

برآورد IDF بر اساس داده‌های بارش روزانه با کاربرد مدل مقیاس زمانی

راضی خلف^{۱*} و سعید سلطانی^۲

(۱) کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه آبخیزداری، دانشگاه صنعتی، اصفهان، ایران.

(۲) دانشیار، گروه آبخیزداری، دانشگاه صنعتی، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول: Razikhalaf57@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۰۶

چکیده

یکی از ابزارهای مهم در طراحی سازه‌های هیدرولیکی، مطالعات کنترل سیلاب و آبخیزداری رگبار طرح می‌باشد که از روی منحنی‌های شدت-مدت - فراوانی (IDF) بارش برای دوام و دوره‌ی بازگشت معین استخراج می‌شود. در روش متداول محاسبه‌ی منحنی‌های IDF باید بارش به ازای دوام‌های مختلف ثبت شده باشد تا استخراج این منحنی‌ها میسر گردد. این اطلاعات در ایستگاه‌های مجهز به باران سنج ثبات قابل دستیابی است. در بسیاری از مناطق تنها آمار بارش‌های روزانه موجود است که از روی این آمارها استخراج منحنی‌های IDF به روش‌های متداول ممکن نمی‌باشد. در این مقاله از خصوصیات مقیاس زمانی بارش استفاده شده و از روی بارش‌های روزانه (۲۴ ساعته)، منحنی‌های IDF برای دوام‌های کوتاه مدت ساخته می‌شود. روش بکار برده شده نسبت به روش‌های متداول دارای مراحل محاسباتی کمتری بوده و تعداد پارامترهای آن بمراتب کمتر می‌باشد که این باعث بالا رفتن اعتمادپذیری می‌شود. به منظور ارزیابی این روش، بطور موردی برای ایستگاه اهواز، IDF بدست آمده از این روش با IDF استخراج شده از رگبارهای ثبت شده مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج نشان دهنده بالا بودن دقت این روش می‌باشد. دقت روش مدل مقیاس در ایستگاه اهواز در تعیین شدت بارش‌هایی با تداوم‌های ۳۰ تا ۱۸۰ دقیقه‌ای قابل قبول بوده و حداکثر میزان خطای آن ۱۱/۵ درصد است.

واژه‌های کلیدی: منحنی IDF، رگبار طرح، نمایه مقیاس و مدل مقیاس.

مقدمه

منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش یکی از ابزارهای هیدرولوژیکی جهت محاسبه‌ی سیلاب طرح و طراحی سازه-های هیدرولیکی می باشد. این منحنی‌ها برای یک منطقه از روی داده‌های بارش، که در دوام مختلف ثبت شده است، ساخته می‌شود. این اطلاعات در ایستگاه‌های باران سنجی مجهز به باران سنج ثابت وجود دارد. با استفاده از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش می‌توان شدت بارش در هر تداوم و هر دوره بازگشتی را متناسب با اهداف طرح بدست آورد. در صورت وجود باران سنج ثابت، منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی (IDF) بارش را می‌توان با استفاده از اطلاعات ساعتی رگبارها و تحلیل فراوانی سری شدت‌های بارندگی در تداوم‌های مختلف بدست آورد. برای مناطق فاقد آمار از چنین روشی نمی‌توان استفاده کرد (قهرمان و آبخضر، ۱۳۸۳). در صورتی که تعدادی باران سنج ثابت در منطقه وجود داشته باشد، می‌توان با روش‌های متداول میان‌یابی، اطلاعات مورد نیاز را برای سایر نقاط فاقد باران سنج ثابت استخراج کرد ولی عموماً این مقادیر توأم با خطا و عدم اطمینان خواهد بود (Diaconis, 1983 و Hershfield, 1961) برای کاهش چنین نا اطمینانی‌هایی، محققین معادلات تجربی شدت-مدت-فراوانی (IDF) را پیشنهاد کرده‌اند. در مناطقی که فاقد اطلاعات بارش ساعتی ثبت شده هستند می‌توان از خصوصیات مقیاس زمانی بارش استفاده کرد و از روی داده‌های روزانه بارش، منحنی‌های IDF را برای دوام‌های کوتاه مدت ساخت (قیداری، ۱۳۸۸). داده‌های روزانه بارش از قابلیت دسترسی زیادتری برخوردارند و از فراوان‌ترین منابع اطلاعاتی بارش می‌باشند. در سال‌های اخیر مطالعات بر روی کاربرد روش عدم پراکندگی مقیاس در پدیده‌های فیزیکی از قبیل تئوری آشفتگی به پدیده‌های هیدرولوژیکی از قبیل مدل تصادفی بارش و فرمول-بندی منحنی‌های IDF سوق یافته است. Burlando و Rosso (۱۹۹۶)، Menabde و همکارانش (۱۹۹۹)، Poo Sshan Yu و همکارانش (۲۰۰۴) و Nhat و همکارانش (۲۰۰۶) از جمله محققانی هستند که از مشخصات مقیاس زمانی بارش جهت استخراج منحنی‌های IDF استفاده کردند. در ادامه ابتدا روابط متداول منحنی‌های IDF ارائه شده و سپس تئوری عدم تغییرپذیری مقیاس زمانی بارش ارائه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

