علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره هفدهم، شماره سه، پاییز ۹۴

تولید استوکستیک الگوی بارش توسط مدل RPG

احمد شرافتی [1*]

asharafati@srbiau.ac.ir

باقر ذهبیون [2]

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۶ **تاریخ پذیرش:۹۱/۳/۲۴**

چکیده

زمینه و هدف : یکی از عوامل وجود عدم قطعیت در سیلاب های برآورد شده از مدل های بارش-رواناب،پارامترها و ساختار مدل بارش– رواناب و مقادیر ورودی مانند الگوی بارش می باشد. الگوی بارش از مهم ترین متغیرهای تصادفی ورودی به مدل های بارش-رواناب است.الگوی بارش دربرگیرنده مدت بارش، عمق بارش و نوسانات زمانی بارش در مدت رخداد آن می باشد. شناسایی دقیق متغیرهای تاثیرگذار بر الگوی بارش و بررسی عدم قطعیت های آن ها و در نهایت تحلیل این عدم قطعیت ها، کمک سودمندی در راستای تحلیل عدم قطعیت مدل سازی سیلاب می باشد..

روش بررسی: در این مقاله سعی شده است با معرفی مدل RPG (Rain Pattern Generator) که مبتنی بر شبیه سازی مونت کارلو و روش نمونه گیری خودکار می باشد، الگوی بارش متناسب با وقایع مختلف بارش در حوضه آبریز رودخانه سیمره با دقت مناسبی تولید گردد.

بحث و نتیجه گیری: با بررسی نتایج مشخص می‌گردد که ۹۰ درصد مدت بارش مشاهداتی در باند معنی دار تولیدی مدلRPG و ۹۸ درصد گام‌های زمانی الگوی بارش مشاهداتی در باند معنی دار الگوی بارش تولیدی توسط مدلRPG قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: مدل RPG، عدم قطعیت، مونت کارلو، الگوی بارش

۱- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران*(مسوول مکاتبات).

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

مقدمه

در فرآیند شبیه سازی هیدروگراف و پیک سیلاب یکی از متغیر های مهم الگوی بارش می باشد. الگوی بارش در برگیرنده زمان بارش، عمق بارش و نوسانات زمانی بارش در طول رخداد آن می باشد. ثبت الگوی بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی مجهز به باران-سنج‌های ثبات انجام می گردد. از این رو در تحلیل های هیدرولوژیکی بسیاری از حوضه های آبریز، اطلاعات الگوی بارش موجود نمی باشد.

جهت برآورد الگوی رگبار، بسیاری از مهندسین طراح و محققین از الگوی رگبارSCS و یا از داده های نزدیک‌ترین ایستگاه باران سنج ثبات استفاده می کنند که باعث بروز خطا در شبیه سازی های هیدرولوژیکی می‌شود.

شناسایی دقیق متغیرهای تاثیرگذار بر الگوی بارش و بررسی عدم قطعیت های آن‌ها و در نهایت تحلیل عدم قطعیت الگوی بارش کمک سودمندی به محققین و طراحان می‌کند تا با شناسایی دقیق این متغیرها و عدم قطعیت های آن ها در تهیه الگوی بارش مناسب یک رخداد بارش، با خطای کمتری مواجه شوند.

جهت تولید الگوی بارش، محققین مختلف از روش های متنوعی استفاده کرده اند. ین و چاو (۱۹۸۰) با استفاده از رخدادهای بارش مشاهداتی، الگوی بارش مثلثی را تهیه کردند. پریول و پاپاداکیس (۱۹۷۳) با استفاده از منحنی‌های شدت –مدت –فراوانی نقطه ای اقدام به برآورد الگوی بارش برای حوضه آبریز سین سیناتی کردند. این روش برای برآورد سیلاب به روش منطقی و برای بارش های با دوره باز گشت های کم قابل استفاده می‌باشد. این روش به دلیل استفاده از IDF های نقطه ای دقت برای حوضه های آبریز بزرگ مناسب نمی باشد(۲،۱).

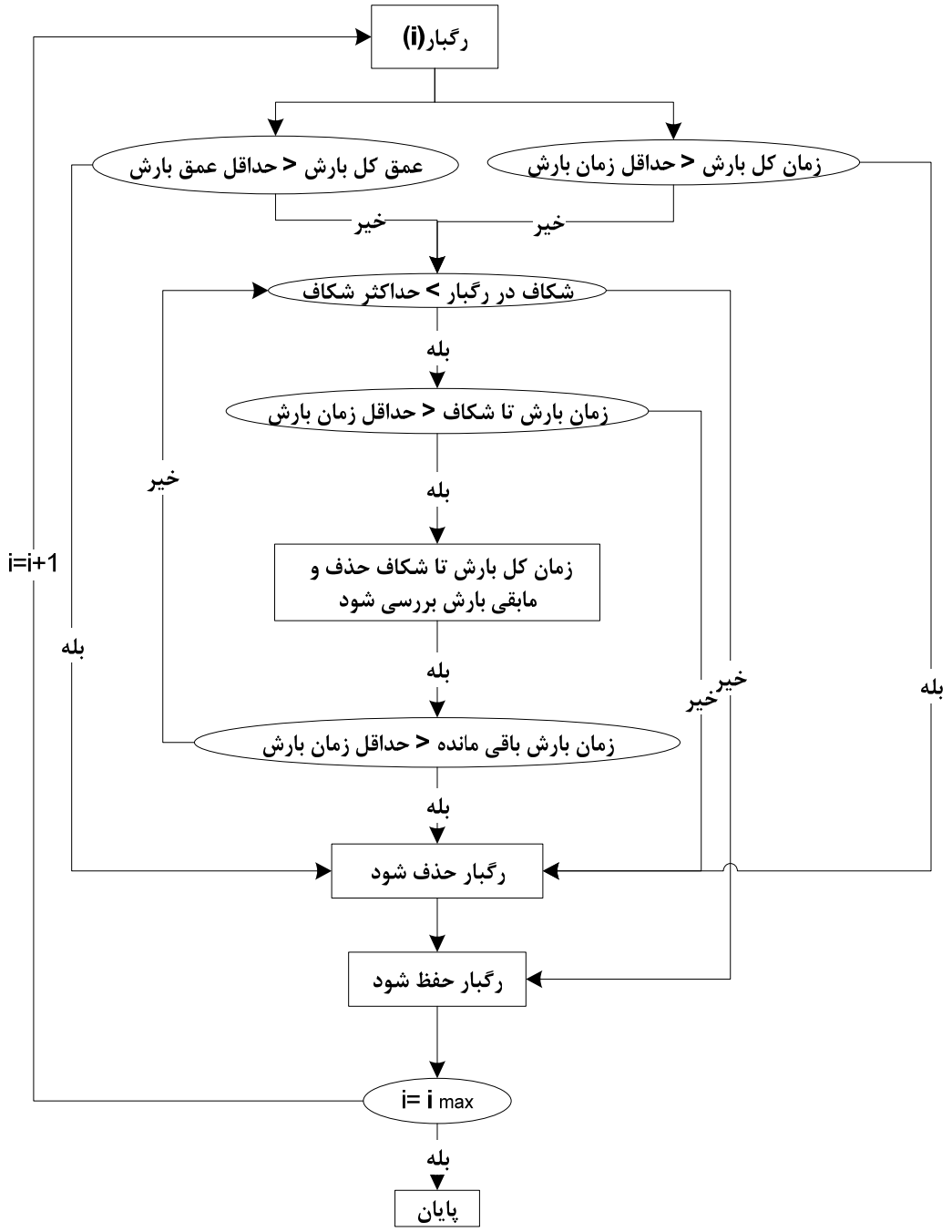
هاف (۱۹۶۷) با استفاده از رخدادهای مشاهداتی بارش و استفاده از روش های بی بعد سازی زمان و عمق بارش چهار نوع الگوی بارش را معرفی کرد. هو و همکاران(۲۰۰۶) نیز با ارایه یک مدل استوکستیک و با استفاده از داده های ثبت شده، اقدام به تولید الگوی زمانی بارش نمودند. در این مدل پس از تقسیم بندی بارش به ۴ دسته همانند هاف (۱۹۶۷) برای هر دسته تولید بارش با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو انجام گردید. از ضعف های مدل هو و همکاران(۲۰۰۶) عدم امکان تعیین زمان تداوم بارش می باشد(۵،۳،۴).

