علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره چهاردهم، شماره چهار، زمستان ۹۱

تولید استوکستیک هیدروگراف سیلاب در حوضه آبریز سد جامیشان

احمد شرافتی[*1]
asharafati@iust.ac.ir
باقر ذهبیون[۲]

تاریخ دریافت:۹۰/۴/۱۸ **تاریخ پذیرش:۹۰/۸/۲۲**

چکیده

هیدروگراف سیلاب یکی از اجزای مهم در تحلیل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی می باشد. در طراحی سازه های آبی برآورد سیلاب طراحی با در نظرگرفتن عدم قطعیت کلیه متغیر های تصادفی از مباحث مهم می باشد. در روش‌های متداول با استفاده از سری زمانی پیک سیلاب لحظه‌ای مشاهداتی و برازش یک توزیع چگالی احتمال، پیک سیلاب بر آورد می‌گردد و عدم قطعیت سایر متغیر های تصادفی نظیر بارش، تلفات نفوذ، جریانات پایه و ... مد نظر قرار نمی‌گیرد.

در این تحقیق سعی شده است با استفاده از تلفیق مدل تولید کننده استوکستیک بارش RPG و مدل HEC-HMS و با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو و با در نظر گرفتن عدم قطعیت متغیر تصادفی موثر بر سیلاب، هیدروگراف سیلاب در حوضه آبریز سد جامیشان تولید گردد.

نتایج حاصل موید آن است که روش شناسی تولید سیلاب در این تحقیق با دقتی مناسب امکان تولید هیدروگراف سیلاب جهت سایر تحلیل های هیدرولوژیکی و یا طراحی سازه های آبی را دارد. به طوری که ۱۰۰ ٪ حجم سیلاب ها، پیک سیلاب ها و هیدروگراف سیلاب های مشاهداتی در باند معنی دار سیلاب های تولیدی قرار دارند.

واژه های کلیدی: هیدروگراف سیلاب، مونت کارلو، تولید سیلاب، مدل HEC-HMS، مدل RPG.

۱- دکتری عمران- مهندسی آب، دانشگاه علم و صنعت ایران*(مسئول مکاتبات).
۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

مقدمه

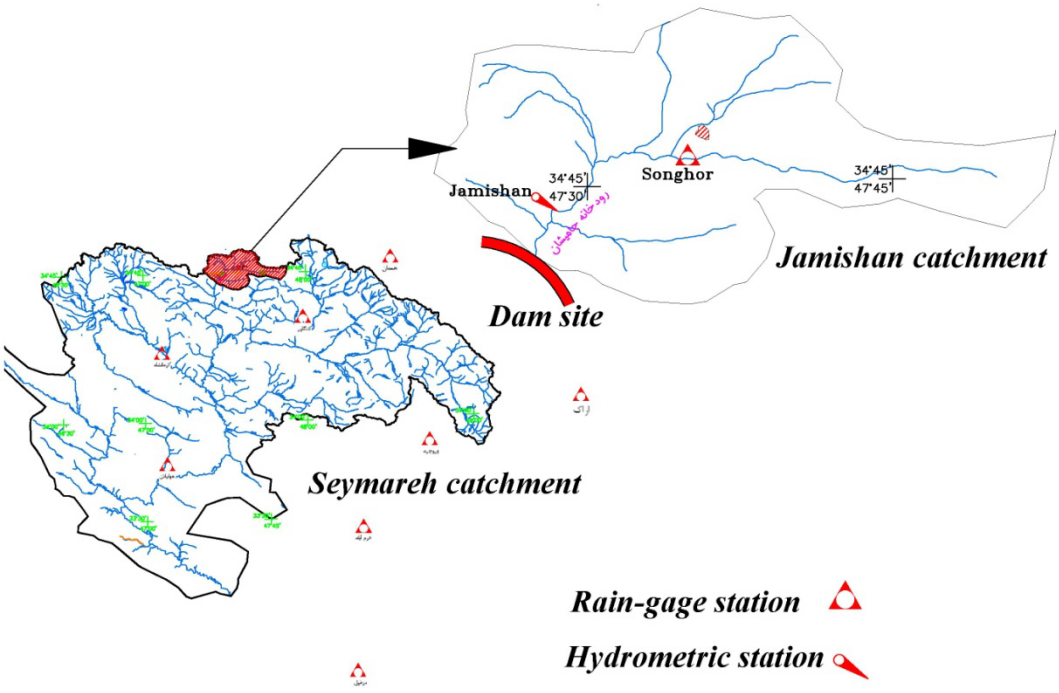
هیـــدروگـــراف سیلاب یکی از اجزای مهم در تحلیل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی می باشد. در طراحی سازه های آبی برآورد سیلاب طراحی با در نظرگرفتن عدم قطعیت کلیه متغیر های تصادفی از مباحث مهم می باشد. در روش‌های متداول با استفاده از سری زمانی پیک سیلاب لحظه‌ای مشاهداتی در طول یک دوره آماری و با استفاده از برازش یک توزیع چگالی احتمال و با در نظر گرفتن احتمال وقوع سیلاب که همان عدم قطعیت ذاتی۱ سیلاب است، پیک سیلاب طراحی بر آورد می‌گردد. در واقع در روش متداول تعیین سیلاب طراحی تنها عدم قطعیت ذاتی سیلاب که مرتبط با پیک سیلاب است مد نظر قرار می‌گیرد و عدم قطعیت سایر متغیر های تصادفی نظیر بارش، تلفات نفوذ، جریانات پایه و ... مد نظر قرار نمی‌گیرد. البته در سال های اخیر محققان، تحقیقاتی در برآورد سیلاب با در نظر گرفتن عدم قطعیت متغیرها و پارامترهای موثر بر سیلاب انجام داده اند.

