

## تأثیر رگبارهای منفرد بر مدیریت بحران سیل (نمونه مطالعاتی حوضه فارسان)

داریوش رحیمی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان\*

### چکیده

بدون شک سیلاب به عنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته، با توجه به زمان تداوم بارش‌ها میزان خسارات ناشی از سیل در حوضه‌های کوچک بیشتر از حوضه‌های بزرگ است. برای بررسی وضعیت سیلاب در این حوضه، بارش‌های کمتر از ۲۴ ساعت و رگبارهای منفرد آن تجزیه و تحلیل گردید. میزان شدت بارش در دوره برگشت‌های مختلف و زمان تداومی معادل زمان تمرکز از طریق روابط محاسباتی بر آورد گردید. حوضه فارسان جزئی از ابر حوضه کارون است. این حوضه با جمعیت ۶۰۰۰۰ نفر اقتصادی متکی بر کشاورزی (زراعت و باغداری) دارد. اراضی تحت کشت آبی آن به طور کامل بر روی تراست‌های روخانه فارسان است که هر ساله با رخداد سیلاب، منابع آب و خاک حوضه تهدید می‌گردد و توسعه اقتصادی آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر شدت بارش و دبی راهکارهای اعمال مدیریت بحران مانند عملیات بیولوژیک در ارتفاعات، احداث سد مخزنی، ساحل‌سازی رودخانه برای جلوگیری و کاهش خسارات ناشی از سیلاب به اقتصاد کشاورزی حوضه پیشنهاد گردیده است.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت بحران، رگبار منفرد، شدت و مدت بارش، حوضه آبخیز فارسان، سیلاب

### مقدمه

کشته شدند که ۵۸ درصد بر اثر سیلاب، ۲۶ درصد بر اثر زلزله، ۱۶ درصد بر اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است. خسارات کل در این ۱۰ سال حدود ۷۰۰ میلیارد دلار بوده است که به ترتیب ۳۳، ۲۹ و ۲۸ درصد مربوط به سیلاب، طوفان و زلزله بوده است (رجایی، ۱۳۸۲).

بدون شک سیلاب به عنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است، ولی در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی، مهیب‌ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان

ساعته، در قبال بارشی با زمان تداوم ۷ ساعته متفاوت است، به گونه ای که در حوضه اول یک سیل توأم با آبگرفتگی سیلابدشت رخ داده، ولی در حوضه دوم تنها یک روند افزایشی در هیدرو گراف به ثبت رسیده است. مهار سیلاب به عنوان یک بحران طبیعی با استفاده از اصول حاکم بر مدیریت آن قابل هدایت و کنترل است.

علاوه بر موارد ذکر شده در بالا، باید توجه داشت که اندرکنش بین رخداد سیل و استفاده انسان از سیلاب دشت دارای ماهیت پویایی است. بنابراین، می‌توان گفت که خسارت سیلاب دائماً با زمان تغییر می‌کند و اعمال مجموعه اقدامات مدیریت بحران امری گریز ناپذیر است. مدیریت بحران شامل فرآیند پیش بینی و پیشگیری از وقوع بحران، برخورد و مداخله در بحران و سالم سازی بعد از وقوع بحران است. به عبارتی دیگر، مدیریت بحران در واقع علمی کاربردی است که به وسیله مشاهده سیستماتیک بحران‌ها و تجزیه و تحلیل آنها در جستجوی یافتن ابزاری است که به وسیله آنها بتوان از بروز بحران‌ها، پیشگیری نمود (استانداردی خراسان رضوی، ۱۳۸۷).

طبق تعریف ذکر شده در بالا، وجود یک نگاه سیستماتیک شامل شناخت علل ایجاد سیل، شناسایی مناطق در معرض خطر و رعایت اصول پیشگیرانه بر سیلاب، از الزامات اولیه مدیریت بحران سیل محسوب می‌شود. در این میان، رگبارهای منفرد از جایگاه ویژه و مؤثری در ایجاد سیلاب برخوردار هستند. تأثیر رگبارهای

در این خصوص نکته نگران کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه‌های اخیر است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب دشت‌ها، تغییرات هیدروسستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی، از دلایل عمده این روند افزایشی است. هنگام بارش باران و برف، مقداری از آب جذب خاک و گیاهان می‌شود، درصدی تبخیر و باقیمانده که جاری شده، رواناب نامیده می‌شود. سیلاب زمانی روی می‌دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب نمایند و در نتیجه کانال طبیعی رودخانه کشتش گذردهی رواناب ایجاد شده را نداشته باشد. به طور متوسط تقریباً ۳۰ درصد بارش به رواناب تبدیل می‌شود که این میزان با ذوب برف افزایش می‌یابد. سیلاب‌هایی که به صورت متفاوت روی می‌دهد، منطقه‌ای به نام سیلاب دشت در اطراف رودخانه را به وجود می‌آورد. سیلاب‌های رودخانه اغلب ناشی از بارش‌های شدید بوده که در برخی موارد همراه با ذوب برف است. سیلابی که بدون پیش هشدار یا پیش هشدار کمی در رودخانه جاری شود، تند سیل نامیده می‌شود. تلفات جانی این تند سیلاب‌ها که در حوضه‌های کوچک به وقوع می‌پیوندند، عموماً بیشتر از تلفات جانی سیلاب‌های رودخانه‌های بزرگ است. این امر می‌تواند ناشی از واکنش سریعتر حوضه‌های کوچک به بارش، به ویژه بارش‌های شدید باشد. برای مثال، حوضه با وسعت ۲۷۰ کیلومتر مربع با زمان تمرکز ۷ ساعته نسبت به حوضه ای با وسعت ۲۴۰۰۰ کیلومتر با زمان تمرکز ۲۳/۵

پرداخته و روابط ریاضی ایستگاه‌ها را کالیبره نموده‌اند، وزیری (۱۳۵۹، ۱۳۷۳ و ۱۳۷۶) به تجزیه و تحلیل رگبارهای ایران پرداخته است و علیزاده (۱۳۷۲) روابط شدت مدت بارش در ایستگاه مشهد را بررسی نمود. همچنین غیور (۱۳۷۱) در زمینه پیش‌بینی رواناب براساس شدت مدت بارندگی در حوضه‌های آبخیز میزان رواناب را برآورد نمود.

