مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

ص ۴۸۵-۴۷۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۰
تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۰۲/۱۷

بررسی الگوی توزیع زمانی بارش روزانه و روابط آن با بارش‌های کوتاه مدت در مناطق ساحلی- جنگلی (مطالعه موردی: ایستگاه نوشهر در شمال ایران)

❖ **مریم مرادنژادی؛** دانشجوی کارشناسی‌ارشد، مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران.

❖ **آرش ملکیان؛** دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران.

❖ **مقداد جورغلامی*؛** دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران.

❖ **علی قاسمی؛** دانشجوی کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران.

چکیده

الگوی توزیع بارش ۲۴ ساعته و رابطه آن با بارش‌های کوتاه‌مدت، یکی از مباحث مهم در مطالعات مربوط به هیدرولوژی همچون شبیه‌سازی سیلاب و طراحی سازه‌های آبی است. ازاین رو در این مطالعه، جهت نیل به این هدف، ابتدا با استفاده از داده‌های ایستگاه باران‌نگار نوشهر در یک منطقه جنگل ساحلی در شمال ایران، به بررسی روابط بارش روزانه با بارش ساعتی و دقیقه‌ای پرداخته شد. سپس الگوی توزیع زمانی بارش روزانه با استفاده از روش‌های Pilgrim و Huff مورد بررسی قرار گرفت و درنهایت الگوی نقطه ای به‌دست‌آمده با به‌کارگیری آماره‌های ارزیابی قدر مطلق درصد خطای نسبی، قدر مطلق خطای میانگین، خطای میانگین و ریشه میانگین مربعات خطا مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بررسی روابط بارش ۲۴ ساعته با بارش‌های ۵ و ۳۰ دقیقه‌ای و همچنین ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۸ ساعته نشان داد که در تمامی موارد رابطه نمایی نسبت به روابط رگرسیونی خطی و لگاریتمی، بهتر می‌تواند این رابطه را تبیین کند. بررسی الگوی توزیع زمانی بارش نشان داد که در تمامی وقایع ۲۴ ساعته استخراج شده، بیشترین میزان بارندگی در چارک اول رخ می‌دهد و در غالب رخدادهای بارش از ابتدا تا انتهای زمان بارش، شدت بارش به‌طور مداوم کمتر می‌شود، به‌گونه‌ای که در طول زمان بارش هیچ‌گونه نوسانی که شدت بارش دوباره افزایش پیدا کند مشاهده نمی‌شود. همچنین نتایج حاکی از آن بود که در مناطق مشابه، الگوی SCS-type IA می‌تواند برآورد قابل قبولی را در مقایسه با سایر الگوهای مورد بررسی نشان دهد.

واژگان کلیدی: ایستگاه نوشهر، الگوی SCS، الگوی Huff، توزیع زمانی بارش، بارش ۲۴ ساعته، جنگل ساحلی.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۸۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲+
Email: mjgholami@ut.ac.ir