معادلات متداول برای منحنی‌های IDF بصورت زیر می باشد:

$$i = \frac{a}{d + b}$$

معادله تالبوت: رابطه ۱

$$i = \frac{a}{d^e}$$

معادله برنارد: رابطه ۲

معادله کیمیجاما: رابطه ۳

$$i = \frac{a}{d^e + b}$$

در روابط فوق، i شدت بارش (میلی متر بر ساعت)، d دوام بارش (دقیقه)، a ، b ، e ضرایب ثابت می باشد که به شرایط هیدرومتئورولوژی بستگی دارند. Bell (۱۹۶۹) طی تحقیقاتی که انجام داد روابطی برای منحنی‌های IDF ارائه کرد که تابعی از بارش یک ساعته با دوره‌ی بازگشت ده ساله (P_1^{10}) بود. Kothyari و Grade (۱۹۹۲) بین شدت بارش و متوسط بارش ۲۴ ساعته رابطه تجربی ارائه نمودند که این روابط برای شرایط هیدرومتئورولوژی خاصی صادق بوده و برای حوضه‌های دیگر نیاز به کالیبره شدن دارند. Raudkivi (۱۹۷۹) رابطه ناحیه‌ای را برای نیوزیلند معرفی کرد. Baghirathan و Shaw (۱۹۷۸)، Chen (۱۹۸۳) و Raudkivi (۱۹۷۹) در تحقیقات خود از رابطه Bell (۱۹۶۹) استفاده کردند. Ferreri و Ferro (۱۹۹۰) کاربرد رابطه بل را در منطقه سیسیل و ساردینیا در مدیترانه مورد بررسی قرار دادند. Neimczynowicz (۱۹۸۲) از توزیع لوگ پیرسون تیپ سه با روش گشتاور درتهیه منحنی‌های IDF منطقه‌ای برای بارش‌های کوتاه مدت در منطقه لوند سوئد استفاده کرد. Koutsoyiannis و همکارانش (۱۹۹۸) یک رابطه‌ی جامع تری برای منحنی‌های IDF ارائه کردند که بصورت زیر می باشد.

رابطه ۴:

$$i = \frac{w}{(d + \theta)^n}$$

در رابطه فوق، i شدت بارش، d دوام بارش، w ، θ و n ضرایب ثابت غیرمنفی می باشند. طبق مطالعات صورت گرفته توسط Koutsoyiannis در رابطه فوق θ و n تقریباً مستقل از دوره‌ی بازگشت بوده ولی ضریب w تابعی از دوره بازگشت می باشد. بطور کلی بر اساس روابط ارائه شده برای منحنی‌های IDF می توان رابطه کلی را زیر تعریف کرد:

$$i = \frac{a(T)}{b(d)}$$

رابطه ۵:

در رابطه فوق $a(T)$ و $b(d)$ به ترتیب توابعی از دوره‌ی بازگشت و دوام بارش می باشند.

مدل مقیاس زمانی جهت برآورد IDF

در این قسمت منحنی‌های IDF بر اساس تئوری مقیاس زمانی بارش ارائه خواهد شد. متغیر تصادفی I_d که نشان دهنده‌ی ماکزیمم شدت سالانه بارش با دوام d است، بصورت زیر تعریف می شود:

$$I_d = \max \left[\frac{1}{d} \int_{1-d/2}^{1+d/2} x(\varepsilon) d(\varepsilon) \right]$$

رابطه ۶:

در رابطه فوق $x(\mathcal{E})$ تابع پیوسته‌ی شدت بارش و d دوام بارش می‌باشد. متغییر تصادفی I_d به عنوان ماکزیمم مقدار میانگین متحرک $x(\mathcal{E})$ در عرض d تعریف می‌شود که دارای یک توزیع احتمالاتی تجمعی می‌باشد.

$$\Pr(I_d \leq i) = F_d(i) = 1 - \frac{1}{T(i)} \quad \text{رابطه ۷}$$

Burlando و Rosso (۱۹۹۶) و Menabde (۱۹۹۹) بر اساس آنالیز اشکال خود متشابه (فرکتال ها) دریافتند، متغییر

تصادفی I_d هنگامی دارای مشخصه های مقیاس زمانی می باشد که در رابطه ی زیر صدق کند.

$$I_d = \left(\frac{d}{D}\right)^H \cdot I_D \quad \text{رابطه ۸}$$

در رابطه فوق ، I_d ماکزیمم شدت سالانه بارش با دوام d ، H نمایه مقیاس می باشد. رابطه فوق نشان می‌دهد که توزیع فراوانی بارش به ازای دوام‌های مختلف دارای توزیع فراوانی یکسانی می‌باشند. اگر نسبت $\frac{d}{D}$ با پارامتر λ (که فاکتور مقیاس نامیده می‌شود) نشان داده شود ، معادله (۸) به شکل زیر در خواهد آمد.

