

تحلیل فضایی بارش فصول مرطوب سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف مطالعه‌ی موردی استان اردبیل

دریافت مقاله: ۹۰/۸/۳ پذیرش نهایی: ۹۰/۱۲/۱۷

صفحات: ۴۴-۲۵

محمد سلیقه: دانشیار دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی^۱

Email: saligheh@tmu.ac.ir

بهلول علیجانی: استاد دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی

Email: bralijani@gmail.com

قدیر دل آرا: کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان اردبیل

Email: ghadir.delara@gmail.com

چکیده

هدف تحقیق تحلیل فضایی بارش فصل مرطوب سال در استان اردبیل می‌باشد. بدین منظور از مدل زنجیره مارکف استفاده شد. مدل زنجیره مارکف حالت خاصی از مدل‌هایی است که در آنها حالت خطی یک سیستم به حالت‌های قبلی آن بستگی دارد. پس از تهیه داده‌ها در محدوده استان، مطابقت داده‌ها با مدل مورد ارزیابی، و سپس رابطه روزهای متوالی دو روزه، سه روزه و... مورد آزمون قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که نسبت دوره‌های خشک به کل دوره مورد مطالعه بسیار زیاد و دوره‌های خشک و مرطوب کوتاه مدت بیشتر از دوره‌های خشک و مرطوب بلند، مدت اتفاق می‌افتد. بارش به جز در ایستگاه خلخال در سایر ایستگاه‌ها تداوم ندارد، و معمولاً از بارش‌های کوتاه مدت و منقطع برخوردارند. روابط بین بارش‌های متوالی ۲ روزه و چند روزه بسیار کم و احتمال هر یک از بارش‌های ۱روزه $\%51/9$ ، ۲روزه $\%51/9$ ، ۳ روزه $\%11/7$ ، ۴ روزه $\%5/7$ ، ۵ روزه $\%2/6$ ، ۶ روزه $\%1/4$ ، ۷ روزه $\%0/9$ بوده است.

کلید واژگان : مدل زنجیره مارکف، تحلیل فضایی، دوره‌های خشک و مرطوب، بارش، اردبیل

^۱. نویسنده مسئول: کرج- حصارک- خیابان شهید بهشتی- دانشگاه خوارزمی- دانشکده علوم جغرافیایی

مقدمه

نوسانات شدید بارش سبب شده که اقلیم شناسان به دنبال روش‌هایی برای بررسی رفتار بارش و پیش‌بینی احتمال وقوع آن باشند. در این راستا تاکنون روش‌های مختلفی ابداع شده است. در میان روش‌های آماری، روش و یا مدل زنجیره مارکف در علوم جوی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با استفاده از این روش می‌توان به پیش‌بینی آماری تکرار و فراوانی وقوع بارش در آینده از روی آمار بلند مدت بارش روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی که دارای تکرار معنی داری هستند، اقدام کرد. تمامی پیش‌بینی‌ها همراه با خطا هستند. که این خطاهای شامل خطا‌های داده‌های جمع‌آوری شده، ساختار مدل بررسی و ... می‌تواند باشد. هیچ کسی از دقیق بودن پیش‌بینی خود مطمئن نیست (لیتل و همکاران، ۲۰۰۷). تحقیقات نشان داده که فرایندهای بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف، متفاوت هستند. در این تحقیق بر روی بارش روزانه تمرکز شده است. قلمرو این تحقیق استان اردبیل و ایستگاه‌های مورد مطالعه عبارتند از: ایستگاه‌های اردبیل، خلخال، مشکین شهر، پارس آباد و سرعین. که کل استان را پوشش داده‌اند. این تحقیق با هدف تحلیل فضایی بارش فصول مرطوب سال تنظیم شده است. پیش‌بینی بارش فردا از روی بارش امروز پیش‌بینی بارش سالهای آینده از بارش امروز نیز مورد توجه بوده است.

پیشینه تحقیق

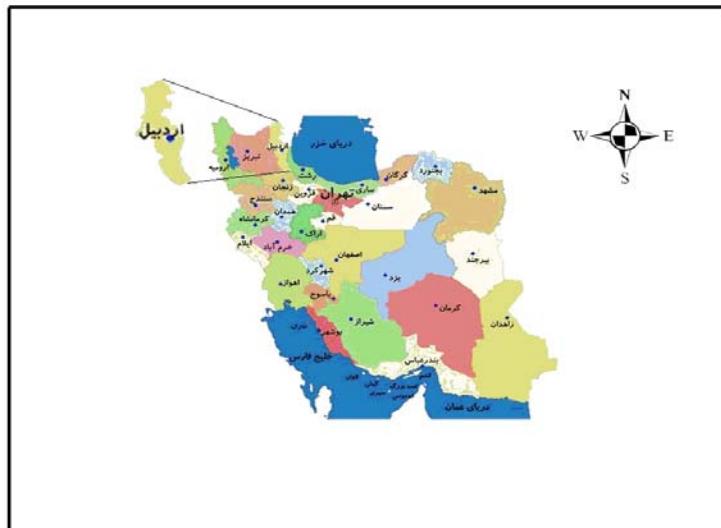
در اوایل قرن جاری مارکف نظریه‌ای را که بعداً به نام مدل زنجیره مارکف معروف شد ارائه کرد، و کاربرد وسیعی در علوم مختلف پیدا کرد. استفاده از روش زنجیره مارکف به دلیل توانمندی‌های آن در محاسبه دوره‌های تر و خشک و همچنین ساده کردن حل بسیاری از مسائل احتمالات مربوط به فرایندهای واسته، دارای ساقیه طولانی است. از این مدل در علوم مختلف نظیر هواشناسی، کشاورزی، اقیم شناسی، منابع طبیعی، هیدرولوژی و ... استفاده زیادی شده است. هاپکنیز و رابیلارد (۱۹۶۴) وقوع بارش روزانه نواحی جلگه‌ای استان پرایر کانادا را براساس بارش‌های روزانه در مقطع ۴۵ سال (شش ماه از آوریل تا سپتامبر) با استفاده از مدل مارکف برآورد کرده‌اند. سایرمانیام و سانجیوا در سال ۱۹۸۶ در سواحل آندرای هندوستان، با استفاده از مدل زنجیره مارکف به بررسی تولید محصول در ارتباط با تغییرات بارندگی پرداختند (رمضانی، ۱۳۸۰). اونوبی و همکاران در سال ۱۹۹۱ در کشور نیجریه، احتمالات بارندگی را در مرغزارها و زمین‌های کشاورزی تخمين زندن، آنها یک توزیع شرطی زنجیره مارکف را بر روی داده‌های بارندگی روزانه ۱۱۹ ایستگاه در مقطع ۱۷ تا ۱۸ سال مورد