در این مقاله سعی شده است با مدل سازی استوکستیک الگوی بارش و با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو و روش نمونه گیری خودکار، ضمن تأثیر پارامترهای مهم و مؤثر در الگوی بارش نظیر، عمق بارش و زمان بارش با تهیه یک مدل تولید آماری بارش به نام RPG، امکان تحلیل مکانی و زمانی بارش و تولید استوکستیک بارش برای حوضه های فاقد باران‌سنج فراهم آید و ضعف های مدل هو و همکاران(۲۰۰۶) نیز برطرف شود. بدین ترتیب با استفاده از مدل RPG با مشخص شدن عمق کل بارش علاوه بر الگوی بارش، زمان بارش و نوع بارش نیز تعیین شود و بدین ترتیب یک الگوی بارش با عدم قطعیت‌های کمتر و نزدیک به واقعیت جهت مدل سازی سیلاب تولید می‌گردد.

مواد و روش ها

مدل RPG یک مدل آماری بر پایه شبیه سازی مونت کارلو می باشد؛ بدین ترتیب که سه متغیر مهم در تعیین الگوی زمانی بارش در این مدل نقش به سزایی را ایفا می کنند. اولین متغیر عمق بارش می باشد و دو متغیر دیگر زمان بارش و نوع الگوی بارش هستند. در کنار مدل RPG از یک مدل پردازش گر داده ها، RDP (Rain Data Processer) نیز استفاده شده است. در این مدل توزیع احتمالی تجربی متغیرهای مورد استفاده در مدل RPG تهیه می‌شود. در مدل RDP، ابتدا رخدادهای بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی مختلف فراخوانی

می‌شوند. پس از فراخوانی رخداد ها بر اساس محدودیت‌های نظیر عمق بارش، زمان بارش، حداکثر شکاف زمانی میان دو گام زمانی بارش دادها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و رخدادهایی که در محدوده تعریف شده نباشند، حذف می‌گردند. در این تحقیق حداقل عمق تجمعی بارش دو میلی متر و حداکثر شکاف زمانی دو گام زمانی یک ساعت و حداقل تداوم بارش صد دقیقه در نظر گرفته شده است. الگوریتم انتخاب رخدادهای بارش در مدل RDP در شکل۱ ارایه شده است.



شکل ۱- الگوریتم انتخاب رخداد های بارش در مدل RDP

پس از انتخاب نهایی رخداد ها، سه نوع تقسیم بندی بر اساس مدت بارش، عمق بارش و نوع الگوی بارش انجام می پذیرد.

تقسیم بندی بر اساس مدت زمان بارش (گروه ۱)

در مدل RDP، انتخاب حداکثر پنج بازه زمانی برای مدت بارش (تداوم بارش) ممکن می باشد. در این تحقیق از تقسیم بندی ۳-۰ ، ۶-۳ ، ۱۲-۶ ، ۲۴-۱۲ و بیشتر از ۲۴ ساعت استفاده شده است.

تقسیم بندی بر اساس عمق بارش (گروه ۲)

در مدل RDP، انتخاب حداکثر ۶ بازه برای عمق بارش ممکن می باشد. در این تحقیق از تقسیم بندی ۲/۶۲ -۰ ، ۴/۵۳ - ۲/۶۲ ، ۶/۶-۴/۵۳ ، ۹/۵۳-۶/۶ ، ۱۴/۹۵-۹/۵۳ و بزرگتر از ۱۴/۹۵ میلی متر استفاده شده است. این تقسیم بندی بر اساس تعداد نمونه‌های متساوی الگوی بارش مشاهداتی تنظیم شده است و می‌توان بازه‌های دیگری را نیز انتخاب کرد.

تقسیم بندی بر اساس الگوی بارش (گروه ۳)

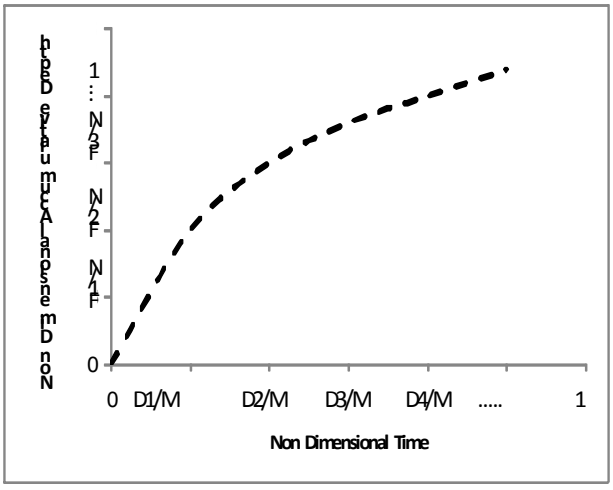
در این تقسیم بندی بر اساس این که حداکثر ارتفاع بارش در چه مقطع زمانی از بارش رخ داده است بارش ها به چهار دسته تقسیم شدند. در دسته اول، حداکثر ارتفاع بارش در ۲۵ درصد ابتدایی زمانی بارش، در دسته دوم، حداکثر ارتفاع بارش در حد فاصل ۲۵ درصد تا ۵۰ درصد زمانی بارش، در دسته سوم حداکثر ارتفاع بارش در حدفاصل ۵۰ تا ۷۵ درصد زمانی بارش و در گروه چهارم حداکثر ارتفاع بارش در ۲۵ درصد انتهایی زمانی بارش اتفاق می افتد.

