مطالعات جغرافیایی مناطق خشک
سال چهارم، شماره سیزدهم، پاییز ۱۳۹۲
دریافت مقاله : ۹۱/۸/۷ تأیید نهایی: ۹۲/۷/۱۲
صص ۱۰۶- ۸۵

پهنه بندی ایران بر اساس طول دوره های خشک

پیمان محمودی* ، استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
نادر پروین، استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز سقز، سقز، ایران
جبار رضایی، دانش آموخته کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز سقز، سقز، ایران

چکیده

ابتدا تعداد دوره های خشک تشکیل شده از روزهای بدون بارش متوالی با آستانه های مساوی یا بیشتر از ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر به همراه مجموع کلّ روزهای در برگیرنده آنها برای ۴۴ ایستگاه و برای یک بازه زمانی ۲۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۸۱) استخراج و همگی آنها به نقشه تبدیل گردیدند. به همان روش مشابه، طولانی ترین دوره های خشک که طول مدّت آنها مساوی یا بزرگ تر از ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز بود به همراه مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده آنها برای آستانه ۰/۱ میلی متر استخراج و به نقشه تبدیل گردیدند. نتایج نشان می دهد که برای بخش بزرگی از ایران به خصوص جنوب شرق ایران میانگین و حدّاکثر طول دوره های خشک بسیار بالا است. در ادامه زنجیره های مارکوف مرتبه های مختلف، تا مرتبه دهم، جهت برازش بر طول مدّت دوره های خشک با آستانه ۰/۱ میلی متر مورد استفاده قرار گرفت. انطباق توزیع عمومی دوره های خشک ایستگاه ها بر اساس طول مدّت شان و همچنین انطباق طولانی ترین دوره های آنها، یعنی دوره های ۱، ۲ و ۳ ماهه، بر یکی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف پهنه بندی ایران را امکان پذیر می سازد. لذا،بر این اساس دو نوع رفتار در ایستگاه های ایران قابل مشاهده است: یکی رفتار مارکوفی است که هر دو انطباق ذکر شده در بالا برای آن قابل قبول است. یعنی، هم برازش توزیع عمومی دوره های خشک و هم انطباق آن بر طولانی ترین دوره های خشک قابل پذیرش است. این نوع رفتار در مرکز، جنوب شرق، قسمت کوچکی از جنوب غرب (ایستگاه آبادان) وشمال غرب (ایستگاه خوی) ایران قابل مشاهده است. دوم: توزیع عمومی دوره های خشک بر یکی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف منطبق است. امّا، برای طولانی ترین دورهای خشک تفاوت های قابل ملاحظه ای بین مقادیر تجربی و مقادیر تخمین زده شده، توسّط زنجیره مارکوف وجود دارد. این نوع رفتار را می توان در غرب، شمال غرب، شمال شرق، شرق و جنوب ایران به صورت یک دایره توخالی بر دور ایران مرکزی مشاهده نمود

واژگان کلیدی

کلمات کلیدی: ایران، دوره خشک، زنجیره مارکوف، آزمون خی دو، پهنه بندی

* - نویسنده مسئول
Email: Paymanasia@yahoo.com

مقدّمه

تعریف دوره های خشک براساس طول تداوم روزهـای بـدون بـارش بـه طـور گسـترده ایـی در بسـیاری از مطالعات اقلیم شناسی مورد استفاده قرار گرفته است. مزیّت استفاده از ایـن گونـه تعریـف هـا و تعریـف هـای مشابه آن یکی در مشخص بودن آستانه ها و دیگری در سهولت استفاده از تحلیل هـای آمـاری خـاص جهـت مطالعه دوره های خشک با تداوم های مختلف بوده اسـت (مـارتین وایـد و گـومز، ۱۹۹۹). روش هـای آمـاری مختلفی جهت مطالعه رفتار دوره های تر و خشک به کار برده شده اند. یکی از پرکاربردترین آنها مدل زنجیـره های مارکوف مرتبه های مختلف است. این مدل در واقع یک تکنیک ریاضی جهت تحلیل پدیده های تصـادفی می باشند که تداومی از مشاهدات را در طول زمان نشان می دهند (طالشی، ۱۳۸۴). در واقع در روش زنجیـره مارکوف یک سری از مشاهدات و تغییر هر کدام از مشاهدات از حالتی به حالت دیگر مورد بررسـی قـرار مـی گیرد (علیزاده، ۱۳۸۳). لذا،استفاده از این مدل به دلیل توانمندی هایی که در محاسبه دوره های خشک و تر و همچنین، ساده کردن حلّ بسیاری از مسایل مربوط به فرآیندهای وابسـته دارد بسـیار مـورد توجّـه محقّقـین مختلف در رشته های گوناگون علوم جوی قرار گرفته است. به طوری که نتایج به دست آمده از این مدل برای دوره های تر نشان از یک برازش مناسب بر آن دارد و بررسی های زیادی نیـز از دهـه ۱۹۶۰ آن را تأییـد مـی کنند (گابریـل و نئـومن، ۱۹۶۲؛ کاسـکی، ۱۹۶۳؛ اریکسـون، ۱۹۶۵؛ تـودرویچ و وول هیسـر، ۱۹۷۵؛ هـان و همکاران، ۱۹۷۶؛ چین، ۱۹۷۷؛ کتز، ۱۹۷۷؛ بیشاند، ۱۹۷۸؛ استرن، ۱۹۸۲؛ دههال و همکاران، ۱۹۹۴؛ مون و همکاران، ۱۹۹۴). امّا، این مدل بسیار کم تر برای مطالعه دوره های خشک استفاده شده است (برگر و گوسـنز، ۱۹۸۳؛ نوبیلز، ۱۹۸۶؛ داگویدرویت، ۱۹۸۷، مارتین وایو و گومش، ۱۹۹۹). چون که، تداوم زیاد روزهای بدون بارش در بسیاری از مناطق اقلیمی، نکویی برازش این مدل را پایین می آورد.

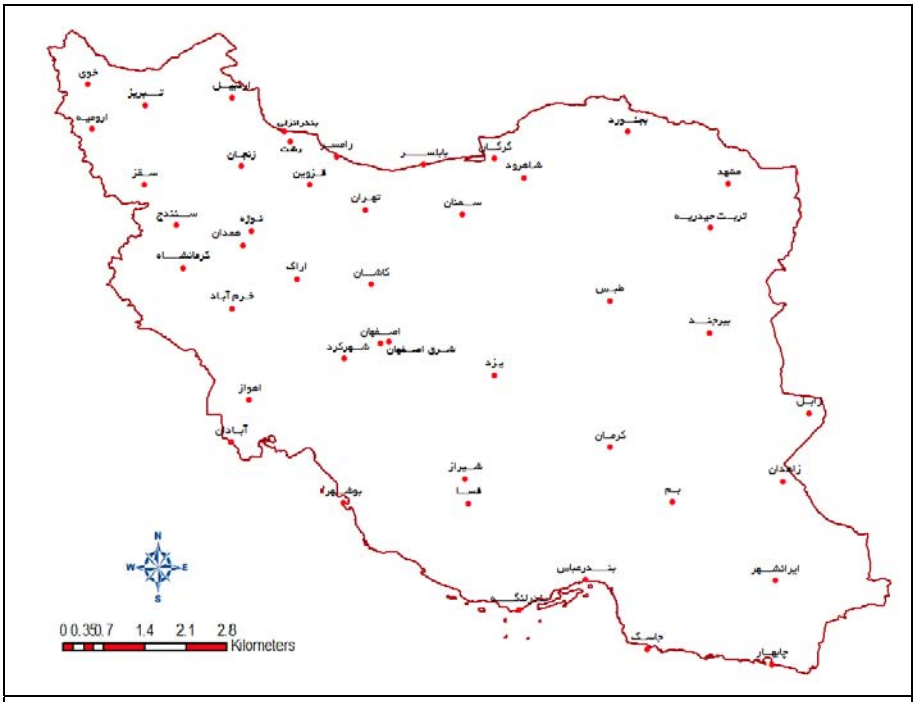
در ایران نیز اوّلین مطالعات اقلیم شناسی که از مدل های زنجیـره مـارکوف اسـتفاده کـرده انـد مطالعـات مربوط به هاشمی (۱۳۴۵) و مشکانی (۱۳۶۳) بوده است که احتمالات وقوع روزهای بارش و دیگـر احتمـالات شرطی را به ترتیب برای تهران و بابلسر محاسبه کرده اند. بعد از این دو محقّق، جعفری بهی (۱۳۷۸) ویژگـی های بارشی پنج ایستگاه هواشناسی بوشهر، شیراز، اصفهان، کرج و بندر انزلی را بـا اسـتفاده از مـدل زنجیـره مارکوف مرتبه اوّل مطالعه کرد و نتیجه گرفت که داده های بارش روزانه ایـن ایسـتگاه هـا بـرازش خـوبی بـر زنجیره مارکوف مرتبه اوّل دارند. علیجانی و همکاران (۱۳۸۴) هم جهـت تحلیـل و پـیش بینـی بـارش هـای منطقه لارستان، مدل زنجیره مارکوف مرتبه اوّل دو حالته را به عنوان مدل مناسب جهت تحلیـل بـارش ایـن منطقه تشخیص داده اند. آنها نتیجه گرفتند در مناطقی همچون لارستان کـه نـاهمگنی بـارش در آن شـدید است، این مدل از دقّت کافی جهت پیش بینی دوره هـای تـر وخشـک برخـوردار اسـت. یوسـفی و همکـاران (۱۳۸۶) نیز جهت مقایسه کارآیی دو مدل زنجیره مارکوف و توزیع نرمال در برآورد احتمالات خشکسالی ها و ترسالی های استان قزوین به این نتیجه رسیدند که زنجیره مارکوف کارآیی بهتری نسبت به توزیع نرمال دارد. عساکره (۱۳۸۷) هم با استفاده از همین مدل زنجیره مارکوف به بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارشـی شهر تبریز اقدام نموده و به این نتیجه رسید که احتمال وقوع بارش در هر روز ۰/۲۲ و احتمال عدم وقوع آن ۰/۷۸ است. علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) نیز با استفاده از مدل وضعیّت نهـان زنجیـره مـارکوف رفتـار بـارش سالانه سه ایستگاه شیراز، جاسک و بوشهر را که دارای طولانی ترین دوره آماری در جنوب ایران بودنـد مـدل سازی نمودند و به این نتیجه رسیدند که مدّت زمان ماندگاری هر کدام از وضعیّت های خشک و تر برای سـه

ایستگاه مورد مطالعه در محدوده ۴-۱ سال است و مدلی که برای این سه ایستگاه به دست آمد نشان از یکسان بودن شدّت ساختار تداوم ایستگاه ها دارد.این امر بیانگر ساختاری کاملاً محتمل برای داشتن تداوم دو وضعیّتی می باشد. از دیگر کارهایی که با استفاده از این مدل به مطالعه رفتار دوره های تر و خشک در ایران پرداخته شده است می توان به کارهای آشگر طوسی و علیزاده (۱۳۸۲)، فولادمند (۱۳۸۵)، سلطانی و مدرس (۱۳۸۵)، رضیئی و همکاران (۱۳۸۶)، جلالی و همکاران (۱۳۹۰) و عساکره و مازینی (۱۳۸۹) اشاره نمود.

امّا، با توجّه به اقلیم خشک و نیمه خشک ایران و همچنین استیلای پرفشار جنب حارّه‌ای بر بخش وسیعی از آن در فصل گرم سال، طول دوره های خشک مقادیر بسیار بالایی را به خود اختصاص می دهند. لذا،در مطالعه حاضر هدف بر آن است که از زنجیره های مارکوف مرتبه های مختلف (تا مرتبه دهم) جهت تعیین طول دوره های خشک ایران استفاده گردد. نکویی و یا عدم نکویی برازش این مدل، ناحیه بندی کشور را امکان پذیر می سازد و ناحیه بندی که از این طریق و با استفاده از داده های روزانه به دست می آید. علاوه بر این که دقّت تحلیل های فصلی نواحی را بر اساس مجموع بارش سالانه افزایش می دهد، امکان آشکار سازی رفتارهای همسان در تداوم روزهای خشک را نیز فراهم می سازد.

روش شناسی تحقیق

برای پهنه بندی ایران براساس طول دوره های خشک و دستیابی به یک الگوی مناسب در این زمینه، داده های مربوط به بارش روزانه ۴۴ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک برای یک دوره آماری ۲۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۸۱) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. ایستگاه های انتخاب شده شاید گویای تمام واقعیّت های موجود بارشی به ویژه در مناطق کوهستانی و بیابانی ایران نباشند؛ که دلیل آن هم می تواند تعداد کم ایستگاه هایی با داده های قابل اعتماد در نواحی کوهستانی و بیابانی ایران باشد. لذا، با در نظر گرفتن حدّاکثر پوشش مکانی مناسب ایستگاه ها، اوّلویّت انتخاب به ایستگاه هایی داده شد که دارای بیشترین داده های پیوسته و قابل اعتماد بارشی باشند (شکل ۱). علاوه بر این، تصمیم بر آن گرفته شد که در صورت وجود خلا های آماری، این خلاها بازسازی نشوند. دلیل این تصمیم هم آن بود که مقدار بارش روزانه در برخی از عرض های جغرافیایی بیشتر حاصل یک فرآیند همرفتی بوده است تا یک فرآیند گسترده منطقه ایی، همچنین همبستگی موجود بین ایستگاه ها نیز بسیار کم و از لحاظ آماری فاقد معنی داری بوده اند. اضافه بر این، روش مارکوف فقط از مقادیر دو بخشی وجود یا عدم وجود بارش های روزانه نه از مقادیر کمی آنها، با آستانه های تعیین شده، استفاده می کند. به هر حال، نمونه تقریباً ۲۴ ساله استفاده شده (۸۷۶۰ روز) به اندازه کافی بزرگ است که بتوان از نتایج آن در تحلیل ها استفاده نمود.



