

## Technical Note

Derivation of Depth- Area- Duration Curves  
for Estimating Areal Probable Maximum  
Precipitation in Fars ProvinceZ. Jahandideh<sup>1</sup>, B. Bakhtiari<sup>2\*</sup> and K. Qaderi<sup>3</sup>

## Abstract

Probable Maximum Precipitation is the greatest depth of precipitation for certain duration. This study aimed derivation of Depth-Area-Duration (DAD) curves in Fars province for estimating 24-h Probable Maximum Precipitation ( $PMP_{24}$ ) using two Hershfield statistical approaches and estimating the suitable frequency factor ( $k_m$ ). For these purposes the maximum 24-hour precipitation data ( $(P_{24})_{max}$ ) with a period of 12-61 years were obtained for 52 stations with long-term data. The  $k_m$  values in the first and second approaches were estimated between 15.3 to 18.4 and 1.6 to 6.8, respectively. Also the corresponding  $PMP_{24}$  were between 280 to 850 and 112 to 380 mm respectively for the two approaches. The  $PMP_{24}$  values were estimated of 50 and 100 year return periods 714 and 771 mm, respectively. Results showed that the  $k_m$  values for the second approach are 75% lower than the  $k_m$  for the first approach. The ratios of  $PMP_{24}$  to  $(P_{24})_{max}$  were obtained in the range of 2.6 to 7.4 and 1.4 to 2.7 respectively for the first and second approaches. Therefore, the second approach is more reliable. Also, the isohyet maps were drawn for  $PMP$  for the two approaches over the study area using DEM in GIS. DAD and area reduction curves were determined for each approach. Using these curves it is possible to convert point  $PMP_{24}$  values to areal values in the Fars province.

**Keywords:** Probable maximum precipitation (PMP), Hershfield method, Area reduction curve, Frequency factor, Fars province.

Received: May 21, 2016

Accepted: July 14, 2016

## یادداشت فنی

استخراج منحنی‌های عمق- مساحت- تداوم به‌منظور  
برآورد حداکثر بارش محتمل منطقه‌ای در استان فارسزهرا جهان‌دیده<sup>۱</sup>، بهرام بختیاری<sup>۲\*</sup> و کوروش قادری<sup>۳</sup>

## چکیده

حداکثر بارش محتمل بزرگ‌ترین عمق بارش در یک تداوم معین و ممکن است. در این مطالعه، استخراج منحنی‌های عمق- مساحت- تداوم (DAD) جهت برآورد حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته ( $PMP_{24}$ ) با استفاده از دو نگرش آماری هرشفیلد و برآورد عامل فراوانی ( $k_m$ ) مناسب در استان فارس مدنظر می‌باشد. به‌این‌منظور از داده‌های حداکثر باران ۲۴ ساعته ( $(P_{24})_{max}$ ) با دوره آماری ۱۲ تا ۶۱ ساله ۵۲ ایستگاه واجد آمار طولانی‌مدت واقع در این استان استفاده گردید. مقادیر  $k_m$  در نگرش اول و دوم به‌ترتیب، در محدوده ۱۵/۳-۱۸/۴ و ۱/۶-۶/۸ و  $PMP_{24}$  متناظر در محدوده ۲۸۰-۸۵۰ و ۲۸۰-۳۸۰ میلی‌متر برآورد شدند. مقادیر  $PMP_{24}$  با دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ سال به‌ترتیب ۷۱۴ و ۷۷۱ میلی‌متر محاسبه گردید. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۷۵ درصدی  $k_m$  نگرش دوم نسبت به نگرش اول در منطقه مطالعاتی می‌باشد. نسبت  $PMP_{24}$  به  $(P_{24})_{max}$  در نگرش اول و دوم به‌ترتیب ۲/۶-۷/۴ و ۱/۴-۲/۷ به‌دست آمد. لذا اطمینان‌پذیری نگرش دوم نسبت به نگرش اول بیشتر می‌باشد. همچنین نقشه‌های هم‌مقدار  $PMP_{24}$  در منطقه مطالعاتی برای دو نگرش با استفاده از مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 10.3 ترسیم و منحنی‌های DAD و کاهش سطح هریک از نگرش‌ها تعیین شدند. کاربرد این منحنی‌ها تبدیل  $PMP_{24}$  نقطه‌ای به منطقه‌ای را در استان فارس امکان‌پذیر می‌سازد.

**کلمات کلیدی:** حداکثر بارش محتمل (PMP)، روش آماری، منحنی کاهش سطح، عامل فراوانی، استان فارس.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۳/۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۲۴

1- M. Sc. student in Water Resource Engineering, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2- Assist Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: drbakhtiari@uk.ac.ir.

3- Associate Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ کرمان؛ ایران

۲- استادیار بخش مهندسی آب؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ کرمان؛ ایران

۳- دانشیار بخش مهندسی آب؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ کرمان؛ ایران

\*- نویسنده مسئول  
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پاییز ۱۳۹۶ امکان‌پذیر است.

