تاثیر مناطق همگن هیدرو–اقلیمی بر تعیین بهترین توزیع احتمالاتی برای بارش‌های حداکثر روزانه

سمیه محمدی جوزدانی[۱*]، حسین ملکی‌نژاد[۲]، علی دولتی[۳]

چکیده

انتخاب و استفاده مناسب از روش علم آمار و احتمالات برای پیش‌بینی یک متغیر با دوره‌ی بازگشت معین دارای اهمیت بسیاری است. بارش حداکثر روزانه، از مهم‌ترین متغیرهای هیدرولوژیکی است که نقشی اساسی در حجم و بزرگی سیلاب دارد؛ بنابراین، پیش‌بینی دقیق‌تر آن می‌تواند به برنامه‌ریزی بهتر در مهار سیل و مدیریت منابع آب کمک کند. هدف از این مطالعه تعیین مناسب‌ترین توزیع‌های احتمالاتی برای براورد بارش حداکثر ۲۴ ساعته در کل ایران و مناطق همگن هیدرواقلیمی[۴] است؛ بدین منظور، از داده‌های ۴۶ ایستگاه سینوپتیک و ۴ ایستگاه کلیماتولوژی استفاده شده است. پس از کنترل آمار، با استفاده از نرم افزار ایزی‌فیت[۵] توزیع‌های مختلف بر داده‌ها برازش و مناسب‌ترین توزیع‌ها بر اساس آزمون کلموگروف_اسمیرنوف شناسایی شدند. با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای بر اساس روش Ward، و با استفاده از شش عامل ارتفاع از سطح دریا، متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته، متوسط بارش سالانه، متوسط بارش‌های زمستانه، بهاره و پائیزه، مناطق همگن هیدرواقلیمی مشخص و فراوانی توزیع‌ها در کل کشور و در گروه‌های همگن هیدرولوژیکی تعیین و مقایسه گردیدند. نتایج نشان دادند که توزیع ویکبای[۶] مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای برآورد حداکثر بارش ۲۴ ساعته در کل کشور، و در چهار منطقه‌ی همگن هیدرواقلیمی است. همچنین، بدون در نظر گرفتن توزیع احتمالاتی ویکبای، نوع توزیع‌های احتمالاتی برای مناطق مختلف همگن اقلیمی متفاوت از یکدیگر بوده است.

کلمات کلیدی: حوضه‌ی آبخیز، بارش حداکثر روزانه، توزیع احتمالاتی، مناطق همگن هیدرولوژیکی

[۱] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان.
تلفن: ۰۹۱۳۶۲۶۷۵۴۶، Email:mohammadi24@ymail.com
[۲] دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه یزد
[۳] دانشیار، گروه آمار، دانشگاه یزد

[4] Hydro-Climatic
[5] Easy Fit
[6] Wakeby

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

از آنجا که در طرح‌های بهره‌برداری از منابع آب، مهار سیلاب، سدسازی، عملیات آبخیزداری و اکثر زمینه‌های مطالعات هیدرولوژی، بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته، و پیرو آن دبی سیلاب، اهمیت دارند، لذا دقت مطالعات و درجه ایمنی طراحی تأسیسات و سازه‌های آبی بستگی زیادی به روش مطالعات دارد (علیزاده، ۲۰۰۷). کمبود آمار و اطلاعات هیدرومتری یکی از مشکلات و معضلات اساسی در امر براورد حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف بوده و همین امر سبب گردیده است که بسیاری از طرح‌های اجرا شده با مشکلات عدیده‌ای مواجه شوند. بدین منظور، استفاده از روش‌هایی که بتوانند با استفاده از آمارهای ناقص موجود، دقیق‌ترین براورد را از بارش و دبی با دوره‌های بازگشت مختلف داشته باشند ضروری به نظر می‌رسد. تطابق توزیع فراوانی داده‌های موجود با یکی از توزیع‌های آماری این حسن را دارد که آمار محدود موجود را توسعه داده و احتمالات بسیار کم را نیز از روی امتداد منحنی‌های توزیع فراوانی به دست آورد؛ در ضمن می‌توان توزیع حاصله را با دو یا سه پارامتر بیان نمود. خدمتی و همکاران (۲۰۱۰) نیز به منظور انتخاب بهترین تابع توزیع احتمالاتی برای آمار هواشناسی (حداکثر بارش ۲۴ ساعته سالانه) و هیدرومتری (دبی حداکثر سالانه) حوضه‌های آبخیز جنوب شرقی کشور (استان‌های کرمان، یزد، سیستان و بلوچستان و هرمزگان)، و با استفاده از آزمون نکویی برازش کلموگروف- اسمیرنوف توزیع لگ پیرسون سه پارامتری را بهترین توزیع دانستند. پورافشاری (۲۰۱۰)، در تحقیقی با استفاده از دو توزیع احتمالاتی گمبل و لگ پیرسون نوع سه به بررسی احتمال وقوع حداقل دبی و حداکثر بارش۲۴ ساعته در حوضه‌ی کمال‌چای در جنوب کوه سبلان پرداخت. میرشاهی و همکاران (۲۰۰۸) پتانسیل مدل‌های خطی تعمیم یافته را با مدل بارش روزانه در منطقه‌ای نیمه‌خشک در شمال غرب ایران ارزیابی کردند. ایشان بارش روزانه‌ی شبیه‌سازی شده را به عنوان اساسی برای به‌دست آوردن مدل بارش – رواناب مناسب، تجهیزات مهار سیلاب و مدیریت منابع آب به کار بردند. شارما و سینگ (۲۰۱۰) برای داده‌های بارش حداکثر ۲۴ ساعته، ۷ روزه، چهارهفته‌ای، چهارماهه و یک ساله، برای یک دوره‌ی آماری ۳۷ ساله، مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی را برای ایستگاه تحقیقاتی پانتناگار هند با استفاده از حداقل تفاوت بین داده‌های واقعی و داده‌های تخمین زده شده به‌دست آوردند. بنین و همکاران (۲۰۰۶)، توزیع مقادیر حد نهایی را برای مقدار بارش به‌دست آوردند. همچنین، نقوی و یو (۱۹۹۵) برای تخمین مقادیر حداکثر بارش در لویزیانا از توزیع احتمالاتی مقادیر حدنهایی بهره بردند. مساعدی و قبائی‌سوق (۲۰۱۱) به‌منظور تصحیح شاخص بارش استاندارد شده‌ی توزیع‌های مختلف آماری را بر مقادیر بارندگی سالانه‌ی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک کشور برازش داده، و مناسب‌ترین تابع توزیع را بر اساس آماره‌ی کلموگروف اسمیرنوف انتخاب، و مقدار احتمال تجمعی آن‌را محاسبه کردند. نصرآبادی و همکاران (۲۰۱۴) از داده‌های بارش روزانه‌ی پایگاه داده آفرودیت[7] خاورمیانه در شبکه‌های ۰/۲۵ و ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی، و آزمون نکویی برازش کلموگروف- اسمیرنوف به منظور شناسایی برازنده‌ترین توزیع روزهای بارشی در ایران بهره بردند. تابع توزیع گامای دو فراسنجی و نمایی توانستند شرایط آماری لازم آزمون نکویی برازش را در فاصله اطمینان ۹۵ درصد احراز کنند.

پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه‌ی تقسیم‌بندی مناطق مطالعه شده به مناطق همگن از لحاظ هیدرولوژیکی، و بررسی بهترین توزیع احتمالاتی سری زمانی هیدرولوژیکی انجام شده است از جمله، چپمن (۱۹۹۸) نیز داده‌های بارش روزانه را برای هر ماه از سال مطابق با مقدار همسایگی به روزهای مرطوب (صفر، یک یا دو روز) طبقه‌بندی نمود. مدل‌های احتمالاتی، که به صورت جداگانه استفاده شدند، عموما نتایج بهتری را از برازش نسبت به مدل‌هایی که گروهی از داده‌ها را با هم استفاده کردند، نشان دادند. جهانبخش و ترابی (۲۰۰۴)، به منظور بررسی و پیش‌بینی تغییرات بارش در ایران، با استفاده از مدل تحلیل خوشه‌ای و روش Ward و بهره‌گیری از آمار ماهانه‌ی میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه، متوسط رطوبت نسبی در ساعت‌های ۳، ۹ و ۱۵، مجموع بارش ماهانه، بیشترین بارندگی

[7] Asian precipitation-highly-resolved observational data integration towards evaluation of water resources

Archive of SID

www.SID.ir

روزانه و تعداد روزهای با بارش مساوی یا بیش از ۱۰ میلی-متر، تعداد پنج منطقه‌ی اقلیمی همگن مشخص نمودند.

با این فرضیه که تفاوت هیدرولوژیکی بر نوع توزیع احتمالاتی داده‌های بارش مؤثر است، این پژوهش سعی دارد مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی را برای براورد بارش حداکثر ۲۴ ساعته در کشور، و نیز در مناطق همگن هیدرواقلیمی به‌دست آورد.

آزمون کلموگروف – اسمیرنوف

آزمون‌های نکویی برازش قابلیت نمونه‌ی تصادفی را با یک تابع توزیع احتمالاتی اندازه می‌گیرد. به عبارت دیگر، این آزمون‌ها نشان می‌دهند که چه توزیعی برای برازش داده‌های مطلوب مناسب است.

آزمون کلموگروف – اسمیرنوف بر پایه‌ی تابع توزیع تجمعی تجربی[8] است. اگر فرض شود که یک نمونه‌ی تصادفی از X_1 تا X_n از تابع توزیع تجمعی $F(n)$ موجود باشد، تابع توزیع تجمعی تجربی آن به صورت زیر است:

(۱)

$$F_n = \frac{1}{n}\left[Number \quad of \quad observation \le x \right]$$

آماره‌ی کلموگروف– اسمیرنوف (D) برپایه‌ی بیشترین فاصله‌ی عمودی بین تابع توزیع تجمعی تجربی و نظری است (بهبودیان، ۲۰۰۳)؛

(۲)

$$D = \max_{1 \le i \le n} \left(F(X_i) - \frac{i-1}{n}, \frac{i}{n} - F(X_i) \right)$$

فرض آزمون

فرضیه‌های صفر و مقابل چنین تعریف می‌شوند:

H_0= داده‌ها از توزیع مطلوب پیروی می‌کنند.

H_1= داده‌ها از توزیع مطلوب پیروی نمی‌کنند.

فرضیه‌ها با توجه به شکل توزیعی در یک سطح اطمینان انتخاب شده (α) رد می‌شوند اگر، آماره‌ی آزمون، D، بیش از مقدار بحرانی به‌دست آمده از جدول باشد. مقادیر ثابت α (۰/۰۱ و ۰/۰۵ و...) معمولا برای ارزیابی فرض صفر (H_0) در سطوح مختلف اطمینان استفاده می-شوند. مقدار ۰/۰۵ کاربرد عمومی‌تری را دارد. مقدار P-Value در مقابل مقادیر ثابت α، براساس آماره‌ی آزمون محاسبه می‌گردد؛ و فرض صفر زمانی قبول می‌شود که همه‌ی مقادیر α کمتر از مقدار P-Value باشند. نرم‌افزار ایزی‌فیت مقدار P-Value را بر اساس آزمون فرض کلموگروف- اسمیرنوف (D) و کای اسکویر برای توزیع‌های برازش یافته محاسبه می‌کند. در این تحقیق برای بررسی نکویی برازش از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف استفاده گردید.