رابطه ۹ :

$$I_d = \lambda^{-H} \cdot I_{\lambda d}$$

اگر از طرفین رابطه فوق گشتاور مرتبه q گرفته شود خواهیم داشت:

$$E(I_d^q) = \lambda^{-Hq} \cdot E(I_{\lambda d}^q) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

در رابطه فوق ، H_q نمایه مقیاس برای گشتاور مرتبه q می‌باشد. اگر از رابطه فوق لگاریتم بگیریم ، مشخص می‌گردد که H_q به ازای q معین ، شیب خط رگرسیونی $(E(I_{\lambda d}^q) \log)$ در برابر لگاریتم پارامتر مقیاس $\log \lambda$ ، است. تغییرات H_q نسبت به q نشان دهنده خصوصیات مقیاس زمانی بارش است. بطوریکه اگر تغییرات H_q نسبت به q ثابت باشد، H_q تابع خطی از q بوده و نشان دهنده عدم تغییر پذیری مقیاس زمانی بارش می‌باشد. ولی چنانچه تغییرات H_q نسبت به q ثابت نباشد ، H_q تابع غیر خطی از q بوده و دلالت بر چند مقیاسی بودن بارش دارد (شکل ۱).

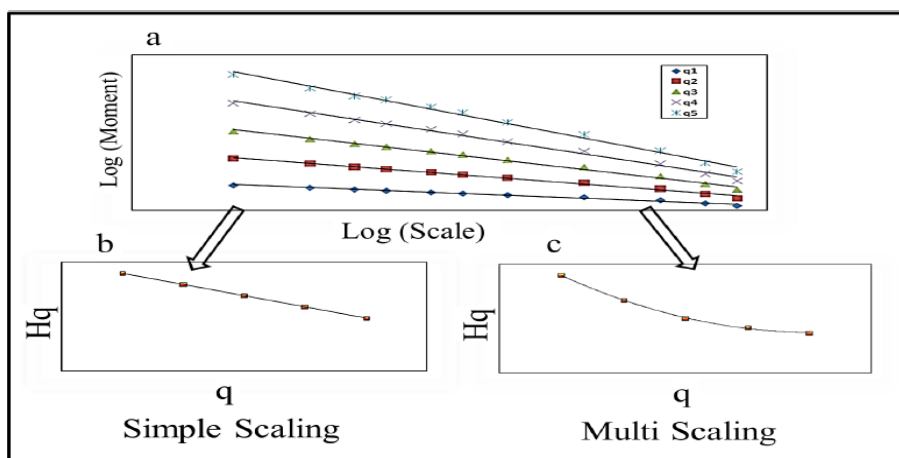
Menabde (۱۹۹۹) در بررسی‌های خود دریافت در حالتی که عدم تغییرپذیری مقیاس زمانی در داده‌های بارش وجود

داشته باشد آنگاه :

$$\mu_d = \lambda^{-H} \mu_{\lambda d} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$\sigma_d = \lambda^{-H} \sigma_{\lambda d}$$

رابطه ۱۲:



شکل ۱: a: لگاریتم گشتاور مرتبه q شدت بارش H_q ، در برابر لگاریتم مقیاس (λ دوام بارش). b: رابطه خطی H_q و q (عدم تغییر پذیری مقیاس زمانی). c: رابطه غیر خطی H_q و q نشان دهنده چند مقیاسی بودن بارش

در رابطه فوق μ_d و σ_d به ترتیب مقدار میانگین و انحراف معیار شدت بارش با دوام d می‌باشد. اگر داده‌های شدت بارش دارای توزیع فراوانی تجمعی F باشد، آنگاه شدت بارش با دوام d و دوره بازگشت T ، بر اساس رابطه Chow (۱۹۶۴) به صورت زیر قابل تعریف است:

$$i_{d,T} = \mu_d + K_T \sigma_d = \mu_d + \sigma_d F^{-1} \left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

رابطه ۱۳:

با جایگزینی روابط (۱۱) و (۱۲) در رابطه فوق و با ضرب و تقسیم کردن آن، در d^{-H} خواهیم داشت:

$$i_{d,T} = \frac{\mu_{\lambda d} (d\lambda)^{-H} + \sigma_{\lambda d} (d\lambda)^{-H} F^{-1} \left(1 - \frac{1}{T}\right)}{d^{-H}}$$

