Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۲
تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۶۷-۱۴۹

سید حسین میرموسوی[۱]
حسن زهره وندی[۲]

تحلیل بارش های هفته ای استان همدان جهت بررسی احتمال تواتر هفته های خشک و مرطوب

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱۲/۲۸

چکیده

یکی از مهم ترین عوامل موثر در مدیریت صحیح منابع آب، شناخت دقیق احتمالات رخداد بارش و نحوه توزیع روزهای متوالی خشک و بارانی است. چنین شناختی می تواند زمینه های مناسبی برای برنامه ریزان در جهت مقابله با اثرات مخرب خشکسالی ها و نوسانات شدید بارش ارائه دهد.

در این مطالعه، به منظور تحلیل احتمالات رخداد بارش در استان همدان، از ۷ ایستگاه هواشناسی این استان و داده های روزانه بارش استفاده شده است. روش مورد استفاده در این مطالعه مدل مرتبه اول زنجیره مارکوف می باشد. آمار بارش روزانه بر اساس ماتریس شمارش تغییر حالت روزهای بارانی و فاقد بارش مرتب شده، سپس ماتریس احتمال تغییر وضعیت بر اساس روش x2 و آزمون علیه روند اسپیرمن محاسبه گردید. با توان های مکرر این ماتریس، احتمال پایا و دوره بازگشت روزانه هر یک از دو حالت بارش و خشکی برآورد و دوره های بازگشت خشکی های ۳، ٤، ٥، ٦ و ۷ روزه در طول سال و به صورت هفتگی (برای ۵۲ هفته سال) محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین احتمال وقوع روزهای خشک متوالی، خشکی های ۳ روزه و کم ترین احتمال وقوع، خشکی متوالی ۷ روزه می باشد. احتمال دوره بازگشت خشکی متوالی ۳ روزه در طی فصول تابستان و پاییز به

۱- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه زنجان Email: hossein.mousavi047@gmail.com
۲- کارشناس ارشد اقلیم در برنامه ریزی محیطی دانشگاه زنجان Email: h.zohrehvandi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

حدود ۱۰۰ درصد رسیده ولی به طور کلی در هیچ کدام از هفته های سال میزان این احتمال کم تر از ۸۰ درصد نیست. از هفته ٢٤ تا ۳۸ که شامل ماه های جولای و آگوست در فصل تابستان می باشد. احتمال خشکی متوالی ۷ روزه نیز به حدود ۱۰۰ درصد می رسد. نتایج محاسبه توزیع احتمال هفته های توام با بارندگی نشان داد که در اکثر ایستگاه ها از هفته ۱ تا ۲۱ و ٤۲ تا ۵۲ بیشترین احتمال وقوع بارش در طول سال وجود دارد و درهفته های ۲۲ تا ٤۱ احتمال بارش به حداقل میزان خود می رسد کمترین احتمالات روزهای خشک متوالی ۷ روزه در فصل بهار و حداقل آن در هفته های ۱۱ و ۱۲ با احتمال ٤۵ درصد می باشد .

کلید واژه ها: روز های خشک متوالی، زنجیره مارکوف، احتمالات بارش، استان همدان.

مقدمه

در ایران بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی توان بالقوه دسترسی به منابع آب است؛ اما با توجه به اینکه توزیع زمانی مکانی این متغیر، بسیار ناموزون است، توزیع منابع آب کشور نیز یکنواخت نیست. نگهداری و مدیریت منابع آب ضمن اینکه تابعی از بارش دریافتی است به تغییر پذیری بارش نیز بستگی دارد. هرچه تغییرات مکانی بارش کوچکتر باشد همگنی و یکدستی منابع آب نیز بیشتر می شود. از سوی دیگر، هر چه تغییر پذیری زمانی بارش کمتر باشد منابع آب نیز با ثبات تر خواهد بود و عرضه دائمی آب امکان پذیر می شود. به همین دلیل تغییرپذیری زمانی بارش در ارزیابی منابع آب آبخیزها و مطالعه نسبی منابع آب محلی ومنطقه ای اهمیت زیادی دارد. در رابطه با استفاده از مدلسازی جهت تحلیل روزهای خشک متوالی مطالعات زیادی در جهان انجام گرفته است از آن جمله می توان به مطالعات الفکی و افرینک[3](۱۹۹٦:۱۱) اشاره نمود که برای پیش بینی عمق آبهای زیر زمینی در ماه‌های مختلف سال از مدل زنجیره مارکوف استفاده کردند و توانستند عمق آب را بخصوص در ماه‌های تر و خشک به خوبی پیش‌بینی کنند. واید و گومز[4] (۱۹۹۹:٥٦۷) نیز با ناحیه‌بندی شبه جزیره اسپانیا بر پایه طول روزهای خشک به کمک زنجیره مارکوف، بارش های معادل یا بیشتر از ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی متر را تحلیل کردند و در نهایت نتایج مطالعات آنان نشان داد که مدل زنجیره مارکوف تنها بر بخش های شمالی و مرکزی اسپانیا برازش یافته و در دیگر بخش ها مدل مناسبی به شمار نمی‌آید. بکله[5] (۲۰۰۲:۲۵) با مدل سازی زنجیره مارکوف و اثرات انسو روی فصول بارندگی اتیوپی نشان داد که مدل مارکوف برازش مناسبی را با داده های بارش نشان می دهد آناگنوستوپلو و همکاران (۲۰۰۳:۱) به تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی های یونان، با استفاده از توزیع دوجمله‌ای منفی و زنجیره مارکوف مرتبه ۲ پرداختند که در نهایت توزیع فصلی و سالانه فراوانی دوره‌های خشکی را به دست آوردند. آلاسور و همکاران (۲۰۰٤:۲۰۱) در شبیه سازی تحلیل زمانی وقوع بارندگی بر اساس مدل زنجیره مارکوف

3- Eifeki and uffrink
4- Vide and gomes

www.SID.ir

Archive of SID

به این نتیجه دست یافتند که بارش با مدل زنجیره مارکوف مرتبه دو کیلی دقیق تر برازش داده می‌شود. هوراث و بیتو (۲۰۰۷:۲۱٦) سری های زمانی کاهش بارندگی را با مدل زنجیره مارکوف و بر اساس پیوندهای ریز موج تحلیل کردند که براساس مدل زنجیره مارکوف دو حالته و مدل زنجیره مارکوف نهایی آشکار گردید که مدل مارکوف نهایی می‌تواند در دراز مدت برای مدل هایی که به تغییر اقلیم وابسته‌اند مفید باشد. از جمله مطالعات دیگر در این زمینه می توان به مطالعات ویوک[٦] (۲۰۱۰:۱۵۷) در هند، پوروهیت[۷](۲۰۰۸:۲۱) در بنگلادش، آزومی[۸] (۲۰۱۰:۷۲) در مالزی، مینگ[۹] (۲۰۱۰:٤۲۹٦) در چین اشاره نمود.

در ایران نیز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف مطالعات مختلفی صورت گرفته است از آن جمله می توان به مطالعات حقیقت جو و شاه محمدی (۱۳۸۱:۱) اشاره نمود که با استفاده از زنجیره مارکوف به پیش‌بینی خشکسالی جریان رود هیرمند پرداخته و به این نتیجه رسیدند که احتمال وقوع شرایط خشکسالی دراز مدت از سایر حالات بیشتر است. حجازی زاده و شیرخانی (۱۳۸۲:۱۳) در پژوهشی با عنوان تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی و دوره‌های خشک استان خراسان از مدل های زنجیره مارکوف استفاده نمودند. نتایج مطالعات آنان نشان داد در تمام فصول متوسط تعداد روزهای خشک بیست روز و بالاتر از آن می‌باشد. آشکر طوسی و همکاران (۱۳۸۲:۱۲۰) برای بررسی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان از مدل زنجیره مارکوف مرتبه اول استفاده نموده و بر این اساس نقشه-های پهنه‌بندی احتمال وقوع برای سه وضعیت خشکسالی، نرمال و حالت مرطوب تهیه نمودند. رضیئی و همکاران (۱۳۸۲:۳۵) نیز برای پیش بینی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روشهای احتمالاتی از زنجیره مارکوف در سیستان بهره جستند و به ساخت ماتریس احتمال و ماتریس ایستای منطقه اقدام کردند که در نهایت به پیش‌بینی وضعیت دراز مدت منطقه از نظر دوام خشکسالی و نیز طول مدت خشکسالی ها در ۱۰ سال آینده اقدام کردند. طالشی (۱۳۸٤:۲۲) با کمک زنجیره مارکوف به مدل سازی بارش سالانه ایران پرداخت که نتیجه کار وی طبقه‌بندی ایستگاه های مورد مطالعه بر اساس وضعیت اقلیمی به سه گروه بود از بین ایستگاه مورد مطالعه ۳۳ ایستگاه تاثیرپدیده های دوره‌ای را بر بارش ایستگاه های فوق نشان داد. از جمله مطالعات دیگر در این زمینه می توان به مطالعات سلطانی و مدرس (۱۳۸۵:۱۵) در استان اصفهان، یوسفی و همکاران (۱۳۸٦:۱۲۸) در قزوین، رضیئی و همکاران (۱۳۸٦:۲۵) در استان سیستان و بلوچستان و عساکره (۱۳۸۷:۵٦) در شهر تبریز اشاره نمود.

