



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال نهم، شماره ۲۸
زمستان ۱۳۸۸، صفحات ۱۷۳-۱۸۴

سید حسین میرموسوی^۱
رباب رزمی^۲

مطالعه توزیع‌های احتمالاتی و درصدی بارش روزانه ایستگاه هواشناسی همدان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۰۶/۳۰

چکیده

در ایران نیاز آبی برخی از محصولات کشاورزی از طریق بارندگی تامین می‌شود. بنابراین به منظور انجام کشت مطمئن در شروع هر هفته می‌بایست آب مورد نیاز محصول بر آورد شود. به علت مشخص نبودن مقدار بارش هفته لازم است داده‌های بارش ثبت شده در سال‌های قبل جهت تخمین بارش مورد انتظار ارزیابی شوند. برای این منظور، در بعضی مطالعات، از مدل تخمین نقاط ۳۰ درصد بارش استفاده شده است. در پژوهش حاضر نیز از روش مذکور استفاده شده است. در این مطالعه آمار ۴۵ ساله داده‌های بارش روزانه ایستگاه هواشناسی

E-mail: www.yas@hotmail.com

۱- استادیار گروه جغرافیا دانشگاه زنجان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم شناسی) دانشگاه زنجان.

همدان (۲۰۰۵-۱۹۶۱) مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا مجموع بارش‌های هفته‌ای محاسبه شده و سپس برای محاسبه نقاط ۳۰٪ بارش در طول سال از روش توزیع احتمالات مدل گاما استفاده شده است. برای این منظور ابتدا نقاط ۳۰٪ بارش داده‌های مشاهداتی محاسبه شده و سپس هموارسازی و برازش توزیع گاما روی تخمین‌های انجام شده، صورت گرفته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در ایستگاه مورد مطالعه از نظر احتمالات وقوع، دو فاز بارشی (از هفته ۱ تا ۲۱ و از هفته ۴۵ تا ۵۲) و یک فاز فاقد بارش (از هفته ۲۲ تا ۴۴) وجود دارد.

کلید واژه‌ها: بارش روزانه، توزیع گاما، مدیریت منابع آب، کشاورزی-همدان.

مقدمه

افزایش یا کاهش بارش نسبت به شرایط نرمال که اولی موجب افزایش خطر بروز سیل و دومی باعث خشکسالی می‌شود، پیامدهای اجتماعی و اقتصادی متفاوتی دارند. آگاهی از توزیع احتمال بارندگی‌ها زمینه مناسبی برای برنامه ریزی منابع آب فراهم می‌آورد (یوسفی، حجام و ایران نژاد، ۱۳۸۶). در برنامه ریزی‌های مختلفی که به طور مستقیم یا غیر مستقیم با اقلیم‌شناسی مرتبط هستند، مجبور هستیم متغیرهای اقلیمی گذشته را به صورت کمی تجزیه و تحلیل کرده و تحولات آینده آن را پیش بینی کنیم. به عبارتی با تجزیه و تحلیل داده‌های یک متغیر در گذشته می‌توان به اصول و قوانینی دست یافت که بر اساس آن وضع آینده آن را پیش بینی کرد (مسعودیان، غیور، ۱۳۸۰). برای مثال پیش بینی مقادیر بارندگی در صورتی امکان پذیر است که آگاهی از مشخصه‌های بارندگی گذشته در دست باشد. بدین لحاظ تا کنون روش‌ها و تکنیک‌های آماری متعددی از طرف دانشمندان ارائه شده است. روش‌های توزیع نرمال، گامبل، پیرسون و گاما از این جمله‌اند. روش توزیع گاما که برای اولین بار توسط کارل پیرسون ارائه شده، نسبت به روش‌های دیگر مزایای زیادی دارد (لشکری، ۱۳۷۱). به علت اهمیت توزیع بارش در زمینه‌های اجتماعی و اقتصادی جامعه و مخصوصاً در کشاورزی و بهره برداری موثرتر از منابع آب، مطالعات زیادی برای برآورد احتمال وقوع بارش به طرق