گروه‌های همگن

با توجه به این‌که ایران کشوری وسیع با شرایط اقلیمی و جغرافیایی متنوع است که هم تحت تاثیر الگوی چرخه‌ی اتمسفری و هم اثرات محلی است، و تراکم شبکه‌ی ایستگاه‌های بارندگی در ایران برای تخمین بارش در نواحی بدون ایستگاه باران‌سنج کافی نیست، بنابراین ناحیه‌بندی بارش برای تعمیم داده‌های بارش برای مناطقی که داده‌ی کافی در دسترس نیست لازم است (مدرس، ۲۰۱۱).

از نظر آماری همگنی مکانی بدین معنی است که طبیعت هر رویداد خاص هیدرولوژیکی و هواشناسی در یک منطقه‌ی همگن به گونه‌ای است که تشابه آنها قابل قبول و تقریبا دارای عکس‌العمل یکسانی باشد (خدمتی و همکاران، ۲۰۱۰). بارن و جول (۲۰۰۰) عقیده دارند که یک منطقه‌ی همگن به جمعی از زیرحوضه‌هایی اطلاق می‌گردد که نه تنها از نظر جغرافیایی، بلکه از جنبه‌ی پاسخ هیدرولوژیکی مشابه باشند.

در این پژوهش برای تعیین مناطق همگن از لحاظ هیدرولوژیکی از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده گردید. این روش برای حل مسائل چند متغیره مناسب است.

مواد و روش‌ها

کشور ایران با وسعت ۱،۶۴۸،۰۰۰ کیلومترمربع در نیم کره‌ی شمالی، در قاره‌ی آسیا و در قسمت غربی فلات ایران واقع شده است. این کشور بین دو نصف‌النهار°۶۴ و °۴۴ شرقی و دو مدار °۲۵ و °۴۰ شمالی قرار گرفته است. حدود ۹۰ درصد خاک کشور در محدودی فلات ایران واقع

[8] empirical cumulative distribution function

Archive of SID

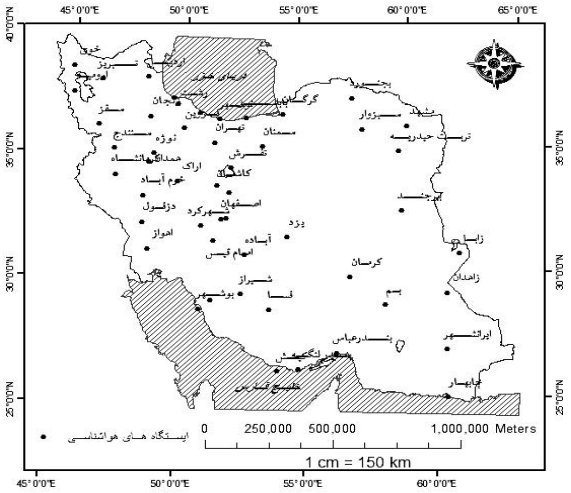
www.SID.ir

گردیده است و سرزمینی کوهستانی محسوب می‌شود. رشته کوه‌های البرز و زاگرس مهمترین تأثیر را در آب و هوای ایران دارند. این دو رشته کوه به ترتیب از شمال غربی به شمال شرقی و از شمال غربی به جنوب شرقی کشیده شده‌اند. افزون بر آن، دو دریای بزرگ در شمال و جنوب، کشور ایران را دارای آن‌چنان تنوعی در اقلیم کرده‌اند که در کمتر کشوری دیده می‌شود (بختیاری، ۲۰۰۴). ایران از جلگه‌های پست هم‌تراز دریا و حتی پایین‌تر از آن (بندر انزلی) تا نواحی کوهستانی به ارتفاع بیش از ۵۵۰۰ متر تشکیل شده است.

داده‌های مطالعه شده

مرحله‌ی اول گردآوری و بررسی کیفیت، صحت، دقت داده‌های بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، سپس بررسی همگنی داده‌های ایستگاه‌های موجود، بازسازی داده‌های بارندگی، انتخاب دوره‌ی پایه، تکمیل آمار ناقص و تعیین داده‌های پرت است. بدین منظور، داده‌های حداکثر بارش ۲۴ ساعته از تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی جمع‌آوری گردیدند. با حذف ایستگاه‌های دارای داده‌های ناقص و پرت شمار ایستگاه‌های مورد بررسی به ۴۶ ایستگاه سینوپتیک و ۴ ایستگاه کلیماتولوژی کاهش یافت (شکل۱ و جدول۳). سپس به بررسی همگنی داده‌ها، بازسازی داده‌های لازم با رگرسیون‌گیری بین ایستگاه‌های دارای بیشترین همبستگی با یکدیگر، انتخاب دوره‌ی پایه و تطویل آمار پرداخته شد. در نهایت، دوره‌ی آماری ۲۶ سال (۱۹۸۰-۲۰۰۵) انتخاب و از آن برای تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع و بررسی همگنی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز استفاده شد. از آنجاکه همگن‌بندی به منظور شناخت مناطق دارای الگوی بارش یکسان است، از داده‌های بارش ماهانه نیز استفاده گردید و کیفیت و صحت این آمار نیز بررسی شد.

در مرحله‌ی بعد با استفاده از نرم‌افزار ایزی‌فیت انواع توزیع‌ها بر داده‌های هر ایستگاه برازش داده شده و نکویی آن با سه آزمون کلموگروف– اسمیرنوف، اندرسون-دارلینگ و کای اسکویر بررسی گردید. مناسب‌ترین توزیع‌ها بر اساس آزمون کلموگروف-اسمیرنوف انتخاب شد، سپس فراوانی آن‌ها در گروه‌های همگن نیز به‌دست آمد. منظور از درصد فراوانی توزیع احتمالاتی در اینجا درصد مشاهده‌ی قرار گرفتن یک



شکل۱- منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی مورد مطالعه در سطح کشور.