بررسی قرار داده و نقشه های هم بارش $10, 20, 30, 40$ و 50 میلیمتر را تهیه کرده اند(امیری، ۱۳۸۶). در سالهای اخیر محققان دیگری از این مدل برای پیش بینی دیگر پارامترها استفاده کرده اند. که از جمله: سکیریس (۱۹۸۸) به بررسی وقوع احتمالی و پیوسته بارش از طریق مدلسازی داده های روزانه بارش در شهر آتن با استفاده از مدل زنجیره مارکف پرداخته است. جان و همکاران(۱۹۹۲) برای پیش بینی محصول نیشکر از مدل زنجیره مارکف استفاده کردند و توانستند پارامترهای محصول نیشکر را 7 تا 8 هفته بعد از کاشت در آزمایشگاه تحقیقاتی کشاورزی هندوستان پیش بینی کنند. واید و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از این مدل به برآورد فراوانی دوره های خشک و مربوط دست زده اند، و در نهایت براساس همین دوره های تر و خشک اقلیم شبه جزیره اسپانیا را طبقه بندی کرده اند. جیموه و وبستر (۱۹۹۹) نوسانهای بارندگی درون سالی را با استفاده از زنجیره مارکف در 7 منطقه در نیجریه مورد بررسی قرار داده اند. آنگنوستوپولو و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی جامع طول دوره های خشک کشور یونان را با استفاده از زنجیره مارکف تعیین کرده و آن کشور را براساس همین دوره های خشک طبقه بندی کردن. درتون و همکاران (۲۰۰۳) به وسیله مدل زنجیره مارکف به بررسی تورنادوها پرداخته اند. لیانو و پینالبا (۲۰۰۶) با استفاده از مدل زنجیره مارکف توانستند دوره های خشک بلند مدت و یا بدون باران 35 ایستگاه هواشناسی کشور آرژانتین را بررسی و مطالعه کنند. میهروتا و شارما (۲۰۰۷) وقوع اتفاقی بارش روزانه در مقیاس های زمانی مختلف (ساعت، روز، هفته، ماه و سال) 30 ایستگاه در اطراف سیدنی استرالیا را با استفاده از مدل مارکف بررسی کرده، و به این نتیجه رسیدند که توانایی مدل زنجیره مارکف در برآورد دوره های خشک و تر بلند مدت و کوتاه مدت در مکان های مختلف بستگی به ویژگی بارش در مکان خاص دارد. در ایران نیز هاشمی (۱۳۴۷) با استفاده از مدل زنجیره مارکف به بررسی آمار بارندگی روزانه تهران پرداخته است. وی آستانه تری را بارندگی روزانه ($0/2$) میلیمتر انتخاب کرد. و طول دوره های خشک و تر را ابتدا با استفاده از مدل زنجیره مارکف، سپس از طریق مدل برتوی برآورد کرد. و با مقادیر واقعی مشاهده شده، مقایسه کرد و نتیجه گرفت که در تمام ماه های مورد مطالعه نتایج حاصل از مدل مارکف مرتباً اول با واقعیت مشاهده شده بسیار نزدیک است. مشکانی(۱۳۶۲) احتمال تکرار روزهای خشک و تر بابلسر را از طریق زنجیره مارکف در فصل بارش از مهر تا شهریور طی دوره 10 ساله (59 تا 50) با آستانه خشکی و تری $1/0$ میلیمتر در روز مورد بررسی قرار داده است. جعفری بهی(۱۳۷۸) دوره های خشک و تر را در چند ایستگاه مختلف کشور در طی فصول مربوط سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف بررسی کرده است. رمضانی (۱۳۸۰) به تحلیل و پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های استان

مازندران پرداخته است. قادر مرزی (۱۳۸۰) با استفاده از این مدل نوسانات آب و هوا را در استان کردستان مورد بررسی قرار داد. مظفری (۱۳۸۰) با استفاده از این مدل به تجزیه و تحلیل داده های بارش روزانه ۲۶ ایستگاه، جهت ارزیابی قابلیت های محیطی کشت گندم دیدم پرداخته است. علیجانی و همکاران (۱۳۸۴) تحلیل و پیش بینی بارش های لارستان را با استفاده از این مدل انجام داده اند. حجازی زاده و شیرخانی (۱۳۸۴) نیز از این روش در تعیین دوره های خشک کوتاه مدت خراسان استفاده کرده و به این نتیجه رسیده اند که دقت این روش در تعیین احتمالات وقوع دوره های خشک بالاست. کردوانی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از این مدل به بررسی دوره های تر و خشک تهران (مهرآباد) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که توانایی مدل زنجیره مارکف در پیش بینی دوره های مرتبط در مناطق ناهنجار از نظر بارش نظیر تهران با احتمال ۹۵ درصد می تواند مفید باشد. امیری (۱۳۸۶) نیز با استفاده از این مدل به بررسی و پیش بینی بارش خرم آباد پرداخته است و توانسته احتمالات دوره های بلند مدت و کوتاه مدت بارش منطقه را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. یوسفی و همکاران (۱۳۸۶) به برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی قزوین با استفاده مدل زنجیره مارکف پرداخته است. نتایج مطالب فوق نشان می دهد که زنجیره مارکف مدل مناسبی برای پیش بینی فراوانی بارش است، لذا در این تحقیق سعی شد که ضمن تحلیل وضعیت کنونی بارش استان اردبیل فراوانی بارش در آینده نیز توسط این مدل پیش بینی شود.

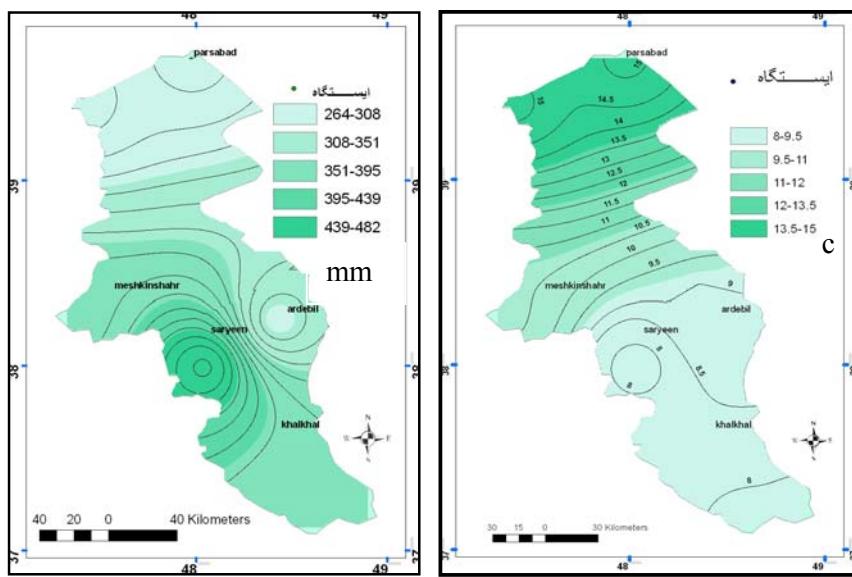
داده ها و روش تحقیق

استان اردبیل با مساحتی بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع (۱۰۹ درصد از کل مساحت کشور) را تشکیل می دهد، شکل ۱ موقعیت استان را نشان می دهد.



شکل (۱) موقع جغرافیایی استان اردبیل در ایران

آب و هوای استان اردبیل به طور کلی از نوع آب و هوای معتدل کوهستانی است. با توجه به تنوع شرایط طبیعی در این منطقه، میزان دما و بارش در نواحی مختلف آن متفاوت است. نواحی جنوبی استان مرتفع و کوهستانی است و زمستان های سرد و پر برف ولی تابستان های معتدل دارد. هر چه از جنوب به سمت شمال برویم از ارتفاع کوه ها کاسته شده و بر میزان دما افزوده می شود و بر عکس، مقدار بارش نیز کاهش می یابد. اشکال ۲ و ۳ توزیع دما و بارش را در سطح استان نشان می دهد.



