

# ارزیابی و تحلیل منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی بارندگی گرمسار به روش IDF

امید بینش

کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی

دکتر علی پناهی

عضو هیأت علمی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

## چکیده

بیشینه شدت بارندگی را در طول یک دوره زمانی نشان می‌دهند (Vaskova, 1993).

پیش بینی و تخمین سیل طراحی در بسیاری از پروژه‌های کشاورزی - مهندسی از قبیل حفاظت خاک، طراحی زه‌کشها، فرودگاهها، فاضلاب‌های شهری، آبگذرهای جاده‌ها، سرریز مخازن، ایستگاه‌های پمپاژ و طرحهای آبخیزداری اهمیت به سزایی دارد، که می‌توان از منحنی‌های IDF استفاده نمود و از روی شدت بارانهای استثنایی میزان جریان را تخمین زد. (ابریشمی، ۱۳۷۴ و وزیری، ۱۳۶۳)

## پیشینه و ادبیات تحقیق

برای تهیه منحنی‌های IDF روش‌های متفاوت و موسومی توسط محققین و دانشمندان ارائه شده است که برای نواحی و مناطق مشخص کاربرد داشته و استفاده از آن‌ها در کشور ایران نیاز به کالیبره شدن مجدد دارد که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد:

(۱) تالبوت برای رگبارهای کمتر از ۲ ساعت رابطه  $I = \frac{(a + b \log T_r)}{(1 - T)^n}$  را ارائه کرده است.

(۲) برای رگبارهای بیش از دو ساعت گریسوله فرمول  $I = a (T - b)^{-n}$  را ارائه نموده است که در این رابطه  $a$ ،  $b$  و  $n$  ضرایب منطقه‌ای که در هر ایستگاه برحسب دوره برگشت متغیر می‌باشد و  $I$  حداکثر شدت بارش به طور متوسط در پایه زمانی  $t$  بر حسب میلی متر در ساعت می‌باشد.

(۳) در سال ۱۹۳۵ در انگلستان بیلهام (Bilham) رابطه  $I = \{60/t(203.3N)^{(0.282-2.54)}\}$  را ارائه کرده که در این فرمول  $I$  حداکثر شدت بارندگی،  $t$  پایه زمانی و  $N$  حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله می‌باشد.

(۴) بل (Bell) در سال ۱۹۶۹ برای دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰ ساله رابطه  $P^6_{10} = (0.54t^{2.5} - 0.5) (2.1 \ln T + 0.52)$  را ارائه کرده است که در آن  $t$  مقدار بارندگی بر حسب دقیقه،  $T$  دوره بازگشت برحسب سال  $P^6_{10}$  مقدار باران یک ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله و  $P^1_T$  مقدار باران

ایران در کمربند نواحی خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است و با توجه به موقعیت جغرافیایی خاص خود دارای نوسانات شدید بارندگی به ویژه در مناطق خشک می‌باشد که بررسی رفتارهای آن جهت عملیات آبخیز، تخمین سیل طراحی و... ضروری می‌باشد. در این تحقیق جهت بررسی شدت - مدت - فراوانی بارندگی از روش IDF استفاده شده است که این منحنی میزان شدت بارش در یک دوره زمانی مطلوب را با دوره بازگشت مشخص نشان می‌دهد و با استفاده از آن می‌توان میزان جریان را از روی شدت بارش تخمین زد.

گرمسار نیز در یک ناحیه گرم و خشک از نظر آب و هوایی واقع شده است که شناخت رژیم بارش و هم چنین شدت باران‌های رگباری و استثنایی می‌تواند جهت برنامه‌ریزی‌های آبی مفید واقع شود. با بررسی منحنی‌های IDF مشخص شد بیشترین شدت بارش به ترتیب در ماه‌های فروردین، اسفند و اردیبهشت و کمترین شدت بارندگی در شهریور، مرداد و خرداد ماه بوده است.