۱. مقدمه

توصیف متغیرهای هواشناسی مانند بارش شدید به دلیل تغییرات تصادفی در آب‌وهوا و خطای نمونه‌گیری داده‌های محدود به‌عنوان یک نمونه کوچک از یک جامعه آماری نامحدود، دشوار است [۱۸]. حداکثر بارش ۲۴ ساعته یکی از پارامترهای هواشناسی با ماهیتی بسیار تصادفی در مقایسه با سایر داده‌های مرتبط با بارندگی ازجمله بارندگی ماهانه و سالانه است [۵]. از طرف دیگر اغلب تکنیک‌های ارزیابی خطرات هیدرولوژیکی نیاز به اطلاعات بارندگی در مقیاس زمانی کوتاه دارند، بااین‌حال، این داده‌ها هنوز به دلیل هزینه‌های بالای نظارتی و قابلیت اطمینان کم سیستم‌های پایش در سراسر جهان محدود است [۲۲]. بر اساس روابط ارائه‌شده توسط SCS، از مقدار حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف بارش‌های ساعتی برآورد می‌شود. این روابط و استفاده از آن‌ها در محاسبه هیدروگراف‌ها اهمیت زیادی دارد [۲۳]. با توجه به فقدان داده‌های مربوط به بارش‌های کوتاه‌مدت در بسیاری از مناطق دنیا برآورد این قبیل از اطلاعات بر اساس روش‌هایی انجام می‌شود که وابسته به حداکثر بارش ۲۴ ساعته است [۱۲]. از طرف دیگر تأثیر خصوصیات بارش به‌ویژه توزیع زمانی بارش و شدت آن بر روی شبیه‌سازی رخدادهای سیلاب حوضه شناخته شده‌تر است [۲و۱۶]. بخش بزرگی از خطاهای شبیه‌سازی مدل‌های بارش-رواناب مربوط به عدم قطعیت‌های الگوی توزیع بارش حوضه می‌باشد [۱۳، ۱۵، ۱۹]. علاوه بر آن طراحی بیشتر تأسیسات مهندسی نیازمند درک کامل و جامع از میزان نزولات جوی به‌اضافه الگوی توزیع زمانی آن‌ها است [۱۱]. بنابراین تهیه الگوی توزیع بارش برای هر حوزه آبخیز با استفاده از داده‌های بارندگی همان حوزه آبخیز ضروری است؛ زیرا در مناطقی که اقلیم متفاوت دارند این الگو یکسان نخواهد بود [۴]. سازمان حفاظت خاک ایالات‌متحده [۱۷] اقدام به ارائه الگوهای تیپ ۶ و ۲۴ ساعته نموده است که این الگوها به الگوهای SCS معروف هستند و به‌طور گسترده در ایران و سایر کشورها برای شبیه‌سازی سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی دیگر روش‌های دیگر، رابطه بل است. در این رابطه مقدار باران در تداوم ۵ تا ۱۲۰ دقیقه و دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال با استفاده از داده‌های مقدار باران یک‌ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله مورد محاسبه قرار می‌گیرد [۶]. علاوه بر این مطالعات در ایالت متحده [۹و۱۰] و در استرالیا [۱۴] با بررسی داده‌های ایستگاه‌های باران‌نگار الگوهای توزیع زمانی بارش را غالباً در چهار دسته ارائه دادند. این قبیل الگوها برای شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص تهیه شدند که البته تنها با توجه به خصوصیات یکسان مناطق دیگر استفاده از آن‌ها در پروژه‌های موردنظر مجاز است [۸]. تاکنون مطالعات مختلفی در خصوص بررسی الگوی توزیع زمانی بارش در یک حوضه و مقایسه آن با الگوهای پیشنهادی محققان در سایر مناطق انجام شده است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود. نتایج مطالعات برخی محققان در ایران به ترتیب در شمال و غرب ایران نشان داد که تشابه چندانی بین الگوی توزیع بارش نقطه‌ای با الگوهای پیشنهادی SCS وجود ندارد [۲۰]. همچنین در مطالعه‌ای در جنوب، شمال و همچنین در قسمت‌های مرکزی ایران نشان دادند که الگوی توزیع بارش این مناطق با الگوی دیگر تطابق چندانی ندارد [۷]. با مقایسه الگوی توزیع زمانی بارش ۶ ساعته در عمان و قسمت‌های جنوبی کانادا نشان دادند که الگوی بارش در این اقلیم‌های خشک تا حدود زیادی مشابه بوده و بیش‌ترین مقدار بارش در ساعت اول بارش ۶ ساعته رخ می‌دهد و از طرف دیگر مقایسه الگوهای حاصل شده با الگوی ۶ ساعته SCS و هرشیفیلد نشان دادند که تشابهی بین الگوی‌های مناطق خشک و کوهستانی با الگوی مذکور وجود ندارد [۱]. نتایج مطالعات در مناطق خشک عربستان صعودی نشان داد که روابط بل برای بارش‌های کمتر از دو ساعت و الگوی توزیع بارش SCS برای بارش‌های بیشتر از سه ساعت مناسب است. هدف از این مطالعه تعیین الگوی توزیع زمانی بارش روزانه و بررسی روابط آن با بارش‌های کوتاه‌مدت و همچنین مقایسه الگوی بارش روزانه به‌دست‌آمده با الگوهای پیشنهادی در سایر مناطق است [۳].

۲. روش‌شناسی تحقیق

۱.۲. معرفی منطقه موردمطالعه

ایستگاه باران‌نگار نوشهر در موقعیت عرض جغرافیایی N"۴۴.۰۲ '۳۶°۳۸ و طول جغرافیایی E"۴۸.۷۶ '۵۱°۲۹ در شمال ایران و در شهرستان نوشهر قرار گرفته است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریای آزاد در حدود ۲/۹- متر است و حوضه آن از شمال به دریای خزر و از جنوب به ارتفاعات البرز محدود می‌شود. پوشش غالب این منطقه را جنگل‌های انبوه تشکیل می‌دهد و بارندگی آن به‌شدت تحت تأثیر رطوبت دریای خزر قرار داشته به‌طوری‌که با دوری از سطح دریا و افزایش ارتفاع مقدار بارندگی کاهش می‌یابد. اقلیم این منطقه مرطوب بوده و بارندگی سالانه آن در حدود ۱۳۱۱ میلی‌متر است.

۲.۲. شاخص‌های اندازه‌گیری شده

این مطالعه شامل سه مرحله است. در مرحله اول با استفاده از داده‌های ایستگاه باران‌نگار نوشهر به بررسی روابط بارش روزانه با بارش ساعتی و دقیقه‌ای پرداخته شد. در مرحله دوم الگوی توزیع زمانی بارش روزانه مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله سوم توزیع زمانی الگوی بارش روزانه با الگوهای ارائه شده SCS و Huff مورد مقایسه قرار گرفت که در ادامه هر یک از مراحل مذکور به تفضیل بیان می‌شود.