حبیب و همکاران با استفاده از مدل بارشMPE و مدل بارش–رواناب GSSHA به بررسی عدم قطعیت داده بارش ثبت شده در نتایج سیلاب پرداختند(۱). Hong و همکاران نیز با استفاده از روش مونت کارلو عدم قطعیت بارش اندازه‌گیری شده از نتایج ماهواره را در سیلاب حوضه آبریز رودخانه می‌سی‌سی‌پی ارزیابی کردند (۲). Mascaro و همکاران نیز به بررسی انتشار عدم قطعیت بارش در سیلاب پرداختند(۳). Berthet و همکاران به بررسی عدم قطعیت رطوبت اولیه خاک بر روی پیش‌بینی عدم قطعیت سیلاب پرداختند (۴). Uhlenbrook و همکاران با استفاده از روش مونت کارلو پیش بینی عدم قطعیت سیلاب بر اساس عدم قطعیت پارامترها و ساختار مدل بارش–رواناب را بررسی کردند (۵).

در این تحقیق سعی شده است با استفاده از تلفیق مـــدل تولیـــد کننـــده استـــوکستیک بارش RPG[۲] و مدل HEC-HMS و با استفاده از روش مونت کارلو، هیدروگراف سیلاب در حوضه آبریز سد جامیشان تولید گردد. در روش شناسی این تحقیق عدم قطعیت‌های بارش، نظیر عدم قطعیت مدت بارش، الگوی بارش و عدم قطعیت پارامترهای مدل بارش–رواناب HEC-HMS در تولید سیلاب لحاظ شده است.

سد مخزنی جامیشان از نظر تقسیمات کشوری جزء استان کرمانشاه و از نظر حوضه آبریز بخشی از سرشاخه‌های حوضه رودخانه سیمره محسوب می‌شود. در این تحقیق از ایستگاه باران سنجی سنقر و ایستگاه هیدرومتری جامیشان استفاده شده است. حوضه آبریز سد جامیشان در شکل۱ ارایه شده است.