علاوه بر تقسیم بندی های سه گانه ارایه شده، ترکیب این گروه ها نیز مد نظر می باشد که در جدول ۱ بیان شده است. بدین ترتیب در این مدل حداکثر حالت تقسیم بندی در هفت گروه با ۱۲۰ زیر گروه امکان پذیر می باشد.

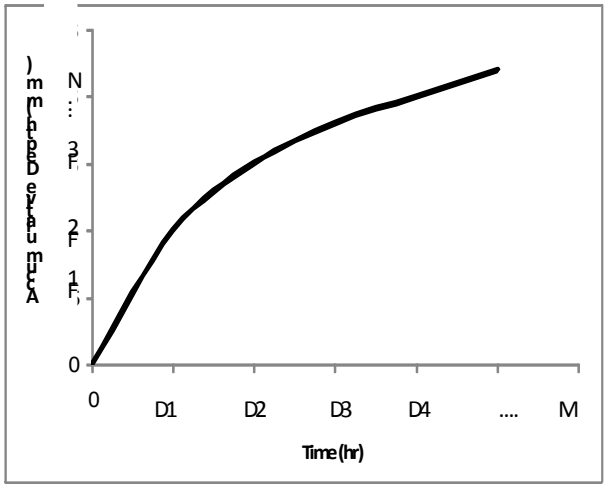
جدول ۱- تقسیم بندی رخداد های بارش

گروه	ترکیب گروه‌ها
۴	(۱) و (۲)
۵	(۱) و (۳)
۶	(۲) و (۳)
۷	(۱) و (۲) و (۳)

پس از تقسیم بندی رخداد ها در گروه ها، رخـداد از نظـر زمانی و عمق بارش بدون بعد مـی شـوند. نحـوه بـی بعـد سازی یک رخداد بارش در نمودار ۱ نشان داده شده است.



الف) الگوی رگبار بدون بعد



ب) الگوی رگبار مشاهداتی

نمودار ۱- بی بعد سازی الگوی بارش

پس از بی بعد سازی رخدادهای بارش، این امکان در مدل RDP موجود است که گام های محور x (زمان بی بعد) و محور y (عمق بارش بی بعد) به طور دلخواه تنظیم شوند که در این تحقیق در گام های ۰/۱ محور x تقسیم بندی شده اند. پس از تنظیم گام‌ها و بی بعد سازی رخدادهای مرتبط با هر گروه، یک ماتریس با ابعاد RxP برای هر گروه ایجاد می شود. که در آن، R تعداد سطرها و برابر رخدادهای بارش مرتبط با گروه مد نظر و P تعداد گام های زمانی بدون بعد می باشد. درایه‌های این ماتریس نیز مقادیر عمق بارش‌های بـــدون بعد می باشند. نمونه این ماتریس ها در جدول ۲ ارایه شده است.

جدول ۲- نمونه ماتریس رخداد های بی بعد مرتبط با یک گروه دلخواه

A(۱،۱)	A(۱،۲)	A(۱،۳)	…	A(۱،۱)
A(۲،۱)	…			A(۲,P)
A(۳،۱)		…		A(۳,P)
⋮			…	⋮
A(R,۱)	A(R,۲)	A(R,۳)	…	A(R,P)

در ماتریس های بارش رابطه(۱) حاکم می باشد.

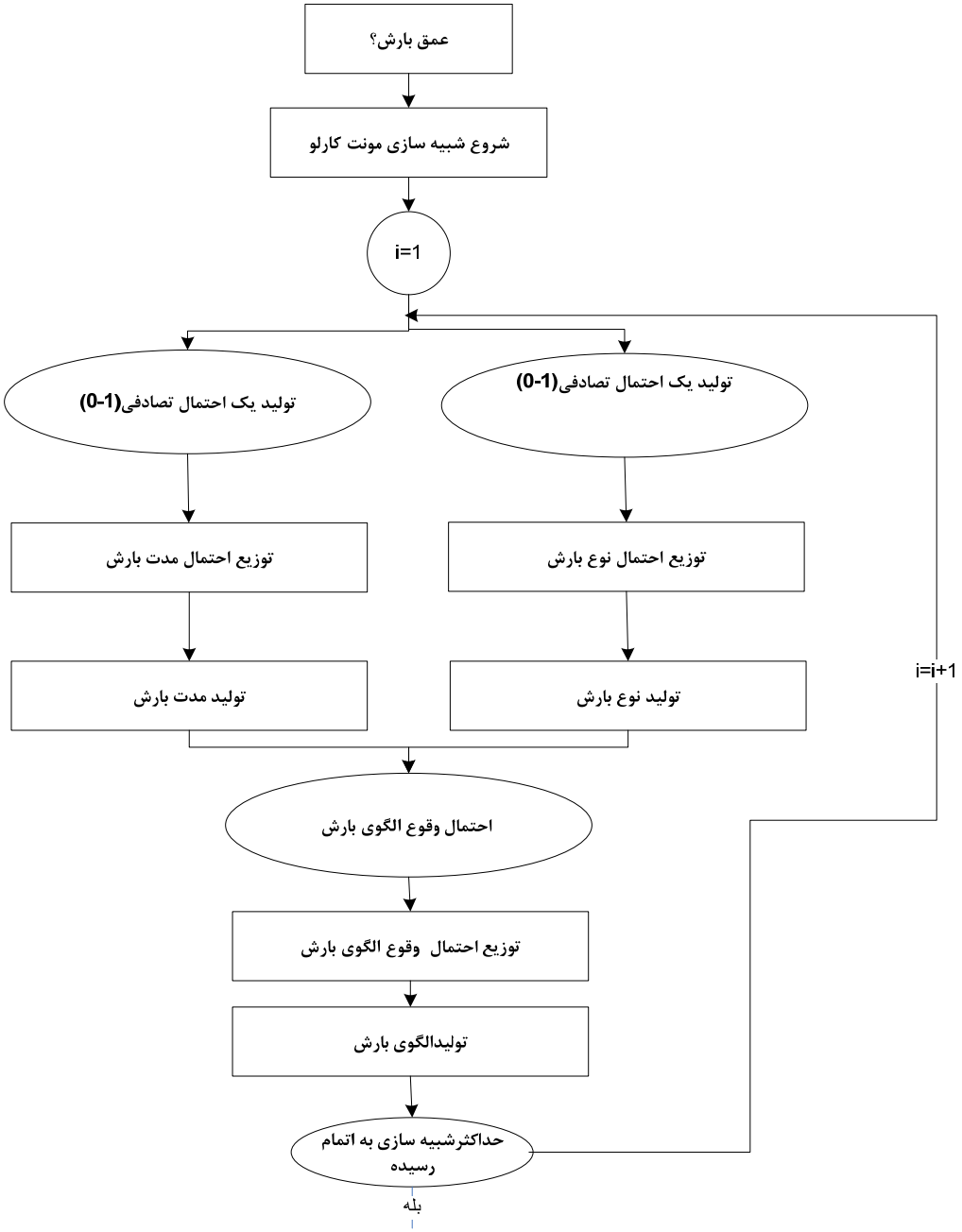
$$\begin{cases} A(i,1) = 0,\ i = 1,2,\dots,R \\ A(i,P) = 1,\ i = 1,2,\dots,R \\ 0 < A(i,j) < 1\ , i = 1,2,\dots,R, j = 1,2,\dots,P \\ A(i,j) < A(i,j+1) \end{cases} \qquad (۱)$$