شکل شماره ۱: نقشه موقعیت و پراکنش ایستگاه های مورد مطالعه

بعد از اخذ داده ها و تشکیل بانک اطّلاعاتی، تعیین آستانه ها برای مشخص نمودن روزهای بارانی از غیر بارانی مرحله اوّل کار را تشکیل می داد. در مورد تعیین این آستانه بین آب و هواشناسان اختلاف نظر زیادی وجود دارد به طوری که آنها معیارهای گوناگونی را برای این منظور پیشنهاد داده اند؛ معیارهای مختلفی همچون ۰/۰۱ ، ۰/۱ ، ۰/۱۵ ، ۰/۲ ، ۰/۲۵ ، ۰/۳ (دومروس و راناتونگ، ۱۹۹۳). همچنین سازمان هواشناسی جهانی نیز روز بارانی را با حدّاقل ۱ میلی متر بارش در ۲۴ ساعت تعریف کرده است (ذوالفقاری، ۱۳۷۹). علیجانی (۱۳۷۴) و رسولی (۱۳۶۹) هم روزی را بارانی محسوب می کنند که بیش از یک میلی متر بارندگی داشته باشد (محمودی و آقائی هشتجین، ۱۳۸۹). در این تحقیق نیز با عنایت به شرایط محیطی ایران و کم بودن تعداد روزهای بارش در بعضی از ایستگاه ها در طول سال و در جهت رسیدن به اهداف تحقیق سه آستانه ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر بارش در روز به عنوان آستانه های روز بارانی تعیین گردیدند. امّا، استفاده از آستانه هایی همچون ۱۰ میلی متر، این خاصیّت را دارند که وزن اضافه ایی که برخی روزهای بارشی پرت با فراوانی بسیار کم در اتمام یک دوره خشک بلند مدّت دارند، بدون این که واقعاً به خشکسالی پایان داده باشند، حذف کنند (مارتین واید و گومش، ۱۹۹۹). در ادامه براساس این سه آستانه شاخص هایی به شرح ذیل برای تمامی ۴۴ ایستگاه استخراج گردیدند:

۱- درصد روزهای خشک در طول سال با سه آستانه ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر برای هر ایستگاه به طور جداگانه؛

۲- طول دوره های خشک با سه آستانه ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر برای هر ایستگاه به طور جداگانه؛

۳- حدّاکثر طول مدّت دوره های خشک با سه آستانه ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر برای هر ایستگاه به طور جداگانه؛

۴- استخراج طولانی ترین دوره خشک در طول دوره مورد مطالعه برای هر ایستگاه به طور جداگانه؛

۵ - استخراج تعداد دوره های خشک با طول مدّت ۷ روز و بیشتر، ۱۵ روز و بیشتر، ۳۰ روز و بیشتر، ۶۰ روز و بیشتر، ۹۰ روز و بیشتر، ۱۲۰ روز و بیشتر برای هر ایستگاه به طور جداگانه.

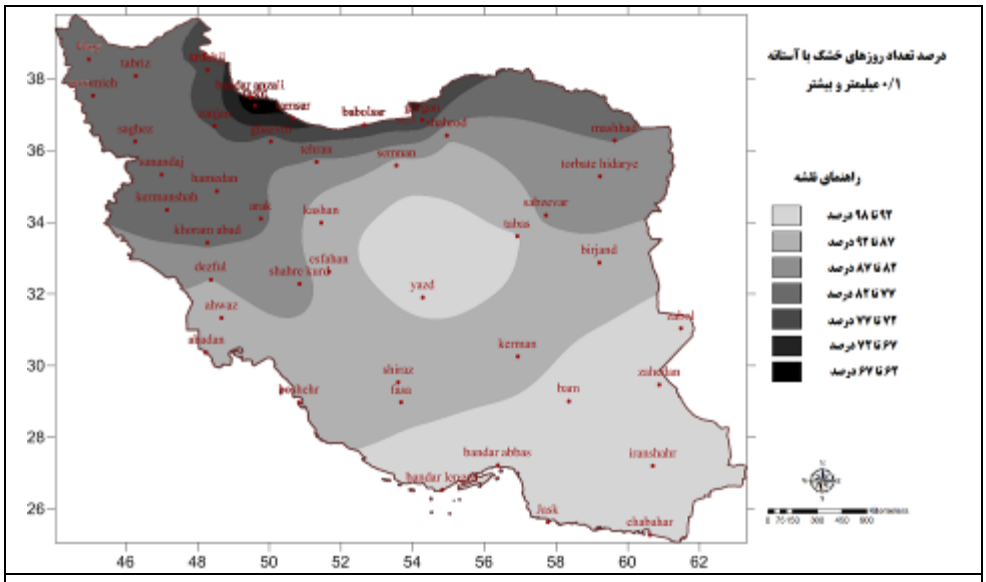
در ادامه برای مدل بندی طول دوره های خشک، زنجیره های مارکوف مرتبه های مختلف، تا مرتبه دهم، جهت تعیین طول مدّت دوره های خشک، با در نظر گرفتن آستانه ≥ 0.1 برای تعریف روزهای بارشی، مورد استفاده قرار گرفته است (مطالب و تعاریف کامل تر و جامع تر در مورد مراحل انجام مدل های زنجیره مارکوف در منابع مون و همکاران، ۱۹۹۴ و علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹ قابل دسترس هستند). همچنین انطباق هر کدام از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف بر طول دوره های خشک ایستگاه ها نیز توسّط آزمون خی دو (χ^2) بررسی شد. به طوری که نکویی برازش هر کدام از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف بر طول دوره های خشک ایستگاه ها ، ناحیه بندی کشور را امکان پذیر می سازد (جهت آشنایی با انجام آزمون خی دو جهت انطباق مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف به منابع عساکره، ۱۳۸۷ و عساکره و مازینی، ۱۳۸۹ مراجعه شود)

در نهایت به منظور ارزیابی مناسب بودن مدل های مارکوفی جهت ناحیه بندی ایران، دو معیار در هر ایستگاه در نظر گرفته شد: (۱) انطباق توزیع عمومی دوره های خشک بر اساس طول مدّت آنها بر یکی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف و (۲) انطباق دوره های طولانی تر یعنی آنهایی که از تعداد روزهای مشخص شده بیشتر باشند؛ مانند یک، دو و سه ماهه بر یکی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف. در این حالت ممکن است سه نوع رفتار مختلف تشخیص داده شود: اوّل: رفتار مارکوفی، که دو برازش ذکر شده در بالا برای ایستگاه مورد نظر معنی دار خواهد بود. دوم، یک انطباق کلی خوب امّا، با تفاوت قابل ملاحظه در بین مقادیر تجربی و مقادیر برآورد شده برای دوره های طولانی تر. سوم: هر دو انطباق اشاره شده در بالا رد می شوند. بنابراین، خشکسالی نمی تواند یک پدیده مارکوفی در نظر گرفته شوند.

بحث

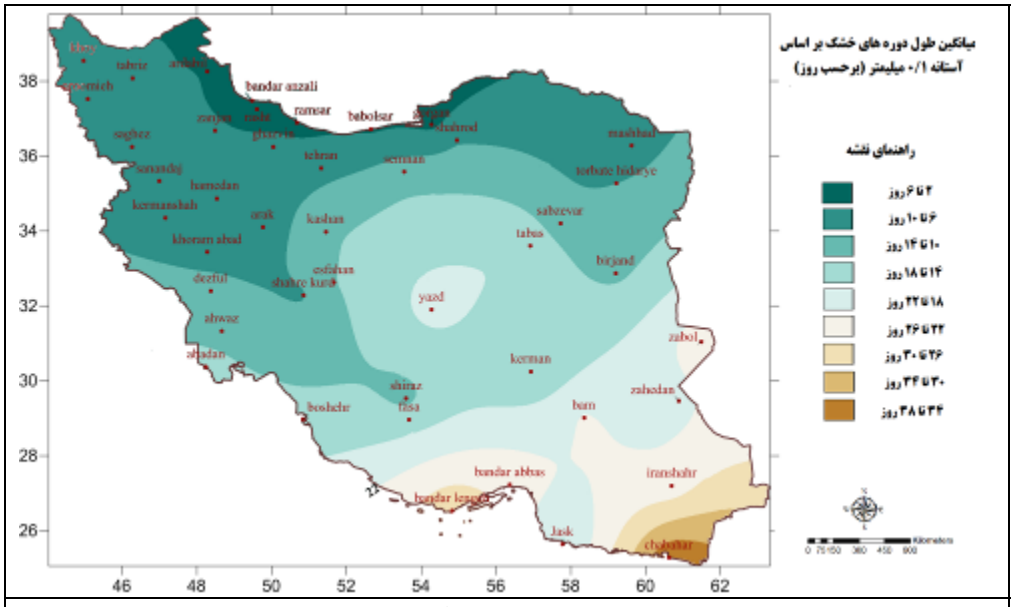
میانگین طول دوره های خشک بر اساس آستانه ۰/۱ میلی متر

براساس آستانه ۰/۱ میلی متر درصد روزهای خشک در حاشیه شمالی کشور کم تر از ۷۷ درصد از کلّ روزها را شامل می شود. ایستگاه بندر انزلی با ۶۳/۲ درصد از کلّ روزها دارای پایین ترین مقدار در بین ایستگاه ها بوده است. در جهت عکس، جنوب شرق و مرکز ایران که خشک ترین نواحی این کشور به شمار می آیند. بیش از ۹۲ درصد از کلّ روزهای آن در طول سال خشک است. ایستگاه چابهار با ۹۶/۲ درصد از کلّ روزها دارای بیشترین روزهای خشک در بین دیگر ایستگاه ها بوده است. همچنین درصد روزهای بدون بارش در قسمت وسیعی از ایران بین ۷۷ تا ۸۷ درصد است. خطوط همچند نیز یک آرایش مکانی مشخص وابسته به عرض جغرافیایی را نشان می دهد. یعنی، هر چه از جانب جنوب به سمت شمال حرکت می کنیم درصد روزهای خشک کاهش پیدا می کند (شکل ۲).



شکل ۲- درصد روزهای خشک براساس آستانه ۰/۱ میلی متر و بیشتر

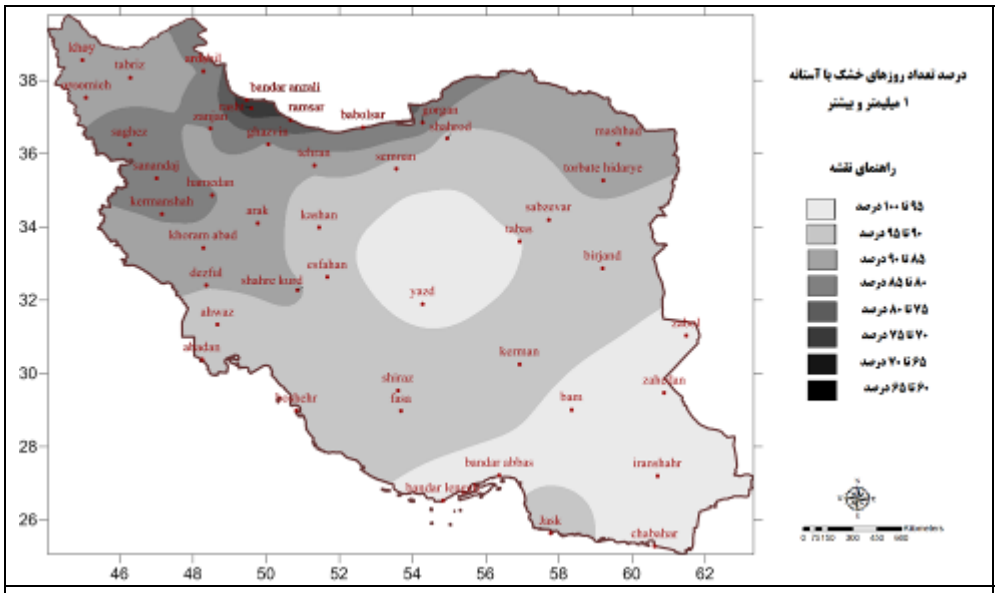
میانگین طول دوره های خشک با آستانه ۰/۱ میلی متر نیز می تواند یک چشم انداز مناسب از تغییرات بزرگ بارشی موجود در ایران در اختیار قرار دهد. در حاشیه شمالی، میانگین طول دوره های خشک ۲ تا ۶ روز است در حالی که در سواحل جنوب شرقی این میانگین به حدود ۳۴ تا ۳۸ روز می رسد. در امتداد نصف النهار تقریباً ۵۶ درجه، دوره های خشک طول آنها تا ۶ برابر از ۳۰ روز در بندرلنگه تا ۵ روز در گرگان تغییر می کند. افزایش در طول دوره های خشک از شمال به جنوب یک امر بدیهی از اقلیم ایران است که خطوط همچند آن را تأیید می کنند (شکل ۲).