## ۱- مقدمه

با توجه به اینکه در مطالعات گذشته برآورد *PMP* بصورت نقطه‌ای انجام شده و اثر گرادیان بارش و منحنی‌های کاهش سطح در آن لحاظ نشده است. هدف مطالعه حاضر بررسی توزیع مکانی بارش، ترسیم منحنی‌های *DAD*، استخراج منحنی‌های کاهش سطح و برآورد منطقه‌ای حداکثر بارش محتمل در ایستگاه‌های باران-سنجی و سینوپتیک منطقه مطالعاتی تعریف شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مطالعاتی و داده‌ها

استان فارس با مساحت ۱۲۲۶۰۸ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی  $50^{\circ}36'$  تا  $55^{\circ}35'$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $27^{\circ}03'$  تا  $31^{\circ}40'$  شمالی واقع شده است. استان فارس بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته به پنج ناحیه اقلیمی خشک معتدل، نیمه‌خشک معتدل، خشک سردسیر، نیمه‌خشک سردسیر و خشک گرمسیر طبقه‌بندی می‌شود. در این مطالعه از داده‌های ۵۲ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی اخذ شده از اداره کل هواشناسی استان فارس و شرکت آب منطقه‌ای استان فارس استفاده شد. در جدول ۱ مشخصات جغرافیایی و در شکل ۱ محدوده منطقه مطالعاتی و محل ایستگاه‌های منتخب آورده شده است.

### ۲-۲- روش‌ها

هرشفیلد بر مبنای وجود سری سالانه داده‌های بارش با تداوم مورد نظر در نقاط مشاهده‌ای روشی را جهت برآورد *PMP* ارائه کرد (Hershfield, 1961; Hershfield, 1965). اساس آن معادله عمومی تناوب ارائه شده توسط Chow (1951) می‌باشد و به صورت معادله ۱ تعریف می‌شود.

$$x_t = \bar{x}_n + k_t \sigma_n \quad (1)$$

که در آن  $x_t$  حداکثر بارش سالانه با دوره بازگشت  $t$  سال،  $\bar{x}_n$  متوسط بارش سالانه،  $\sigma_n$  انحراف معیار برای بارش‌های سالانه و  $k_t$  عامل فراوانی متناظر با دوره بازگشت سال است.

هرشفیلد به این نتیجه رسید که در برآورد *PMP* از یک عامل فراوانی نباید تخطی کرد، بنابراین  $k_t$  را با  $k_m$  جایگزین کرد و به دنبال آن  $x_t$  نیز با *PMP* تعویض می‌شود، لذا معادله فوق به صورت معادله (۲) بازنویسی می‌شود.

$$PMP = \bar{x} + k_m \sigma_n \quad (2)$$

بارش در بین عناصر اقلیمی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Ros et al., 2008) به گونه‌ای که یکی از مسائل مهم در طراحی سازه‌های آبی برآورد حداکثر بارش محتمل (*PMP*) است. *PMP* به عنوان داده ورودی اولیه برای محاسبات سیلاب طراحی که اساس طراحی سازه‌های آبی است، دارای اهمیت می‌باشد (Ros et al., 2008). *PMP* برابر بیشترین ارتفاع بارشی است که امکان رخداد آن از نظر فیزیکی در یک محدوده جغرافیایی و در یک زمان معین از سال وجود داشته باشد (WMO, 2009). به منظور برآورد منطقه‌ای *PMP* و کسب آگاهی از تغییرات مکانی بارش، روابط عمق-سطح-تداوم (*DAD*) بررسی می‌شوند. منظور از بررسی *DAD* ترتیب دادن اطلاعاتی است که به سهولت بتوان به حداکثر مقدار بارش در بخشی یا تمامی حوضه آبخیز در مدت زمان‌های مختلف بارش رگبار دست یافت. با استفاده از منحنی‌های عمق-مساحت-تداوم و تجزیه بارندگی به ازای سطوح مختلف حوضه، مقدار بیشینه بارندگی در پایه‌های زمانی متفاوت تعیین می‌گردد. بر اساس منحنی‌ها یا روابط *DAD* می‌توان میانگین بیشینه بارندگی را برای هر سطحی از حوضه که فاقد ایستگاه باشد به دست آورد (Ghafourian and Telvari, 2010). تاکنون برای مناطقی از ایران و سایر نقاط دنیا محاسبات حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته صورت گرفته است. مقادیر  $k_m$  برای تعدادی از نمونه‌های اقلیمی ایران تصحیح گردید و تأثیر طول دوره آماری بر فاکتور فراوانی بررسی شد (Bakhtiari, 1999). از جمله دیگر مطالعات می‌توان به برآورد حداکثر بارش محتمل به روش آماری در استان فارس (Parsamehr et al., 2014; Mansouri and Boostani, 2010; Mazidi and Omidi, 2011)، استخراج منحنی‌های *DAD* به منظور محاسبه *PMP* در حوضه‌ای در کشور هلند (Kingpaiboon and Netwang) و حوضه آبی‌چای (Azizi and Hanafi, 2011)، اشاره کرد. (Desa et al. (2001) و (Desa and Rakhecha (2007) روش هرشفیلد را بر اساس حداکثر بارش مشاهده شده مورد تجدید نظر قرار دادند که این کار منجر به کاهش شدیدی در ضریب فراوانی گردید و در مطالعه حاضر از این روش تحت عنوان نگرش دوم یاد می‌شود. (Ghahraman (2008) نگرش تجدید نظر یافته هرشفیلد را برای حوضه اترک و (Afzali Gorouh et al. (2015) برای حوضه قره‌سو در استان گلستان و (Paymozd et al. (2005) آن را برای حوضه‌هایی در شرق استان هرمزگان به کار برده‌اند و نگرش دوم را پیشنهاد کردند.