در مرحله بعد، توزیع احتمالی و پارامترهای توزیع احتمالی گام‌های زمانی ماتریس بی بعد بارش تعیین می‌شوند. در این تحقیق از توزیع احتمالی یکنواخت برای گام های زمانی استفاده شده است. لکن برای تعیین پارامترهای توزیع احتمالی یکنواخت و نزدیک شدن به جامعه آماری، روش نمونه گیری خودکار به‌کاررفته است. این امکان در مدل RDP موجود است که از توزیع های احتمالاتی دیگر نظیر توزیع مثلثی و ... نیز برای مشخص کردن رفتار تصادفی الگوی بارش در گام های زمانی مختلف استفاده شود. هم‌چنین در مدل RDP با استفاده از رخدادهای انتخاب شده توزیع احتمالاتی عمق بارش، زمان بارش و نوع الگوی بارش، تعیین می شود. الگوریتم مدل RDP به طور خلاصه در شکل ۲ بیان‌شده است.

شکل ۲- الگوریتم مدل RDP در تعیین رفتار تصادفی بارش

پس از آماده سازی رخدادهای بارش و تعیین توزیع احتمالاتی وقوع گروه‌های مختلف رخدادهای بارش و توزیع احتمـالاتی گام های زمانی بدون بعد هر گروه، امکان تولید وقایع بارش توسط مدل RPG می باشد. همان گونه که عنوان شد، در مدل RPG تولید رخدادها با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو انجام می شود. در واقع در این مدل در هر شبیه سازی پس از تعیین عمق بارش بر اساس عمق بارش مشخص شده با استفاده از توزیع احتمالی تجربی زمان بارش برای عمق بارش مدنظر و تولید تصادفی احتمال وقوع، زمان بارش به صورت تصادفی تولید می شود. هم‌چنین بر اساس عمق بارش مشخص شده با استفاده از توزیع احتمالی تجربی نوع بارش (نوع الگوی بارش) برای عمق بارش مدنظر و تولید تصادفی احتمال وقوع، نوع بارش به صورت تصادفی تولید می شود. با تعیین زمان بارش و نوع بارش و مشخص بودن عمق بارش، با استفاده از توزیع احتمالی گروه بارش مدنظر و تولید تصادفی احتمال وقوع، الگوی بارش بدون بعد تولید می شود. در واقع الگوی بارش حاصل از تولید گام‌های زمانی بدون بعد می‌باشد. بدین ترتیب الگوی بارش برای یک عمق مد نظر تولید می شود. این عمل بر اساس تعداد شبیه سازی های مونت کارلو صورت می گیرد و در نهایت میانگین الگوهای بارش حاصل از شبیه سازی ها به عنوان الگوی بارش با احتمال وقوع مد نظر تعیین می شود.

الگوریتم تولید الگوهای بارش در مدلRPG در شکل ۳ ارایه شده است .



$$Rain_pattern = \left[\sum_{i=1}^{sim_{no}} Rain_{pattern(i)}\right] / sim_{no}$$

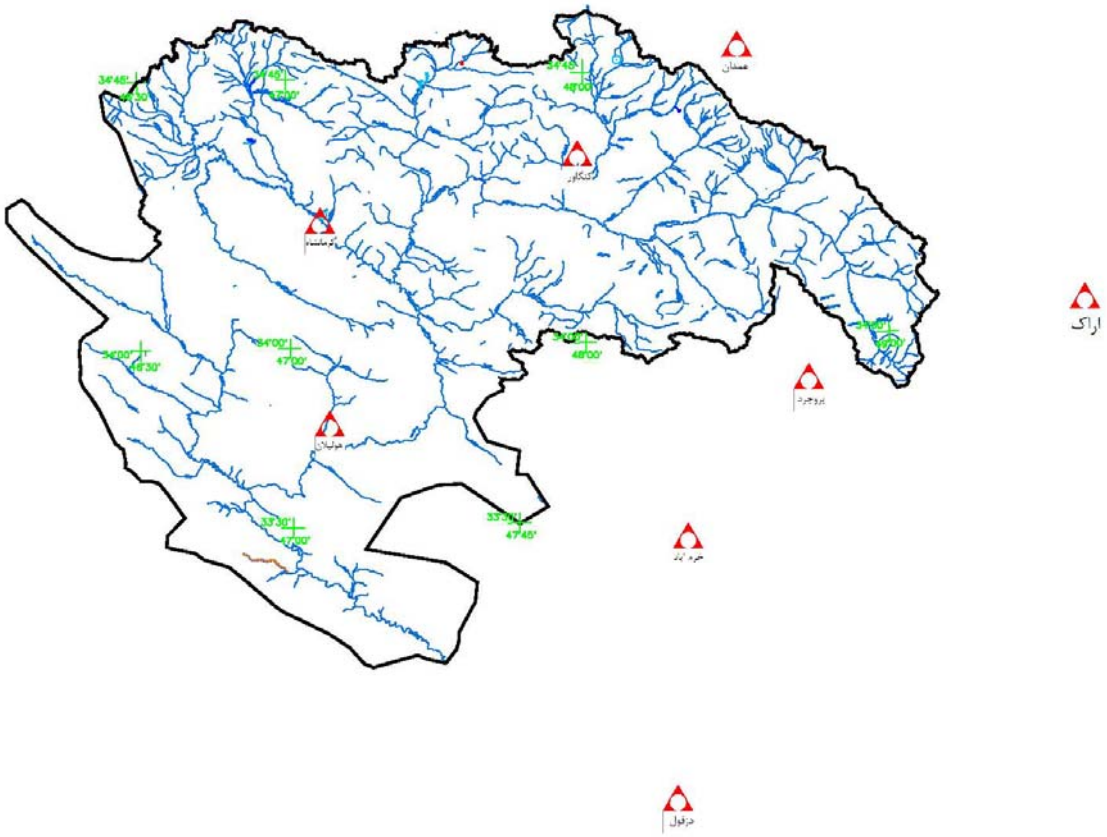
شکل ۳- الگوریتم تولید الگوهای بارش در مدلRPG