مختلف صورت پذیرفته است. در این مطالعات از مدل‌های احتمالاتی مختلف بهره گرفته شده که در بین آنها نتایج اکثر تحقیقات مناسب بودن توزیع گاما را برای داده‌های بارش نشان می‌دهند. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعات آکسوی در ترکیه^۱ (۲۰۰۰)، استفنسن در هند^۲ (۱۹۹۸)، بریج و هان در کنتاکی آمریکا^۳ (۱۹۷۲)، اریولو در مادگاسکار^۴ (۲۰۰۲)، سوآوکی در ژاپن^۵ (۱۹۶۷)، برگر در آمریکا^۶ (۱۹۴۹)، مولی در هند^۷ (۱۹۷۲) و مطالعات بسیار زیاد دیگر در این زمینه اشاره نمود که همگی نشان دهنده برازش مناسب مدل گاما برای داده‌های بارش در آن مناطق می‌باشد. بنابراین در این تحقیق نیز با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه همدان طی سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۰۵، توزیع احتمال بارش بر اساس مدل گاما مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های روزانه بارش ۴۵ ساله ایستگاه هواشناسی همدان بین سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۰۵ استفاده شده و به وسیله چندین روش احتمالاتی به تخمین نقاط درصدی احتمال وقوع بارش در طول سال بر اساس دوره‌های هفته‌ای پرداخته شده است. ابتدا احتمال تجربی نقاط ۳۰ درصد داده‌های بارش هفته‌ای محاسبه شده و سپس تحلیل‌های دیگر شامل هموارسازی، تخمین اولیه و برازش و توزیع احتمالاتی به روش گاما انجام شده‌اند. برای محاسبه توزیع احتمالاتی گاما از رابطه زیر استفاده شده است (اسدی و بزرگ نیا، ۱۳۸۲):

$$\Gamma(A) = \int_0^{\infty} x^{A-1} e^{-x} dx$$

$$\Pr(0 \leq g \leq G | A, B) = \frac{1}{B^A \Gamma(A)} \int_0^G x^{A-1} e^{-x/B} dx$$

(۱)

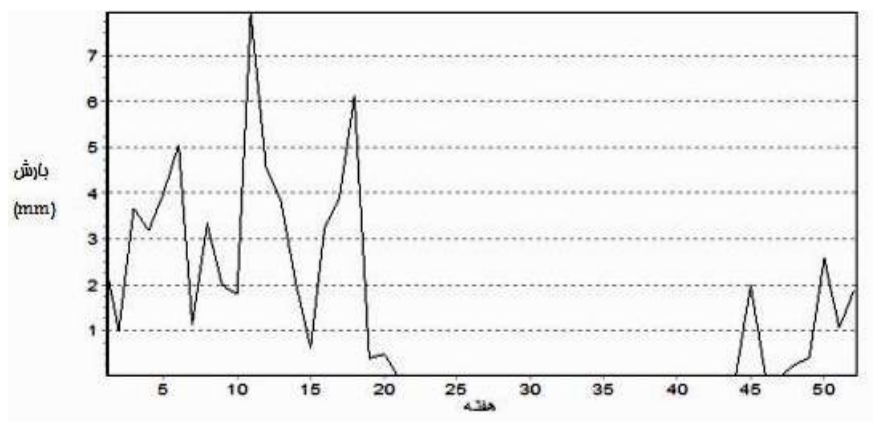
$0 < A, 0 < B, \text{ and } 0 \leq G$

- 1-Aksoy ,2000
- 2- Stephenson ,1998
- 3- Bridges and Haan , 1972
- 4- Arivelo ,2002
- 5- Suzuki ,1967
- 6- Berger,1949
- 7- Mooly,1972

برای این منظور ابتدا داده‌های روزانه به صورت هفته‌ای تنظیم شده و سپس توزیع گاما بر روی مجموع داده‌های هفته‌ای برازش شده است. در مرحله بعدی برآوردهای مدل گاما، هموارسازی و نهایتاً نقاط ۳۰ درصدی از مدل هموارسازی شده گاما محاسبه شده است. روش‌های متعددی برای هموارسازی داده‌ها وجود دارد. در بین روش‌های مختلف میانگین متحرک ۵ ساله جز روش‌های مناسب برای هموارسازی می‌باشد (گنجی، ۱۳۸۴) که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده است.

بحث

جهت بررسی وضعیت بارش در ایستگاه همدان داده‌های بارش روزانه به صورت هفته‌ای مرتب شده و نمودار احتمالاتی نقاط ۳۰ درصدی آن ترسیم شده است (نمودار و جدول شماره ۱).