Table 1- Geographical characteristics of selected stations for PMP calculation in Fars province

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب جهت محاسبه PMP در استان فارس

Station type	Station	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude from sea level (m)	Length of record (year)
Synoptic	Shiraz	29°32'	52°36'	1484	61
	Fasa	28°58'	53°41'	1288	50
	Abadeh	31°11'	52°40'	2030	40
	Zarghan	29°47'	52°43'	1596	34
	Dorudzan	30°11'	52°17'	1650	29
	Lar	27°42'	54°17'	792	27
	Eghlid	30°54'	52°38'	2300	23
	Darab	28°47'	54°17'	1098	22
	Lamerd	27°22'	53°12'	405	22
	Neyriz	29°12'	54°20'	1632	17
	Bavanat	30°28'	53°40'	2231	14
	Takhte Jamshid	29°56'	52°54'	1605	14
	Jahrom	28°29'	53°32'	1082	12
Raingauge	Abadeh tashk	29°48'	53°43'	1604	42
	Ahmadabad	30°23'	52°41'	2233	48
	Arsenjan	29°55'	53°19'	1648	42
	Estahban	29°07'	54°04'	1755	28
	Emamzade	30°19'	52°35'	1842	29
	Poltalkh	29°27'	53°25'	1592	26
	Jamalbeig	30°36'	51°57'	2010	46
	Jahanabad	29°42'	53°51'	1577	44
	Chamriz	30°47'	52°10'	1840	45
	Chubkhale	30°32'	51°53'	2056	42
	Hosseinabad	29°57'	52°21'	1695	41
	Kharama	29°29'	53°19'	1597	23
	Khosroshirin	30°54'	52°00'	2340	27
	Khelar	29°57'	52°14'	2078	22
	Dorudzan	30°21'	52°44'	1662	31
	Dezhkord	30°43'	51°57'	2107	22
	Dashtbal	30°00'	52°58'	1673	45
	Dashtak	30°17'	52°28'	2031	30
	Doshmanziari	30°04'	52°22'	1615	22
	Dehbid	30°39'	53°11'	2312	42
	Dehkade sefid	30°42'	52°04'	2181	39
	Dubane	29°25'	52°46'	1490	41
	Sade	30°43'	52°09'	2192	25
	Sarvestan	29°16'	53°13'	1570	36
	Sahlabad	29°15'	53°53'	1518	27
	Shul	29°44'	52°48'	1620	22
	Edare markazi	29°37'	52°32'	1522	47
	Fenjan	30°23'	53°29'	2376	21
	Ghatre aghaj	30°43'	51°53'	2306	43
	Ghalat	29°50'	52°20'	1881	41
	Kaftar	30°31'	52°43'	2350	34
	Katuri	29°59'	53°21'	2003	42
	Komehr	30°27'	51°52'	2377	18
Garde Estahban	29°09'	53°52'	1698	21	
Goshnegan Maharlu	29°30'	52°52'	1450	24	
Madarsoleiman	30°19'	53°18'	1868	26	
Mehrabad	29°58'	52°42'	1616	42	
Neyriz	29°11'	54°20'	1657	36	
Haragan	29°06'	54°28'	1898	47	

همچنین نسبت  $PMP_{24}$  به حداکثر بارش ۲۴ ساعته ( $P_{24-max}$ ) به عنوان یک عامل مقایسه‌ای مستقل از شرایط اقلیمی برای نگرش اول ۲/۶ تا ۷/۴ و در نگرش دوم ۱/۴ تا ۲/۷ به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده در نگرش اول می‌توان گفت که این روش به مقدار نسبتاً زیادی از طول دوره آماری تأثیر می‌پذیرد. همچنین مقدار  $k_m$  در نگرش دوم نسبت به نگرش اول ۷۵٪ کاهش یافته است. لذا اطمینان‌پذیری نگرش دوم نسبت به نگرش اول برای محاسبه  $PMP$  بیشتر می‌باشد. حداکثر مقدار  $k_m$  در نگرش دوم ۶/۸ می‌باشد که می‌تواند به عنوان یک ضریب ناحیه‌ای در محاسبه  $PMP_{24}$  در سایر ایستگاه‌های منطقه مورد استفاده قرار گیرد (Desa et al. (2001) و (Desa and Rakhech (2007)). بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲ مقدار  $k_m$  و  $PMP_{24}$  در این نگرش تقریباً ۲۵ درصد مقادیر متناظر در نگرش اول هرشفیلد است و منطقی‌تر به نظر می‌آیند.