در این مطالعه نیز بارش استان همدان، با استفاده از روش زنجیره مارکوف مدل سازی شده و احتمالات وقوع بارش، مقدار بارش، دوره های تر و خشک و دوره بازگشت خشکی های متوالی نیز محاسبه و تحلیل شده است.

7- Horvath and bito
8-Purohit
9-azumi
10- Mingke

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روشها

داده ها

داده های مورد استفاده در این مطالعه شامل آمار بارش روزانه تعداد ۷ ایستگاه هواشناسی استان همدان می باشد که در مرحله مدل سازی به صورت هفتگی در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

جدول شماره ۱- مشخصات ایستگاه های هواشناسی مورد مطالعه در استان همدان

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره اماری	ارتفاع	نوع ایستگاه
همدان	٤٨ درجه ٣٢ دقیقه	٣٤ درجه ٥١ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٨٢	١٧٤٩	سینوپتیک
ملایر	٤٨ درجه ٥٩ دقیقه	٣٤ درجه ١٥ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٩٣	١٧٦٨	سینوپتیک
نوژه	٤٨ درجه ٢٨ دقیقه	٣٥ درجه ٧ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٦١	١٦٧٩	سینوپتیک
نهاوند	٤٨ درجه ٢٤ دقیقه	٣٤ درجه ٠٩ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٩٣	١٦٥٨	سینوپتیک
تویسرکان	٤٨ درجه ٣٦ دقیقه	٣٤ درجه ٥٢ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٩٠	١٧٨٣	سینوپتیک
بهار	٤٨ درجه٢٦ دقیقه	٣٤ درجه ٥٢ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٩١	١٧٠٠	باران سنجی
فامنین	٤٨ درجه ٤٥ دقیقه	٣٤ درجه ٤١ دقیقه	٢٠٠٩-١٩٩٢	١٦٦٠	باران سنجی

روشها

روش مورد استفاده در این مطالعه مدل مرتبه اول زنجیره مارکوف است. زنجیره مارکوف یک روش ریاضی برای مدل‌بندی فرایندهای تصادفی است که توالی مشاهدات را در طول زمان نشان می‌دهد. وابستگی این زنجیره به زمان یا از طریق ضرایب همبستگی و یا با استفاده از ماتریس های احتمال انتقال بیان می‌شود که رابطه آن به این صورت می باشد (میمیکو، ۱۹۸۳، ۲۲٤):

$$p\{x_{t+1} | x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_1\} = p\{x_{t+1} | x_t\} \quad (۱)$$

P= احتمال وقوع حالت به شرط وقوع حالت

X=حالت متغیر

t = زمان

برای محاسبه ماتریس تغییر وضعیت از رابطه زیر استفاده شده است (عساکره، ۱۳۸۷، ٤٨):

$$F = \begin{matrix} & d & r \\ d & n_{11} & n_{12} \\ r & n_{21} & n_{22} \end{matrix} \quad (۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID

برای محاسبه دوره بازگشت روزهای خشک و تر متوالی با استفاده از رابطه زیر انجام شده است(عساکره،۱۳۸۷،٥٤):

$$T_m = \frac{1}{{p_d}^{m-1} q_r} \quad (۳)$$

P= عدم احتمال خشکی

M= دوره خشکی مورد نظر طیm روز

Tm= دوره بازگشت خشکی m روزه

آزمون نیکویی برازش

آزمون نیکویی برازش جهت تعیین مرتبه مناسب مدلهای زنجیره مارکوف با استفاده از آزمون کی دو انجام شده است که رابطه آن به صورت زیر است (مهدوی و طاهرخانی، ۱۳۸۳، ۱۷۰):

(٤)

$$X^2 = \frac{(O-E)^2}{E}$$

برای انجام آزمون علیه روند دادهها از آزمون اسپیرمن استفاده شده است که معادله آن به صورت زیر است (مهدوی و طاهرخانی، ۱۳۸۳، ۲۱۹):

$$r_y = 1 - \frac{6\sum_{i-1}^{n} d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (۵)$$

در نهایت احتمالات ساده وقوع روزهای خشک و تر در هر ماه که از تقسیم یک بر احتمال بارش و یا خشکی حاصل می شود به دست می‌آید. احتمالات اقلیمی که نشان می‌دهد چند درصد از دوره مورد مطالعه خشک و چند درصد تر است که در این مطالعه از رابطه‌های زیر محاسبه شده است (السید، ۱۹۸۳، ٤۲۲):

(٦) احتمال وقوع روز تر

$$T_r = \frac{1}{\mathrm{p}}$$

(۷) احتمال وقوع روز خشک

$$T_d = \frac{1}{\mathrm{q}}$$

یافته‌ها و بحث

وضعیت بارش روزانه در ایستگاه های مورد مطالعه با فرض دو حالته بودن در ماتریس فراوانی زیر مرتب شده است. برای این منظور جهت تعیین صحیح بودن این فرض برای انجام مراحل بعدی مدل سازی ماتریس تغییر وضعیت روزهای بارانی و خشک محاسبه گردید (جدول ۳). به عنوان نمونه بررسی ماتریس تغییر وضعیت ایستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

همدان نشان می دهد که از مجموع ۱۰۲٤۸ روز آمار مورد بررسی ۷۲۸۵ روز تغییر وضعیت از حالت روز خشک به روز خشک بعد ((d←d) و ۱۰۰۸ روز تغییر وضعیت روز بارانی است که بعد از روز خشک اتفاق افتاده است (r←d) در ردیف دوم نیزماتریس تبدیل وضعیت از روز بارانی به روز خشک و بارانی به بارانی به ترتیب ۱۰۰۸ و۹٤۷ روز می باشد. براساس ماتریس تغییر وضعیت محاسبه شده جهت مشخص نمودن مناسب بودن مدل مرتبه اول مارکوف از آزمون نیکویی برازش به روش x2 استفاده شده است (جدول ۲).

جدول شماره ۲- آماره آزمون نیکویی برازش به روش x2 جهت تعیین مرتبه مناسب مارکوف برای ایستگاه های استان همدان

نام ایستگاه	آماره آزمون
همدان	X2=49.103+208.93+208.93+883.568=1349.258
ملایر	X2 =31/392+134/557+134/557+576/775=877/262
نوژه	X2=92.130+388.040+388.040+1634.371=2502.582
نهاوند	X2=39.875+164.249+164.249+676.870=1045.296
تویسرکان	X2 =24.395+128.756+128.756+679.559=961.466
بهار	X2 =10.710+66.792+66.792+416.53=560.825
فامنین	X2 =7.203+50.594+50594+355.392=463.783

نتایج حاصل از آزمون x2 در تمامی ایستگاه ها نشان می دهد که داده ها مستقل نیستند و اطمینان کافی برای پذیرش تبعیت داده های بارش روزانه ایستگاه های استان همدان از مدل مرتبه اول مارکوف وجود دارد؛ بنابراین کفایت مدل برای تحلیل های بعدی مورد تایید می باشد.

به منظور بررسی وجود یا عدم وجود روند در داده ها ی موجود بررسی ایستایی زنجیره از آزمون همبستگی به روش اسپیرمن استفاده شده است. نتایج این آزمون در سطح اطمینان ۹۵٪ نیز نشان دهنده آن است که در تمامی ایستگاه ها داده ها فاقد روند بوده و ایستایی زنجیره مورد تایید می باشد. این موضوع نشانگر آن است که فراوانی ها با زمان تغییر زیادی ندارند. بنابراین با توجه به تعداد تغییر وضعیت ها به حالت های دیگر و نیز با عنایت به تعریف احتمال، ماتریس احتمال تغییر حالت از ماتریس فراوانی نیز محاسبه شده است (جدول ۳).