شکل (۳) نقشه هم بارش استان اردبیل

شکل (۲) نقشه همدماهی استان اردبیل

طرح مسئله

کاهش رودداد و یا رخداد پدیده هایی مانند خشکسالی و سیلاب نیازمند پیش بینی بارش در مقیاسهای زمانی مختلف و در مکان معین است. بنابراین بررسی تراسالی ها و خشکسالی ها و همچنین مطالعه دوره های خشک و مرطوب از ضروریات منطقه بوده که براساس زنجیره مارکف چگونگی رفتار دوره های تر و خشک توصیف می شود. از آنجا که فراوانی های برآورد شده با استفاده از فرمول های این مدل با فراوانی مشاهده شده یکی است بنابراین می توان گفت که مدل زنجیره مارکف برای برآورد دوره های تر و خشک کوتاه مدت و بلند مدت در استان اردبیل مناسب است.

مدل زنجیره مارکف مدلی که ساختار آن بیانگر حالات و احتمالات انتقال بارش از یک حالت به حالت دیگر (از خشک به مرطوب) و همچنین بیانگر ویژگی ها، فراوانی و احتمال وقوع بارش است. توانایی این مدل در برآورد دوره های خشک و مرطوب در مقیاس های زمانی مختلف (ساعت، روز، هفته، ماه و سال) و در مکانهای مختلف بستگی به ویژگی بارش در مکان معین دارد (Mehrotra, R. Sharma. A. ۲۰۰۷).

مدلسازی پدیده های تصادفی است که توالی مشاهدات را در طول زمان نشان می دهد. وابستگی این زنجیره به زمان، یا از طریق ضرایب همبستگی سری زمانی و یا با استفاده از ماتریسهای احتمال انتقال بیان می شود(علیزاده و همکاران، ۱۳۸۲). در زنجیره مارکف فرض را بر این می گیریم که اقلیم دو حالت بیشتر ندارد، خشک و یا مرطوب. مثلا در مورد بارش، دو حالت بیشتر ندارد. یا باران می آید (۱) و یا نمی آید (۰). حالت سومی وجود ندارد. منظور از مرتبه اول این است که اندازه عضو آینده از روی عضو فعلی پیش بینی می شود. و به اعضای گذشته نیازی ندارد(علیزاده، ۱۳۸۵). اولین شرط استفاده از مدل زنجیره مارکف این است که بدانیم داده های مورد مطالعه با زنجیره مارکف همخوانی دارد و یا ندارد. که آن از طریق رابطه زیر بررسی می شود.

$$\Pr\{x_{t+1} | x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-n}\} = \Pr\{x_{t+1} | x_t\}$$

در بررسی حاضر نیز از این مدل استفاده گردید و انطباق زنجیره مارکف مرتبه اول دو حالته با داده های مورد مطالعه با استفاده از آزمون کای دو بررسی شد و تأیید گردید. در آزمون کای دو فرض بر این است که یک روز خشک و یک روز مرطوب باشد. حال اگر داده بارش روزانه در این تحقیق بر این فرض نزدیک نباشد یعنی دوره های خشک و مرطوب در یک جا تجمع یابند در این حالت با زنجیره مارکف همخوانی نخواهند داشت. بدین صورت که اعضای مشاهده شده چه در آزمون کای دو و چه از طریق جدول آماری بیشتر از مورد انتظار با آلفای ۹۹٪ است.

پیش بینی دوره های تر و خشک n روزه

یکی از قابلیتهای مدل زنجیره مارکف این است که می توان با استفاده از این مدل دوره های خشک و تر n روزه را برآورد و یا پیش بینی کرد. که دوره مرطوب n روزه از طریق فرمول زیر بدست می آید:

$$w_m = 1 + \frac{(N - n)(p_{10})(p_{01})(1 - p_{10})^{n-1}}{(p_{10} + p_{01})}$$

W_m = تعداد دوره های مرطوب و یا تر n روزه در یک دوره معین

N = تعداد کل روزهای دوره آماری مورد بررسی

m = طول دوره خشک و یا مرطوب (۱ روزه، ۲ روزه، ۳ روزه ...)

p_{10} و p_{01} = عناصر ماتریس احتمال انتقالی زنجیره مارکف. دوره خشک n روزه نیز از طریق فرمول زیر بدست می آید.

$$d_m = 1 + \frac{(N - n)(p_{01})(p_{10})(1 - p_{01})^{n-1}}{(p_{01} + p_{10})}$$

= عدد دوره های خشک n روزه در یک دوره معین

- دوره برگشت موسمنهای n روزه تر و خشک

دوره بازگشت، وضعیت متوسط بازگشت یک پدیده را نشان می دهد. که عکس احتمال است (مهدوی، ۱۳۸۶). در این تحقیق از روی دوره برگشت می توان به طور متوسط مدت زمانی که طول می کشد تا یک دوره تر و یا خشک مثلاً یک روزه دوباره اتفاق بیفتد را تعیین کرد.

دوره برگشت موسمنهای تر و خشک n روزه از طریق فرمول زیر بدست آمده است

$$T = \frac{1}{p} \quad (\text{مهدوی، } 1386)$$

در این تحقیق احتمال دوره های n روزه تر و خشک از فرمول های زیر محاسبه شده است (علیجانی، ۱۳۸۴).

$$p(W^n) = p_{11}^{n-1} \times p_{10}$$

$$p(D^n) = p_{00}^{n-1} \times p_{01}$$

در این فرمول W = دوره مرطوب، D = دوره خشک، n = طول دوره معین به طور کلی اجزای مدل زنجیره مارکوف مثل حلقه های یک زنجیر به هم متصل است. بدین صورت که هر مرحله وابسته به مرحله قبلی است و تا زمانی که مرحله قبلی محاسبه نشود نمی توان مرحله بعدی را انجام داد. به عنوان مثال اگر ما درصد فراوانی حالتها انتقال شرطی را نداشته باشیم نمی توانیم احتمال انتقال شرطی را بدست آوریم.

داده های روزانه بارش در سه فصل (زمستان، بهار و پاییز) به دودسته متمایز روزهای بارانی و روزهای خشک تفکیک شده، جهت تعیین روز خشک و روز تر از آستانه تری یعنی (مقدار بارش کمتر از 10 mm) روز خشک و بیشتر از آن را روز مرطوب) و یا به عبارت دیگر روزهای با صفر میلیمتر را روز خشک و غیر از آن روز بارانی در نظر گرفته شد. سپس جدول فراوانی روزهای خشک و تر (10 mm) ترسیم شد. و در مرحله بعدی ماتریس حالتها انتقال روزهای متوالی دوتایی ($10, 11, 10, 11, 10, 11, 10, 11, 10, 10, 11, 10$) را تشکیل و سپس احتمال وقوع حالتها شرطی

تحلیل فضایی بارش فصول مرطوب سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف...

۳۳

(p_{11} , p_{01} , p_{10}) محاسبه شد. و در مرحله بعدی جهت تعیین ضریب تداوم یا (ضریب خود همبستگی) جهت تعیین میزان احتمال حالت (۱۱,۰۰) در ایستگاه های مختلف محاسبه شد. و در مرحله پایانی ترسیم نقشه های هم احتمال بارش در سطح استان اردبیل انجام گرفت. در مرحله اول فراوانی روزهای خشک و تر و درصد هریک از آنها را به تفکیک فصول زمستان، بهار و پاییز برای هر یک از ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه شد(جدول شماره ۱). بدین ترتیب که روزهای با بارش صفر میلیمتر را به عنوان روز خشک و بیشتر از آن به عنوان روز مرطوب در نظر گرفته شده است. که نتایج حاصل از این کار در جداول زیر آورده شده است.