نسبت  $PMP_{24}$  به  $P_{24-max}$  به دست آمده در نگرش دوم با نتایج مطالعات (Desa et al. (2001)، (Desa and Rakhech (2007)، (Ghahraman (2008) و (Tajbakhsh and Gharaman (2009) همخوانی داشته و مقادیر  $k_m$  به دست آمده در نگرش اول هرشفیلد به مراتب کمتر است. این دامنه تغییرات ناشی از تفاوت در طول دوره آماری و وجود شرایط اقلیمی متفاوت در ایستگاه‌های مختلف به علت گستردگی منطقه می‌باشد. (Mansouri and Boostani (2010).  $k_m$  و  $PMP_{24}$  را با استفاده از داده‌های ۲۵ ساله بارش در استان فارس به ترتیب بین محدوده ۱۵/۳ تا ۱۸/۸ و ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر تخمین زدند. ممکن است طول دوره آماری کمتر در مطالعه (Mansouri and Boostani (2010) موجب این تفاوت شده باشد. با این وجود نسبت  $PMP_{24}$  به  $P_{24-max}$  مشاهده شده در پژوهش (Mansouri and Boostani (2010) بین ۲/۷۹ تا ۶/۴۵ بود که تا حد زیادی با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. همچنین جهت برآورد  $PMP_{24}$  از توزیع آماری گامبل استفاده گردید، که مقادیر آن در جدول ۳ ذکر شده است.

به منظور تحلیل توزیع مکانی  $PMP_{24}$  در دو نگرش هرشفیلد در سطح حوضه آبریز مطالعاتی، گرادیان بارندگی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به گرادیان بارندگی ضریب تبیین در نگرش اول و دوم به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۵ و ضریب همبستگی ۰/۳۶ و ۰/۳۸ به دست آمد. بر اساس درجه آزادی ۵۰، ضریب همبستگی در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ در جدول فیشر<sup>۴</sup> به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۲۷ بوده که نشان‌دهنده همبستگی معنی‌دار ارتفاع و  $PMP_{24}$  می‌باشد.

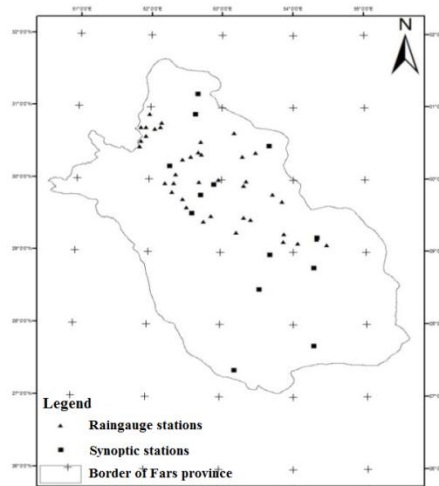


Fig. 1- Spatial distribution of rain gauge and synoptic stations in Fars province

### شکل ۱- پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک بر گستره استان فارس

(Desa et al. (2001 جهت برآورد  $PMP$  اقدام به تصحیح نگرش استاندارد هرشفیلد بر اساس رخداد واقعی بارش کردند که در مطالعه حاضر به عنوان نگرش دوم هرشفیلد در نظر گرفته می‌شود. در این نگرش ضریب  $k_m$  از معادله (۳) محاسبه می‌شود.

$$k_m = \frac{x_1 - \bar{x}_{n-1}}{\sigma_{n-1}} \quad (3)$$

که در آن  $x_1$  حداکثر داده مشاهده شده می‌باشد. سپس بین ایستگاه‌های یک منطقه حداکثر مقدار  $k_m$  استخراج شده و از آن برای محاسبه  $PMP_{24}$  کلیه ایستگاه‌ها (با استفاده از معادله ۲) استفاده می‌شود. در نهایت جهت محاسبه دوره بازگشت  $PMP_{24}$  ابتدا اقدام به بررسی توزیع‌های آماری در نرم افزار Easy fit گردید و بر اساس آزمون کای اسکور توزیع آماری گامبل (Eliasson, 1997) مورد استفاده قرار گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

برای اطمینان از صحت آماری داده‌ها آزمون توالی<sup>۳</sup> با استفاده از نرم‌افزار Minitab16 اجرا شد و نتایج آزمون نشان‌دهنده همگنی داده‌های مربوط به ایستگاه‌های مطالعاتی می‌باشند. برای برآورد  $PMP_{24}$ ، ۱۳ ایستگاه سینوپتیک و ۳۹ ایستگاه باران‌سنجی واجد آمار طولانی‌مدت در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت. در نگرش اول عامل فراوانی ( $k_m$ ) بین ۱۵/۳ تا ۱۸/۴ (جدول ۲) و  $PMP_{24}$  بین ۲۸۰ تا ۸۵۰ میلی‌متر به دست آمد. مقادیر  $k_m$  و  $PMP_{24}$  در نگرش دوم به ترتیب ۱/۶ تا ۶/۸ و ۱۱۲ تا ۳۸۰ میلی‌متر محاسبه گردید.