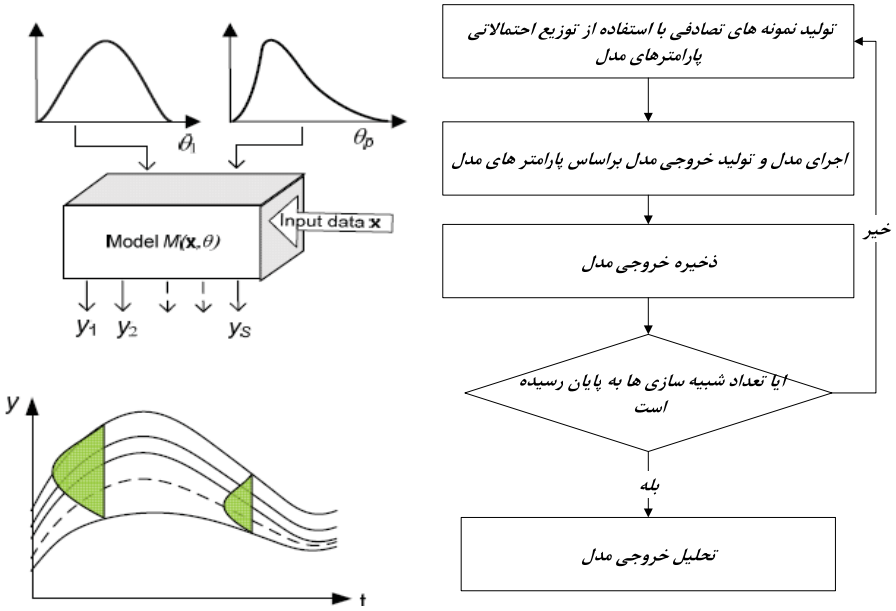
1- Inherent Uncertainty



شکل۱- موقعیت حوضه آبریز سد جامیشان در حوضه آبریز سیمره

مواد و روش ها

در این تحقیق هیدروگراف سیلاب با استفاده از تلفیق مدل تولید کننده استوکستیک بارش RPG و مدل بارش-رواناب HEC-HMS و شبیه سازی مونت کارلو تولید گردیده است. شبیه سازی مونت کارلو یک روش تحلیل عدم قطعیت آماری و مبنی بر توزیع احتمالاتی متغیرهای تصادفی می‌باشد. بدین ترتیب که در هر شبیه سازی با تولید تصادفی متغیرهای تصادفی با استفاده از توزیع احتمالاتی متغیرها و اجرای سیستم،عدم قطعیت خروجی سیستم تحلیل می گردد. با اجرای تعداد زیادی شبیه سازی و تولید نمونه‌های زیادی از خروجی سیستم امکان تحلیل عدم قطعیت متغیرها و پارامترهای تصادفی و خروجی سیستم فراهم می‌گردد. مراحل شبیه سازی مونت کارلو در شکل ۲ ارایه شده است.



شکل (۲): مراحل شبیه سازی مونت کارلو

مدل بارش–رواناب مورد استفاده در این تحقیق مدل HEC-HMS می باشد. مدل HEC-HMS یک مدل غیر توزیعی (LUMP)جهت شبیه سازی جریانات تک واقعه ای (Single event) می‌باشد. در این تحقیق از نفوذ گرین آمپ و جریان پایه نمایی و هیدروگراف واحد مصنوعیSCS جهت شبیه سازی رواناب استفاده است. پارامترهای مدل HEC-HMSدر جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در شبیه سازی رواناب در مدل HEC-HMS

پارامتر	حروف اختصاری در مدل *HEC-HMS*	تعریف
IA	*LG(1)*	تلفات اولیه
DTHETA	*LG(2)*	کمبود رطوبت
PSIF	*LG(3)*	مکش مرطوب
XKSAT	*LG(4)*	هدایت هیدرولیکی
RTIMP	*LG(5)*	درصد سطح نفوذناپذیر
STRTQ	*BF(1)*	دبی رودخانه در ابتدای طوفان
QRCSN	*BF(2)*	دبی حدی در شروع شاخه نزولی
RTIOR	*BF(3)*	ضریب کاهش دبی
TLAG	*UD*	زمان تاخیر

در مدل HEC-HMS بارش وردی به مدل بر اساس رابطه (۱) اصلاح می شود.

$$\begin{cases} r(t) = 0 & for \quad P(t) \le IA \\ r(t) = r_0(t) & for \quad P(t) > IA \end{cases} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق$P(t)$ بارش تجمعی، $r(t)$ شدت بارش تصحیح شده بر اساس تلفات نفوذ، tزمان بعد از شروع بارش، IA تلفات اولیه می باشد. رابطه گرین و امپ به صورت رابطه (۲) بر بارش باقی مانده اعمال می شود.

$$\begin{cases} F(t) = \frac{PSIF \times DTHETA}{\left[\frac{F(t)}{XKSAT} - 1\right]} & , \quad f(t) > XKSAT \\ f(t) - r(t) & , \quad f(t) \leq XKSAT \\ f(t) = dF(t)/dt & \end{cases} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق $F(t)$ نفوذ تجمعی، $f(t)$ نرخ نفوذ، PSIFمکش مرطوب، DTHETAکمبود رطوبت و XKSAT هدایت هیدرولیکی در شرایط اشباع می باشد.