یکی از مهم‌ترین مباحث مطرح شده در بحث بارش‌های با مدت تداوم کوتاه یا کمتر از ۲۴ ساعت رخداد سیلاب‌های شدید با بزرگی زیاد، فرسایش شدید خاک، تخریب سازه‌های آبی، کاهش عمر مفید آنها و همچنین هدر رفتن حجم بالای منابع آب سطحی در مدت کوتاه، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. در این اثر گذاری بارش‌های حداکثر یا رگبارهای منفرد جایگاه ویژه ای دارند که با توجه به اهمیت آنها در ابتدا تعریف آنها اراده می‌گردد. رگبارهای منفرد، رگبارهایی هستند که از زمان شروع تا خاتمه بارندگی قطع نشده در ضمن رگبارهایی انتخابی از لحاظ تداوم بارندگی طویل‌المدت و از نظر شدت بارندگی در برگیرنده شدیدترین رگبارها است (وزیری ۱۳۷۶).

احداث سازه‌های هیدرولوژیک و مسایل مرتبط با هیدرولوژی، کنترل سیلاب، حفاظت خاک و نگهداشت آب از اساسی‌ترین زمینه‌های کاربرد مطالعات شدت بارش و رگبارهای منفرد هستند. این بارش‌ها از سویی به دلیل وارد ساختن بیشترین انرژی جنبشی به سازه‌های

منفرد در ایجاد سیلاب در چارچوب مطالعات شدت - مدت بارش قرار دارد. بنابراین، به منظور اعمال مدیریت بحران سیل مقادیر شدت بارش و رگبارهای منفرد، مقادیر رواناب حاصله و سیلاب در دوره برگشت‌های مختلف بررسی و راهکارهای پیشگیرانه آنها ارائه می‌گردد.

پیشینه مطالعات شدت مدت بارندگی به اوایل دهه ۱۹۳۰ می‌رسد. پژوهشگرانی که از آن زمان تاکنون سعی داشته‌اند رابطه شدت مدت بارندگی را با یکدیگر مشخص کنند، در نهایت به دو الگوی کلی دست یافته‌اند. عده‌ای مانند چو<sup>۱</sup> (۱۹۵۳) رابطه شدت مدت بارندگی را یک رابطه توانی دانسته‌اند و عده‌ای دیگر از محققان همچون شرمن<sup>۲</sup> (۱۹۳۱) موری ج و ج راو<sup>۳</sup> (۱۹۷۸)، تروپل<sup>۴</sup> (۱۹۵۹) و بل<sup>۵</sup> (۱۹۶۱) اعتقاد به وجود یک رابطه خطی بین شدت مدت بارندگی داشته‌اند. در سالهای اخیر روابط زیادی که عمدتاً به صورت توابع ریاضی هستند از روی تحلیل‌های نقطه‌ای بارندگی ارائه شده است.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه شدت مدت بارندگی صورت گرفته است. قهرمان (۱۳۶۶)، قهرمان و سپاسخواه (۱۳۶۹) و قهرمان (۱۳۸۲) به بررسی و تعیین روابط شدت - مدت بارش در ایستگاه‌های کشور

<sup>1</sup> chow

<sup>2</sup> sherman

<sup>3</sup> Murray ,G.&G.Rao

<sup>4</sup> Truple

<sup>5</sup> Bell

دارای موقعیت جغرافیایی  $32^{\circ}9'47''$  تا  $32^{\circ}23'11''$  شمالی و  $50^{\circ}17'16''$  تا  $50^{\circ}36'$  شرقی در برگیرنده شهرهای باباحیدر و فارسان و روستاهای فیل آباد، عیسی آباد، ده چشمه، گوجان، سپیدانه، امید آباد، هیرگان و چوپین با جمعیتی برابر با ۶۰۰۰۰ نفر و تراکم جمعیت ۲۱۹ نفر در هر کیلومتر مربع از مناطق نسبتاً توسعه یافته شهرستان فارسان محسوب می‌گردد. نقشه شماره (۱) ضمن نشان دادن حوضه مذکور موقعیت نقاط شهری، روستایی کاربری فعلی اراضی به ویژه با کاربری کشاورزی (در حاشیه رودخانه) را نشان می‌دهد. از نظر تقسیمات طبیعی، از زیرحوضه‌های کارون بوده، مشخصات هیدرومورفیک آن به شرح جدول شماره (۱) است.

آبی - خاکی در پایداری سازه‌ها و از سوی دیگر، با ایجاد حجم زیاد منابع آب در مدت کوتاه دارای اهمیت می‌باشند.

در این مطالعه سعی شده است با استفاده از داده‌های برآوردی رگبارهای منفرد در دوره برگشت‌های مختلف، مقادیر سیلاب در همان دوره برگشت‌ها برآورد و سپس با استفاده از معادله مانینگ ابعاد سیلاب دشت مشخص و راهکارهای مدیریتی بحران سیل ارایه شود.

### مواد و روش‌ها

#### موقعیت جغرافیایی و داده‌ها

حوضه فارسان با وسعت  $273/4$  کیلومتر مربع از نظر تقسیمات سیاسی و اداری در استان چهارمحال و بختیاری و شهرستان فارسان واقع شده است. این حوضه