**واژگان کلیدی:** منحنی شدت - مدت - فراوانی (IDF)، بارندگی، گرمسار.

## مقدمه

ایران سرزمینی نسبتاً خشک است که میانگین بارندگی سالانه آن در حدود ۲۴۰ میلی متر یعنی کمتر از یک سوم میانگین بارندگی سالانه کره زمین (۸۶۰ میلی متر) می‌باشد. هم چنین ایران به علت قرارگیری در موقعیت خاص جغرافیایی، علاوه بر کمبود ریزش‌های جوئی با توزیع و پراکنش نامناسب بارندگی نیز روبرو بوده است. بارش به عنوان ورودی یک سامانه آبخیز، یکی از اساسی‌ترین عناصر چرخه هیدرولوژیکی به شمار می‌آید. از لحاظ تعریف به ریزش رطوبت موجود در جو، به هر شکلی در سطح زمین بارش می‌گویند. (علیزاده، ۱۳۸۱)

در طراحی کلیه سازه‌های هیدرولیکی و آبخیزداری، دانستن مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به بارندگی ضروری است. (مه‌دوی، ۱۳۸۰) منحنی‌های IDF<sup>(۱)</sup> احتمال عدم تجاوز (دوره بازگشت به سال) مقادیر

جدول (۱): مشخصات ایستگاه مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	متوسط بارش
گرمسار	سینوپتیک	52°16'	35°12'	825.2	124.4

جدول (۲): مقادیر شدت بارش برای دوره برگشت‌های مختلف در زمان‌های

۲۵/۱۲ ساعت در فصل پاییز

سال	2	5	10	20	50	100
0.25	21.2	22.8	24	25.2	26.4	27.6
0.5	12.4	13.4	14.2	14.8	15.6	16.2
1	7.5	8.1	8.5	8.9	9.4	9.7
2	4.3	4.7	4.9	5.1	5.4	5.6
3	3.1	3.4	3.6	3.7	4	4.1
6	1.8	2	2.1	2.1	2.3	2.4
12	1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4

در ابتدا از آمار موجود ایستگاه گرمسار بیشینه بارندگی ۲۴ ساعته در هر ماه برای دوره آماری مورد نظر تعیین گردید سپس بیشینه شدت بارندگی در پایه‌های زمانی ۲۵/۵، ۲۰/۱، ۱۰/۳، ۶ و ۱۲ ساعت از فرمول زیر که توسط موحد دانش (۱۳۶۶) ارائه شده است محاسبه گردید:

$$P_T = 0.489 P_{24} T^{0.225}$$

سپس با استفاده از توزیع آماری گمبل مقادیر بیشینه بارندگی در هر پایه زمانی برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ ساله از معادلات زیر بدست آمد:

$$X = \bar{X} + S(0.78Y - 0.45)$$

$$Y = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))$$

که در آن‌ها  $X$  مقدار متغیر به ازای احتمال مورد نظر،  $\bar{X}$  میانگین متغیرهای مشاهده شده،  $S$  انحراف معیار نمونه در متغیرهای مشاهده شده،  $T$  دوره بازگشت (به سال) و  $Y$  متغیر کوچک شده می‌باشد. برای استفاده از توزیع آماری گمبل، میانگین و انحراف معیار شدت بارندگی برای دوره آماری و با برای هر پایه زمانی بدست آمده سپس مقدار  $Y$  توجه به دوره بازگشت تعیین و فرمول مورد استفاده برای هر دوره بازگشت محاسبه گردید. طبق محاسبات انجام شده روابط زیر به دست آمدند که برای تعیین و محاسبه داده‌های منحنی‌های IDF مورد استفاده قرار گرفتند:

$$T=2 \rightarrow Y=0.366 \Rightarrow X = \bar{X} - 0.16S$$

$$T=5 \rightarrow Y=1.499 \Rightarrow X = \bar{X} + 0.719S$$

$$T=10 \rightarrow Y=2.25 \Rightarrow X = \bar{X} + 1.3S$$

$$T=20 \rightarrow Y=2.97 \Rightarrow X = \bar{X} + 1.86S$$

$$T=50 \rightarrow Y=3.9 \Rightarrow X = \bar{X} + 2.59S$$

$$T=100 \rightarrow Y=4.6 \Rightarrow X = \bar{X} + 3.13S$$

دقیقه‌ای مورد نظر با دوره برگشت  $T$  (سال) می‌باشد.

۵) سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO) فرمول  $I = (\frac{R}{24}) (\frac{24}{t})^{0.6}$  را براساس حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت‌های ۱۰ ساله ( $R$ ) و پایه زمانی مورد نظر به ساعت ( $t$ ) ارائه نموده است.