۳.۲. بررسی روابط بارش روزانه با بارش کوتاه‌مدت

ابتدا بارش‌های با تداوم ۲±۲۴ ساعت از بین داده‌های ایستگاه باران‌نگار نوشهر استخراج گردید به‌عنوان بارش‌های با تداوم ۲۴ ساعته در نظر گرفته شد. سپس میانگین مقدار تجمعی بارش کلیه داده‌ها محاسبه و مقادیر کمتر از مقدار متوسط از مجموع داده‌ها حذف شد. به‌طورکلی درمجموع ۲۴ واقعه رخداده جهت بررسی روابط رگرسیونی بارش روزانه با بارش‌های ۵ و ۳۰ دقیقه‌ای و همچنین ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ ساعته مورد استفاده قرار گرفت. به‌این‌ترتیب که از بین مدل‌های رگرسیونی نمایی[1]، خطی[2]، لگاریتمی[3] و توانی[4]، مدلی که دارای بیشترین ضریب همبستگی بود به‌عنوان مناسب‌ترین مدل تبیین‌کننده رابطه بارش روزانه با بارش‌های کوتاه‌مدت در نظر گرفته شد.

۴.۲. بررسی الگوی توزیع زمانی بارش

جهت تعیین الگوی توزیع بارش پس از استخراج بارش‌های با تداوم ۲۴ ساعته با استفاده از روش‌های Huff و همچنین Pilgrim & Cordry چارک‌ها و توزیع بی‌بعد بارش ۲۴ ساعته تعیین شد. در روش Huff نحوه توزیع بارش در چارک‌های اول تا چهارم مورد بررسی قرار می‌گیرد، جهت تعین الگوی نهایی بررسی نقطه‌ای، میانگین درصد بارش هریک از چارک‌ها در ایستگاه نوشهر به‌عنوان الگوی متوسط نقطه‌ای در نظر گرفته شد. در روش Pilgrim & Cordry تمام منحنی‌های تجمعی بی‌بعد در پایه زمانی ۲۴ ساعته بر روی نمودار ترسیم شد که در این نمودار باران به‌صورت درصدی از مقدار کل و زمان به‌صورت درصدی از کل بارش است. جهت تهیه نمودار متوسط بی‌بعد ایستگاه مورد مطالعه، از تمامی منحنی‌های بی‌بعد وقایع رخداده متوسط‌گیری شد.

۵.۲. مقایسه الگوی توزیع بارش با الگوهای شناخته‌شده

درنهایت الگوی توزیع بی‌بعد ایستگاه مورد مطالعه با توجه به تیپ بارش ایستگاه و بیشترین تطابق با الگوهای معادل SCS و Huff مورد مقایسه قرار گرفت. جهت این امر از آماره‌های ارزیابی قدر مطلق درصد خطای نسبی (RE)، قدر مطلق خطای میانگین (MAE)، خطای میانگین (ME) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. در خطای RE چارکی که در آن حداکثر

[1] Exponential
[2] Linear
[3] Logarithmic
[4] power

بارش در الگوی نقطه‌ای رخ داده است جهت مقایسه مورد استفاده قرار گرفت. به‌طورکلی معیارهای مذکور با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه می‌شود.

$$RE = \left|\frac{Qi - Qm}{Qi}\right| \times 100 \qquad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|Qm - Qi| \qquad (۲)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Qm - Qi)}{n} \qquad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(Qi - Qm)^2}{n}} \qquad (۴)$$

که در آن Qobs مقدار مشاهداتی و Qest مقدار پیش بینی شده و n تعداد داده‌های مشاهداتی است.

مقدار RE هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده آن است که درصد حداکثر چارک بارش نقطه‌ای با الگوی مورد بررسی دارای تطابق بیشتری است. مقادیر مثبت و منفی آماره ME به ترتیب بیان کننده آن است که الگوی مورد بررسی توزیع زمانی بارش را بیشتر و کمتر از مقدار الگوی نقطه‌ای برآورد می‌کند. تفاوت آماره MAE با ME در آن است که خطای ناشی از سرشکن شدن خطاهای برآورد در الگوهای مختلف، وارد فرایند ارزیابی مدل‌ها نمی‌شود و مقدار آن متأثر از مقادیر مثبت و منفی خطای برآوردی نخواهد بود. مقدار RMSE همواره مثبت بوده و با نزدیک شدن آن به صفر، عملکرد توزیع مورد بررسی افزایش می‌یابد. در واقع RMSE خطای برآورد شده را در کل منحنی بی‌بعد توزیع بارش نشان می‌دهد.

شاخص دیگر برای ارزیابی مدل‌های توزیع بارش، شاخص بازنگری شده ویلموت (W) است [۲۱]. مقدار این شاخص از صفر تا یک متغیر است و مقدار ۱ بیانگر یکسان بودن مقادیر الگوی توزیع نقطه‌ای و الگوی توزیع مورد مقایسه است. این شاخص از طریق رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$W = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Qm - Qi)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[|Qi - \overline{Qi}| + |Qm - \overline{Qi}|\right]^2} \qquad (۵)$$

که در آن $\overline{Qi}$ میانگین درصد بارش الگوی نقطه‌ای است.

با توجه به آنچه که بیان شد، الگویی که دارای درصد خطای نسبی RE، میانگین قدر مطلق ME و RMSE کمتر و شاخص W بالاتر داشته باشد، تطابق بیشتری با الگوی توزیع نقطه‌ای دارد و در مطالعات مربوط به منابع آب چنانچه الگوی توزیع نقطه‌ای قابل دسترس نباشد کارایی بهتری را خواهد داشت.

