر- دوره بلند فصل پائیز ذ- دوره متوسط فصل پائیز د- دوره کوتاه فصل پائیز

ش- دوره بلند فصل زمستان س- دوره متوسط فصل زمستان ز- دوره کوتاه فصل زمستان

شکل ۳- پهنه‌بندی اختلاف متوسط مقدار مشاهده شده از مقادیر مارکوف

علاوه بر این، مشخص می شود که در اغلب ایستگاهها مقادیر اختلاف به دست آمده در دوره های بررسی بلند (۳۰-۲۰ روزه) به لحاظ آماری غیرمعنی دار بوده و می توان در این حالت، با اطمینان بیشتری از زنجیره‌های مارکوف در بررسی دوره‌های خشک استفاده کرد.

پهنه بندی اختلاف نتایج روش زنجیره مارکوف و احتمال تجربی در استان خراسان

همانگونه که در قسمت های قبلی ذکر شد یکی از اهداف این تحقیق مشخص کردن مناطقی در استان است که نتایج حاصله از کاربرد زنجیره مارکوف در تعیین دوره های خشک مختلف با نتایج حاصل از مشاهدات آماری اختلاف کمی داشته باشد. بدین منظور، پس از انجام تحلیل های لازم، مقدار اختلاف این دو روش در بازه-های زمانی مختلف و نیز در مقیاس زمانی فصلی و سالانه مورد پهنه بندی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این بررسی ها در شکل ۳ آورده شده است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

همانگونه که از نتایج تحلیل‌های فوق مشخص است زنجیره مارکوف مرتبه اول نشان داد که این روش، توانایی قابل ملاحظه‌ای در بررسی دوره‌های خشک و مرطوب در استان خراسان رضوی، علی الخصوص در فصلهای زمستان و پائیز دارد، بطوریکه در اکثر نقاط استان، اختلاف معنی داری را با نتایج حاصل از روش احتمال مشاهداتی نشان نداده است. لذا می‌توان جهت بحث‌های مدیریت منابع آب، علی الخصوص برنامه‌ریزی در زراعت دیم در مناطقی که قابلیت این امر وجود دارد، از این روش جهت مدیریت بهتر آبیاری و زراعت استفاده کرد.

همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی نشان داد که در دوره سالانه هر چه از سمت شمال به جنوب استان پیش رویم، اختلاف مشاهدات و مارکوف بیشتر شده و کارایی مدل کمتر خواهد شد، که دلیل این امر می‌تواند مربوط به بارندگی بیشتر مناطق شمالی استان نسبت به جنوب باشد. همچنین در مقایسه دوره های با تداوم‌های مختلف، مشاهده شد که این اختلاف در دوره‌های بلند، کمتر می‌باشد.

علاوه بر این نتیجه گرفته شد که هر چه بارش دوره مورد بررسی بیشتر باشد، کارایی مدل بیشتر بوده و مقادیر مارکوف اختلاف کمتری با مشاهدات نشان داده است. به طور مثال در زمستان در دوره های کوتاه مدت و متوسط در تمام استان به جز نهبندان اختلاف میانگین کم بوده و در دوره بلند مدت این اختلاف‌ها بسیار ناچیز و قابل صرف نظرکردن است. با این حال کارایی مدل در فصل تابستان نیز مناسب بوده که دلیل این امر می‌تواند به علت طولانی‌تر بودن دوره‌های خشک نسبت به فصول دیگر می‌باشد.

به صورت کلی با توجه به نتایج ارائه شده در این تحقیق میتوان در هر نقطه از استان که اختلاف بین مقادیر مشاهده ای و مارکوف معنی دار نبوده و یا اختلاف کمی دارند، از مقادیر مارکوف برای برآورد احتمال دوره های خشکی آن منطقه استفاده کرد.