شکل ۳- میانگین طول دوره های خشک براساس آستانه ۰/۱ میلی متر (بر حسب روز)

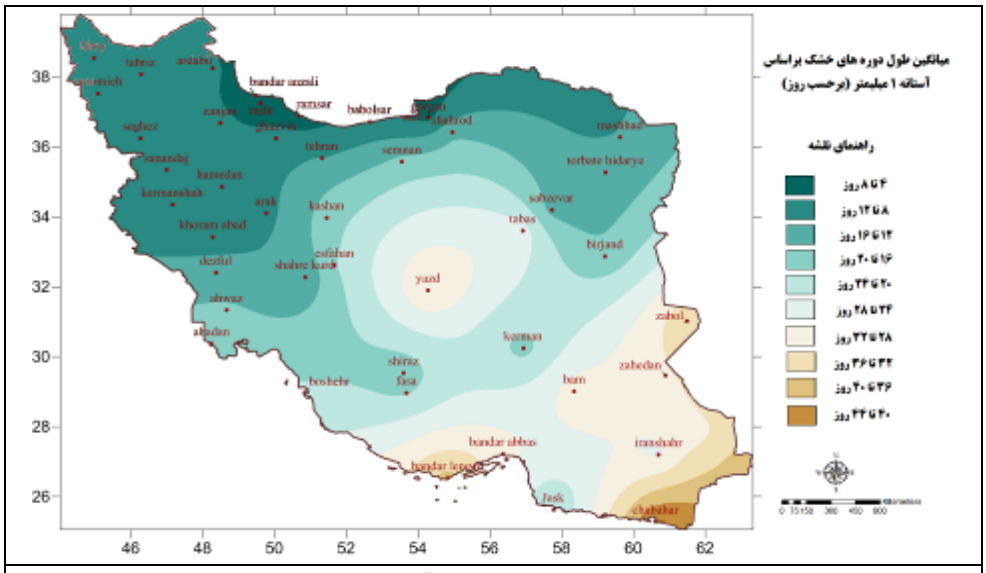
میانگین طول دوره های خشک بر اساس آستانه های ۱ و ۱۰ میلی متر

با آستانه ۱ میلی متر، درصد روزهای خشک نسبت به آستانه ۰/۱ میلی متر، بین ۱ تا کمی بیش از ۸ درصد افزایش نشان می دهد. اکنون با این آستانه خط همچند ۸۰ درصد است که حاشیه شمالی ایران را از بقیه نقاط کشور جدا می کند. در جنوب شرق نیز تعداد روزهای خشک با آستانه جدید بیش از ۹۵ درصد کلّ روزها را شامل می شود. مقدار حدّاقل و حدّاکثر، بار دیگر در بندرانزلی (۷۰/۸) و چابهار (۹۷/۲) مشاهده می شود.



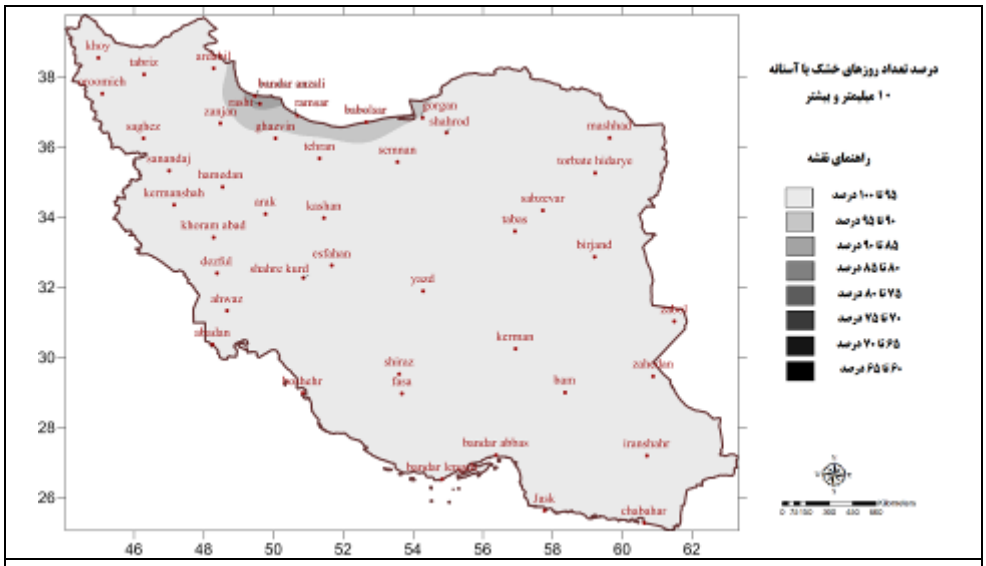
شکل ۴- درصد روزهای خشک براساس آستانه ۱ میلی متر و بیشتر

همچنین میانگین طول دوره های خشک با آستانه ۱ میلی متر مقادیری در حدود ۵ روز در حاشیه جنوب غربی دریای خزر تا کمی کم تر از ۴۵ روز در سواحل جنوب شرقی ایران را نشان می دهد. این افزایش ۹ برابری بین ایستگاه رشت (۵/۴) و چابهار (۴۴/۸) مشاهده می شود. خطوط همچند نیز یک گرایش نیمه مداری را نشان می دهد که منعکس کننده افزایش شرایط خشکی از شمال به جنوب ایران است و در واقع خشک ترین قسمت های ایران نیز در مرکز و جنوب شرق ایران یافت می شود.



شکل ۵- میانگین طول دوره های خشک براساس آستانه ۱ میلی متر (بر حسب روز)

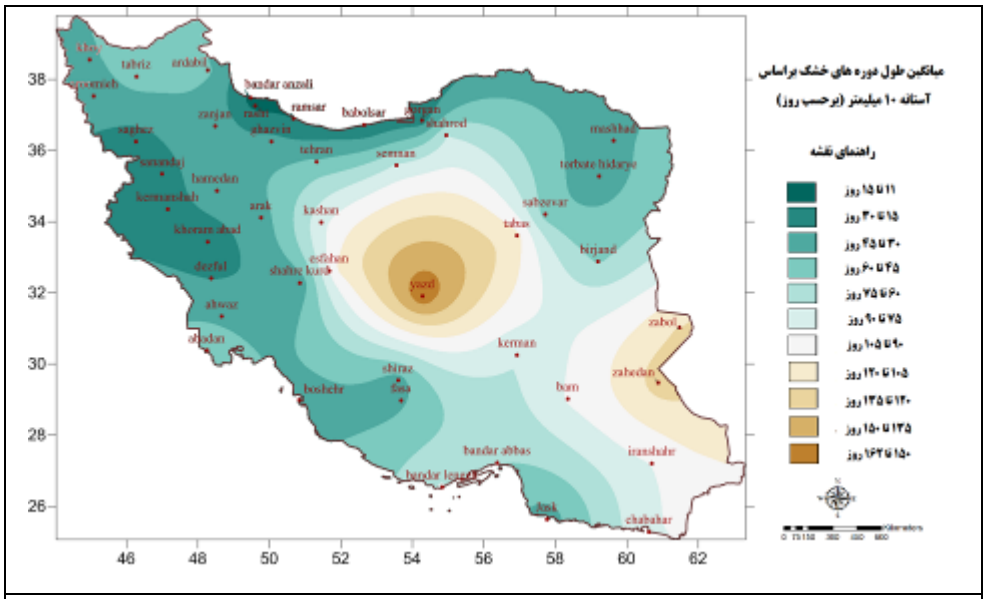
با آستانه ۱۰ میلی متر، تمام ایران به استثنای دو ایستگاه در حاشیه جنوب غربی دریای خزر یعنی بندر انزلی و رشت درصد روزهای خشک بیش از ۹۰ درصد کلّ روزها را شامل می شود. پایین ترین و بالاترین مقادیر ایستگاهی نیز به ترتیب در ایستگاه بندر انزلی (۸۶/۷ ٪) و ایستگاه یزد (۹۹/۶٪) مشاهده شد.



شکل ۶- درصد روزهای خشک براساس آستانه ۱ میلی متر و بیشتر

میانگین طول دوره های خشک با آستانه ۱۰ میلی متر تفاوت های بارشی بین شمال و مرکز ایران را به ترتیب با ۱۱ روز در بندر انزلی و ۱۶۲ روز در یزد به عنوان مقادیر حداقل و حداکثر نشان می دهد.مطابق با شکل ۷ مقادیر به طور نسبی پایین جنوب غرب ایران در مقایسه با جنوب شرق و مرکز ایران جالب توجّه است. این امر می تواند نتیجه تفاوت در مکانیسم های تولید بارش بین یک ناحیه با ناحیه دیگر باشد. در جنوب غرب ایران بارش ها با توجّه به جریانات غربی و جنوب غربی دریای مدیترانه و دریای سرخ در طول

نیمه سرد سال هم از لحاظ مقدار بارش بیشتر و هم از لحاظ زمانی ماندگارتر هستند.در حالی که، مرکز ایران به دلیل واقع شدن در وضعیّت بادپناهی و جنوب شرق ایران نیز به دلیل دور بودن از این جریانات، طول دوره های خشک بیشتری با آستانه ۱۰ میلی متر دارد.



شکل ۷- درصد روزهای خشک براساس آستانه ۱ میلی متر و بیشتر

حدّاکثر طول دوره های خشک

حدّاکثر طول دوره های خشک با سه آستانه ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر در جدول ۲ آورده شده است. برجسته ترین طول دوره های خشک غیر عادی در جنوب شرق و مرکز ایران مشاهده می شود. بر اساس مقادیر نشان داده شده برای آستانه ۰/۱ میلی متر می توان تصدیق نمود که در نواحی اشاره شده دوره هایی با بیش از ۸ ماه وجود دارند که هیچ گونه بارندگی در آنها ثبت نشده است. پنج ایستگاهی که دارای طولانی ترین دوره های خشک بیش از ۸ ماه هستند عبارتند از: چابهار (۳۱۰ روز)، بندر لنگه (۲۹۱ روز)، زابل (۲۷۵ روز)، ایرانشهر (۲۶۴ روز) و بندرعباس (۲۶۰ روز). برعکس در ایستگاه رشت طولانی ترین دوره بدون بارش بیش از یک ماه طول نکشیده است.

با آستانه ۱ میلی متر، حدّاکثر طول دوره خشک که حدود یکسال طول کشیده است در جنوب شرق ایران و در ایستگاه چابهار مشاهده شده است. یعنی تقریباً یکسال حتّی بارشی به اندازه ۱ میلی متر در این ایستگاه ثبت نشده است. برعکس طولانی ترین دوره براساس این آستانه در ایستگاه بندرانزلی ۵۱ روز بوده است. سرانجام با آستانه ۱۰ میلی متر، ایستگاه هایی در جنوب شرق و مرکز ایران همچون شاهرود، اصفهان، طبس، یزد، ایرانشهر، بندرلنگه، چابهار، زابل و زاهدان وجود داشته اند که دوره هایی با طول یکسال داشته اند که بارشی بیش از ۱۰ میلی متر نباریده است. ایستگاه بندر انزلی در جنوب غرب دریای خزر نیز با طول دوره ای ۱۲۳ روزه کوتاه ترین طول دوره خشک براساس آستانه ۱۰ میلی متر را داشته است.