جدول۳- ایستگاه‌های مورد مطالعه و شماره آن‌ها

شماره ایستگاه	ایستگاه	شماره ایستگاه	ایستگاه	شماره ایستگاه	ایستگاه
1	اراک	18	برازجان	35	فسا
2	اردبیل	19	بوشهر	36	قزوین
3	خوی	20	تبریز	37	بم
4	ارومیه	21	مهرآباد	38	کرمان
5	کاشان	22	رشت	39	کرمانشاه
6	شرق اصفهان	23	بندران زلی	40	گرگان
7	اصفهان	24	زنجان	41	خرم آباد
8	اهواز	25	بابلسر	42	مشهد
9	دزفول	26	رامسر	43	سبزوار
10	زاهدان	27	نوشهر	44	تربت-حیدریه
11	زابل	28	سمنان	45	همدان
12	چابهار	29	شاهرود	46	نوژه همدان
13	ایرانشهر	30	سنندج	47	یزد
14	بجنورد	31	سقز	48	تفرش
15	جزیره کیش	32	شهرک رد	49	امام قیس
16	بندر لنگه	33	آباده	50	بادرود نطنز
17	بندرعباس	34	شیراز		

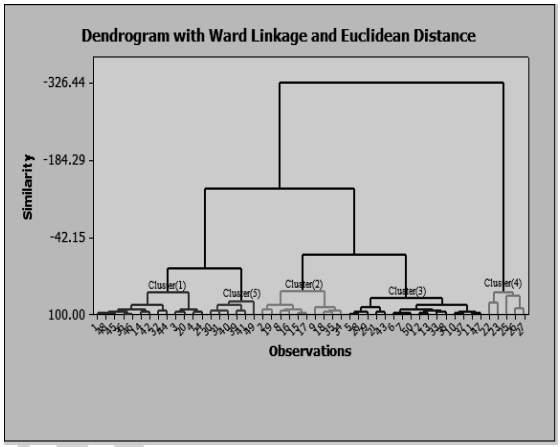
توزیع در اولویت یک تا سه یا یک تا ۱۰ است.

در این تحقیق مناطق همگن بر اساس شش متغیر از یکدیگر جدا گردیدند. این متغیرها شامل: ارتفاع از سطح دریا، متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته، بارش متوسط سالانه، بارش متوسط در زمستان، بارش متوسط در بهار و بارش متوسط در پاییز هستند. برای انجام تجزیه و تحلیل خوشه‌ای از

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌های Ward و K-Means در نرم افزار مینی‌تب[9] استفاده گردید. همبستگی بین ایستگاه‌هایی که با روش اول (Ward) همگن‌سازی شده بودند بیشتر، و تفاوت بین توزیع‌های احتمالاتی آن‌ها کمتر از روش دوم بود؛ بنابراین با استفاده از روش Ward و معیار فاصله‌ی اقلیدسی، ایستگاه‌ها در پنج گروه همگن قرار گرفتند (شکل۲). شماره مربوط به هر ایستگاه در جدول ۳ وارد شده است.



شکل ۲- خوشه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس روش Ward و معیار فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار MINITAB.

در جدول ۱ نتایج خوشه‌بندی هیدرولوژیکی با ذکر نام ایستگاه سینوپتیک یا کلیماتولوژی، که از آمار جمع-آوری گردیده به وسیله‌ی آن‌ها بهره‌وری شده، عرضه گردیده‌اند.

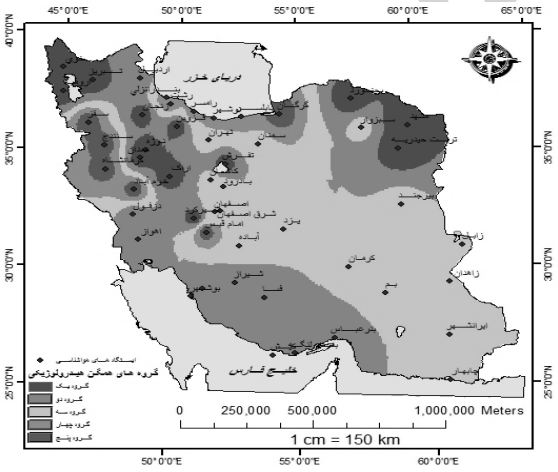
جدول۱- گروه‌های همگن هیدرولوژیکی بدست آمده بر اساس خوشه‌بندی با روش Ward و معیار فاصله اقلیدسی.

گروه یک	گروه دو	گروه سه	گروه چهار	گروه پنج
اراک،	اردبیل،	کاشان،	رشت،	سنندج،
تفرش،	بوشهر،	سمنان،	بندرانزلی،	سقز،
همدان،	اهواز،	شاهرود،	بابلسر،	گرگان،
قزوین،	بندرلنگه،	تهران،	رامسر،	کرمانشاه،
نوژه ی	کیش،	سبزوار،	نوشهر	خرم آباد،
همدان،	بندرعباس،	اصفهان،		ایستگاه
بجنورد،	دزفول،	ایستگاه		امام قیس
مشهد،	برازجان،	شرق		شهرکرد
شهرکرد،	فسا، شیراز	اصفهان،		
تربت	بادرود			
حیدریه،	نطنز،			
خوی،	چابهار،			
تبریز،	ایرانشهر،			
ارومیه،	آباده،			
زنجان	کرمان،			
	زاهدان،			
	بم، زابل،			
	یزد			

با استفاده از فراوانی نسبی یک توزیع در براورد بارش حداکثر روزانه در هر یک از ایستگاه‌ها، مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی در کل کشور (جدول۲) و هر یک از مناطق همگن هیدرولوژیکی به‌دست آمد (شکل۴). مناطق همگن هیدرولوژیکی به دست آمده در شکل ۲ به صورت شماره ایستگاه و در شکل ۳ به صورت نقشه‌ی پهنه‌بندی نمایش داده شده‌اند.