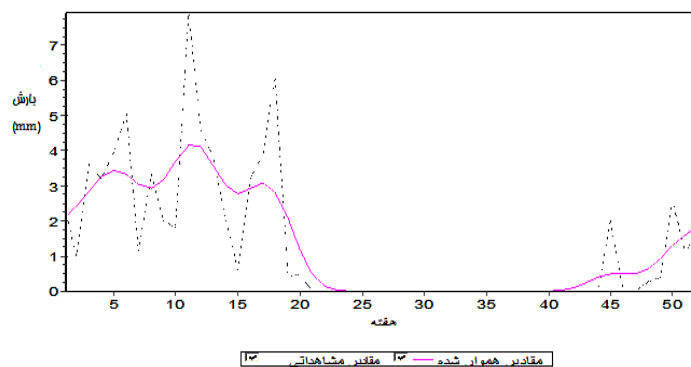


نمودار (۱): نقاط ۳۰٪ مجموع بارش‌های هفته‌ای ایستگاه هواشناسی همدان

جدول شماره ۱: توزیع احتمالاتی نقاط ۳۰ درصد بارش ایستگاه همدان

نقاط	هفته	نقاط	هفته	نقاط	هفته	نقاط	هفته	نقاط	هفته	نقاط	هفته
%۳۰		%۳۰		%۳۰		%۳۰		%۳۰		%۳۰	
۰	۴۶	۰	۱۰	۱/۸	۱۹	۰/۴	۲۸	۰	۳۷	۰	۴۶
۰	۴۷	۰	۱۱	۷/۹۴	۲۰	۰/۴۸	۲۹	۰	۳۸	۰	۴۷
۰/۲۶	۴۸	۰	۱۲	۴/۶	۲۱	۰	۳۰	۰	۳۹	۰	۴۸
۰/۴	۴۹	۰	۱۳	۳/۸۴	۲۲	۰	۳۱	۰	۴۰	۰	۴۹
۲/۵۸	۵۰	۰	۱۴	۲/۰۴	۲۳	۰	۳۲	۰	۴۱	۰	۵۰
۱/۰۶	۵۱	۰	۱۵	۰/۶۲	۲۴	۰	۳۳	۰	۴۲	۰	۵۱
۱/۸۸	۵۲	۰	۱۶	۳/۲۴	۲۵	۰	۳۴	۰	۴۳	۰	۵۲
		۰	۱۷	۳/۹	۲۶	۰	۳۵	۰	۴۴	۰	
		۲	۱۸	۶/۱۲	۲۷	۰	۳۶	۰	۴۵	۲	

بررسی نمودار و جدول شماره ۱ نشان دهنده این است که احتمال وقوع بارش از هفته اول شروع شده و تا هفته ۲۱ ادامه می‌یابد. از هفته ۲۱ تا ۴۴ شرایط کاملاً خشک در این ایستگاه حاکم می‌باشد و دوره دیگر با احتمال وقوع بارش، هفته ۴۵ تا ۵۲ می‌باشد. هر چند نمودار شماره ۱ نشان دهنده توزیع احتمالاتی بارش در ایستگاه مورد مطالعه می‌باشد اما دو نکته مهم قابل توجه است. اول اینکه تخمین‌ها ناهموار می‌باشند و دوم اینکه تخمین نقاط ۳۰ درصدی داده‌های بارش به تنهایی چندان دقیق نیستند. بنابراین جهت رفع این مشکل با استفاده از میانگین متحرک پنج ساله داده‌های محاسبه شده را هموارسازی نموده و نتایج حاصل، در نمودار شماره ۲ نمایش داده شده است.



نمودار شماره (۲): توزیع نقاط ۳۰٪ داده‌ها و مقادیر هموار شده

به منظور استفاده از مدل گاما جهت انجام مدلسازی بایستی دو پارامتر مدل گاما k و μ محاسبه شوند. پارامتر μ میانگین توزیع و مقدار k بیانگر شکل توزیع است. مدل گاما جهت استفاده در داده‌های $X > 0$ به صورت رابطه زیر نمایش داده می‌شود (Key, 2006):

$$P(x) = \left(\frac{k}{\mu}\right)^k x^{k-1} \frac{\exp\left(-\frac{kx}{\mu}\right)}{\Gamma(k)} \quad \mu > 0, k > 0 \quad (2)$$

بر اساس رابطه شماره ۲ مدل گاما جهت نمایش توزیع داده‌هایی استفاده می‌شود که پیوسته و مثبت می‌باشند. زمانی که k یک عدد صحیح است، مدل گاما به صورت $\Gamma(k) = (k-1)!$ (i.e. $k-1$) خواهد بود. میانگین در مدل گاما μ و واریانس μ^2/k می‌باشد. بنابراین ضریب واریانس $100/\sqrt{k}$ خواهد بود. زمانی که k کمتر از ۱ باشد ضریب نوسان بیشتر از ۱۰۰٪ خواهد شد، این مساله بیشتر در مدل سازی داده‌های روزانه مشاهده می‌شود. ضریب نوسان نتیجه خوبی برای داده‌های دارای چولگی نبوده و توزیع گاما زمانی که k کمتر از ۱ باشد، دارای چولگی زیاد است. چولگی توزیع گاما $2/\sqrt{k}$ است که همیشه مثبت می‌باشد. برای مقادیر بزرگ‌تر از k چولگی پایین است و توزیع گاما همانند توزیع نرمال می‌باشد. در فرایند ارزیابی مناسب بودن برازش مدل گاما معمولاً از دو روش رایج زیر استفاده می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۰):

۱- روش گشتاور

۲- روش تخمین حداکثر درست نمایی
روش گشتاور معمولاً ساده و قابل فهم می باشد. معادله ساده آن برای مدل گاما به صورت زیر است (sheldon, 2004):

$$\bar{x} = \mu/k, \quad s^2 = \mu^2/k \quad \text{i.e.} \quad \hat{\mu} = \bar{x} \quad \hat{k} = \bar{x}^2 / s^2 \quad (3)$$

بر اساس روش گشتاور مقادیر پارامترهای مدل گاما برای ایستگاه مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه شده است:

$$\begin{aligned} \text{muhat} &= 12.4243 \quad \text{with s.e. } 1.51113 \\ k &= 1.68995 \quad \text{with s.e. } 0.476755 \end{aligned}$$

روش دوم (تخمین حداکثر درست نمایی) معمولاً بهتر از روش گشتاور می باشد زیرا پارامترهای بیشتری را محاسبه می کند و از دقت بیشتری در محاسبه برخوردار است. برای تخمین تقریبی پارامترهای مدل گاما بر اساس روش دوم از معادله زیر استفاده می شود (picard,2001):

$$\hat{k} = (1 + \sqrt{(1 + 4y/3)}) / 4y \quad \text{where } y = \log(\bar{x}) - \Sigma[(\log(x)/n)]$$

محاسبه دقیق حداکثر درست نمایی در مدل گاما بر اساس معادله زیر انجام می پذیرد:

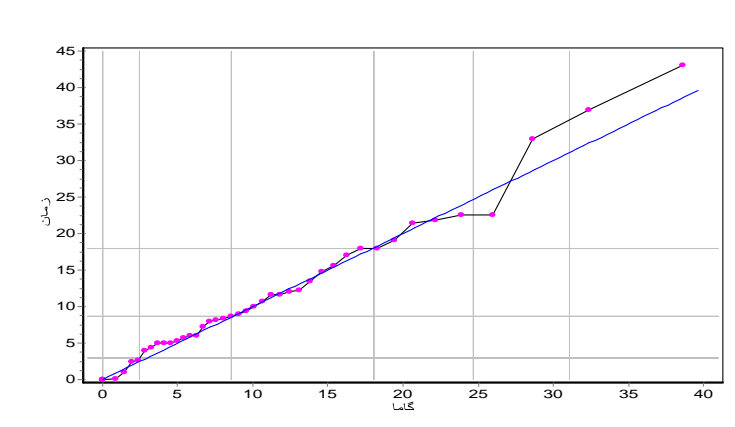
$$\log(\hat{k}) - \psi(\hat{k}) = \log(\bar{x}) - \Sigma[\log(x)/n]$$

بر اساس روش حداکثر درست نمایی مقادیر پارامترهای مدل گاما برای ایستگاه مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه شده است:

Method of Maximum Likelihood

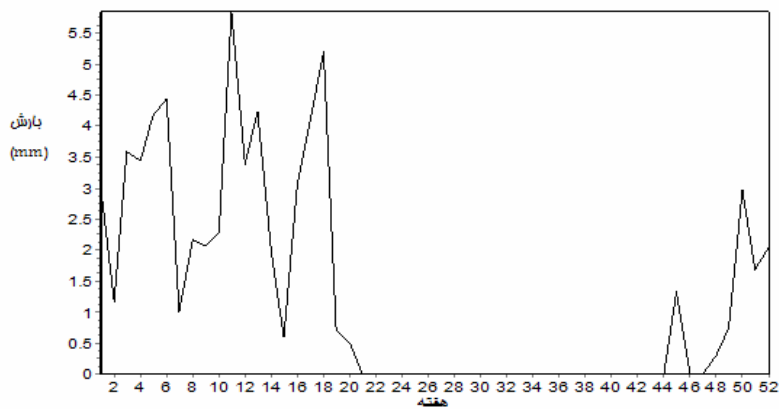
$$\begin{aligned} \text{muhat} &= 12.4243 \quad \text{with s.e. } 1.58786 \\ \text{khat} &= 1.53058 \quad \text{with s.e. } 0.31204 \end{aligned}$$

بر اساس نتایج حاصل از هر دو روش مشاهده می شود که توزیع گاما برازش مناسبی را بر داده های ایستگاه مورد مطالعه (همدان) نشان می دهد (نمودار شماره ۳).

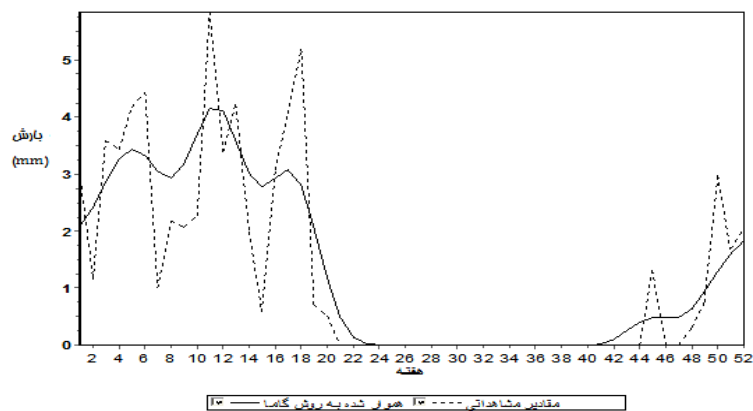


نمودار شماره ۳: نمودار برازش مدل گاما با روش حداکثر درست‌نمایی برای ایستگاه همدان

بررسی نمودار شماره ۳ نیز نشان می‌دهد که مدل گاما برازش قابل قبولی را نسبت به داده‌های این ایستگاه دارد. با توجه به مناسب بودن مدل گاما برای تخمین نقاط ۳۰٪ بارش هفته‌ای نمودارهای شماره ۴ و ۵ و جدول شماره ۲ مقادیر محاسبه شده را برای ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



نمودار شماره ۴: توزیع نقاط ۳۰٪ بارش هفته‌ای ایستگاه همدان بر اساس مدل گاما



نمودار شماره ۵: توزیع نقاط ۳۰٪ بارش و مقادیر هموار شده به روش توزیع گاما در ایستگاه همدان

جدول شماره ۲: برآورد نقاط احتمالاتی ۳۰ درصد وقوع بارش بر اساس مدل گاما

هفته	نقاط ٪۳۰	هفته	نقاط ٪۳۰	هفته	نقاط ٪۳۰	هفته	نقاط ٪۳۰	هفته	نقاط ٪۳۰	هفته	نقاط ٪۳۰
۱	۳	۱۰	۲/۳	۱۹	۰/۷	۲۸	۰	۳۷	۰	۴۶	۰
۲	۱/۲	۱۱	۵/۸	۲۰	۰/۵	۲۹	۰	۳۸	۰	۴۷	۰
۳	۳/۶	۱۲	۳/۴	۲۱	۰	۳۰	۰	۳۹	۰	۴۸	۰/۳
۴	۳/۴	۱۳	۴/۲	۲۲	۰	۳۱	۰	۴۰	۰	۴۹	۰/۷
۵	۴/۲	۱۴	۲	۲۳	۰	۳۲	۰	۴۱	۰	۵۰	۳
۶	۴/۴	۱۵	۰/۶	۲۴	۰	۳۳	۰	۴۲	۰	۵۱	۱/۷
۷	۱	۱۶	۳/۱	۲۵	۰	۳۴	۰	۴۳	۰	۵۲	۲
۸	۲/۲	۱۷	۴/۱	۲۶	۰	۳۵	۰	۴۴	۰		
۹	۲/۱	۱۸	۵/۲	۲۷	۰	۳۶	۰	۴۵	۱/۳		

بررسی نمودارهای ۴ و ۵ و همچنین مقایسه جدول شماره ۲ با جدول شماره ۱ نیز نشان دهنده نزدیک بودن نتایج به دست آمده از مدل احتمالاتی گاما با روش توزیع داده‌های مشاهداتی به صورت تجربی است. بر اساس این روش نیز ایستگاه مورد مطالعه از هفته اول

تا هفته ۲۱ دارای یک دوره احتمال وقوع بارش، از هفته ۲۱ تا هفته ۴۵ دوره خشک فاقد بارش و از هفته ۴۵ تا هفته ۵۲ دوباره دوره بارشی با بارش نسبتا اندک نسبت به دوره اول برخوردار است.