- مطالعه موردی

جهت بررسی و آزمایش تلفیق مدل‌های RDP و RPG در تولید الگوی بارش در حوضه های فاقد الگوی بارش، از اطلاعات حوضه آبریز رودخانه سیمره استفاده شده است. حوضه آبریز رودخانه سیمره در غرب ایران واقع شده است. مساحت آن در حدود ۲۹۲۴۴ کیلومترمربع و سرشاخه های اصلی این رودخانه رودخانه های قره سو و گاماسیاب می باشد. از اطلاعات ایستگاه های اراک، بروجرد، دزفول، همدان، کنگاور، کرمانشاه، خرم آباد و هولیلان و در مجموع از ۲۶۵۸ بارش جهت آموزش و آزمایش مدل استفاده شده است. در جـدول ۳ اطلاعات مرتبط با ایستگاه ها و در شکل ۴ پراکنش ایستگاه ها و حوضه آبریز رودخانه سیمره نمایش داده شده است.

جدول۳-مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول		عرض		تعداد رگبار	مورد استفاده
		دقیقه	درجه	دقیقه	درجه		
هولیلان	باران‌سنجی	۰۶-۴۷		۴۶-۳۳		۱۰	آزمایش مدل
بروجرد	سینوپتیک	۴۵-۴۸		۵۵-۳۳		۳۲۴	آموزش مدل
خرم آباد	سینوپتیک	۱۷-۴۸		۲۶-۳۳		۳۶۵	آموزش مدل
دزفول	سینوپتیک	۲۳-۴۸		۲۴-۳۲		۲۴۳	آموزش مدل
کرمانشاه	سینوپتیک	۰۹-۴۷		۲۱-۳۴		۱۱۷	آموزش مدل
کنگاور	سینوپتیک	۵۹-۴۷		۳۰-۳۴		۷۶۲	آموزش مدل
اراک	سینوپتیک	۴۶-۴۹		۰۶-۳۴		۴۴۹	آموزش مدل
همدان	سینوپتیک	۳۲-۴۸		۵۲-۳۴		۳۷۸	آموزش مدل



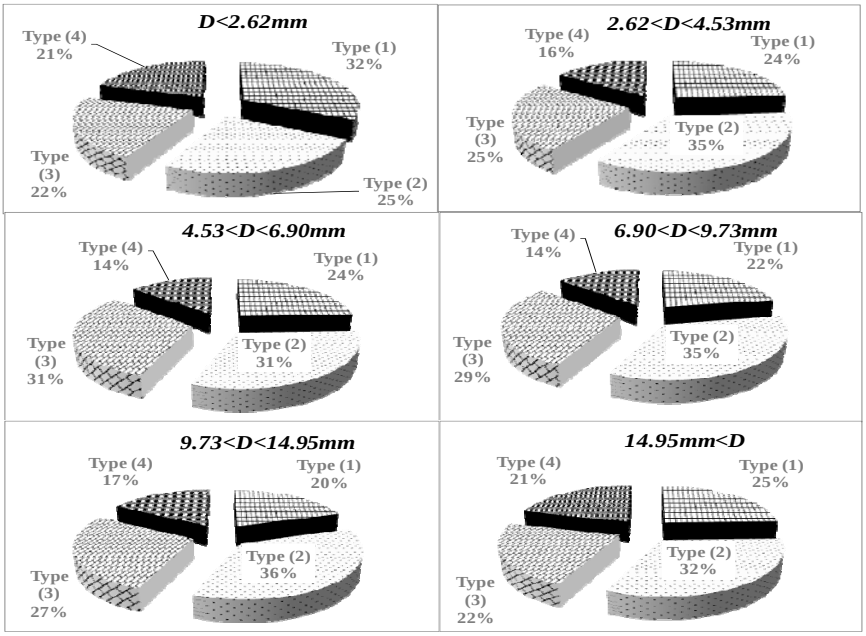
شکل۴- پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

نتایج

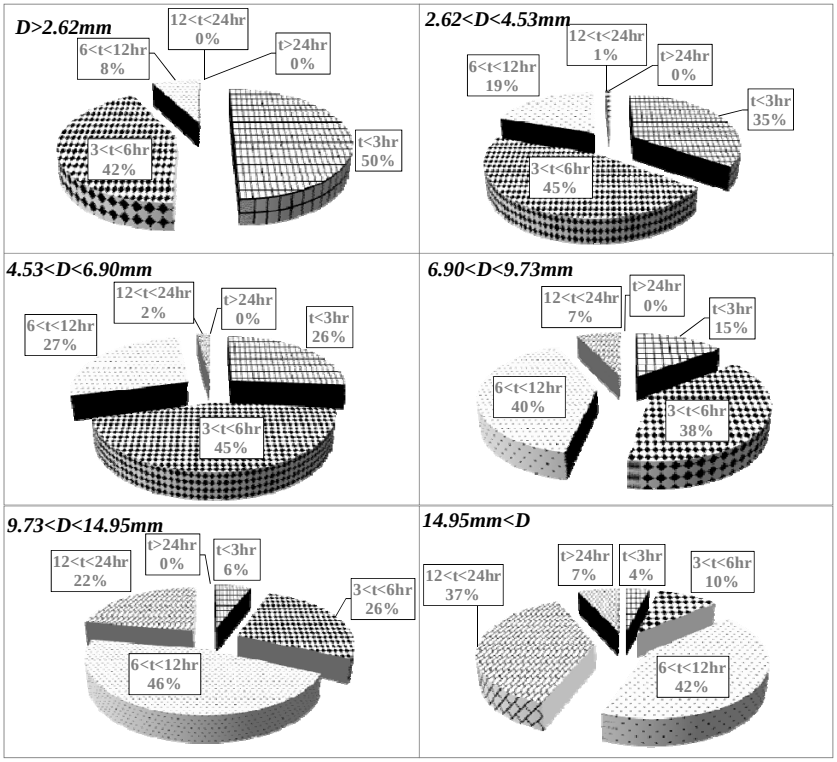
جهت تحلیل رفتار تصادفی و عدم قطعیت پارامترهای تأثیر گذار عمق بارش، زمان بارش و نوع بارش بر روی الگوی بارش برابر آن‌چه که در جدول ۲ نشان داده شده است، از اطلاعات ۲۶۵۸ بارش با گام های زمانی ۱۰ دقیقه رخداد های بارش ۷ ایستگاه که مجهز به باران سنج ثبات بودند استفاده شد.