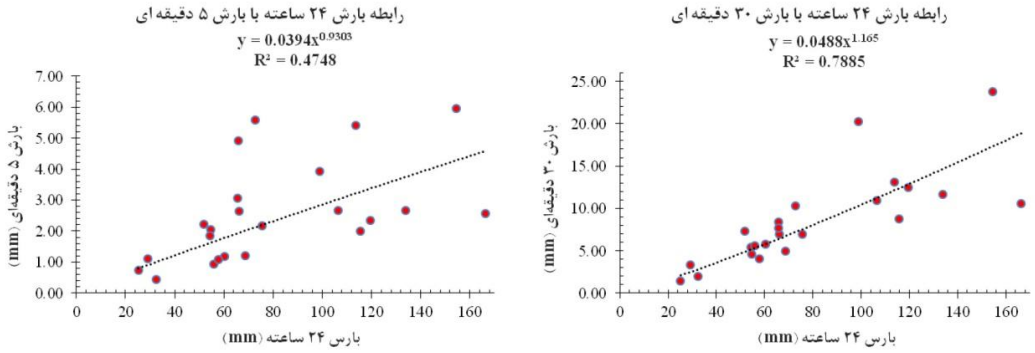
۳. نتایج

نتایج بررسی روابط بارش ۲۴ ساعته با بارش‌های ساعتی و دقیقه‌ای نشان داد که در تمامی موارد رابطه نمایی نسبت به سایر روابط رگرسیونی، بهتر می‌تواند این رابطه را تبیین کند. معادله رگرسیونی نمایی به رابطه نمایی به‌صورت معادله ۱ است.

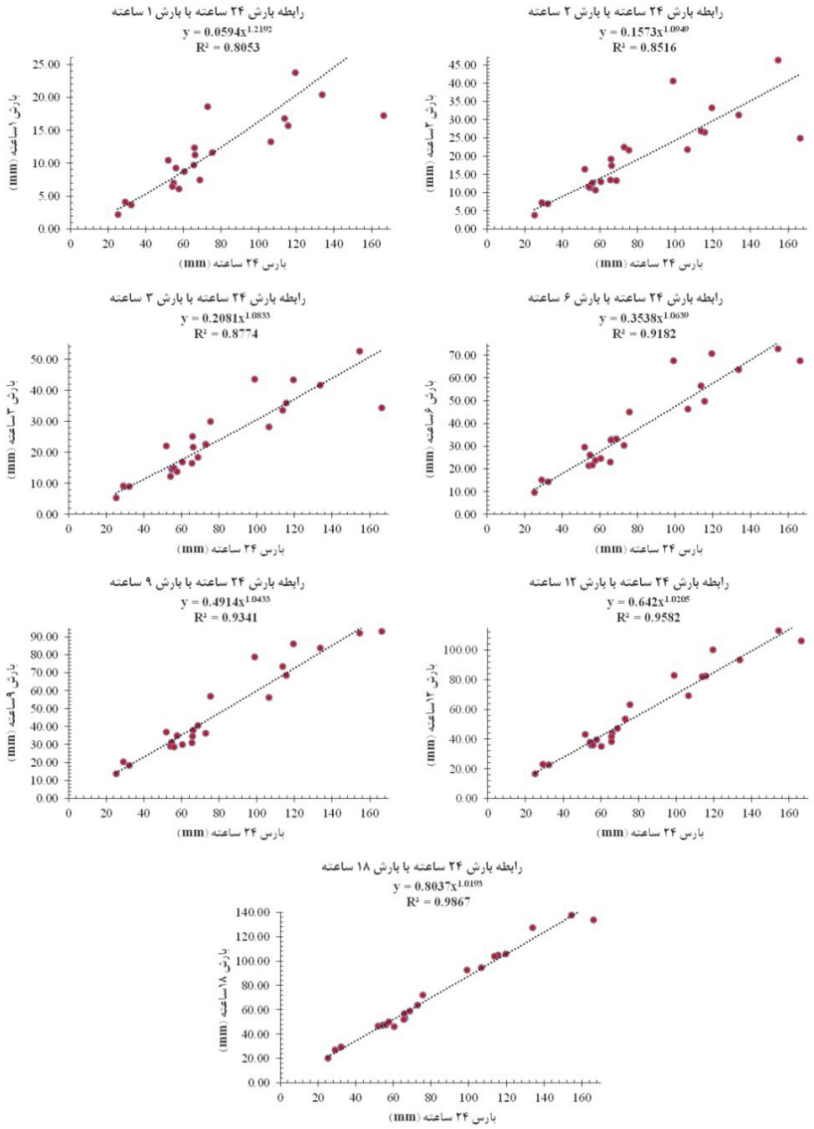
$$Y = bX^{a} \qquad (۶)$$

که در آن X مقدار بارش ۲۴ ساعته و Y مقدار بارش دقیقه‌ای و یا ساعتی به میلی‌متر و ضرایب b و α ضریب معادله است.