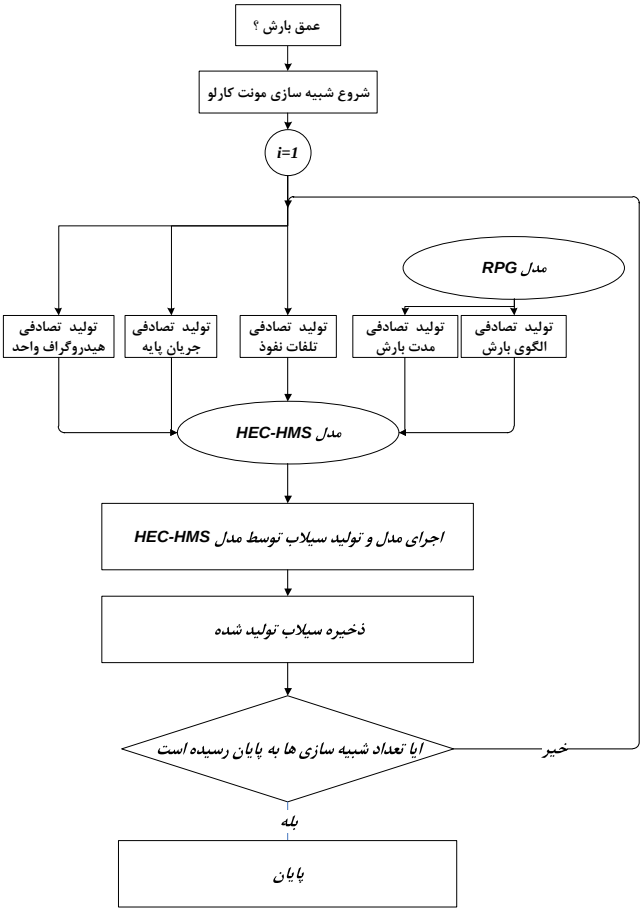
متغیر های ورودی مدل HEC-HMS در این تحقیق مرتبط به بارش می باشند. عمق بارش، مدت بارش و الگوی بارش با استفاده از اتصال مدل RPG و مدل HEC-HMS در محیط برنامه نویسی Matlab به عنوان متغیرهای ورودی تعریف می شوند.

اولین مرحله در تحلیل عدم قطعیت مدل بارش–رواناب HEC-HMS، استخراج توزیع چگالی احتمال پارامترهای مدل HEC-HMS می باشد. در این تحقیق از توزیع چگالی احتمال یکنواخت جهت کمی کردن رفتار تصادفی پارامترها استفاده است. ضرایب توزیع چگالی احتمال برای هر پارامتر تصادفی از واسنجی پارامترهای مدل HEC-HMS و با استفاده از ۱۰ واقعه مشاهداتی صورت پذیرفته است. مقادیر حداقل و حداکثر پارامترهای مدل HEC-HMS بر اساس واسنجی‌های انجام شده در جدول (۲) ارایه است.

پس از تعیین توزیع احتمالاتی پارامترهای تصادفی و استفاده از مدل RPG جهت کمی کردن رفتار تصادفی بارش، شبیه سازی مدل بارش–رواناب با استفاده از پارامترها و متغیرهای تصادفی به تعداد تعریف شده توسط کاربر با استفاده از فرآیند مونت کارلو انجام می‌پذیرد. الگوریتم تولید هیدروگراف سیلاب توسط فرآیند مونت کارلو در شکل ۳ ارایه شده است.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای واسنجی شده مدل HEC-HMS

پارامتر	مقدار حداقل	مقدار حداکثر
LG(1)	۰/۰۱	۰/۱
LG(2)	۰/۰۶	۰/۴۵
LG(3)	۲۰۰	۲۰۰۰
LG(4)	۰/۰۷	۳/۵
LG(5)	۱/۸	۱۲
BF(1)	۰/۵	۱۹
BF(2)	۲/۵	۳۵
BF(3)	۱/۰۱	۷/۵۷
UD	۲/۵	۳۵



شکل ۳- الگوریتم تولید سیلاب توسط فرآیند مونت کارلو

با توجه به شکل ۳، پس از مشخص شدن عمق بارش، در هر شبیه سازی مونت کارلو، مدت بارش و الگوی بارش توسط مدل RPG و مقادیر پارامترهای تصادفی مدل HEC-HMS با استفاده از تولید تصادفی احتمال وقوع و توزیع احتمالاتی پارامترها، تولید می گردند. تعداد شبیه سازی‌ها در این تحقیق برابر ۱۰۰۰ در نظر گرفته شده است.