به عنوان نمونه بررسی ماتریس احتمال تغییر وضعیت در ایستگاه همدان نشان می دهد که امکان انتقال روز خشک به روز خشک بعدی برابر با (D→D) p= 0.88 است. در صورتی که احتمال انتقال از حالت خشک به حالت بارانی برابر (D→R) p=0.12 است. و همچنین احتمال انتقال از حالت بارانی به خشک و به بارانی به ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

p=0.51 (R→R) و=0.49(R→D) می باشد. برای سایر ایستگاه ها نیز این احتمال محاسبه شده است (جدول ۳). برای محاسبه احتمال پایایی داده های بارش ایستگاه های استان همدان از روش توان های مکرر استفاده شده است بر اساس این روش ماتریس احتمال پایا برای همه ایستگاه ها محاسبه شده است (جدول ۳).

جدول شماره ۳- محاسبه احتمال تغییر حالت، فراوانی و پایا برای ایستگاه های استان همدان

نام ایستگاه	ماتریس فراوانی	ماتریس تغییر حالت	ماتریس احتمال پایا
همدان	r [7285 1008] d [1008 947]	r [0.88 0.12] d [0.52 0.48]	r [0.813 0.187] d [0.813 0.187]
ملایر	r [4449 569] d [569 581]	r [0.88 0.12] d [0.51 0.49]	r [0.811 0.189] d [0.811 0.189]
نوژه	r [12751 1742] d [1742 1699]	r [0.88 0.12] d [0.51 0.49]	r [0.811 0.189] d [0.811 0.189]
نهاوند	r [4430 577] d [577 638]	r [0.88 0.12] d [0.47 0.53]	r [0.797 0.203] d [0.797 0.203]
تویسرکان	r [5529 625] d [625 541]	r [0.90 0.10] d [0.54 0.46]	r [0.843 0.157] d [0.843 0.157]
بهار	r [5400 593] d [593 368]	r [0.90 0.10] d [0.62 0.38]	r [0.861 0.139] d [0.861 0.139]
فامنین	r [5239 528] d [528 293]	r [0.91 0.09] d [0.64 0.36]	r [0.877 0.123] d [0.877 0.123]

در واقع بردار سطری این ماتریس گویایی احتمال وقوع وضعیت بلند مدت بارندگی است. همچنین امید ریاضی دوره بازگشت بردار احتمال پایایی زنجیره (۲/۱ و ٤/٥) =π است؛یعنی به طور متوسط هر ۲/۱ روز یک روز بدون بارش و هر ٤/٥ روز، یک روز بارش در ایستگاه همدان رخ می دهد. این وضعیت برای تمامی سطرهای ماتریس دوره بازگشت، قابل تعمیم است و این مقادیر متوسطی است که برای طول سال صادق است. همچنین برای احتمال تداوم خشکیهای m روزه از روش (pm= pm-1q) استفاده می شود. بر این اساس احتمال تداوم خشکی های ۳، ٤، ٥، ٦ و۷ روزه در همه ایستگاه ها محاسبه شده است که در این بخش برای نمونه محاسبات مربوط به ایستگاه همدان ارائه می گردد (جدول ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ٤- احتمال تداوم خشکی‌های ۳، ٤، ٥، ٦ و ۷ روزه در ایستگاه همدان

تداوم خشکی	احتمال تداوم خشکی	دوره وقوع
۳ روزه	p3=0.8133-10.187=0.124	1/0.124 = 8.07
٤ روزه	p4=0.8134-10.187= 0.101	1/0.101 = 9.9
٥ روزه	p5=0.8135-1 0.187 = 0.082	1/0.082 = 12.2
٦ روزه	p6=0.8136-1 0.187= 0.066	1/0.066 = 15.2
۷ روزه	p7=0.8137-1.187 = 0.054	1/0.054 = 18.5

بدین ترتیب ۰/۱۲٤ احتمال دارد خشکی ۳ روزه در شهر همدان اتفاق بیافتد و یا به عبارتی هر ۸/۰۷ روز یک بار خشکی ۳ روزه در شهر نهاوند اتفاق می افتد بر این اساس برای خشکی های ٦،٥،٤ و ۷ روزه نیز مقدار p محاسبه گردید که با افزایش طول دوره خشکی احتمال وقوع آن کاهش یافته است.

با توجه به اینکه هدف این مطالعه مدل سازی بارش به صورت هفته ای می باشد بر این اساس داده های بارش روزانه در قالب هفته ای (۵۲ هفته در سال) برای دوره آماری مورد مطالعه تنظیم گردید و مدل سازی بر روی آنها انجام شد (جدول ٤). ارزیابی نتایج حاصل از محاسبه ماتریس تغییر وضعیت برای روزهای مختلف سال در ایستگاه همدان در قالب هفته ای نشان می دهد که در مجموع ۸۲۹٤ روزخشک و ۱۹٥٤ روز بارندگی وجود دارد. همچنین بر اساس احتمال تغییر حالتهای ماتریس برای هفته اول ژانویه، ۵۷ روز تغییر وضعیت از روز خشک به روز خشک بعدی وجود دارد. در واقع طی ۱۹٦ روز آمار موجود در اولین هفته ژانویه در دوره ۲۸ ساله،۱۱۳روز، روزهای خشکی است که بعد از روز خشک رخ داده است. همچنین برای هفته اول ژانویه، ۲۱ روز تغییر وضعیت از روز خشک به روز بارانی،۳٤روز تغییر وضعیت از روز بارانی به روز خشک. وجود دارد به طور کلی از ۱۹٦ روز هفته اول ژانویه، ۱۳٤ روز خشک و ٦۲ روز بارندگی صورت گرفته است. در واقع احتمال تغییر وضعیت برای روزهای بارانی، از روز بارانی به روز بارانی بعدی حدود ۵۷ درصد و احتمال تغییر وضعیت از روز بارانی به روز خشک ۲۳ درصد است. احتمال تغیر وضعیت از روز خشک به روز خشک ۷۷ درصد (p-dd=1-p-rd) و از روزخشک به روز بارانی ٤۳ درصد (p-dr=1-p-rr) است و همین روال برای تمامی روزهای سال بر اساس هفته محاسبه شده است (جدول ٤) این محاسبات برای تمامی ایستگاهها نیز انجام شده است. بررسی نتایج حاصل از این محاسبات برای خشکی هایی با دوره بازگشت هفت روزه برای ایستگاه های مورد مطالعه استان نشان می دهد که بالاترین احتمال بارش مربوط به ایستگاه نهاوند با ۰/۲۰۳ ودوره بازگشت ٤/۹ روز وکمترین احتمال بارش مربوط به فامنین با احتمال ۰/۱۲۳ ودوره بازگشت ۸/۱ روز می باشد. احتمال روز خشک بر عکس روز بارش می باشد بالاترین آن

www.SID.ir

Archive of SID

مربوط به ایستگاه فامنین با احتمال ۰/۸۷۷ و دوره بازگشت ۱/۱ روز وکم ترین آن مربوط به ایستگاه نهاوند با احتمال ۰/۷۹۷ و دوره بازگشت ۱/۳ روز می باشد. بالاترین احتمال خشکی هفت روزه نیز مربوط به ایستگاه بهار با احتمال ۰/۰۵۷ ودوره بازگشت ۱۷/۵ روزه و کم ترین آن مربوط به ایستگاه نهاوند با احتمال ۰/۰۵۲ ودوره بازگشت ۱۹/۲ روزمی باشد (جدول ۵).