جدول (۱) درصد فراوانی روزهای تر و خشک ایستگاه های منطقه مورد مطالعه

پاییز		بهار		زمستان		ایستگاه	
درصد فراوانی روزهای تر	درصد فراوانی روزهای خشک	درصد فراوانی روزهای تر	درصد فراوانی روزهای خشک	درصد فراوانی روزهای تر	درصد فراوانی روزهای خشک	اردبیل	خلخال
۲۲/۸	۷۷/۲	۳۱/۷	۶۸/۳	۲۸/۰	۷۷/۰	مشکین شهر	مشکین شهر
۲۵/۷	۷۴/۳	۳۱/۱	۶۸/۹	۳۶/۹	۶۳/۱	پارس آباد	پارس آباد
۲۰/۷	۷۹/۳	۳۱/۹	۶۸/۱	۲۸/۱	۷۱/۹	سرعین	سرعین
۲۳/۹	۷۶/۱	۲۲/۰	۷۸/۰	۲۲/۶	۷۷/۴	اردبیل	اردبیل
۲۲/۴	۷۷/۶	۲۹/۱	۷۰/۸	۲۵/۷	۷۴/۳		

هدف از تحلیل درصد فراوانی وقایع بدست آوردن احتمال وقوع یک پدیده مانند دو روز تر متوالی است. در ایستگاه های مورد مطالعه (اردبیل، خلخال، مشکین شهر، پارس آباد و سرعین) در هر سه فصل مورد مطالعه زمستان، بهار و پاییز فراوانی روزهای خشک درصد های بالاتری را نسبت به فراوانی روزهای تر داشته اند. و بیشترین اختلاف در فصل پاییز مشاهده می شود. مجموع احتمالات شرطی در هر حالت عضو فعلی برابر با عدد یک است. مقادیر فصلی احتمال انتقال شرطی، برای همه ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه و در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول (۲) احتمال انتقال شرطی روزهای تر و خشک ایستگاه‌های منطقه مطالعه

پاییز				بهار				زمستان				ایستگاه
P_{11}	P_{10}	P_{01}	P_{00}	P_{11}	P_{10}	P_{01}	P_{00}	P_{11}	P_{10}	P_{01}	P_{00}	پارامتر
۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۱۶	۰/۸۴	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۲۴	۰/۷۶	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۲۰	۰/۸۰	خلخال
۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۱۷	۰/۸۳	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۲۵	۰/۷۵	مشکین شهر
۰/۴۴	۰/۵۶	۰/۱۴	۰/۸۶	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۲۰	۰/۸۰	پارس آباد
۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۱۵	۰/۸۵	۰/۳۹	۰/۶۱	۰/۱۷	۰/۸۳	۰/۴۴	۰/۵۶	۰/۱۶	۰/۸۴	سرعین
۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۱۴	۰/۸۶	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۸۲	اردبیل

سیکل هوايی از مجموع طول دوره های تر و خشک بدست آمد که یک موسم تر و یک موسم خشک متوالی را نشان می دهد(جدول ۳).

جدول (۳) سیکل هوايی دوره های تر و خشک در فصول بارانی

فصل	اردبیل	خلخال	مشکین شهر	پارس آباد	سرعین
زمستان	۶/۹۲	۶/۳۲	۶/۹۶	۸/۰۳	۷/۳۵
بهار	۶/۱۳	۶/۸۸	۶/۹۶	۷/۵۱	۶/۶۴
پاییز	۸/۱	۷/۹۲	۸/۹۲	۸/۶۲	۹/۱

یکی از قابلیت دهای مدل زنجیره مارکف این است که می توان با استفاده از این مدل دوره های خشک و تر n روزه را پیش بینی نمود(جدول ۴).

جدول (۴) فراوانی پیش بینی دوره های تر n روزه شده ایستگاه های مورد مطالعه (۱۹۸۵-۲۰۰۵)

ن	روزه	زمستان						بهار						پاییز						
		اردبیل	خلخال	مشکین شهر	پارس آباد	سرعین	اردبیل	خلخال	مشکین شهر	پارس آباد	سرعین	اردبیل	خلخال	مشکین شهر	پارس آباد	سرعین	اردبیل	خلخال	مشکین شهر	
۱	۲۷۸	۲۱۵	۱۲۰	۲۳۸	۳۱۷	۲۳۲	۱۳۱	۲۵۱	۲۵۴	۱۰۰	۷۲	۱۳۳	۲۱۱	۱۴۶	۱۰۵	۷۶	۱۵۵	۱۸۲	۲	
۲	۱۸۲	۱۵۵	۱۵۵	۱۵۵	۱۰۵	۱۰۵	۷۶	۷۶	۷۶	۱۱۰	۴۶	۱۱۳	۱۵۲	۱۶۵	۱۰۰	۷۲	۱۲۸	۱۱۰	۵۴	
۳	۸۷	۸۸	۴۶	۴۶	۶۸	۶۸	۴۶	۴۶	۴۶	۲۷	۱۰	۳۳	۳۷	۱۶	۲۲	۳۸	۵۱	۳۲	۵۱	۳۱
۴	۴۲	۴۲	۵۱	۵۱	۱۰	۱۰	۱۶	۱۶	۱۶	۱۴	۵	۸	۷	۱۰	۷	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۵
۵	۲۱	۲۱	۲۹	۲۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۴	۵	۵	۵	۱۵	۱۰	۸	۲۹	۲۱	۲۱	۱۵
۶	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۵	۱۷	۱۰	۱۰	۸
۷	۷	۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۵	۵	۴	۱۷	۱۰	۱۰	۸
	۷	۷	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۱۴	۵	۴	۴	۵	۵	۴	۱۰	۵	۵	۴