از میان بارش های مورد مطالعه بر اساس ۲ معیار حداقل عمق بارش ۲ میلی متر و حداقل زمان ۱۰۰ دقیقه، تعداد ۱۷۸۴ بارش انتخاب گردید. از طرفی در یک رخداد بارندگی در صورتی که شکاف زمانی میان دو گام زمانی بارش بیش از یک ساعت بود، بارش های قبل از این شکاف با شرط این‌که حداقل مدت بارش آن بیشتر یا مساوی حداقل زمان مجاز بارش (۱۰۰ دقیقه) باشد، به عنوان بارش جهت تحلیل‌های بعدی انتخاب گردید .

در ابتدا جهت شناسایی نمونه آماری حوضه آبریز سیمره، درصد فراوانی نوع بارش و تداوم بارش برای گروه های مختلف عمق بارش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در نمودارهای ۲ و ۳ نشان داده شده است .



نمودار ۲- درصد فراوانی نوع بارش برای بارش های با عمق بارش مختلف

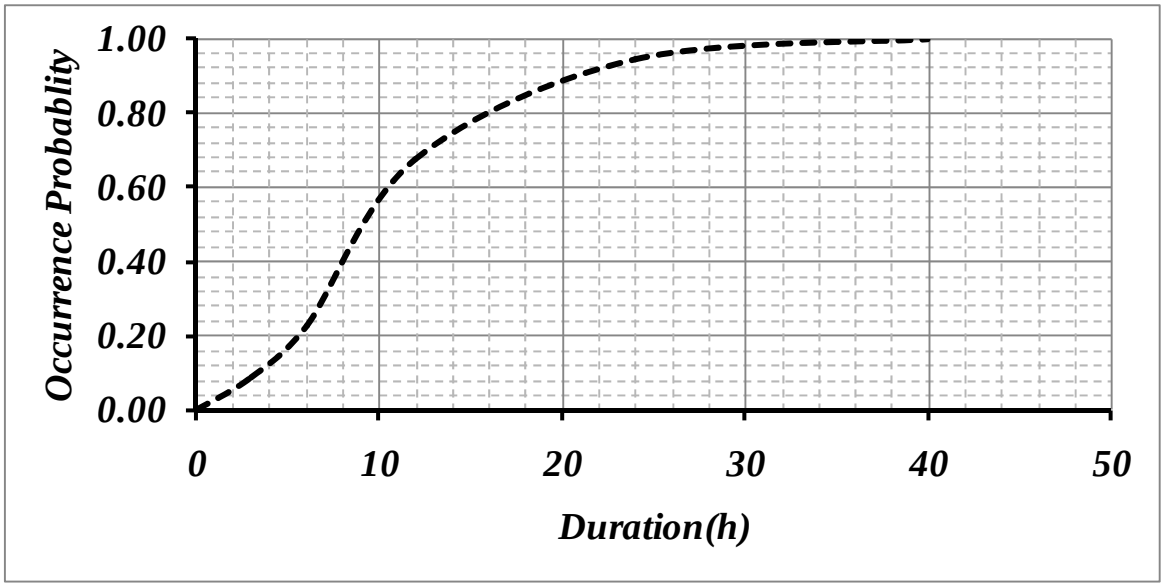


نمودار ۳- درصد فراوانی زمان تداوم بارش برای بارش های با عمق بارش مختلف

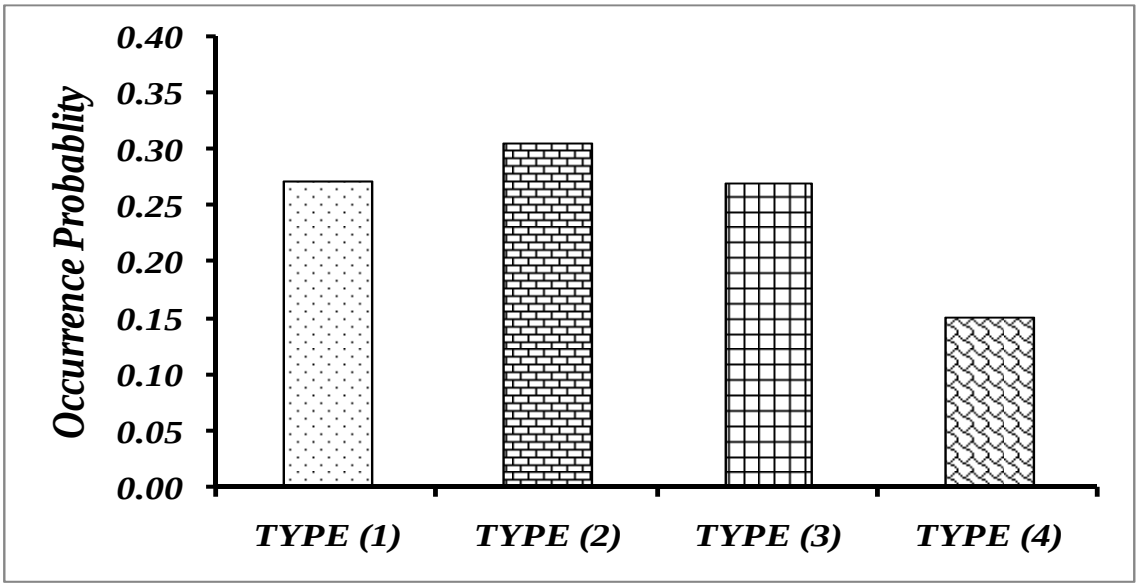
نمودار۲ بیان‌گر آن است که برای کلیه عمق‌های بارش بیشترین فراوانی مربوطه به بارش های نوع۱و ۲ و کمترین درصد مربوطه به بارش های نوع ۴ می باشد. نمودار ۳ بیان می‌کند که برای بارش های با عمق کمتر از ۹/۷۳ میلی متر، بیشترین فراوانی مربوط به بارش‌های با تداوم کمتر از شش ساعت و برای بارش های با عمق بیشتر از ۹/۷۳ میلی متر، بیشترین فراوانی تداوم بارش شش تا ۱۲ ساعت می باشد.

به عبارت دیگر برای کلیه عمق های بارش بیشترین فراوانی مربوط به بارش‌های تا ۱۲ ساعت می باشد.

اولین گام در تولید الگوی بارش، استخراج توزیع احتمالاتی زمان تداوم بارش و توزیع احتمالاتی نوع بارش به ازای عمق مشخصی از بارش می باشد. برای مثال به ازای عمق بارش ۶ میلی متر توزیع احتمالاتی زمان تداوم بارش و توزیع احتمالاتی نوع بارش در یکی از شبیه‌سازی های مونت کارلو استخراج شده و در نمودارهای ۴ و ۵ ارایه شده است.