۶) قهرمان در سال ۱۳۶۶ تحت عنوان تخمین روابط شدت - مدت - تناوب بارندگی در نقاط مختلف ایران با استفاده از آمار ایستگاه باران سنج ثبات روابطی مشابه روابط بل ارائه نموده است. وی برای تخمین مقدار بارندگی با زمان‌های ۱۵ دقیقه تا ۲ ساعت رابطه  $A$  و برای زمان ۱۵ دقیقه تا ۲۰ ساعت رابطه  $B$  را با دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال و برای محاسبه بارندگی یک ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله رابطه  $C$  را در ایران ارائه نموده است:

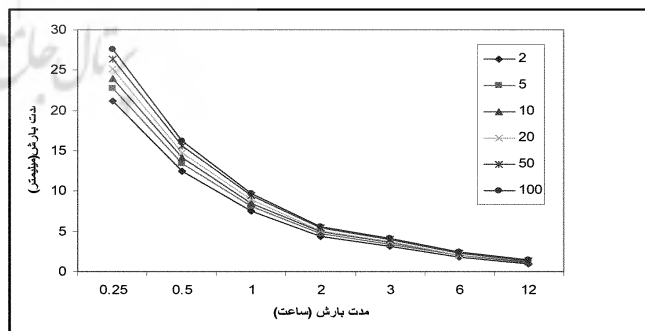
$$A) P_T^t = ((0.4055 + 0.2636 \ln(T - 0.4400)) * (-0.2420 + 1.2452 t^{0.2674})) * P_{10}^{60}$$

$$B) P_T^t = ((0.4524 + 0.2471 \ln(T - 0.6000)) * (0.3710 + 0.6184 t^{0.4484})) * P_{10}^{60}$$

$$C) P_{10}^{60} = 2.2598 X_1^{1.1374} * X_2^{-0.3072}$$

در روابط فوق  $T$  (دوره برگشت به سال) و  $t$  (مدت دوام بارندگی به ساعت)،  $P_T^t$  مقدار بارندگی با مدت دوام  $t$  (دقیقه) و دوره برگشت  $T$  (سال) بر حسب میلی‌متر و هم چنین در رابطه  $X_1, C$  متوسط بارندگی حداکثر روزانه و  $X_2$  متوسط بارندگی سالانه به میلی‌متر در یک دوره مشاهداتی هستند.

۷) موحد دانش (۱۳۶۶) فرمول  $P_T = 0.489 P_{24} T^{0.225}$  را ارائه نموده است که در آن  $P_{24}$  بارندگی ۲۴ ساعته به میلی‌متر،  $T$  پایه زمانی مورد نظر به ساعت و  $P_T$  بارندگی پایه زمانی مورد نظر به میلی‌متر می‌باشد. در این تحقیق معیار اصلی برای منحنی‌های IDF در ایستگاه‌های سینوپتیک و باران سنجی حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته و فرمول ارائه شده توسط موحد دانش می‌باشد.

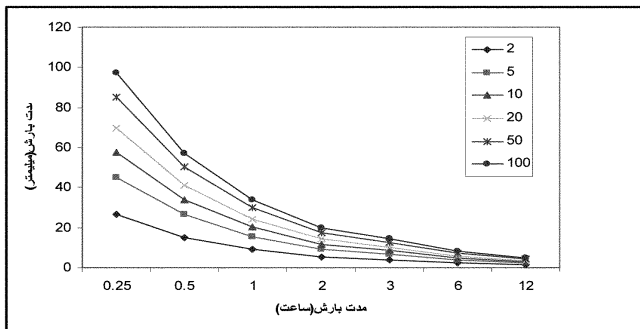


نمودار (۱): منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی فصل پاییز در

ایستگاه گرمسار

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه از آمار ۲۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۰۵) بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه سینوپتیک گرمسار استفاده شده است. مشخصات ایستگاه مورد در جدول شماره (۱) درج شده است.



نمودار (۳): منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی فصل بهار در ایستگاه گرمسار

جدول (۵): مقادیر شدت بارش برای دوره برگشت‌های مختلف در زمان‌های ۰/۲۵ تا ۱۲ ساعت در فصل تابستان

سال \ زمان (ساعت)	2	5	10	20	50	100
0.25	8.8	16	20.8	25.6	31.6	36
0.5	5.2	9.4	12.2	14.8	18.4	21
1	3	5.5	7.2	8.8	11	12.5
2	1.8	3.2	4.2	5.2	6.4	7.3
3	1.3	2.3	3.1	3.7	4.6	5.3
6	0.7	1.4	1.8	2.2	2.7	3.1
12	0.4	0.7	1	1.4	1.6	1.8