**Table 2- The value of PMP<sub>24</sub>, maximum 24hours precipitation, and frequency factor in Hershfield method for selected stations in Fars province**

جدول ۲- مقادیر PMP<sub>24</sub>، حداکثر بارش ۲۴ ساعته (P<sub>24</sub>)<sub>max</sub> و عامل فراوانی (k<sub>m</sub>) در روش هرشفیلد برای ایستگاه‌های منتخب استان فارس

Station	(P <sub>24</sub> ) <sub>max</sub> (mm)	(P̄ <sub>24</sub> ) <sub>max</sub> (mm)	Hershfields first approach			Hershfields second approach		
			k <sub>m</sub>	PMP <sub>24</sub> (mm)	PMP <sub>24</sub> (P <sub>24</sub> ) <sub>max</sub>	k <sub>m</sub>	PMP <sub>24</sub> (mm)	PMP <sub>24</sub> (P <sub>24</sub> ) <sub>max</sub>
Shiraz	99.0	45.00	17.5	384.8	3.89	3.6	190.6	1.93
Fasa	158.0	48.20	17.5	413.6	2.62	6.7	229.9	1.45
Abadeh	83.0	27.90	18.4	369.1	4.45	3.9	161.2	1.94
Zarghan	109.0	45.40	17.5	395.6	3.63	4.3	194.5	1.78
Dorudzan	113.2	58.50	16.9	426.8	3.77	3.5	211.7	1.87
Lar	91.5	35.00	18.0	477.3	5.22	3.2	202.1	2.21
Eghlid	104.0	46.60	17.5	481.7	4.63	3.4	216.7	2.08
Darab	77.0	42.10	17.7	387.3	5.03	2.7	166.3	2.16
Lamerd	76.0	36.40	17.9	426.1	5.61	2.7	176.6	2.30
Neyriz	69.0	31.40	18.3	397.6	5.76	2.9	160.9	2.33
Bavanat	61.0	38.00	17.8	434.7	7.13	1.7	160.9	2.64
Takhte Jamshid	70.0	44.20	17.5	518.1	7.40	1.6	191.7	2.74
Jahrom	69.9	40.90	17.7	492.8	7.05	2.0	180.3	2.58
Abadeh tashk	104.0	39.99	17.8	348.8	3.35	4.8	154.8	1.68
Ahmadabad	170.0	54.94	17.1	520.9	3.06	5.2	244.6	1.63
Arsenjan	134.5	50.13	17.4	487.7	3.63	4.3	211.9	1.78
Estahban	186.0	62.23	16.9	492.3	2.65	6.7	270.8	1.65
Emamzade	110.0	60.93	16.9	365.6	3.32	3.8	170.9	1.76
Poltalkh	66.0	30.25	18.3	305.4	4.63	3.3	120.3	2.06
Jamalbeig	100.0	52.83	17.3	409.3	4.09	2.9	174.2	1.97
Jahanabad	69.0	35.95	18.0	279.9	4.06	3.1	115.9	1.90
Chamriz	116.5	55.39	17.2	426.9	3.66	3.6	187.7	1.82
Chubkhale	145.0	77.45	16.2	548.0	3.78	3.0	246.6	1.92
Hosseinabad	75.0	48.38	17.7	311.5	4.15	2.3	132.4	1.99
Kharama	63.0	34.65	18.1	284.8	4.52	2.9	114.2	2.04
Khosroshirin	101.0	46.69	17.5	469.1	4.64	3.1	188.2	2.11
Khelar	109.0	66.32	16.7	519.9	4.77	2.2	213.1	2.21
Dorudzan	95.0	54.94	17.2	386.3	4.07	2.8	166.9	1.99
Dezhkord	133.0	69.11	16.6	677.3	5.09	2.5	272.7	2.32
Dashtbal	114.0	48.59	17.5	357.1	3.13	4.7	165.2	1.64
Dashtak	102.0	55.12	17.2	488.4	4.79	2.5	195.7	2.17
Doshmanziari	95.0	52.82	17.3	406.8	4.28	2.9	171.0	2.03
Dehbid	70.0	32.82	18.2	339.6	4.85	2.8	131.03	2.12
Dehkade sefid	119.0	53.54	17.2	502.8	4.23	3.3	209.09	1.99
Dubane	114.0	51.79	17.3	435.3	3.82	3.6	186.9	1.85
Sade	126.5	56.30	17.1	500.5	3.96	3.8	219.0	1.96
Sarvestan	114.0	37.72	17.9	324.3	2.84	6.2	160.0	1.59
Sahlabad	77.0	32.78	18.2	302.8	3.93	4.1	128.4	1.88
Shul	94.0	59.89	16.9	497.9	5.30	1.9	195.4	2.35
Edare markazi	142.0	47.43	17.5	353.1	2.49	6.8	182.6	1.45
Fenjan	82.0	46.24	17.6	451.5	5.51	2.2	170.9	2.35
Ghatre aghaj	117.0	67.45	16.6	480.6	4.11	2.6	208.9	2.02
Ghalat	129.5	63.79	16.8	494.1	3.82	3.3	216.6	1.89
Kaftar	118.0	65.78	16.7	493.9	4.19	2.7	213.2	2.04
Katuri	100.0	50.82	17.4	464.9	4.65	2.7	187.9	2.12
Komehr	196.0	102.50	15.3	856.7	4.37	2.8	382.1	2.20
Garde Estahban	120.0	63.98	16.8	667.4	5.56	2.2	258.6	2.43
Goshnegan Maharlu	61.0	36.90	18.0	282.9	4.46	2.5	112.5	2.08
Madarsoleiman	90.0	48.06	17.5	427.5	4.75	2.7	170.8	2.14
Mehrabad	97.7	41.93	17.8	366.1	3.75	3.9	155.8	1.80
Neyriz	145.5	40.16	17.8	423.6	2.91	6.4	207.4	1.61
Haragan	166.0	51.40	17.3	564.6	3.40	4.8	251.2	1.71

