ارزیابی روش‌های تحلیل بارش‌های کوتاه‌مدت (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک شهرکرد)

حسین صمدی بروجنی [*1]، کیومرث عماد[2] و روح‌الله فتاحی[3]

1) استادیار، دانشگاه شهرکرد، گروه سازه‌های آبی.

2) دکتری عمران، بخش زیرساختهای پژوهشکده حمل و نقل.

3) استادیار، دانشگاه شهرکرد، گروه مهندسی آب.

*** نویسنده مسئول مکاتبات:** Samadi153@yahoo.com

تاریخ دریافت: 90/03/23 **تاریخ پذیرش:**90/06/12

چکیده

برآورد حداکثر دبی جریان‌های سطحی ناشی از رواناب برای حوزه‌های آبریز فاقد داده‌های طولانی مدت هیدرومتری، مبتنی بر مدل‌های بارش - رواناب است. داده‌های بارش‌های کوتاه مدت از مهمترین اطلاعات مورد نیاز در استفاده از این قبیل مدل‌هاست. در بسیاری از نقاط دنیا و از جمله ایران داده‌های کیفی و کمی ثبت شده مناسبی از بارش‌های کوتاه مدت در اختیار نیست. روش‌های متعددی جهت برآورد بارش‌های کوتاه مدت بر اساس سایر داده‌های باران سنجی از قبیل بارش‌های روزانه و ماهیانه پیشنهاد شده است. در این تحقیق با استفاده از رگبارهای ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک شهرکرد، واقع در استان چهارمحال و بختیاری، روابط منطقه ای برآورد بارش‌های کوتاه مدت و روش نسبت بارش‌های کوتاه مدت به حداکثر بارش 24 ساعته مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان داد نسبت‌های استخراج شده از منحنی‌های SCS و روابط منطقه‌ای موجب برآورد دست بالا می‌گردند. با توجه به سادگی استفاده از روش نسبت‌ها، می‌توان پس از استخراج نسبت‌های پیشنهادی SCS برای منطقه مورد نظر، از این روش به عنوان روشی قابل قبول استفاده نمود. همچنین نتایج نشان داد با اعمال ضریب اصلاحی 0/7136 در روابط قهرمان آبخضر، مقادیر "شدت - مدت - فراوانی" رگبارها را برای منطقه شهرکرد با خطای مطلق 4 درصد بدست آورد. در نهایت یک رابطه لگاریتمی با ضریب تعیین 0/98 برای تهیه منحنی‌های "شدت -مدت - فراوانی" ایستگاه شهرکرد ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: بارندگی کوتاه مدت، شدت-مدت، استان چهارمحال و بختیاری.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بررسی عکس‌العمل حوضه‌های آبخیز نشان می‌دهد، حداکثر رواناب خروجی از یک حوضه از بارش، ناشی خواهد شد که زمان تداوم آن مساوی یا بزرگتر از زمان تمرکز حوضه باشد. از سوی دیگر تقریباً در تمام مدل‌های بارش رواناب فرض شده در بازه‌های زمانی معینی، شدت بارندگی ثابت است یا حسب تعریف بارش، یکنواخت است. بر این اساس در هر دو حالت، اعم از اینکه بارش با تدوام زمان تمرکز حوضه انتخاب شود یا اینکه با استفاده از هیتوگراف بارش در گام‌های زمانی کوچک هیدروگراف رواناب استخراج شود، انتخاب بارش طراحی مستلزم اطلاع از شدت بارندگی و تغییرات آن در طول مدت زمان تداوم بارش می‌باشد. میزان تداوم و شدت بارندگی، همگی از متغیرهای تصادفی هستند. متخصصین آمار، متغیرهای تصادفی را مشتمل از دو جزء تصادفی و احتمالی می‌دانند که جزء دوم را می‌توان توسط مدل‌های آماری، شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمود. لیکن جزء اول غیر قابل پیش بینی است. در هر دو مقوله با افزایش تعداد مشاهدات، می‌توان به نتایج مدل‌های شبیه‌سازی پایه‌ریزی شده بر مبنای آنها اعتماد بیشتری داشت. چنان چه مشخصات بارش شامل، تداوم مقدار و شدت بارندگی را بر مبنای دو جزء مذکور مورد مقایسه قرار دهیم، شدت بارندگی یک ویژگی از بارندگی خواهد بود که بیشترین ماهیت تصادفی را نشان می‌دهد. از این رو فراوانی یا احتمال وقوع، جزء تفکیک‌ناپذیر هرگونه اظهار نظر در خصوص شدت بارندگی خواهد بود. براین اساس است که تجزیه و تحلیل بارش‌های کوتاه‌مدت، می‌بایستی به استخراج نتایجی با عنوان"شدت- مدت-فراوانی" منجر شود. تهیه این اطلاعات نیازمند در اختیار داشتن دوره آماری طولانی (حداقل 30 سال)، در مورد شدت‌های بارندگی می‌باشد. هر چند امروزه در برخی از نقاط دنیا رکوردهای طولانی و نسبتاً دقیقی از بارندگی وجود دارد که می‌توان برمبنای آنها نسبت به توسعه منحنی‌های شدت- مدت - فراوانی اقدام نمود لیکن در بیشتر نقاط دنیا این اطلاعات وجود ندارد. در کشور ما نیز تنها در تعداد معدودی از ایستگاه‌های هواشناسی (به ویژه از نوع سینوپتیک)، طول دوره آماری و کیفیت آمار به گونه‌ای است که می‌توان منحنی‌های شدت – مدت -فراوانی را استخراج و در امور مربوط به طراحی با اطمینان مورد استفاده قرار داد. همین مسئله باعث شده که روش‌های منطقه‌ای برای تعمیم نتایج اندازه گیری در برخی نقاط خاص به سایر مناطق یکی از ضروریات باشد و این کار معمولا از طریق توسعه روابط یا منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی انجام می‌شود.