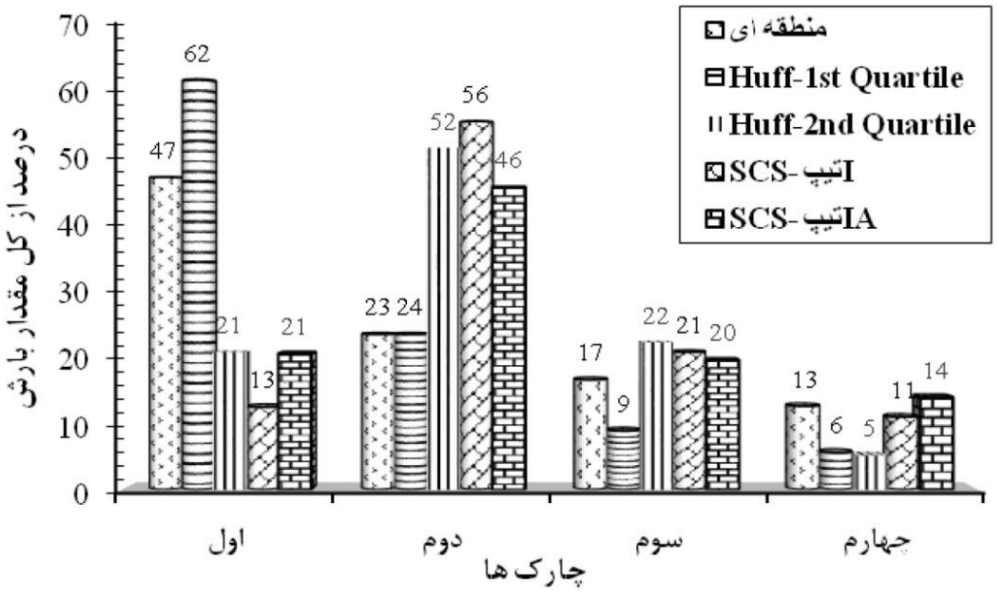
در شکل ۱ و ۲ به ترتیب رابطه بارش ۲۴ ساعته با بارش ۵ و ۳۰ دقیقه و با بارش ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۸ ساعته نشان داده شده است. با توجه به این روابط ملاحظه می‌شود که با افزایش زمان تداوم بارندگی مقدار ضریب همبستگی افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که رابطه مقدار این ضریب در بارش ۲۴ ساعته با بارش ۵ دقیقه‌ای کمترین (۴۸ درصد) و در بارش ۱۸ ساعته مقدار بیشترین میزان (۹۹ درصد) است.



شکل ۱. رابطه بارش ۲۴ ساعته با بارش‌های دقیقه‌ای



شکل ۲. رابطه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه نوشهر با بارش‌های ساعتی



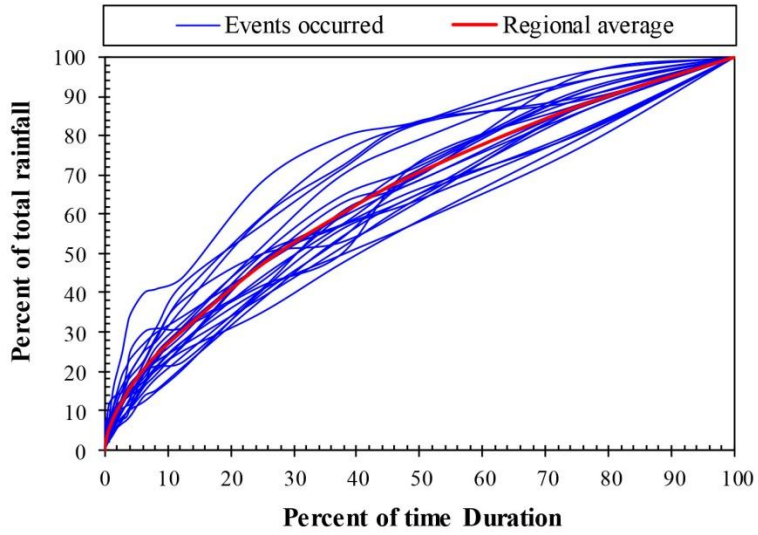
شکل ۳. نمودار چارک‌های بارش ۲۴ ساعته نقطه‌ای، SCS و Huff

بررسی الگوی توزیع زمانی بارش نشان داد که در تمامی وقایع ۲۴ ساعته استخراج شده، بیشترین میزان بارندگی در چارک اول رخ می‌دهد. در الگوهای SCS حداکثر بارش در چارک دوم رخ می‌دهد؛ درحالی‌که در الگوی Huff، بر اساس رخداد حداکثر بارش در چارک‌های بارش چهار الگوی وجود دارد که در این مطالعه با توجه به تطابق این الگوهای پیشنهاد شده با الگوی بارش منطقه درنهایت الگوهای تیپ I و IA سازمان حفاظت خاک آمریکا و همچنین الگوی Huff-1st Quartile و Huff-2nd Quartile جهت مقایسه با الگوی نقطه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۳ چارک‌های بارش ۲۴ ساعته منطقه مورد مطالعه به همراه چارک‌های بارش الگوهای مورد مقایسه مذکور نشان داده شده‌است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که الگوی Huff-1st Quartile انطباق بهتری با الگوی نقطه‌ای دارد.