جدول ۱- حداکثر طول دوره های خشک (برحسب روز) با آستانه های ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر

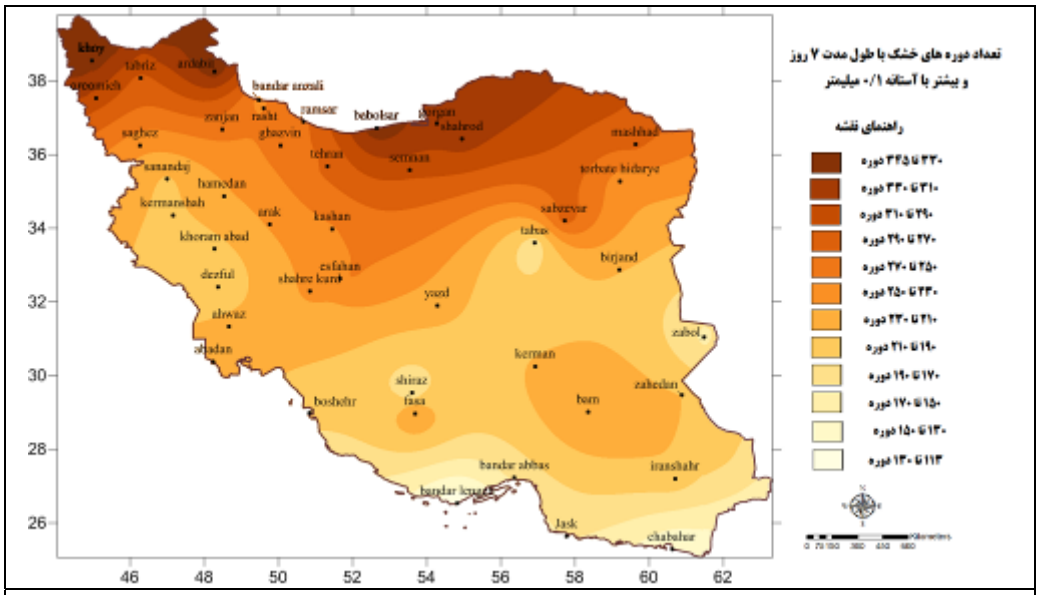
ایستگاه	آستانه ها (برحسب میلیمتر در روز)		
	۰/۱	۱	۱۰
شاهرود	۱۱۵	۱۶۹	۳۶۵
آبادان	۲۳۸	۲۳۸	۳۳۰
اراک	۱۷۰	۱۸۱	۲۶۴
اردبیل	۷۶	۱۰۷	۲۳۹
ارومیه	۱۱۵	۱۴۰	۲۶۴
اصفهان	۱۷۵	۲۰۰	۳۶۵
اهواز	۲۲۳	۲۴۳	۲۸۶
ایرانشهر	۲۶۴	۲۷۲	۳۶۵
بابلسر	۶۵	۷۰	۱۶۶
بم	۱۸۱	۱۸۱	۲۷۳
بندرانزلی	۴۵	۵۱	۱۲۳
بندرعباس	۲۶۰	۲۹۰	۳۳۳
بندرلنگه	۲۹۱	۳۵۵	۳۶۵
بوشهر	۲۳۷	۲۴۸	۳۳۰
بیرجند	۲۱۰	۲۴۳	۳۱۳
تبریز	۱۱۵	۱۳۷	۳۱۸
تربت حیدریه	۱۸۴	۲۳۱	۲۴۸
تهران	۱۴۲	۱۹۸	۳۱۷
جاسک	۱۵۱	۱۵۱	۱۸۱
چابهار	۳۱۰	۳۶۵	۳۶۵
خرم آباد	۱۷۰	۱۹۵	۲۴۸
خوی	۸۰	۱۲۶	۲۳۲
دزفول	۱۹۲	۲۰۸	۲۷۸
دوشان تپه	۱۹۸	۲۱۹	۳۱۱
رامسر	۴۰	۵۴	۱۸۳
رشت	۳۲	۵۷	۱۵۳
زابل	۲۷۵	۲۹۶	۳۶۵
زاهدان	۲۳۵	۳۳۲	۳۶۵
زنجان	۱۰۹	۱۳۹	۲۷۸
سبزوار	۱۹۷	۱۹۹	۳۱۳
سقز	۱۵۴	۱۷۴	۲۳۶
سمنان	۱۴۰	۱۸۵	۳۳۲
سنندج	۱۷۰	۱۷۰	۲۴۶
شهرکرد	۲۰۳	۲۳۸	۲۹۹
شیراز	۲۲۳	۲۵۲	۳۰۵
طبس	۲۱۲	۳۰۳	۳۶۵
همدان	۱۶۶	۱۷۶	۲۵۷
فسا	۲۱۴	۲۴۴	۲۵۰
قزوین	۱۱۰	۱۶۵	۲۵۹
کاشان	۱۹۴	۲۰۷	۳۶۲
کرمان	۱۹۱	۲۵۲	۳۴۹
کرمانشاه	۱۶۶	۱۸۲	۲۴۳
گرگان	۳۸	۵۴	۱۴۹
مشهد	۱۴۷	۱۹۵	۳۰۹
یزد	۲۳۰	۲۵۳	۳۶۵

طولانی ترین دوره های خشک با آستانه ۰/۱ میلی متر

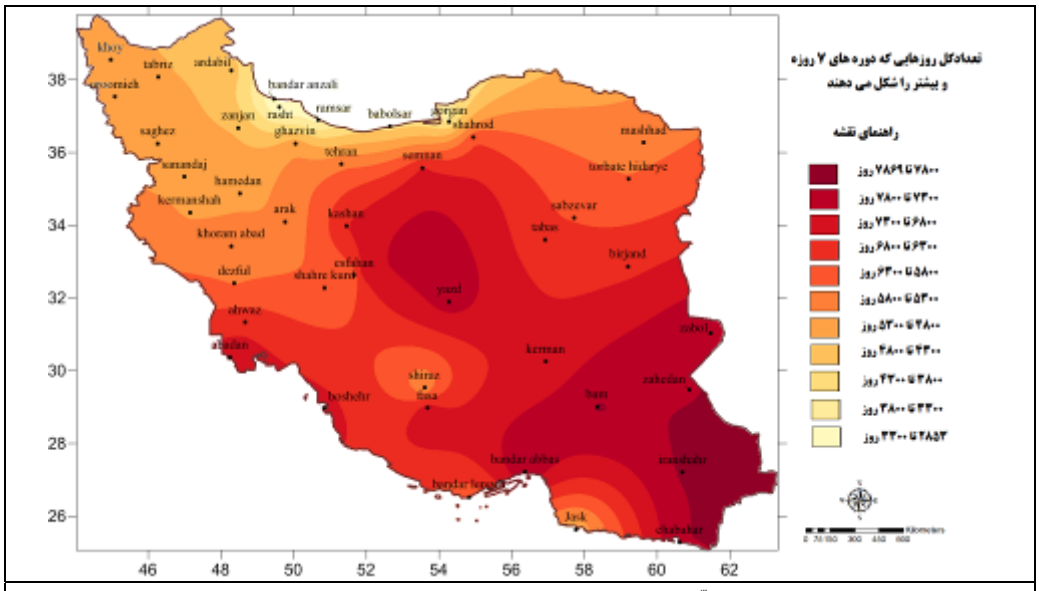
در تحلیل ساختار روزانه خشکسالی ها، طولانی ترین دوره های خشک آنهایی هستند که بالاترین مقادیر را به خود اختصاص می دهند. پس تحلیل دنباله های توزیع عمومی دوره های خشک بر اساس طول مدّت شان موضوعی است که در ادامه بدان توجّه می شود. لازم به اشاره است چون تطبیقات زنجیره های مارکوف تنها برای آستانه ۰/۱ میلی متر صورت گرفته است؛بنابراین، نتایج ارایه شده نیز فقط برای همین آستانه ارایه خواهد شد.

تعداد فراوانی دوره های خشکی که طول مدّت آنها مساوی یا بیشتر از ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز بوده است به همراه مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده آنها در جدول ۲ آورده شده است. در مورد تعداد دوره های خشک برابر یا بیشتر از ۷ روز، مشاهده می شود که بیشترین فراوانی نه در نیمه جنوبی ایران بلکه در نیمه شمالی آن به خصوص در جنوب شرق سواحل دریای خزر و شمال غرب ایران با بیش از ۳۱۰ مورد در طول دوره مورد مطالعه مشاهده شده است (شکل ۸) به طوری که دو ایستگاه بابلسر و اردبیل به ترتیب با ۳۴۵ و ۳۴۲ مورد بیشترین فراوانی را داشته اند (جدول ۲). امّا، ظاهراً مقادیری که برای دوره های هفت روز و بیشتر به دست آمده است قادر به آشکارسازی تفاوت های بارشی بین نیمه جنوبی و شمالی ایران نمی باشند. دلیل آن را می توان در کوچکی آستانه ۷ روز و بیشتر جست و جو کرد. امّا، زمانی که از مجموع کلّ روزهایی که دوره های ۷ روز و بیشتر را تشکیل داده اند استفاده می شود می توان تباین بارشی کشور را با حدّاقل ۲۸۶۲ روز در ایستگاه رشت و با حدّاکثر ۷۸۶۹ روز در ایستگاه ایرانشهر مشاهده نمود (شکل ۹).

برای دوره های خشک با طول مدّت ۱۵ روز و بیشتر نیز بیشترین فراوانی در ایستگاه سمنان با ۱۵۲ دوره و کم ترین آن در ایستگاه رشت با ۴۸ دوره مشاهده می شود. نتایج به دست آمده برای این آستانه نیز نشان می دهد که این آستانه همچون آستانه قبلی قادر به ایجاد تفاوت اساسی بین نیمه شمالی و جنوبی کشور نیست. امّا، هنگامی که از مجموع کلّ روز هایی که این دوره ها را در ایستگاه ها تشکیل داده اند، استفاده می کنیم مشاهده می کنیم که این تفاوت به خوبی خود را نشان می دهد؛ به طوری که مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده این دوره ها در ایستگاه رشت ۹۶۰ روز و در ایستگاه چابهار ۷۲۵۲ روز است (جدول ۲).

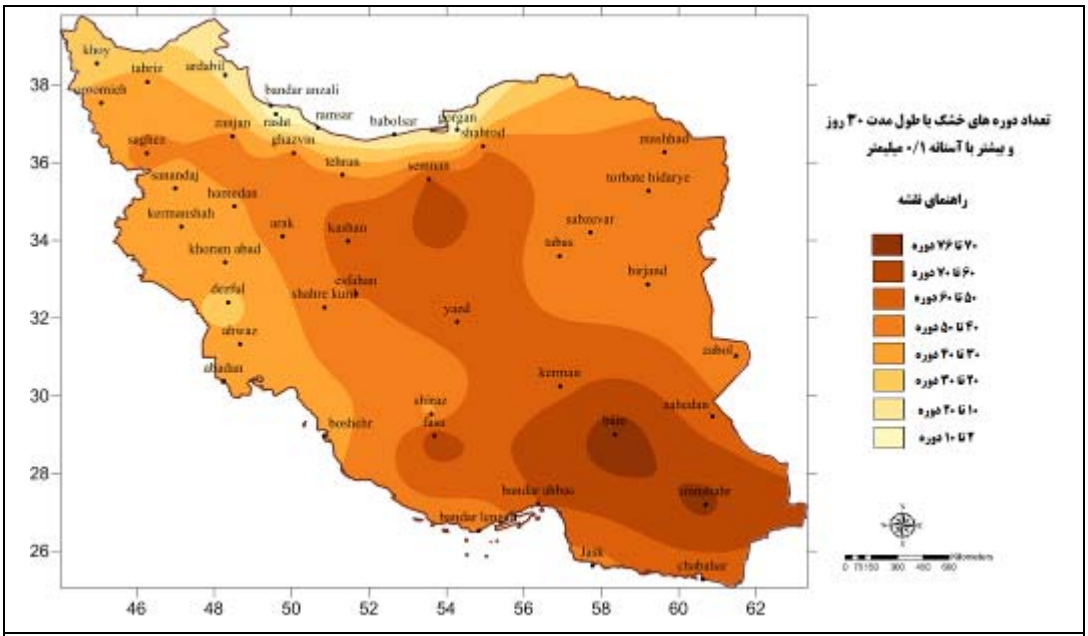


شکل ۸- تعداد فراوانی دوره های خشک با طول مدّت مساوی یا بیشتر از ۷ روز با آستانه ≥۰/۱

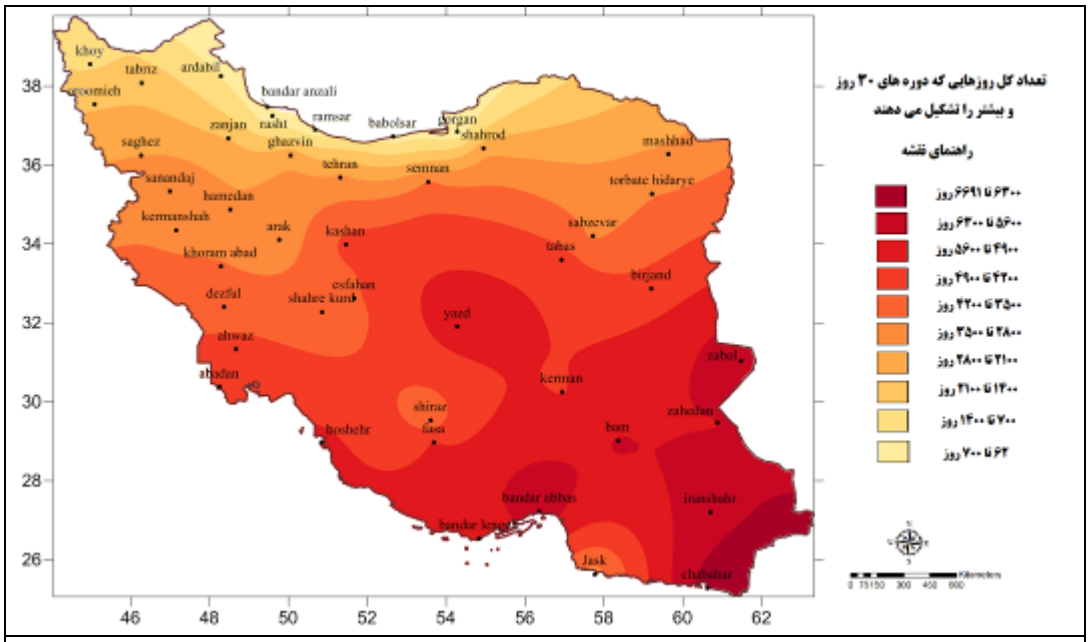


شکل ۹- مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده دوره های با طول مدّت ۷ روز و بیشتر

امّا، برای دوره های ۳۰ روز و بیشتر مشاهده شد که تمامی ایستگاه های مطالعه شده در طول دوره مورد مطالعه حدّاقل ۲ دوره مساوی یا بیشتر از یک ماه را داشته اند. به طوری که ایستگاه رشت با ۲ مورد و ایستگاه بم با ۷۶ مورد به ترتیب دارای کم ترین و بیشترین فراوانی ها بوده اند. کلّ مجموع روزهایی که ۲ دوره مربوط به ایستگاه رشت را تشکیل داده اند تنها ۶۲ روز بوده است. در حالی که مجموع روزهایی که ۷۶ دوره مربوط به ایستگاه بم راتشکیل داده بودند ۵۶۳۳ روز بوده است. امّا، ایستگاه بم دارای پایین ترین مجموع کلّ روزهای خشک تشکیل دهنده دوره های خشک ۳۰ روز و بیشتر در بین ایستگاه ها نبوده است. بلکه، این ایستگاه چابهار بوده است که با ۶۶۹۱ روز بالاترین مقدار را داشته است (جدول ۲). گرادیان جنوب شرقی-شمال غربی با بیش از ۷۰ دوره در جنوب شرق ایران تا کم تر از ۱۰ دوره در شمال و شمال غرب ایران (شکل ۱۰ و ۱۱) به روشنی قابل مشاهده است.