بحث و نتایج

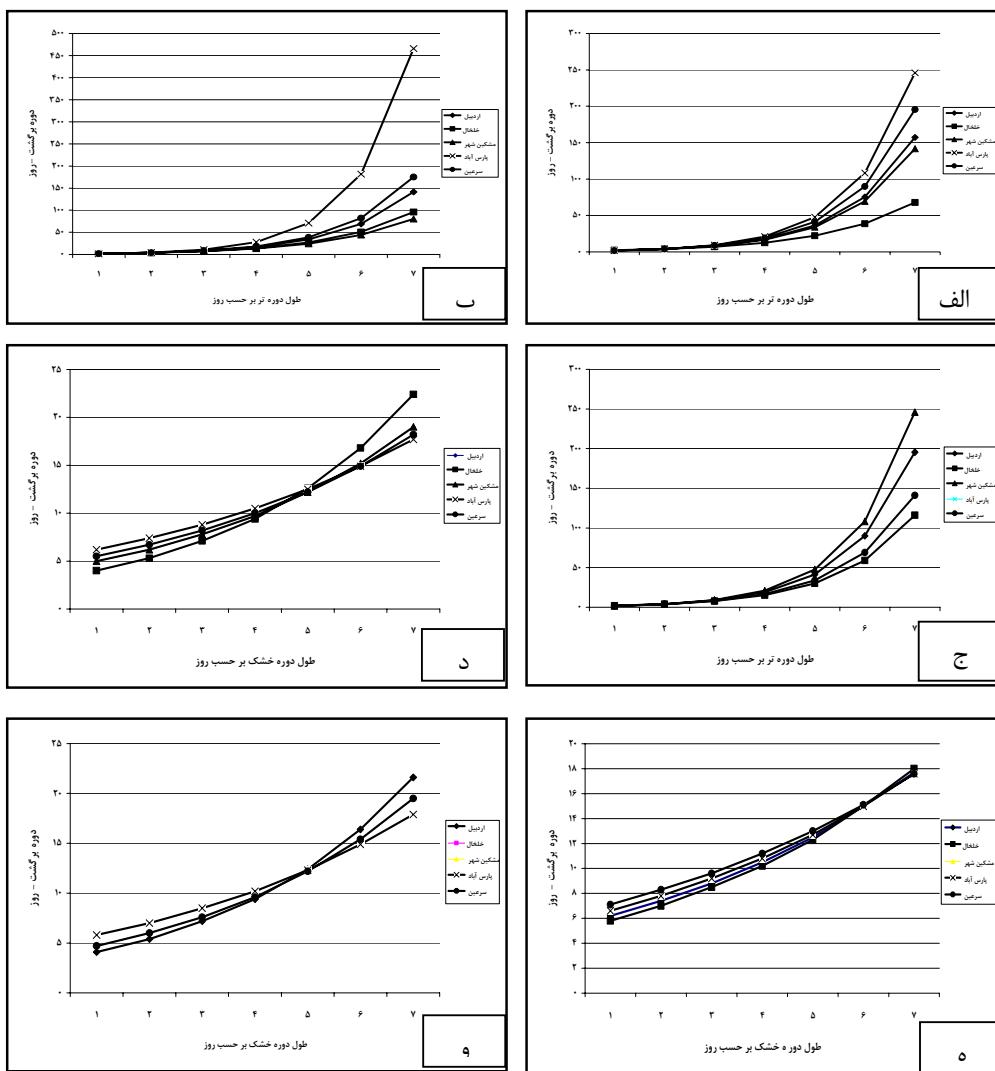
هدف از تحلیل فراوانی وقایع بدست آوردن احتمال وقوع یک پدیده مانند دو روز تر متوالی است. شکل ۴ نشان می‌دهد که هر چه تداوم دوره‌های تر طولانی تر می‌شود دوره بازگشت آنها نیز طولانی تر می‌شود.

به طور کلی متوسط طول دوره خشک مورد انتظار برای کل ایستگاه‌ها در فصول مورد مطالعه به مراتب بیشتر از طول دوره تر مورد انتظار است. و طولانی‌ترین سیکل‌ها مربوط به فصول خشک‌تر نظیر پاییز و کوهتاہترین آنها مربوط به فصول مربوط تر نظیر بهار است.

تحلیل دوره‌های خشک و مربوط n روزه

در این تحقیق مشخص شد که دوره‌های تر و خشک کوتاه مدت در همه ایستگاه‌ها و فصول مورد مطالعه از بیشترین فراوانی برخودار هستند و به تدریج تا دوره‌های طولانی تر از تعداد فراوانی‌های مربوطه کاسته می‌شود. این کاهش در تعداد فراوانی‌ها و در دوره‌های تراز شدت بیشتری برخودار است. بدین صورت که از تعداد دوره‌های تر مثلاً پنج، شش و هفت روزه در اغلب ایستگاه‌ها و در همه فصول به شدت کاسته شده است. در بعضی از ایستگاه‌ها مثل پارس آباد تعداد دوره‌های تر شش و هفت روزه صفر است در حالیکه تعداد دوره‌های خشک شش و هفت روزه به مراتب بیشتر است. شکل‌های زیر نشان می‌دهند که ایستگاه اردبیل در همه دوره‌ها فراوانی بیشتری را نسبت به ایستگاه‌های دیگر به خود اختصاص داده است. درصد فراوانی هر کدام از فراوانی دوره‌ها نسبت به طول دوره آماری آنها نشان می‌دهد که این فراوانی‌ها در ایستگاه‌ها اختلاف چندانی با هم ندارند. به طوری که همه ایستگاه‌ها در همه فصول مورد مطالعه طول دوره‌ها به صورت عددی افزایش می‌یابد اما تعداد فراوانی دوره‌ها از دوره یک روزه تا دوره هفت روزه به صورت تصاعدی کاهش می‌یابد. به طور مثال در فصل زمستان فراوانی دوره تر یک روزه در ایستگاه اردبیل ۳۷۸ است. که هر قدر طول دوره‌ها زیاد می‌شود از تعداد فراوانی آنها کاسته شده به طوری که فراوانی دوره تر هفت روزه در این ایستگاه به ۵ تنزل می‌یابد. و این مسئله در فصول دیگر نیز دیده می‌شود. و تعداد دوره تر یک روزه در ایستگاه پارس آباد ۲۳۸ و تعداد دوره هفت روزه این ایستگاه برآورد شده است. فراوانی دوره‌های تر پیش‌بینی شده در فصول انتخابی و در همه ایستگاه‌ها بیانگر این مطلب هستند که در استان اردبیل و در ایستگاه‌های مورد مطالعه دوره‌های تر کوتاه مدت بیشتر از دوره‌های تر بلند مدت اتفاق می‌افتد. بدین صورت که تعداد دوره‌های یک، دو و سه روزه تر بیشتر

از تعداد دوره های هفت، شش و پنج روزه هستند. یعنی در این استان احتمال اینکه یک دوره هفت روزه ترا داشته باشیم خیلی کم است.



شکل (۴) نمودار دوره های برگشت موسم های تر (الف) زمستان (ب) بهار (ج) پاییز و دوره های
برگشت موسم های خشک (د) زمستان (ه) بهار (و) پاییز

تحلیل دوره های برگشت موسم های تر و خشک n روزه

شکل ۴ قسمت الف ب و ج دوره برگشت موسم های تر را نشان می دهد و بیانگر این مطلب هستند که با وجود این که طول دوره های تر به صورت عددی افزایش می یابد دوره برگشت این دوره ها به صورت تصاعدی افزایش می یابد. همانگونه که مشاهده می شود دوره برگشت یک روزه تر در تمام ایستگاه ها و در همه فصول به طور متوسط ۲ است. این به معنی است که هر دو روز یکبار یک روزه تر را خواهیم داشت و دوره برگشت دو روزه تر در تمام ایستگاه ها و در همه فصول ۴ است. به این معنی که هر چهار روز یکبار یک دوره تر دو روزه را خواهیم داشت. در مورد دوره برگشت، دوره های بلند مدت ۵، ۶ و ۷ روزه در ایستگاه های مختلف و در فصول متفاوت هستند. دوره هفت روزه تر در ایستگاه اردبیل در فصل بهار ۱۴۱/۶ روز، در فصل زمستان ۱۵۷/۲ روز و در فصل پاییز ۹۵/۴ روز است. بدین معنی است که در فصول مرتبط تر (بهار) دوره هفت روزه تر زودتر اتفاق می افتد.