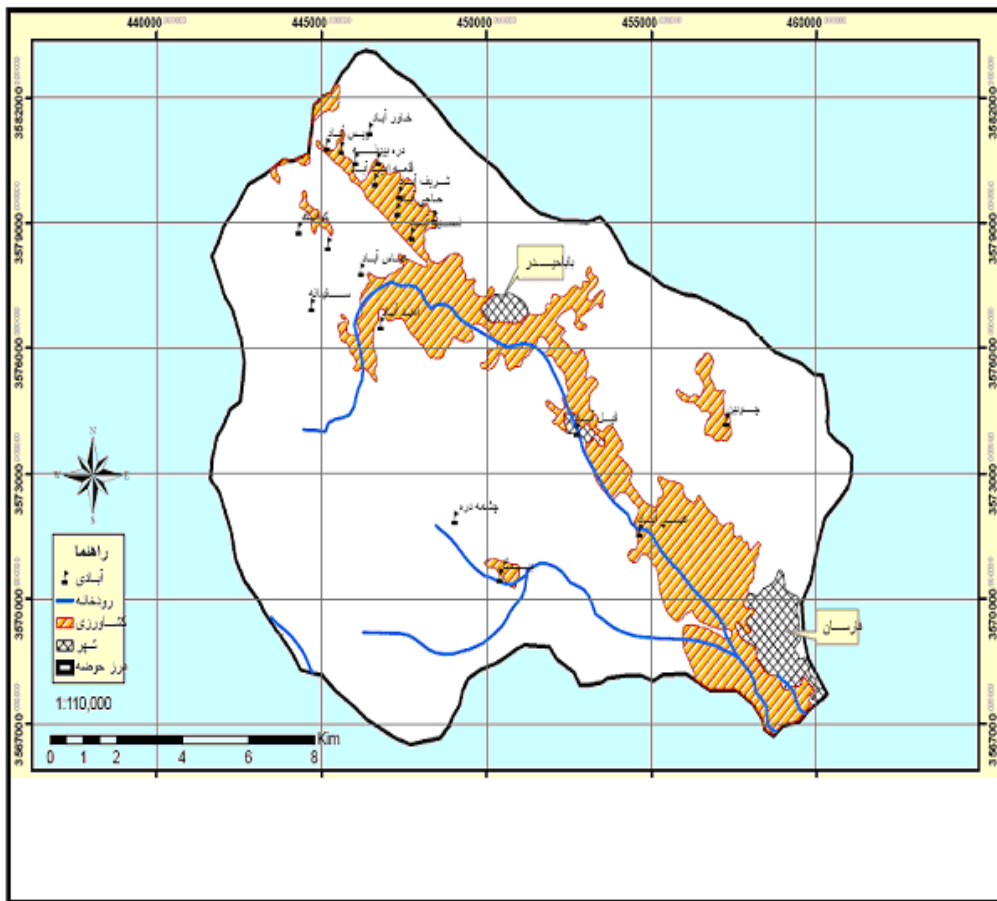
جدول شماره (۱) مشخصات هیدرومورفیک حوضه آبخیز فارسان

مشخصه فیزیوگرافی	شاخص	واحد سنجش	رابطه
مساحت	۲۷۳/۴	کیلومتر مربع	G.I.S
محیط	۷۲/۵	کیلومتر	G.I.S
ضریب فشردگی	۱/۲۳	بی بعد	$C = \frac{0.28 * P}{\sqrt{A}}$
ارتفاع	۲۵۵۵	متر	نقشه
شیب متوسط	۱۹/۳۱	درصد	G.I.S
تعداد زیر حوضه	۶	واحد	G.I.S
نسبت انشعاب	۳/۱۴	بی بعد	بیفرکاسیون
طول آبراهه اصلی	۳۲	کیلومتر	G.I.S
شیب آبراهه	۴/۱	درصد	G.I.S
زمان تمرکز	۷/۱۴	ساعت	S.C.S
دبی متوسط	۱/۷	متر مکعب	دبی سنج امید آباد
متوسط بارش	۷۵۶	میلیمتر	وزنی

مأخذ: محاسبات نگارنده

به منظور تداوم توسعه با شرایط اکولوژیک پایدار، بررسی مشخصات هیدرو کلیماتولوژی سیلاب، به عنوان مهمترین تهدید منابع خاک حوضه از الزامات آن است. بررسی مقادیر شدت مدت بارش و تداوم‌های آن بنیادی ترین گام برای برطرف نمودن مشکل ذکر شده است.

این حوضه آبخیز با توجه به شاخص‌های انسانی (جمعیت، تراکم) و اقتصاد با محور کشاورزی، از مناطق مستعد توسعه کشاورزی شهرستان است. تراست‌های رودخانه (خاک مناسب) با منابع آب سطحی (رودخانه فارسان) مهمترین نهاده کشاورزی آن محسوب می شود که هرساله با توجه به رژیم آبدهی رودخانه و وقوع سیلاب‌های ناشی از بارش‌های شدید و ذوب توامان برف به شدت تهدید می گردد.



شکل شماره ۱ محدوده، موقعیت مناطق سکونتگاهی و کاربری ارضی حوضه آبخیز فارسان

باباجیدر و فارسان بررسی گردید. ایستگاه باران سنجی بابا حیدر با دوره آماری سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۶۴ و ۱۳۶۹ تا

برای دستیابی به هدف ذکر شده، مقادیر شدت - مدت با استفاده از داده‌های باران سنجی ایستگاه‌های

۱۳۸۴ و ایستگاه باران سنجی ثبات و روزانه فارسان، در طی دوره آماری ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۴ انتخاب گردیداست.

جدول شماره (۲): مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

نام	عرض	طول	ارتفاع متر	بارش سالانه(میلیمتر)	نوع ایستگاه
باباحیدر	32°,20'	50°,28'	۲۲۰۰	۹۱۸	روزانه
فارسان	32°,15'	50°,34'	۲۰۳۰	۵۴۰	روزانه و ثبات

مأخذ: شرکت آب منطقه‌ای چهارمحال و بختیاری

### ب) روش

تحلیل فراوانی یکی از روش‌های مناسب برای برآورد مقادیر سیلاب محسوب می‌شود. در صورتی که شرایط لازم، از قبیل وجود آمار کافی و امکان برآزش تابع توزیع مناسب وجود داشته باشد، با این روش می‌توان به نتایج مطلوب دست یافت. این روش‌ها دارای طیف وسیعی بوده، شامل استفاده از آمار ریاضی تا روش‌های مربوط به ایجاد همبستگی بین داده‌ها و بهره‌گیری از روابط بین بارندگی و رواناب می‌گردد(سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۰).

این پژوهش با توجه به تعریف مسأله و موضوع مورد بحث (رابطه شدت - مدت بارش) در دستگاه معرفت‌شناختی علمی بررسی شده و از روش‌های تحقیق اسنادی، تحلیلی، روابط و تکنیک‌های آماری (همبستگی و طبقه‌بندی) برای تحلیل آن استفاده شده است. با توجه به اینکه داده‌های مورد بررسی را داده‌های حد فرین بارش تشکیل می‌دهند، بنابراین، جهت رفتار شناختی داده‌ها از روش‌های آماری احتمال وقوع، توزیع داده‌ها و آزمون‌های نکویی برآزش، میزان همبسته بودن، معادلات دو و چند جمله‌ای استفاده گردید.

در این بررسی، ابتدا گراف‌های باران سنج ثبات فارسان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اطلاعات ضمیمه گراف‌ها، گراف‌هایی که نوع بارش آنها برف و یا مخدوش بوده حذف شد. سپس بر اساس تعریف رگبار منفرد، شش رگبار با مدت دوام‌های ۲۴ ساعته(سه مورد) ۳ ساعته(دو مورد) و ۸ ساعته(یک مورد) از مجموع رگبارهای ثبت شده انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### پ) نتایج

روش‌های آماری جهت برآورد داده‌های حد فرین از متداول‌ترین و قابل اطمینان‌ترین روش‌ها محسوب می‌شوند. روش‌های آماری به خصوص در مواقعی که داده‌های مربوط به بارش یک ناحیه به اندازه کافی و مناسب باشند، به عنوان یک روش ساده و سریع بکار برده می‌شوند.