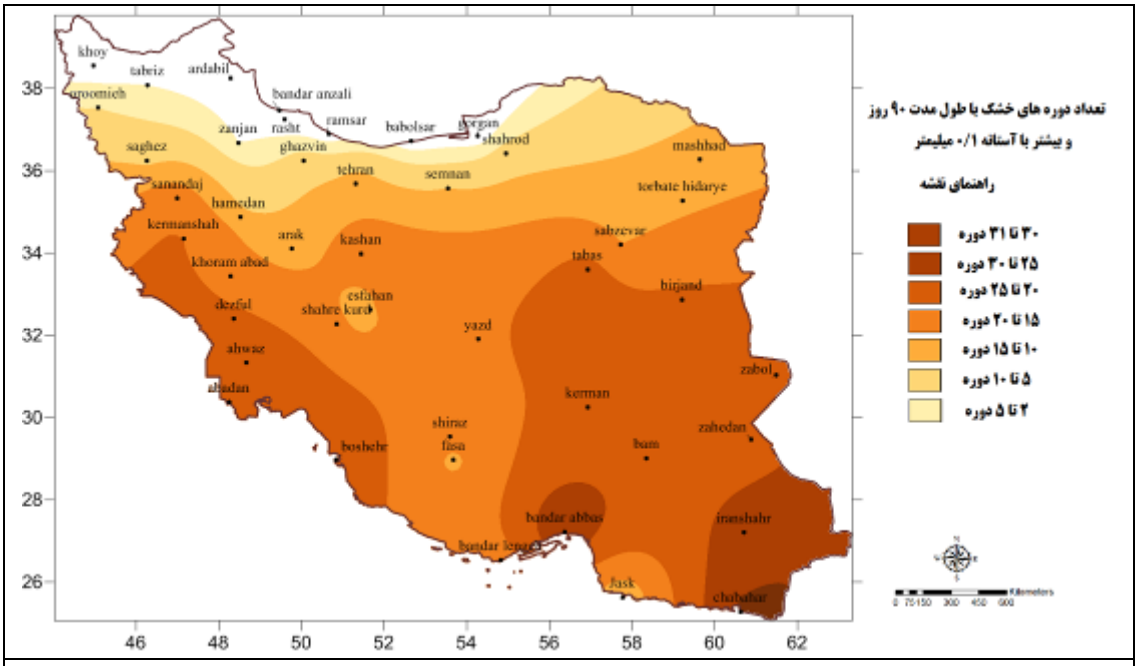
شکل ۱۰- تعداد فراوانی دوره های خشک با طول مدّت مساوی یا بیشتر از ۳۰ روز با آستانه ≥۰/۱



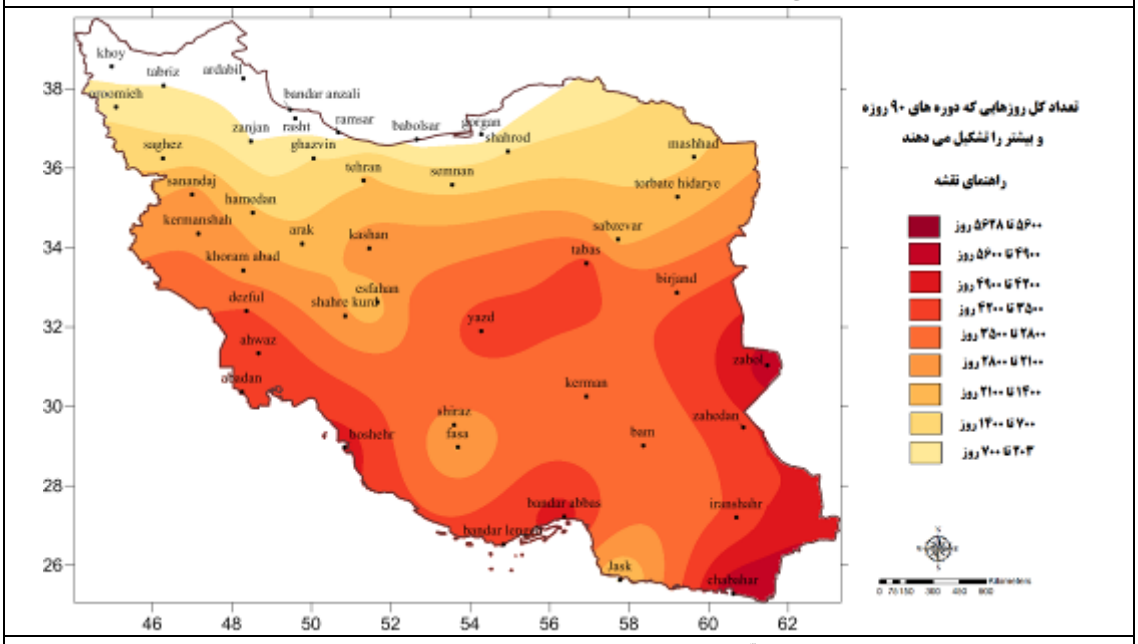
شکل ۱۱- مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده دوره های با طول مدّت ۳۰ روز و بیشتر

با در نظر گرفتن دوره های خشک ۶۰ روزه و بیشتر، ۴ ایستگاه که تمامی آنها در شمال ایران واقع شده اند حتّی یک دوره ۶۰ روزه و بیشتر را نداشته اند. این بدان معناست که این ایستگاه ها در طول دوره مورد مطالعه هیچ دوره بدون بارشی که حدّاقل ۲ ماه طول کشیده باشد را تجربه نکرده اند. بر عکس در جنوب شرق کشور ایستگاه هایی همچون ایرانشهر، بم و بندرعباس وجود دارند که در طول این ۲۴ سال، ۳۹ مورد دوره های خشک ۶۰ روزه و بیشتر داشته اند. نیمه جنوبی کشور نیز یک مجموع ۳۵۰۰ روزی از این نوع دوره های خشک را با حدّاکثر ۵۹۰۹ روز در ایستگاه چابهار را ارایه می دهد. عدم بارش در دو ماه در نیمه گرم سال و به خصوص در نیمه جنوبی کشور به دلیل استقرار پرفشار جنب حارّه ایی بر جو میانه ایران شاید یک پدید طبیعی عادی به شمار آید. امّا، همین عدم بارش در نیمه شمالی کشور و به خصوص در نیمه سرد سال می تواند نشانه هایی از وقوع خشکسالی باشد.

در دوره تحلیل شده هیچ دوره خشک ثبت شده ای که حدّاقل ۹۰ روز طول کشیده باشد تقریباً در نوار شمالی کشور و همچنین در شمال غرب آن مشاهده نشده است. بر عکس خشکسالی هایی با تداوم سه ماه و بیشتر با یک دوره بازگشت کم تر از یک سال در چابهار (۳۱ مورد) و بندرعباس (۳۰ مورد) ثبت شده است (شکل ۱۲). چنین دوره هایی در ایستگاه های نامبرده در ۵۶۲۸ و ۴۶۲۲ روز جمع شده اند (جدول ۲). این نتیجه اهمیّت و شدّت دوره های خشک در جنوب شرق ایران را با توجّه به ماهیّت جنب حارّه ایی اقلیم آن به خصوص در تابستان های خیلی خشک تأیید می کند. بنابراین، دور بودن جنوب شرق ایران از مسیر اصلی بادهای غربی و همچنین استقرار طولانی مدّت تر پرفشار جنب حارّه ای بر جو میانه و فوقانی آن باعث تفکیک وضعیّت دوره های خشک آن نسبت به سایر نقاط کشور شده است. امّا، موقعیّت بادپناهی ایران مرکزی نسبت به دو رشته کوه زاگرس و البرز و همچنین استقرار پرفشار جنب حارّه ایی بر جو میانه و فوقانی آن علّت فراوانی زیاد دوره های خشک آن بعد از جنوب شرقی ایران می باشد.



شکل ۱۲- تعداد فراوانی دوره های خشک با طول مدّت مساوی یا بیشتر از ۹۰ روز با آستانه ≥۰/۱



شکل ۱۳- مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده دوره های با طول مدّت ۹۰ روز و بیشتر

در نهایت، ۶ ایستگاه که تمامی آنها در جنوب شرق و جنوب غرب ایران قرار گرفته اند ۲۰ دوره خشک را که طول آنها برابر یا بیشتر از ۴ ماه بوده است را تجربه کرده اند. این ایستگاه ها به ترتیب عبارتند از: زابل (۲۴ مورد)، بوشهر (۲۳ مورد)، اهواز (۲۳ مورد)، آبادان (۲۲ مورد)، چابهار (۲۱ مورد) و زاهدان (۲۰ مورد). ۱۲ ایستگاه نیز در شمال کشور وجود داشته اند که در طول دوره مورد مطالعه هیچ دوره خشکی را که بیش از ۴ ماه طول کشیده باشد را تجربه نکرده اند.

جدول ۲- تعداد دوره های خشک با طول مدّت مساوی یا بیشتر از ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز (براساس

