مدیریت بحران در شهر جدید بهارستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، با تکیه برسیل وتعیین مسیر های زهکشی شهری مناسب برای دفع آبهای سطحی

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۱ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۱۵
صفحات: ۵۰-۳۱

زهرا حجازی زاده: استاد دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم تهران
Email: hedjazizadeh@yahoo.com
فرامرز خسروی: کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری[۱]
Email: Faramarz_kh2020@yahoo.com
محمدحسین ناصرزاده: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران
Email: nasserzadeh2004@yahoo.com

چکیده

سیل یکی از پدیده‌های موجود در طبیعت بوده که از دیرباز، بشر شاهد وقوع آن می باشد. در ایران نیز بدلیل وسعت زیاد، اقالیم متعدد و تراکم زمانی و مکانی بارش ها در اکثر حوضه‌های آبخیز، همه ساله شاهد سیلابهای عظیمی در اکثر مناطق کشور می‌باشیم. شهر جدید بهارستان نیز از این پدیده طبیعی مستثنی نبوده و در چند سال گذشته سیل‌های متعدد و مخربی در آن روی داده‌اند. در این پژوهش با استفاده از آمار بارندگی ۵۵ سال اخیر در نزدیک ترین ایستگاه به شهر بهارستان، بارش‌های سنگین آن استخراج شد، سپس وضعیت بارش و میزان امکان وقوع سیل و نیز حجم رواناب ناشی از بارش در محدوده قانونی شهر، سطح کل حوضه، محل تمرکز و جهت حرکت جریان هرزآبهای حاصل از بارش‌ها در ارتفاعات اطراف این شهر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مشخص گردید. بعد از آن جهت شیب تمامی خیابان‌های شهر در طی عملیات میدانی تعیین گردید تا جهت حرکت سیلابهای احتمالی مشخص شود. در نهایت ۵ دسته کانال با سطح مقطع‌های متفاوت برای جمع‌آوری و انتقال آبهای سطحی شهر جهت امنیت شهر در برابر رواناب های زیرحوضه‌های شهری و غیر شهری پیشنهاد گردید.

کلید واژگان: مدیریت بحران، شهر جدید بهارستان، سیل، رواناب، کانال زهکش

---

[۱]. نویسنده مسئول: کردستان- مریوان- شهرداری مریوان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

مقدمه

قبلاً تصور می‌شد وقوع حوادث و بلایای طبیعی در مناطق شهری آثار و پیامدهای کمتری در مقایسه با مناطق روستایی دارد. اما امروزه، با توجه به تغییرات مشخص که در ساختار و سازمان شهرها به وجود آمده، آنها را در برابر حوادث غیر مترقبه بسیار ضربه‌پذیر کرده است(عسگری، ۱۳۸۲: ۴۹). از ویژگیهای بارز مناطق خشک ونیمه‌خشک وجود جریان موقتی و طغیانی سیلابی در آبراهه‌ها و خشکه‌رودهایی به نام مسیل است. غالب مراکز جمعیتی در چنین مناطقی در مکان هایی نظیر اراضی پایکوهی، مخروط افکنه‌ها، رسوبات ضخیم و دشتهای آبرفتی قرار گرفته‌اند. بنابراین در معرض دبی‌های مخرب سیلابی خروجی از حوضه‌های آبخیز کوهستانی بالادست خود و یا رواناب های حاصل از تمرکز و یا جریان یافتن آب بارندگی در خیابان ها و دیگر مسیرهای فرعی شهر می‌باشند. در نواحی شهری بخش زیادی از زمین بوسیله مواد غیرقابل نفوذ پوشیده شده است، که ویژگی این مواد کاهش نفوذپذیری و تشکیل سریع رواناب سطحی است که باعث ایجاد سیل، بدون ارتباط با دشت سیلابی، می شود. البته باید توجه داشت که پیچیدگی محیط‌های شهری و زیرساخت های مربوط به زهکشی تأثیر زیادی بر تشکیل رواناب سطحی دارد(Chen et al. 2009: 184). طبق مطالعات صورت گرفته توسط وانگ و همکاران، افزایش ۱۰، ۱۵ و ۳۰ درصدی سطوح غیر قابل نفوذ شهری معمولاً سبب ۲، ۳ و ۵ برابر شدن احتمال رخداد سیلاب‌هایی با دوره بازگشت دو ساله خواهند شد(خام‌چین مقدم و همکاران، ۱۳۸۵: ۴) البته باید توجه داشت که کاهش سطوح غیر قابل نفوذ شهری با روند فزاینده رشد و گسترش شهرها تقریباً امری محال و دست نیافتنی می‌باشد. مدیریت کاربری اراضی و تهیه زیرساخت های لازم مهمترین ابزار جهت کاهش مخاطرات سیل در بلندمدت است. (Congressman and Ashley, 1999: 8) با گسترش یافتن جامعه(شهری) و اقتصاد، به تدریج نیاز به کاهش‌دادن مخاطرات، نه فقط اطمینان در رابطه با کنترل ریسک مخاطرات، بلکه دیگر اقدامات مهم و مدیریتی در جهت تهیه برنامه و پیگیری طرح‌های بازدارنده(از بروز آسیب‌پذیری‌های بیشتر) افزون گشته است(Liangfeng, 2002: 371-2). هدف برنامه‌ریزی شهری به منظور پیشگیری از بلایا، تشخیص فرایند عناصر مخاطره آمیز و تقویت ایمنی محیط، به واسطه بهبود و اصلاح شهر و شهرسازی است(عبداللهی، ۱۳۷۴: ۹۷). سیل‌ها بیشترین بحران‌های تکرارشونده طبیعی محسوب می‌شوند(بهادری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴). مدیریت بحران سیل به طور خلاصه ماهیت چند بعدی مدیریت محیط را نشان می دهد منظور از سیل در یک محیط شهری، سرریز کردن جریان آب از مقطع یک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

کانال مشخص یا جاری شدن رواناب با ارتفاع قابل ملاحظه بر روی سطح مسیرهای تردد وسائط نقلیه اطلاق می‌شود(Correia et al. 1998: 209). با انجام بررسی ها و مطالعه طرح های انجام گرفته درسازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان مشخص شد که درگذشته سیل خسارات فراوانی به ابنیه و راه های ارتباطی شهر بهارستان زده است و چون سیل قابل پیش‌بینی است لذا ضرورت دارد که نسبت به طراحی و اجرای زیرساخت‌های لازم جهت جمع‌آوری و انتقال رواناب‌ها اقدام شود تا با تدابیر اصولی از ورود سیلاب به منازل مسکونی جلوگیری به عمل‌آید و برای مقابله منطقی‌تر با سیل آماده بود. اما در این زمینه مسأله اصلی تعیین جهت شیب زیر حوضه‌های خارج و داخل شهر(شامل کلیه خیابان‌ها و مسیرهای فرعی آن) و سپس تعیین یک سری کانال‌های زهکش به شکل سلسله مراتبی برای این زیر حوضه‌ها است تا در هنگام بارندگی‌های شدید از تمرکز رواناب‌ها و ایجاد سیل جلوگیری شود.

