

تحلیل فراوانی حداکثر بارندگی روزانه در گستره اقلیمی ایران

عباس احمدپور^۱، حسین فتحیان^{۲*} و پرویز حقیقت جو^۳

(۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

(۲) گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۳) هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

* نویسنده مسئول: Fathian.h58@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۰

چکیده

در این تحقیق به منظور تحلیل فراوانی حداکثر بارندگی روزانه در نقاط مختلف ایران داده‌های مربوط به ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در طی یک دوره ۴۰ ساله از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۱ مورد استفاده قرار گرفته است. این ایستگاه‌ها معرف اقلیم‌های مختلف ایران بر اساس طبقه‌بندی دومارتن می‌باشند. در ابتدا داده‌ها به نرم افزار HYFA وارد شدند. نرم‌افزار مذکور داده‌ها را به هفت تابع توزیع آماری نرمال، لگ نرمال دو پارامتری، لگ نرمال سه پارامتری، گامای دو پارامتری، پیرسون تیپ سه، لگ پیرسون تیپ سه و مقادیر حدی تیپ یک یا گمبل برازش می‌دهد. بنابراین داده‌ها به هفت تابع توزیع آماری فوق برازش داده شدند و مورد تحلیل فراوانی قرار گرفتند. نرم افزار HYFA پارامترها را بر اساس دو روش گشتاورها و حداکثر درست‌نمایی برآورد می‌کند. انتخاب بهترین توزیع برای تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارندگی روزانه در هر کدام از ایستگاه‌های سینوپتیک با استفاده از آزمون‌های میانگین انحراف نسبی و میانگین مربع انحراف نسبی صورت گرفت. نتایج نشان داد که داده‌های ۲۹ ایستگاه از توزیع لگ نرمال سه پارامتری، پنج ایستگاه از توزیع گامای دو پارامتری، دو ایستگاه لگ نرمال دو پارامتری، و چهار ایستگاه دیگر از توزیع مقادیر حدی نوع یک یا گمبل تبعیت می‌نمایند. این مطالعه نشان می‌دهد که حداکثر بارندگی روزانه در اقلیم‌های مختلف ایران (مرطوب و خشک) می‌تواند با یک توزیع واحد تجزیه و تحلیل شود. از طرف دیگر در اقلیم‌های مشابه نمی‌توان از یک توزیع واحد برای تحلیل فراوانی حداکثر بارندگی روزانه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فراوانی، حداکثر بارندگی روزانه، توزیع‌های آماری، اقلیم.

مقدمه

ایران کشوری وسیع و پهناور با تنوع اقلیمی زیاد است و به علت اختلاف عرض جغرافیایی نسبتاً زیاد بین شمال تا جنوب کشور، توپوگرافی متعارض و ناهمگون و همچنین سیستم‌های جوی متعددی که بر آب‌وهوای ایران تأثیر می‌گذارند، نسبت حداکثر بارش‌های روزانه به بارش سالانه در گستره ایران متفاوت است. با مقایسه این نسبت می‌توان توزیع زمانی و مکانی بارندگی را در مناطق مختلف کشور مشخص و رژیم‌های حاکم بر نواحی مختلف را تعیین نمود (Hamed, 1997). تحلیل فراوانی حداکثر بارش‌های روزانه در طراحی و اجرای سازه‌های کنترل آب از قبیل کالورت‌ها، پل‌ها، نقشه کاربری اراضی، بیمه سیل، حفاظت از مناطق مسکونی، مزارع و باغ‌ها در مقابل سیل‌ها، ارزیابی اقتصادی طرح‌های منابع آب استفاده می‌شود (Rao and Srinivas, 2005). Hershfield (۱۹۶۱) داده‌های بارش یک تا ۲۴ ساعته را در اغلب نقاط ایالات متحده آمریکا با استفاده از توزیع مقادیر حدی تیپ یک یا گمبل مورد تحلیل فراوانی قرار داد. Ali و همکاران (۱۹۹۹) بارندگی‌های ماهانه 145 ایستگاه با طول دوره آماری ۲۵ سال و بیشتر واقع در ایالت فلوریدای آمریکا را مورد تحلیل فراوانی قرار دادند و بر اساس آزمون‌های نیکویی برازش از بین هفت تابع توزیع احتمال مورد استفاده، توزیع گامای دو پارامتری را مناسب تشخیص دادند. Arif و Shabri (۲۰۰۹) تحلیل فراوانی منطقه‌ای حداکثر بارندگی روزانه کوالالامپور^۱ و سلانگور^۲ و در مالزی را با استفاده از گشتاورها معمولی انجام دادند. توزیع‌های نرمال ۲ پارامتری، لوگ نرمال ۲ و ۳ پارامتری، لجستیک، لجستیک تعمیم‌یافته، مقادیر حدی، مقادیر حدی تعمیم‌یافته و پارتو تعمیم یافته مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از شاخص میانگین مطلق انحراف (MADI)، شاخص میانگین مربعات انحراف (MSDI) مشخص شد که توزیع لجستیک تعمیم‌یافته بهترین توزیع برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد. Al-Houri و همکاران (۲۰۱۴) داده‌های بارندگی روزانه ۲۲ ایستگاه هواشناسی با طول دوره آماری بیش از ۴۰ سال واقع در حوضه زرقای امان در اردن را مورد مطالعه قرار دادند. آنها از نرم‌افزار RAINBOW و دو تابع توزیع احتمال شامل تابع خطی و لگ نرمال برای تحلیل فراوانی بهره بردند و نتیجه‌گیری کردند که داده‌ها به توزیع لگ نرمال برازش بهتری دارند. ملکی‌نژاد و زارع‌گریزی (۲۰۱۴) بارندگی‌های روزانه ۴۷ ایستگاه واقع در استان گلستان را مورد تحلیل فراوانی قرار دادند و توزیع‌های پیرسون تیپ سه، مقادیر حدی تعمیم یافته و لجستیک تعمیم یافته را برای پنج منطقه همگن مناسب تشخیص دادند. Mayooran و Laheetharan (۲۰۱۴) بارندگی‌های سالانه و بارندگی بین دوره‌های موسمی با طول دوره آماری ۱۱۰ سال در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۹ را در ناحیه کلمبو در کشور سریلانکا را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و توزیع‌های لگ پیرسون تیپ سه را از بین توزیع‌های نرمال، لگ نرمال، پیرسون، گاما، گمبل، ویبول، بر سه و چهار پارامتری مناسب تشخیص دادند.