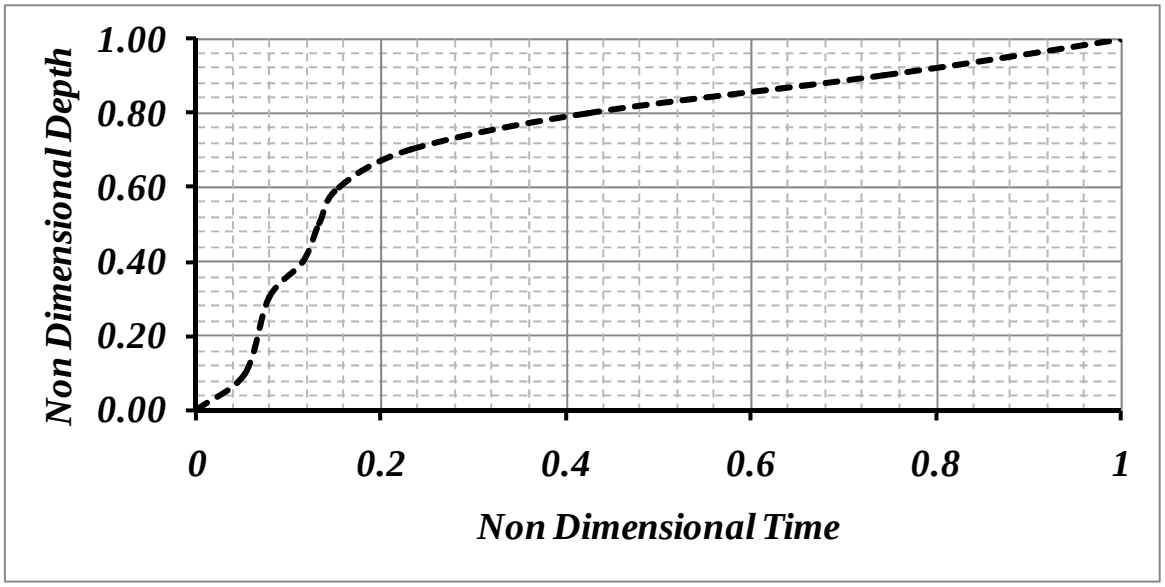
نمودار۴- توزیع احتمال رخداد زمان تداوم بارش (بارش ۶ میلی متر)



نمودار۵- توزیع احتمال رخداد نوع بارش (بارش ۶ میلی متر)

پس از تعیین توزیع احتمالاتی زمان تداوم بارش و توزیع احتمالاتی نوع بارش به ازای عمق مشخصی از بارش، با تولید تصادفی احتمالات وقوع، مقادیر زمان تداوم بارش و نوع بارش تعیین می شود. پس از تعیین زمان تداوم بارش و نوع بارش، بر اساس عمق بارش، زمان تداوم بارش و نوع بارش با استفاده از نمونه گیری مجدد توزیع احتمالاتی کلیه گام‌های زمانی الگوی بارش بدون بعد تعیین می‌شود. سپس با تولید تصادفی احتمالات وقوع الگوی بارش، الگوی بارش در انتهای شبیه

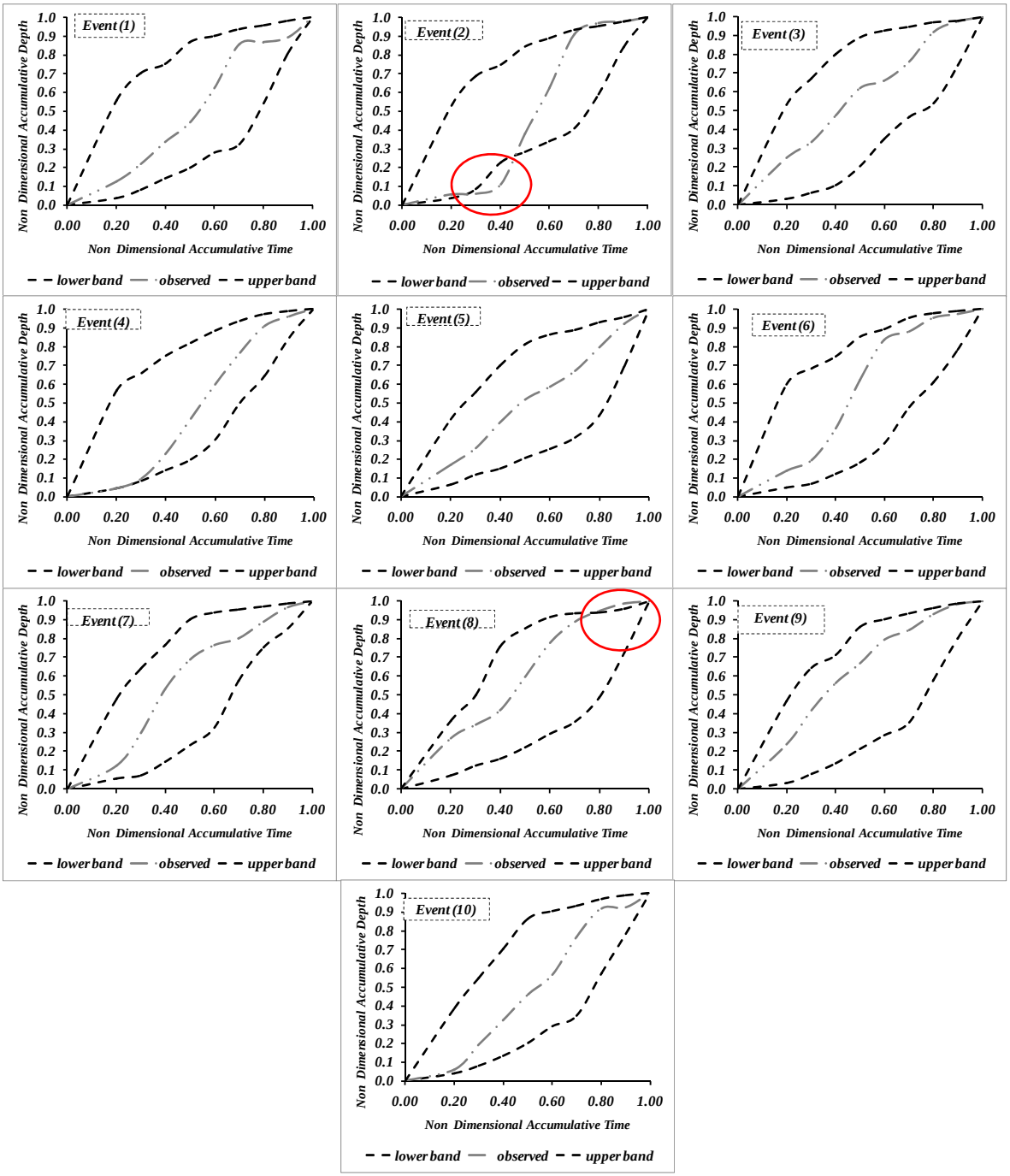
سازی مونت کارلو تولید می شود. برای مثال به ازای عمق بارش ۶ میلی متر الگوی بارش بدون بعد به ازای احتمال وقوع ۱۷/۵ درصد در نمودار (۶) ارایه شده است.