جدول شماره ٤- توزیع احتمال تغییر حالت ماتریس برای ٣٦٦ روز سال در قالب هفتگی همدان (١٩٩٣-٢٠٠٩)[١٠]

Tr (مجموع بارش در هفته)	p_rr	p_rd	تعداد روز بارانی	تعداد روز خشک	rr	rd	dr	dd	هفته
٢٠٩/٨	٠/٥٧١٤	٠/٢٣٢٨	٦٢	١٣٤	٢٨	٣٤	٢١	١١٣	١
٢٠٢/٧	٠/٤٥١٦	٠/١٨٦٥	٥٣	١٤٣	٢٨	٢٥	٣٤	١٠٩	٢
١٩٤/٤	٠/٤٩٠٩	٠/٢٤١١	٦١	١٣٥	٢٧	٣٤	٢٨	١٠٧	٣
٢٠٣/٩	٠/٤٩١٥	٠/٢٢٦٢	٦٠	١٣٦	٢٩	٣١	٣٠	١٠٦	٤
٢٩٧/٨	٠/٤٥١٦	٠/٢٦٨٦	٦٤	١٣٢	٢٨	٣٦	٣٤	٩٨	٥
٣١٩/٥	٠/٤٦٤٧	٠/٢٥٦٠	٦٥	١٣١	٣٣	٣٢	٣٨	٩٣	٦
٢٢٢/٧	٠/٤٨٤٣	٠/٢٦٥١	٦٦	١٣٠	٣١	٣٥	٣٣	٩٧	٧
٢٤٥/٨	٠/٣٥٥٩	٠/٢٤٠٨	٥٤	١٤٢	٢١	٣٣	٣٨	١٠٤	٨
٢٦٤/٣	٠/٤٩٠٥	٠/٢٠٢٧	٥٥	١٤١	٢٦	٢٩	٢٧	١١٤	٩
٣١٦/٧	٠/٤٩٢٠	٠/٢٥٥٦	٦٥	١٣١	٣١	٣٤	٣٢	٩٩	١٠
٤٠٩/٦	٠/٥٥٢٢	٠/٢٦٣٥	٧١	١٢٥	٣٧	٣٤	٣٠	٩٥	١١
٢٤٩/٣	٠/٤١٥٣	٠/٢٨٢٤	٦٤	١٣٢	٢٧	٣٧	٣٨	٩٤	١٢
٣٦٢/٥	٠/٥٦٢٥	٠/١٨١٨	٦٠	١٣٦	٣٦	٢٤	٢٨	١٠٨	١٣
٣٥٤/٥	٠/٤٦٢٩	٠/٢١١٢	٥٥	١٤١	٢٥	٣٠	٢٩	١١٢	١٤
٢٥٥/٩	٠/٤٥٠٠	٠/٢٤٢٦	٦٠	١٣٦	٢٧	٣٣	٣٣	١٠٣	١٥
٢٧٣/٤	٠/٥٠٧٤	٠/٢٤٨٠	٦٦	١٣٠	٣٤	٣٢	٣٣	٩٧	١٦
٣٦٧/٦	٠/٦١٣٣	٠/٢٩٧٥	٨٢	١١٤	٤٦	٣٦	٢٩	٨٥	١٧
٣٣٥/٤	٠/٥٢٧٧	٠/٢٥٨٠	٧٠	١٢٦	٣٨	٣٢	٣٤	٩٢	١٨
١٣٤/٥	٠/٤٦٦٦	٠/١٢٥٨	٤٠	١٥٦	٢١	١٩	٢٤	١٣٢	١٩
١٧١/٤	٠/٤٣٧٥	٠/١٨٢٤	٤٨	١٤٨	٢١	٢٧	٢٧	١٢١	٢٠
١٠٦	٠/٤٠٤٧	٠/١٤٢٨	٣٩	١٥٧	١٧	٢٢	٢٥	١٣٢	٢١
٧١/٣	٠/٥٢١٧	٠/٠٤٦٢	٢٠	١٧٦	١٢	٨	١١	١٦٥	٢٢
٨/٧	٠/٥٤٥٤	٠/٠٢٧٠	١١	١٨٥	٦	٥	٥	١٨٠	٢٣
٢٤/٥	٠/١١١١	٠/٠٤٢٧	٩	١٨٧	١	٨	٨	١٧٩	٢٤
٩/٤	٠/٢٨٥٧	٠/٠٢١١	٦	١٩٠	٢	٤	٥	١٨٥	٢٥
٢٨/٢	٠/٢٥٠٠	٠/٠٢٦٥	٧	١٨٩	٢	٥	٦	١٨٣	٢٦
٦/٥	٠/٠٠٠٠	٠/٠١٠٣	٢	١٩٤	٠	٢	٢	١٩٢	٢٧

١٢-در این جدول ماتریس تغییر حالت از خشکی به خشکی (d←d)، خشکی به بارانی (r←d)، بارانی به خشکی (d←r)و بارانی به بارانی (r←r) برای ۵۲ هفته سال می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶۵/٤	۰/۲۸۵۷	۰/۰۳۱۷	۸	۱۸۸	۲	٦	٥	۱۸۳	۲۸
۱۷/٥	۰/۲۸۵۷	۰/۰۲۱۱	٦	۱۹۰	۲	٤	٥	۱۸٥	۲۹
٦/۸	۰/۲٥۰۰	۰/۰۲۰۸	٥	۱۹۱	۱	٤	۳	۱۸۸	۳۰
٥/۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱٥٦	۳	۱۹۳	۰	۳	٤	۱۸۹	۳۱
۳/٤	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱٥٤	۳	۱۹۳	۰	۳	۲	۱۹۱	۳۲
۱۲/٥	۰/٤۰۰۰	۰/۰۱۰٤	٤	۱۹۲	۲	۲	۳	۱۸۹	۳۳
۳/٤	۰/۲۰۰۰	۰/۰۲۰۹	٥	۱۹۱	۱	٤	٤	۱۸۷	۳٤
٤۹	۰/۲٥۰۰	۰/۰۱٥٦	٤	۱۹۲	۱	۳	۳	۱۸۹	۳٥
۰/۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱٥۳	۳	۱۹۳	۰	۳	۱	۱۹۲	۳٦
۷/۷	۰/۳۳۳۳	۰/۰۱۰٥	٤	۱۹۲	۲	۳	٤	۱۸۷	۳۷
۲۱/۱	۰/٤۰۰۰	۰/۰۲٦۷	۷	۱۸۹	۲	٥	۳	۱۸٦	۳۸
٦/٥	۰/۱٤۲۸	۰/۰۲٦٤	٦	۱۹۰	۱	٥	٦	۱۸٤	۳۹
۳۱	۰/٥۷۱٤	۰/۰٤۳۹	۱٦	۱۸۰	۸	۸	٦	۱۷٤	٤۰
۸٥/۱	۰/٤٦۱٥	۰/۰۳۲۷	۱۲	۱۸٤	٦	٦	۷	۱۷۷	٤۱
۱۷۰/٦	۰/٦۲۹۸	۰/۰۸۸۷	۳۲	۱٦٤	۱۷	۱٥	۱۰	۱٥٤	٤۲
۲۲۰/۳	۰/٥۱۱۱	۰/۱۲٥۸	٤۲	۱٥٤	۲۳	۱۹	۲۲	۱۳۲	٤۳
۳٥۹/٦	۰/٥۹٦٤	۰/۱۸۷۰	٦۰	۱۳٦	۳٤	۲٦	۲۳	۱۱۳	٤٤
۳۳٤	۰/٥٤٥٤	۰/۲۱۹۸	٦۱	۱۳٥	۳۰	۳۱	۲٥	۱۱۰	٤٥
۲۳۳/۷	۰/٤۸۳۳	۰/۱٦۱۷	٥۱	۱٤٥	۲۹	۲۲	۳۱	۱۱٤	٤٦
۲۳۰/٤	۰/٤۸۷۱	۰/۱٦٥٦	٤٥	۱٥۱	۱۹	۲٦	۲۰	۱۳۱	٤۷
۳۳۳/۸	۰/٥۲۸۳	۰/۱۷٤۸	٥۳	۱٤۳	۲۸	۲٥	۲٥	۱۱۸	٤۸
۲۹٥/۳	۰/٥۳۹٦	۰/۲۰۳۰	٦۱	۱۳٥	۳٤	۲۷	۲۹	۱۰٦	٤۹
۲۸۲/۲	۰/٥۰۰۰	۰/۲۱٤۲	٥۸	۱۳۸	۲۸	۳۰	۲۸	۱۱۰	٥۰
۲٤۲	۰/٤٥۸۳	۰/۱٦۲۱	٤٦	۱٥۰	۲۲	۲٤	۲٦	۱۲٤	٥۱
۲۰۰/۷	۰/٤۰۳۸	۰/۱۱٥۰	٤٤	۲۰۸	۲۱	۲۳	۳۱	۱۷۷	٥۲
۸۸٦٤/۲	۰/٤۸۰۰	۰/٥۲۰۰	۱۹٥٤	۸۲۹٤	۹٤۷	۱۰۰۸	۱۰۰۸	۷۲۸٥	مجموع