در سطح جهانی برای تهیه منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی روابط بسیاری ارائه شده است. از جمله اولین این روابط می‌توان به رابطه ارائه شده توسط بل و همکاران اشاره کرد که برای مناطقی از امریکا، استرالیا و سپس کانادا و سایر نقاط دنیا پیشنهاد و برای هر ناحیه کالیبره گردید که در نوع و زمان خود از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است. فرم عمومی معادله ارائه شده توسط Bell در سال 1969 بشکل زیر است:

$$P_D^T = (\alpha - \beta \ln(P_{24hr}))P_{24hr} \qquad (1)$$

که در آن : P_D^T بارش با تداوم- D ساعت و دوره بازگشت -T و β و α ضرایب ثابت معادله- و P_{24hr} میانگین حداکثر بارش روزانه می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

Nhat و همکاران در سال 2007 منحنی‌های مدت-شدت-فراوانی مناطق موسمی ویتنام را بر اساس مقدار بارندگی مبنا و دوره بازگشت مبنا به دست آوردند. رابطه ارائه شده در این تحقیقات به صورت نسبتی بود که صورت کسر تابع لگاریتمی و مخرج آن نمائی بود. این محقق همچنین در تهیه روابط مدت-شدت-فراوانی از پارامتر مقیاس زمانی و پارامتر مکانی استفاده کرد. و این امر موجب افزایش دقت برآورد شدت-مدت بارندگی گردید. رابطه کلی ارائه شده در این مطالعات به صورت زیر بود.

$$I_{D,T} = \frac{\mu + \sigma.Ln(-Ln(1-1/T))}{D^{\eta}} \qquad (2)$$

که در آن: $I_{D,T}$ شدت بارش با دوره بازگشت_ T تداوم_ D و μ,σ,η ضرایب ثابت معادله می‌باشد.

Berhanu در سال 2008 از بین روابط موجود تهیه منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی رابطه شرمن را برای ایستگاه‌های موجود در شرق منطقه Oromia انتخاب کرد و نشان داد که دقت رابطه بدست آمده هر ایستگاه برای منطقه پیرامون ایستگاه با مساحت 25 کیلومترمربع، دقت قابل قبول دارد. این به معنی آن است که فاصله ایستگاه‌ها نباید از 5 کیلومتر بیشتر باشد. رابطه کلی ارائه شده در این مطالعات بصورت زیر بود.

$$I_{D,T} = \frac{a + bLnT}{(D+c)^{d}} \qquad (3)$$

که در آن: $I_{D,T}$ شدت بارش با دوره بازگشت T تداوم D و d,c,b,a ضرایب ثابت معادله می‌باشد.

Raiford در سال 2007 و 2004 در کالیفرنیا نشان داد با استفاده از روش گشتاور خطی، می‌توان روابط شدت – مدت – فراوانی بارش ایستگاه‌های منطقه را به حوضه‌های فاقد آمار تعمیم داد. این نتایج با آنچه در تحقیقات Youngدر سال 2002 و Bobee در سال 1991 بدست آمده بود هم خوانی داشت.

در ایران نیز در این زمینه کارهای زیادی انجام شده که می‌توان به تحقیقات وزیری (1364) اشاره نمود. در این تحقیقات ایران به 5 ناحیه تقسیم و برای هر ناحیه رابطه تجربی ارائه گردید. در این تقسیم‌بندی، استان چهار محال و بختیاری در ناحیه پنجم قرار گرفته و رابطه زیر برای آن ارائه شده است:

$$P_D^T = \left[0.452 + 0.247\, Ln(T-0.6)\right]\left(0.371 + 0.618\, D^{0.4484}\right)P_{1hr}^{10\,yr} \qquad \text{for } 0.25 < t < 2hr \qquad (4)$$

وزیری در مطالعات دیگر، به منظور تولید منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی رگبار، کشور ایران را به 7 ناحیه اصلی تقسیم نمود که استان چهارمحال و بختیاری در ناحیه پنجم قرار گرفت. در این مطالعه برای هر ناحیه، روابط و منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بر مبنای حداکثر بارش 24 ساعته ارائه شده است. مبنای انجام این مطالعات، استفاده از مشخصات رگبارهای ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در این محدوده‌ها بوده است. در سال 1369 قهرمان و سپاس خواه در سال 1369 با استفاده از داده‌های وزیری و داده‌های جدید تلاش نمودند

Archive of SID

www.SID.ir

برای هر ناحیه، روابط بل را برای محاسبه بارش‌های کوتاه مدت، کالیبره نمایند. روابط ارائه شده برای ناحیه پنجم که در برگیرنده استان چهارمحال و بختیاری است و در محدوده $2 < t < 20$ ساعت به شرح زیر ارائه شده است (وزیری،1371):

$$P_D^T = [0.4998 + 0.2293\,Ln(T - 0.75)](0.68 + 0.4475\,D^{0.4484})P_{60}^{10} \quad (5)$$

که در آن: P_D^T بارش D ساعته با دوره بازگشت T سال، P_{60}^{10} بارش یک ساعته با دوره بازگشت 10 ساله که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{60}^{10} = 2.2598 P_a^{-0.3072} (P_{24})^{1.1374} \quad (6)$$

که در آن: P_{60}^{10} بارش یک‌ساعته با دوره بازگشت 10 ساله، P_{24} متوسط حداکثر بارش 24 ساعته، و P_a متوسط بارش سالیانه بر حسب میلیمتر است.

در مطالعات دیگری تأکید نمود برای برآورد باران ساعتی ده ساله ایران از پارامترهایی چون میانگین باران سالانه و میانگین حداکثر بارش روزانه باید استفاده شود(Ghahreman, 1995) . این بررسی نشان داده که روابط قبلی برای برآورد باران ساعتی ده ساله در ایران کارایی ندارد. لذا روابط زیر برای این ناحیه ارائه گردید:

$$P_{60}^{10} = e^{2.49} P_a^{-0.633} (P_{24})^{1.16} \quad (7)$$

که در این رابطه: P_a برابر میانگین بارش سالانه و P_{24} = میانگین حداکثر بارش روزانه می‌باشد.

یکی دیگر از کارهای انجام گرفته در محدوده مورد مطالعه علاوه بر موارد فوق، منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی ایستگاه شهرکرد است که سازمان هواشناسی کشور این منحنی‌ها را بر مبنای دوره آماری 93-1967 بدست آورده است. در این مطالعات، معادله کلی زیر موسوم به رابطه شرمن برای محاسبه مقادیر شدت- مدت– فراوانی ایستگاه شهرکرد ارائه شده است (Chow et. al., 1988):

$$i = \frac{a}{(D+b)^c} \quad (8)$$

که در آن: i شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)، D مدت بارندگی و c,b,a ضرایب ثابتی هستند که مقادیر آنها در جدول (1) داده شده است.

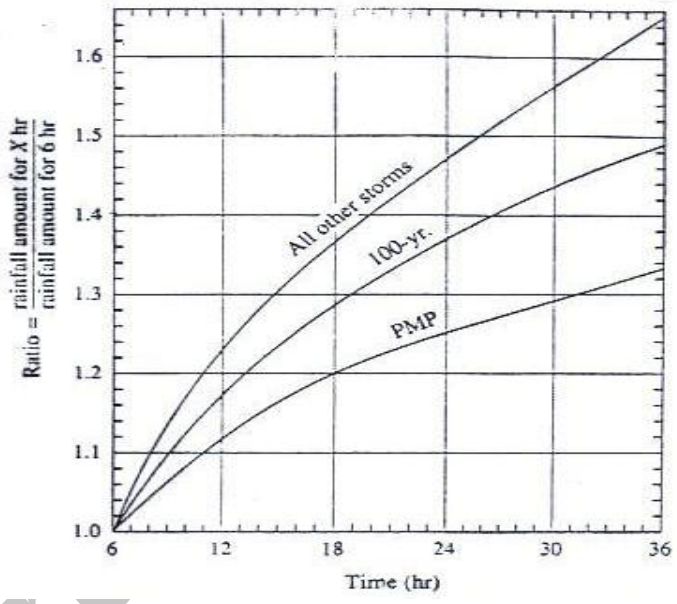
روش دیگر برای برآورد مشخصات بارش‌های کوتاه مدت از بارش حداکثر 24 ساعته، استفاده از نسبت‌های بارندگی است. نمونه‌ای از این نسبت‌ها توسط مؤسسه SCS ارائه شده که نمودار آن در شکل(1) نشان داده شده است. این روش به دلیل وابستگی به کمترین داده‌ها و اطلاعات با سهولت قابل کاربرد می‌باشد. به ویژه آنکه در اغلب ایستگاه‌های هواشناسی (از جمله ایستگاه‌های باران سنجی) آمار حداکثر بارش 24 ساعته موجود است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول1 : ضرایب ثابت معادله شدت -مدت -فراوانی ایستگاه شهرکرد

c	b	A	ضرایب معادله دوره بازگشت
0,47	23,8	59,67	2 سال
0,38	2,2	44,15	5 سال
0,367	0,013	47,48	10 سال
0,37	0	53,53	20 سال
0,37	0	60,86	50 سال
0,375	0	66,03	100 سال



شکل 1: نمونه ای از منحنی نسبت‌های خطی بین بارش‌های با تداوم مختلف ارائه شده توسط SCS

در این تحقیق سعی می‌شود از آمار و اطلاعات موجود رگبارهای ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شود و روش‌ها و روابط موجود برای تعیین مشخصات شدت-مدت–فراوانی مورد ارزیابی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

معرفی ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه

منابع آمار و اطلاعات هواشناسی هر ناحیه، شبکه ایستگاه‌های هواشناسی است که به صورت دائمی یا موقت در مناطق مختلف تأسیس می‌شوند. در استان چهارمحال و بختیاری که از جمله نواحی کوهستانی بشمار می‌رود، تعداد ایستگاه‌های هواشناسی هنوز بسیار کمتر از استاندارد مورد نظر WMO است. در سال‌های اخیر تلاش‌های قابل توجهی جهت نزدیک شدن به این استاندارد انجام شده است. لیکن

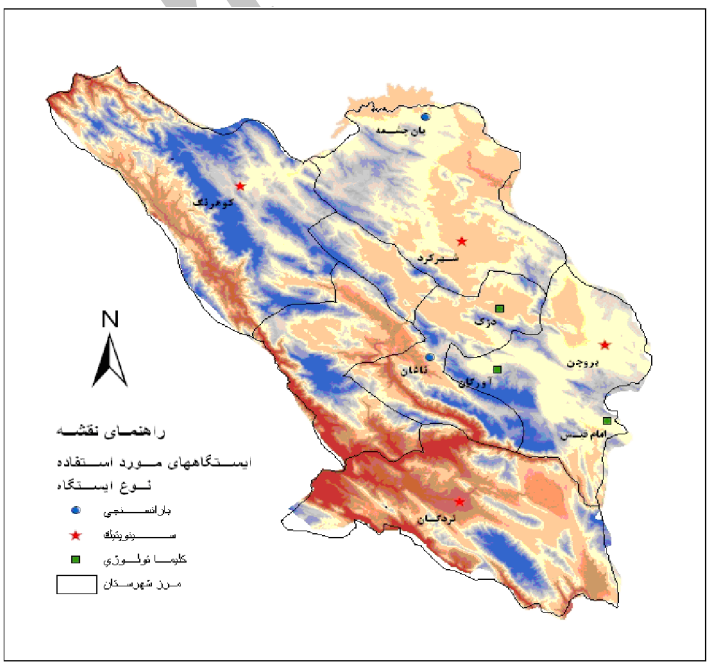
www.SID.ir

هنوز تا رسیدن به سطح مطلوب راه زیادی در پیش رو است. ذیلاً ضمن بررسی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان در خصوص عمر آماری این ایستگاه‌ها و نواقص موجود بحث شده است.

به منظور تعیین عناصر اقلیمی هرمنطقه می‌باید در طی دیدبانی‌هایی در ایستگاه‌های مختلف اعم از سینوپتیک، اقلیم شناسی، باران سنجی و غیره صورت گیرد و داده‌ها به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه یا سالانه و دوره‌ای ثبت گردد. در استان چهارمحال و بختیاری ایستگاه‌های سینوپتیک فعال موجود، ایستگاه‌های کوهرنگ، فرودگاه شهرکرد، لردگان، سامان و بروجن می‌باشد. با توجه به هدف اصلی این تحقیق، تنها آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتک شهرکرد مورد استفاده خواهد بود که در جدول(4) مشخصات کلی این ایستگاه و در شکل (2) موقعیت آن ارائه شده است. سال تأسیس ایستگاه شهرکرد 1956میلادی بوده است. اگرچه داده‌های حداکثر بارش 24 ساعته این ایستگاه در دوره آمار برداری موجود است ولی با توجه به بررسی انجام شده در این ایستگاهها، هیتوگراف رگبارها تنها در برخی سال‌ها به طور کامل و جود داشته و قابل دسترس بوده است. از ایستگاه سینوپتیک شهرکرد 18 سال داده هیتوگراف، بدست آمد.

جدول 2: طول دوره آمار باران‌نگاری ایستگاه سینوپتیک شهرکرد در استان چهارمحال و بختیاری

نام ایستگاه	موقعیت جغرافیائی UTM		ارتفاع از سطح دریا (متر)	تعداد سالهای دارای داده‌های بارانگاری
	طول (متر)	عرض (متر)		
شهرکرد	484913	3572887	2050	18 سال



شکل2: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک استان چهارمحال و بختیاری

www.SID.ir

داده‌های حداکثر بارش 24 ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف

با توجه به آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده، داده‌های مربوط به حداکثر بارش 24 ساعته ایستگاه مورد مطالعه جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفت. ایستگاه شهرکرد دارای طول دوره آماری مناسب و کافی بود، لذا نیاز به بازسازی آمار نمی‌باشد. با توجه به اهداف تحقیق، حداکثر بارش 24 ساعته ایستگاه مورد مطالعه با دوره‌های بازگشت مختلف مورد نیاز می‌باشد. برای محاسبه مقادیر حداکثر بارش 24 ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف، لازم است در ابتدای کار دقت توزیع‌های مختلف آماری برای ایستگاه مورد مطالعه، مورد ارزیابی قرار گیرد. در این ارتباط از نرم افزار ایزیفیت برای انتخاب بهترین توزیع برازش داده شده بر روی مقادیر حداکثر بارش 24 ساعته استفاده شد. ایزیفیت نرم افزاری است که قابلیت برازش و ارزیابی توزیع‌های مختلف آماری را بر روی داده‌های تصادفی، به راحتی و با سرعت بسیار بالا دارا می‌باشد. این نرم افزار توسط مؤسسه Mathwave Technologies و توسط Allan Mense و همکارانش طراحی گردید که به صورت رایگان از طریق سایت مؤسسه مربوطه قابل دستیابی است. در نهایت، توزیع برتر با استفاده از آزمون Chi-Squared (مربع کای) انتخاب شد و با توجه به توزیع انتخاب شده که برای ایستگاه شهرکرد گامبل تیپ 1 بود، مقادیر حداکثر بارش 24 ساعته به ازای دوره-های بازگشت 2، 5، 10، 25، 50 و 100 سال محاسبه شد. نتایج حاصله در جدول (3) ذکر شده است.

جدول3: حداکثر بارش 24 ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف

دوره بازگشت(سال) / شرح	2	5	10	25	50	100
حداکثر بارش 24 ساعته (میلیمتر)	39	58	71	87	99	111

مشخصات رگبارها

مشخصات رگبارهای ثبت شده در ایستگاه مورد مطالعه، از هیتوگراف‌های ثبت شده این ایستگاه قابل دستیابی است. بدین منظور، لازم است پردازشی بر روی هیتوگراف‌های ایستگاه سینوپتیک شهرکرد انجام گیرد. برای انجام این پردازش، ابتدا هیتوگراف‌ها اسکن شده و سپس با انجام بزرگنمائی فایل بدست آمده، در ساعات وقوع رگبار، میزان تجمعی بارش با فواصل زمانی نیم‌ساعته مشخص گردید. با وارد کردن این اطلاعات در محیط اکسل و تعیین حداکثر بارش‌های نیم تا شش ساعته، برای رگبارهای مختلف در هر سال، میزان حداکثر شدت بارش بدست آمد. با توجه به داده‌های بدست آمده، سعی شد با استفاده از توزیع آماری مناسب، حداکثر بارش کوتاه مدت به ازای دوره بازگشت مختلف بدست آید. با استفاده از نرم افزار ایزیفیت توزیع آماری گامبل به عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب شد و محاسبات لازم انجام گرفت که نتیجه در جدول(4) ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 4: مقادیر شدت - مدت - فراوانی ایستگاه سینوپتیک شهرکرد

تداوم (دقیقه) / دوره بازگشت	360	300	240	180	120	60
سال 2	9/3	3/4	7/4	3/5	3/6	9/8
سال 5	4/5	9/5	5/6	3/7	1/9	3/12
سال 10	4/6	9/6	6/7	6/8	9/10	6/14
سال 25	7/7	3/8	1/9	2/10	2/13	4/17
سال 50	6/8	2/9	1/10	4/11	9/14	5/19
100 سال	6/9	2/10	2/11	6/12	6/16	6/21

نتایج و بحث

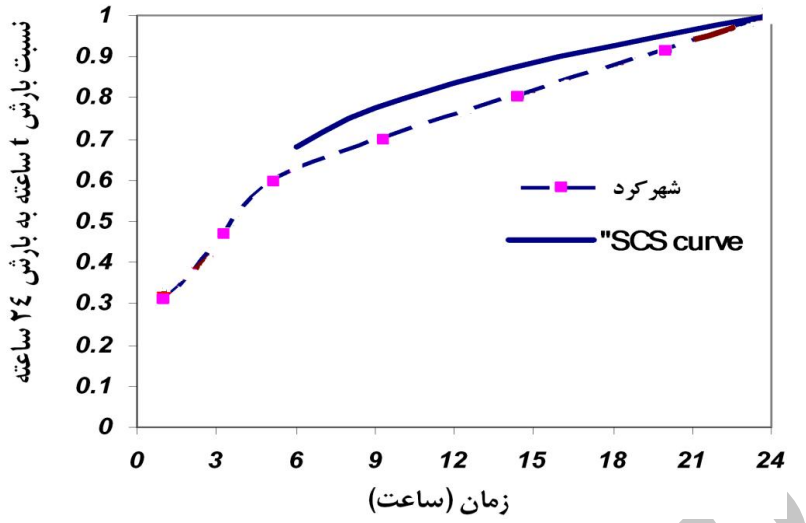
نسبت بارش‌های کوتاه مدت به بارش روزانه

همان گونه که گفته شد یکی از روش‌های تخمین بارش‌های کوتاه مدت، استفاده از نسبت‌های بارش کوتاه مدت به بارش روزانه است. بدین منظور از داده‌های هیتوگراف‌های ایستگاه مورد مطالعه استفاده شد و با تحلیل آنها، مقادیر این نسبت‌ها برای بارش‌های 1، 2، 3 و 6 ساعته به دست آمد که نتیجه در نمودار شکل(3) ارائه شده است.

در این شکل، منحنی مربوط به نسبت‌های SCS نیز برای مقایسه نشان داده شده است. در این نمودار مشخص می‌شود که نسبت بارش‌های کوتاه مدت به بارش‌های 24 ساعته ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی از نسبت‌های ارائه شده توسط SCS کمتر بوده است. بر این اساس در مورد تداوم 6 ساعته که در مورد حوضه‌های کوچک مورد استفاده می‌باشد و از این نظر حائز اهمیت بیشتری است، نسبت بدست آمده برای ایستگاه شهرکرد در مقایسه با مقدار ارائه شده توسط مؤسسه SCS تفاوت زیادی نداشته و تنها 4/7 درصد کمتر می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد نسبت‌های بدست آمده برای ایستگاه شهرکرد که در نواحی شرقی استان چهارمحال و بختیاری واقع است، هم خوانی زیادی با نسبت‌های ارائه شده توسط مؤسسه SCS دارد. لذا در مناطق شرقی استان استفاده از منحنیSCS دقت خوبی دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3: منحنی نسبت‌های بارش در ایستگاه شهرکرد در مقایسه با منحنی SCS

ارزیابی روش‌های برآورد شدت بارش‌های کوتاه مدت

به منظور استخراج مقادیر بارش‌های کوتاه مدت و استخراج اطلاعات لازم جهت ترسیم منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی می‌توان از هریک از دو روش پیشنهاد شده در این بررسی استفاده نمود. این دو روش عبارت است از روش نسبت‌ها و روش روابط منطقه‌ای. انتخاب روش برتر با انجام مقایسه نتایج این روش‌ها با مقادیر قابل اطمینان انجام می‌شود. در این ارتباط از نتایج آنالیز آماری انجام گرفته بر روی داده‌های رگبارهای ایستگاه شهرکرد (به عنوان تنها ایستگاه استان که دارای آمار باند مدت می‌باشد) استفاده شده و بهترین راه، برای انتخاب روش برتر می‌باشد.

آنالیز آماری با کاربرد توزیع آماری گامبل انجام می‌شود. در جدول(5) نتایج بدست آمده از روش‌های تجربی و همچنین روش استفاده از توزیع آماری (گامبل) مربوط به ایستگاه شهرکرد، ارائه شده است. ملاحظه می‌شود روش نسبت‌ها در مجموع دارای خطای 8/19 درصد و روش رابطه منطقه‌ای دارای خطای 9/38 درصد است. همچنین در نمودار شکل(4) مقادیر محاسبه شده با دو روش منطقه‌ای و نسبت‌ها با جواب‌های بدست آمده از روش توزیع آماری مقایسه شده که ملاحظه می‌شود، روش رابطه منطقه‌ای، دارای ضریب همبستگی بالاتری است. هرچند ضریب رابطه خطی برای روش نسبت‌ها کمتر است. این نتیجه از یک طرف حاکی از رابطه قوی‌تر بین نتایج دو روش رابطه منطقه ای و توزیع آماری است و از طرف دیگر نشانگر خطای کمتر روش نسبت‌ها است. لذا روش نسبت‌ها در عین سادگی این قابلیت را دارد که برای توسعه منحنی شدت-مدت-فراوانی مورد استفاده قرار گیرد.

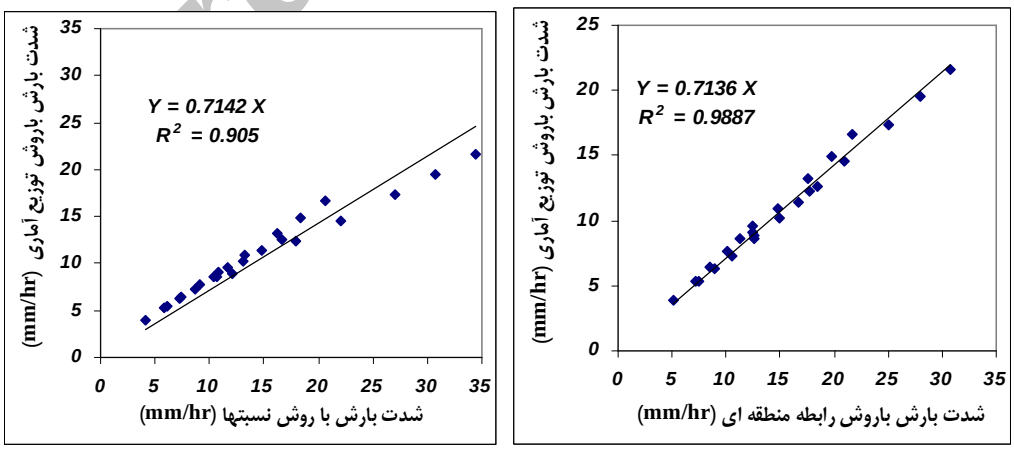
از سوی دیگر با توجه به اعتبار جهانی روابط بل (Bell, 1969) و روابط ارائه شده توسط قهرمان و آبخضر در سال 1383و اینکه روابط منطقه‌ای این قابلیت را دارند که برای محدوده وسیعی تعمیم داده شوند، به نظر می‌رسد با اعمال ضریب اصلاحی بدست آمده از داده‌های ایستگاه شهرکرد (یعنی ضریب0,7136)، بتوان این روابط را برای مناطق شرقی استان چهارمحال و بختیاری به صورت کالیبره شده استفاده نمود. در این صورت با این روابط، مقادیر شدت - مدت فراوانی رگبارها برای ایستگاه شهرکرد با خطای مطلق 4 درصد بدست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 5: مقایسه شدت بارش کوتاه مدت برآورد شده با روش‌های مختلف در ایستگاه سینوپتیک شهرکرد

تداوم بارش	دوره برگشت (سال)	شدت بارشهای کوتاه مدت (میلیمتر بر ساعت) روش توزیع آماری	روش منطقه‌ای	روش نسبت‌ها	خطای برآورد روش منطقه ای	خطای برآورد روش نسبت‌ها
1ساعته	2	9/8	6/12	1/12	%6/41	%3/25
	5	3/12	7/17	18	%9/43	%1/32
	10	6/14	21	22	%8/43	%3/35
	25	4/17	25	27	%7/43	%3/38
	50	5/19	9/27	7/30	%1/43	%1/40
	100	6/21	8/30	4/34	%6/42	%6/41
2 ساعته	2	3/6	9/8	3/7	%3/41	%7/10
	5	1/9	5/12	8/10	%4/37	%5/13
	10	9/10	8/14	2/13	%8/35	%6/15
	25	2/13	6/17	2/16	%3/33	%9/16
	50	9/14	7/19	4/18	%2/32	%8/17
	100	6/16	7/21	6/20	%7/30	%6/18
3 ساعته	2	3/5	5/7	8/5	%5/41	%2/7
	5	3/7	6/10	7/8	%2/45	%1/13
	10	6/8	6/12	6/10	%5/46	%2/16
	25	2/10	15	13	%1/47	%9/18
	50	4/11	7/16	8/14	%5/46	%6/20
	100	6/12	5/18	6/16	%8/46	%8/21
6ساعته	2	9/3	1/5	1/4	%8/30	%8/3
	5	4/5	2/7	1/6	%3/33	%6/9
	10	4/6	5/8	5/7	%8/32	%4/12
	25	7/7	1/10	1/9	%2/31	%2/14
	50	6/8	3/11	4/10	%4/31	%9/15
	100	6/9	5/12	7/11	%2/30	%4/16
		میانگین خطای مطلق			%9/38	%8/19



شکل 4: مقایسه بارش‌های کوتاه مدت برآورد شده توسط معادلات منطقه‌ای و روش نسبت‌ها با تحلیل داده‌های موجود در ایستگاه شهرکرد

Archive of SID

www.SID.ir

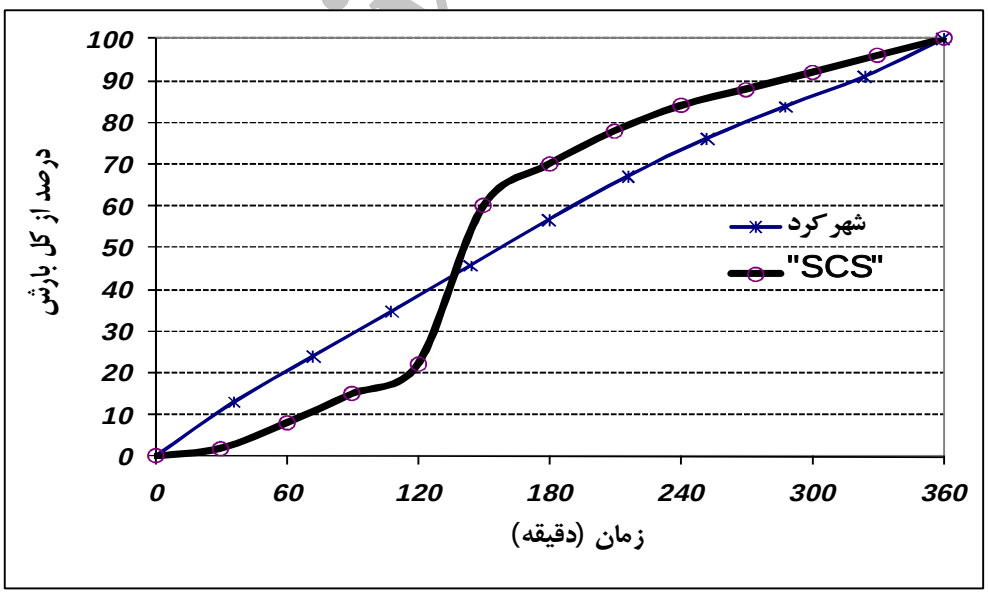
همچنین روابط دیگر از جمله رابطه‌های (2) و (3) برای ایستگاه شهرکرد بکار رفت که رابطه (2) کارائی مناسبی نداشت ولی رابطه (3) به شرح زیر با دقت بالا بدست آمد:

$$I_{D,T} = \frac{6.746 + 3.434LnT}{(D + 0.049)^{0.472}} \qquad R^2 = 0.98 \qquad (9)$$

که در آن: $I_{D,T}$ شدت رگبار با تداوم D ساعت و دوره بازگشت T سال (بر حسب میلیمتر بر ساعت) می‌باشد.