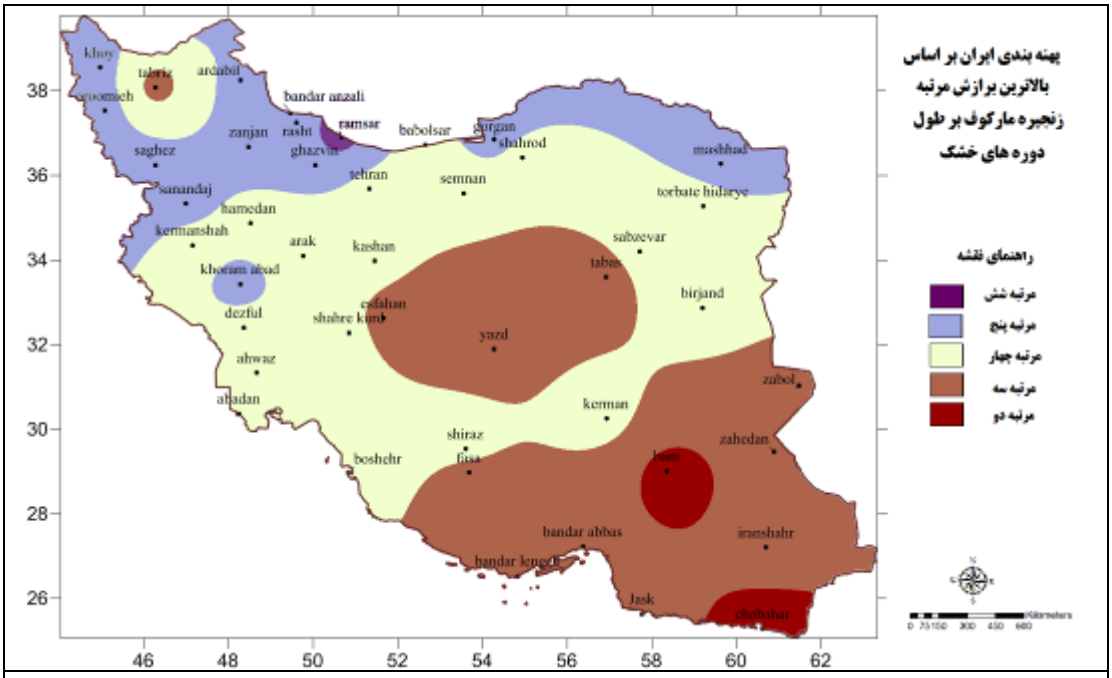
آستانه ۰/۱ میلیمتر در روز	طول دوره (برحسب روز)											
	۷		۱۵		۳۰		۶۰		۹۰		۱۲۰	
ایستگاه	تعداد دوره های خشک	مجموع کل روزها	تعداد دوره های خشک	مجموع کل روزها	تعداد دوره های خشک	مجموع کل روزها	تعداد دوره های خشک	مجموع کل روزها	تعداد دوره های خشک	مجموع کل روزها	تعداد دوره های خشک	مجموع کل روزها
آبادان	۲۲۴	۷۰۶۶	۹۰	۵۷۶۰	۴۰	۴۷۴۹	۲۷	۴۲۳۴	۲۴	۴۰۳۷	۲۲	۳۸۱۴
اراک	۲۳۲	۵۳۵۸	۹۰	۴۰۰۹	۴۲	۳۰۷۶	۲۲	۲۲۴۶	۱۳	۱۶۳۲	۸	۱۱۱۵
اردبیل	۳۴۲	۴۵۷۹	۹۴	۲۱۸۳	۱۷	۶۸۲	۱	۷۶	۰	۰	۰	۰
ارومیه	۳۰۳	۵۱۹۰	۹۸	۳۲۷۴	۳۴	۲۰۱۳	۱۵	۱۲۳۲	۵	۵۰۲	۰	۰
اصفهان	۲۳۳	۵۸۴۳	۱۰۷	۴۶۴۸	۵۱	۳۵۰۷	۲۳	۲۳۰۸	۱۰	۱۳۱۷	۶	۸۹۰
اهواز	۲۱۸	۶۶۴۰	۷۶	۵۲۵۸	۳۳	۴۴۵۰	۲۵	۴۱۷۱	۲۴	۴۰۹۲	۲۳	۳۹۸۹
ایرانشهر	۲۰۳	۷۸۶۹	۱۲۷	۷۱۴۷	۷۳	۶۰۰۹	۳۹	۴۵۲۱	۲۷	۳۶۵۴	۱۷	۲۶۰۱
بابلسر	۳۴۵	۴۱۰۳	۷۴	۱۵۲۹	۷	۲۷۱	۱	۶۵	۰	۰	۰	۰
بم	۲۳۰	۷۸۳۶	۱۳۹	۶۸۸۷	۷۶	۵۶۳۳	۳۹	۴۰۶۰	۲۳	۲۹۱۳	۱۴	۱۹۸۸
بندرانزلی	۲۴۳	۲۸۵۳	۵۱	۱۰۴۷	۴	۱۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بندرعباس	۱۷۴	۷۷۳۵	۱۰۲	۷۰۲۶	۶۰	۶۱۶۱	۳۹	۵۳۰۵	۳۰	۴۶۲۲	۱۹	۳۵۰۲
بندرلنگه	۱۱۳	۵۹۴۶	۶۴	۵۴۸۵	۳۹	۴۹۹۳	۲۲	۴۳۵۴	۱۸	۴۰۶۰	۱۸	۴۰۶۰
بوشهر	۱۹۴	۶۹۶۴	۸۰	۵۹۰۶	۳۶	۵۰۷۰	۲۸	۴۷۸۸	۲۵	۴۵۸۷	۲۳	۴۳۷۰
بیرجند	۲۱۱	۶۶۵۹	۹۹	۵۵۶۰	۴۴	۴۴۸۲	۲۷	۳۸۳۴	۲۱	۳۳۶۱	۲۰	۳۲۴۲
تبریز	۲۸۴	۴۸۶۱	۹۵	۳۰۴۰	۳۳	۱۸۳۴	۱۴	۱۰۵۴	۲	۲۰۵	۰	۰
تربت حیدریه	۲۳۸	۵۸۲۵	۹۵	۴۴۶۱	۴۶	۳۴۶۳	۲۶	۲۵۹۶	۱۴	۱۶۸۳	۶	۸۴۱
تهران	۲۷۷	۵۶۴۴	۱۰۲	۳۹۸۴	۴۳	۲۸۷۱	۲۲	۲۰۲۵	۱۲	۱۳۱۴	۳	۴۱۵
جاسک	۱۷۲	۴۸۳۲	۸۸	۴۰۱۷	۴۵	۳۱۶۱	۲۶	۲۳۵۶	۱۱	۱۲۳۸	۴	۵۲۷
جلفا	۱۲۸	۷۷۳۴	۷۹	۷۲۵۲	۵۳	۶۶۹۱	۳۵	۵۹۰۹	۳۱	۵۶۲۸	۲۱	۴۵۹۰
خرم آباد	۲۰۴	۵۴۵۶	۶۷	۴۱۲۶	۳۸	۳۵۶۲	۲۶	۳۰۷۲	۱۸	۲۴۸۴	۱۳	۱۹۷۸
خوی	۳۴۳	۵۱۹۲	۱۱۱	۲۹۲۷	۲۶	۱۳۰۰	۸	۵۴۸	۰	۰	۰	۰
درفول	۱۹۲	۵۷۷۴	۶۲	۴۵۰۱	۲۶	۳۸۲۲	۲۳	۳۷۰۹	۲۱	۳۵۵۹	۲۱	۳۵۵۹
دوشان تپه	۲۶۹	۵۶۸۱	۹۸	۴۰۸۹	۳۹	۲۹۱۸	۲۲	۲۲۴۹	۱۳	۱۵۹۶	۵	۷۹۶
رامسر	۲۶۵	۳۰۸۷	۵۱	۱۰۹۰	۶	۲۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰
رشت	۲۵۰	۲۸۶۲	۴۸	۹۶۰	۲	۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
زابل	۱۶۵	۷۷۹۷	۸۱	۶۹۹۱	۴۳	۶۲۱۸	۲۸	۵۵۸۴	۲۴	۵۲۹۷	۲۴	۵۲۹۷
زاهدان	۲۱۰	۷۷۴۸	۱۱۷	۶۸۳۰	۵۳	۵۵۷۲	۳۳	۴۷۶۹	۲۳	۳۹۸۴	۲۰	۳۶۸۰
زنجان	۲۵۹	۴۶۹۴	۹۵	۳۱۳۹	۴۲	۲۰۹۳	۱۲	۹۲۱	۲	۲۰۳	۰	۰
سبزوار	۲۷۹	۶۲۸۵	۱۰۷	۴۶۲۰	۴۴	۳۳۹۸	۲۶	۲۶۶۲	۱۵	۱۸۹۴	۹	۱۲۸۳
سقز	۲۳۷	۴۹۷۵	۷۸	۳۴۸۰	۴۲	۲۷۸۲	۲۴	۲۰۸۷	۹	۱۰۲۷	۳	۴۳۴
سمنان	۲۹۶	۶۸۲۷	۱۵۳	۵۳۹۸	۶۱	۳۵۴۵	۲۰	۱۸۶۵	۱۰	۱۱۴۵	۴	۵۲۷
سنندج	۲۰۷	۵۲۳۰	۶۱	۳۸۷۰	۳۶	۳۴۲۲	۲۹	۳۱۲۱	۱۹	۲۴۰۶	۱۱	۱۶۱۷
شاهرود	۳۲۲	۶۱۷۵	۱۴۶	۴۴۶۹	۴۹	۲۵۶۶	۱۴	۱۲۱۷	۷	۷۰۲	۰	۰
شرق اصفهان	۲۵۲	۷۰۴۹	۱۲۲	۵۸۲۷	۵۰	۴۳۵۶	۳۱	۳۵۶۴	۱۸	۲۵۲۸	۱۲	۱۸۹۱
شهرکرد	۲۳۴	۵۸۸۷	۸۲	۴۴۷۵	۴۵	۳۷۶۹	۲۶	۲۹۳۱	۱۷	۲۲۵۹	۹	۱۴۳۴
شیراز	۱۷۳	۵۳۳۱	۷۷	۴۴۴۳	۳۸	۳۷۰۴	۲۵	۳۲۱۷	۱۷	۲۶۰۶	۱۳	۲۱۵۹
طبس	۱۷۷	۶۳۶۶	۸۸	۵۴۷۶	۴۲	۴۵۳۹	۲۴	۳۸۶۵	۲۲	۳۷۲۰	۲۰	۳۵۱۹
فرودگاه همدان	۲۲۸	۵۲۵۳	۸۵	۳۸۸۹	۳۸	۲۹۸۶	۲۲	۲۲۸۸	۱۳	۱۶۹۳	۸	۱۱۵۹
فسا	۲۳۴	۷۱۲۶	۱۲۳	۶۰۹۵	۶۷	۴۹۳۹	۳۴	۳۴۹۸	۱۴	۱۹۹۶	۱۰	۱۵۷۹
قزوین	۲۵۹	۵۱۳۸	۹۴	۳۵۸۶	۴۳	۲۵۸۶	۲۰	۱۶۲۴	۷	۶۹۳	۰	۰
کاشان	۲۴۸	۶۷۸۹	۱۱۱	۵۵۰۴	۵۴	۴۴۰۸	۳۱	۳۴۹۶	۱۸	۲۵۴۴	۱۱	۱۸۰۳
کرمان	۲۱۲	۶۸۵۱	۱۰۷	۵۸۶۷	۵۷	۴۸۶۱	۳۴	۳۸۶۰	۲۱	۲۸۷۱	۱۲	۱۹۳۱
کرمانشاه	۲۰۸	۵۲۴۸	۶۴	۳۸۷۹	۳۵	۳۳۱۹	۲۱	۲۶۹۹	۲۰	۲۶۱۴	۱۳	۱۸۹۶
گرگان	۳۱۷	۳۷۰۸	۶۲	۱۲۵۸	۳	۹۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مشهد	۲۷۵	۵۶۱۳	۹۰	۳۸۵۷	۴۵	۲۹۳۰	۲۰	۱۸۹۷	۱۲	۱۳۲۶	۴	۵۲۲
نوژه همدان	۲۳۱	۵۰۸۶	۸۵	۳۶۸۶	۴۱	۲۸۴۲	۲۳	۲۰۶۰	۸	۹۶۸	۴	۵۷۱
یزد	۲۲۰	۷۵۶۵	۱۲۴	۶۶۷۴	۵۵	۵۲۹۶	۳۰	۴۳۶۰	۲۳	۳۸۲۸	۲۰	۳۵۲۰

آستانه ۰/۱ میلی متر) و مجموع کلّ روزهای تشکیل دهنده دوره ها

نکویی برازش توسّط زنجیره های مارکوف

در این قسمت توزیع تجربی فراوانی دوره های خشک با طول مدّت های ۱، ۲، ۳، ..... و ۱۰ روزه در قالب ماتریس های فراوانی انتقالات و ماتریس های احتمال انتقالات برای مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف، تا مرتبه دهم، تهیه و محاسبه گردیدند. برای مثال احتمال یک روز خشک بعد از یک روز خشک دیگر در قسمت وسیعی از ایران بالا است (جدول ۳). به عبارت دیگر تداوم روزهای خشک طولانی تر است. لذا،احتمال برازش توزیع تجربی آنها بر زنجیره های مارکوف مرتبه های بالاتر امکان پذیر است. به همین دلیل زنجیره های مارکوف مرتبه های مختلف، تا مرتبه دهم، برای هر ایستگاه مورد آزمون قرار گرفت. برازش هر کدام از

مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف با استفاده از آزمون χ^2 و در سطح احتمالاتی $\alpha = 0.05$ و با درجه آزادی $df = (r-1)(c-1)$ آزمون شدند که r نشان دهنده تعداد ردیف ها و c تعداد ستون های هر یک از ماتریس های احتمالات انتقال می باشند. پهنه بندی ایران براساس بالاترین مرتبه زنجیره مارکوفی که نکوئی برازش آن بر توزیع تجربی عمومی دوره های خشک مناسب تشخیص داده شده اند در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- پهنه بندی ایران براساس پایین ترین مرتبه زنجیره مارکوف که بر توزیع تجربی عمومی دوره های خشک منطبق هستند.

نکته جالب توجّه آن است که توزیع تجربی دوره های خشک تمام ایستگاه های مورد مطالعه بر یکی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف برازش دارند. به طوری که در مرکز و جنوب شرق ایران و استثناً ایستگاه تبریز در شمال غرب ایران یک زنجیره مارکوف مرتبه سوم یک مرتبه مناسب و قابل قبول می باشد. حتّی در مورد دو ایستگاه چابهار و بم، زنجیره مارکوف مرتبه دوم برازش بهتری دارد. در ادامه، در ۱۷ ایستگاه مرتبه چهارم، در ۱۱ ایستگاه مرتبه پنجم و تنها در یک ایستگاه و آن هم ایستگاه رامسر مرتبه ششم مورد نیاز است. توجّه نمایید که نیمی از ایستگاه های تحلیل شده منطبق بر مرتبه های دو، سه و چهار زنجیره مارکوف هستند که تأیید کننده مفید بودن و ساده بودن مدل های مارکوفی برای مطالعه دوره های خشک در بخش بزرگی از ایران می باشد (جدول ۵). لذا،زنجیره های مارکوف به خوبی طول مدّت دوره های خشک را در کثیری از ایستگاه های ایران تخمین می زند و در برخورد با مرتبه های پایین تر محاسبات همیشه کوتاه تر و آسان تر است.

جدول ۳- احتمال یک روز خشک بعد از یک روز خشک دیگر، P_{dd} (براساس آستانه ۰/۱ میلیمتر) و اوّلین و بهترین مرتبه معنادار زنجیره های مارکوف که توزیع عمومی دوره های خشک بر آن برازش دارند.