در این روش‌ها جهت برآورد مقدار حد بارش از توزیع‌های گوناگون و چگونگی این توزیع‌ها کمک گرفته سپس با انجام آزمون‌های نکویی برآزش و تشخیص نوع توزیع آن از توابع ریاضی بر پایه میانگین، انحراف از معیار یا ضریب تغییر پذیری، ضریب چولگی

نهایی، توزیع پیرسون و لگاریتم پیرسون نوع سوم که با اعمال ضریب تناوب صورت می گیرند، استفاده شد. براساس مطالعات صورت گرفته داده‌ها در توزیع نوع دوم فیشروتیپت دارای نکویی برازش هستند. این توزیع عبارت است از:

$$P(y) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

و  $\beta$  به ترتیب از روابط (۲) و (۳) به دست می‌آیند در این رابطه  $\alpha$

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad \text{رابطه (۳)}$$

معادله خط توزیع حد نهایی بالا به شکل رابطه (۴) است.

$$X = \mu + K\sigma \quad \text{رابطه (۴)}$$

که:  $X$ : میزان بارش

$\mu$ : میانگین داده‌های حد بالا

$\sigma$ : انحراف از معیار داده‌ها

و  $K$ : ضریب اصلاح تناوب بوده و از رابطه (۵)

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[ \gamma + \text{LnLn} \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \quad \text{رابطه (۵)}$$

قابل محاسبه است که در آن مقدار  $K$  بر اساس دوره برگشت و ضرایب مساحت قابل اصلاح است. با بررسی‌های به عمل آمده، از بین روش‌های احتمالی برای تعیین مقادیر شدت‌ها دو روش گامبل<sup>۱</sup> (۱۹۵۸) و فیشر از سایر روش‌های احتمالی مناسبتر تشخیص داده شده

توزیع داده‌ها، اثرگذاری مساحت و دوره برگشت مقادیر حد بارش و دبی محاسبه می‌گردد. به منظور تعیین روابط شدت مدت بارش و کاربرد آن در مدیریت بحران سیل الگوریتم زیر تهیه گردیده است:

- تهیه بانک اطلاعاتی و همسان سازی داده‌ها؛
  - برازش داده‌ها و آزمون نیکویی برازش داده‌ها با استفاده از توزیع‌های آماری مختلف؛
  - محاسبه مقادیر شدت و تداوم بارش در دوره برگشت‌های مختلف به صورت نقطه‌ای؛
  - محاسبه مقادیر شدت بارش در تداوم و دوره برگشت‌های مختلف درمقیاس منطقه‌ای؛
  - برآورد دبی حداکثر بر اساس شدت بارش؛
  - انتخاب روش‌های مناسب مدیریت بحران.
- در راستای انجام فرآیند الگوریتم فوق:

- ۱- مرحله اول الگوریتم در بخش مواد و روش‌ها مورد بحث قرار گرفت.
- ۲- به منظور مرحله دوم الگوریتم عملیات زیر انجام گرفته است:

برای بررسی داده‌ها و روش‌های آماری و توزیع‌های مختلف بحث تناوب در داده‌ها مطرح گردید. به منظور دستیابی به نحوه مناسب تناوب یا فراوانی آن در ابتدا داده‌ها را در توزیع‌های مختلف برازش داده که با توجه به ناپیوسته بودن مقادیر توزیع‌های بی‌نومیال، پواسون، نرمال، نرمال لگاریتمی، توزیع نوع اول و سوم حدهای

اساس محاسبات صورت گرفته رابطه‌ای لگاریتمی به شکل رابطه شماره (۶) بین مقادیر شدت و زمان تداوم بارش برقرار است :

$$I = a * t^b \quad \text{رابطه شماره (۶)}$$

در جدول شماره (۳) روابط نقطه‌ای ایستگاه فارسان ارائه می‌گردد. شکل شماره (۲) مقادیر شدت مدت را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که برای برآورد مقادیر شدت بارش‌ها در دوره برگشت‌های مختلف از توزیع گمبل استفاده شد.

اند. با انجام آزمون نیکویی برازش با استفاده از نرم افزار SMADA داده‌ها در توزیع گمبل دارای بهترین برازش هستند.

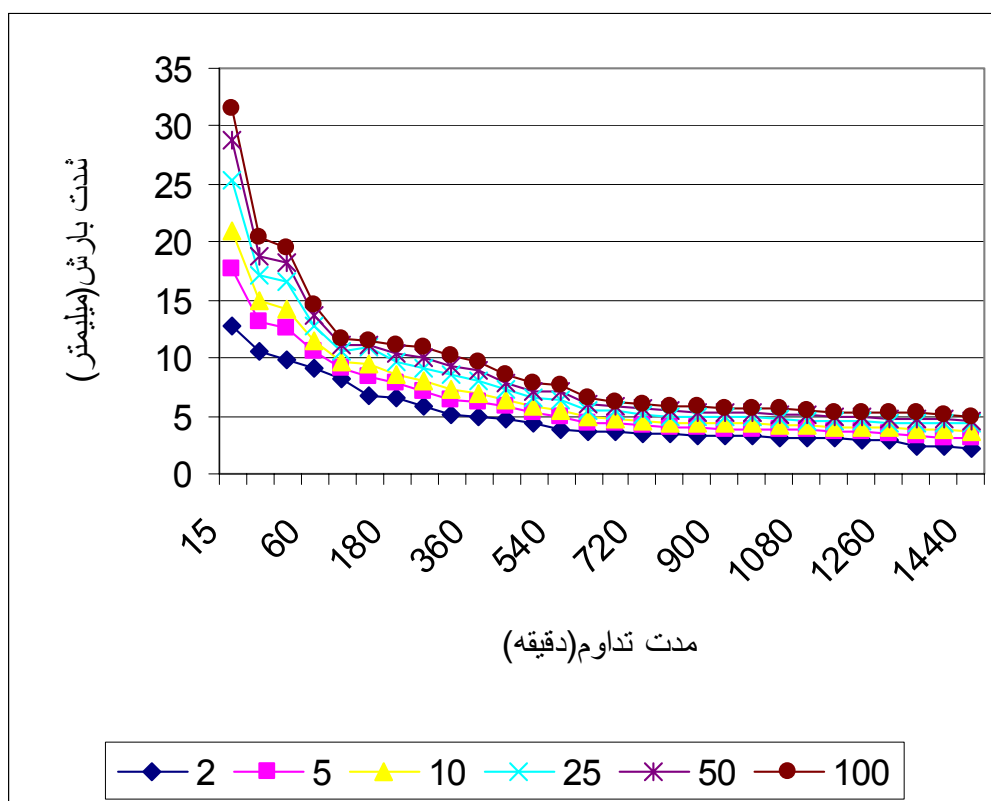
۳- برای انجام این مرحله پایگاه داده‌ها در نرم افزار Excel تشکیل و سپس با استفاده از نرم افزار SMADA احتمال وقوع داده، دوره برگشت، مقادیر داده‌ها برآورد و سپس با گروه بندی داده‌ها در دوره‌های زمانی ۱۵ تا ۱۸۰، ۱۸۰ تا ۷۸۰، ۷۸۰ تا ۱۰۸۰ و ۱۰۸۰ تا ۱۴۴۰ دقیقه روابط دو جمله‌ای به صورت نقطه‌ای ارزیابی گردید. بر

