

مدیریت بحران در شهر جدید بهارستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، با تکیه بر سیل و تعیین 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، اقلیم 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 هرز آبهای 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 زیر حوضه‌های شهری و غیر شهری پیشنهاد گردید.

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

^۱. نویسنده مسئول: کردستان- مریوان- شهرداری مریوان

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 و نیمه‌خشک وجود جریان موقتی و طغیانی سیلابی در آبراهه‌ها و خشکه‌رودهایی به نام مسیل است. غالب مراکز جمعیتی در چنین مناطقی در مکان‌هایی نظیر اراضی پاکوهی، مخروط افکنه‌ها، رسوبات ضخیم و دشتهای آبرفتی قرار گرفته‌اند. بنابراین در معرض دبی‌های مخرب سیلابی خروجی از حوضه‌های آبخیز کوهستانی بالادست خود و یا رواناب‌های حاصل از تمرکز و یا جریان یافتن آب بارندگی در خیابان‌ها 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، می‌شود. البته باید توجه داشت که پیچیدگی محیط‌های شهری و زیرساخت‌های 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 زیرساخت‌های 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 کاهش دادن 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 می‌دهد منظور از سیل در یک محیط شهری، سرریز کردن جریان آب از مقطع یک

کانال مشخص یا جاری شدن رواناب با ارتفاع قابل ملاحظه بر روی سطح مسیره‌های تردد وسائط نقلیه اطلاق می‌شود (Correia et al. 1998: 209). با انجام بررسی‌ها و مطالعه طرح‌های انجام گرفته در سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان مشخص شد که در گذشته سیل خسارات فراوانی به ابنیه و راه‌های 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 عمل آید 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 مسیره‌های 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 خام‌چین مقدم و همکارانش (۱۳۸۵) در تحقیق خود اقدام به بررسی اهمیت و لزوم بهسازی مسیل‌های شهری از نگاه زیست محیطی پرداخته‌اند و بر احیای این زهکش‌های شهری تأکید می‌کند. میر امید هادیانی (۱۳۸۶) در تحقیق خود به بررسی نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای در حوزة آبخیز مادر سو پرداخته است و تغییر در کاربری اراضی را عامل اصلی سیلاب‌ها می‌داند. در سایر کشورها بطور گسترده تری به این موضوع پرداخته شده است. جیسون هونگ^۱ (۲۰۰۷) رساله دکتری خود را در دانشگاه واترلو در اونتاریو با عنوان زیرساخت‌های یکپارچه شهری برای شهر ووهان در چین که دارای سیل خیزی بالایی می‌باشد کار کرده است و یک سری کانال‌های سلسله مراتبی را برای این شهر طراحی نموده است. جیان چن^۲ و همکارانش (۲۰۰۹) در پژوهشی به تهیه یک مدل در زمینه سیلاب شهری پرداخته‌اند و ضعف‌های زیرساخت‌های زهکشی شهری را عامل آن دانسته‌اند. 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 جاده‌ها از تخریب ناشی از فزونی آب و سیلاب و کاهش وقفه و کندی در آمد و شد، کاهش هزینه‌های پاک‌سازی

1- Jason Hong
2- Jian Chen

و جمع‌آوری آبهای سطحی در مواقع بارندگی، بهبود و افزایش زیبایی و دل‌پذیری 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 می‌باشد.

مدیریت بحران^۱ و بحران سیل

دانش مدیریت بحران به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود 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 زیرساخت‌های شهری و ... می‌توانیم 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 شهرسازی با تکیه بر داده‌های جغرافیایی می‌تواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اثرات این گونه‌بلا یا را با حدزیادی تقلیل دهد 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).

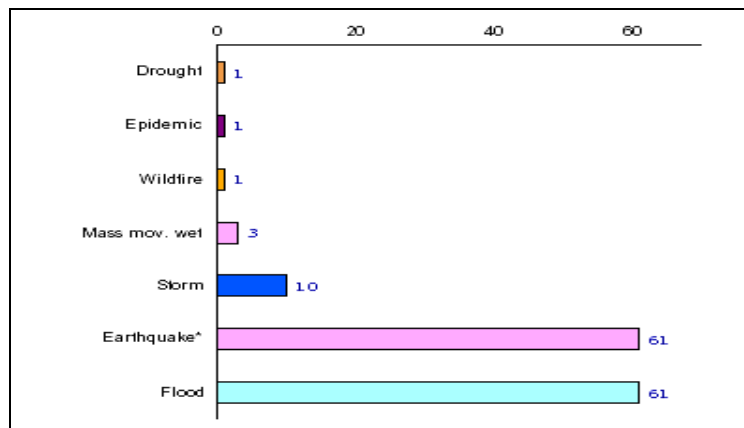
هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب به داخل خاک بیشتر باشد بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوضه باقی می‌ماند. این آب پس از پرکردن گودیه‌های سطح زمین در امتداد شیب جریان پیدا کرده و از طریق شبکه آبراهه‌ها و سپس رودخانه اصلی از حوزه خارج

می‌گردد. به این بخش از بارندگی رواناب سطحی^۱ می‌گویند(عبدی، ۱۳۸۵: ۱۹۸). حال در شرایطی که شبکه زهکشی به شکل مناسبی طراحی نشده و یا ناقص شکل گرفته باشد موجب تمرکز بیشتر رواناب‌ها در مناطق با شیب کمتر می‌شود یا اینکه از بهم پیوستن رواناب‌های متعدد در نقاطی با شیب بیشتر، جریان‌های سیلابی با قدرت تخریب بالا شکل می‌گیرند. 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 سال‌های اخیر در شهر بهارستان، زیرزمین ساختمان‌ها پر از آب حاصل از تجمع و تمرکز رواناب‌های حاصل از بارندگی شده است و کلیه معابر اصلی و فرعی دچار آب‌گرفتگی شده‌اند. دلیل اصلی این امر عدم طراحی کانال‌های زهکش مناسب و متفاوت جهت انتقال رواناب‌ها به خارج از محدوده شهر بوده است.

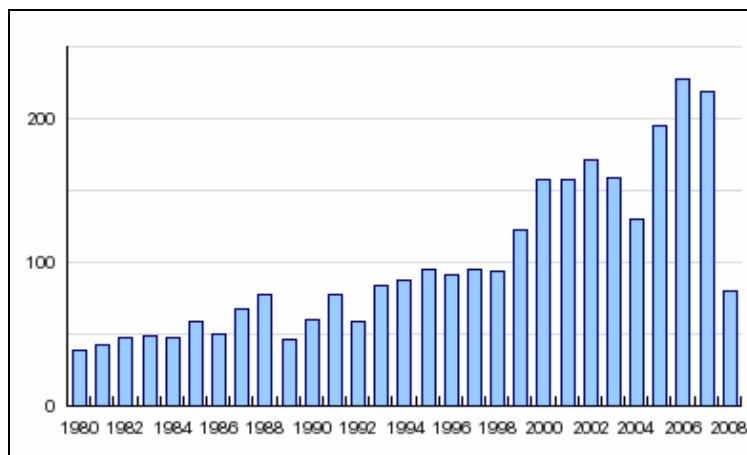
از مهمترین بحران‌هایی که امروزه در سطح جهان دارای بیشترین رخداد و در نتیجه خسارت می‌باشند و تا حدودی نیز آماری برابر دارند(شکل شماره: ۱)، می‌توان به سیل و زلزله اشاره کرد. سازمان ملل متحد نیز با هدف فراهم‌آوردن زمینه تلاش جهانی برای نیل به محیط ایمن در برابر سوانح طبیعی و کاهش آثار آنها، آخرین دهه قرن گذشته را به عنوان دهه بین-المللی کاهش آثار بلایای طبیعی (IDNER) نام‌گذاری نمود که یکی از اهداف هفت‌گانه این دهه، مدیریت بحران بوده‌است(احمدیان، ۱۳۸۰: ۴۴). بر اساس گزارش سازمان ملل میانگین سالانه رخداد سیل‌های مخرب در دنیا، همانند زلزله، ۲٫۱ درصد است که در سه دهه گذشته تا حدودی از میانگین رخداد صعودی برخوردار بوده است، یعنی برخلاف آنچه تصور می‌شود از میزان سیل‌خیزی در سطح دنیا کاسته نشده‌است و رو به فزونی نهاده‌است(شکل شماره ۱ و ۲). امکان وقوع دیگر مخاطرات نسبت به این دو در سطح ناچیزی قرار دارد. در طی سه دهه گذشته بیشترین جمعیتی که تحت تأثیر سیل قرار گرفته‌اند در سال‌های ۸۰، ۸۸، ۹۳، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ میلادی، بالغ بر ۲۹۸۴۹۲۸ میلیون نفر بوده‌اند که از این تعداد ۱۳۶۳ نفر جان خود را از دست داده‌اند، زیان اقتصادی حاصل از آن در حدود ۶۴۳۴۴۰۰۰۰۰ دلار برآورد شده 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

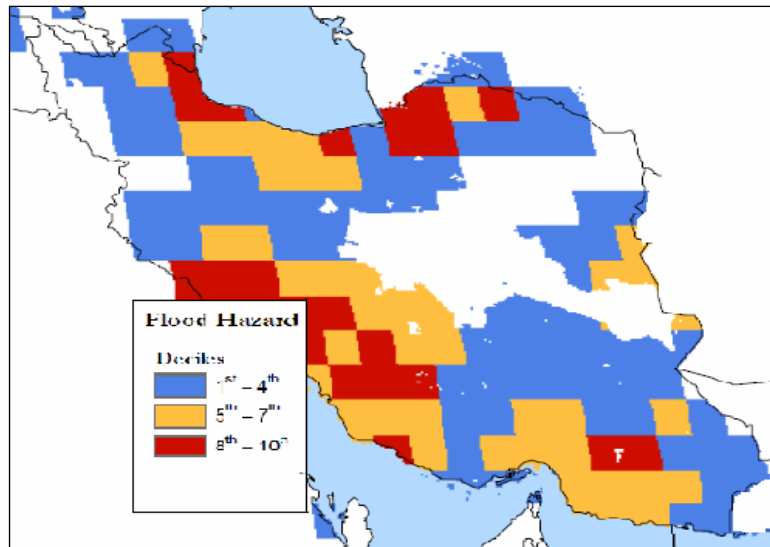
دارای خطر متوسط و بالا در زمینه بروز سیل می‌باشند. این امر با نگاهی به شکل شماره ۳ واضح تر می‌نماید.