	آستانه ۰/۱ میلیمتر بارش در روز		
ایستگاه		برازش معنادار	بهترین برازش
آبادان	۹۳/۸۵	٤	٤
اراک	۸۷/۹٤	٤	۳
اردبیل	۸۳/۲۵	۵	۷
ارومیه	۸٦/٦۵	۵	۵
اصفهان	۹۲/۹۹	۳	۳
اهواز	۹۲/۵۷	٤	۶
ایرانشهر	۹٦/۰۳	۳	۳
بیرجند	۹۲/۷۷	٤	۵
بابلسر	۸۲/۲۷	٤	٦
بم	۹٦/۲٤	۲	۲
بندرانزلی	۷۸/۰۲	۵	۲
بندرعباس	۹٦/۲۵	۳	۳
بندرلنگه	۹٦/۸۳	۳	۳
بوشهر	۹۳/۸٦	٤	۵
تبریز	۹٤/٦۱	۳	۳
تربت حیدریه	۹۰/۳۲	٤	٤
تهران	۸۸/٦۲	٤	۵
جاسک	۹٤/٤۵	۳	۳
چابهار	۹۷/۵۰	۲	۳
خرم آباد	۸۸/٦۱	۵	۲
خوی	۸۵/۸٦	۵	۷
دزفول	۹۱/۳۳	٤	٤
دوشان تپه	۸۸/۷۲	۵	۵
رامسر	۷۸/۱٦	٦	٤
رشت	۷۷/٤۵	۵	۲
زابل	۹٦/۱۹	۳	۳
زاهدان	۹۵/٦۰	۳	۳
زنجان	۸٤/۸۰	۵	۳
سبزوار	۹۰/٦۸	٤	۷
سقز	۸٦/٤۷	۵	۲
سمنان	۹۲/۱۱	٤	٤
سنندج	۸۷/۷۷	۵	۲
شرق اصفهان	۹۳/۳۳	٤	۱۰
شهرکرد	۸۹/۹۲	٤	٤
شاهرود	۸۹/۹۱	٤	٤
شیراز	۹۲/۳۸	٤	٤
طبس	۹٤/٦۱	۳	۳
فرودگاه همدان	۸۷/۵۷	٤	۳
فسا	۹٤/۱۵	۳	۸
قزوین	۸٦/٦۳	۵	۳
کاشان	۹۲/٦۸	٤	۱۰
کرمان	۹۳/۳۷	٤	٦
کرمانشاه	۸۸/۱۰	٤	۱
گرگان	۸۰/۳۵	۵	٦
مشهد	۸۸/۵۹	۵	٤
نوژه همدان	۸٦/۹۱	۵	۳
یزد	۹۵/۱۱	۳	۳

ناحیه بندی

بار دیگر برازش هایی که از توزیع عمومی دوره های خشک (آستانه ۰/۱ میلیمتر) با استفاده از مرتبه های مختلف زنجیره های مارکوف برای هر ایستگاه محاسبه شده بودند جهت بررسی دنباله ها یعنی طولانی ترین دوره های خشک یا خشکسالی های عمده مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور فراوانی های تجربی و فراوانی های محاسبه شده توسّط زنجیره های مارکوف با طول دوره های خشک برابر یا بیشتر از ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روزه با یکدیگر مقایسه شده اند که دو نمونه از آن در جدول ۴ نشان داده شده اند.

در ابتدا ایستگاه رامسر که قبلاً توزیع عمومی آن با زنجیره مارکوف مرتبه ۶ به خوبی منطبق شده بود (جدول ۳)، دارای ۵۱ دوره خشک با طول مدّت برابر یا بیشتر از ۱۵ روز است که این ۵۱ دوره به خوبی توسّط زنجیره مارکوف مرتبه ششم تخمین زده می شود. همچنین دوره های با طول مدّت برابر یا بیشتر از یک ماه که فراوانی آنها برای این ایستگاه ۶ مورد بوده است؛ مشاهده می شود که توسّط زنجیره مارکوف مرتبه دهم به خوبی تخمین زده می شود. در نتیجه در ایستگاه رامسر خشک سالی یک پدیده مارکوفی با مرتبه های بالاتر به شمار می رود (جدول ۴).

در مورد دوم، دزفول که توزیع عمومی دوره های خشک آن قبلاً با یک زنجیره مارکوف مرتبه چهارم منطبق بوده است (جدول ۳)، مشاهده می شود که تعداد تجربی دوره های خشک با طول مدّت ۶۰ روز و بیشتر آن به طور قابل محسوسی در هیچ کدام از برآوردهای مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف به خوبی تخمین زده نشده اند. همچنین دوره های خشک با طول برابر و بیشتر از ۹۰ روز به نسبت های متفاوتی به وسیله هر کدام از زنجیره های مارکوف بسیار بالا برآورد شده اند. بنابراین، زنجیره های مارکوف تعداد طول دوره های خشک این ایستگاه را بیشتر از تعداد تجربی آن پیش بینی می کنند. بنابراین، دنباله های توزیع طول دوره های خشک در این ایستگاه رفتار مارکوفی از خود نشان نمی دهند.

ایستگاه	دوره های خشک	مارکوف مرتبه ۱	مارکوف مرتبه ۲	مارکوف مرتبه ۳	مارکوف مرتبه ٤	مارکوف مرتبه ٥	مارکوف مرتبه ٦	مارکوف مرتبه ۷	مارکوف مرتبه ۸	مارکوف مرتبه ۹	مارکوف مرتبه ۱۰
رامسر											
۷	۲٦٥	۱۱۲/۳٥	۱٤۸/٥۲	۱۹۱/۷۰	۲٥۷/۹٥	۳٤۷/٤۹	٤۳۲/۹۱	٥۱۹/۹۲	٥۷٤/۱٤	٦۲۷/۳۸	٦۷٥/۱۱
۱٥	٥۱	۰/۰۰	۰/۷۷	۰/۰۲	۳/٥٦	۲۲/۱۹	٥۳/۲۲	۹٦/٤٤	۱۲۹/٤٦	۱٦٥/۸۰	۲۰۱/٤٦
۳۰	٦	۲۳۳/٤۳	۳۲۸/٤٦	۳۳٤/۳٦	۲۸۲/۳۲	۲۰۱/۰۱	۱۳۱/۰۷	۷۲/۱٦	٤۱/٦۹	۱۹/۰٥	٥/۷۷
٦۰	۰	٥۳۳/٤۸	٦۸۲/۳۰	۷۱۸/٤۸	٦۷۹/۷٤	٥۹۳/٦۷	٥۰٦/٤۸	٤۱٦/٦۷	۳٥۹/۳٥	۳۰۳/۱۰	۲٥۳/۰۸
۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دزفول											
۷	۱۹۲	۷۲/۷۳	۱۰۸/۸٤	۱٤۹/۱۹	۱۹٤/۷٥	۲۳٤/۱۸	۲۷۰/٦۰	۳۱۱/٤۹	۳۲۸/٥۸	۳٥۸/٤۸	۳۹٤/۷۰
۱٥	٦۲	٦۲/٥۳	۹۰/٥٥	۱۲۳/٥۸	۱٦۲/٥۳	۱۹٦/۷٥	۲۲۸/۹۰	۲٦٥/۸۹	۲۸۰/۸۲	۳۰۸/۱۹	۳٤۱/۹٤
۳۰	۲٦	۲۸.٥٥	۷۷/۸۹	۱۰٦/۰٦	۱٤۰/٥۸	۱۷۱/۳۳	۲۰۰/٦٥	۲۳٥/۰٤	۲٤۸/٦۲	۲۷٤/۳۳	۳۰٦/٤٥
٦۰	۲۳	٥۳/۹۱	۷٥/٥۳	۱۰۲/۸۱	۱۳٦/٥۱	۱٦٦/٦۳	۱۹٥/٤٤	۲۲۹/۳٤	۲٤۲/٦۹	۲٦۸/۱۰	۲۹۹/۹۱
۹۰	۲۱	٥۲/۰۱	۷۲/۲۸	۹۸/۳٤	۱۳۰/۹۲	۱٦۰/۱۷	۱۸۸/۲٦	۲۲۱/٥۰	۲۳٤/٥۲	۲٥۹/٥۲	۲۹۰/۹۱
۱۲۰	۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

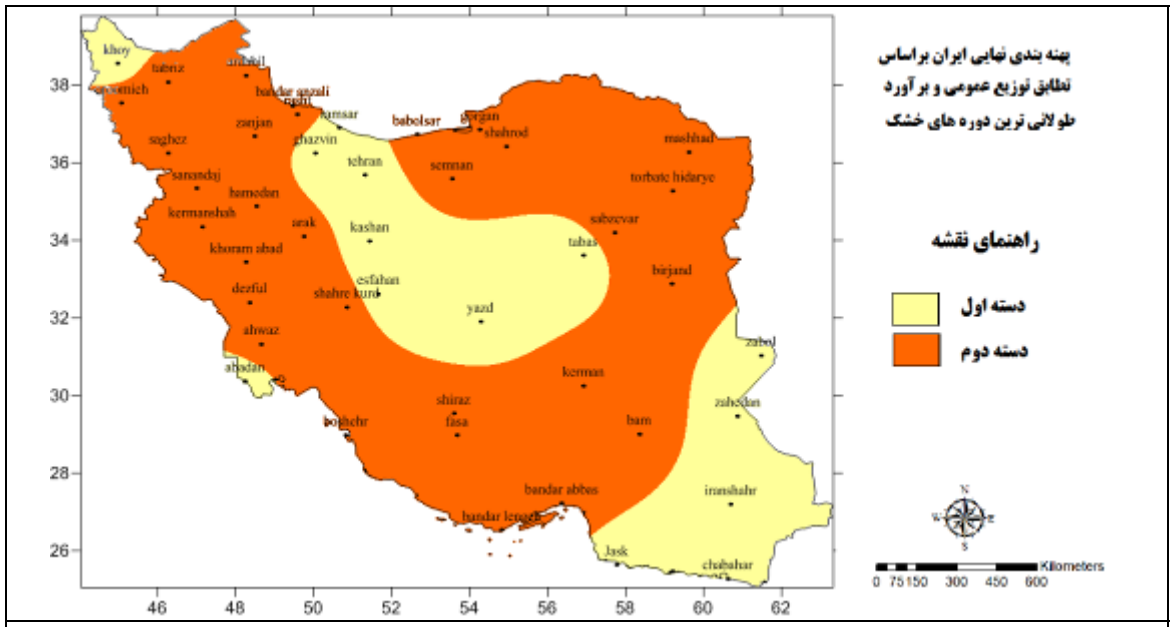
شکل ۴- فراوانی های تجربی و برآورد شده توسّط مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف برای دوره های خشک با طول مدّت مساوی یا بیشتر از ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز در دو ایستگاه رامسر و دزفول

دو مورد ذکر شده در بالا مثال هایی از دو دسته از ایستگاه ها هستند که عبارتند از: (۱) ایستگاه هایی که توزیع دوره های خشک آنها به خوبی با زنجیره مارکوف منطبق می شوند. همچنین طولانی ترین دوره های خشک آنها به خوبی توسّط یکی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف تخمین زده می شوند. (۲) ایستگاه

هایی با توزیع عمومی دوره های خشک قابل انطباق با زنجیره مارکوف امّا، با اختلافات قابل توجّه در برآورد تعداد طولانی ترین دوره های خشک.

اوّلین گروه، ۱۵ ایستگاه را شامل می شوند: قزوین، رامسر، تهران، کاشان، اصفهان، شرق اصفهان، یزد، طبس، زابل، زاهدان، ایرانشهر، جاسک، چابهار، آبادان، خوی. این ۱۵ ایستگاه به استثنای دو ایستگاه خوی (شمال غرب) و آبادان (جنوب غرب) بخش های مرکزی و جنوب شرق ایران را به خود اختصاص داده اند (شکل ۱۲). در گروه دوم ۳۲ ایستگاه وجود دارند که به صورت یک دایره توخالی دورتا دور ایران مرکزی را در برگرفته اند.

به طور کلّی، عرض های جغرافیایی پایین تر، بیشتر تحت تأثیر الگوهای سینوپتیکی جنب حارّه هستند که خود را به صورت خشک سالی های طولانی مدّت تر به خصوص در فصل تابستان نشان می دهند. بنابراین، در فصل گرم سال، زمانی که در شمال ایران بادهای مرطوب عبوری از روی دریای خزر سبب بارش هایی در این منطقه می شوند، در جنوب ایران اثر چرخند جنب حارّه ای در تروپوسفر میانی و فوقانی سبب پایداری جوی بزرگی می شود. دوره های خشک در شمال ایران نسبتاً کوتاه هستند. یعنی ماندگاری و تداوم روزهای خشک پایین هستند. در نتیجه مدل های مارکوفی مرتبه های مختلف به خوبی آنها را تخمین می زنند. امّا، در مرکز و جنوب ایران طول دوره های خشک بسیار طولانی تر هستند. یعنی ماندگاری و تداوم روزهای خشک بسیار بالا است که مدل های مارکوفی در ارایه برآوردهای قابل قبول ناتوان هستند. حتّی اگر مرتبه زنجیره ها نیز افزایش داده شود، مدل های مارکوفی در جنوب، جنوب غرب، غرب، شمال غرب و شمال شرق ایران نتایج قابل قبولی در اختیار نمی گذارند، چون که بهبود نسبی در تخمین دوره های خشک طولانی در دوره های کوتاه پنهان می شوند.