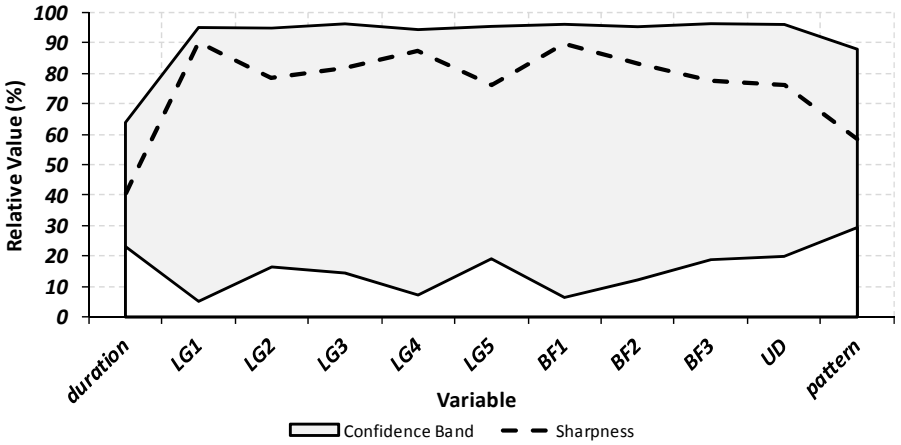
نتایج و بحث

با استفاده از چهار سیلاب مشاهداتی با مشخصات ارایه شده در جدول ۳ جهت بررسی دقت روش شناسی این تحقیق در تولید هیدروگراف سیلاب استفاده شده است. بر اساس عمق بارش مشاهداتی و با استفاده از شبیه سازی مونت‌کارلو طبق الگوریتم اشاره شده در شکل ۳، سیلاب های متناظر با هر واقعه بارش به تعداد مشخص تولید شده است.

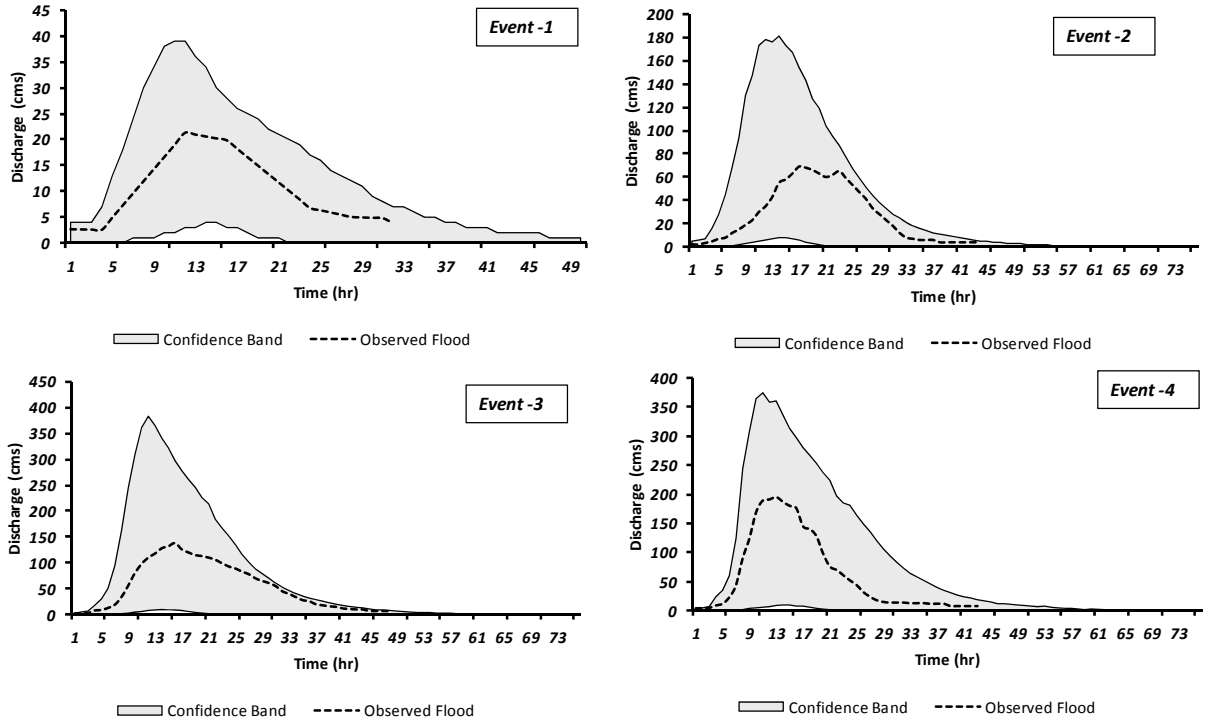
عدم قطعیت متغیرها و پارامترهای متناظر با واقعه شماره ۱ بر اساس شاخص sharpness و باند تغییرات متغیرها و پارامترهای مذکور در شکل۴ ارایه شده است (۶). همچنین هیدروگراف سیلاب های تولیدی متناظر با ۴ واقعه مشاهداتی در شکل ۵ ارایه شده است.