جدول شماره ۳ روابط شدت - مدت بارش در دوره برگشت‌های مختلف (میلیمتر بر دقیقه)

دوره	۱۵-۱۸۰	۷۸۰-۱۰۸۰	۱۸۰-۷۸۰	۷۸۰-۱۴۴۰
۲ ساله	$I = 27.56 * t^{-0.2778}$	$I = 76.862 * t^{-0.4703}$	$I = 10.773 * t^{-0.4703}$	$I = 74.048 * t^{-1.4328}$
۵ ساله	$I = 43.92 * t^{-0.3385}$	$I = 122.59 * t^{-0.513}$	$I = 15.72 * t^{-0.2045}$	$I = 69.42 * t^{-0.7444}$
۱۰ ساله	$I = 54.447 * t^{-0.3667}$	$I = 155.96 * t^{-0.5342}$	$I = 17.276 * t^{-0.2043}$	$I = 89.546 * t^{-0.4389}$
۲۵ ساله	$I = 85.26 * t^{-0.4265}$	$I = 203.56 * t^{-0.5567}$	$I = 21.42 * t^{-0.2179}$	$I = 21.707 * t^{-0.992}$
۵۰ ساله	$I = 85.265 * t^{-0.4265}$	$I = 239.708 * t^{-0.569}$	$I = 25.895 * t^{-0.2324}$	$I = 42.775 * t^{-0.3065}$
۱۰۰ ساله	$I = 97.579 * t^{-0.4434}$	$I = 273.55 * t^{-0.5779}$	$I = 25.551 * t^{-0.2215}$	$I = 29.605 * t^{-0.2427}$

ماخذ: محاسبات نگارنده





شکل شماره ۲ مقادیر شدت مدت در دوره برگشت‌های مختلف

فارسان از آمار بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته استفاده شد. حداکثر بارش ۲۴ در حوضه فارسان ۹۱/۵ میلیمتر و متوسط حداکثر روزانه بارش ۵۹ میلیمتر در طی دوره آماری است. نسبت مقادیر ذکر شده در حوضه در جدول شماره (۴) ارائه می‌گردد. علاوه بر آن، طبق شکل شماره (۳) بین نسبت بارندگی حداکثر و زمان تداوم رابطه بهینه‌ای برقرار است. البته، با توجه به اهمیت زمان تمرکز در مدیریت منابع آب سطحی از بارش‌های با تداوم برابر با زمان تمرکز استفاده شده است.

۴- به منظور اجرای مرحله چهارم الگوریتم ذکر شده در بالا گام‌های شامل نسبت شدت بارندگی‌ها با مدت دوام مختلف به بارندگی حداکثر روزانه، تعیین رابطه بارش یک ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله و تعیین رابطه منطقه‌ای بارندگی‌های کوتاه مدت انجام می‌گردد:

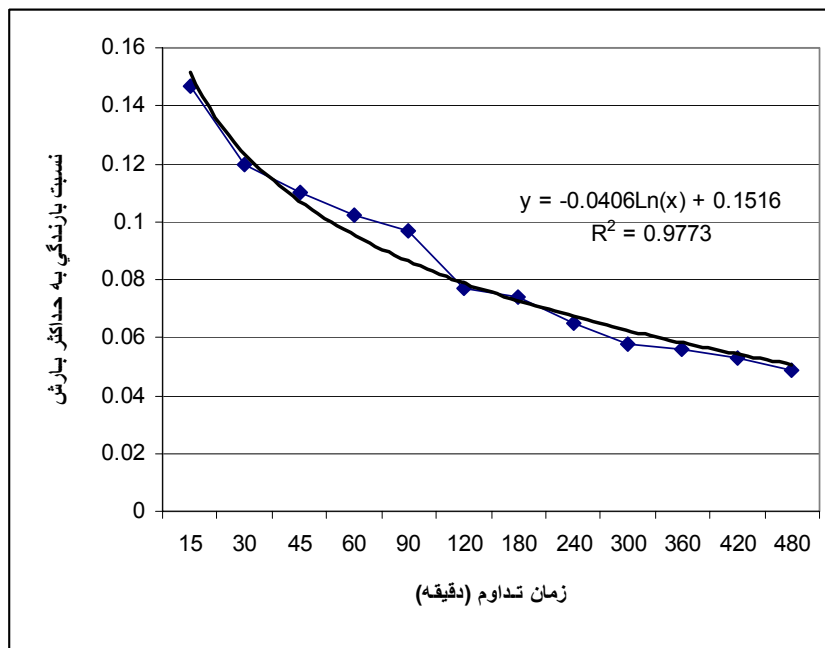
گام اول نسبت شدت بارندگی‌ها با مدت دوام مختلف به بارندگی حداکثر روزانه

به منظور مطالعه نسبت شدت بارندگی‌ها با مدت دوام مختلف به بارندگی حداکثر روزانه در حوضه

جدول شماره ۴ مقادیر شدت بارش در زمان تمرکز برای حوضه با اعمال ضریب بارش

۴۸۰	۴۲۰	۳۶۰	۳۰۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۲۰	۹۰	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	زمان تداوم بارش
۰/۰۴۹	۰/۰۵۳	۰/۰۵۶	۰/۰۵۸	۰/۰۶۵	۰/۰۷۴	۰/۰۷۷	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۴۷	نسبت بارش

ماخذ: محاسبات نگارنده



شکل شماره ۳ نسبت بارش با تداوم‌های مختلف و حداکثر بارش روزانه

شده برای منطقه شماره ۵ کشور (غرب کویر) استفاده گردید.