نتایج و بحث

نتایج تعیین نوع توزیع احتمالاتی در دو حالت بدون همگن‌بندی و با همگن‌بندی مقایسه گردیدند. نتایج حاکی از آن شد که بدون در نظر گرفتن همگنی بین ایستگاه‌ها، توزیع غالب در کل کشور به ترتیب ویکبای، توزیع مقادیر حد تعمیم یافته[10]، توزیع جانسون اس بی[11]، پارتوی تعمیم یافته[12] و توزیع بور[13] هستند (جدول۲).



شکل ۳- پهنه‌بندی مناطق همگن هیدرولوژیکی بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS.

[9] MINITAB
[10] Generalized Extreme Values (GEV)
[11] Johnson SB
[12] Generalized Pareto
[13] Burr

www.SID.ir

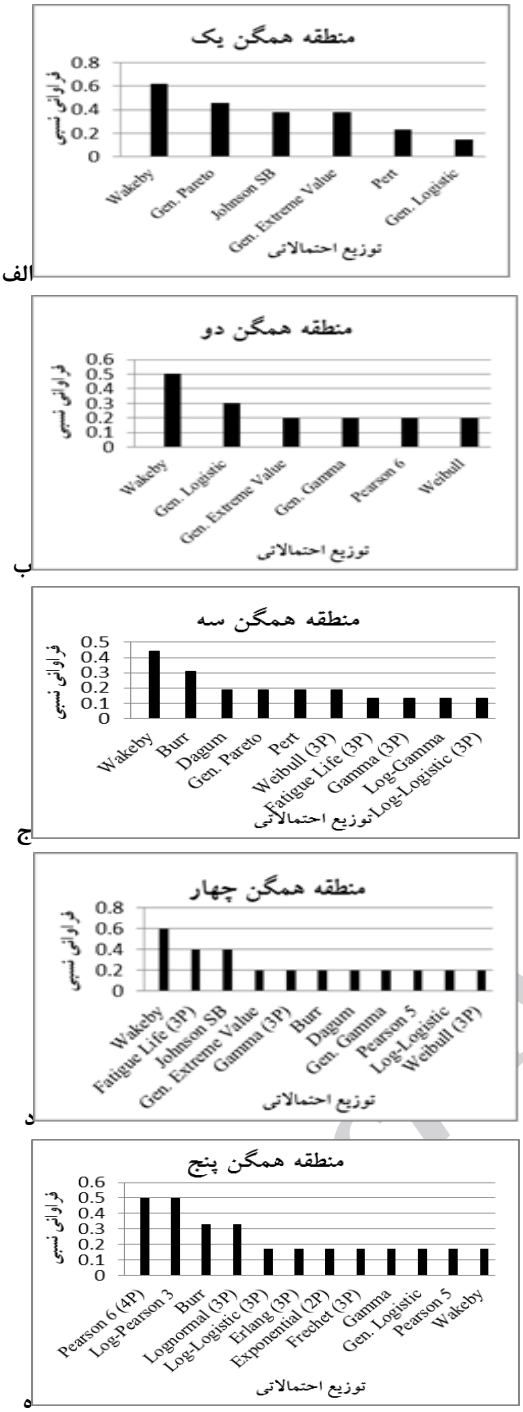
جدول۲- تحلیل فراوانی توزیع‌های احتمالاتی برای حداکثر بارش روزانه در سراسر کشور.

توزیع احتمالاتی	فراوانی توزیع در ۱۰ اولویت برتر	درصد فراوانی آن	فراوانی توزیع در سه اولویت برتر	درصد فراوانی آن
Wakeby	۳۸	۰/۷۶	۲۴	۰/۴۸
Gen. Extreme Value	۲۹	۰/۵۸	۸	۰/۱۶
Log-Logistic (3P)	۲۲	۰/۴۴	۵	۰/۱
Johnson SB	۲۱	۰/۴۲	۹	۰/۱۸
Log-Pearson 3	۱۸	۰/۳۶	۵	۰/۱
Burr	۱۷	۰/۳۴	۸	۰/۱۶
Burr (4P)	۱۷	۰/۳۴	۳	۰/۰۶
Gen. Logistic	۱۷	۰/۳۴	۷	۰/۱۴
Lognormal (3P)	۱۷	۰/۳۴	۳	۰/۰۶
Frechet (3P)	۱۶	۰/۳۲	۳	۰/۰۶

با همگن‌بندی کشور بر اساس شش پارامتر ارتفاع از سطح دریا، متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته، بارش متوسط سالانه، بارش متوسط در زمستان، بارش متوسط در بهار و بارش متوسط در پائیز، مشخص شد که در برخی مناطق، نوع توزیع‌های غالب و اولویت آنها متفاوت است. شش پارامتر مذکور چنان انتخاب شدند که نشان دهنده ویژگی-ها و الگوی بارشی هر منطقه باشند. هر چند که توزیع پنج پارامتره ویکبای در ۴ منطقه‌ی همگن از ۵ منطقه به عنوان توزیع برتر شناخته شد، ولی در توزیع‌های ردیف‌های بعدی جابجایی‌هایی دیده شد. شکل ۴ (الف تا ه)، توزیع‌های برتر (با فراوانی بیش از ۳۰ درصد) در پنج منطقه‌ی همگن تفکیکی را ارائه می‌دهد.

با توجه به این جدول‌ها، توزیع‌های مشترکی که در مناطق همگن برازش بیشتری داشته‌اند: توزیع‌های ویکبای، مقادیر حد، جانسون اس بی و بور هستند. در عین حال در بعضی مناطق همگن به صورت جداگانه بعضی از توزیع‌ها غالبند.

با توجه به نتایج، سه منطقه‌ی همگن پنج، چهار و یک تفاوت بیشتری را در نوع توزیع‌های غالب خود نشان می‌دهند. در اینجا به بررسی بیشتر ویژگی‌های این سه منطقه پرداخته می‌شود.



شکل ۴ - توزیع‌های احتمالاتی بدست آمده در مناطق همگن هیدرولوژیکی.