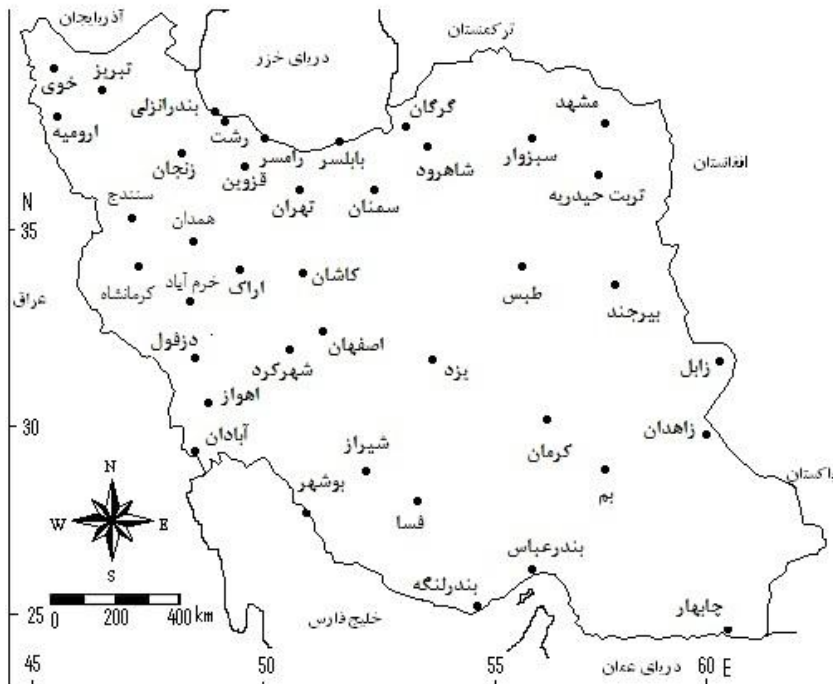
^۱-Kuala Lumpur^۲-Selangor

Singla و همکاران (۲۰۱۴) بارندگی‌های یک تا پنج روزه را در حوضه رودخانه گندک که در معرض سیل‌های شدید واقع است را مورد تحلیل فراوانی قرار دادند. توزیع‌های مورد استفاده شامل توزیع نرمال، لگ نرمال دو و سه پارامتری، گاما، ویبول، نمایی، پیرسون تیپ سه، لجستیک، لجستیک تعمیم‌یافته، مقادیر حدی، مقادیر حدی تعمیم‌یافته و پارتو تعمیم یافته بودند. نتایج نشان داد که توزیع نرمال برای بارندگی‌های یک روزه، و مقادیر حدی تعمیم‌یافته برای بارندگی‌های دو روزه و برای بارندگی‌های سه تا پنج روزه، توزیع پارتو تعمیم یافته مناسب است. Abolverdi و khalili (۲۰۰۹) حداکثر بارندگی سالانه ۱۵۴ ایستگاه باران‌سنجی در جنوب غربی ایران را با استفاده از گشتاورهای خطی بررسی کردند. آن‌ها منطقه را به چهار ناحیه همگن تقسیم کردند. توزیع لجستیک تعمیم‌یافته برای سه منطقه و مقادیر حدی تعمیم‌یافته برای یک منطقه مناسب تشخیص داده شد. Meang و Lee (۲۰۰۳) تحلیل فراوانی حداکثر بارندگی روزانه ۳۸ ایستگاه باران-سنجی در کره را با استفاده از روش گشتاورهای خطی انجام دادند. از بین توزیع‌های مقادیر حدی تعمیم‌یافته، لجستیک تعمیم‌یافته و پارتو تعمیم‌یافته بر اساس آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و نمودار نسبت گشتاورهای خطی، مقادیر حدی تعمیم یافته و لجستیک تعمیم یافته به‌عنوان بهترین توزیع‌های منطقه‌ای شناخته شدند. Yurekli و Modarres (۲۰۰۷) به بررسی فراوانی منطقه‌ای حداکثر بارندگی روزانه استان توکات (Tokat) در ترکیه با استفاده از روش گشتاورهای خطی پرداختند. آن‌ها در ابتدا منطقه مورد مطالعه را به دو زیر ناحیه تقسیم نمودند و پس از بررسی همگنی متوجه شدند که منطقه مورد مطالعه همگن نیست. در نهایت منطقه مورد مطالعه را به سه زیر ناحیه همگن تقسیم شد. با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} توزیع‌های لجستیک تعمیم‌یافته و مقادیر حدی تعمیم‌یافته به‌عنوان بهترین توزیع‌های منطقه‌ای معرفی شدند. Yurekli و همکاران (۲۰۰۹) برای تخمین بارندگی منطقه‌ای ۱۷ ایستگاه در حوضه آبریز سیکرک^۳ در ترکیه را با گشتاورهای خطی انجام دادند. با استفاده از آزمون‌های ناهماهنگی و غیرهمگنی بر مبنای گشتاورهای خطی مشخص شد که