جدول۳- مشخصات وقایع مشاهداتی سیلاب و بارش در حوضه آبریز سد جامیشان

واقعه	عمق بارش(میلی متر)	پیک سیلاب(متر مکعب بر ثانیه)
۱	۲۴/۳۰	۲۱/۳۰
۲	۴۳	۶۹
۳	۵۳	۱۳۸
۴	۵۷/۵۰	۱۹۵

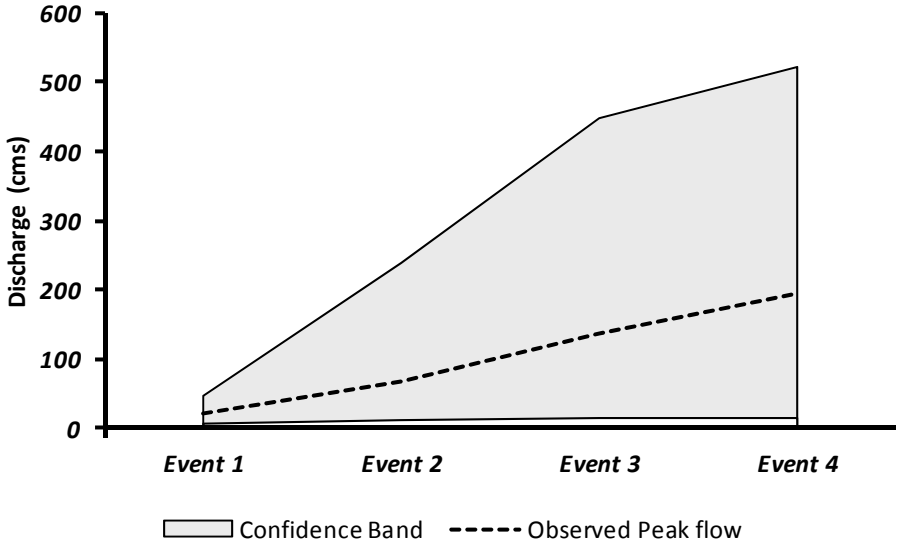


شکل۴- مقادیر باند معنی دار و شاخص sharpness حاصل از شبیه سازی مونت کارلو در واقعه۱