شکل ۴ قسمت د، ه و دوره برگشت موسم های خشک را نشان می دهد. دوره برگشت موسم های خشک از اصول خاصی پیروی نمی کند و در ایستگاه های مورد مطالعه و در فصل های مختلف متفاوت است. دوره برگشت دوره های کوتاه مدت خشک (یک روزه و دو روزه) دیرتر از دوره کوتاه مدت تر اتفاق می افتد. دوره برگشت طولانی مدت خشک (سه روزه، چهار روزه، پنج روزه، شش روزه و هفت روزه) زودتر از دوره برگشت طولانی مدت تر اتفاق می افتد. و این بیانگر این است که منطقه بیشتر تحت تأثیر دوره های خشک بلند مدت قرار دارد. در ایستگاه اردبیل و در فصل زمستان دوره برگشت دوره خشک یک روزه ۵ روز، در ایستگاه خلخال ۴ روز، در ایستگاه مشکین شهر ۵ روز، در ایستگاه پارس آباد ۲/۲ عروز و در ایستگاه سرعین ۵/۵ روز است. دوره برگشت هفت روزه خشک در ایستگاه اردبیل و در فصل زمستان ۱۹ روز، در ایستگاه خلخال ۲۲/۴ روز، در ایستگاه مشکین شهر ۹ روز، در ایستگاه پارس آباد ۷/۱ روز و در ایستگاه سرعین ۱۸/۲ روز است.

اشکال ۵، ۶ و ۷ نقشه های هم احتمال از درصد فراوانی پیش بینی شده دوره های تر برای ایستگاه های مورد مطالعه در فصول زمستان، بهار و پاییز می باشد. این نقشه ها نشان می دهند درصد فراوانی دوره های تر طولانی مدت (پنج، شش و هفت روزه) در ایستگاه های اردبیل، مشکین شهر و خلخال در فصل زمستان، بهار بیشتر از ایستگاه های دیگر است. همچنین این نقشه ها نشان می دهند که در ایستگاه خلخال نسبت به ایستگاه های دیگر دوره های تر بلند مدت تری اتفاق می افتد.

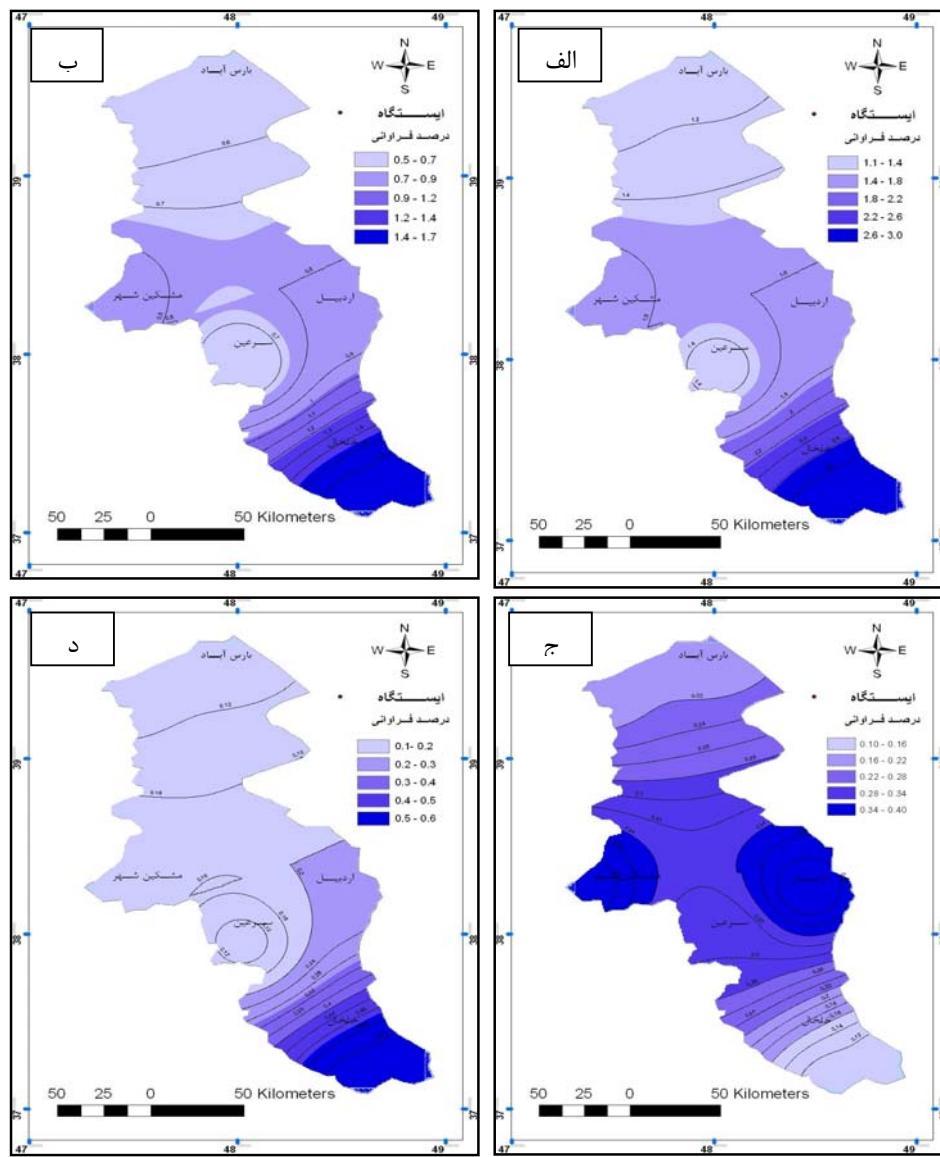
نتیجه گیری

کاهش رویداد و یا رخداد پدیده هایی مانند خشکسالی و سیلاب نیازمند پیش بینی بارش در مقیاسهای زمانی مختلف و در مکان معین است. بنابراین بررسی ترسالی ها و خشکسالی ها و همچنین مطالعه دوره های خشک و مرطوب از ضروریات منطقه بوده که براساس زنجیره مارکف چگونگی رفتار دوره های تر و خشک توصیف شد. از آنجا که فراوانی های برآورد شده با استفاده از فرمول های این مدل با فراوانی مشاهده شده یکی است بنابراین می توان گفت که مدل زنجیره مارکف برای برآورد دوره های تر و خشک کوتاه مدت و بلند مدت در استان اردبیل مناسب است. یافته های این تحقیق به شرح زیر قابل بررسی است:

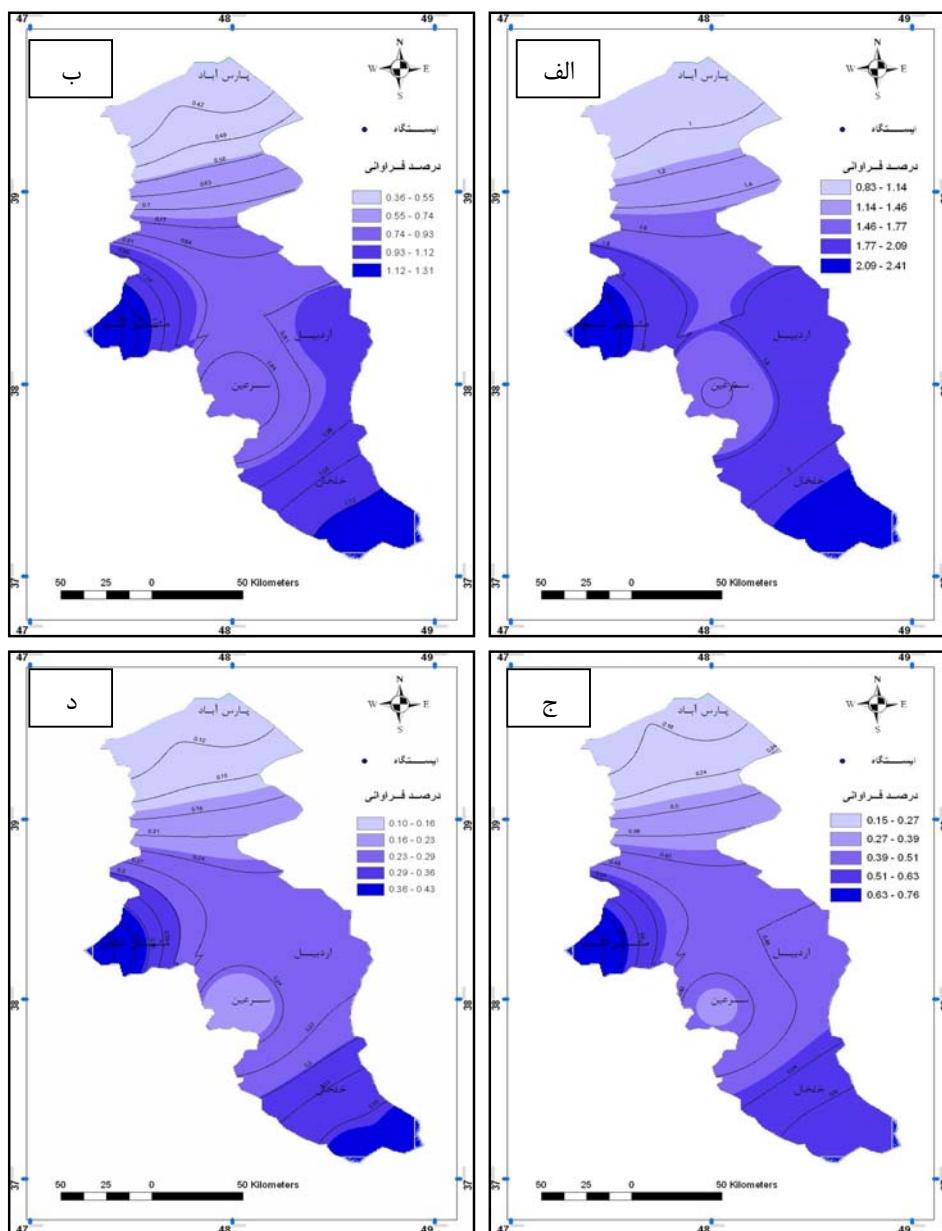
در تمام ایستگاه های مورد مطالعه (اردبیل، خلخال، مشکین شهر، پارس آباد و سرعین) در هر سه فصل مورد مطالعه درصد فراوانی روزهای خشک بیشتر از درصد فراوانی روزهای تر است. در فصل بهار بیشترین درصد فراوانی روزهای تر مربوط به ایستگاه اردبیل و بعد از آن مربوط به ایستگاه خلخال و کمترین این درصد مربوط به ایستگاه پارس آباد است. در فصل زمستان ایستگاه خلخال دارای بیشترین درصد فراوانی روزهای تر است. و در فصل پاییز بیشترین درصد فراوانی روزهای تر در ایستگاه خلخال و بعد از آن بیشترین آن در ایستگاه پارس آباد دیده می شود. پارامتر تداوم و یا وابستگی امروز به روز قبل از خود، در فصل زمستان در ایستگاه خلخال و در فصل بهار در ایستگاه مشکین شهر و در فصل پاییز در ایستگاه سرعین بیشتر است. همین پارامتر در فصل زمستان در ایستگاه های پارس آباد، سرعین و اردبیل و در فصل بهار پارس آباد و در فصل پاییز ایستگاه های مشکین شهر و اردبیل کمتر دیده می شود. همان طوری که از روی نفشه های درصد فراوانی موسم های تر پیداست. طبق این بررسی بارشهای جنوب و غرب استان با تداوم بیشتری نسبت به شمال و مرکز استان اتفاق می افتد. این در حالی است که دوره های خشک بلند مدت در شمال استان بیشتر از جنوب استان است. و تداوم بیشتری دارد. بنابراین برای کشاورزی دیمی مناطق جنوب و غرب بهتر از مناطق شمال و مرکز استان است. درصد فراوانی دوره های تر کوتاه مدت تقریباً درهمه ایستگاه ها مقادیر زیادی را نشان می دهد اما درصد فراوانی دوره های تر بلند مدت در ایستگاه خلخال و تا حدودی نیز در ایستگاه مشکین شهر بیشتر از ایستگاه های دیگر است.

در تمام ایستگاه ها و در همه فصول مورد مطالعه دوره برگشت موسم های تر دو روزه ^۴ است. اما موسم های بلند مدت تر از دوره برگشت طولانی تری برخودار هستند. بدین صورت که

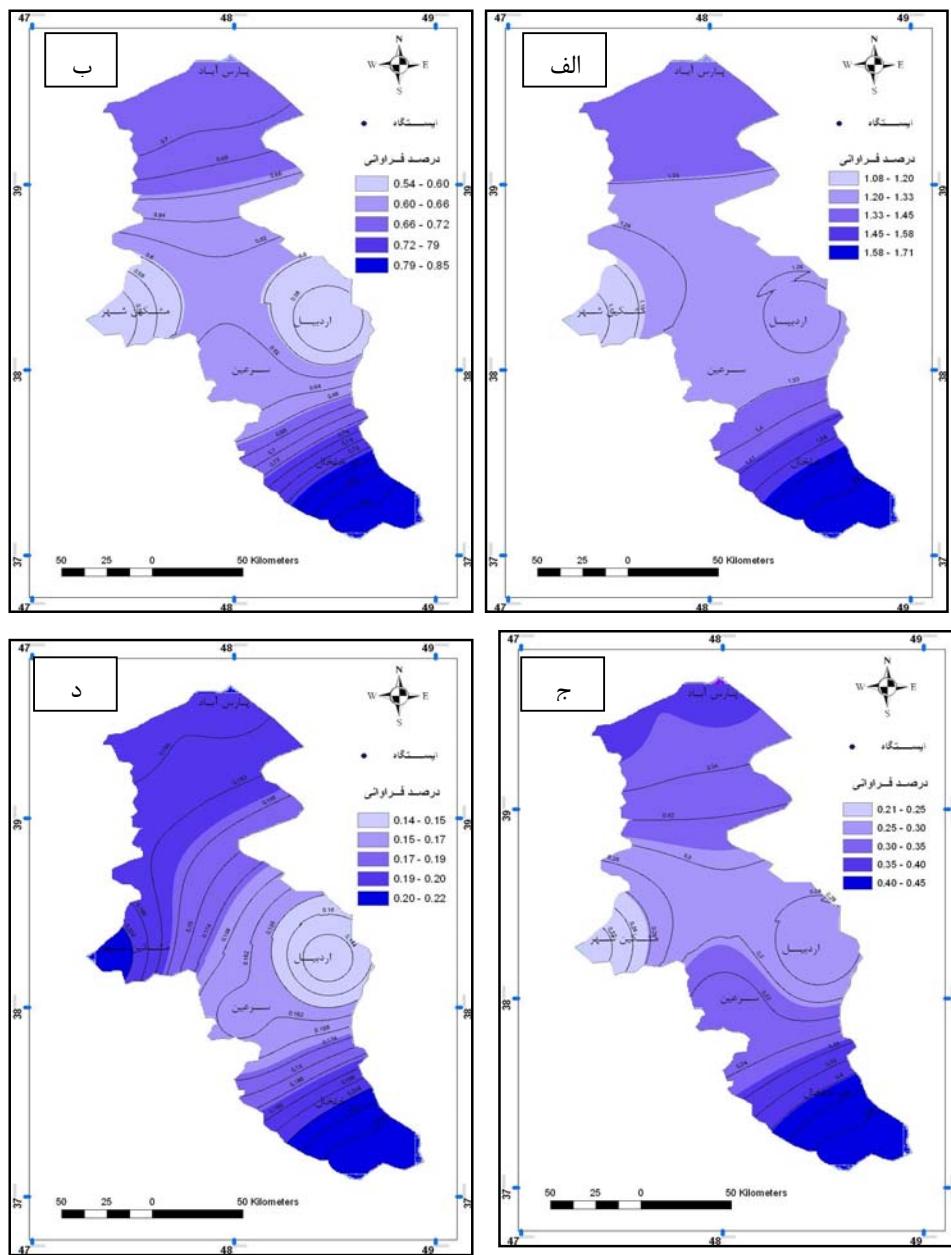
موسم های خشک کوتاه مدت دیرتر از موسم های تر کوتاه مدت اتفاق می افتد در حالی که موسم های خشک بلند مدت زودتر از موسم های تر بلند مدت اتفاق می افتد.



شکل (۵) الف نقشه های هم درصد فراوانی دوره تربهار (الف)۴ روزه (ب) ۵ روزه (ج) ۶ روزه (د) ۷ روزه



شکل (۶) الـف نقشه های هم درصد فراوانی دوره تریز مستان (الف) ۴ روزه (ب) ۵ روزه (ج) ۶ روزه (د) ۷ روزه



شکل (۷) الف نقشه های هم درصد فراوانی دوره ترپابیز (الف) ۶ روزه (ب) ۵ روزه (ج) ۶ روزه (د) ۷ روزه

منابع و مأخذ

۱. امیری، رضوان (۱۳۸۶) تحلیل و پیش بینی بارش در شهرستان خرم آباد با استفاده از مدل زنجیره مارکف. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت معلم تهران.
۲. جعفری بهی، خدا بخش (۱۳۸۷) تحلیل آماری دوره های خشک و تر با استفاده از مدل زنجیره مارکف. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران.
۳. حجازی زاده، زهرا، شیرخانی، علیرضا (۱۳۸۴) تحلیل و پیش بینی آماری خشکسالی و دوره های خشک و تر کوتاه مدت در استان خراسان. پژوهش‌های جغرافیایی. ۵۲ : ۳۱-۱۳.
۴. رمضانی، نبی ال... (۱۳۸۰) تحلیل و پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
۵. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۶) اداره کل هواشناسی استان اردبیل.
۶. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴) آب و هوای ایران. انتشارات پیام نور.
۷. علیجانی، بهلول، جعفری، زین العابدین، قادری، حیدر (۱۳۸۴) تحلیل و پیش بینی بارش منطقه لارستان با استفاده از مدل زنجیره مارکف، فصل نامه جغرافیایی سرزمین. ۷ : ۳۴-۳۱.
۸. علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، آشگرطوسی، شادی (۱۳۸۲) تحلیل و پیش بینی خشکسالی استان خراسان. تحقیقات جغرافیایی. ۱۸ : ۱۲۸-۱۱۹.
۹. علیزاده، امین (۱۳۸۵) هیدرولوژی کاربردی. مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی.
۱۰. علیجانی، بهلول (۱۳۸۴) جزو کلاسی درس کاربرد اقلیم در برنامه ریزی ناحیه ای. دانشگاه تربیت معلم تهران.
۱۱. قادرمرزی، حسن (۱۳۸۰) تحلیل و پیش بینی نوسانات آب و هوای استان کردستان با استفاده از مدل زنجیره مارکف. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
۱۲. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۱) تجزیه و تحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (گرایش اقلیم در برنامه ریزی محیطی)، دانشگاه تبریز.
۱۳. کاویانی، محمد رضا، علیجانی، بهلول (۱۳۸۰) مبانی آب و هواشناسی. تهران، انتشارات سمت.

۱۴. کردوانی، پرویز، محمدی، حسین، افشار، مژگان (۱۳۸۵) بررسی دوره های خشک و تر تهران (مهرآباد) با استفاده از مدل زنجیره مارکف و تحلیل های سینوپتیک. فصل نامه جغرافیایی سرزمین. ۱۷: ۱۱-۳۴.
۱۵. مشکانی، محمدرضا (۱۳۶۲) بررسی احتمال تواتر روزهای خشک با بلسر از دیدگاه تجربی. مجله علوم آب. ۳: ۵۱-۳۷.
۱۶. مظفری، غلامعلی (۱۳۸۰) ارزیابی قابلیتهای محیطی کشت گندم دیم در منطقه کرمانشاه. پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۷. مؤمنی، منصور (۱۳۷۴) پژوهش عملیاتی (مدلهای احتمالی). انتشارات مهر
۱۸. مهدوی، محمد (۱۳۸۶) هیدرولوژی کاربردی. تهران، دانشگاه تهران.
۱۹. هاشمی، فریدون (۱۳۴۷) تجزیه و تحلیل استاتیسیتیکی بارندگی سالانه و ماهانه و روزانه تهران. تحقیقات علمی هواشناسی کشور.

Anagnostopoulou, Chr, Maheras, P, Karacostas, T, and Vafiadis, M. (۲۰۰۳) *Spatial and temporal analysis of dry spells in Greece*. Theoretical and Applied Climatology, N, ۷۴, P ۷۷-۹۱.

Drton, M. Marzban, C., Guttorp, P., and Schaefer, J.T. (۲۰۰۳) *A Markov chain Model of Tornadic Activity*. Monthly Weather Review, ۱۳۱: ۲۹۴۱-۲۹۵۳.

Hopkins, J, W, Robillard, P. (۱۹۶۴) *some statistics of daily rainfall occurrence for the Canadian Prairie Provinces*. Journal of applied meteorology, vol, ۳, july..

Little, Max a, Mcsharry, Patrick E, Taylor, Jaes W. (۲۰۰۷) *Site-specific density forecasting of UK daily rainfall generalized linear models versus ensembles*. November.

Mehrotra, R. Sharma. A. (۲۰۰۷) *A stochastic daily rainfall occurrence generator with higher time scale dependence*. Geophysical Research Abstracts, vol. ۹.

Penalba, Olga C, Llano, Maria P. (۲۰۰۶) *Temporal variability in the no – rain spells in Argentin*. Proceeding of icshomo, foz Iguau, Brazil. ۲۴. p. ۳۳۳-۳۳۹. april.

Tsakiris, G. (۱۹۸۸) *Stochastic modeling of rainfall occurrences in continuous time Hydrological sciences* – Journal – des Sciences Hydrologiques, ۳۲, ۵, ۱۰.

Upmanu, Lall, Balaji, Rajagopalan and David, G, Tarboton. (۱۹۹۶) *A nonparametric wet / dry spell model for resampling daily precipitation.*, Water Resources Research , vol, ۳۲, N, ۹ , P, ۲۸۰۳-۲۸۲۳.

Vide, Javier, M. and Lidia Gomez. (۱۹۹۸) *Regionalization of Peninsular Spain based on the length of dry spells*. International Journal of Climatology, N, ۱۹, P, ۵۳۷-۵۴۸.