**Table 3- PMP<sub>24</sub> values in different return period in Fars province**  
**جدول ۳- مقدار PMP<sub>24</sub> (میلی متر) با دوره بازگشت‌های مختلف در استان فارس**

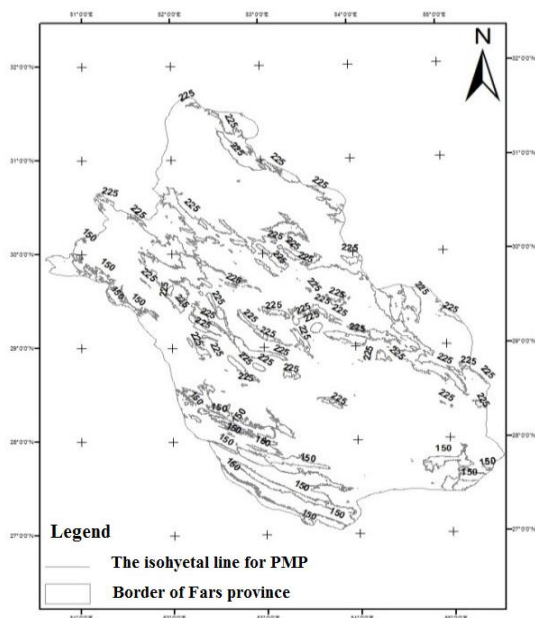
Return period (year)									
10	25	50	100	200	400	500	600	1000	10000
578.4	656.5	714.1	771.6	829.2	886.8	904.1	919.7	961.6	1150.8

دو نگرش هرشفیلد نشان می‌دهد. شکل ۶ تغییرات فاحش مقادیر PMP حاصل از اعمال ضریب کاهش سطح در نگرش دوم را نشان می‌دهد. کاربرد ضریب تعدیل کاهش سطح بر روی نگرش تجدیدنظر شده هرشفیلد (نگرش دوم) نوعی اقدام مدیریتی و پیشگیرانه در کاهش هزینه‌های حاصل از ساخت سازه‌های هیدرولیکی به نظر می‌رسد.

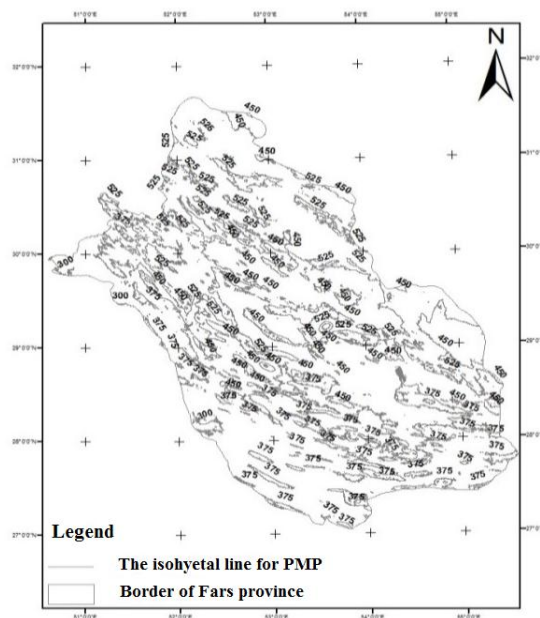
#### ۴- نتیجه‌گیری

سیلاب طراحی بر اساس حداکثر سیل محتمل (PMF) منتج از حداکثر بارش محتمل (PMP) محاسبه می‌شود. در مطالعه حاضر ابتدا اقدام به برآورد حداکثر بارش محتمل با تداوم ۲۴ ساعته با استفاده از داده‌های ۵۲ ایستگاه موجود در گستره استان فارس گردید. همچنین تصحیح عامل فراوانی بر اساس نگرش دوم در منطقه مطالعاتی، مقدار ۶/۸ را به عنوان یک ضریب ناحیه‌ای ارائه کرد.

لذا به دلیل همبستگی PMP<sub>24</sub> و ارتفاع، از نقشه DEM استان برای ترسیم منحنی‌های هم‌مقدار PMP<sub>24</sub> با فواصل ۷۵ میلی‌متر استفاده شد. شکل‌های ۲ و ۳ نقشه‌های هم‌مقدار PMP<sub>24</sub> را با دو نگرش هرشفیلد در استان فارس نشان می‌دهد. براساس نقشه‌های هم‌مقدار PMP<sub>24</sub> بیش‌ترین مقدار بارش در مناطق شمالی استان، نواحی سردسیر، اتفاق افتاده و میزان بارش از شمال به جنوب استان کاهش یافته است. با توجه به این که روش هرشفیلد بر مبنای داده‌های بارش ایستگاهی گسترش یافته و این میزان بارش با افزایش سطح منطقه کاهش می‌یابد، لذا جهت تعمیم بارش نقطه‌ای به سطح منطقه، از منحنی‌های کاهش سطح<sup>۵</sup> استفاده می‌شود (Ministry of Energy, 2013). جهت دستیابی به منحنی‌های کاهش سطح ابتدا اقدام به ترسیم منحنی‌های عمق-پهنه-تداوم (DAD) گردید و سپس درصد نقطه‌ای PMP محاسبه گردید. شکل ۴ منحنی DAD منطقه را با دو نگرش آماری هرشفیلد نشان می‌دهد. منحنی‌های DAD کاهش میزان بارندگی را با افزایش مساحت نشان می‌دهند. شکل ۵ منحنی‌های کاهش سطح را برای