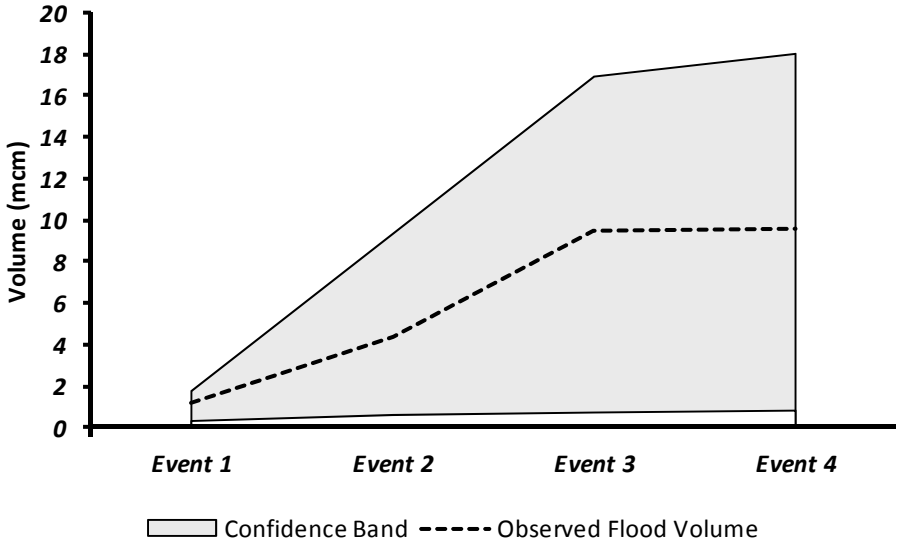


شکل۵- مقایسه باند معنی دار سیلاب های تولیدی و سیلاب های مشاهداتی

جهت بررسی صحت و دقت روش شناسی مورد استفاده در این تحقیق جهت تولید هیدروگراف سیلاب مقایسه مقادیر پیک و حجم سیلاب مشاهداتی در مقایسه با باند معنی دار مقادیر تولیدی در شکل‌های ۶ و ۷ ارایه شده است.



شکل۶- مقایسه باند معنی دار پیک سیلاب های تولیدی و سیلاب های مشاهداتی



شکل۷- مقایسه باند معنی دار حجم سیلاب های تولیدی و سیلاب های مشاهداتی

با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل‌های ۵ تا ۷ مشخص گردید کلیه مقادیر حجم سیلاب ها، پیک سیلاب ها و هیدروگراف سیلاب های مشاهداتی در باند معنی دار سیلاب های تولیدی قرار دارد و مؤید صحت و دقت روش شناسی این تحقیق می‌باشد. از این رو می‌توان عنوان کرد با استفاده از نتایج این تحقیق، در حوضه‌های فاقد سیلاب مشاهداتی می توان با استفاده از داده‌های بارش، هیدروگراف سیلاب با دقتی مناسب تولید کرد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل موید آن است که روش شناسی تولید سیلاب در این تحقیق که بر پایه شبیه سازی مونت کارلو و تلفیق مدل های RPG و HEC-HMS می باشد، با دقتی مناسب امکان تولید هیدروگراف سیلاب جهت سایر تحلیل های هیدرولوژیکی و یا طراحی سازه های هیدرولیکی را دارد. به طوری که ۱۰۰ ٪ حجم سیلاب ها، پیک سیلاب ها و هیدروگراف سیلاب های مشاهداتی در باند معنی دار

سیلاب های تولیدی قرار دارند. از این رو روش شناسی مورد استفاده در این تحقیق توانایی تولید حجم و پیک سیلاب با دقتی مناسب را دارد، در حالی که تحقیقات گذشته نظیر آنچه که Kuchment و همکاران انجام دادند مدل ارایه شده توانایی تولید پیک سیلاب با دقتی مناسب را داشتند(۷).

منابع

1. Habib, E., Aduvala, A.V., Meselhe, E. A., 2007. Effect of Radar-Rainfall Errors on Rainfall-Runoff Modeling. World Environmental and Water Resources Congress
2. Hong, Y., Hsu, K.L., Moradkhani, H., Sorooshian, S., 2006. Uncertainty quantification of satellite precipitation estimation and Monte Carlo assessment of the error propagation into hydrologic response. WATER RESOURCES RESEARCH, 42. PP 1-15
3. Mascaro, G., Vivoni, E.R., Deidda, R., 2010. Implications of Ensemble Quantitative Precipitation Forecast Errors on Distributed Streamflow Forecasting. Journal of Hydrometeorology, 11. PP 69-86
4. Berthet, L., Andréassian, V., Perrin, C., Javelle, P., 2009. How crucial is it to account for the antecedent moisture conditions in flood forecasting Comparison of event-based and continuous approaches on 178 catchments. Hydrology and Earth System Sciences, 13. PP 819–831
5. Uhlenbrook, S., Seibert, J., Leibundgut, C., Rodhe, A., 1999. Prediction uncertainty of conceptual rainfall runoff models caused by problems in identifying model parameters and structure.Hydrological Science, 44(5).PP 779-797
6. Ramires, J.N., 2007. Assessment of uncertainty in flow model parameter ,channel hydraulics properties and rainfall data of lumped watershed model, Ph.D thesis in civil Eng, Mississippi state university
7. Kuchment, L. S., Gelfan, A. N.,. DEMIDOV V. N, 2003. Application of dynamic-stochastic runoff generation models for estimating extreme flood frequency distributions, Water Resources Systems—Hydrological Risk, Management and Development (Proceedings of symposium HS02b). IAHS Publ. no. 281