رابطه ۱۴:

در رابطه فوق $\lambda^{-H} \mu_{\lambda d}$ و $\lambda^{-H} \sigma_{\lambda d}$ ضرایب ثابت می‌باشند. با مقایسه روابط (۴) و (۱۴) مشخص می‌گردد که $\theta = 0$ ، $\eta = -H$ و $w = \mu_{\lambda d} (d\lambda)^{-H} + \sigma_{\lambda d} (d\lambda)^{-H} F^{-1} \left(1 - \frac{1}{T}\right)$ است. همانطوریکه قبلاً اشاره شد w تابعی از دوره بازگشت T ، است. اگر $d\lambda$ برابر ۲۴ فرض شود آنگاه رابطه ی (۱۴) بصورت زیر ساده می‌شود:

$$i_{d,T} = \frac{\mu_{24} (24)^{-H} + \sigma_{24} (24)^{-H} F^{-1} \left(1 - \frac{1}{T}\right)}{d^{-H}}$$

رابطه ۱۵:

در رابطه فوق، شدت بارش با دوام d و دوره بازگشت T ، $i_{d,T}$ ، تابعی از مشخصات بارش ۲۴ ساعته (σ_{24}, μ_{24}) می‌باشد. بنابراین می‌توان با استفاده از رابطه فوق، که نتیجه تئوری عدم تغییر پذیری مقیاس زمانی بارش است، از روی داده‌های روزانه بارش، منحنی‌های IDF را ساخت. در رابطه‌ی (۱۵) می‌توان گفت که F تابع توزیع احتمالاتی تجمعی شدت بارش می‌باشد که مهمترین نوع آن توزیع گامبل و توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته است. به منظور ارزیابی دقت منحنی‌های IDF بدست آمده با این روش با IDF استخراج شده از داده‌های بارش ساعتی، در ابتدا با استفاده از روش فوق، منحنی‌های IDF در ایستگاه هواشناسی اهواز استخراج گردید. ایستگاه باران سنجی اهواز در جنوب غربی ایران و در مرکز استان خوزستان در منطقه مسطح با آب و هوای گرم و خشک واقع شده است. میزان بارندگی متوسط سالانه در منطقه در حدود ۲۲۷ میلیمتر و متوسط دمای سالانه هوا در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

نتایج و بحث

جهت ساختن منحنی‌های IDF به کمک خصوصیات مقیاس زمانی بارش، ابتدا نوع مقیاس زمانی داده‌ها مشخص می‌شود که می‌تواند از نوع ساده و یا چند مقیاسی باشد. بر اساس آمار موجود رگبارها در ایستگاه هواشناسی اهواز، برای تمام سال‌های آماری، مقادیر حداکثر شدت بارش‌های سالانه در دوام‌های مختلف استخراج گردید و گشتاورهای مرتبه ۱ تا ۵ آنها محاسبه شد. گشتاور مراتب مختلف (q) در مقابل دوام بارش‌ها (d) در نمودار لگاریتمی ترسیم گردید و در (شکل ۲) نمایش داده شده است. نمایه مقیاس برای رتبه q ، H_q ، شیب خط رگرسیونی بین داده‌های گشتاور مرتبه q و دوام بارش می‌باشد که از شکل ۲ قابل استخراج است. نمودار نمایه مقیاس H_q ، در برابر q برای ایستگاه باران سنجی اهواز محاسبه و در (شکل ۳) ارائه گردید. همانگونه که در شکل مزبور مشاهده می‌شود رابطه بین H_q و q خطی می‌باشد یعنی تغییرات H_q نسبت به q ثابت است که این نشان دهنده عدم تغییر پذیری مقیاس زمانی بارش است. بنابراین می‌توان از رابطه (۱۵) که نتیجه عدم تغییر پذیری مقیاس زمانی بارش است، جهت استخراج منحنی‌های IDF استفاده کرد.

شیب خط رگرسیونی بین نمایه مقیاس H_q ، و رتبه گشتاور، q ، در (شکل ۳) برابر -0.705 می‌باشد که این همان پارامتر H می‌باشد که در رابطه (۱۵) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار متوسط (μ_{24}) و انحراف معیار (σ_{24}) شدت بارش - های ۲۴ ساعته ایستگاه هواشناسی اهواز طی دوره آماری ۹۰-۱۳۴۷ به ترتیب $1/52$ و $0/82$ میلیمتر در ساعت می‌باشد. رابطه (۱۵) به ازای این مقادیر بصورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$i_{d,T} = \frac{14.29 + 7.7 F^{-1} \left(1 - \frac{1}{T}\right)}{d^{0.705}}$$