رابطه شماره (۷)

$$P_{10}^{60} = (1.2390 - 0.2369 \ln(PD_{\max})) PD_{\max}$$

$$PD_{\max} \leq 68$$

$P_{10}^{60}$ : بارش یک ساعته با دوره برگشت ۱۰

سال (میلیمتر)

$PD_{\max}$ : متوسط بارندگی ۲۴ ساعته مشاهده شده

در حوضه (میلیمتر)

-گام دوم تعیین رابطه بارش یک ساعته با دوره

برگشت ۱۰ ساله  $P_{10}^{60}$

برای محاسبه  $P_{10}^{60}$  از معادله خطی دو جمله‌ای، بین مقادیر متوسط بارندگی روزانه در یک دوره مشاهدات و زمان رابطه‌ای لگاریتم طبیعی برقرار است. این رابطه به صورت منطقه‌ای و بین چندین ایستگاه محاسبه می‌گردد. با توجه به این که در منطقه فقط یک ایستگاه باران سنجی ثبات موجود است؛ رابطه فوق قابل انطباق نبوده و جهت محاسبه از رابطه شماره (۷) (وزیری، ۱۳۷۶) ارائه

میزان  $P_{10}^{60}$  برای حوضه بر اساس رابطه وزیری برابر رابطه شماره (۸) :

با توجه به اینکه میزان بارش  $P_{10}^{60}$  ثبت شده برای ایستگاه برابر

$$PD_{\max} = 59.83$$

$$P_{10}^{60} = 1.2390 - 0.2369 \ln(59.83) 59.83 = 16.137 \text{ mm}$$

با توجه به اینکه میزان بارش  $P_{10}^{60}$  ثبت شده برای ایستگاه برابر  $PD_{\max} = 59.83$  است، روش وزیری با آمار ثبت شده حوضه اختلاف کمتری داشته، نسبت به رابطه مالک و سپاسخواه مناسب تر تشخیص داده شد.

-گام سوم تعیین رابطه منطقه‌ای بارندگی‌های کوتاه مدت

برای تخمین مقدار بارش با زمان دوام و دوره برگشت‌های مختلف از رابطه شماره (۹) ارایه شده از سوی بل (وزیری، ۱۳۷۶) استفاده شده است. رابطه شماره (۹):

$$P_T = (a_1 + b_1) \ln(T + C_1) (a_2 + b_2 t^{c_2}) P_{10}^{60}$$

در این رابطه:

$t$ : مدت بارش (دقیقه)

$T$ : دوره برگشت (سال)

$P_T^t =$  مقادیر بارش در هر مدت در هر دوره

برگشت (میلی متر)

$P_{10}^{60}$ : بارش‌های یک ساعته دوره برگشت ۱۰

ساله

از طریق نسبت مقدار بارش در دوره برگشت ۱۰ ساله محاسبه می‌شوند.

و  $a_2, b_2, c_2$  از نسبت مقدار بارش یک ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله محاسبه می‌شود. با توجه به اهمیت شدت‌هایی برابر زمان تمرکز مقادیر فرمول بل برای زمان‌های ۱۵ دقیقه تا ۷/۱۵ ساعت محاسبه گردید. مقادیر آن به شکل رابطه شماره (۱۰) است:

رابطه شماره (۱۰)

$$P_T = (0.6875 + 0.1404 \ln(T + (-0.7))) (3.9408 - 3.1541 t^{0.99})$$

$$r^2 = 0.9999, c_2 = 0.9997$$

اجزای رابطه مانند رابطه شماره (۹) است.

بر اساس رابطه فوق می‌توان مقادیر شدت‌های بارش در دوره زمانی ۱۵ دقیقه تا ۷/۱۵ ساعته و در دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله برای حوضه محاسبه شد.

۵ - برای برآورد دبی حداکثر بر اساس شدت بارش و انجام مرحله پنجم الگوریتم مقادیر شدت بارش در دوره برگشت‌های مختلف و متناسب با زمان تمرکز حوضه (۷.۱۵ ساعت) محاسبه و سپس با استفاده از روابط تجربی مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای حوضه بر آورد گردید.

جهت برآورد مقادیر ذکر شده، با استفاده از روابط ارایه شده در جدول شماره (۳) برای زمان ۴۲۰ دقیقه

استفاده و مقادیر شدت بارش در دوره برگشت‌های مختلف به شرح جدول شماره (۵) برآورد شد.

جدول شماره ۵ مقادیر شدت بارش در دوره‌های بازگشت مختلف حوضه با اعمال ضریب بارش (زمان تمرکز)

دوره برگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
شدت بارش	۴/۳۷	۵/۲۷	۵/۸۲	۶/۶۲	۷/۱۹	۷/۷۵
میزان بارش	۳۰	۳۶/۲	۳۸/۶	۴۵/۶	۴۹/۶	۴۳/۴

مأخذ: محاسبات نگارنده

### برآورد سیلاب‌های لحظه‌ای

برآورد سیلاب لحظه‌ای، از مهمترین مراحل مطالعات هیدرولوژیک در احداث سازه‌های آبی، عملیات آبخیزداری و مدیریت آب‌های سطحی محسوب می‌گردد. سیلاب لحظه‌ای در واقع به حد بالایی و حداکثر سیلاب در یک منطقه اطلاق می‌گردد که در مدت کوتاهی اتفاق افتاده، معمولاً با حداکثر دبی همراه است. محاسبه سیلاب لحظه‌ای از روش‌های گوناگونی مانند هیدروگراف، تحلیل آماری داده‌ها، برآورد منطقه‌ای و روش‌های تجربی همچون هیدروگراف مصنوعی، هیدروگراف سیل و روش‌های استدلالی مانند روش مدت - مساحت قابل تعیین است. در حوضه مورد مطالعه به دلیل کوتاه بودن دوره آماری آب‌سنجی و اینکه ایستگاه آب‌سنجی حوضه در یکی از زیر حوضه‌های فرعی قرار دارد از روش‌های تجربی استفاده گردید. از بین روش‌های یاد شده، از روش مدت - مساحت مناسب برای برآورد دبی حداکثر استفاده شد. فرم کلی رابطه ذکر شده به شکل رابطه شماره (۱۱) است.