با این حال پیشنهاد می شود که در تحقیقات آتی، از سایر روشها، از جمله زنجیره مارکوف مرتبه دوم و یا توزیع دوجمله ای نیز در برآورد احتمال وقوع دوره های خشک و تر انجام شده و نتایج حاصله از این روشها با واقعیت مورد مقایسه قرار گیرد تا بتوان بهترین روشها را در این خصوص مشخص نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود که تحقیقی مشابه در خصوص بررسی دوره‌های خشک در مقیاس ماهانه صورت گیرد و توانایی روش مارکوف در حالت مذکور نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. علاوه بر این، انجام تحقیقات مشابهی در سایر مناطق کشور، خصوصاً مناطق با استعداد کشت دیم کمک شایانی به مدیریت و برنامه ریزی بهتر کشاورزی خواهد نمود.

سپاسگزاری

بودجه این طرح (کد ۱۴۹۰۵/۲) از محل اعتبار طرح های پژوهه معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می شود.

منابع

۱-آشگر طوسی ش.، علیزاده ا. و جوانمرد س. ۱۳۸۲. پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ۱۸، شماره ۳، پیاپی ۷۰، صفحات ۱۲۸-۱۱۹.

۲- جعفری بهی خ. ۱۳۷۸. تحلیل آماری دوره های تر و خشک بارندگی در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از زنجیره مارکوف. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳- حجازی زاده ز. و شیرخانی ع. ۱۳۸۴. تحلیل و پیش‌بینی آماری خشکسالی و دوره های خشک کوتاه مدت در استان خراسان. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، جلد ۳۷، شماره ۵۲، صفحات ۳۱-۱۳.

۴- زارعی ح. و شاهکار غ. ۱۳۸۰. بررسی احتمال تواتر روزهای بارانی و خشک مناطق خرمدره- ارداک و زشک. سومین سمینار احتمال و فرآیندهای تصادفی. دانشگاه اصفهان، ۷ و ۸ شهریور.

۵- عساکره ح. ۱۳۸۷. بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال چهارم، شماره ۲، ۵۶-۴۶.

۶-عساکره ح. و مازینی ف. ۱۳۸۹. بررسی احتمال وقوع روزهای خشک در استان گلستان با استفاده از مدل زنجیره‌ی مارکوف. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۸، پیاپی ۱۷، صفحات ۴۴-۲۹.

۷- علیزاده ا. ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سیزدهم. انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، ۷۳۵ صفحه.

۸-علیزاده ا. و سرافراز ع. ۱۳۶۷. تجزیه و تحلیل اگرونومیکی نزولات جوی مشهد. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲، شماره ۱، صفحات ۴۷-۲۹.

۹- فولادمند ح. ۱۳۸۵. پیش‌بینی بارندگی روزانه و سالانه و تعداد روزهای بارانی در سال با استفاده از زنجیره‌ی مارکوف در یک منطقه نیمه خشک. مجله علوم کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۱، صفحات ۱۲۵-۱۱۳.

۱۰- مشکانی م. ۱۳۶۳. بررسی احتمال تواتر روزهای خشک بابلسر از دیدگاه بیز تجربی. مجله علوم آب. شماره ۳.

11- Anagnostopoulou C., Maheras P., Karacostas T., and Vafiadis M. 2003. Spatial and temporal analysis of dry spells in Greece. Theor. Appl. Climatol. Vol 74, pp. 77–91.

12- Banik P., Mandal A.M., and Rahman S. 2000. Markov Chain Analysis of Weekly Rainfall Data in Determining Drought-proneness. Discrete Dynamics in Nature and Society, Vol. 7, pp. 231-239.

13- Barron J., Rockstrom J., Gichuki F., and Hatibu N. 2003. Dry Spell Analysis and Maize Yields for Two Semi- arid Locations in east Africa. Agricultural and Forest Meteorology, vol. 117, pp. 23-37.

14- Dauphine A. 1975. Les precipitations dans les midis Francais. These de doctorat Universite de Nice, 591p.

15- De Arruda H.V., and Pinto H.S. 1980. An Alternative Model for Dry-Spell Probability Analysis. American Meteorological Society, pp. 823-825.

16- Delitala A., Cesari D., Chesa P., and Ward M. 2000. Precipitation over Sardinia (Italy) during the 1946-1993 rainy season and associated large scale climate variation. Int. J. of Climatology. Vol, 20, pp. 519-541.