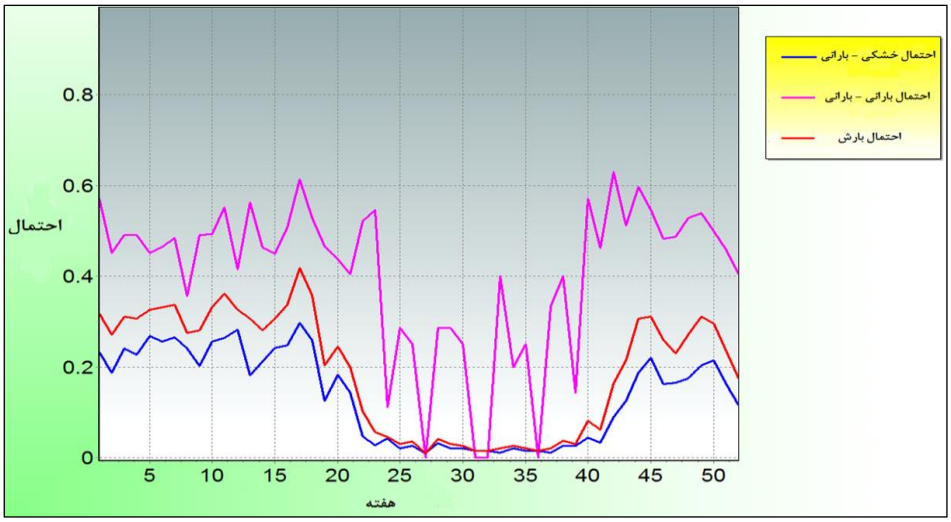
جدول شماره ٥-مقایسه نتایج حاصل از تحلیل مارکوفی بارش هفته ای درایستگاه های هواشناسی استان همدان

ایستگاه	احتمال روز بارش	دورهبازگشت روزبارش	احتمال روز خشک	دوره بازگشت روزخشک	احتمال خشکی ۷ روزه	دورهبازگشت خشکی ۷ روزه
همدان	۰/۱۸۷	٥/٤	۰/۸۱۳	۱/۲	۰/۰٥٤	۱۸/٥
ملایر	۰/۱۸۹	٥/۳	۰/۸۱۱	۱/۲	۰/۰٥٤	۱۸/٥
نوژه	۰/۱۸۹	٥/۳	۰/۸۱۱	۱/۲	۰/۰٥٤	۱۸/٥
نهاوند	۰/۲۰۳	٤/۹	۰/۷۹۷	۱/۳	۰/۰٥۲	۱۹/۲
تویسرکان	۰/۱٥۷	٦/٤	۰/۸٤۳	۱/۲	۰/۰٥٦	۱۷/۸
بهار	۰/۱۳۹	۷/۲	۰/۸٦۱	۱/۲	۰/۰٥۷	۱۷/٥
فامنین	۰/۱۲۳	۸/۱	۰/۸۷۷	۱/۱	۰/۰٥٦	۱۷/۸

www.SID.ir

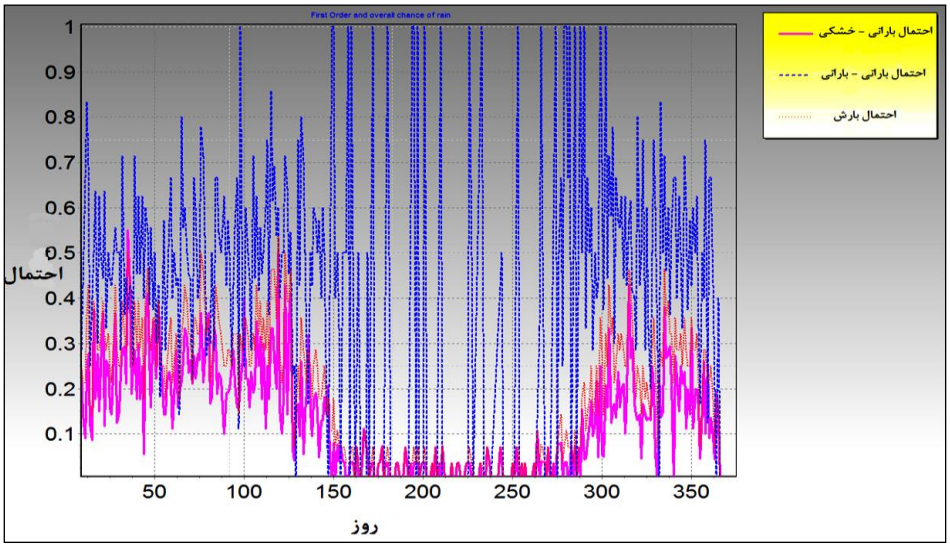
Archive of SID

بررسی احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه همدان نشان می دهدکه از هفته اول تا هفته ۲۱ احتمال بارش وجود دارد، اما از هفته ۲۲ تا۴۱ احتمال بارش به صفر می رسد و مجددا از هفته ۴۲ احتمال بارش افزایش می یابد، اما بالاترین احتمال بارش در هفته ۱۷ با۴۲ درصد احتمال بارش مشاهده می شود (شکل ۱).



شکل شماره ۱- نمودار احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه همدان در قالب هفتگی (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

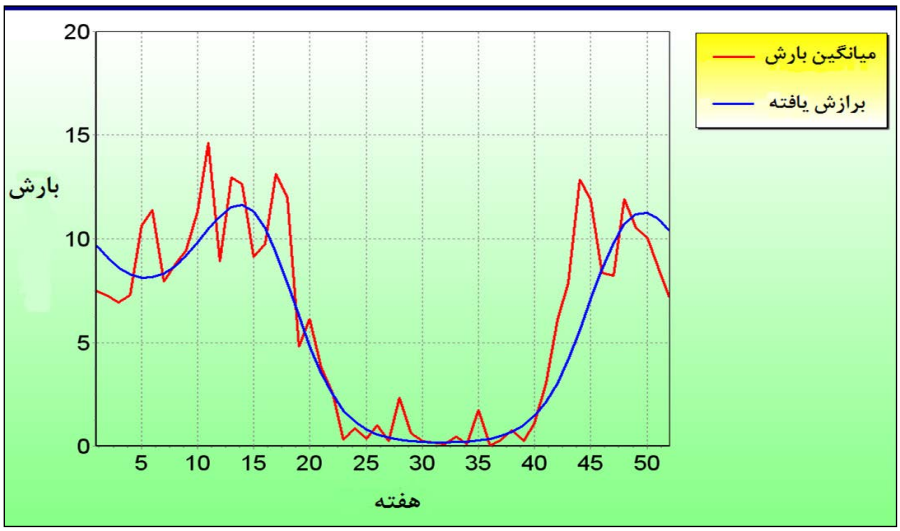
تحلیل مدل برازش شده مرتبه ۱ زنجیره مارکوف در ایستگاه همداننشان می دهد احتمال تغییر حالت توالی روز بارانی به روز بارانی دیگر دارای درصد بیشتری نسبت به تغییر حالت از روز بارانی به خشک می باشد و این امر درهفته های ۹ تا ۱۸ و۴۰ تا ۴۸ که به ترتیب در فصول بهار و پاییز قرار داشته و بیشتر از سایر هفته ها مشاهده می شود. ولی احتمال تغییر حالت از بارش به خشکی در هفته های ۱۰ تا ۱۵ بالاترین مقدار را دارا می باشد. همچنین در ماههای تابستان به دلیل یکنواختی آب و هوا تغییرات کمتری مشاهده می شود (شکل ۲).



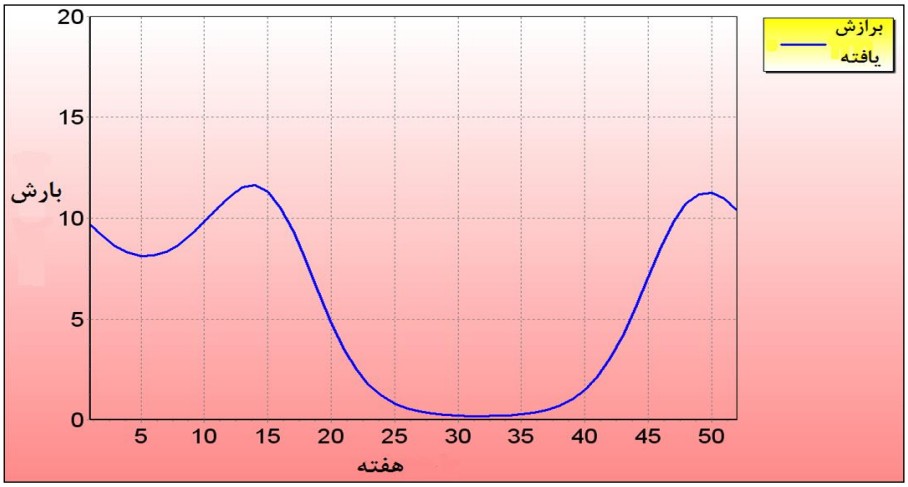
شکل شماره ۲: نمودارمدل برازش شده مرتبه ۱ زنجیره مارکوف برای بارش روزانه در قالب هفته نهاوند (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۳- نمودارمیانگین بارش هفتگی و مدل نهایی آن در همدان بر حسب میلی متر (۱۹۹۳-۲۰۰۹)



شکل شماره ٤- نمودارمدل نهایی زنجیره مارکوف مرتبه اول برای میانگین بارش هفتگی همدان بر حسب میلی متر(۱۹۹۳-۲۰۰۹)

مدل نهایی برازش یافته زنجیره مارکوف مرتبه اول، میانگین بارش در هر هفته در طول سال برای ایستگاه همدان را نشان می دهد. حسن بزرگ آن حذف واریانس های بارش هفتگی و تولید یک منحنی برازش شده می باشد. نکته قابل توجه در این نمودار کاهش بارندگی در هفته های آخر بهمن و اول اسفند است وتغییر بالاترین میانگین هفتگی از هفته ۱۷ به ١٤ و بارش٦/١١ میلی متر می باشد (شکل ۳ و ٤).

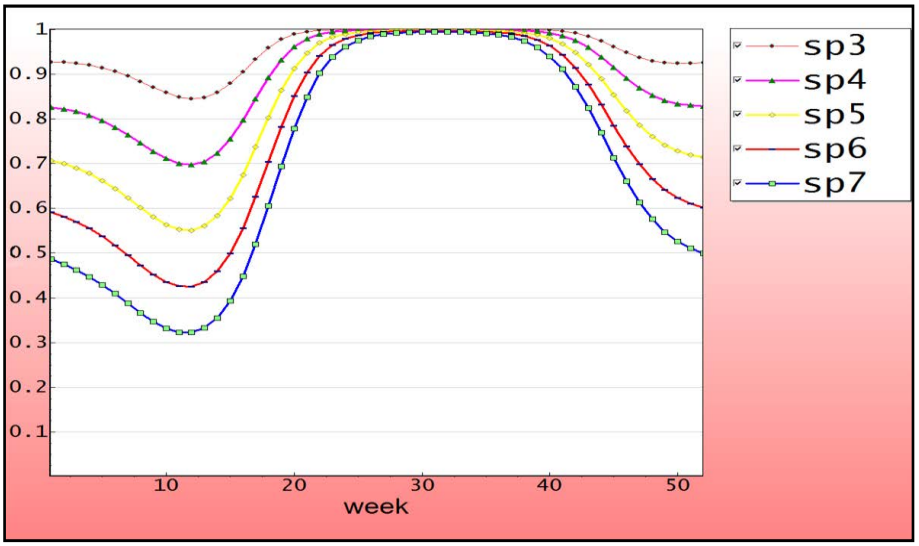
دوره های خشکی متوالی ایستگاه های استان همدان

به منظور بررسی دوره های خشک متوالی، دوره های بازگشت خشکی های ۳، ٤، ٥، ٦ و٧ روزه برای هر هفته درطول ٥٢ هفته سال برای ایستگاه های هواشناسی استان همدان محاسبه شده است. (شکل های ١١-٥).

www.SID.ir

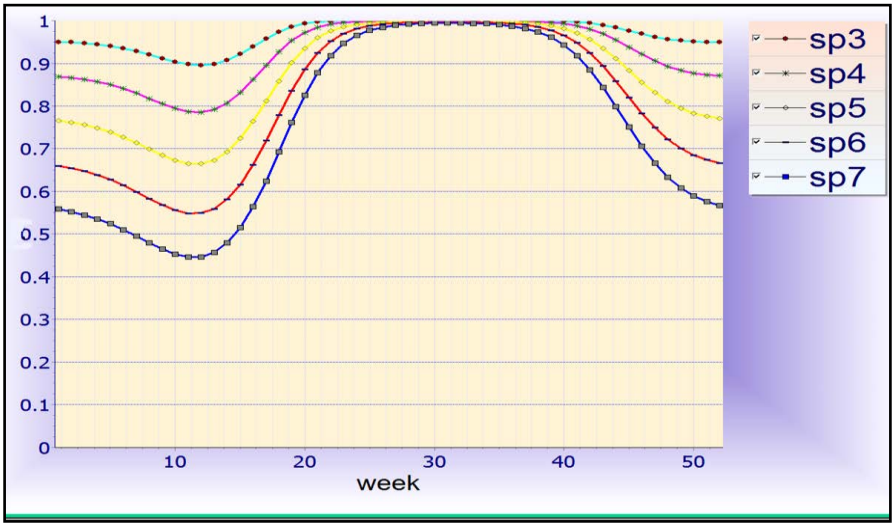
Archive of SID

بررسی دوره های خشک متوالی در ایستگاه همدان نشان دهنده آن است که احتمال دوره بازگشت خشکی ۳ روزه بیشتر از سایر دوره ها می باشد به طوری که در فصول تابستان و پاییز میزان آن به حدود ۱۰۰ درصد نیز رسیده است. از هفته ۲۷ تا ۳٦ که شامل ماه های جولای وآگوست در فصل تابستان می باشد احتمال خشکی ۷ روزه نیز به حدود ۱۰۰ درصد می رسد. کمترین احتمالات خشکی ۷ روزه در فصل بهار و در هفته ۱۲ با احتمال ۳۲ درصد می باشد (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار درصد توالی روزهای خشکی در ایستگاه همدان (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

در ایستگاه ملایر احتمال دوره بازگشت خشکی ۷ روزه در هفته ۲۵ تا ۳۷ که (ماه های جولای وآگوست) به حدود ۱۰۰ درصد می رسد. کمترین احتمالات خشکی ۷ روزه درفصل بهار و پایین ترین احتمال آن در هفته های ۱۱ و ۱۲ با احتمال ٤٥ درصد می باشد (شکل ٦) .

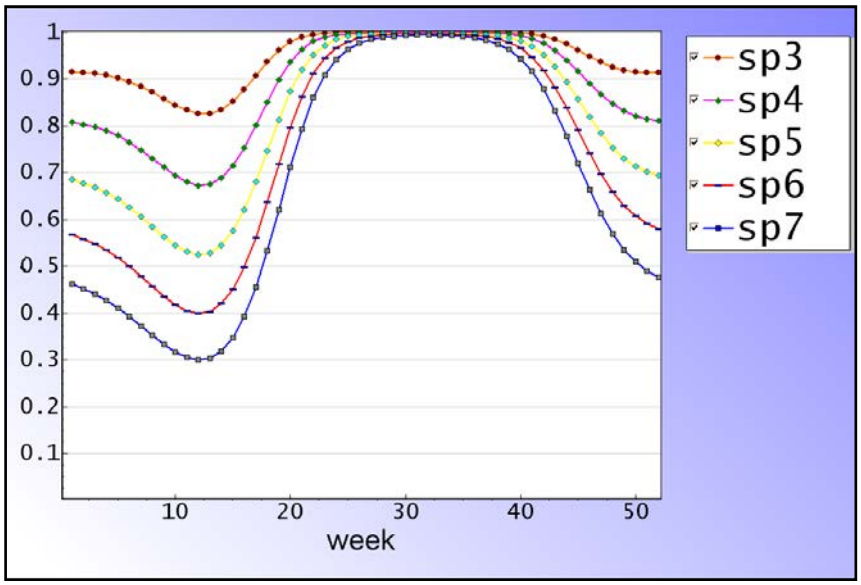


شکل شماره ٦- نمودار درصد توالی روزهای خشکی درایستگاه ملایر (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

www.SID.ir

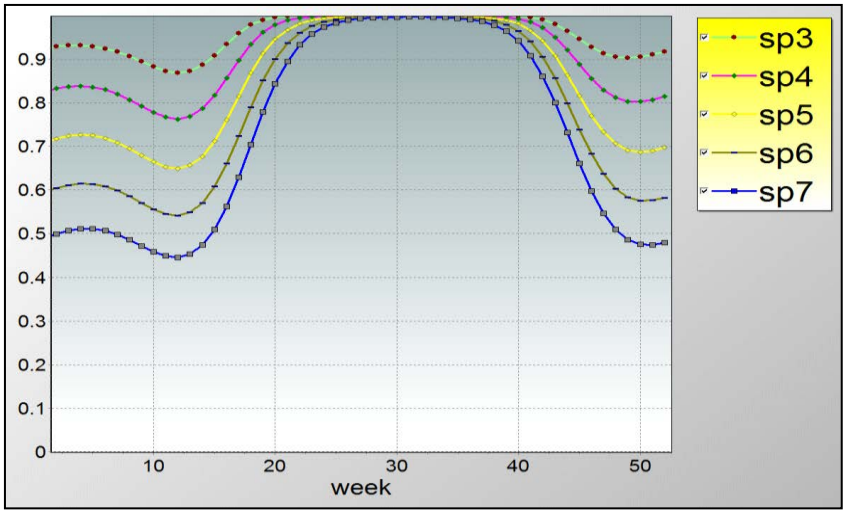
Archive of SID

در ایستگاه نوژه احتمال دوره بازگشت خشکی ۳ روزه بیشتر از سایر دوره ها می باشد به طوری که در فصول تابستان و پاییز میزان آن به حدود ۱۰۰ درصد نیز می رسد. از هفته ۲٦تا ۳۸ حتی احتمال خشکی ۷ روزه هم به حدود ۱۰۰ درصد می رسد. کمترین احتمالات خشکی۷ روزه درفصل بهار و حداقل آن در هفته های ۱۱ تا ۱۳ با احتمال ۳۰ درصد می باشد (شکل ۷) .



شکل شماره ۷- نمودارردرصد توالی روزهای خشکی درایستگاه نوژه (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

در ایستگاه نهاوند از هفته ۲٤تا ۳۸ بیشترین احتمال توالی خشکی ها مشاهده می شود، به طوری که احتمال خشکی ۷ روزه هم نیز در طی این ماه ها به حدود ۱۰۰ درصد می رسد.کمترین احتمالات خشکی ۷ روزه در فصل بهار و در هفته های ۱۱ و ۱۲ با احتمال ٤٥ درصد می باشد (شکل ۸).

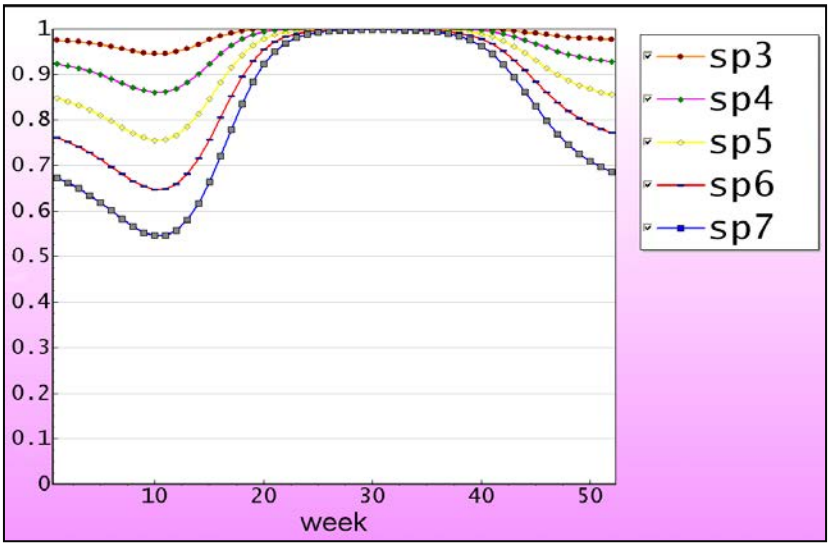


شکل شماره ۸- نمودار درصد توالی روزهای خشکی در ایستگاه نهاوند (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

www.SID.ir

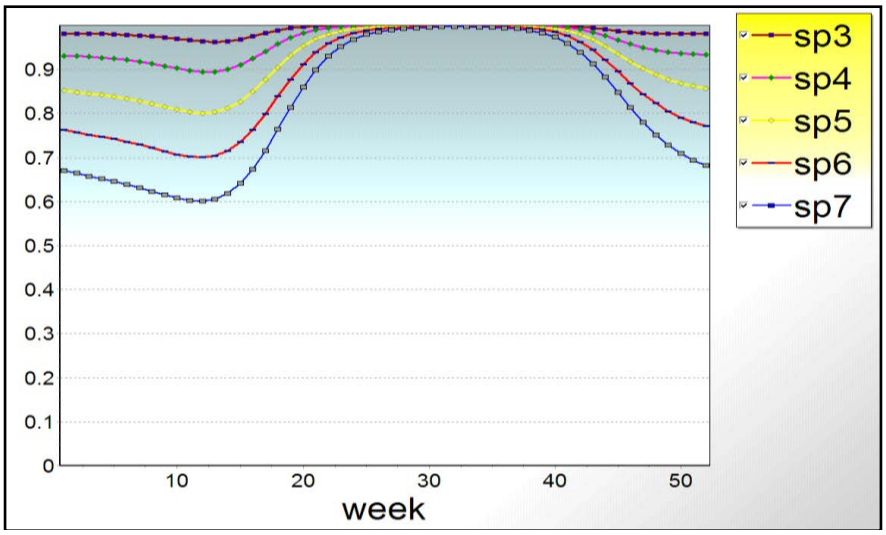
Archive of SID

در ایستگاه تویسرکان احتمال دوره بازگشت خشکی های متوالی از هفته ٢٤ تا ٣٩ به حدود ١٠٠ درصد می رسد. کمترین احتمالات خشکی درفصل بهار در هفته های ١٠ و ١١ با احتمال ٥٥ درصد می باشد (شکل ٩).



شکل شماره ٩- نمودارردرصد توالی روزهای خشکی در ایستگاه تویسرکان (١٩٩٣-٢٠٠٩)

در ایستگاه بهار احتمال دوره بازگشت خشکی های متوالی از هفته ٢٣ تا ٣٩ که شامل ماه های به حداکثر میزان خود می رسد بطوری که در طول این مدت احتمال وقوع خشکی های ٧ روز و کم تر به حدود ١٠٠ نیز می رسد. کمترین احتمالات خشکی در این ایستگاه در فصل بهار در هفته های ١٠ تا ١٢ با احتمال ٦٠ درصد می باشد (شکل ١٠).

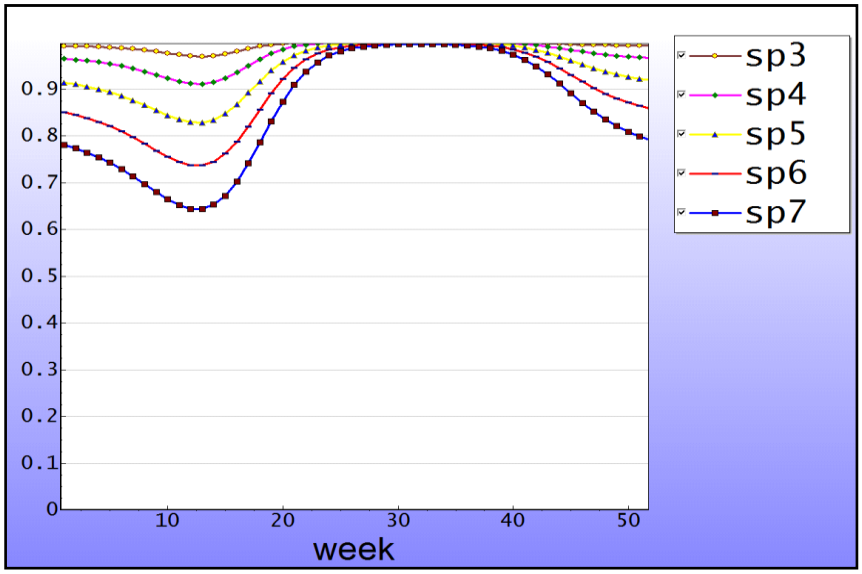


شکل شماره ١٠- نمودار درصد توالی روزهای خشکی در ایستگاه بهار (١٩٩٣-٢٠٠٩)

در ایستگاه فامنین احتمال دوره بازگشت خشکی های متوالی از هفته ٢٥ تا ٣٩ به حدود ١٠٠ درصد می رسد. کمترین احتمالات خشکی متوالی در فصل بهار و در هفته های ١٢ و ١٣ با احتمال ٦٤ درصد می باشد (شکل ١١) .

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۱۱- نمودار درصد توالی روزهای خشکی درایستگاه فامنین (۱۹۹۳-۲۰۰۹)

بحث و نتیجه گیری

یکی از مناطق مهم کشاورزی به روش دیم در ناحیه غرب کشور استان همدان است. در این منطقه مراتع عظیم گیاهی نیز وابستگی زیادی به بارش داشته و نوسانهای زمانی بارش می تواند باعث به هم‌خوردن نظم حاکم بر این اکوسیستم‌های گیاهی گردد. بررسی دقیق توزیع بارش از نظر زمانی و مکانی و تعیین احتمالات وقوع این پدیده می تواند نقش بسیار موثری در مدیریت صحیح منابع آب در بخش کشاورزی داشته باشد. در این مطالعه مشخص شد که احتمال وقوع خشکی های متوالی در هفته های ۲۲ تا ٤۲ در اکثر ایستگاه ها بالا می باشد که این امر با توجه به اینکه از نظر زمانی مصادف با فصل رشد گیاهان و اوج نیاز آبی می باشد، می تواند در امر برنامه ریزی کشاورزی در این استان مورد توجه قرار گیرد.

به طور کلی نتایج این مطالعه شامل نتایج زیر می باشد:

۱- نتایج حاصل از آزمون آماری به روش کی دو نشان داد که زنجیره مارکوف دوحالته برازش مناسبی بر ای تحلیل داده های بارش روزانه استان همدان دارد. نتایج حاصل از آزمون علیه روند به روش اسپیرمن نیز حاکی از آن بود که کلیه ایستگاه های مورد بررسی فاقد روند بوده و از مرتب اول زنجیره مارکوف تبعیت می کنند.

۲- نتایج حاصل از محاسبه احتمال رخداد روزهای خشک و بارانی نشان داد که در ایستگاه همدان، روزهای بارانی با احتمال وقوع ۰/۱۸۷ اتفاق می افتد؛ بنابراین دوره بازگشت بارندگی ٥/٤ روزه است. در این ایستگاه احتمال وقوع روزهای خشکی نیز ۰/۸۱۳ می باشد؛ بنابراین دوره بازگشت روز خشک طی حدود ۱/۲ روزه است. همچنین این احتمالات برای سایر ایستگاه های استان همدان به ترتیب عبارتند از: ملایر (۰/۱۸۹ و ۰/۸۱۱)، نوژه (۰/۱۸۹ و ۰/۸۱۱)، نهاوند (۰/۲۰۳ و ۰/۷۹۷)، تویسرکان (۰/۱۵۷ و ۰/۸٤۳)،بهار (۰/۱۳۹ و ۰/۸٦۱) وفامنین (۰/۱۲۳ و ۰/۸۷۷).

www.SID.ir

Archive of SID

۳- نتایج محاسبه احتمال هفته های توام با بارندگی نشان داد که در اکثر ایستگاه ها از هفته ۱ تا ۲۱ و ٤۲ تا ۵۲ بیشترین احتمال وقوع بارش در طول سال وجود دارد در حالی که در هفته های ۲۲ تا ٤۱ احتمال بارش به حداقل میزان خود می رسد. به طور کلی بیشترین احتمال بارش در ایستگاه های همدان، نوژه و فامنین در هفته ۱۷ در ملایر هفته ۱۵، نهاوند هفته اول، تویسرکان هفته ششم و بهار هفته ٤۲ سال می باشد.

٤- بیشترین میانگین بارش هفتگی بر اساس محاسبات انجام شده بر مبنای مدل مرتبه اول زنجیره مارکوف، در هفته های ۱۳ تا ۱٦ برای تمام ایستگاه ها می باشد که میزان آن برای همدان ۱۷/۵ میلی متر در هفته ۱٦، ملایر ۱۰/۹ میلی متر درهفته ۱۳، نوژه ۱۱/۸ میلی متر در هفته ۱٦، نهاوند ۱۷/۵ میلی متر درهفته ۱۳، تویسرکان ۱۵/۷ میلی متر در هفته ۱۳، بهار ۱٤/۵ میلی متر در هفته ۱٤، و فامنین ۱۱/۲ میلی متر در هفته ۱۵می باشد.

۵- نتایج محاسبه احتمال خشکی های ۳، ٤، ۵، ٦و ۷ روزه نشان داد در همه ایستگاه ها، احتمال خشکی سه روزه درتمام هفته های سال داری بیشترین میزان احتمال وقوع می باشد و برای خشکی های ٤، ۵، ٦ و ۷ روزه نیز از هفته ۲۲ تا ٤۲، بیشترین احتمال وجود دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- آشگر طوسی، شادی؛ علیزاده، امین؛ جوانمرد، شهلا (۱۳۸۲)، «پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۷۰، صص ۱۲۸-۱۱۹.

۲- حجازی زاده، زهرا؛ شیرخانی، علیرضا (۱۳۸٤)، «تحلیل و پیش بینی آماری خشکسالی و دوره‌های خشک کوتاه مدت در استان خراسان»، ***پژوهشهای جغرافیایی***، شماره ۵۲، صص ۱۳-۳۱.

۳- حقیقت جو، پرویز؛ شامحمدی، حیدر (۱۳۸۱)، «کاربرد زنجیره مارکوف در بررسی خشکسالی و ترسالی منطقه سیستان با توجه به دبی رود هیرمند»، کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، زابل ۱۳۸۱، صص ۱۲-۱.

٤- رضیئی، طیب؛ شکوهی، علیرضا؛ ثقفیان، بهرام (۱۳۸۲)، «پیش‌بینی شدت ، تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روش احتمالاتی و سریهای زمانی»، ***نشریه بیابان***، شماره ۲، صص ۲٤ – ۳۵.

۵- رضیئی، طیب؛ دانشکار آراسته؛ اختری، پیمان؛ ثقفیان، بهرام (۱۳۸٦)، «بررسی خشکسالی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکوف»، ***تحقیقات منابع آب ایران***، شماره ۱، صص ۲۵ – ۳۵.

٦- سلطانی، سعید؛ مدرس، رضا (۱۳۸۵)، «تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان»، ***مجله منابع طبیعی ایران***، شماره ۱، صص ۲٦-۱۵.

۷- طالشی، عبدالله (۱۳۸٤)، «مدل سازی بارش‌های سالانه ایران با استفاده از روش زنجیره مارکوف»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

۸- مهدوی، محمد؛ طاهرخانی، مهدی (۱۳۸۳)، «***کاربرد آمار در جغرافیا***»، تهران،نشر قومس، ص٤۲۰.

۹- عساکره، حسین (۱۳۸۷)، «بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف»، ***تحقیقات منابع آب ایران***، شماره ۲، صص ٤٦-۵٦.

۱۰- یوسفی، نصرت الله؛ حجام، سهراب؛ ایران نژاد، پرویز (۱۳۸٦)، «برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیره مارکوف و توزیع نرمال»، ***پژوهشهای جغرافیایی***، شماره ٦۰، صص ۱۲۱ – ۱۲۸.

11- Allasseur, C., Hussan, L.,(2004),"***Simulation of rain event time series Markov***", l 4: 201-212.

12- Anagnostopoulou,. Chr., Maheras, P., Karakostas, T., Vafadis, M.,(2003),"***Spatial and Temporal Analysis of dry Spell in Greece***".

13- Bekele, a.,(2002)," Markov chain modeling and enso influences on the rainfall seasons of Ethiopia", National Meteorological Servises of Ethiopia.

www.SID.ir

Archive of SID

14- Elfeki, A.,uffrik,g.,(1996),"Stochastic simulation of heterogeneous geological formations using soft info", Groundwater Quality, Remediation and Protection - Proceeding of an InternationalConference, Prague, Czech Republic 15-18 May, pp 108-130.

15- ElSeed,A.M.G.,(1987),"An application of markov chain model for wet and dry spell probabilities at Juba in Southern Sudan",***Geojournal***,15(4).420-424.

16- Horvath. L., Bito. J., (2007)," Rain attenuation time series synthesis with combined markov models for microwave terrestrial Links", International Journal ofMobils Network Design and Innovation, 2: 216-229.

17- Mingke, C.,(2010), "Study on variation in wet and low water of precipitationbased on markov with weights theory", N (ICNC), Sixth International Conference onatural Computation, China,pp4296 - 4300 .

18- Azumi, S.D.,Shamsudin,S., A. A. Rahman,A.A.,(2010)"Probability distribution ofrainfall depth at hourly time-scale", World Academy of Science, ***Engineering and Technology*** 72:1-13.

19- Purohit, R.C., Reddy, G. V. S., Bhaskar S. R., Chittora, A. K.,(2008)," Markov chain model probability of dry, wet weeks and statistical analysis of weekly rainfall for agricultural planning at bangalore, Karnataka",***Journal of Agricultural Science***, 21 (1):12-16.

20- Vivek, K. G.,singh, J. B., (2010),"markov chain approach on the behaviour of rainfall, ***Int. J. Agricult. Stat. Sci***,G:157-162.

21- Vide, J, Gomez, L.,(1999)," Regionalization of peninsular Spain based on the length of dry spell",***International Journal of Climatology***, 19: 567-555.

www.SID.ir