$$Q_p = 0.278C.i.A$$

$Q_p$ : حداکثر آبدهی متر مکعب

$C$ : ضریب رواناب

$A$ : مساحت بین خطوط همزمان تمرکز کیلومتر مربع

$i$ : شدت بارندگی میلی متر در ساعت

برای محاسبه حداکثر دبی لحظه‌ای محاسبه ضریب رواناب، مساحت بین خطوط هم زمان تمرکز و شدت بارش‌ها الزامی است. بدین منظور:

### ضریب رواناب در حوضه

هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد، بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوضه باقی می‌ماند. این آب پس از پرکردن گودی‌های سطح زمین در امتداد شیب به راه می‌افتد و از طریق رودخانه اصلی از حوضه خارج می‌شود. به این بخش از بارندگی که می‌توان مقدار آن را در رودخانه اندازه‌گیری کرد، رواناب سطحی می‌گویند که رابطه مستقیمی بین این پارامتر و میزان بارندگی وجود دارد (علیزاده، ۱۳۷۴). برای تعیین ضریب رواناب از جدول استدلالی مبتنی بر کاربری اراضی، شیب زمین و جنس خاک استفاده شد. ضریب رواناب حوضه بر اساس روش استدلالی با در نظر گرفتن

رابطه شماره (۱۱) (علیزاده، ۱۳۷۴)

کاربری ارضی، جنس خاک و شیب برابر با ۲۰ درصد مدنظر قرار گرفت.

### مساحت بین خطوط همزمان تمرکز

برای محاسبه مساحت بین این خطوط، از رابطه تغییر یافته زمان تمرکز کریپیچ (رابطه شماره ۱۲) استفاده گردید:

رابطه شماره (۱۲)

$$L = \left[ \left( \frac{tc}{0.949} \right)^{1.385} H \right]$$

tc: که زمان تمرکز

جدول شماره ۶ مقادیر دبی لحظه‌ای در دوره برگشت‌های مختلف بر اساس روش مدت - مساحت (زمان تمرکز)

دوره برگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
شدت بارش mm/hr	۲/۷۴	۵/۷۵	۶/۴۱	۷/۲۵	۷/۸۹	۸/۵
ارتفاع رواناب (میلی متر)	۰/۹۴۸	۱/۱۵	۱/۲۸	۱/۴۵	۱/۵۷	۱/۸
میزان دبی لحظه‌ای متر مکعب بر ثانیه	۱۴/۴	۱۷/۷۸۱	۱۹/۴۵	۲۲/۰۶	۲۳	۲۵/۸۴

مأخذ: محاسبات نگارنده

$$Q = \frac{1}{n} * \sqrt{s} * R^{\frac{2}{3}} * A$$

در این رابطه:  $Q$ : دبی بر حسب متر مکعب  $n$ : ضریب زبری  $s$ : شیب آبراهه  $R$ : شعاع هیدرولیک  $A$ : مساحت خیس شدگی

به عنوان آخرین گام آب گرفتگی سیلابدشت در دوره برگشت‌های مختلف مشخص می‌گردد. سطح سیلابدشت در دوره برگشت‌های رودخانه متغیر بوده، این مسأله بر حجم خسارات ناشی از سیلاب می‌افزاید. برای اطلاع از سطح سیلاب دشت در حوضه مورد مطالعه، با استفاده از رابطه مانینگ ابعاد رودخانه تعیین گردیده است: رابطه شماره (۱۳) (صدقی، ۱۳۶۳):

جدول شماره ۷ سطوح سیلابدشت با توجه به مقدار سیلاب در مقطع روستایی فیل آباد

دوره برگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
میزان دبی لحظه‌ای متر مکعب	۱۴/۴	۱۷/۷۸۱	۱۹/۴۵	۲۲/۰۶	۲۳	۲۵/۸۴
سطح خیس شدگی (متر مربع)	۱۲/۴۱۱	۱۴/۸۴	۱۵/۷۶	۱۷/۳۸	۱۸/۰۱۸	۱۹/۶
محیط خیس شدگی (متر)	۱۰/۲۴	۱۱/۲۴	۱۱/۵۴	۱۲/۱۷۴	۱۲/۴۲	۱۲/۹

مأخذ: محاسبات نگارنده

$L$ : طول آبراهه به کیلومتر  
 $H$ : اختلاف ارتفاع به متر  
 بر اساس رابطه شماره (۱۲) حوضه به هشت منطقه هم زمان تمرکز تقسیم گردید.  
 با استفاده از کمیت‌های محاسباتی بالا و فرم کلی رابطه شماره (۱۱) میزان دبی حداکثر لحظه‌ای حوضه در دوره برگشت‌های مختلف به شرح جدول شماره (۶) است. قابل توجه است که شدت بارش‌های استفاده شده در این رابطه مقادیر برآوردی بر اساس جدول شماره (۳) است.

مترقبه، توسعه کشاورزی و به طور کلی اقتصادی را به همراه دارد.

نبود توجه به مدیریت سیلاب نیز موجب خسارات ناگوار، مانند مشکلات مربوط به تأمین منابع آب، کوتاه شدن عمر تاسیسات و سازه های آبی، فرسایش شدید منابع خاک، افزایش خسارت ناشی از رخداد سیل به زیر بناهای توسعه جوامع و در نهایت، گسترش فقر را برای ساکنان حوضه آبخیز را به همراه دارد.

حوضه فارسان با وسعت ۲۷۳/۴ کیلومتر مربع، در برگرفته شهرهای باباحیدر و فارسان و روستاهای فیل آباد، عیسی آباد، ده چشمه، گوجان، سپیدانه، امیدآباد، هیرگان و چوین با جمعیتی برابر با ۶۰۰۰۰ نفر، تراکم جمعیت ۲۱۹ نفر در هر کیلومتر مربع و داده های شدت و مدت بارش و دبی آن و همچنین با توجه به مشخصات هیدرومورفیک و هیدروکلیماتولوژی، از توان نسبتاً بالایی در زمینه منابع آب، آبخیزداری، ذخیره سازی آب، اقتصاد مبتنی بر کشاورزی و خطرات سیل خیزی و فرسایش بالا برخوردار است.