ایستگاه ناهماهنگ وجود ندارد و منطقه مورد مطالعه همگن می‌باشد. توزیع‌های مقادیر حدی تعمیم‌یافته، لوگ نرمال ۳ پارامتری به‌وسیله آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} مناسب تشخیص داده شده است. هدف از این پژوهش تحلیل شدت فراوانی بارش ۲۴ ساعت در گستره اقلیمی کشور و تعیین توزیع آماری مناسب برای ایستگاه‌های منتخب می‌باشد. از وجوه تمایز این تحقیق با تحقیقات پیشین در زمینه تحلیل فراوانی شدت بارش ۲۴ ساعته منطقه‌ای بوده است؛ و بندرت در کل کشور انجام شده است.

^۳Cekerek

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مقادیر حداکثر شدت بارش ۲۴ ساعته مربوط به ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در گستره کل کشور و واقع در اقلیم‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. شکل ۱ نقشه کل کشور و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. جدول ۱ نام و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

آمار ایستگاه‌ها از سالنامه‌های هواشناسی کل کشور استخراج شده‌اند و تحت آزمون‌های آماری از قبیل تصادفی بودن، همگن بودن و آزمون داده‌های پرت قرار گرفتند. برای تکمیل خلاء آماری به دو صورت عمل شد:

۱- در حالتی که برخی از سال‌ها و برای بعضی از تداوم‌ها ایستگاه فاقد آمار یا دارای آمار غیرقابل قبول بود، با ایجاد همبستگی بین دو ردیف زمانی مجاور اقدام به تخمین مقدار مربوط به آن فاصله زمانی گردید.

۲- در سال‌هایی که به علت نقص دستگاه باران‌سنج ثبات مقادیر حداکثر به صورت کامل ثبت نگردید است، از میانگین نسبت بارندگی‌های کوتاه‌مدت به بارندگی حداکثر یک‌روزه ایستگاه در سالهای دارای آمار استفاده شد و برای سال‌های فاقد آمار با ضرب کردن این نسبت‌ها در مقدار حداکثر رگبار یک‌روزه ایستگاه، اقدام به بازسازی و برآورد مقدار بارش آن سال گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار برای هر گروه از داده‌ها در بازه‌های زمانی مختلف تحلیل فراوانی صورت گرفت. در این بررسی از نرم‌افزار تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی HYFA استفاده شده است. این نرم‌افزار داده‌ها را به هفت تابع چگالی احتمال نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون تیپ سه، لوگ پیرسون تیپ سه، گامای دو

پارامتری، مقادیر حدی تیپ یک یا گامبل برازش می‌دهد. هفت توزیع مورد استفاده در این بررسی، توزیع‌های معمول و مرسوم برای تحلیل فراوانی داده‌های هواشناسی، اقلیم شناسی و هیدرولوژی هستند، که مرور منابع هم این مطلب را تأیید می‌کند. بنابراین در این مطالعه از آنها استفاده شده است. این نرم افزار پارامترهای هر توزیع را با استفاده از روش‌های گشتاورها و روش حداکثر درستنمایی برآورد می‌کند. جدول ۲ پارامترهای توزیع‌های منتخب برخی از ایستگاه‌های مورد مطالعه با روش گشتاورها و حداکثر درستنمایی را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نام و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	ارتفاع(متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
آبادان	۷	۴۸° ۱۵' ۲۶"	۳۰° ۲۲' ۳۶"	اراک	۱۷۰۸	۴۹° ۴۶' ۲۴"	۳۴° ۶' ۲۶"
ارومیه	۱۳۱۶	۴۵° ۵' ۲۵"	۳۷° ۳۲' ۲۸"	اصفهان	۱۵۵۰	۵۱° ۴۰' ۲۸"	۳۲° ۳۷' ۲۶"
اهواز	۲۲/۵	۴۸° ۴۰' ۲۰"	۳۱° ۲۰' ۱۳"	بابلسر	۲۱	۶۰° ۴۲' ۴۸"	۲۷° ۱۲' ۴۶"
بم	۱۰۶۷	۵۸° ۲۱' ۴۳"	۲۹° ۰۶' ۹"	انزلی	۲۶	۴۹° ۲۸' ۱۶"	۳۷° ۲۸' ۳۶"
بندرعباس	۱۰	۵۶° ۲۲' ۳۹"	۳۷° ۱۳' ۴۵"	بندرلنگه	۲۸	۵۴° ۵۰' ۳۳"	۲۶° ۳۲' ۵۹"
بوشهر	۲۰	۵۰° ۵۰' ۳۳"	۲۸° ۵۹' ۶"	بیرجند	۱۴۹۱	۵۰° ۱۲' ۱۸"	۳۲° ۵۲' ۱۶"
تبریز	۱۳۶۱	۴۶° ۱۷' ۳۶"	۳۸° ۵' ۱۱"	تربت حیدریه	۱۴۵۱	۵۹° ۱۲' ۳۸"	۳۵° ۱۶' ۴۵"
تهران	۱۱۱۹	۵۱° ۱۹' ۱۵"	۳۵° ۴۱' ۲۳"	چابهار	۸	۶۰° ۳۷' ۱۸"	۲۵° ۱۷' ۵۵"
خرم آباد	۱۱۴۸	۴۷° ۱۷' ۱۳"	۳۳° ۲۶' ۵۳"	خوی	-۱۱/۳	۴۴° ۵۸' ۴۵"	۳۸° ۳۳' ۱۸"
دزفول	۱۴۳	۴۸° ۲۳' ۱۱"	۳۲° ۲۴' ۴۳"	رامسر	-۲۰	۵۰° ۴۰' ۵۶"	۳۶° ۵۴' ۱۳"
رشت	۷-	۴۹° ۳۶' ۵۱"	۳۷° ۱۵' ۱۶"	زابل	۴۸۹	۶۱° ۲۹' ۱۱"	۳۷° ۱۵' ۱۸"
زاهدان	۱۳۰۷	۶۰° ۵۳' ۴۹"	۲۹° ۲۸' ۴۳"	زنجان	۱۶۶۳	۴۸° ۲۹' ۵۳"	۳۶° ۴۱' ۲۵"
سبزوار	۹۷۸	۵۷° ۴۳' ۵۹"	۳۶° ۱۲' ۴۵"	سمنان	۱۱۳۱	۵۳° ۳۳' ۱۸"	۳۵° ۳۵' ۳۵"
سنندج	۱۳۷۳	۴۷° ۰' ۱۱"	۳۵° ۲۰' ۴۳"	شاهرود	۱۳۴۵	۵۴° ۵۷' ۱۵"	۳۶° ۲۵' ۴۶"
شهرکرد	۲۰۴۹	۵۰° ۵۱' ۵۳"	۳۲° ۱۷' ۱۵"	شیراز	۱۴۸۴	۵۲° ۳۶' ۱۹"	۲۹° ۳۲' ۳۸"
طیس	۷۱۱	۵۶° ۵۵' ۴۵"	۳۳° ۳۶' ۴۸"	فسا	۱۲۸۸	۵۳° ۴۱' ۲۱"	۲۸° ۵۸' ۱۴"
قزوین	۱۲۷۹	۵۰° ۰' ۳۳"	۳۶° ۱۵' ۱۳"	کاشان	۹۸۲	۵۱° ۲۷' ۳۳"	۳۳° ۵۹' ۱۱"
کرمان	۱۷۵۴	۵۶° ۵۸' ۴۵"	۳۰° ۱۵' ۱۶"	کرمانشاه	۱۳۱۹	۴۷° ۰۹' ۱۵"	۳۴° ۱۲' ۵۳"
کرگان	۱۳	۵۴° ۱۶' ۶"	۳۶° ۱۵' ۴۳"	مشهد	۹۹۹	۵۹° ۳۸' ۱۵"	۳۶° ۱۶' ۵۳"
همدان	۱۶۸۰	۴۸° ۴۳' ۱۱"	۳۵° ۱۲' ۱۱"	یزد	۱۲۳۷	۵۴° ۱۷' ۳۳"	۳۱° ۵۴' ۵۳"

جدول ۲: تعیین پارامترهای توزیع‌های منتخب برخی از ایستگاه‌های مورد مطالعه با روش گشتاورها و حداکثر درست‌نمایی

نام ایستگاه	نوع روش	توزیع	پارامترها	μ
آبادان	گشتاورها	مقادیر حدی گامبل نوع ۱	$k=0/42$	$\mu=03$
	حداکثر درست‌نمایی	مقادیر حدی گامبل نوع ۱	$k=0/44$	$\mu=03/16$
اراک	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=13/24\sigma$	$\mu=7/48$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=13/60$	$\mu=7/03$
اهواز	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=17/3\sigma$	$\mu=0/02$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=17/17$	$\mu=0/99$
اصفهان	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=19/71$	$\mu=6/03$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=19/90$	$\mu=6/63$
بندر انزلی	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=19/3$	$\mu=8/43$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=20/21$	$\mu=8/40$
بندرعباس	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=20/22$	$\mu=0/32$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=0/0\sigma$	$\mu=20/68$
چابهار	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=8/27$	$\mu=0/32$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=8/03\sigma$	$\mu=0/43$
گرگان	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/01$	$\mu=7/06$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/63$	$\mu=7/11$
بم	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/11\sigma$	$\mu=7/31$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/80$	$\mu=7/68$
رامسر	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/03\sigma$	$\mu=7/03$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/12\sigma$	$\mu=7/69$
سیزوار	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=19/03\sigma$	$\mu=0/99$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=19/11\sigma$	$\mu=6/03$
تربت حیدریه	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/69\sigma$	$\mu=7/19$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\alpha=11/73\sigma$	$\mu=7/22$

ادامه جدول ۲: تعیین پارامترهای توزیع‌های منتخب برخی از ایستگاه‌های مورد مطالعه با روش گشتاورها و حداکثر درست‌نمایی

نام ایستگاه	نوع روش	توزیع	پارامترها
بابلسر	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/09$ $\alpha=18/03\sigma$ $=0/97$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/11$ $\alpha=18/09\sigma$ $=1/03$
رشت	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/03$ $\alpha=13/1\sigma$ $=0/97$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/18$ $\alpha=13/09\sigma$ $=0/99$
مشهد	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/18$ $\alpha=11/02\sigma$ $=0/88$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/22$ $\alpha=11/18\sigma$ $=0/91$
شهرکرد	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/93$ $\alpha=11/91\sigma$ $=0/93$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=7/99$ $\alpha=11/98\sigma$ $=0/97$
تبریز	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=3/03$ $\alpha=14/01\sigma$ $=0/89$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=3/18$ $\alpha=14/16$ $\sigma=0/93$
تهران	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=6/66$ $\alpha=19/09\sigma$ $=0/98$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=6/99$ $\alpha=20/99\sigma$ $=1/01$
خوی	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=5/02$ $\alpha=14/02\sigma$ $=0/91$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=5/19$ $\alpha=14/33\sigma$ $=0/92$
ارومیه	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=6/02$ $\alpha=16/32\sigma$ $=0/94$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=6/09$ $\alpha=16/60\sigma$ $=0/90$
شاهرود	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=4/26$ $\alpha=6/27\sigma$ $=0/91$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=40/40$ $\alpha=6/39\sigma$ $=0/93$
زاهدان	گشتاورها	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=8/27$ $\alpha=11/39\sigma$ $=0/99$
	حداکثر درست‌نمایی	لگ نرمال سه پارامتری	$\mu=8/31$ $\alpha=11/66\sigma$ $=1/05$

پارامترهای برآورد شده برای محاسبه چندک‌های مربوط به دوره‌های بازگشت مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا برعکس برای محاسبه دوره بازگشت یک سیلاب با بزرگی معین استفاده می‌شود. بهترین تابع توزیع در ایستگاه‌ها بر اساس آماره‌های میانگین انحراف نسبی و میانگین مربع انحراف نسبی تعیین شده است. سپس حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته برای

هر بازه زمانی و یک مجموعه از دوره بازگشت‌های انتخابی (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ سال) محاسبه شد. جدول ۳ مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته در برخی از ایستگاه‌های مورد مطالعه با توزیع مناسب و دوره‌های بازگشت مختلف رانشان می‌دهد.

جدول ۳: مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته بر حسب میلیمتر در برخی از ایستگاه‌ها با توزیع مناسب و دوره‌های بازگشت مختلف

نام ایستگاه	توزیع	دوره بازگشت (بر حسب سال)						
		۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
بندر انزلی	لگ نرمال سه پارامتری	۱۲۱	۱۵۵	۱۷۳	۱۸۸	۱۹۲	۲۰۵	۲۱۶
بیم	لگ نرمال سه پارامتری	۱۴	۲۰	۲۳	۲۶	۲۷	۲۹	۳۱
رامسر	لگ نرمال سه پارامتری	۱۲۷	۱۸۳	۲۲۰	۲۵۷	۲۶۹	۳۰۶	۳۴۳
بابلسر	لگ نرمال سه پارامتری	۸۱	۱۱۸	۱۴۵	۱۷۵	۱۷۹	۲۰۵	۲۳۲
گرگان	لگ نرمال سه پارامتری	۴۴	۵۹	۷۱	۸۲	۸۶	۹۷	۱۰۸
رشت	لگ نرمال سه پارامتری	۹۴	۱۱۷	۱۲۹	۱۳۸	۱۴۱	۱۴۹	۱۵۷
چابهار	لگ نرمال سه پارامتری	۳۰	۴۲	۴۹	۵۴	۵۶	۶۰	۶۴
زابل	لگ نرمال سه پارامتری	۱۳	۲۱	۲۷	۳۳	۳۵	۴۱	۴۸
زاهدان	لگ نرمال سه پارامتری	۱۵	۲۳	۳۰	۳۷	۳۹	۴۶	۵۳
طیس	لگ نرمال سه پارامتری	۱۴	۲۰	۲۵	۲۹	۳۱	۳۵	۴۰
یزد	لگ نرمال دو پارامتری	۱۱	۱۹	۲۶	۳۲	۳۴	۴۱	۴۸
سمنان	لگ نرمال دو پارامتری	۱۸	۲۵	۳۰	۳۵	۳۷	۴۲	۴۸
قزوین	گامای دو پارامتری	۲۷	۳۴	۳۸	۴۲	۴۳	۴۶	۵۰
پوشهر	گامای دو پارامتری	۴۹	۷۳	۸۹	۱۰۶	۱۱۱	۱۲۸	۱۴۵
کرمان	مقادیر حدی نوع ۱ یا گامبل	۲۲	۳۱	۳۵	۳۹	۴۰	۴۲	۴۵
کرمانشاه	مقادیر حدی نوع ۱ یا گامبل	۳۷	۴۶	۵۱	۵۵	۵۶	۶۰	۶۳

در رابطه با توابع چگالی احتمال مورد استفاده و بررسی شده در این مقاله و نحوه تخمین پارامترهای توزیع ها بر اساس روش گشتاورها و روش حداکثر درستنمایی، کتابهای درسی زیادی موجود است و به همین علت در اینجا ذکر به میان نیامده است و خواننده می تواند به مراجع و منابع موجود مراجعه نماید (Rao and Hamed, 2000; Singh, 1998; Kite, 1978)

آزمون های نیکوئی برازش

در این مقاله برای مقایسه و انتخاب بهترین توزیع آماری از آزمون های میانگین انحراف نسبی و میانگین مربع انحراف نسبی که بصورت زیر تعریف می شوند، استفاده شده است.

$$MRD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|x_{oi} - x_{ci}|}{x_{oi}} \right)$$

$$MSRD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{oi} - x_{ci}}{x_{oi}} \right)^2$$

در معادلات بالا x_o ، x_c و n به ترتیب مقدار مشاهده شده، مقدار محاسبه شده و حجم یا اندازه نمونه هستند.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده های حداکثر بارندگی روزانه ایستگاه های طی دوره آماری نشان می دهد که میانگین آن ها بین ۱۴/۷ تا ۱۳۹/۲ میلی متر بر ساعت تغییر می کند. همچنین حداقل و حداکثر آن ها بین ۴ تا ۳۴۰ میلی متر بر ساعت است. در جدول ۴ آماره های مربوط به شش ایستگاه منتخب آورده شده اند. لازم به یادآوری است که از شش ایستگاه ذکر شده، سه ایستگاه اول یعنی ایستگاه های یزد، زابل و زاهدان در منطقه خیلی خشک یا فراخشک و سه ایستگاه دوم یعنی ایستگاه های رشت، رامسر و بندرانزلی در منطقه خیلی مرطوب کشور واقع شده اند.

در این پژوهش برای تعیین توزیع مناسب در ایستگاه های مختلف از آزمون های میانگین انحراف نسبی و میانگین مربع انحراف نسبی استفاده شده و نتایج نشان می دهد که از تعداد ۴۰ ایستگاه مورد مطالعه، داده های حداکثر بارندگی روزانه ۲۹ ایستگاه از توزیع لگ نرمال سه پارامتری، دو ایستگاه از توزیع لگ نرمال دو پارامتری و پنج ایستگاه از توزیع گامای دو پارامتری، چهار ایستگاه از توزیع مقادیر حدی نوع یک یا گمبل تبعیت می نمایند.

ایستگاه های اهواز، اصفهان، اراک، تهران، شیراز، بم، شاهرود، زاهدان، زابل، چابهار، طبس، فسا، تربت حیدریه، بندرعباس، خرم آباد، سنندج، ارومیه، تبریز، خوی، شهرکرد، همدان، زنجان، مشهد، سبزوار، گرگان، بندر انزلی، رشت، بابلسر و رامسر

ایستگاه‌هایی هستند که داده‌های آنها از توزیع لگ نرمال سه پارامتری تبعیت می‌نمایند. بطور کلی توزیع لگ نرمال سه پارامتری از داده‌های تبدیل شده به لگاریتم اعشاری یا طبیعی (نپرین) استفاده می‌کند و در مواقعی که ضریب چولگی داده‌ها مثبت باشد و نزدیک به صفر نباشد و همچنین چولگی لگاریتم داده‌ها نزدیک به سه باشد، قابل کاربرد است. پنج ایستگاه کاشان، قزوین، بوشهر، بیرجند و جیرفت داده‌های آنها از توزیع گامای دو پارامتری تبعیت می‌نمایند. این توزیع برای داده‌هایی مناسب است که ضریب چولگی آنها از دو بیشتر باشد.

جدول ۴: آماره‌های مهم داده‌های حداکثر بارندگی روزانه شش ایستگاه منتخب.

ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
یزد	۱۴/۷	۹/۲	۴	۴۸
زابل	۱۵/۸	۹/۳	۴/۶	۴۵
زاهدان	۱۸/۳	۹/۶	۶	۵۲
رشت	۹۴/۹	۲۶/۷	۵۳	۱۷۰
بندر انزلی	۱۲۱/۷	۴۰/۷	۶۹	۲۴۰
رامسر	۱۳۹/۲	۶۱/۱	۵۰/۱	۳۴۰

چهار ایستگاه آبادان، بندرلنگه، کرمان و کرمانشاه داده‌های آنها از توزیع مقادیر حدی نوع یک یا گمبل تبعیت می‌نمایند، این توزیع وقتی مناسب است که ضریب چولگی داده‌ها برابر با $1/14$ و ضریب کشیدگی آنها برابر با $5/40$ باشد. دو ایستگاه یزد و سمنان داده‌های آنها از توزیع لگ نرمال دو پارامتری تبعیت می‌نمایند. توزیع لگ نرمال دو پارامتری هم توزیعی است که از داده‌های تبدیل شده به لگاریتم اعشاری یا طبیعی (نپرین) استفاده می‌کند و در صورتی قابل کاربرد است که چولگی داده‌ها مثبت، چولگی داده‌های تبدیل شده به لگاریتم، تقریباً صفر باشد و ضریب کشیدگی لگاریتم داده‌ها تقریباً نزدیک به سه باشد.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری کلی این پژوهش با یافته‌های Shabri and Arif (۲۰۰۹)، Abolverdi and khalili (۲۰۰۹) و Singla و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت نمی‌کند. بارندگی‌های حداکثر روزانه ایستگاه‌ها با اقلیم‌های کاملاً متفاوت از یک توزیع بخصوص تبعیت می‌نمایند بارندگی‌های حداکثر روزانه ایستگاه‌هایی نظیر زاهدان، زابل، چابهار، بم و طبس که در اقلیم خیلی خشک