ایستگاه‌های گروه پنج بیشترین تفاوت توزیع غالب را با بقیه‌ی مناطق همگن دارند. ایستگاه‌های سنندج، سقز، کرمانشاه و خرم‌آباد، واقع در محدوده زاگرس مرکزی در این گروه جای دارند. در این منطقه، اولین توزیع غالب پیرسون چهار پارامتری[14]، سپس لوگ پیرسون سه[15] و بعد

[14] Pearson 6(4P)

[15] Log-Pearson3

www.SID.ir

از آن لوگ نرمال سه پارامتری[16] است که نسبت به بقیه‌ی مناطق تفاوت بیشتری در نوع توزیع‌های غالب آن مشاهده می‌شود. اقلیم ۶ گروه پنج بر اساس شاخص دمارتن از مدیترانه‌ای و معتدل تا نیمه‌خشک و گرم است. در منطقه-ی همگن چهار، اولین توزیع غالب، از آن ویکبای بوده که همانند سایر مناطق است. بعد از آن توزیع فاتیگ‌لایف سه پارامتری[17] است، که در بین کل مناطق تنها این توزیع در منطقه‌ی همگن چهار دیده می‌شود. توزیع‌های دیگری که در این منطقه مشاهده گردیده‌اند در دیگر مناطق همگن نیز تا اندازه‌ای مشاهده می‌شوند. در این منطقه ایستگاه-های رشت، بندر انزلی، بابلسر، رامسر و نوشهر قرار دارند که دارای رژیم بارشی مشابهی هستند.

پس از این دو منطقه، منطقه‌ی همگن یک، تفاوتی را در فراوانی توزیع‌های مشاهده شده نشان می‌دهد. اولین توزیع غالب این منطقه همچنان ویکبای است که مانند مناطق دیگر فراوانی بالایی را دارد، ولی به نسبت در این منطقه توزیع ویکبای از فراوانی بالاتری در برازش برخوردار است. پس از توزیع ویکبای، توزیع جانسون اس بی فراوانی بیشتری را نشان می‌دهد. این توزیع در دیگر مناطق به نسبت کمتری دیده می‌شود. پس از آن توزیع پارتو تعمیم یافته است که در منطقه‌ی همگن دو نیز به نسبت بسیار کمی مشاهده می‌گردد. توزیع مقادیر حد تعمیم یافته توزیع بعدی در اولویت در منطقه‌ی همگن یک است که در تمام مناطق همگن به جز گروه سه به نسبت‌های متفاوتی بر داده‌ها برازش نشان داده است. تعداد زیادی از ایستگاه‌های مطالعه شده از جمله اراک، تفرش، همدان، تبریز، ارومیه، زنجان، بجنورد، مشهد، شهرکرد، تربت-حیدریه، خوی و قزوین در این منطقه جای گرفته‌اند. بررسی موقعیت جغرافیایی این ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که اغلب در امتداد نوار شمال غرب، محدوده زاگرس جنوبی بسمت شمال شرق واقع شده‌اند.

بقیه‌ی ایستگاه‌ها که در دو گروه همگن دو و سه قرار دارند اغلب در بخش های مرکزی و جنوبی کشور واقع شده-اند. هر چند در این دو گروه ایستگاه‌های معدودی از مناطق نیمه شمالی نیز وجود دارند ولی با این حال توزیع غالب در هر دو منطقه، ویکبای شناسایی شد. اغلب ایستگاه‌های موجود در منطقه همگن دو مانند بوشهر، اهواز، دزفول، برازجان، فسا، شیراز، بندرلنگه، کیش، بندرعباس، در محدوده‌ی جنوب غرب و مناطق ساحلی خلیج فارس واقع شده‌اند که تشابه رژیم بارشی در این مناطق نیز قابل توجه است.

با بررسی و اولویت‌بندی نوع توزیع‌های غالب بر داده-های بارش حداکثر روزانه، بدون در نظر گرفتن منطقه‌بندی در کشور، نتایج با اندکی تفاوت حاصل شدند. در این حالت فراوانی و اولویت هر توزیع احتمالاتی در کل کشور بررسی شد. نتایج حاکی از آنند که توزیع غالب در کل کشور ویکبای، و بعد از آن به ترتیب توزیع مقادیر حد تعمیم یافته، جانسون اس بی، پارتو تعمیم یافته و بور بوده است. در مقایسه با مناطق همگن، توزیع ویکبای در برازش داده-ها همچون مناطق همگن یک، دو، سه و چهار فراوانی بالایی را در برازش داده‌ها نشان می‌دهد. توزیع بعدی مناسب در کل کشور توزیع مقادیر حد تعمیم یافته است. این توزیع نیز در تمام مناطق، به جز منطقه‌ی سه، برازش نسبی مناسبی را نشان داده است.

هنگام مقایسه‌ی نوع توزیع‌های مناسب برای برازش داده‌های بارش حداکثر ۲۴ ساعته‌ی مناطق همگن و کل ایران، تفاوت بین این توزیع‌ها در مناطق همگن چهار و پنج با کل کشور بیشتر مشهود است. برای بررسی اولویت توزیع در کل کشور از فراوانی نسبی مشاهده شده‌ی هر توزیع استفاده می‌گردد، همچنان‌که برای هر منطقه‌ی همگن نیز بدین صورت عمل می‌شود؛ بنابراین، تفاوت به‌وجود آمده بین توزیع‌های مشاهده‌ای در کل کشور و مناطق همگن، ناشی از تفاوت بین نوع توزیع‌های غالب مناطق همگن با یکدیگر است. همان‌گونه که ذکر شد، مناطق همگن چهار و پنج تفاوت بیشتری را با دیگر مناطق در نوع توزیع غالب خود نشان می‌دهند، پس هنگام مقایسه با کل کشور تفاوت بین توزیع‌های غالب این مناطق و کل کشور دور از انتظار نیست.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تعیین مناسب‌ترین توزیع‌های احتمالاتی حاکم بر داده‌های بارش حداکثر ۲۴ ساعته در دو حالت: الف) در کل کشور و ب) در مناطق همگن هیدرولوژیکی کشور انجام گرفت. بدین منظور پس از تهیه‌ی آمار و بررسی و کنترل کیفی و کمی داده‌ها، توزیع