نتایج

نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که توزیع بارندگی ایستگاه همدان برآزش خوبی را نسبت به توزیع گاما نشان می‌دهد. بر اساس بررسی حاصل از توزیع داده‌های بارش به روش گاما، دو فاز بارشی (از نظر احتمال وقوع) از هفته اول تا تا هفته بیست یکم به عنوان فاز بارشی اصلی مشخص می‌شوند که از اول ماه ژانویه تا اولین هفته ماه ژوئن طول می‌کشند و فاز دوم شامل هفته چهل تا هفته پنجاه و دوم به عنوان فاز بارشی ماه ثانویه است. فاز فاقد بارش که عمدتاً از هفته دوم ماه ژوئن شروع و تا هفته آخر ماه نوامبر ادامه دارد نشان دهنده یک فاز کمبود آب طولانی برای منطقه می‌باشد که با اوج نیاز برای آب در زمینه‌های مختلف خصوصاً نیاز محصولات کشاورزی مصادف است. فلذا برنامه ریزی برای بهره‌گیری صحیح از مازاد آب در فازهای مرطوب به منظور تامین بخشی از کمبود آب در فازهای خشک ضروری می‌باشد.

منابع

- ۱- اسدی، م، بزرگ نیا، الف. (۱۳۸۲)، «مقدمه‌ای بر آمار و احتمال»، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهارم.
- ۲- علیزاده، الف. (۱۳۸۰)، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ سیزدهم.
- ۳- گنجی، ح، گنجی، م، (۱۳۸۴)، «آمار کاربردی»، نشر ساوالان.
- ۴- لشکری، ح، (۱۳۸۰)، «نحوه کاربرد توزیع آماری گاما در مطالعات جغرافیایی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، پیاپی ۲۴، ص ۶۵.
- ۵- مسعودیان، الف، غیور، ح، (۱۳۸۰)، «نخستین گام در مدل سازی اقلیمی»، دانشگاه اصفهان.
- ۶- یوسفی، ن و حجام، س و ایران نژاد، پ، (۱۳۸۶)، «برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیره مارکف و توزیع نرمال (مطالعه موردی قزوین)»، پژوهش‌های جغرافیایی، پیاپی ۶۰، ص ۱۲۱.
- 7- Aksoy, H. (2000), «Use of Gamma distribution in hydrological analysis», Istanbul Technical University, *Turk J. Engin Environ Sci.* 24 , 419 – 428.
- 8- Arivelo, T. A. (2002), «Madagascar rainfall climatology: Extreme phenomena on the study of a probability distribution for precipitation totals», *Journal of Applied Meteorology.* 20:1499-1505.
- 9- Barger, G. L., and Thom, H. C. (1949), «Evaluation of drought hazard,» *Agronomy Journal*, Vol. 41, No. 11, Geneva,
- 10- Bartlett, M. S., «The use of transformation,» *Biometrics*, Vol. 3, No. 1, American Statistical Association, Washington, D.C., Mar, pp. 39-52.
- 11- Bridges, T.C. and C.T. Haan (1972), «*Reliability of precipitation probabilities estimated from the gamma distribution*», University of Kentucky 607-611.
- 12- Key, S. (2006), «*Intuitive probability and random processes*», Springer, p 482.

- 13- Mooley, D. A. and Crutcher, H. L (1968), «An application of gamma distribution function to Indian rainfall,» ESSA Technical Report EDS 5, U.S. Department of Commerce, Environmental Data Service, Silver Spring, Md., Aug,47 pp.
- 14- Pickard, J. (2001), «Lectures on probability theory and statistics», Springer, pp 79-90.
- 15- Sheldon, M. (2004), «*Introduction to probability and statistics for engineers and scientists*», Department of Industrial Engineering and Operations Research, University of California, Berkeley, p 229.
- 16- Stephenson, D. B.,(1998), «Extreme daily rainfall events and their impact on ensemble forecasts of the Indian Monsoon», *Monthly Weather Review*, V. 127.
- 17- Suauki, E. (1967), «A statistical and climatologically study on rainfall in Japan,» *Papers in Meteorology and Geophysics*, Vol. 18, No. 3, Meteorological Research Institute, Tokyo, Japan.