یا فراخشک قرار گرفته اند و بیشتر بارندگی سالانه این ایستگاه ها در فصول پاییز و زمستان نازل می شود، با ایستگاه هایی نظیر رشت، بندر انزلی، بابلسر، رامسر و گرگان که در اقلیم بسیار مرطوب واقع شده اند و در تمام فصول سال در این ایستگاه ها بارندگی نازل می شود (فصل خشک در این ایستگاه ها وجود ندارد)، همگی از توزیع لگ نرمال سه پارامتری تبعیت می نمایند، که این مطلب از یافته های مهم این بررسی به حساب می آید. همچنین می توان از ایستگاه های کرمان و کرمانشاه نام برد که بارندگی های حداکثر روزانه آنها از توزیع مقادیر حدی نوع یک یا گمبل تبعیت می نمایند ولی از نظر اقلیمی کرمان در منطقه خشک واقع شده است اما کرمانشاه در منطقه نیمه مرطوب قرار گرفته است. بنابراین برای اقلیم های غیرمشابه نمی توان توزیع های متفاوتی را پیشنهاد کرد. همچنین مشخص شد که در مناطق خشک در بعضی سال ها ممکن است که تمام یا مقدار بسیار زیادی از کل بارندگی سالانه در ۲۴ ساعت یا یک شبانه روز اتفاق بیفتد.

منابع

- اسلامیان، س. و سلطانی کوپائی، س. (۱۳۸۱). تحلیل فراوانی سیل. چاپ اول، اصفهان، نشر ارکان.
- قنبرپور، م. و تلوری، ع. (۱۳۷۹). مطالعه روابط بارندگی های حداکثر روزانه و کوتاه مدت در ایران. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۴۹، ص ۲۶-۲۲.
- Abolverdi, J. and Khalili, D. (2009).** Development of Regional Rainfall Annual Maxima for Southwestern Iran by L-Moments. *Water Resource Management*.24:2501-2526.
- Al-Houri, Z., Al-Omari, A., and Saleh, O., (2014).** Frequency Analysis of Annual One Day Maximum Rainfall at Amman Zarqa Basin, Jordan. *Civil and Environmental Research*, 6(3), pp: 44-57.
- Ali, A., W.Abtew, S.V. Horn and N. Khanal. (1999).** Frequency and Spatial Analysis for Monthly Rainfall in Central and South Florida. Technical Publication WRE#371. South Florida Water Management District. West Palm Beach, Florida.
- Cunnane, C. (1989).** Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis. World Meteorological Organization Operational Hydrology, Report No. 33, WMO-No. 718, Geneva, Switzerland.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988).** Applied hydrology. McGraw-Hill Inc., New York.
- Hershfield, D.M. (1961).** Rainfall Frequency Atlas of the United States for Durations from 30 Minutes to 24 Hours and Return Periods from 1 to 100 Years. Technical Paper No. 40, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Kite, G.W. (1978).** Frequency and risk analyses in hydrology. Water Resources Pub.

-
- Lee, S.H. and Meang, S.J. (2003).** Frequency Analysis of Extreme Rainfall Using L-Moment. *Irrigation and Drainage*. 52: 219-230.
- Malekinezhad, H., and Zare-Garizi, A., (2014).** Regional frequency analysis of daily rainfall extremes using L-moment approach. *Atmosfera*, 27(4), 411-427.
- Mayooran, T., and Laheetharan, A., (2014).** The Statistical Distribution of Annual Maximum Rainfall in Colombo District. *Sri Lankan Journal of Applied Statistics*, Vol. 15, No. 2, pp. 107.
- Rao, A.R. and Hamed, K.H. (1997).** Regional frequency analysis of Wabash river flood data by L-moments. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2 (4), 169–179.
- Rao, A.R. and Hamed, K.H. (2000).** *Flood Frequency Analysis*. CRC Press.
- Rao, R.A. and Srinivas, V.V. (2005).** Regionalization of watersheds by hybrid-cluster analysis. *Journal of Hydrology*. 318: 37-56.
- Singh, V.P. (1998).** *Entropy-based parameter estimation in hydrology*. Kluwer Academic Pub.
- Singla, Sh., Halder, R., Khosa, R., Singla, R., and Rajeev, R., (2014).** Frequency analysis of annual one to five consecutive day maximum rainfall for Gandak river basin. *International Journal of Engineering and Technology*, 3(2):93-98.
- Shabri, A. and Ariff, N.M. (2009).** Frequency Analysis of Maximum Daily Rainfalls via L-Moment Approach. *Sains Malaysiana*, 38(2): pp:149–158.
- Yurekli, K. and Modarres, R. (2007).** Regionalization of maximum daily rainfall data Tokat province, Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(2): pp:1–7.
- Yurekli, K., Modarres, R. and Ozturk, F. (2009).** Regional daily maximum rainfall estimation for Cekerek watershed by L-moments. *Meteorological Application*. 16, pp:435-444.