17- Douguedroit A. 1980. La secheresse estivale dans la region Provence-Alpes-Cotes d'Azur. Mediterranee 2 et 3: 13–22.

18-Gabriel K.R., and Neumann J. 1962. A markov Chain Model for daily rainfall occurrences at Tel Aviv. Quart. Jour. Roy. Met. Soc. 88, pp. 90-95.

19- Gasm El-Seed A.M. 1987. An Application of Markov Chain Model for Wet and Dry Spell Probabilities at Juba in Southern Sudan. GeoJournal v.15 (4), pp. 420-424.

20- Gong D.Y., Wang J.A., and Han H. 2005. Trends of summer dry spells in China during the late twentieth century. Meteorol. Atmos. Phys 88, pp.203–214.

21- lazaro R., Rorigo F.S., Gutierrez L., Domingo F., and Puigdefabregas J. 2001. analysis of a 30 year rainfall record 1967-1997 in semi-arid SE Spain for implications on vegetation. J. of Arid Encironments, vol. 48, pp.373-395.

22-Martin-Vide J., and Gomez L. 1999. Regionalization of Peninsular Spain Based on the length of Dry Spells. Int. J. of Climatol. Vol. 19, PP. 537-555.

23-Monteith J.L. 1991. Weather and water in the Sudano-Sahelian zone. In: Sivakumar, M.V.K, Wallace, J.S., Renard, C., Giroux, C. (Eds), soil Water Balance in the Sudano-Sahelian zone. Proceedings of the international workshop, Niamey, Niger, February 1991. IAHS publication no. 199, IAHS press, Institute of Hydrology, Wallingford, UK, pp. 11-30.

24- Nastos P.T., and Zerefos C.S. 2009. Spatial and Temporal Variability of Consecutive Dry and Wet Days in Greece. Atmospheric Research, vol. 94, pp. 616-628.

25- Seleshi Y., and Camberlin P. 2006. Recent changes in dry spell and extreme rainfall events in Ethiopia. Theor. Appl. Climatol. vol 83, pp. 181–191.

26- Srinivasa Reddy G.V., Bhaskar S.R., Purohit R.C., and Chittora A.K. 2008. Markov Chain Model Probability of Dry, Wet Weeks and Statistical Analysis of Weekly Rainfall for Agricultural Planning at Bangalore. Karnataka J. Agric. Sci., 21 (1), pp. 12-16.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 471-483

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۴۸۳-۴۷۱

Spatial and Temporal Variations Assessment of Seasonal and Annual Dry Spells in Khorasan Province

A. Faridhosseini [1*]- A. Roshani [2]- M. Erfanian[3]- M. Bannayan Awal[4]- A. Alizadeh [5]

Received:29-8-2011
Accepted:11-10-2011

Abstract

Having sufficient knowledge about dry spells occurrence is essential to efficient management and planning of water resources usage. To reach this goal, this study was conducted to assess the continuity and frequency of dry spells, with using daily rainfall data of 12 synoptic stations of Khorasan province in the available period to end of 2007. Dry spells' relative occurrence frequency and also occurrence probabilities with the Markov chain for all stations were determined seasonally and annually. Results of seasonally comparison of two mentioned methods show better efficiency of the Markov chain to estimate the dry spells of winter and autumn than spring, summer and also annual ones. Also it has more precise results in long (20-30 days) dry spells than the medium and short (less than 20 days) periods. To assess the spatial variation of dry spells, the difference of frequency and Markov chains' mean values were zoned, both seasonally and annually. Results indicated that the Markov chain is an efficient method for dry spell studding and its results is very close to the reality. One could conclude of the zoning maps which the difference of Markov and observation method was so small in the north of the case study, but increases gradually towards the southern regions.

Keywords: Seasonal and annual dry spell, Relative frequency, Markov chain, Zoning, Khorasan

1,2,3,5- Assistant Professor, Expert, PhD Student, and Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: afaridh@yahoo.com)
4-Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad