تحلیل فضایی بارش فصول مرطوب سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف مطالعه ی 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 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 می باشد. بدین منظور از مدل زنجیره مارکف استفاده شد. مدل زنجیره مارکف حالت خاصی از مدل هایی است که در آنها حالت خطی یک سیستم به حالتهای قبلی آن بستگی دارد. پس از تهیه داده ها در محدوده استان، مطابقت داده ها 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 دوره های خشک به کل دوره مورد مطالعه بسیار زیاد و دوره های خشک و مرطوب کوتاه مدت بیشتر از دوره های خشک و مرطوب بلند مدت اتفاق می افتد. بارش به جز در ایستگاه خلخال در سایر ایستگاه ها تداوم ندارد، و معمولاً از بارش های کوتاه مدت و منقطع برخوردارند. روابط بین بارشهای متوالی ۲ روزه و چند روزه بسیار کم و احتمال هر یک از بارشها ی ۱روزه ۵۱/۹٪ ، ۲روزه ۲۴/۳٪ ، ۳ روزه ۱۱/۷٪ ۴روزه ۵/۷٪ ، ۵روزه ۲/۶٪ ، ۶روزه ۱/۴٪ ، ۷روزه ۰/۹٪ بوده است.

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

---

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

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

مقدمه

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

پیشینه تحقیق

در اوایل قرن جاری مارکف نظریه ای 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 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 است. از این مدل در علوم مختلف نظیر هواشناسی، کشاورزی، اقیم شناسی، منابع طبیعی، هیدرولوژی و ... استفادهٔ زیادی شده است. هاپکنیز و رابیلارد (۱۹۶۴) وقوع بارش روزانه نواحی جلگه ای استان پرایر کانادا را براساس بارش های روزانه در مقطع ۴۵ سال (شش ماه از آوریل تا سپتامبر) با استفاده از مدل مارکف برآورد کرده اند. سابرمانیام 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 زمین های کشاورزی تخمین زدند، آنها یک توزیع شرطی زنجیره مارکف را بر روی داده های بارندگی روزانه ۱۱۹ ایستگاه در مقطع ۱۷ تا ۱۸ سال مورد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

بررسی قرار داده و نقشه های هم بارش ۱۰ ،۲۰ ،۳۰ ،۴۰ و ۵۰ 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 ۷ تا ۸ 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 مرطوب 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 ۷ منطقه در نیجریه مورد بررسی قرار داده اند. آناگنوستوپولو 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 کردند. 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 ۳۵ 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) ۳۰ 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 (۰/۲) میلیمتر انتخاب کرد. و طول دوره های خشک و تر را ابتدا با استفاده از مدل زنجیره مارکف، سپس از طریق مدل برتولی 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 مرتبه 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 ۱۰ ساله (۵۰ تا ۵۹) با آستانه خشکی و تری ۰/۱ 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 مرطوب سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف بررسی کرده است. رمضانی (۱۳۸۰) به تحلیل و پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های استان

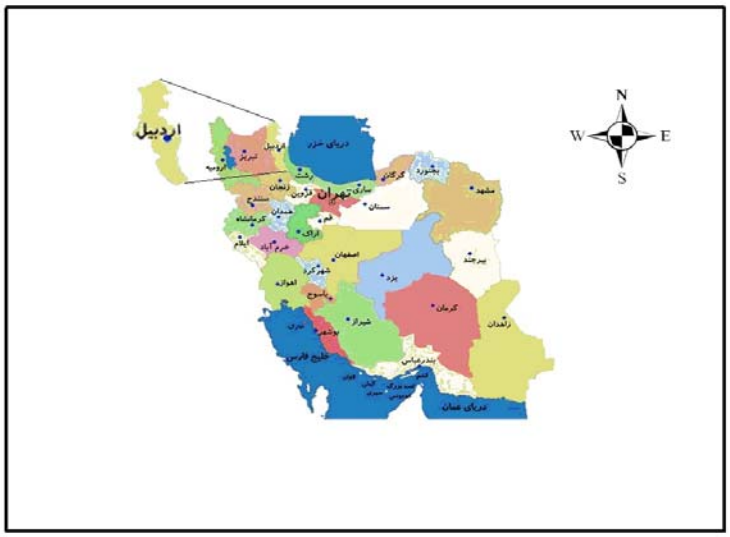
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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 دیم 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 مرطوب 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 دهدکه زنجیره مارکف مدل مناسبی برای پیش بینی فراوانی بارش است، لذا در این تحقیق سعی شدکه 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(۱/۰۹ درصد از کل مساحت کشور) را تشکیل می دهد، شکل ۱ موقعیت استان را نشان می دهد.

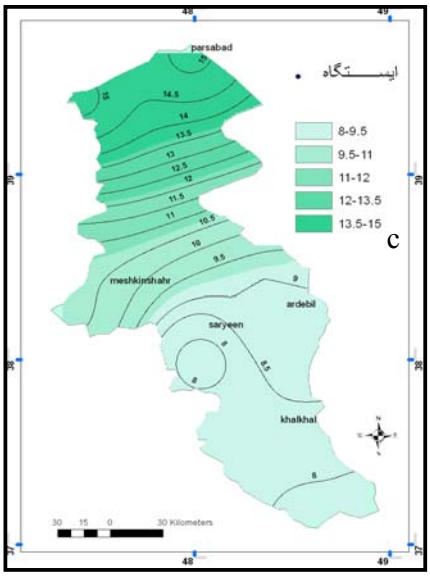
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



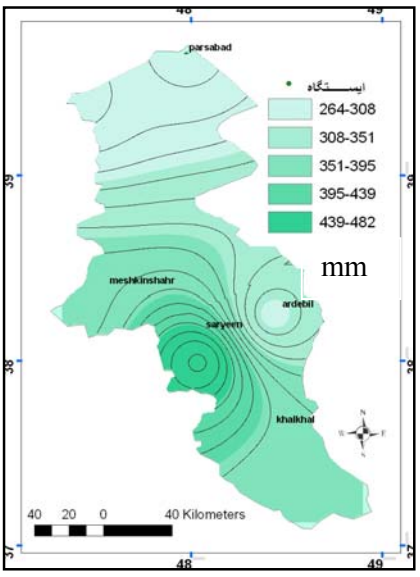
شکل (۱) موقع جغرافیایی استان اردبیل در ایران

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 برعکس، مقدار بارش نیز کاهش می یابد. اشکال ۲ و ۳ توزیع دما و بارش را در سطح استان نشان می دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



شکل (۲) نقشه همدمای استان اردبیل



شکل (۳) نقشه هم بارش استان اردبیل

طرح مسئله

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 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). مدل زنجیره مارکف یک تکنیک ریاضی جهت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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.

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

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 بیشتراز 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:

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

Wm = 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.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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

dm= تعداد دوره های خشک n روزه در یک دوره معین

- دوره برگشت موسم های 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 مثلا یک روزه دوباره اتفاق بیفتد را تعیین کرد. دوره برگشت موسم های تر و خشک n روزه از طریق فرمول زیر بدست آمده است

رابطه(۴-۱۱)- (مهدوی، ۱۳۸۶).

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

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 مارکف 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 حالتهای 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 ۰/۱ میلیمتر را 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 (۰و۱) ترسیم شد. و در مرحله بعدی ماتریس حالتهای انتقال روزهای متوالی دوتایی (۱۰،۱۱،۰۱،۰۰) را تشکیل و سپس احتمال وقوع حالتهای شرطی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

(p_{11} ، p_{00} ، p_{01}، p_{10}) محاسبه شد. و در مرحله بعدی جهت تعیین ضریب تداوم یا (ضـریب 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

ایستگاه	زمستان		بهار		پاییز	
اردبیل	درصد فراوانی روزهای خشک	درصد فراوانی روزهای تر	درصد فراوانی روزهای خشک	درصد فراوانی روزهای تر	درصد فراوانی روزهای خشک	درصد فراوانی روزهای تر
خلخال	۷۲/۰	۲۸/۰	۶۸/۳	۳۱/۷	۷۷/۲	۲۲/۸
مشکین شهر	۶۳/۱	۳۶/۹	۶۸/۹	۳۱/۱	۷۴/۳	۲۵/۷
پارس آباد	۷۱/۹	۲۸/۱	۶۸/۱	۳۱/۹	۷۹/۳	۲۰/۷
سرعین	۷۷/۴	۲۲/۶	۷۸/۰	۲۲/۰	۷۶/۱	۲۳/۹
اردبیل	۷۴/۳	۲۵/۷	۷۰/۸	۲۹/۱	۷۷/۶	۲۲/۴

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 درصدهای 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.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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

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

سیکل هوایی ازمجموع طول دوره های تر و خشک بدست آمد که یک موسم تر ویک موسم خشک متوالی را نشان می دهد(جدول ۳).

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

فصول	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 مـدل دوره های خشک و تر n روزه را پیش بینی نمود(جدول ۴).

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

nروزه	زمستان					بهار					پاییز				
	اردبیل	خلخال	کشکین شهر	پارس آباد	سرعین	اردبیل	خلخال	مشکین شهر	پارس آباد	سرعین	اردبیل	خلخال	کشکین شهر	پارس آباد	سرعین
۱	۳۷۸	۲۱۵	۱۳۰	۲۳۸	۳۱۷	۴۳۱	۲۵۱	۱۳۱	۲۵۴	۳۵۱	۳۳۰	۲۲۱	۱۰۳	۲۲۴	۲۶۰
۲	۱۸۲	۱۵۵	۷۶	۱۰۵	۱۴۶	۲۱۱	۱۳۳	۷۲	۱۰۰	۱۶۵	۱۵۲	۱۱۳	۴۶	۱۱۰	۱۲۸
۳	۸۷	۸۸	۳۲	۴۶	۶۸	۱۰۴	۷۱	۴۰	۳۹	۷۸	۷۱	۵۸	۲۱	۵۴	۶۳
۴	۴۲	۵۱	۱۶	۲۱	۳۲	۵۱	۳۸	۲۲	۱۶	۳۷	۳۳	۳۰	۱۰	۲۷	۳۱
۵	۲۱	۲۹	۸	۱۰	۱۵	۲۵	۲۰	۱۲	۷	۱۸	۱۵	۱۵	۵	۱۴	۱۵
۶	۱۰	۱۷	۴	۵	۷	۱۳	۱۱	۷	۳	۹	۷	۸	۲	۷	۸
۷	۵	۱۰	۲	۳	۴	۴	۶	۴	۲	۵	۴	۴	۲	۴	۴

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

بحث و نتایج

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

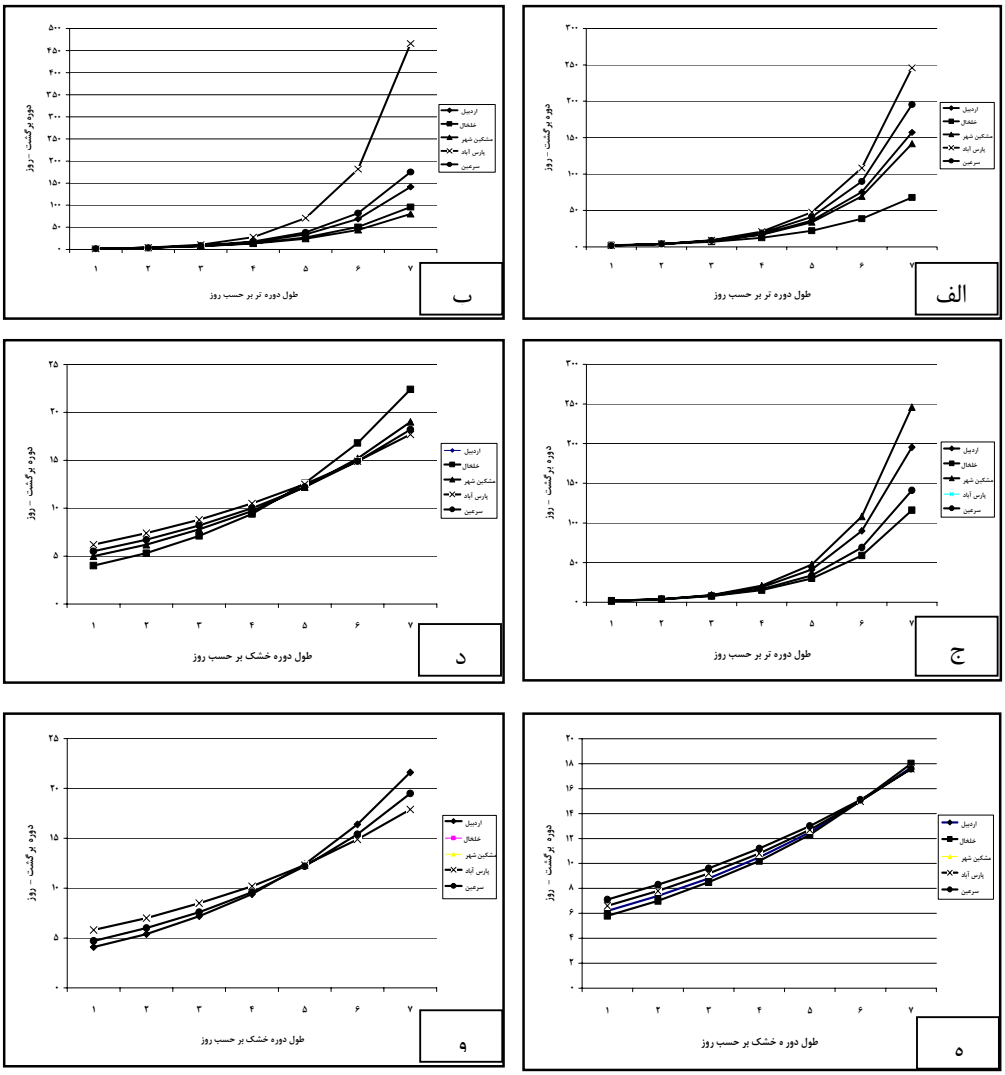
به طور کلی متوسط طول دوره خشک مورد انتظار برای کل ایستگاه ها در فصول مورد مطالعه به مراتب بیشتر از طول دوره تر مورد انتظار است. و طولانی ترین سیکل ها مربوط به فصول خشکتر نظیر پاییز و کوهتاهترین آنها مربوط به فصول مرطوب تر نظیر بهار است.

تحلیل دوره های خشک و مرطوب n روزه

در این تحقیق مشخص شد که دوره های تر و خشک کوتاه مدت در همه ایستگاه ها و فصول مورد مطالعه از بیشترین فراوانی برخودار هستند و به تدریج تا دوره های طولانی تر از تعداد فراوانی های مربوطه کاسته می شود. این کاهش در تعداد فراوانی ها و در دوره های تر از شدت بیشتری برخودار است. بدین صورت که از تعداد دوره های تر مثلا پنج، شش و هفت روزه در اغلب ایستگاه ها و در همه فصول به شدت کاسته شده است. در بعضی از ایستگاه ها مثل پارس آباد تعداد دوره های تر شش و هفت روزه صفر است در حالیکه تعداد دوره های خشک شش و هفت روزه به مراتب بیشتر است. شکل های زیر نشان می دهند که ایستگاه اردبیل در همه دوره ها فراوانی بیشتری را نسبت به ایستگاه های دیگر به خود اختصاص داده است. درصد فراوانی هر کدام از فراوانی دوره ها نسبت به طول دوره آماری آنها نشان می دهد که این فراوانی ها در ایستگاه ها اختلاف چندانی با هم ندارند. به طوری که همه ایستگاه ها و در همه فصول مورد مطالعه طول دوره ها به صورت عددی افزایش می یابد اما تعداد فراوانی دوره ها از دوره یک روزه تا دوره هفت روزه به صورت تصاعدی کاهش می یابد. به طور مثال در فصل زمستان فراوانی دوره تر یک روزه در ایستگاه اردبیل ۳۷۸ است. که هر قدر طول دوره ها زیاد می شود از تعداد فراوانی آنها کاسته شده به طوری که فراوانی دوره تر هفت روزه در این ایستگاه به ۵ تنزل می یابد. و این مسأله در فصول دیگر نیز دیده می شود. و تعداد دوره تر یک روزه در ایستگاه پارس آباد ۲۳۸ و تعداد دوره هفت روزه این ایستگاه برآورد شده است. فراوانی دوره های تر پیش بینی شده در فصول انتخابی و در همه ایستگاه ها بیانگر این مطلب هستند که در استان اردبیل و در ایستگاه ها ی مورد مطالعه دوره های تر کوتاه مدت بیشتر از دوره های تر بلند مدت اتفاق می افتد. بدین صورت که تعداد دوره های یک، دو و سه روزه تر بیشتر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

از تعداد دوره های هفت، شش و پنج روزه هستند. یعنی در این استان احتمال اینکه یک دوره هفت روزه تر را 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

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

تحلیل دوره های برگشت موسم های تر و خشک n روزه

شکل ۴ قسمت الف ب و ج دوره برگشت موسم های تـر را نـشان مـی دهنـد و بیـانگر ایـن مطلب هستند که با وجود این که طول دوره های تر به صورت عـددی افـزایش مـی یابـد دوره برگشت این دوره ها به صورت تصاعدی افزایش می یابد. همانگونه که مشاهده مـی شـود دوره برگشت یک روزه تر در تمام ایستگاه ها و در همه فصول به طور متوسط ۲ است. ایـن بـه ایـن معنی است که هر دو روز یکبار یک دوره 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 یکبـار یـک دوره تر دو روزه را خواهیم داشت. در مورد دوره برگـشت، دوره هـای بلنـد مـدت ۵، ۶ و۷ روزه در ایستگاه های مختلف و در فصول مختلف متفاوت هستند. دوره هفت روزه تر در ایستگاه اردبیل در فصل بهار۱۴۱/۶ روز، در فصل زمستان ۱۵۷/۲روز و در فـصل پـاییز۱۹۵/۴روز اسـت. بـدین معنی است که در فصول مرطوب تر (بهار) دوره هفت روزه تر زودتر اتفاق می افتد.

شکل ۴ قسمت د، ه و و دوره برگشت موسم های خشک را نشان می دهند. دوره برگشت موسم های خشک از اصول خاصی پیروی نمی کند و در ایستگاه ها ی 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 افتند. 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 ۴روز، در ایستگاه مشکین شهر ۵روز، در ایستگاه پارس آباد ۶/۲روز و در ایستگاه سرعین ۵/۵روز است. دوره برگشت هفت روزه خشک در ایستگاه اردبیل و در فصل زمستان۱۹روز، در ایستگاه خلخال ۲۲/۴روز، در ایستگاه مشکین شهر ۱۹روز، در ایستگاه پارس آباد ۱۷/۷روز و در ایستگاه سرعین ۱۸/۲روز است.

اشکال ۵ ، ۶ و ۷ نقشه های هم احتمال از درصد فراوانی پیش بینـی شـده دوره هـای تـر 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 مـدت (پـنج، شـش و هفـت روزه) در ایـستگاه هـای اردبیل، مشکین شهر و خلخال در فصل زمـستان ، بهـار بیـشتر از ایـستگاه هـای دیگـر اسـت. 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.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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:

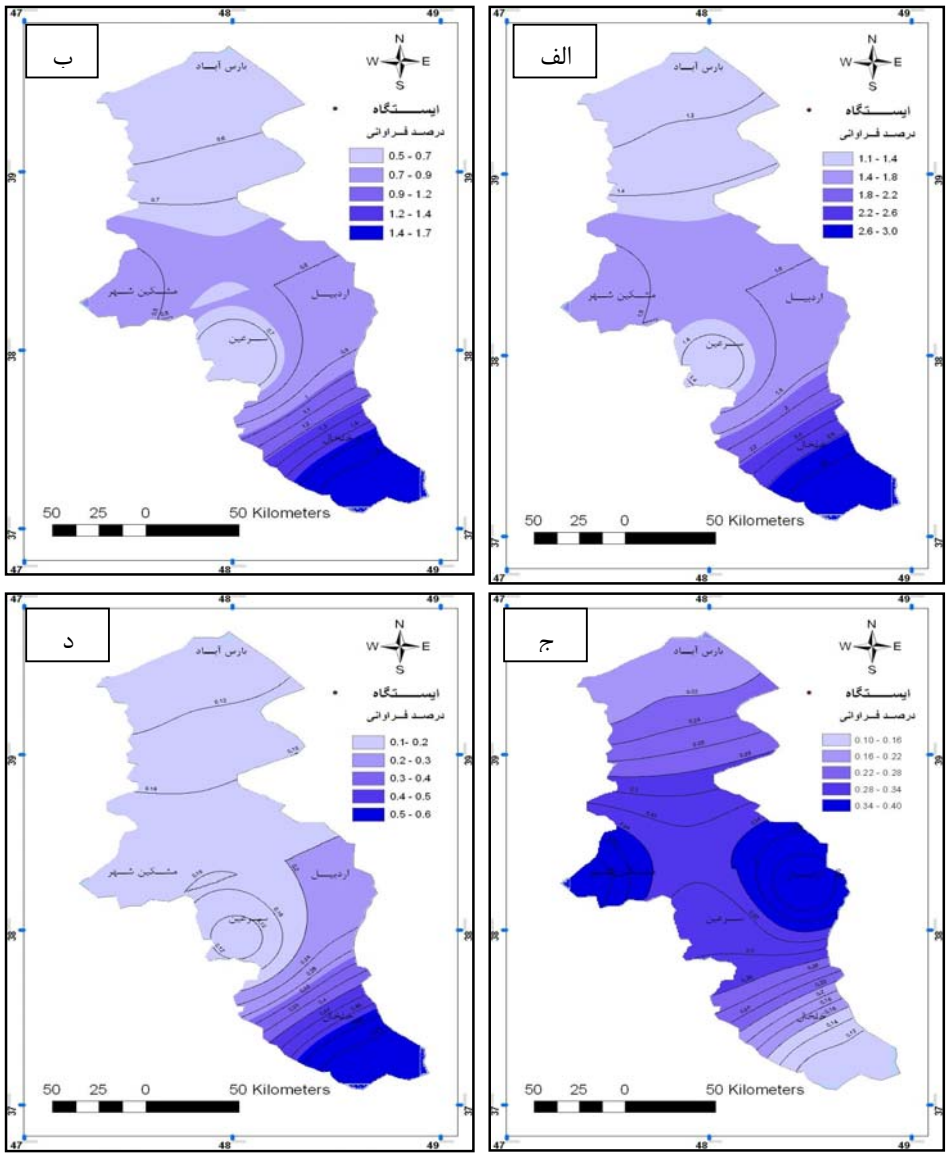
در تمام ایستگاه های مورد مطالعه (اردبیل، خلخال، مشکین شهر، پارس آباد و سرعین) در هر سه فصل مورد مطالعه درصد فراوانی روزهای خشک بیشتر از درصد فراوانی روزهای تر است. در فصل بهار بیشترین درصد فراوانی روزهای تر مربوط به ایستگاه اردبیل و بعد از آن مربوط به ایستگاه خلخال و کمترین این درصد مربوط به ایستگاه 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 درفصل 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 تدوام 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

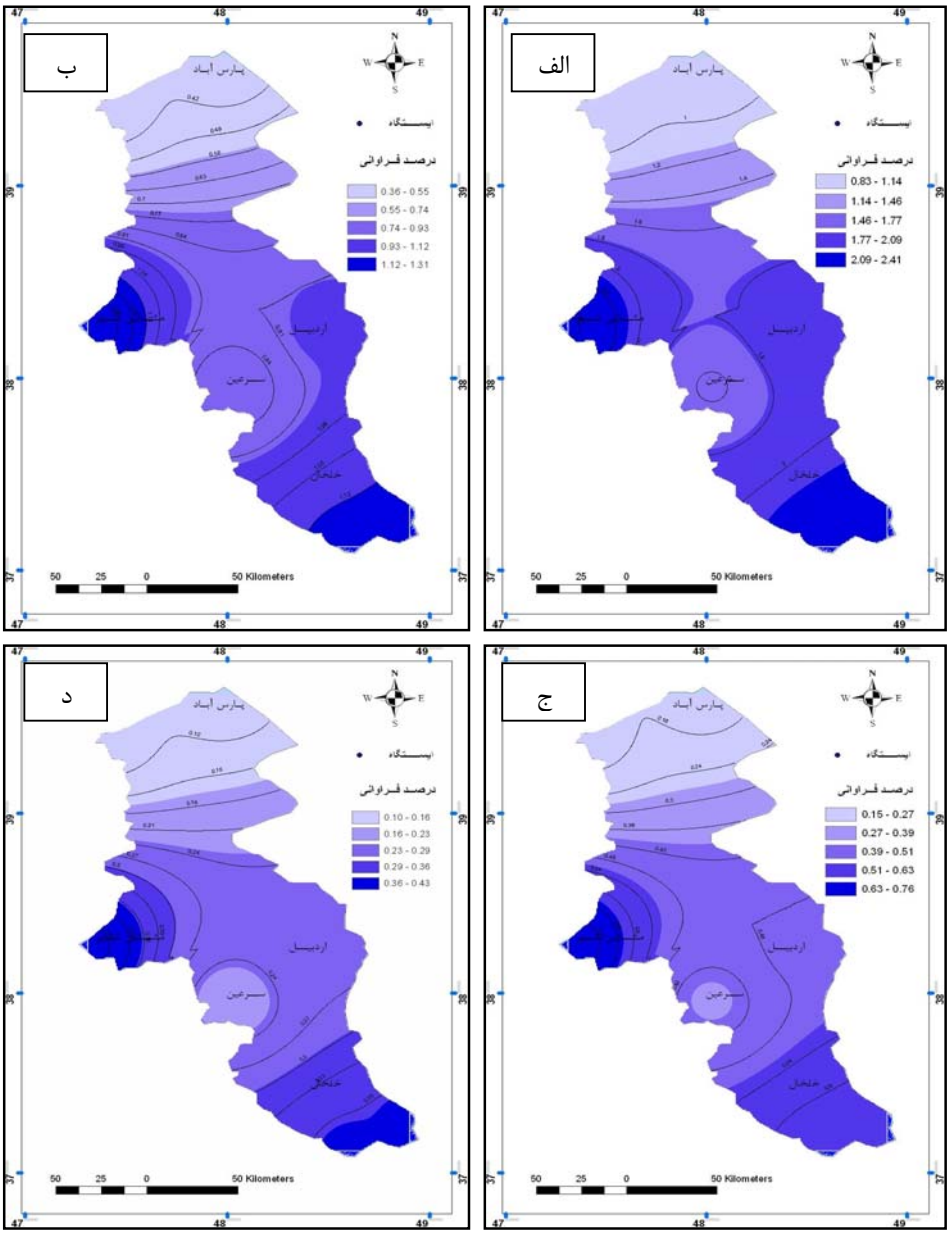
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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.



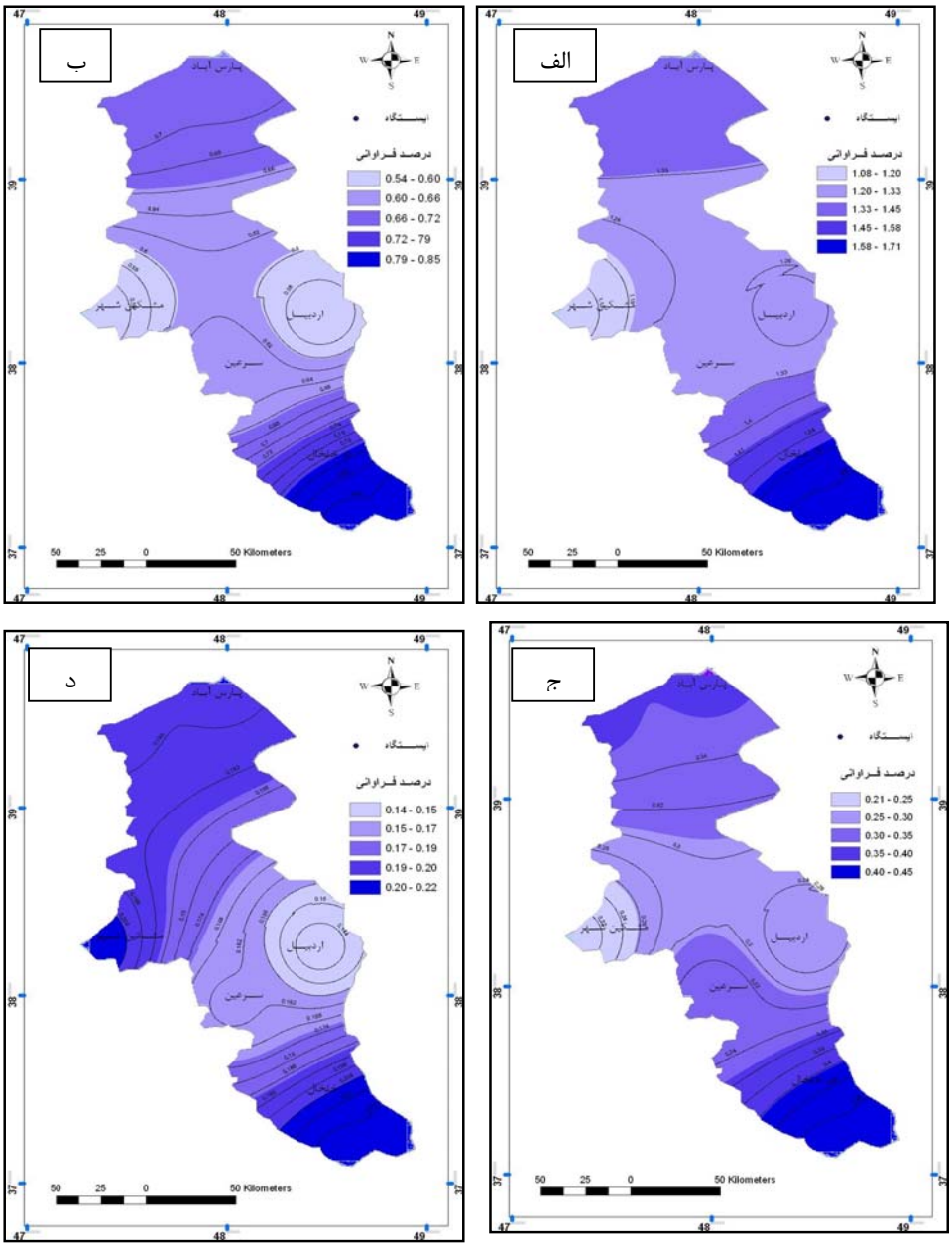
شکل (۵) الف نقشه های هم درصد فراوانی دوره تربهار (الف)۴روزه (ب) ۵ روزه(ج)۶ روزه (د) ۷ روزه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



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

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



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

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

منابع و ماخذ

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 پبش بینی خشکسالی ها و ترسالی های استان مازندران**. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۵. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۶) **ادارهٔ کل هواشناسی استان اردبیل**.

۶. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴) **آب و هوای ایران**. انتشارات پیام نور.

۷. علیجانی، بهلول، جعفرپور، زین العابدین، قادری، حیدر (۱۳۸۴) **تحلیل و پیش بینی بارش منطقه لارستان با استفاده از مدل زنجیره مارکف**، فصل نامه جغرافیایی سرزمین. ۷ : ۳۴-۱۱.

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) **جزوه کلاسی درس کاربرد اقلیم در برنامه ریزی ناحیه ای**. دانشگاه تربیت معلم تهران.

۱۱. قادرمرزی، حسن (۱۳۸۰) **تحلیل و پیش بینی نوسانات آب و هوا در 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.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

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 بابلسر 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 Gree***. Theoretical and Applied Climatoligy, N, ۷٤, P ۷۷-۹۱.

Drton, M. Marzban, C., Guttorp, P., and Schaefer, J.T. (۲۰۰۳) ***A Markov chain Model of Tornadic Activitiy***. 'Monthly Weather Review, ۱۳۱: ۲۹٤۱-۲۹۵۳.

Hopkins, J, W, Robillard, P. (۱۹٦٤) ***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. (۲۰۰٦) ***Temporal variability in the no – rain spells in Argentin***. Proceeding of icshomo, foz lguau, Brazil. ۲٤. p. ۳۳۳-۳۳۹. april.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

Tsakiris, G. (۱۹۸۸) ***Stochastic modeling of rainfall occurrences in continuous time Hydrological sciences*** – Journal – des Sciences Hydrologiques, ۳۳, ۵, ۱۰.

Upmanu, Lall, Balaji, Rajagopalan and David, G, Tarboton. (۱۹۹٦) ***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 lengeth of dry spells***. International Journal of Climatology, N, ۱۹, P, ۵۳۷-۵٤۸.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]