**Fig. 3- The isohyetal map for PMP<sub>24</sub> using second approach of Hershfield method in the study area**  
**شکل ۳- نقشه هم‌مقدار PMP<sub>24</sub> (میلی متر) با نگرش دوم هرشفیلد در منطقه مطالعاتی**



**Fig. 2- The isohyetal map for by using first approach of Hershfield method in the study area**  
**شکل ۲- نقشه هم‌مقدار PMP<sub>24</sub> (میلی متر) با نگرش اول هرشفیلد در منطقه مطالعاتی**

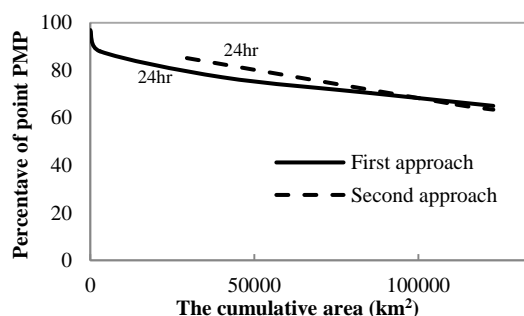


Fig. 5- Area reduction curves in Fars province for different approaches of Hershfield method

شکل ۵- منحنی کاهش سطح برای نگرش اول و دوم هرشفیلد در استان فارس

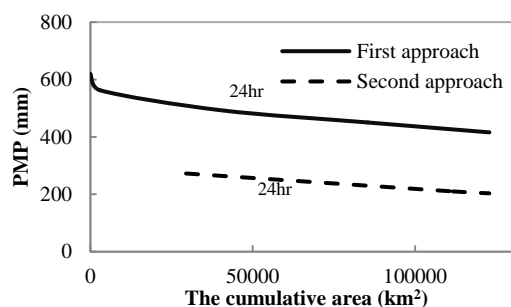


Fig. 4- DAD curves in Fars province for different approaches of Hershfield method

شکل ۴- منحنی DAD برای نگرش اول و دوم هرشفیلد در استان فارس

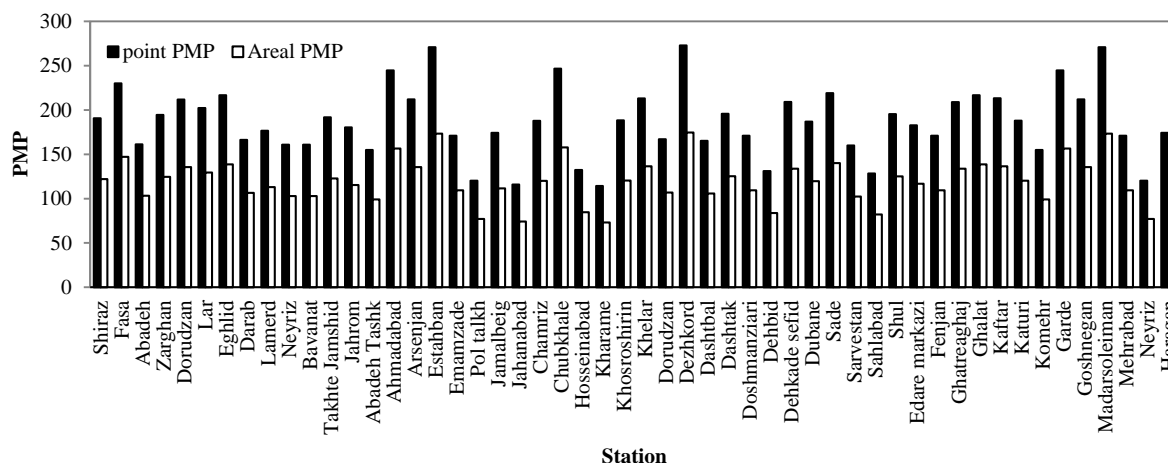


Fig. 6- Comparison of point and areal PMP in Fars province

شکل ۶- مقایسه حداکثر بارش محتمل نقطه‌ای و منطقه‌ای در استان فارس

#### بی‌نوشت‌ها

- 1- Probable Maximum Precipitation
- 2- Depth- Area- Duration
- 3- Run Test
- 4- Fisher
- 5- Area Reduction Curves

#### ۵- مراجع

Afzali Gorouh Z, Bakhtiari B, Qaderi K (2015) Estimation of probable maximum precipitation for 24 h duration using Hershfield method over Ghare-Soo basin. The 1<sup>st</sup> National Congress on Iran Irrigation & Drainage, 12-13 May, Mashhad, Iran (In Persian)

Afzali Gorouh Z (2016) Comparison of probable maximum precipitation (PMP) calculation using