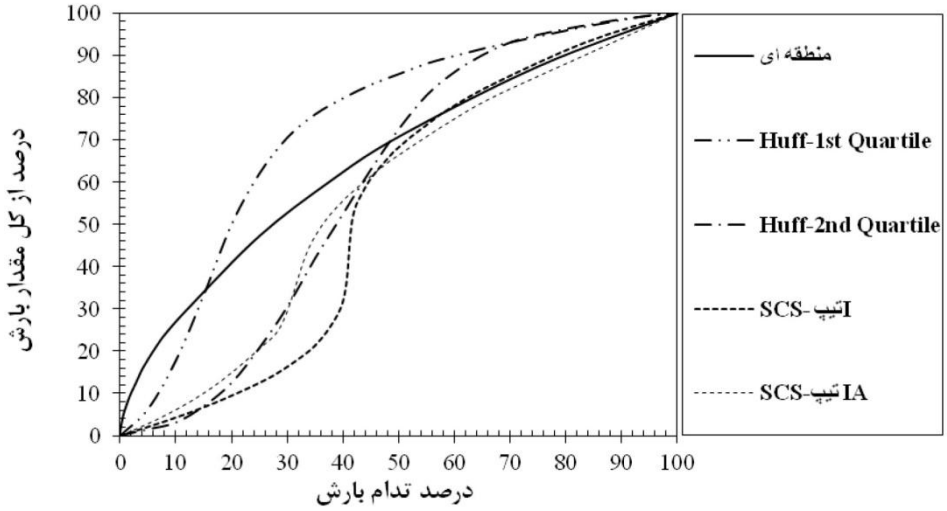
پس از ترسیم منحنی بی‌بعد وقایع بارش ۲۴ ساعته رخ داده با عبور منحنی بی‌بعد توزیع زمانی بارش از میانه منحنی‌های بی‌بعد وقایع رخ داده، منحنی متوسط نقطه‌ای ترسیم شد که در شکل ۴ نتایج حاصله را نشان داده شده است. بر این اساس در منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان بارندگی ۲۴ ساعته در زمان‌های ابتدایی بارش و کمترین آن در مراحل پایانی بارش اتفاق می‌افتد. همچنین نتایج حاکی از آن است که در غالب رخدادهای بارش از ابتدا تا انتهای زمان بارش روزانه شدت بارش به‌طور مداوم کمتر می‌شود به‌گونه‌ای که در طول زمان بارش هیچ‌گونه نوسانی که شدت بارش دوباره افزایش پیدا کند مشاهده نمی‌شود.

در شکل ۵ منحنی بی‌بعد متوسط بارش ۲۴ ساعته منطقه به همراه منحنی بی‌بعد تیپ‌های I و IA سازمان حفاظت خاک آمریکا Huff-1st Quartile و Huff-2nd Quartile نشان داده شده است. در الگوی نقطه‌ای درصد از مقدار کل بارش تا ۱۵ درصد زمان کل بارش ۲۴ ساعته از همه الگوهای توزیع و تا حدود ۵۰ درصد به‌غیراز الگوی Huff-1st Quartile بیشتر است؛ اما از ۱۵ درصد تا پایان زمان بارش الگوی Huff-1st Quartile دارای بیشترین درصد از مقدار کل

بارش است. همچنین درصد از مقدار کل بارش در الگـوی نقطه‌ای تا حدود ۵۰ درصد از زمان تداوم بارش، بیشـتر از الگوهای SCS و همچنـین الگـوی Huff-2nd Quartile است.



شکل ۴. منحنی بی‌بعد بارش‌های ۲۴ ساعته رخداده و الگوی متوسط آن



شکل ۵. منحنی بی‌بعد توزیع بارش ۲۴ ساعته نقطه‌ای، SCS و Huff

پس از محاسبه مقادیر آماره‌های ارزیابی نتایج حاصـله در جدول ۱ ارائه شد. براین اساس کمتـرین میـزان آمـاره RE مربوط به الگوی Huff-1st Quartile است؛ چراکـه در این الگو نیـز هماننـد الگـوی نقطـه‌ای حـداکثر بـارش در چارک اول رخ می‌دهد؛ اما بـا توجـه بـه رخـداد کمتـرین مقدار بارنـدگی در چـارک اول الگـوی SCS-type I، ایـن

الگو بیشترین مقدار آماره RE دارا است. کمترین مقدار آماره RMSE،MAE و بیشترین مقدار شاخص W مربوط به الگوی SCS-type IA است. همچنین مقادیر آماره ME غیر از الگوی Huff-1st Quartile در همه الگوها دارای مقادیر منفی است که نشان‌دهنده آن است که تنها الگوی Huff-1st Quartile برآورد بیشتری را نسبت به الگوی نقطه‌ای دارد و در سایر الگوها به‌ویژه در الگوی SCS-type I مقدار برآورد درصد از مقدار کل بارش در طول زمان بارش نسبت به الگوی نقطه‌ای کمتر است.