[16] Log-Normal(3P)

[17] Fatigue Life(3P)

Archive of SID

www.SID.ir

مناسب احتمالاتی بر اساس آزمون نکویی برازش کلموگروف_ اسمیرنوف در سطح کشور مشخص گردید. سپس با استفاده از روش Ward و معیار فاصله‌ی اقلیدسی، و بر اساس شش متغیر ارتفاع از سطح دریا، متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته، بارش متوسط سالانه، بارش متوسط در زمستان، بارش متوسط در بهار و بارش متوسط در پاییز، خوشه‌بندی هیدرولوژیکی انجام گرفت؛ بدین ترتیب، پنج منطقه همگن هیدرولوژیکی در کشور شناسایی شدند. برای هر ایستگاه، توزیع‌ها از رده‌ی یک تا ۶۵ قرار گرفتند که با تعیین سه اولویت برتر و درصد فراوانی هر توزیع برای قرار گرفتن در این طیف، وسیله‌ای برای مقایسه بهتر بین گروه-های هیدرولوژیکی فراهم آمد. و بدین ترتیب در هر یک از این مناطق نیز، مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی بر اساس بیشترین درصد فراوانی مشاهده در هر ایستگاه، مشخص گردیدند.

ایران به علت داشتن پانزده درجه اختلاف عرض جغرافیایی بین جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین نقطه آن، و همچنین به دلیل چین‌خوردگی‌ها و پستی و بلندی‌های زیادی که در سطح آن به چشم می‌خورد، دارای اقلیم‌های مختلفی است. علاوه بر این،ترکیب توده‌های هوایی که از سرزمین‌های مختلف سرچشمه گرفته‌اند و روی فلات ایران به هم برخورد می‌کنند، از عوامل مهم تعیین‌کننده‌ی آب و هوای آن به شمار می‌رود. مجاورت با دریای عمان و خلیج‌فارس از یک طرف، تأثیر دریای مدیترانه از طرف دیگر، و وجود صحراهای خشک عربستان و آفریقا در جنوب غربی و دشت بزرگ سیبری در شمال شرقی در نوع توده-های هوایی که به ایران می‌رسد مؤثرند (علیزاده، ۲۰۰۷). وجود تنوع اقلیمی، و همچنین سامانه‌های بارش‌زایی که بر گستره وسیع ایران اثر می‌گذارند، الگوهای متفاوت بارشی را نیز ایجاد می‌کنند و این مسئله باعث تغییر در کیفیت داده‌های بارش روزانه، و در نتیجه توزیع احتمالاتی حاکم بر آن می‌شود. اما آنچه که به‌خوبی از نتایج برمی‌آید این است که توزیع پنج پارامتری ویکبای در اغلب مناطق کشور نسبت به بقیه برتری داشته و برآوردهای این روش به واقعیت نزدیک‌تر است. همچنین توزیع سه پارامتری مقادیر حد تعمیم یافته و توزیع‌های کمتر شناخته شده‌ای در علوم آب و اقلیم مانند بور، فاتیگ‌لایف و جانسون‌اس‌بی نیز در رده‌های بعدی قرارگرفتند.

نتایج پژوهشی در مالزی نشان داده‌اند که از بین توزیع‌های آماری ویکبای، مقادیر حد تعمیم یافته و ویبول، توزیع ویکبای مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای تشریح الگوهای بارش حداکثر ۲۴ ساعته در منطقه‌ی دامانسارای مالزی است که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد (هو و یوسف، ۲۰۱۳).

تحقیقی در کره‌ی جنوبی نیز نشان داد که به منظور براوردهای کمی بارش، استفاده از توزیع ویکبای با روش گشتاور خطی بر روی داده‌های حد بارش تابستان (سری‌های زمانی بارش حداکثر روزانه و دو روزانه‌ی سالانه) از ۶۱ ایستگاه باران‌سجی از سراسر این کشور نتایج بهتری به‌دست می‌دهد (پارک و همکاران، ۲۰۰۱).

رضیئی و همکاران (۲۰۱۱)، با هدف شناسایی برازنده‌ترین تابع توزیع احتمال بر داده‌های بارش ماهانه در ایران به منظور محاسبه نمایه‌ی بارش استاندارد (SPI) در مقیاس‌های زمانی مختلف، بدین نتیجه دست یافتند که در بیشتر مناطق ایران، به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک، توزیع‌های پیرسون نوع سه (گامای سه پارامتری) و ویکبای بیشترین برازش را با توزیع‌های آماری داشته و توزیع گامای دو پارامتری در رتبه‌ی بعدی اهمیت قرار دارند. محمدی‌جوزدانی (۲۰۱۲) متناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای برآورد بیشینه‌ی سیلاب در حوضه‌های آبخیز اصلی کشور با استفاده از روش فراوانی احتمال، توزیع ویکبای به‌دست آورده است.