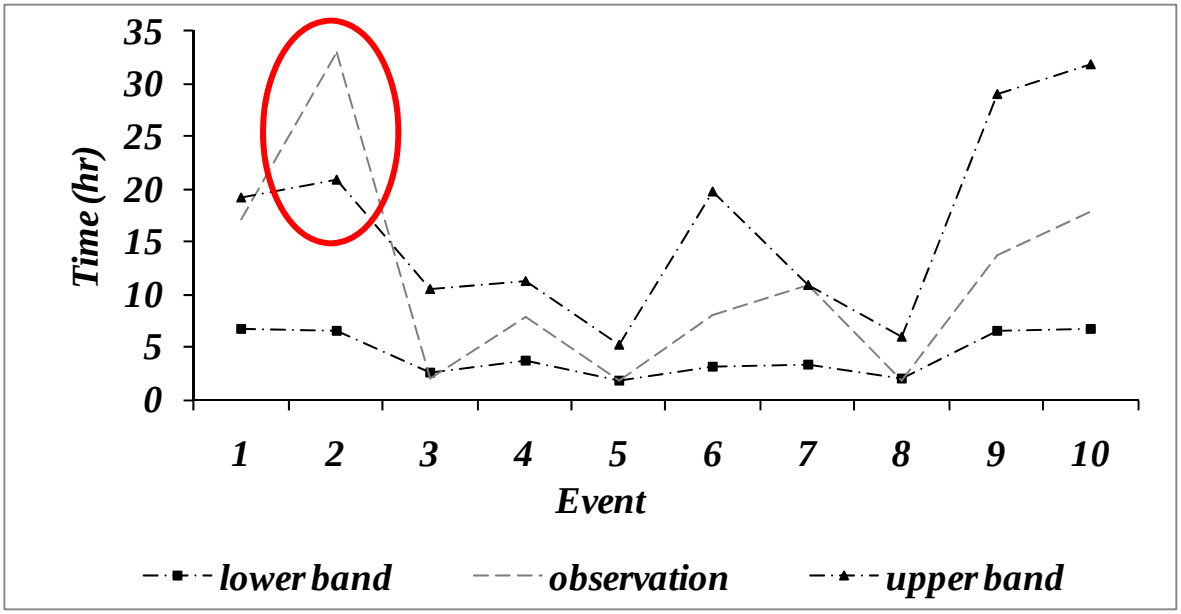
نمودار۶- الگوی بارش بدون بعد به ازای احتمال وقوع ۱۷/۵ درصد(بارش ۶ میلی متر)

بحث و نتیجه گیری

جهت آزمایش مدلRPG در تولید الگوی بارش در حوضه های فاقد باران سنج ثبات از ۱۰ رخداد بارش ایستگاه هولیلان در حوضه آبریز رودخانه سیمره استفاده شده است. با توجه به عمق بارش های مورد آزمایش، الگوی بارش و زمان بارش به ازای احتمال وقوع ۵ درصد و ۹۵ درصد(باند الگوی بارش معنی دار) تولید گردیده و الگوی بارش و زمان بارش تولیدی با الگوی بارش و زمان بارش مشاهداتی مقایسه گردید. نمودار۷ و ۸



نمودار ۷-مقایسه الگوی بارش مشاهداتی با باند معنی دار الگوی بارش تولیدی مدل RPG



نمودار ۸- مقایسه زمان بارش مشاهداتی با باند معنی دار زمان بارش تولیدی مدل RPG

با بررسی نتایج مشخص می‌گردد که ۹۰ درصد زمان تداوم بارش مشاهداتی در باند معنی دار تولیدی مدلRPG و ۹۸ درصد گام‌های زمانی الگوی بارش مشاهداتی در باند معنی‌دار الگوی بارش تولیدی توسط مدلRPG قرار دارد و این بیان‌گر دقت این مدل در تولید الگوی بارش متناسب با وقایع مختلف بارش در حوضه های فاقد الگوی بارش می باشد.

منابع

۱. Yen, B. C. and V. T. Chow. (۱۹۸۰). Design hyetographs for small drainage stmctures. Joumal of the Hydraulics Division, Vol. ۱۰۶, No. HY ۶, pp. ۱۰۵۵-۱۰۷۶.

۲. Preul, H. C. and Papadakis, C. N. (۱۹۷۳). Development of design storm hyetographs for Cincinnati, Ohio. Water Resources Bulletin, American Water Resources Association.Vol. ۹, No. ۲, pp: ۲۹۱-۳۰۰.

۳. Wu.S.J, Yang. J. C and Tung Y.K, (۲۰۰۶).’ Identification and stochastic generation of representative rainfall temporal patterns in Hong Kong territory’, Stoch Environ Res Risk Assess.۲۰,PP. ۱۷۱–۱۸۳

۴. Wu.S.J, Yang. J. C and Tung Y.K, (۲۰۰۶).’ Stochastic generation of hourly rainstorm events’, Stoch Environ Res Risk Assess.۲۱,PP. ۱۹۵–۲۱۲

۵. Huff, F. A. (۱۹۶۷). Time distribution of rainfall in heavy storms. Water Resources Research, ۳(۴): ۱۰۰۷-۱۰۱۹.

Stochastic Generation of Rainfall Pattern with RPG Model

Ahmad Sharafti [۱*]

asharafati@srbiau.ac.ir

Bagher Zahabiyoun [۲]

Abstract

Introduction: The existence of random variables is the major reason for uncertainty in flood modeling. One of the major random variables that can affect the shape of flood hydrographs is storm pattern among others. Storm pattern include duration, depth and time distribution for any event producing its corresponding flood event. Therefore, uncertainty analysis of flood modeling depends on uncertainty analyses of those effective variables of storm pattern.

Material and method: RPG model is introduced and it used of Monte Carlo simulation and Bootstrap Resampling to generate rainfall pattern on Seymareh catchment.

Result and discussion: Result of this paper show that ۹۰ percent of observed rainfall duration and ۹۸ percent of observed rainfall pattern exit in generated RPG band.

Key word: RPG model, uncertainty, Monte Carlo, Rainfall Pattern.

۱- Assistant Professor, Technical and Engineering Department, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding author)

۲- Associate Professor, Water Engineer (Civil Eng), Iran University Science of Technology.