بنابراین با توجه به مباحث ذکر شده موارد زیر جهت اعمال مدیریت بحران پیشنهاد می‌گردد:

- توسعه و تقویت پوشش گیاهی حوضه به ویژه در ارتفاعات؛
- حداث سد خاکی به منظور ذخیره سازی منابع آب و کنترل سیل؛
- در نظر گرفتن حریم رودخانه با توجه به میزان آبگرفتگی سیلاب دشت و تعیین کاربری ارضی متناسب

براساس جدول شماره (۷) سطح خیس شدگی با مقادیر دبی در دوره برگشت های مختلف دارای رابطه مستقیم است. مقادیر محاسبه شده راهبرد احتیاطی کنترل و مدیریت سیل در محدوده سیلاب دشت را که منطقه مسکونی و اقتصادی حوضه در آن قرار دارند، معین می‌کند.

### بحث و پیشنهاد

درکنش بین رخداد سیل و کاربری سیلاب، دشت دارای ماهیت پویایی است. کاربرد سیلاب دشت به صورت پویا در حال تغییر است. بنابراین، می توان گفت که خسارت سیلاب دائماً با زمان تغییر می‌کند و اعمال مجموعه اقدامات مدیریت بحران امری گریز ناپذیر است. مدیریت بحران شامل فرآیند پیش بینی و پیشگیری از وقوع بحران برخورد و مداخله در بحران و سالم سازی بعد از وقوع بحران است.

بارش های شدید به عنوان پتانسیل مناسب منابع آب، به ویژه در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک یک پدیده دو وجهی مناسب و خسارت آفرین مطرح است؛ به گونه ای که با شناخت و توجه به آنها از طریق ذخیره سازی در پشت دیواره سدها، تزریق آن در داخل زمین به وسیله عملیات آبخوان داری و کنترل آن با انجام عملیات آبخیزداری برکات فراوانی مانند تأمین آب مورد نیاز به ویژه در ماه های خشک سال، جلوگیری از افت سطح ایستابی منابع آب زیر زمینی (به عنوان مهمترین منبع تأمین آب در مناطق خشک و نیمه خشک)، جلوگیری از فرسایش خاک، مدیریت حوادث غیر

- ۵- شرکت سهامی آب منطقه چهارمحال و بختیاری، (۱۳۸۶)، داده های آب سنجی و باران سنجی استان.
- ۶- صدقی، حسین، (۱۳۶۳)، اصول هیدرولوژی مهندسی، دانشگاه شهید چمران.
- ۷- طاهری، محمد طاهر و مصطفی بزرگ زاده، (۱۳۷۴)، سیلابهای شهری، وزارت مسکن و شهرسازی
- ۸- علیزاده، امین، (۱۳۷۴)، اصول هیدرولوژی کاربردی، آستان قدس رضوی
- ۹- علیزاده، امین، (۱۳۷۲)، روابط شدت - مدت - تناوب بارندگی در مشهد، نیوار، شماره ۱۷ تا ۲۰.
- ۱۰- غیور، حسنعلی، (۱۳۷۱)، پیش بینی سیلاب در مناطق مرطوب، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۵.
- ۱۱- قهرمان، ب، (۱۳۶۶)، تخمین روابط شدت - مدت تناوب بارندگی در نقاط مختلف ایران، پایان نامه فوق لیسانس، بخش آبیاری، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی.
- ۱۲- قهرمان، بیژن و حمزه صابری، (۱۳۸۲)، استخراج دسته منحنی های شدت - مدت - فراوانی - مساحت مناطق جنوبی ایران، نیوار، شماره ۴۸ و ۴۹.
- ۱۳- قهرمان، بیژن و ع.ر. سپاسخواه، (۱۳۶۹)، تخمین باران یک ساعته ده ساله برای تعیین روابط شدت

با آن؛ به گونه ای که از استقرار اماکن مسکونی در محدوده های سیلاب دشت که خطر آبگرفتگی دارند جلوگیری شود یا اینکه در کاربری کشاورزی از ایجاد باغها در محدوده دوره برگشت ۱۰ ساله امتناع ورزند؛

- برای طرح های ساماندهی رودخانه و ساحل سازی آن با توجه به شکل استقرار سکونتگاهها و اراضی مناسب کشاورزی در حاشیه رودخانه بر اساس ابعاد سیلابدشت محاسباتی مانینگ؛
- ساماندهی مسیل های ورودی به مناطق روستایی و شهری با توجه به خصوصیات ژئومورفیک حوضه، از مهمترین الزامات مدیریت محیط و منابع آب با توجه به شاخص رگبارهای منفرد و بارش های سنگین در حوضه است.

## منابع

- ۱- استانداری خراسان رضوی، (۱۳۸۷)، مدیریت بحران حوادث غیر مترقبه، پورتال وزارت کشور.
- ۲- رجایی، عبدالحمید، (۱۳۸۲)، کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی، انتشارات سمت.
- ۳- سازمان نقشه برداری کشور، نقشه با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ بابا حیدر.
- ۴- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۰)، راهنمای مهار سیلاب رودخانه، نشریه شماره ۲۴۲.

مدت- تناوب بارندگی در ایران، کنگره بین‌المللی  
مهندسی راه و ساختمان ایران، دانشکده شیراز.  
۱۴- وزیری، فریبرز، (۱۳۷۶)، هیدرولوژی کاربردی  
در ایران، جلد (۱)، خواجه نصیرالدین.

15- Bell,F,1961,Rain fall depth – duration  
– Ferquency maps for south wales, Bulletin  
No, &, WRFA.

16- Chow.V.T.Frequencey analysis of  
hydroloytic data with special  
application.Hcimos Enj.EXP.stm.Bual.sel.No  
414(1953).

17. Gumbel, E.G,Statiticuls of extremes.  
1958.

18. Hershfiled,D.1962.Anemperical  
comparison of the predictive. Values of 3  
extreme value procedures, Geophys.Res,97.

19-Murray,G.&G.Rao,1978,Computer  
methods for rainfall intensity-duration-  
frequency relationships.Int.Symp.on Urban  
Storm Water Manag.Lexington,Kentucky.

20- Sherman.C.W,Ferquncly and limativy  
of excessive Eamillus at.Boston.

Teams.A.m.sac.cir-Emy pp.Val.43 (1931).

21- Truple,J.1959.Relationships between  
internsitics of short duration fall. Hydraulic  
Res.Inst. Report Prayue.

22-World Meteorological  
Organization(WMO),1969,Manual for Deth-  
Area-Duration Analysis of Storm  
Precipitation,No.237.