رابطه ۱۶

داده‌های حداکثر شدت بارش ۲۴ ساعته ایستگاه هواشناسی اهواز از توزیع احتمالاتی گمبل تبعیت می‌کنند. مقدار

$F^{-1}(1-\frac{1}{T})$ برای تابع گمبل برابر $-Ln(-Ln(1-\frac{1}{T}))$ می‌باشد. بنابراین معادله (۱۶) به صورت ذیل بازنویسی می‌شود:

$$i_{d,T} = \frac{14.29 - 7.7 Ln(-Ln(1 - \frac{1}{T}))}{d^{0.705}} \quad \text{رابطه ۱۷:}$$

رابطه (۱۷) فرمول منحنی شدت - مدت - فراوانی بارش ایستگاه هواشناسی اهواز می‌باشد که از روی داده‌های حداکثر بارش ۲۴ ساعته به روش عدم تغییر پذیری مقیاس زمانی بارش ساخته شده است. این معادله تنها دارای دو متغیر d (دوام بارش بر حسب ساعت) و T (دوره بازگشت بر حسب سال) می‌باشد و با استفاده از این دو متغیر کلیه منحنی‌های IDF ترسیم می‌گردند. با استفاده از این رابطه، منحنی‌های IDF ترسیم و با نمودارهای IDF حاصل از تحلیل مقادیر بارش ساعتی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی اهواز مقایسه شد. این مقایسه در (شکل ۴) نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل قابل مشاهده است، منحنی IDF محاسبه شده با روش خصوصیت مقیاس زمانی بارش انطباق بسیار خوبی را با داده‌های شدت بارش ثبت شده در ایستگاه دارد که این امر قابلیت بالای این روش جهت ساختن منحنی‌های IDF را نشان می‌دهد. به منظور تعیین میزان خطا در این روش و اعتبار سنجی آن علاوه بر روش ترسیمی، شدت بارش محاسبه شده برای هر تداوم و هر دوره بازگشت بدست آمده با استفاده از مدل مقیاس با مقدار نظیر آن که از تحلیل بارش‌های کوتاه مدت در ایستگاه باران سنج ثبات اهواز بدست آمده مورد مقایسه قرار گرفت. برای تعیین میزان خطا از رابطه (۱۸) استفاده گردید.

رابطه ۱۸:

$$E(\%) = \left[\frac{(I_t^T)_o - (I_t^T)_e}{(I_t^T)_o} \right] * 100$$

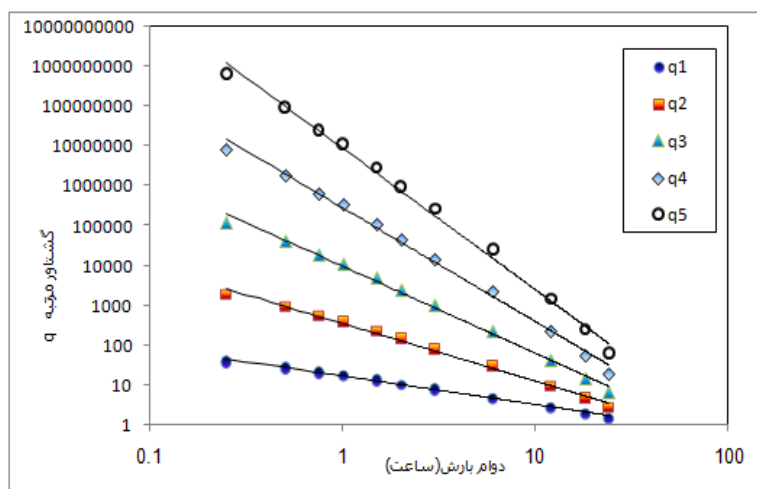
در رابطه فوق $E(\%)$ (درصد میزان خطا)، $(I_t^T)_o$: شدت بارش با تداوم t و دوره بازگشت T بدست آمده از ایستگاه

باران سنج ثبات و $(I_t^T)_e$: شدت بارش با تداوم t و دوره بازگشت T بدست آمده از مدل مقیاس می‌باشد.

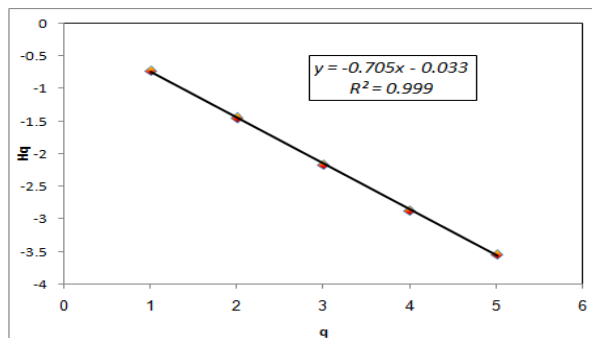
میزان خطای این روش در تخمین شدت بارندگی برای تداوم ۱۵ دقیقه تا ۲۴ ساعت و در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ بطور جداگانه محاسبه گردید. نتایج این بررسی در (جدول ۱) ارائه شده است. به استناد جدول فوق حداکثر میزان خطا در این روش در تداوم‌های مختلف از ۲/۴ درصد در تداوم ۹۰ دقیقه ای تا ۴۱/۳ درصد در تداوم ۱۴۴۰ دقیقه ای در نوسان است.