جدول ۱. مقادیر خطای هر یک از الگوهای SCS و Huff نسبت به الگوی نقطه‌ای

Statistical error / Distribution pattern	RE	MAE	ME	RMSE	W
Huff-1st Quartile	30.43	10.60	8.42	13.76	0.821
Huff-2nd Quartile	56.24	10.13	-4.46	13.78	0.871
SCS-type IA	56.66	6.93	-6.37	11.51	0.895
SCS-type I	73.70	10.55	-9.15	16.25	0.824

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی روابط بارش ۲۴ ساعته با بارش دقیقه‌ای و ساعتی نشان داد که رگرسیون توانی در تمامی موارد مناسب‌ترین مدل تبیین کننده این روابط است. اگرچه نوع رگرسیون به‌دست‌آمده توانی است اما بیشترین ضریب توانی مقدار X یعنی α برابر با ۱/۲ است که غالباً با افزایش زمان تداوم بارش و مقدار ضریب همبستگی این ضریب کاهش یافته و به رگرسیون خطی نزدیک می‌شود. به‌طوری‌که رابطه بارش ۶ ساعته با ۲۴ ساعته به‌صورت $P6t=0.354P_{24}t^{1.06}$ است که با توجه به توان تقریباً برابر با ۱ آن در مقایسه با رابطه SCS ($P6t=0.676P_{24}t$) از نظر نوع رابطه دارای تشابه است؛ اما ضریب b رابطه SCS در حدود دو برابر ضریب رابطه نقطه‌ای است بنابراین استفاده از رابطه SCS برآورد بیشتری را سبب می‌شود. از طرف دیگر ضریب همبستگی روابط با افزایش مقادیر Y (افزایش زمان تداوم بارندگی) افزایش می‌یابد که این موضوع نشان‌دهنده آن است که در این روابط با افزایش زمان تداوم بارندگی (Y) مقادیر برآوردی دارای اطمینان بیشتری است، چنانکه در رابطه بارش ۵ دقیقه‌ای با ۲۴ ساعته مقدار ضریب همبستگی در حدود ۶۹ درصد و در رابطه بارش ۱۸ ساعته با ۲۴ ساعته در حدود ۹۹ درصد است. مقایسه الگوی توزیع بارش ۲۴ ساعته نقطه‌ای با الگوهای سازمان حفاظت خاک آمریکا Huff-1st Quartile و Huff-2nd Quartile نشان داد که تفاوت‌هایی بین الگوهای مذکور وجود دارد. نتایج حاصله در این تحقیق با مقایسه منحنی بی‌بعد و چارک‌های به‌دست‌آمده بارش برخی محققان در ایران [۲۰] و سایر محققان همچون در اقلیم‌های خشک عمان و استرالیا [۱] و در مناطق خشک عربستان صعودی [۳] نشان داد که بارش در منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر با مناطق مطالعاتی محققان نامبرده دارای تطابق است به‌گونه‌ای که مقدار بارش در ابتدای بارش (چارک اول) بسیار بالا و در زمان‌های انتهایی بارش (چارک چهارم) کمتر می‌شود؛ بنابراین بررسی الگوی توزیع زمانی بارش نقطه‌ای نشان داد که حداکثر شدت بارش در زمان‌های شروع بارندگی رخ می‌دهد. این موضوع در مطالعات مربوط به شبیه‌سازی سیلاب بسیار حائز اهمیت است. چراکه با وقوع حداکثر بارش در ساعات اولیه بارش به دلیل خشک بودن خاک و همچنین عدم وجود برگاب میزان تلفات کل حداقل خواهد بود؛ اما با ادامه بارندگی و کاهش ظرفیت نفوذ

خاک و نزدیک شدن به شرایط اشباع خاک و همچنین کاهش ظرفیت نگهداشت برگاب، میزان تلفات کل افزایش می‌یابد. بنابراین استفاده از الگوهای SCS و Huff به‌غیراز الگوی Huff-2nd Quartile که بیش‌ترین مقدار بارندگی در چارک‌های دوم، سوم و چهارم رخ می‌دهد، سبب تولید رواناب بالا و درنتیجه شبیه‌سازی دبی اوج و حجم زیادی از سیلاب نسبت به الگوی نقطه‌ای می‌شود. اگرچه تفاوت‌هایی بین الگوی نقطه‌ای و الگوهای مورد بررسی وجود دارد؛ اما می‌توان بیان داشت که الگوی SCS-type IA در مقایسه با سایر الگوهای مورد مقایسه برآورد نزدیک‌تری به الگوی نقطه‌ای دارد. با توجه به اینکه داده‌های مربوط به ایستگاه باران‌نگار در بسیاری از مناطق دنیا به‌ویژه در ایران کم یا ناقص و کوتاه‌مدت است؛ ازاین‌رو در صورت فقدان این‌گونه اطلاعات استفاده از الگوهای سایر مناطق اجتناب‌ناپذیر است که البته می‌توان با انجام مطالعات مشابه تحقیق حاضر به بررسی انطباق الگوهای نقطه‌ای با دیگر الگوها پرداخت و الگوی مناسب را برای سایر مناطق مشابه پیشنهاد داد. چنانکه در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که در مناطق جنگل ساحلی شمال ایران، الگوی SCS-type IA می‌تواند برآورد قابل قبولی را در مقایسه با سایر الگوهای مورد بررسی نشان دهد.