آنچه از نتایج محققین برمی‌آید نشان می‌دهد که توزیع احتمالاتی ویکبای برای برازش با داده‌های حدی بارش و سیلاب مناسب است، چنان‌که متالاس و همکاران (۱۹۷۵) پیشنهاد کردند که توزیع سیلاب نسبت به توزیع-های معمول و مرسوم بیشتر شبیه به توزیع ویکبای با $\beta < ۱$ و $\delta > ۰$ است، و این توزیع می‌تواند به عنوان یک توزیع معتبر مادر برای سیلاب در نظر گرفته شود. توزیع ویکبای توسط هاوتن (۱۹۷۸) تعریف و معرفی گردید. متغیر x از توزیع ویکبای پیروی می‌کند اگر بین تابع چگالی احتمال آن f(x) و تابع توزیع تجمعی آن، F(x) رابطهٔ زیر برقرار باشد:

(۳)

$$f(x)=\frac{1}{\alpha(1-f(x))^{\beta-1}+(1-f(x))^{-\sigma-1}}$$

Archive of SID

www.SID.ir

α = پارامتر شکل پیوسته

β = پارامتر مقیاس پیوسته

γ = پارامتر موقعیت پیوسته δ = پارامتر پیوستگی

برخلاف توزیع‌های احتمالاتی شناخته شده، این تابع با پنج پارامتر شناخته می‌شود. پنج پارامتری بودن این تابع باعث تنوع بیشتری در شکل‌ها و همچنین برازش مناسب و منطقی با نمونه‌ها می‌شود. در حقیقت، با انتخاب مقدار مناسب پارامترها، توزیع ویکبای می‌تواند توزیع‌های مقدار حد، لگ‌نرمال، پارتوی تعمیم یافته و لگ گاما را تقلید نماید. به همین دلایل و طبق نتایج پارک و همکاران (۲۰۰۱)، توزیع پنج پارامتری ویکبای به طور گسترده و موفقیت‌آمیزی در زمینه‌ی هیدرولوژی، به‌ویژه برای مدل‌سازی مقادیر حدی، می‌تواند به کار رود.

منابع

1) Alizadeh, A. 2007 Principles of Applied Hydrology. Imam Reza University Press. 22: 76 -80 (In Persian).

2) Bakhtiari, S. 2004. Atlas of Iran's Cosmography. Institute of Geography and Cartography of Cosmography (In Persian).

3) Behboodian, j. 2003. Nonparametric Methods. Payame Noor University Press (In Persian).

4) Bonnin, G.M., Martin, D., Lin, B., Parzybok, T., Yekta, M. and Riley, D., 2006. Precipitation-frequency atlas of the United States. NOAA atlas, 14(2): 1-65.

5) Burn, D.H. and Goel, N.K., 2000. The formation of groups for regional flood frequency analysis. Hydrological Sciences Journal, 45(1): 97-112.

6) Chapman, T., 1998. Stochastic modelling of daily rainfall: the impact of adjoining wet days on the distribution of rainfall amounts. Environmental modelling & software, 13(3-4): 317-324.

7) Ho, M.K. and Yusof, F., 2013. Determination of best-fit distribution and rainfall events in Damansara and Kelantan, Malaysia. Matematika, 29: 43-52.

8) Houghton, J.C., 1978. Birth of a parent: The Wakeby distribution for modeling flood flows. Water Resources Research, 14(6):1105-1109.

9) Jahanbakhsh, S. and Torabi, S. 1383. Investigation and prediction of temperature and precipitation changes in Iran. Journal of Geographical Research. 19 (3): 125-104 (In Persian).

10) Khedmati, H., Manshoori, M., Heydarizade M. and Sedghi, H. 2010. Zonation and Estimation of Flood Discharge in Unguaged Sites Located in South-East Basins of Iran Using a Combination of Flood Index and MultiVariable Regression Methods (Sistan and Baluchistan, Kerman, Yazd and Hormozgan Provinces). Journal of Water & Soil. Vol. 24 (3): 593-609 (In Persian).

11) Matalas, N.C., Slack, J.R. and Wallis, J.R., 1975. Regional skew in search of a parent. Water Resources Research. 11(6):815-826.

12) Mirshahi, B., Onof, C. and Wheater, H., 2008, September. Spatialtemporal daily rainfall simulation for a semi-arid area in Iran: a preliminary evaluation of generalised linear models. In Sustainable Hydrology for the 21st Century, Proceedings of the 10th BHS National Hydrology Symposium, Exeter, UK :145-52.

13) Modarres, R. and Sarhadi, A., 2011. Statistically-based regionalization of rainfall climates of Iran. Global and Planetary Change, 75(1-2): 67-75.

14) Mohammadi Jouzdani, S. 2012. Investigating the most appropriate probability distributions for estimating maximum daily rainfalls and peak flood discharges in Iran. Master Thesis for Watershed Management. Faculty of Natural Resources and Desertification, Yazd University (In Persian).

15) Mosaedi, A. and Ghabaeesoogh, M. 2011 Correction of the Standardized Precipitation Index (SPI) based on the selection of the most appropriate probability distribution function. Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Technology). Vol. 25, (5): 1206-1216 (In Persian).

16) Naghavi, B. and Yu, F.X., 1995. Regional frequency analysis of extreme

Archive of SID

www.SID.ir

precipitation in Louisiana. Journal of Hydraulic Engineering, 121(11): 819-827.
17) Nasrabadi, A., Massoudian, A. and Asakereh, H. 2014. Identification and Spatial Distribution of Iran's Daily Precipitation Patterns. Journal of Applied Geosciences Research, 14 (33): 237-255 (In Persian).
18) Park, J.S., Jung, H.S., Kim, R.S. and Oh, J.H., 2001. Modelling summer extreme rainfall over the Korean peninsula using Wakeby distribution. International journal of climatology, 21(11):.1371-1384.
19) Poorafshari, F. 2010 . Investigation of suitable probability distributions for minimum, average and maximum discharges using L moment method (Caspian Sea case study), Master thesis of Watershed Management. Faculty of Natural Resources. Tarbiat Modarres University (In Persian).
20) Raziei, T. and Shokoohi, A. 2011. Identification of the best fitted probability distribution function on precipitation data in different climate regimes of Iran, to calculate Standardized precipitation index (SPI) at different time scales. The first national conference on drought and climate change. Karaj, Research Center for Dehydration and Drought in Agriculture and Natural Resources (In Persian).
21) Sharma, M.A. and Singh, J.B. 2010. Use of probability distribution in rainfall analysis. New York Science Journal, 3(9):40-49.

Archive of SID

www.SID.ir