جدول ۱: مقادیر عددی منحنی های IDF در دو روش و میزان خطای مقادیر نظیر در ایستگاه اهواز

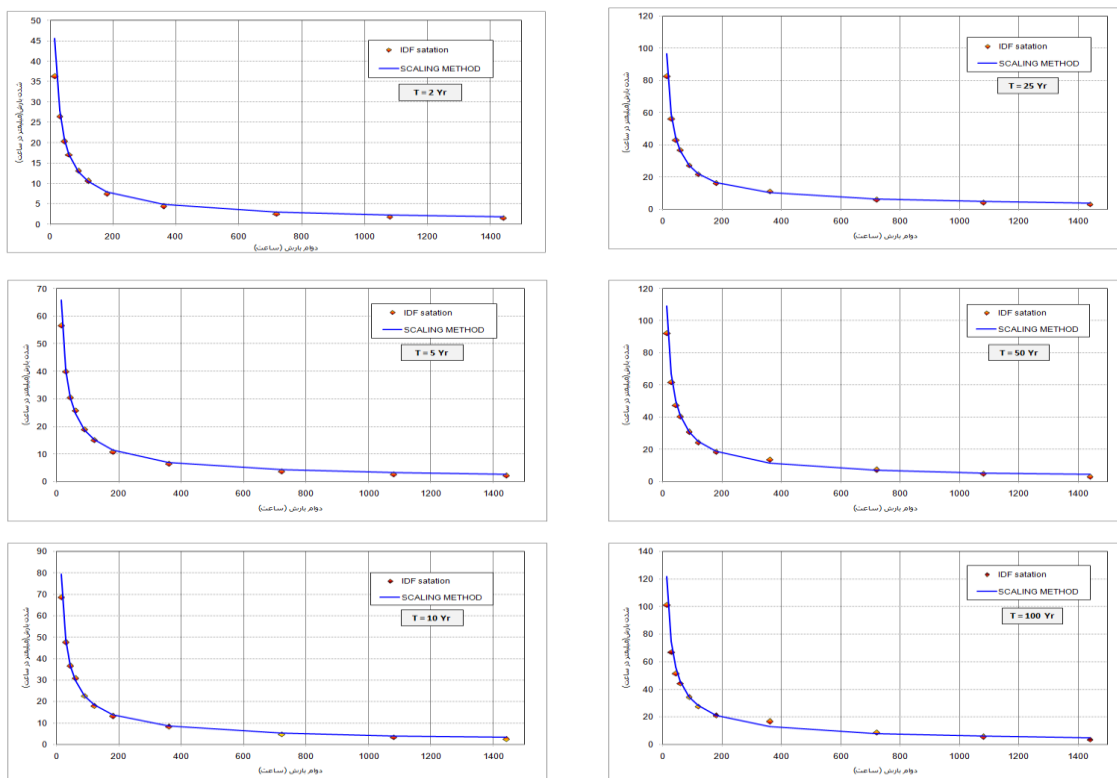
روش	دوره بازگشت											
	۱۴۴۰	۱۰۸۰	۷۲۰	۳۶۰	۱۸۰	۱۲۰	۹۰	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	(سال)
باران سنج ثبات	۱/۵	۱/۸	۲/۶	۴/۴	۷/۵	۱۰/۶	۱۳/۲	۱۷/۰	۲۰/۳	۲۶/۵	۳۶/۴	۲
	۲/۲	۲/۷	۳/۸	۶/۶	۱۰/۹	۱۵/۱	۱۹/۰	۲۵/۸	۳۰/۶	۳۹/۹	۵۶/۷	۵
	۲/۶	۳/۳	۴/۷	۸/۳	۱۳/۱	۱۸/۰	۲۲/۶	۳۱/۰	۳۶/۵	۴۷/۶	۶۸/۷	۱۰
	۲/۹	۴/۰	۵/۷	۱۰/۳	۱۵/۴	۲۰/۸	۲۶/۱	۳۵/۵	۴۱/۷	۵۴/۲	۷۹/۴	۲۰
	۳/۰	۴/۲	۶/۱	۱۱/۱	۱۶/۱	۲۱/۷	۲۷/۳	۳۶/۸	۴۳/۲	۵۶/۲	۸۲/۶	۲۵
	۳/۲	۴/۸	۷/۳	۱۳/۶	۱۸/۶	۲۴/۵	۳۰/۸	۴۰/۷	۴۷/۶	۶۱/۹	۹۲/۲	۵۰
	۳/۵	۵/۴	۸/۷	۱۶/۶	۲۱/۲	۲۷/۵	۳۴/۵	۴۴/۲	۵۱/۶	۶۶/۹	۱۰۱/۳	۱۰۰
	تداوم بارندگی (دقیقه)											
	دوره بازگشت											
	(سال)											
۱/۸	۲/۲	۳/۰	۴/۸	۷/۹	۱۰/۵	۱۲/۹	۱۷/۱	۲۱/۰	۲۷/۹	۴۵/۶	۲	
۲/۶	۳/۲	۴/۳	۷/۰	۱۱/۴	۱۵/۲	۱۸/۶	۲۴/۸	۳۰/۴	۴۰/۵	۶۵/۹	۵	