شکل ۱۲- پهنه بندی نهایی ایران براساس تطبیق توزیع عمومی برآورد طولانی ترین دوره های خشک (توضیحات در داخل متن آورده شده است)

نتیجه گیری

طول دوره های خشک در بخش نسبتاً وسیعی از ایران با آستانه ۰/۱ میلی متر برای تعریف یک روز بارشی بسیار بالا است. چنان چه میانگین طول دوره های خشک از شمال به جنوب از کم تر از ۶ روز تا بیشتر از ۳۰

روز افزایش می یابد. با آستانه ۱ میلی متر درصد روزهای خشک در جنوب شرق ایـران از ۹۰ درصـد مجمـوع روزها تجاوز می کند. طول دوره های خشک با آستانه ۱۰ میلی متر بین شمال و جنوب شرق کشور به ترتیب از ۱۱ روز تا بیش از ۱۶۲ روز افزایش می یابد.

حدّاکثر طول دوره های خشک در جنوب شرق و در برخی از قسمت های نیمه جنوبی ایران با آستانه ۰/۱ میلی متر از ۸ و حتّی ۹ ماه تجاوز می کند. طولانی ترین دوره های خشک، در طـول دروه مـورد مطالعـه بـه ترتیب طولی برابر ۳۱۰، ۲۹۱ و ۲۷۵ روز، در شهرهای منطقه جنوب شرق یعنی چابهار، بندرلنگه و زابل ثبت شده است. با آستانه ۱۰ میلی متر ایستگاه هایی در مرکز و جنوب شرق طول دوره های خشکی برابر با تقریباً یکسال داشته اند (شاهرود، اصفهان، طبس، یزد، ایرانشهر، بندرلنگه، چابهار، زابل و زاهـدان). امّـا، بـرای دوره های ۳۰ روز و بیشتر مشاهده شد که تمامی ایستگاه های مطالعه شده، در طول دوره مورد مطالعه حـدّاقل ۲ دوره مساوی یا بیشتر از یک ماه را داشته اند. به طوری که ایستگاه رشت با ۲ مورد و ایستگاه بم بـا ۷۶ مـورد به ترتیب دارای کم ترین و بیشترین فراوانی ها بوده اند.

همچنین توزیع تجربی دوره های خشک تمام ایستگاه های مورد مطالعه حاکی از برازش آنهـا بـر یکـی از مرتبه های مختلف زنجیره مارکوف بوده است. به طوری که در مرکز و جنوب شـرق ایـران و اسـتثناً ایسـتگاه تبریز در شمال غرب ایران یک زنجیره مارکوف مرتبه سوم یک مرتبه مناسب و قابل قبول می باشد. حتّـی در مورد دو ایستگاه چابهار و بم، زنجیره مارکوف مرتبه دوم برازش بهتری دارد. در ادامه، در ۱۷ ایسـتگاه مرتبـه چهارم، در ۱۱ ایستگاه مرتبه پنجم و فقط در یک ایستگاه (رامسر) مرتبه ششم مورد نیاز است. توجّه نماییـد که نیمی از ایستگاه های تحلیل شده منطبق بر مرتبه های دو، سه و چهار زنجیره مارکوف هستند کـه تأییـد کننده مفید بودن و ساده بودن مدل های مارکوفی برای مطالعه دوره های خشک در بخش بزرگی از ایران می باشد.

بنابر انطباق توزیع دوره های خشک و برآوردهای تعداد طولانی ترین دوره ها، ایران می تواند به دو ناحیـه تقسیم بندی شود: یک نواحی مرکزی و جنوب شرق ایران که توزیع دوره های خشک آنها به خوبی با زنجیـره مارکوف منطبق می شوند و همچنین طولانی ترین دوره های خشک آنها به خوبی توسّط یکی از مرتبـه هـای مختلف زنجیره مارکوف تخمین زده می شوند به طوریکه خشکسالی می تواند به عنوان یک پدیـده مـارکوفی در نظر گرفته شود و دوم بقیه نواحی ایران که تطبیقات قابل قبول هستند. امّا، برآوردهای مدل مقـادیری بـه نسبت بالاتر یا پایین تر تر از مقادیر تجربی ارایه می دهند.

به طور کلّی در عرض های جغرافیایی پایین تر اثر الگوهای همدیدی جنب حارّه ای در ایران بـه خصـوص در فصل تابستان بیشتر است. در جنوب نفوذ آنتی سـیکلون جنـب حـارّه ای در لایـه هـای میـانی و فوقـانی تروپوسفر در تابستان سبب پایداری جوی بزرگی می شود که آن خود را در قالب خشـک سـالی هـای بسـیار طولانی نشان می دهد. در این مورد مدل های مارکوفی از دادن برآوردهای قابل قبول ناتوان هستند

سپاسگزاری

در این جا نویسندگان این مقاله از همکـاری جنـاب آقـای مهنـدس سـامان حیـدری از مرکـز تحقیقـات هواشناسی کاربردی استان کردستان برای برنامه نویسی مورد نیاز این پژوهش جهـت اسـتخراج حالـت هـای مختلف زنجیره های مارکوف تا مرتبه دهم سپاسگزاری می کنند.

منابع

۱. آشگر طوسی، شادی، امین علیزاده و سهیلا جوانمرد (۱۳۸۲). **پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان**. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۸ ، صص ۱۲۸-۱۱۹.

۲. جعفری بهی، خدابخش (۱۳۷۸). **تحلیل آماری دوره های تر و خشک بارندگی در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از زنجیره مارکوف**. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. جلالی، مسعود، حلیمه کارگر و صغری سلطانی (۱۳۹۰). **بررسی احتمال وقوع روزهای بارانی در شهر ارومیه با استفاده از مدل زنجیره مارکوف**. فصلنامه فضای جغرافیایی، سال یازدهم، شماره ۳۵، صص ۲۵۷-۲۳۵.

۴. ذوالفقاری، حسن (۱۳۷۹). تحلیل **الگوهای زمانی و مکانی بارش های روزانه در غرب ایران با استفاده از روش های آماری و سینوپتیکی**. رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۵. رسولی، علی اکبر (۱۳۶۹). **آنالیز بارش های روزانه در آذربایجان**. هفتمین کنگره جغرافی دانان ایران. تهران.

۶. رضیئی، طیب، پیمان دانش کارآراسته، روح انگیز اختری و بهرام ثقفیان (۱۳۸۶). **بررسی خشکسالی های هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف**. تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۱، صص ۳۵-۲۵.

۷. سلطانی، سعید و رضا مدرّس (۱۳۸۵). **تحلیل فراوانی و شدّت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان**. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۱، صص ۲۶-۱۵.

۸. طالشی، عبدالله (۱۳۸۴). **مدلسازی بارش های سالانه ایران با استفاده از روش زنجیره مارکوف**. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۹. عساکره، حسین (۱۳۸۷). **بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف**. تحقیقات منابع آب ایران، سال چهارم، شماره ۲، صص ۵۶-۴۶.

۱۰. عساکره، حسین و فرشته مازینی (۱۳۸۹). **بررسی احتمال وقوع روزهای خشک در استان گلستان با استفاده از مدل زنجیره مارکوف**. جغرافیا و توسعه، شماره ۸، صص ۴۴-۲۹.

۱۱. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). **منابع رطوبت بارندگی ایران**. دانشکده ادبیّات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۷۴.

۱۲. علیجانی، بهلول، زین العابدین جعفرپور و حیدر قادری (۱۳۸۴). **تحلیل و پیش بینی بارش های منطقه لارستان با استفاده از مدل زنجیره مارکوف**. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دوم، شماره ۷، صص ۱۰-۱.

۱۳. علیزاده، امین (۱۳۸۳). **اصول هیدرولوژی کاربردی**. مشهد: انتشارات دانشگاه امّا،م رضا (ع).

۱۴. علیجانی، بهلول، پیمان محمودی، اله بخش ریگی چاهی و پرویز خسروی (۱۳۸۹). **بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکوف**. پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۲۰-۱.

۱۵. علیجانی، بهلول، پیمان محمودی، عبدالجبار چوگان و مرتضی بیشه نیاسر (۱۳۹۰). **بررسی ساختار تداوم دو وضعیّتی بارش های سالانه جنوب ایران با استفاده از مدل وضعیّت نهان زنجیره مارکوف**. جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، صص ۱۶-۱.

۱۶. فولادمند، حمید رضا (۱۳۸۵). **پیش بینی بارندگی روزانه و سالانه و تعداد روزهای بارانی در سال با استفاده از زنجیره مارکوف در یک منطقه نیمه خشک**. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، سال دوازدهم، شماره ۱، صص ۱۲۴-۱۱۳.

۱۷. محمودی، پیمان و هوشنگ آقایی هشتجین (۱۳۸۹). **تجزیه و تحلیل همزمانی و هم مکانی روزهای بارش در استان کردستان**. رشد آموزش جغرافیا، دوره بیست و چهارم، شماره ۴، صص۵۹-۵۲

۱۸. مشکانی، محمد رضا (۱۳۶۳). **بررسی احتمال تواتر روزهای خشک بابلسر از دیدگاه بیز تجربی**. مجله آب، شماره ۳، صص ۴۹-۳۷.

۱۹. هاشمی، فریدون (۱۳۴۵). **تجزیه و تحلیل استاتیستیکی از سرمای تهران**. تهران: سازمان هواشناسی کشور، صص ۱۲۰-۱.

۲۰. یوسفی، نصرالله، سهراب حجام و پرویز ایران نژاد (۱۳۸۶). **برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیره مارکوف و توزیع نرمال (مطالعه موردی: قزوین)**.پژوهش های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۶۰، صص ۱۲۸-۱۲۱

21. *Berger, A. and Goossens, Chr. (1983).* ***Persistence of wet and dry spells at Uccela (Belgium)****. International Journal of Climatology, Volume 3, Issue 1, pages 21-34.*
22. *Buishand, T. (1978).* ***Some remarks on the use of daily rainfall models****. Journal of Hydrology, Volume 36, Issue 3-4, pages 295-308.*
23. *Caskey, J. E. (1963).* ***A markov chain model for the probability of precipitation occurrence in intervals of various lengths****. Monthly Weather Review, Volume 91, Issue 6, pages 298-301.*
24. *Chin, E. H. (1977).* ***Modelling daily precipitation occurrence process with Markov chain****. Water Resources Research, Volume 13, Number 6, pages 949-956.*
25. *Dahale, S. D., Panchawagh, N., Singh, S. V., Ranatunge, E. R. and Brikshavana. (1994).* ***Persistence in rainfall occurrence over Tropical South-East Asia and equatorial Pacific****. Theoretical and Applied Climatology, Volume 49. Issue 1, pages 27-39.*
26. *Domroes, M and Ranatung, E., (1993).* ***A Statistical approach toward a regionalization of daily rainfall in Sri Lanka****. Int. J. Climatol., 43.*
27. *Douguedroit, A. (1987).* ***The variation of dry spells in Marseilles from 1865 to 1984.*** *Journal of Climatology, Volume 7, Issue 6, pages 541-551.*
28. *Eriksson, B. (1965).* ***A climatological study of persistency and probability of precipitation in Sweden****. Tellus, Volume 17, Issue 4, Pages 484-497.*
29. *Gabriel, K.R. and Neumann, J. (1962).* ***A Markov chain model for daily rainfall occurrence at Tel Aviv****. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Volume 81, Issue 375, pages 90-95.*
30. *Han, C. T., Allen, D. M. and Street, J. O. (1976).* ***A Markov Chain Model of daily rainfall.*** *Water Resources Research, Volume 12, Number 3, pages 443-449.*
31. *Katz, R. W. (1977).* ***Precipitation as a chain-dependent process****. Journal of Applied Meteorology, Volume 16, Issue 7, pages 671-676.*
32. *Martin-Vide, J. and Gomez, L. (1999).* ***Regionalization of Peninsular Spain based on the length of dry spells****. International Journal of Climatology, Volume 19, Issue 5, pages 537-555.*
33. *Moon, S. E., Ryoo, S. B. and Kwon, J. G. (1994).* ***A Markov chain model for daily precipitation occurrence in South Korea****. International Journal of Climatology, Volume 14, Issue 9, pages 1009-1016.*
34. *Nobilis, F. (1986).* ***Dry spells in the Alpine country Austria****. Journal of Hydrology, Volume 88, Issues 3-4, pages 235-251.*
35. *Stern, R. D. (1982).* ***Computing a probability distribution for the start of the rains from a Markov Chain Model for precipitation****. Journal of Applied Meteorology, Volume 21, Issue 3, pages 420-422.*
36. *Todorovic, P. and Woolhieser, D. A. (1975).* ***A stochastic model of n-day precipitation****. Journal of Applied Meteorology, Volume 14, Issue 1. Pages 17-24.*