References

[1] Al-Rawas, *G*.A. and Valeo, C. (2009). Characteristics of rainstorm temporal distributions in arid mountainous and coastal regions. *Journal of Hydrology*, 376(1–2), 318-326.

[2] Andreassian, V., Perrin, C., Michel, C., Usart-Sanchez, I. and Lavabre, J. (2004). Impact of imperfect rainfall knowledge on the efficiency and the parameters of watershed models. *Journal of Hydrology*, 250, 206-223.

[3] Awadallah, A.G. and Younan, NS. (2012). Conservative design rainfall distribution for application in arid regions with sparse data. *Journal of Arid Environments*, 79(0), 66-75.

[4] Baniasad, M. (2011). Experimental investigation of 3D flow over cluster microforms. *Journal of irrigation and water engineering*, 2(5), 62-74.

[5] Barker, B., Tailor, G. and Wallilis, G. (2006). Regional precipitation frequency analysis and spatial mapping of precipitation for 24-hour and 2-hour duration in Washington. *Journal of Climatology*, 38(2), 1871-1884.

[6] Bell, F.C. (1969). Generalized rainfall depth-duration- frequency relationships. *Journal of the Hydraulics Division (ASCE)*, 95(1), 331-327.

[7] Golkar, F. and Farahmand, A. (2009). *Rainfall Temporal Pattern of Some Climatic Types of Iran*. 12th International River symposium, Brisbane Australia 21-24 September. 6p.

[8] Hatami yazd, A., Taghavee-Abrishami, A.A, Ghahraman, B. (2005). Rainfall temporal pattern for Khorasan Province, Iran. *Iran Water Resource Research*, 1(3), 54-64.

[9] Hirschfield, D.M. (1962). Extreme Rainfall Relationships. *Journal of Hydraulics Division (ASCE)*, 88(6), 73-92.

[10] Huff, F.A. (1967). Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, 4(3), 1007-1019.

[11] Khaksafidi, A., Noura, N., Biroudian, N., Najafi Nejad, A. (2010). Rainfall Temporal Distribution Patterns in Sistan & Balouchestan Province (Iran). *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(1), 45-61.

[12] Matinzadeh, M.M., Fattahi, R., Shahyannejad, M., Abdollahi, Kh. (2011). Reconstruction of Annual Maximum 24-h Rainfall Data using Fuzzy Regression in CH & B Province. *Iranian Water Research Journal*, 5(8), 179-186, (In Persian).

[13] Moulin, L., Gaume, E. and Obled, C. (2009). Uncertainties on mean areal precipitation: assessment and impact on streamflow simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13, 99-114.

[14] Pilgrim, D.H. and Cordery, I. (1975). Rainfall Temporal Patterns for Design Floods. *Journal of Hydraulic-Division* (*ASCE*), 101, 81-95.

[15] Sangati, M. and Borga, M. (2009). Influence of rainfall spatial resolution on flash flood modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 575-584.

[16] Saulnier, G.M. and Le Lay, M. (2009). Sensitivity of flash-flood simulations on the volume, the intensity, and the localization of rain- fall in the Cevennes-Vivarais region. *Water Resources Research*, 45, doi: 10.1029/2008WR006906, (France).

[17] SCS (1986). *Urban hydrology for small watersheds*. Tech. Bul. 55, Appendix B: B-1 and B-2.

[18] Shahzadi, A., Akhter, A.A. and Saf, B. (2013). *Regional Frequency Analysis of Annual Maximum Rainfall in Monsoon Region of Pakistan using L-moments*. Pak.j.stat.oper.res, IX (1), 111-13.

[19] Syed, K.H., Goodrich, D.C., Myers, D.E. and Sorooshian, S. (2003). Spatial characteristics of thunderstorm rainfall fields and their relation to runoff. *Journal of Hydrology*, 271, 1–21.

[20] Telvari, A.R. and Ghanbarpour, M.R. (2002). *Rainfall temporal pattern in synoptic meteorological stations in North of Iran*. Proceeding of the Third international Conference on Water Resources and Environment Research, Derseden University of Technology, 275-219.

[21] Willmott, C.J., Ackleson, S.G., Davis, R.E., Feddema, J.J., Klink, K.M., Legates, D.R., O'Donnell, J. and Rowe, C.M. (1985). Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*. 90(C5), 8995–9005.

[22] Yusop, Z., Nasir, H. and Yusof, F. (2013). Disaggregation of daily rainfall data using Bartlett Lewis Rectangular Pulse model: a case study in central Peninsular Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, DOI 10.1007/s12665-013-2755-7.

[23] Yuste, L.d. (2006). *Maximum rainfall intensity analysis using l-moments in Spain*. The 7 the international Conference on Hydro science and Engineering. Philadelphia Drexel University.