۳/۲	۳/۹	۵/۲	۸/۵	۱۳/۸	۱۸/۳	۲۲/۵	۲۹/۹	۳۶/۶	۴۸/۷	۷۹/۴	۱۰	
۳/۷	۴/۵	۶/۰	۹/۸	۱۶/۰	۲۱/۳	۲۶/۱	۳۴/۸	۴۲/۶	۵۶/۷	۹۲/۴	۲۰	
۳/۹	۴/۷	۶/۳	۱۰/۳	۱۶/۷	۲۲/۳	۲۷/۳	۳۶/۳	۴۴/۵	۵۹/۲	۹۶/۵	۲۵	
۴/۴	۵/۴	۷/۱	۱۱/۶	۱۸/۹	۲۵/۲	۳۰/۹	۴۱/۱	۵۰/۳	۶۷/۰	۱۰۹/۲	۵۰	
۴/۹	۶/۰	۷/۹	۱۳/۰	۲۱/۱	۲۸/۱	۳۴/۴	۴۵/۸	۵۶/۱	۷۴/۷	۱۲۱/۷	۱۰۰	
تداوم بارندگی (دقیقه)												
دوره بازگشت												
(سال)												
۲۰/۰	۲۲/۷	۱۶/۶	۱۰/۴	۵/۳	۰/۹	۲/۴	۰/۶	۳/۳	۵/۴	۲۵/۳	۲	
۱۸/۹	۱۸/۹	۱۴/۲	۶/۵	۵/۳	۰/۵	۱/۸	۳/۹	۰/۶	۱/۵	۱۶/۴	۵	
۲۳/۳	۱۶/۷	۱۰/۶	۱/۵	۵/۲	۱/۹	۰/۷	۳/۵	۰/۲	۲/۵	۱۵/۷	۱۰	
۲۸/۵	۱۴/۷	۵/۶	۴/۹	۴/۲	۲/۶	۰/۰	۲/۰	۲/۲	۴/۶	۱۶/۴	۲۰	
۳۰/۱	۱۴/۰	۳/۸	۷/۲	۳/۸	۲/۷	۰/۱	۱/۳	۳/۰	۵/۴	۱۶/۸	۲۵	
۲۵/۷	۱۲/۵	۲/۴	۱۴/۵	۲/۰	۲/۷	۰/۲	۰/۹	۵/۷	۸/۳	۱۸/۴	۵۰	
۴۱/۳	۱۱/۰	۹/۱	۲۲/۰	۰/۴	۲/۲	۰/۱	۳/۶	۸/۸	۱۱/۵	۲۰/۲	۱۰۰	
۲۸/۳	۱۵/۸	۸/۹	۹/۶	۳/۷	۱/۹	۰/۸	۲/۳	۳/۴	۵/۶	۱۸/۴	متوسط خطا	