در این رابطه، تحقیقات متعددی صورت گرفته است از جمله، مجید صوفی(۱۳۷۵) در پژوهشی به بررسی عوامل موثر بر ایجاد سیل در آبخیزهای شهری و راهکارهای کنترل آن در شهر شیراز پرداخته است و راهکارهایی را برای حل این مشکل ارائه داده است. فرهاد خام چین مقدم و همکارانش(۱۳۸۵) درتحقیق خود اقدام به بررسی اهمیت و لزوم بهسازی مسیل های شهری از نگاه زیست محیطی پرداخته اند و بر احیای این زهکش های شهری تأکید می کند. میر امید هادیانی(۱۳۸۶) در تحقیق خود به بررسی نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب های منطقه ای درحوزهٔ آبخیز مادرسو پرداخته است و تغییر در کاربری اراضی را عامل اصلی سیلاب ها می داند. در سایرکشورهابطورگسترده تری به این موضوع پرداخته شده است. جیسون هونگ[1] (۲۰۰۷) رساله دکتری خود را در دانشگاه واترلو در اونتاریو با عنوان زیرساخت های یکپارچه شهری برای شهر ووهان درچین که دارای سیل خیزی بالایی می باشد کارکرده است و یک سری کانالهای سلسله مراتبی را برای این شهر طراحی نموده است. جیان چن[2] و همکارانش(۲۰۰۹) در پژوهشی به تهیه یک مدل در زمینه سیلاب شهری پرداخته‌اند و ضعف های زیرساخت های زهکشی شهری را عامل آن دانسته اند. هدف از این مطالعه شناسایی نقاط تجمع رواناب در سطح شهر و کاهش مشکلات و ناخرسندی مردم ناشی از این امر، جمع‌آوری آبهای سطحی معابر و انتقال به شبکه اصلی زهکشی جهت حفظ معابر و جاده ها از تخریب ناشی از فزونی آب و سیلاب وکاهش وقفه و کندی در آمد و شد، کاهش هزینه‌های پاک‌سازی

1- Jason Hong
2- Jian Chen

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

و جمع‌آوری آبهای سطحی در مواقع بارندگی، بهبود و افزایش زیبایی و دل پذیری محیط زیست شهری، انتقال آب از نقاط دارای مشکل به مناطق پذیرنده آب، کاهش احتمال بروز سیل در مناطق پرخطر، تبعیت توسعه آینده شهری از وضعیت زهکشی پیشنهادی، ایمن‌سازی بیشتر مناطق مسکونی، تجاری و خدماتی، کاهش هزینه‌های تحمیل شده بر اشخاص حقیقی و سازمانهای دولتی، افزایش همکاری مردم با شهرداری و دیگر ادارات مربوطه در نتیجه مشاهده اثرات مطلوب اجرای طرح، تسهیل در برآورد محاسبات هیدرولوژیکی مربوط به شهر نظیر دبی خروجی از سطح شهر، مهیا شدن زمینه استفاده بهتر از رواناب خروجی از شهر برای امر تصفیه فاضلاب، انتقال آب برای کشاورزی و مصارف صنعتی، حفظ بهتر اراضی کشاورزی و زراعی حاشیه شهر از خطر آب‌بردگی و سیل‌گیری و نیز جلوگیری از ماندابی شدن این اراضی می باشد.

مدیریت بحران[1] و بحران سیل

دانش مدیریت بحران به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می شود که قبل و بعد و هنگام وقوع حوادث طبیعی، جهت کاهش اثرات این حوادث و کاهش آسیب‌پذیری انجام گیرد. این موضوع ارتباط خاصی با مباحث برنامه‌ریزی، مدیریت شهری و جغرافیا دارد. با به کارگیری اصول و ضوابط شهرسازی و تعیین مفاهیم موجود در این دانش مانند: فرم، بافت و ساختار شهر، کاربری اراضی شهری، شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت های شهری و ... می توانیم تا حد زیادی اثرات و تبعات ناشی از حوادث را کاهش دهیم، از طرفی مدیریت شهری و اداره امور شهر نیز نقش مؤثری در کاهش اثرات این حوادث می‌تواند داشته باشد(تقوایی و ترک زاده، ۱۳۸۷: ۳۶). دانش شهر سازی با تکیه بر داده های جغرافیایی می‌تواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اثرات این گونه بلایا را با حدزیادی تقلیل‌دهد و مدیران شهری می‌توانند با استفاده از این داده‌ها اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر این حوادث را به اجرا درآورند(حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۸).

هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب به داخل 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 جریان پیدا کرده و از طریق شبکه آبراهه‌ها و سپس رودخانه اصلی از حوزه خارج

3- Disaster Management

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

می‌گردد. به این بخش از بارندگی رواناب سطحی[1] می‌گویند(عبدی، ۱۳۸۵: ۱۹۸). حال در شرایطی که شبکه زهکشی به شکل مناسبی طراحی نشده و یا ناقص شکل گرفته باشد موجب تمرکز بیشتر رواناب ها درمناطق با شیب کمتر می شود یا اینکه از بهم پیوستن رواناب های متعدد در نقاطی با شیب بیشتر، جریان های سیلابی با قدرت تخریب بالا شکل می گیرند. در این زمان جریان حالت معمول نداشته و سبب بحران آفرینی می‌شود. هرچه حجم آب و میزان شیب بیشتر باشد قدرت تخریب آن بالاتر می‌رود، در نقاط سکونتگاهی شاید حتی فرصت تخلیه ساکنین فراهم نشده و ساکنین در محاصره سیل قرار گیرند. بر اساس گفته شاهدان در سیل رخ داده در سال های اخیر در شهر بهارستان، زیرزمین ساختمان ها پر از آب حاصل از تجمع و تمرکز رواناب های حاصل از بارندگی شده است و کلیه معابر اصلی و فرعی دچار آب گرفتگی شده‌اند. دلیل اصلی این امر عدم طراحی کانال های زهکش مناسب و متفاوت جهت انتقال رواناب ها به خارج از محدوده شهر بوده است.