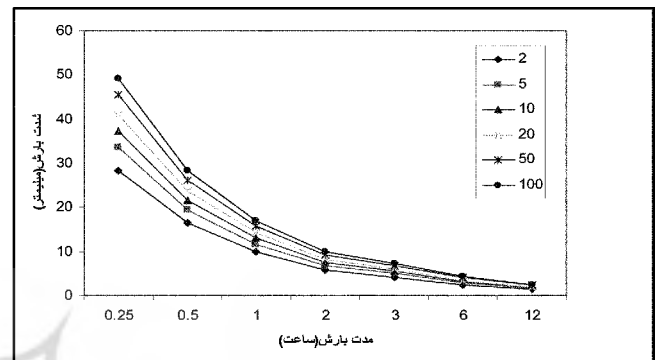
جدول (۶): مقادیر سالیانه شدت بارش برای دوره برگشت‌های مختلف در زمان‌های ۰/۲۵ تا ۱۲ ساعت

سال \ زمان (ساعت)	2	5	10	20	50	100
0.25	20.8	32	39.6	47.2	56.8	64
0.5	12	18.6	23	27.2	32.8	36.8
1	7.2	11.2	13.9	16.4	19.8	22.2
2	4.2	6.5	8.1	9.6	11.5	13
3	3	4.7	5.8	6.9	8.3	9.4
6	1.7	2.7	3.4	4.1	4.9	5.5
12	1	1.6	2	2.3	2.8	3.2

### نتایج و بحث

در نمودارهای ۱ تا ۵، چهار منحنی IDF سالانه ایستگاه گرمسار ارائه شده است. از بررسی منحنی‌های IDF مشخص گردید که بیشترین شدت بارندگی به ترتیب در ماه‌های فروردین، اسفند و اردیبهشت می‌باشد و کمترین شدت بارندگی به ترتیب در شهریور، مرداد و خرداد ماه است. در فصل پاییز منحنی IDF آبان ماه بیشتر از منحنی IDF مهر ماه و آذر ماه است.

پارامترهای این فرمول‌ها همانند روابط قبلی است. با بکارگیری فرمول‌های بالا منحنی‌های IDF سالانه و فصلی برای ایستگاه گرمسار محاسبه گردید. در این منحنی‌ها محور افقی پایه زمانی و محور عمودی شدت بارندگی و هر منحنی برای دوره بازگشت معین می‌باشد. در نهایت با اعمال ضرایب مورد نظر در مقادیر منحنی‌های بدست آمده تعداد ۵ منحنی شدت - مدت - فراوانی بارندگی (۴ منحنی فصلی و یک منحنی سالیانه) به دست آمد.



نمودار (۲): منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی فصل زمستان در ایستگاه گرمسار

جدول (۳): مقادیر شدت بارش برای دوره برگشت‌های مختلف در زمان‌های ۰/۲۵ تا ۱۲ ساعت در فصل زمستان

سال \ زمان (ساعت)	2	5	10	20	50	100
0.25	28.4	33.6	37.2	40.8	45.6	49.2
0.5	16.4	19.4	21.6	23.6	26.2	28.2
1	9.8	11.7	13	14.2	15.8	17
2	5.7	6.8	7.6	8.3	9.3	10
3	4.1	5	5.5	6.1	6.8	7.3
6	2.4	2.9	3.2	3.5	4	4.3
12	1.4	1.7	1.9	2	2.3	2.5

جدول (۴): مقادیر شدت بارش برای دوره برگشت‌های مختلف در زمان‌های ۰/۲۵ تا ۱۲ ساعت در فصل بهار

سال \ زمان (ساعت)	2	5	10	20	50	100
0.25	26.4	44.8	57.6	69.6	85.2	97.2
0.5	15.2	26.4	33.8	41	50.2	57.2
1	9.1	15.7	20.1	24.4	29.9	34
2	5.3	9.2	11.8	14.3	17.5	19.7
3	3.8	6.6	8.5	10.3	12.6	14.3
6	2.2	3.9	5	6	7.4	8.4
12	1.3	2.3	2.9	3.5	4.3	4.9

شدت بیشتر است.