شکل ۲: روابط بین گشتاور مرتبه q نمونه با دوام بارش



شکل ۳: رابطه بین نمایه مقیاس (Hq) با مرتبه گشتاورها (q)



شکل ۴: مقایسه منحنی‌های IDF به بدست آمده به روش خصوصیت مقیاس زمانی با IDF حاصل از بارش ساعتی

ثبت شده در ایستگاه اهواز

نتیجه گیری

در این مقاله از خصوصیات مقیاس زمانی بارش استفاده شد و از روی بارش‌های روزانه (۲ ساعته)، منحنی‌های IDF برای دوام‌های کوتاه مدت ساخته شده است. به منظور تعیین میزان خطا در این روش و اعتبار سنجی آن، شدت بارش محاسبه شده برای هر تداوم و هر دوره بازگشت بدست آمده با استفاده از مدل مقیاس با مقدار نظیر آن که از تحلیل بارش‌های کوتاه مدت در ایستگاه باران سنج ثبات اهواز بدست آمد، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج، حاکی از قابلیت بالای این روش جهت ساختن منحنی‌های IDF است. نتایج این بررسی نشان داد که میزان خطا در این روش در تداوم‌های

مختلف از ۲/۴ درصد در تداوم ۹۰ دقیقه ای تا ۴۱/۳ درصد در تداوم ۱۴۴۰ دقیقه ای در نوسان است. دقت روش مدل مقیاس در تعیین شدت بارش‌هایی با تداوم های ۳۰ تا ۱۸۰ دقیقه‌ای در ایستگاه اهواز بسیار بالا بوده و حداکثر میزان خطای آن ۱۱/۵ درصد است. در روش بکار گرفته شده تنها به کمک سه پارامتر مقدار متوسط و انحراف معیار شدت بارش‌های ۲۴ ساعته و نمایه مقیاس (H)، تمامی منحنی‌های IDF با دقت بسیار بالا برای ایستگاه‌های دارای داده‌های بارش روزانه ساخته می‌شود. نمایه مقیاس (H) تنها در ایستگاه‌های مجهز به باران سنج ثبات استخراج می‌گردد ولی دو پارامتر دیگر در کلیه ایستگاه‌های باران سنجی که آمار روزانه بارندگی آنها در دسترس باشد، تعیین می‌شود. به منظور تعیین منحنی‌های IDF برای این ایستگاه‌های می‌توان از نمایه مقیاس (H)، نزدیک‌ترین ایستگاه مجهز به باران سنج ثبات استفاده نمود. دقت این روش در تداوم‌های کم (۱۵ دقیقه ای) و تداوم زیاد (۱۴۴۰ دقیقه ای) کمتر است که دلیل آن به بررسی بیش‌تری نیاز دارد.

منابع

قه‌رمان، ب. و آبخضر، ح. ر. (۱۳۸۳). اصلاح روابط شدت-مدت-فراوانی بارندگی در ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره دوم.

نوری قیدار م. ح. (۱۳۸۸). استخراج منحنی IDF برای دوام‌های کوتاه مدت از داده‌های روزانه با استفاده از مشخصات مقیاس زمانی بارش. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری (مدیریت پایدار بلایای طبیعی). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

Baghirathan , V. R. and Shaw, E. M. (1978). Rainfall depth – duration - frequency studies fo SriLananka, Journal of Hydrology, 37(3), pp: 223-239.

Bell, F.C. (1969). Generalized rainfall duration frequency relationships. Journal of Hydraulic Div.,ASCE, 95(1), pp:311-327

Burlando P. and R. Rosso. (1996). Scaling and multiscaling models of depth – duration – frequency curves for storm precipitation . Journal of Hydrology, 187, pp: 45-65

Chen,C.L.(1983). rainfall intensity-duration-frequency formulas ,J.Hydraul.Eng.,ASCE 109(12), pp:1606-1621.

Chow, V.T. (1964). Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, pp: 1-1450

Diaconis,P. and B. Efron. (1983). Computer intensive methods in statistics, Scientific America, 5, 248, pp:116-130.

- Ferreri, G. B. and Ferro, V. (1990).** Short duration rainfalls in Sicily, *Journal of Hydraulics Engineering*, ASCE, 116(3), pp: 430-435.
- Hershfield, D. M.(1961).** Rainfall frequency atlas of the United States, Technical paper.40,U.S. Weather Bureau Washington,D.C.
- Kothyari, U. C. and Grade, R. J. (1992)** Rainfall intensity – duration – frequency formuls for India, *J.Hydr.Engrg.*, ASCE, 118(2), pp: 323-336
- Koutsoyiannis, D., Manetas, A. (1998).** A mathematical framework for studying rainfall intensity – duration –frequency relationships, *Journal of Hydrology*, 206, pp: 118-135
- Menabde M., A. Seed and G. Pegram. (1999).** A simple scaling model for extreme rainfall. *Water Resources Research*, Vol. 35, No.1, pp:335-339
- Neimczynowicz, J. (1982)** Areal intensity – duration - frequency curves for short term rainfal events, *Nordic Hydrology*, Vol.13(4), pp: 193-204.
- Nhat, L. M.,Tachikawa, Y. and Takaka, K. (2006a).** Establishment of IDF relationships for monsoon areas ,*Annual of Disas. Prev. Rrev. Inst.*, Kyoto University, No. 49B, pp: 93-103.
- Poo Sshan Yu, T. C. Yang and C.S. Lin. (2004).** “ Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall”, *Journal of Hydrology*, 295(1-7), pp:108-123.
- Raudkivi, A. J. (1979).** An advance introduction to Hydrological Processes and Modelling , Oxford Pergamon Press, N. York, N.Y.