بررسی توزیع زمانی بارش 6 ساعته

در حوضه‌های کوچک فاقد آمار، برای برآورد سیلاب به روش SCS نیاز به توزیع زمانی بارش 6 ساعته می‌باشد. اگرچه این توزیع توسط SCS به صورت منحنی و جدول، ارائه شده ولی برای اطمینان از کارائی آن برای منطقه مورد مطالعه، نیاز است از قبل بررسی لازم انجام پذیرد. در این تحقیق با توجه به هیتوگراف‌های ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک شهرکرد، توزیع زمانی بارش‌های 6 ساعته بدست آمد که نتیجه در شکل(5) ارائه شده است. در این شکل منحنی توزیع بارش 6 ساعته پیشنهادی SCS نیز در کنار منحنی ایستگاه شهرکرد نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود متوسط اختلاف داده‌های ایستگاه شهرکرد با داده‌های SCS معادل 64/3 درصد می باشد. این نتیجه حاکی از آن است که نمی‌توان از توزیع زمانی بارش 6 ساعته پیشنهاد شده توسط SCS در منطقه شهرکرد استفاده کرد. در این ارتباط می‌توان از نمودار ارائه شده در شکل(5) استفاده کرد.



شکل5: توزیع زمانی بارش‌های 6 ساعته ایستگاه‌های طرح

www.SID.ir

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد، نسبت‌های استخراج شده از منحنی‌های SCS و روابط منطقه ای، موجب برآورد دست بالا می‌گردند. با توجه به سادگی استفاده از روش نسبت‌ها می‌توان پس از استخراج نسبت‌های پیشنهادیSCS برای منطقه مورد نظر از این روش به عنوان روشی قابل قبول استفاده نمود. همچنین نتایج نشان داد، با اعمال ضریب اصلاحی 0/7136 در روابط قهرمان آبخضر، مقادیر شدت-مدت فراوانی رگبارها را برای منطقه شهرکرد با خطای مطلق 4 درصد بدست آورد. هم چنین در این مقاله، رابطه لگاریتمی برای محاسبه مقادیر شدت-مدت-فراوانی رگبارهای ایستگاه شهرکرد به عنوان مناسب ترین رابطه انتخاب شد و ضرایب معادله بدست آمد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری که با حمایت مالی امکان انجام این تحقیق را به وجود آوردند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- **قهرمان، ب.** (1375). رابطه به روز شده شدت-مدت-تناوب بارندگی در ایران با استفاده از باران یک ساعته ده ساله. مجله دانش کشاورزی 6 : 13-30 .

- **قهرمان، ب و آبخضر، ح.** (1383). اصلاح روابط شدت- مدت – تناوب بارندگی در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (2)8: 1-13 .

- **قهرمان، ب و سپاسخواه، ر.** (1369). تخمین باران یکساعته ده ساله برای تعیین روابط شدت- مدت – تناوب بارندگی در ایران مجموعه مقالات سومین کنگره بین المللی راه و ساختمان ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز 5: 35-53 .

- **مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد، (1388).** پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز از دیدگاه هواشناسی در استان چهارمحال و بختیاری، گزارش طرح تحقیقاتی شماره 85B1T4P26(HYD)، حمل و نقل وزارت راه و ترابری.

- **وزیری،ف.** (1371). تعیین روابط منطقه ای بارندگی‌های کوتاه مدت در ایران. دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

- **Bell, F.C. (1969).** Generalized rainfall depth- duration-frequency relationships. J. Hydraulic Div., ASCE 95(1), pp.311-327.

- **Berhanu, Sh. (2008).** Rainfall Intensity Intensity-Duration Duration-Frequency Analysis for Selected Parts of Eastern Oromia, Nile Regional Workshop, Addis Ababa, Ethiopia.

- **Bobee, B. and Ashkar, F. (1991).** The Gamma Family and Derived Distribution Applied Hydrology. Water Resource Pub. Littleton, Colorado, USA.

Archive of SID

www.SID.ir

- **Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988).** Applied Hydrology, McGraw-Hill.

- **Ghahreman, B. (1995).** A general dimentionless rainfall depth-duration-frequency relationship. Iran Agric. Res. 14, pp.217-235.

- **Nhat, L. M., Tachikawa, Y., Seyama, T. and Takada, K. (2007).** A simple scaling characteristic of rainfall in time and space to derive intensity duration frequency relationship. Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE. Vl.5; pp.73-87.

- **Raiford, J.P. (2004).** Rainfall depth-duration-frequency relationships for NC, SC, and GA. Master Thesis, Clemson University, Clemson, SC, pp. 213.

- **Raiford, J. P., Aziz, N. M., Khan, A. A. and Powell, D. N. (2007).** Rainfall Depth-Duration-Frequency Relationships for South Carolina, North Carolina, and Georgia. American Journal of Environmental Sciences 3 (2), pp.78-84.

- **Young, C.B. and McEnroe B.M. (2002).** Precipitation frequency estimates for the Kansas City metropolitan area. Sponsored by Kansas City Metro Chapter of American Public Works Association, University of Kansas.

Archive of SID

www.SID.ir