در فصل زمستان منحنی IDF اسفند ماه بیشتر از منحنی IDF دی و بهمن می باشد. به طور کلی در فصل زمستان به دلیل ورود سیستم های مهاجر جوی به ایران و رطوبت نسبی کافی در فصول زمستان با فراهم شدن مکانیسم صعود بارش های بیشتری در این فصل به وقوع می پیوندد به طوری که بیش از نیمی از کل بارش سالیانه گرمسار در این فصل اتفاق افتاده است.

### منابع

-علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سیزدهم، مؤسسه و انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۸۰.

-موحد دانش، علی اصغر، مقدمه ای به هیدرولوژی، چاپ اول، انتشارات عمیدی، ۱۳۶۶.

-ابریشمی، حمید، کاربرد تحلیل (رگرسیون) انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.

-وزیری، فریدون، تجزیه و تحلیل رگبارها و تعیین منحنی های شدت، مدت، فراوانی رگبارهای ایران، واحد طرح و تحقیقات دانشگاهی گروه آب، ۱۳۶۳.

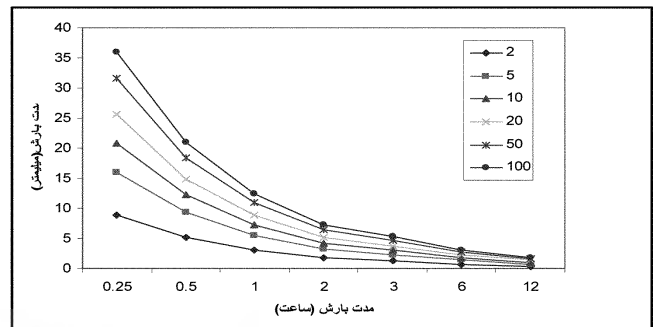
-Chow, V.T, D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988, Applied Hydrology, Mac grow-Hill book company, New York.

-Vaskov, L. Rainfall analysis and regionalization computing intensity duration- frequency curves, Universidad polytechnic de Valencia, 1993, 95-109

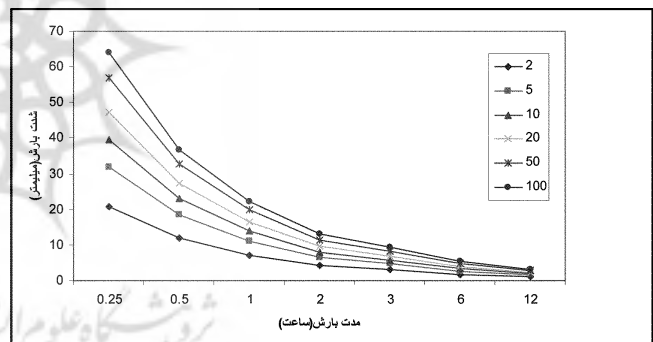
### پی نوشت

#### 1- Intensity- Duration- Frequency

البته انتظار می رود که با شروع فصل پاییز و به سمت آذر شدت بارش به خاطر حضور سیستم های جوی مهاجر در ایران بیشتر شود، اما این مقدار عملاً در آبان ماه بیشتر است و در آذر کاهش می یابد و این به خاطر فرارگیری گرمسار در ناحیه خشک است که بارش های رگباری و اتفاقی صورت می گیرد.



نمودار (۴): منحنی های شدت - مدت - فراوانی فصل تابستان در ایستگاه گرمسار



نمودار (۵): منحنی های شدت - مدت - فراوانی سالانه ایستگاه گرمسار

در فصل بهار منحنی IDF فروردین ماه بیشتر از منحنی IDF اردیبهشت و خرداد بوده و اختلاف فاحش با دو ماه دیگر دارد.

چون گرمسار در یک منطقه خشک واقع شده است بنابراین در فصول سرد سال رطوبت نسبی بالاتری دارد که فروردین ماه نیز به دلیل فاصله کمتری که با فصل زمستان دارد شدت بارش بیشتری نسبت به اردیبهشت و خرداد دارد.

در فصل تابستان منحنی IDF تیرماه بیشتر از منحنی IDF مرداد و شهریور ماه است. گرمترین ماه مناطق خشک تیرماه است و با توجه به درجه حرارت های ثبت شده در ایستگاه گرمسار نیز به این نتیجه می رسیم و چون در این ماه ظرفیت نگهداری رطوبت بالاست و از طرفی ارتفاع تروپوپاوز بیشتر است بنابراین ابرها گسترش و رشد عمودی بیشتری دارند و در این شرایط ابرهای جوششی تشکیل می شوند که حاصل آن بارندگی های با