هم‌چنین جهت برآورد  $PMP_{24}$  از توزیع آماری گامبل استفاده گردید. به طور کلی نتایج نشان داد که عامل فراوانی به طور متوسط در ایستگاه‌های خشک سردسیر،  $2/8$ ، نیمه‌خشک سردسیر،  $3/1$ ، نیمه‌خشک گرمسیر،  $2/7$ ، خشک معتدل،  $3/5$  و نیمه‌خشک معتدل،  $3/6$  می‌باشد. بنابراین نگرش دوم به سبب کاهش محسوس (۷۵٪) عامل فراوانی به عنوان نگرش بهتر و باثبات‌تر برای محاسبه حداکثر بارش محتمل پیشنهاد می‌شود. سپس با اعمال ضریب تعدیل کاهش سطح در این نگرش مقادیر  $PMP$  به میزان ۳۷ درصد کاهش یافت. پیشنهاد می‌گردد که برآورد  $PMP$  به صورت سینوپتیکی نیز در استان فارس صورت گیرد و با مقادیر محاسباتی این پژوهش مقایسه گردد.



- Mansoori M, Boostani F (2010) Statistical estimates of probable maximum precipitation for 24-h duration for Fars province. 2<sup>nd</sup> National Conference on Water, 10 March, Behbahan, Iran, 83-92 (In Persian)
- Mazidi A, Omid Z (2011) Estimation of probable maximum precipitation for 24 h duration using ordinary momentum and Hershfield methods in Fars province. 4<sup>th</sup> Conference on Water Resource Management, 2-3 May, Tehran, Iran (In Persian)
- Mazidi A, Torki M, Jafari M, Bisheh H (2012) Statistical estimates of probable maximum precipitation for 24-h duration according to correction Hershfield coefficient for Yazd province. The 1<sup>st</sup> National Conference on Desert, 16-17 June, Tehran, Iran (In Persian)
- Ministry of Energy (2013) Manual on estimation of probable maximum precipitation (PMP) and depth-area- duration curves (DAD). No. 403, A: 222 p
- Parsamehr AH, Khosravani Z, Esteki A, Nasimi N (2014) Estimate of probable maximum precipitation using statistical method (Hershfield) (Case study: Barashlou catchments). The 6<sup>th</sup> National Conference on Watershed and Soil and Water Resources Management, 2 February, Kerman, Iran (In Persian)
- Paymoud S, Morid S, Ghaemi H (2005) Estimation of PMP in data scarcity situation: A case study, east of Hormozgan province (Iran). [Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources](#) 12(1):83-92
- Rakhecha PR, Mandal BN, Kulkarni AK, Deshpande NR (1995) Estimation of probable maximum precipitation for catchments in eastern India by generalized method. *Theoretical and Applied Climatology* 51(1-2):67-74
- Ros FC, Sidek LM, Ibrahim NNN, Abdul Razad A (2008) Probable maximum flood (PMF) for the Kenyir catchment. Malaysia. International Conference on Construction and Building Technology 31:325-334
- Tajbakhsh M, Ghahraman B (2009) Estimation of 24-h probable maximum precipitation by using different statistical approaches for north-east of Iran. *J. Water and Soil Conservation* 16(1):123-141 (In Persian)
- World Meteorological Organization (2009) Manual on estimation of probable maximum precipitation. 3rd edition, WMO- No. 1045, Geneva
- statistical and synoptic methods in Qareh Su basin. Thesis of Master of Science in Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman (In Persian)
- Azizi GH, Hanafi A (2011) Estimation of probable maximum precipitation (PMP) over the Aji Chai basin using synoptic method. *Arid Regions Geographic Studies* 1(2):55-71 (In Persian)
- Bakhtiari B (1999) Investigation of statistical PMP (probable maximum precipitation) in different duration and relation between them in some climatic sample in Iran. Thesis of Master of Science in Agricultural Meteorology, Collage of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (In Persian)
- Chow VT (1951) A general formula for hydrologic frequency analysis. *Transactions American Geophysical Union* 32(2):231-237
- Desa MN, Noriah AB, Rakhecha PR (2001) Probable maximum precipitation for 24-h duration over southeast Asian monsoon Region- Selangor, Malaysia. [Atmospheric Research](#) 58(1):41-54
- Desa MN, Rakhecha PR (2007) Probable maximum precipitation for 24-h duration over an Equatorial region: Part 2- Johor, Malaysia. [Atmospheric Research](#) 84(1):84-90
- Eliasson J (1997) A statistical model for extreme precipitation. *Water Resource Research* 33 (3): 449-455.
- Ghahraman B (2008) The estimation of one day duration probable maximum precipitation over Atrak watershed in Iran, *Iranian Journal of Science & Technology* 32:(B2), 175-179
- Ghahfourian R, Telvari A (2010) Determination of depth-area-duration rainfall curves and relationships in Khorasan province. *Iranian Journal of Natural Resources* 63(2):219-234 (In Persian)
- Hershfield DM (1961) Estimating the probable maximum precipitation. *Journal of Hydrology Division ASCE* 887(HY5):99-116
- Hershfield DM (1965) Method for estimating the probable maximum precipitation. *Journal of American Water Works Association* 57:965-972
- Kingpaiboon S, Netwong T. Relation of probable maximum precipitation depth-area-duration using GIS.