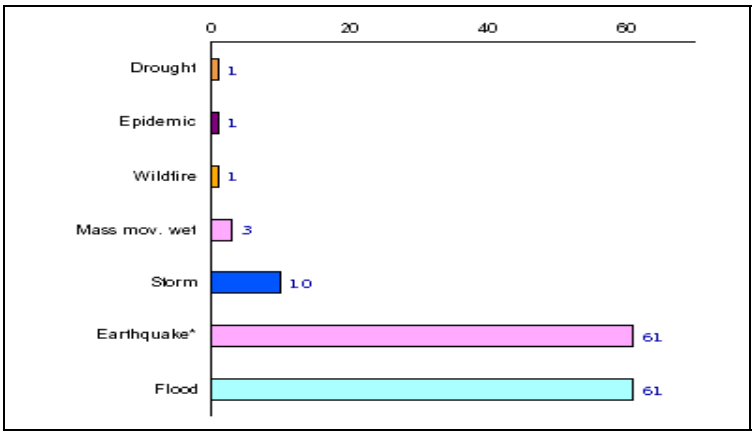
از مهمترین بحران‌هایی که امروزه در سطح جهان دارای بیشترین رخداد و در نتیجه خسارت می‌باشند و تا حدودی نیز آماری برابر دارند(شکل شماره: ۱)، می‌توان به سیل و زلزله اشاره کرد. سازمان ملل متحد نیز با هدف فراهم‌آوردن زمینه تلاش جهانی برای نیل به محیط ایمن در برابر سوانح طبیعی و کاهش آثار آنها، آخرین دهه قرن گذشته را به عنوان دهه بین-المللی کاهش آثار بلایای طبیعی(IDNER) نام‌گذاری نمود که یکی از اهداف هفت‌گانه این دهه، مدیریت‌بحران بوده‌است(احمدیان، ۱۳۸۰: ۴۴). بر اساس گزارش سازمان ملل میانگین سالانه رخداد سیل‌های مخرب در دنیا، همانند زلزله، ۲,۱درصد است که در سه دهه گذشته نا حدودی از میانگین رخدادصعودی برخوردار بوده است، یعنی برخلاف آنچه تصور می‌شود از میزان سیل‌خیزی درسطح دنیا کاسته نشده‌است و رو به فزونی نهاده‌است(شکل شماره ۱ و ۲).

امکان وقوع دیگر مخاطرات نسبت به این دو در سطح ناچیزی قراردارد. در طی سه دهه گذشته بیشترین جمعیتی که تحت تأثیر سیل قراگرفته‌اند در سال‌های ۸۰، ۸۸، ۹۳، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ میلادی، بالغ بر ۲۹۸۴۹۲۸ میلیون نفر بوده‌اند که از این تعداد ۱۳۶۳ نفرجان خود را از دست داده‌اند، زیان اقتصادی حاصل از آن در حدود ۶۴۳۴۴۰۰۰۰۰ دلار برآوردشده است (www.reventionweb.net). به استناد داده‌های سازمان ملل، به لحاظ پراکندگی سیل در کشور ایران نیز می‌توان گفت که قسمت اعظم کشور به غیر از بخش‌های داخلی و کویر لوت

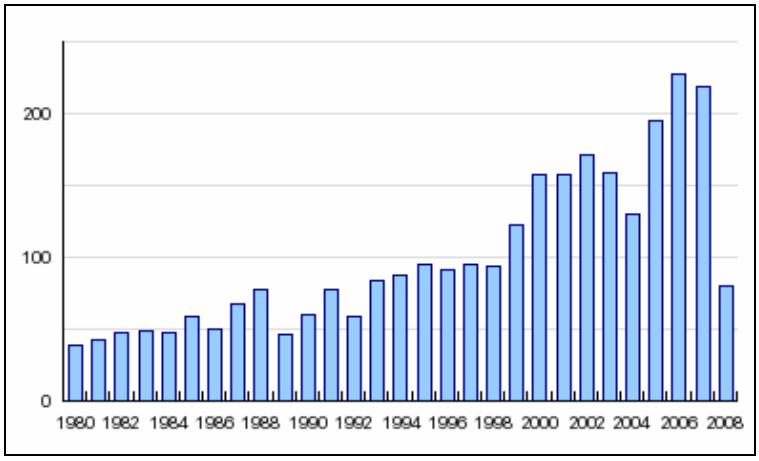
[1] - surface run-off

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

دارای خطر متوسط و بالا در زمینه بروز سیل می‌باشند. این امر با نگاهی به شکل شماره ۳ واضح تر می‌نماید.

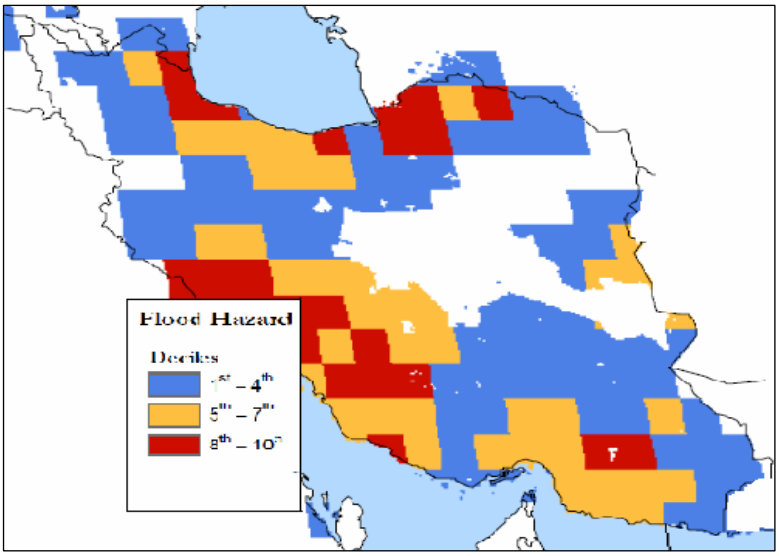


شکل (۱) نمودار مقایسه میزان رویداد مخاطرات طبیعی در دنیا در سه دهه گذشته (منبع: وب گاه وابسته به سازمان ملل متحد(www.preventionweb .net)



شکل (۲) نمودار سیر صعودی رخداد سیل در دنیا در طی ۳۰ سال گذشته (منبع: نگارندگان طبق داده های منبع قبلی)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل (۳) پهنه بندی امکان وقوع سیل در کشور (منبع: وب گاه وابسته به سازمان ملل متحد(net. (www.preventionweb

مواد، روش‌ها و تجزیه و تحلیل داده ها

محدوده موردمطالعه شهر جدید بهارستان در فاصله ۱۵کیلومتری جنوب اصفهان و درمحورشرقی جاده اصفهان - شیراز قرارگرفته است. از طرفی در دامنه کوههای لاشتر و رشته-کوههای کم‌ارتفاعی به نام میانکوه و ازطرفی دیگر به دشت سرسبز زاینده‌رود با برخورداری از موقعیت جغرافیائی مناسب و جاذبه محیطی مطلوب به چشم‌اندازی زیبا قرارگرفته‌است. ارتفاع آن ازسطح دریا ۱۵۷۰متر و شیب زمین بین ۲ تا ۷ ٪ است.

در این پژوهش ابتدا بارش های سنگین و نیز بالاتر از ۲۰ میلیمتر شهر بهارستان استخراج شد. سپس دوره بازگشت آنها محاسبه شد تا حجم رواناب ایجاد شده درحین این بارش ها محاسبه گردد. تا هرچه بیشتر خطر آسیب‌پذیری شهر و احتمال وقوع سیل و آب گرفتگی دوباره معابر و ابنیه شهر نمایان شود. سپس برای تعیین محل تمرکز آب حاصل از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

بارش، جهت شیب و حرکت جریان های حاصل از آن از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] و ابزار هیدرولوژی آن[2] استفاده گردید. با تعیین موارد مذکور توسط این سیستم به راحتی می‌توان با طراحی کانال های مناسب در مسیر حرکت این جریان ها ، از ورود آنها به شهر و نیز خطر آفرینی آنها جلوگیری به عمل آورد. این امر در این پژوهش تحقق یافته است. در آخر نیز راه حل این معضل با طرح یک رشته کانال‌های زهکش سلسله مراتبی پیشنهاد شده‌است. برای این کار از ایستگاه های سینوپتیک، که شهر اصفهان وحومه آن از جمله شهر بهارستان را تحت پوشش قرار می دهند استفاده شد(شکل شماره: ۴). همچنین میانگین بارش ۵۵ ساله این ایستگاه ها درجدول شماره ۱ مشخص شده که این داده‌ها جهت محاسبات بعدی استفاده شده اند.

شکل(۴) نقشه پراکنش ایستگاههای سینوپتیک شهر اصفهان و حومه(منبع: نگارندگان)

[1]. سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) سیستم‌هایی مبتنی بر کامپیوتر هستند که داده‌های فضایی مرجع را در مقاطع زمانی مختلف(برای مثال: به کارگیری، تجزیه و تحلیل، مدلسازی و نمایش) ذخیره‌سازی و پردازش می-کنند(Yanar et al. 2006: 1068).

2- Arc Hydro

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

حدول (۱) میانگین بارش ۵۵ ساله ایستگاههای شهر اصفهان و حومه (منبع: محاسبات نگارندگان)

ایستگاه	میانگین
شرق اصفهان	۹۹,۴۱۳۷۹
کبوتر	۱۰۶,۳۸۷۵
اصفهان	۱۲۱,۰۰۹۱
یزداب	۹۴,۰۰۳۷۵
ورزنه	۷۰,۶۱۶۲۵
پالایشگاه	۱۲۶,۸۵۹
دانشگاه	۱۳۲,۸۳۶۴

جهت محاسبه و مشخص نمودن بارش‌های سنگین شهر بهارستان می‌بایست ابتدا ۲۰ ٪ درصد میانگین ۴۰ ساله بارش هر ایستگاه که قبلاً محاسبه کرده‌ایم را حساب کنیم. سپس آنرا با گشتاور ششم(انحراف معیار ضرب در عدد ۶) جمع می بندیم.

Heavy Rainfall= m+6δ

Heavy Rainfall: بارش سنگین

m : ۲۰٪درصد میانگین بارش هر ایستگاه

δ6: گشتاور ششم (انحراف میانگین×۶)

براساس عملیات بالا, شاخص بارش سنگین در شهر بهارستان تعیین می شود (جدول ۲).

جدول (۲) مرحله اول محاسبه بارش سنگین (منبع: محاسبات نگارندگان)

	شرق اصفهان	کبوتر	اصفهان	یزداب	ورزنه	پالایشگاه	دانشگاه
میانگین	۹۹,۴۱	۱۰۶,۳۸	۱۲۱,۰۰	۹۴,۰۰	۷۰,۶۱	۱۲۶,۸۵	۱۳۲,۸۳
انحراف میانگین	۱,۱۵۴	۰,۸۶۴	۱,۵۸۷	۰,۹۰۰	۱,۰۶۲	۱,۳۵۱	۰,۹۷۵
m	۱۹,۸۸	۲۱,۲۷	۲۴,۲۰	۱۸,۸۰	۱۴,۱۲	۲۵,۳۷	۲۶,۵۶
δ6	۶,۹۲	۵,۱۸	۹,۵۲	۵,۴۰	۶,۳۷	۸,۱۰	۵,۸۵
δm+6	۲۶,۸۰	۲۶,۴۶	۳۲,۷۲	۲۴,۲۰	۲۰,۵۰	۳۳,۴۷	۳۲,۴۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

بعد از تعیین شاخص بارش سنگین تعداد روزهای همراه با بارش سنگین و مقادیر آن از داده های آماری مربوط به دوره ۴۰ ساله ایستگاه های پوشش دهنده شهر بهارستان استخراج می گردد(جدول ۳).

جدول (۳)تعداد روزهای بارش سنگین و میزان بارش سنگین(منبع: محاسبات نگارندگان)

ایستگاه	شرق اصفهان	کبوتر	اصفهان	یزداب	ورزنه	پالایشگاه	دانشگاه
شاخص بارش سنگین(mm)	۲۶,۸۰	۲۶,۴۶	۳۳,۷۲	۲۴,۲۰	۲۰,۵۰	۳۳,۴۷	۳۲,۴۱
تعداد روزهای بارش سنگین	۳	۱	۴	۳	۸	۳	۲
میزان بارش سنگین(mm)	,۴۳,۵ ,۴۷ ۲۸	۲۶	۳۳ ,۴۸ ۳۷ ،۳۳	۲۶ ,۳۸ ۳۲,۶	,۲۳,۸ ,۲۶,۵ ۲۶ ,۲۱ ,۲۰,۸،۲۴ ۲۱ ,۲۲,۵	۴۲,۸ ,۵۰ ۳۳	۳۴ ,۵۲

برای محاسبه احتمال داده‌های تجربی از فرمول $p = \frac{m}{n+1}$ استفاده می‌شود. این فرمول به نام فرمول ویبول(*Weibull*) معروف است. البته متخصصان هیدرولوژی معتقدند که وقوع پارامترهای آب و هواشناسی مانند بارندگی، سیل، دما و غیره که به صورت تصادفی اتفاق می افتند در همه جا و در همه موارد از یک قانون احتمالاتی خاص مانند فرمول مذکور تبعیت نمی کنند بلکه ممکن است که این فرمول برای بعضی موارد صادق نباشد(علیزاده، ۱۳۸۶: ۴۶۴). در فرمول بالا:

P = احتمال وقوع بارش m = روز بارش (شماره ردیف)

n = تعداد کل روزهای دوره مورد پژوهش (تعداد کل داده ها)

پس از استخراج بارش های سنگین، احتمال وقوع این بارش ها با فرمول بالا محاسبه می-شود(جدول شماره: ۴). تعداد کل داده‌های این پژوهش n=۱۹۷۲۵ است. به دنبال محاسبه احتمال وقوع، دوره بازگشت(period return) بارش های سنگین از فرمول $T = \frac{1}{P}$ محاسبه می-شود(شکل ۸).

T = دوره بازگشت (سال) P = احتمال وقوع

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

برای تعیین میزان رواناب محتمل در نتیجه بارش، در طی هر کدام از بارش های رخ داده در سطح حوضه، از فرمول زیر استفاده می شود:

$$Q = \frac{p}{1000} \times A$$

Q = حجم رواناب در سطح حوضه به متر مکعب (m^3)

P = میزان بارش به میلیمتر (mm)

A = مساحت حوضه به متر مربع (m^2)

اگر سنگین ترین بارش شهر بهارستان(۵۲ میلیمتر) و سطح کل شهر (۱۴ کیلومتر مربع) در نظر بگیریم، امکان تشکیل روانابی با حجم زیر وجود دارد:

$$Q = \frac{52}{1000} \times 14000000 = 728000\ m^3$$

حال باید توجه داشت که آیا کانال های جمع آوری و انتقال رواناب شهر بهارستان ظرفیت تخلیه چنین حجمی از رواناب را دارند یانه. آنچه جالب توجه است اینکه در این شهر کانالهای جمع‌آوری و انتقال رواناب، که تنها برای معدودی از خیابان‌های اصلی طراحی شده‌اند در سراسر طول مسیر دارای سطح مقطع برابر و البته محدود می باشند و در طی مشاهدات میدانی مشخص‌شد در بارش‌هایی که بیش از ۱۵ دقیقه به طول می‌انجامند، حجمی بیش از ۲۰ میلیمتر دارند. کلیه این کانال ها از آب پر شده و در نتیجه سطح خیابان‌ها و کوچه‌ها را با آب گرفتگی مواجه می‌کنند. می‌توان گفت که مسئولین شهر بیشترین توجه خود را بر امر ساخت و ساز ساختمان‌ها و مسیرهای عبور و مرورصرف نموده‌اند(و چون سوابق بارش‌ها و سیل گرفتگی‌های شهر را مطالعه ننموده اند و به روال مرسوم، هرکدام پس از سه یا چهار سال پست خود را از دست داده یا تغییر داده اند) و هنوز اقدامی درخور در زمینه مدیریت پیشگیرانه بحران(سیل) به عمل نیاورده اند. البته باید توجه‌داشت که کل بارش به رواناب تبدیل نمی‌شود بلکه تبخیر و نفوذ، مقادیری از آن را به خود اختصاص می‌دهند. در سطوح شهری به دلیل اینکه بیشترین پوشش سطح زمین را عناصر غیر قابل نفوذی همچون آسفالت، بتن و انواع سنگ فرش‌ها تشکیل می‌دهد، از مقدار نفوذ به شدت کاسته‌شده و خود به عنوان عوامل تشدیدکننده شکل‌گیری رواناب و نیز سیلاب به شمار می‌روند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

- تعیین محل تمرکز هرزآبها در ارتفاعات حوضه شهر بهارستان

تا این مرحله از کار مشخص شد که بارش‌های سنگین با دوره بازگشت کوتاه در این حوضه با احتمال وقوع نسبتاً متوسط به بالا وجود دارد. پس از انجام محاسبات مذکور و مشخص‌شدن احتمال وقوع و دوره بازگشت بارش‌های سنگین، با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه در سیستم اطلاعات جغرافیایی و اضافه نمودن ابزار هیدرولوژی بر روی آن، اقدام به مشخص‌نمودن نقاط تمرکز و جهت حرکت هرزآب‌های ناشی از بارش در ارتفاعات حوضه شهر بهارستان(۶۴ کیلومتر مربع) شد(شکل ۵).

با توجه به اینکه وسعت کل حوضه(منهای سطح شهر که قبلاً محاسبه شد) در حدود ۵۰ کیلومتر مربع است و سنگین‌ترین بارش حوضه ۵۲ میلیمتر بوده است بنابراین رواناب محتمل ناشی از بارش در سطح حوضه اینگونه محاسبه می گردد:

$$Q = \frac{52}{1000} \times 50000000 = 2600000\ m^3$$

همچنین با در نظر گرفتن مقدار تبخیر و نفوذ از بارش، باز مقدار رواناب تشکیل شده ناشی از آن چشمگیر بوده و چون شیب و جهت حرکت این هرزآبها به طرف شهر بوده این موارد خود بازگو کننده میزان بالای ریسک پذیری این شهر در برابر سیلاب های احتمالی ناشی از بارش است که در صورت عدم برنامه ریزی جهت مقابله با این جریان های مخرب و طراحی یک سیستم مناسب جهت انحراف، جمع آوری و انتقال آنها، بایستی منتظر عواقب و خسارت های جبران ناپذیر ناشی از آن بود.

- تعیین جهت شیب مسیرهای ارتباطی شهر بهارستان

با استناد به نقشه توپوگرافی و کنترل های صحرایی و نیز با عنایت به بازدیدهای گسترده و راهپیمائی های انجام شده در سطح شهر و نیز استفاده از اطلاعات نقشه‌های توپوگرافی و عکسهای هوایی، روند عمومی شیب شهر از شمال به جنوب و در موارد فرعی‌تر شیب‌های شرق به غرب و بعد از آن شیب‌های غرب به شرق دارای بیشترین فراوانی می‌باشند که پس از برداشت این اطلاعات، بر روی نقشه کاربری اراضی شهر پیاده شد(شکل ۶).

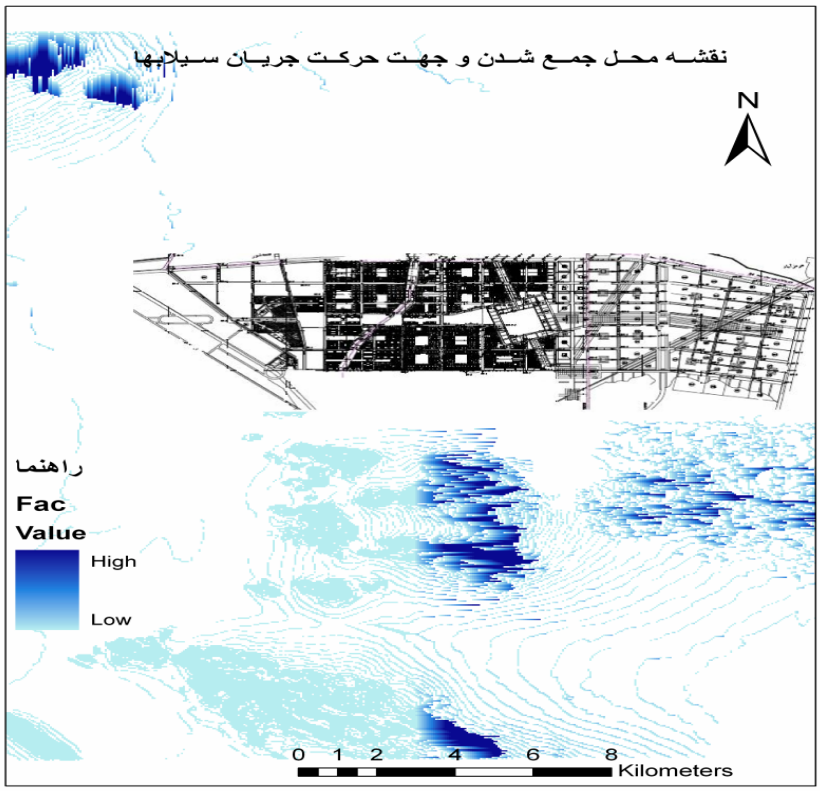
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

جدول (۴) محاسبه دوره بازگشت و احتمال وقوع بارش سنگین

ایستگاه	میزان بارش سنگین	m	$= \frac{m}{n+1}$	$T = \frac{1}{P}$
شرق اصفهان	۴۷	۵۸۳۹	٪۲۹	۳,۴
	۴۳,۵	۶۵۴۶	٪۳۳	۳,۰۳
	۲۸	۱۰۵۶۵	٪۵۲	۱,۸۸
کبوتر	۲۶	۱۱۷۲۲	٪۵۹	۱,۶۹
اصفهان	۴۸	۶۴۴۶	٪۳۳	۳,۰۳
	۳۷	۱۲۰۰۴	٪۶۰	۱,۶۶
	۳۳	۶۹۹۵	٪۳۵	۲,۸۵
	۳۳	۱۰۵۶۵	٪۵۳	۱,۸۸
یزداب	۳۸	۸۷۹۸	٪۴۴	۲,۲۷
	۳۲,۶	۱۳۵۰۴	٪۶۸	۱,۴۷
	۲۶	۱۳۵۵۵	٪۶۸	۱,۴۷
ورزنه	۲۶,۵	۵۹۴۵	٪۳۰	۳,۳۳
	۲۶	۱۳۹۴۰	٪۷۰	۱,۴۲
	۲۴	۱۱۳۰۵	٪۵۷	۱,۷۵
	۲۳,۸	۳۸۱	٪۰۱۹	۵۲,۶۳
	۲۲,۵	۱۱۷۲۲	٪۵۹	۱,۶۹
	۲۱	۶۷۰۰	٪۳۳	۳,۰۳
	۲۱	۱۲۵۶۸	٪۶۳	۱,۵۸
	۲۰,۸	۶۱۶۰	٪۳۱	۳,۲۲
پالایشگاه	۵۰	۹۲۲۴	٪۴۶	۲,۱۷
	۴۲,۸	۱۵۷۱۸	٪۷۹	۱,۲۶
	۳۳	۱۰۵۶۵	٪۵۳	۱,۸۸
دانشگاه	۵۲	۶۵۴۶	٪۳۳	۳,۰۳
	۳۴	۶۹۹۵	٪۳۵	۲,۸۵

(منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

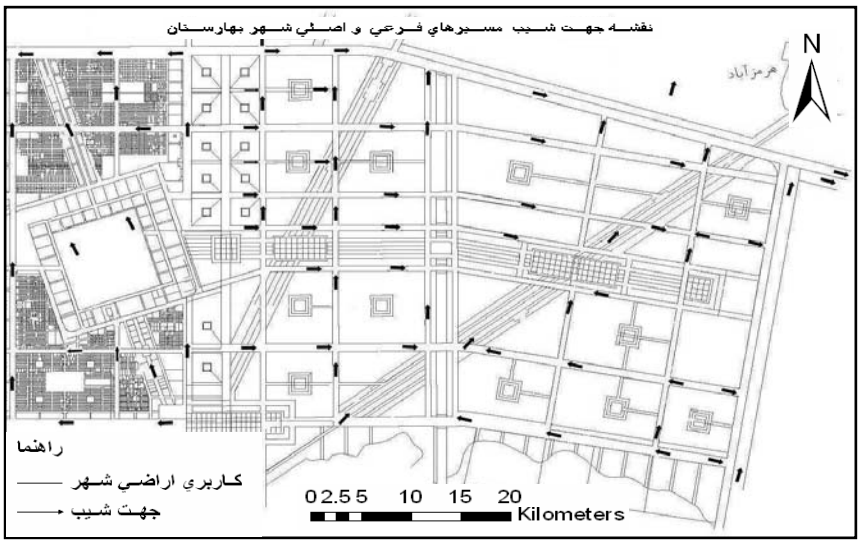


شکل (۵) نقشه محل تجمع و جهت حرکت جریان‌های ناشی از بارش(با توجه به خطوط میزان) ارتفاعات حاشیه‌ای شهر بهارستان (منبع: محاسبات نگارندگان)

این نقشه به دلیل اینکه جهت شیب و در نتیجه حرکت و یا تمرکز رواناب ها را در درون شهر به وضوح نشان می دهد کاربرد اجتناب ناپذیری در طراحی و پیشنهاد کانال های زهکشی سلسله مراتبی، با توجه تعداد هرزآب هایی که به هم می‌پیوندند دارد. پس از اینکه شیب کلیه مسیرهای ارتباطی مشخص شد به راحتی می‌توان فهمید که بیشترین حجم رواناب ها در کدام یک از این مسیرها تمرکزیافته یا به جریان سیلابی تبدیل می شود. بنابراین می توان با توجه به طول مسیرها، تعداد مسیر های فرعی و اصلی که به هر یک از این مسیر ها منتهی می شوند و نیز با توجه به شیب، سلسله مراتبی از کانال های زهکش با سطح مقطع متفاوت(که اندازه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

دقیق سطح مقطع هر یک ازکانال ها و طراحی آن جهت اجرا بایستی توسط مهندسین صورت گیرد) را برای این مسیرها پیشنهاد نمود.

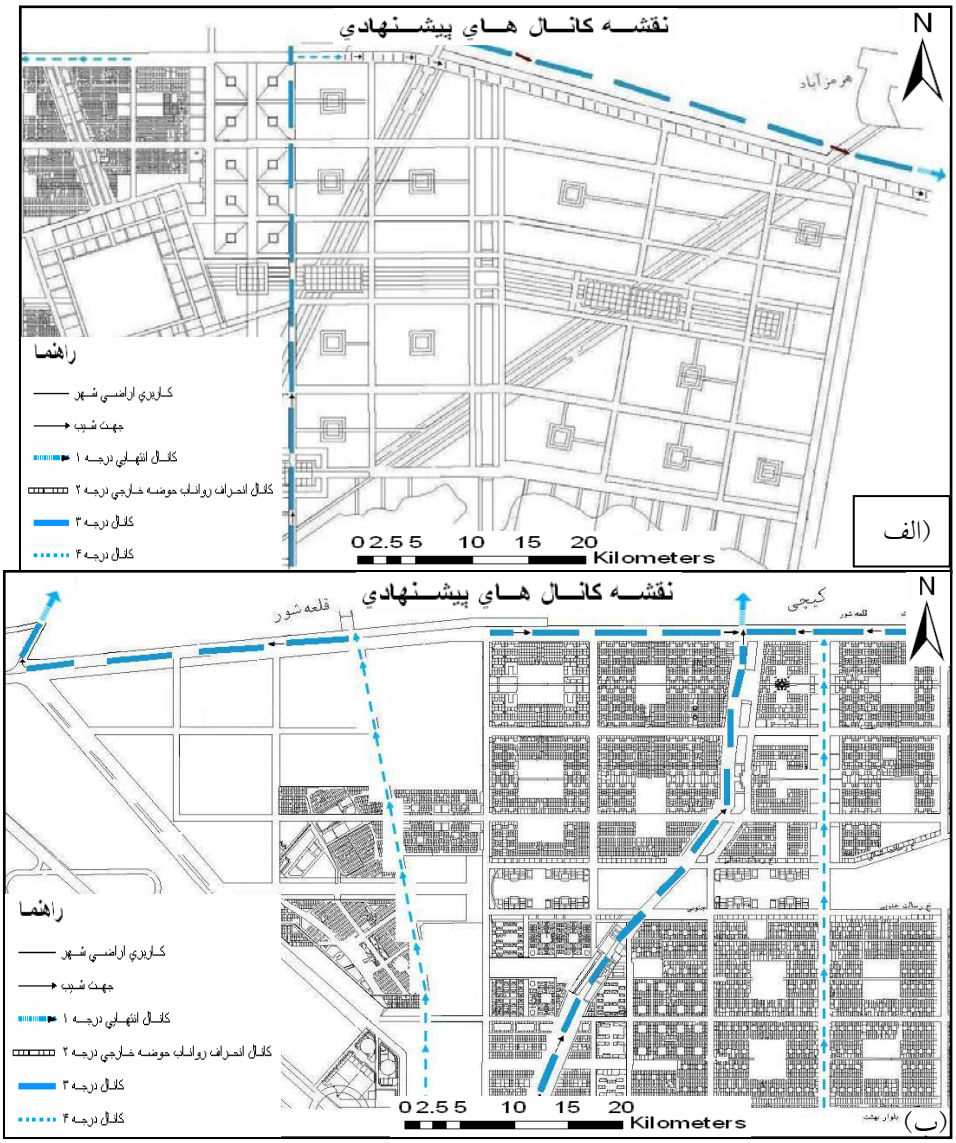


شکل (۶) نقشه جهت شیب مسیر های ارتباطی اصلی و فرعی شهر(منبع: نگارندگان)

- تعیین محل و جهت کانال های پیشنهادی سلسله مراتبی

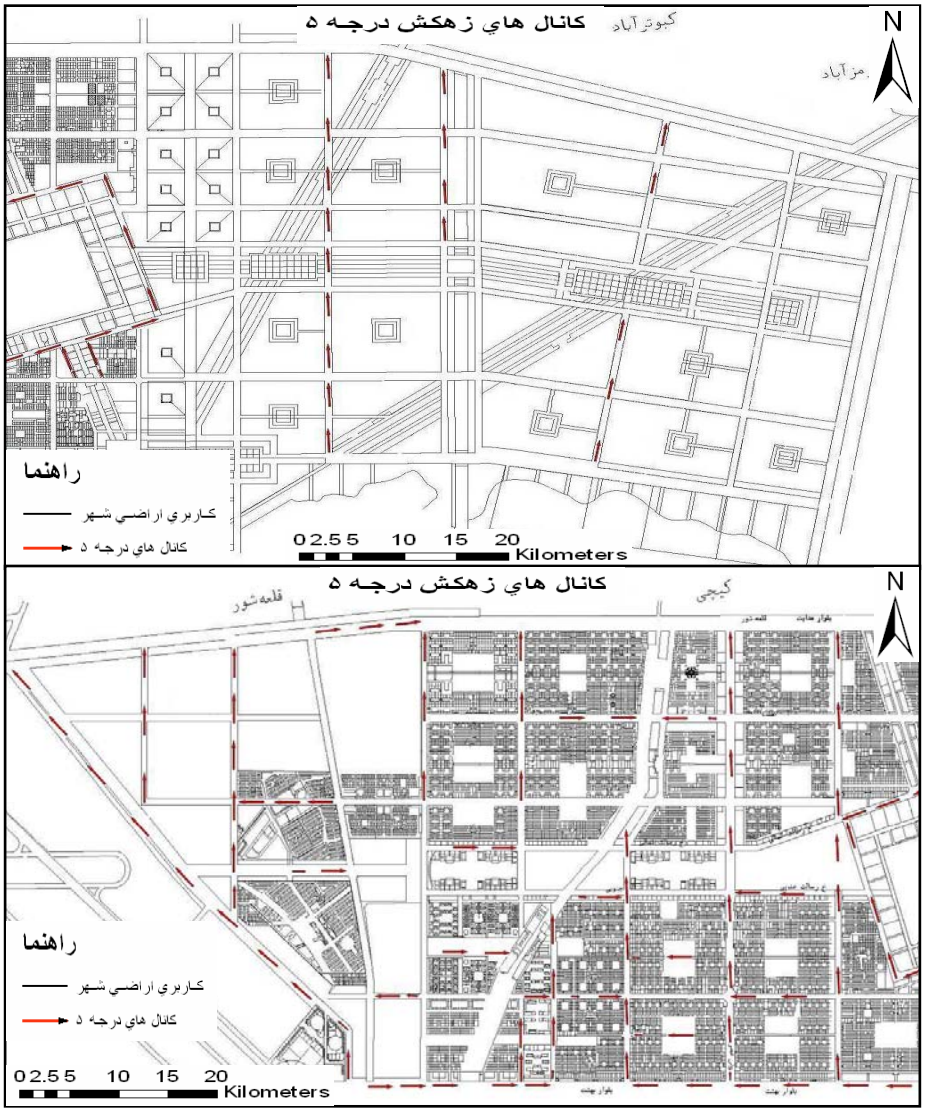
در این پژوهش با در نظرگرفتن کلیه عوامل مذکور و برآورد نیاز، دو گروه کلی کانال(داخل شهری- حاشیه شهری) که شامل ۵ نوع کانال اصلی و فرعی جهت جمع آوری و انتقال رواناب حاصل از بارش‌های سنگین شهر بهارستان است، پیشنهاد گردید(شکل ۷ و ۸). البته کانال درجه ۲ به عنوان کانال انحرافی برای هرزآبهایی که از حوضه خارجی واقع در ارتفاعات جنوب غربی، که به دلیل جهت شیب در این محل به شهر می رسند طراحی شده است. در بخش های دیگر حاشیه شهر کانال های پیشنهادی دیگر جواب گوی این مسأله خواهند بود زیرا شرایط زمین و نیز شیب آن به نوعی عمل پخش سیلاب را انجام می دهد. کانال های درجه ۵ به دلیل پراکنش و تحت پوشش دادن بخش زیادی از شهر در نقشه‌ای جداگانه آمده‌اند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل (۷) نقشه کانال های پیشنهادی در این پژوهش-الف: بخش شرقی بهارستان ب) بخش غربی بهارستان(منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل (۸) کانال های زهکش شهری پیشنهادی درجه۵: بخش شرقی و غربی بهارستان (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

نتیجه گیری و پیشنهادات

نتایج تحقیق حاکی از آن است که گاهی بارش‌های سنگین(که البته با توجه به شرایط این منطقه سنگین به شمار می‌رود) با احتمال وقوع بالا و دوره بازگشت کوتاه درشهر بهارستان موجب بروز سیل شده‌اند. با تداوم شرایط موجود، از نظر شبکه زهکشی، احتمال وقوع مجدد سیل با توجه به محاسبات بالا کم نیست. با توجه به اینکه حجم رواناب احتمالی در محدوده قانونی شهر(۷۲۸۰۰۰ متر مکعب)، که میزان نفوذ در آن بسیارپایین است، و همچنین حجم آن درارتفاعات(حوضه) و زمین‌های حاشیه شهر (۲۶۰۰۰۰۰ متر مکعب) است، و مسیر حرکت آن با توجه به محل تمرکز آنها و جهت شیب به طرف شهر بهارستان می باشد، این امر نیز خود نوعی زنگ خطر، جهت جدی گرفتن مسأله سیل در بهارستان و حل مشکل نامناسب بودن شبکه زهکشی آن است. جهت شیب در شهر بهارستان شمالی جنوبی بوده و در حاشیه جنوبی به سمت غرب تغییر جهت می‌دهد و شرایط مناسبی را برای اتصال کلیه کانال های زهکشی به یک کانال اصلی فراهم می‌کند.

در این طرح پیشنهادی هرچه از بخش شمالی شهر در جهت شیب به سمت جنوب آن حرکت کنیم، بر سطح مقطع و در نتیجه قابلیت انتقال کانال ها افزوده می شود. البته دریک سری ازمسیرها، به دلیل اینکه مسیر های فرعی بیشتری را تحت پوشش قرار می دهند، کانال های درجه ۳ و۴ به طور سرتاسری پیشنهاد داده شده اند. باید توجه داشت که در مسیرهای فرعی‌تر همچون کوچه‌ها کانال‌هایی با عرض کم احداث گردد. کانال های انتهایی بایستی با عرض و عمق(سطح مقطع) مناسب، توان تخلیه کلیه آبهای جمع‌آوری‌شده از سطح شهر را داشته باشند. بنابراین با انجام کارهای تخصصی توسط کارشناسان امور آب، نسبت به برآورد حجم کل آبهای جمع‌آوری شده اقدام شود تا اندازه سطح مقطع کلیه کانال های پیشنهادی مشخص گردد. به همراه این پیشنهاد سازه‌ای مناسب، با ارائه راهکارهای مدیریتی در مراکز مدیریت شهری بهارستان می‌توان سعی بیشتری در جهت کاهش و رفع معضلات مربوط به رواناب شهری نمود. با بهره گیری ازکارشناسان زبده می‌توان با شناخت نواحی بحرانی در زمان وقوع سیلاب احتمالی و با توجه به گذشته، اقدام به برنامه ریزی ویژه برای این نقاط نمود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

منابع و ماخذ

۱- احمدیان، آ. (۱۳۸۰)، **بررسی تطبیقی مدیریت بحران و پیش‌بینی زمین‌لرزه**، پژوهش-نامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، شماره اول، صص: ۴۷-۴۰.

۳- تقوایی، م و ترک‌زاده م. (۱۳۸۷)، **برنامه ریزی و مدیریت بحران شهری**، نشر کنکاش، اصفهان، چاپ اول.

۴- خام‌چین مقدم، ف و وحیدی، ح، کاظمیان، ص، فرهت، ا. (۱۳۸۵)، **بررسی اهمیت و لزوم بهسازی مسیل‌های شهری**، اولین همایش ملی مهندسی مسیلها (کالها)، مشهد - شهرداری مشهد، صص: ۸.

۵- کارن تلی، ای. ال. (۱۳۸۲)، **آسیب پذیری نواحی شهری در برابر بلایای طبیعی در کشورهای درحال توسعه**، ترجمه وحید عسگری، فصلنامه رفاه اجتماعی، شماره ۱۱، صص: ۱۰۰-۴۹.

۶- عبداللهی، م. (۱۳۸۴)، **مدیریت بحران در نواحی شهری**، تهران، سازمان شهرداریهای کشور، ص: ۱۳۵.

۷- عبدی، پ. (۱۳۸۵)، **بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه زنجانرود با روش(SCS) و سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS**، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب، ۲۵ مرداد ماه، تهران، ۲۱۱-۱۹۷.

۸- علیزاده، ا. (۱۳۸۶)، **اصول هیدرولوژی کاربردی**، مشهد، آستان قدس رضوی، ص: ۸۷۲.

۱۰- **وب گاه شرکت عمران شهر جدید بهارستان**(۱۳۸۹): www.baharestan-new-town.com.

Chen, Jian, A. Hill, Arleen, D. Urbano, Lensyl(2009***) A GIS-based Model for Urban Flood Inundation***, Journal of Hydrology, Vol. 373, pp. 184–192.

Congressman, Thomas, L. Ashley (1999) ***Issues and Options in Flood Hazards Management,*** Congress of the United States Office of Technology Assessment, Vol. 1, pp. 98.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

Liangfeng, ZHU and Assistants (2002) ***Risk Analysis of Geo-hazard based on GIS Technique***, Geographical Sciences, Vol. 12, No. 3, pp. 371-376.

Nunes Correia Francisco and Associates Ltd (1998) ***Flood Hazard Assessment and Management: Interface with the Public***, Water Resources Management, Vol. 12, pp. 209–227.

Tahsin A. Yanar, Akyurek, Zuhal, (2006) ***The Enhancement of the Cell-based GIS Analyses with Fuzzy Processing Capabilities***. Information Sciences, Vol. 176, No. 8, pp. 1067-1085.

www.preventionweb.net/***countries/ Iran Islamic Rep of-Disaster Statistics***.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]