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)



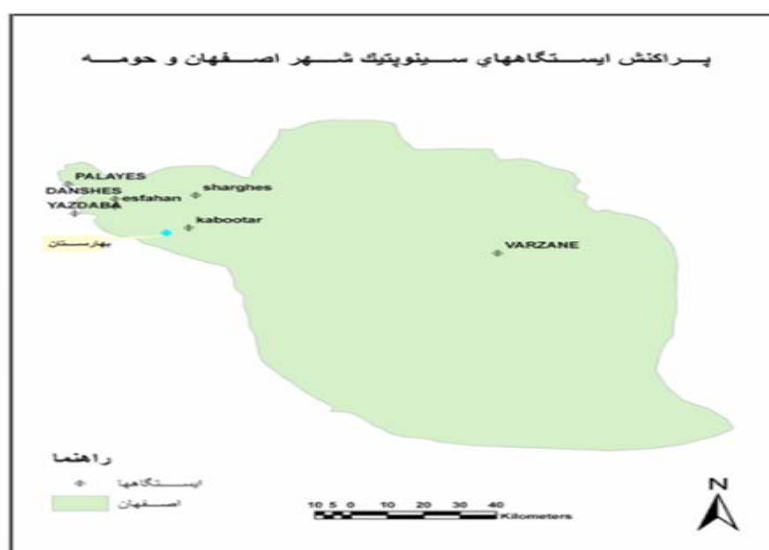
شکل (۳) پهنه بندی امکان وقوع سیل در کشور (منبع: وب گاه وابسته به سازمان ملل متحد (net).
(www.preventionweb

مواد، روش‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها

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

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

بارش، جهت شیب و حرکت جریان های حاصل از آن از سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ و ابزار هیدرولوژی آن^۲ استفاده گردید. با تعیین موارد مذکور توسط این سیستم به راحتی می توان 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 کانال های زهکش سلسله مراتبی پیشنهاد شده است. برای این کار از ایستگاه های سینوپتیک، که شهر اصفهان و حومه آن از جمله شهر بهارستان را تحت پوشش قرار می دهند استفاده شد (شکل شماره: ۴). همچنین میانگین بارش ۵۵ ساله این ایستگاه ها در جدول شماره ۱ مشخص شده که این داده ها جهت محاسبات بعدی استفاده شده اند.



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

^۱ سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) سیستم هایی مبتنی بر کامپیوتر هستند که داده های فضایی مرجع را در مقاطع زمانی مختلف (برای مثال: به کارگیری، تجزیه و تحلیل، مدلسازی و نمایش) ذخیره سازی و پردازش می کنند (Yanar et al. 2006: 1068).

2- Arc Hydro

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

ایستگاه	میانگین
شرق اصفهان	۹۹,۴۱۳۷۹
کیوتر	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 می‌بندیم.

$$\text{Heavy Rainfall} = m + 6\sigma$$

Heavy Rainfall: بارش سنگین

m : ۲۰٪ درصد میانگین بارش هر ایستگاه

σ : گشتاور ششم (انحراف میانگین $\times 6$)

براساس عملیات بالا، شاخص بارش سنگین در شهر بهارستان تعیین می‌شود (جدول ۲).

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

	شرق اصفهان	کیوتر	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
σ	۶,۹۲	۵,۱۸	۹,۵۲	۵,۴۰	۶,۳۷	۸,۱۰	۵,۸۵
$\sigma m + 6$	۲۶,۸۰	۲۶,۴۶	۳۲,۷۲	۲۴,۲۰	۲۰,۵۰	۳۳,۴۷	۳۲,۴۱

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	یزدآب	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 داده های تجربی از فرمول $P = \frac{m}{n+1}$ استفاده می شود. 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:

$$P = \text{احتمال وقوع بارش} \quad m = \text{روز بارش (شماره ردیف)}$$

$$n = \text{تعداد کل روزهای دوره مورد پژوهش (تعداد کل داده ها)}$$

پس از استخراج بارش های سنگین، احتمال وقوع این بارش ها با فرمول بالا محاسبه می شود (جدول شماره: ۴). تعداد کل داده های این پژوهش $n=19725$ است. به دنبال محاسبه احتمال وقوع، دوره بازگشت (period return) بارش های سنگین از فرمول $T = \frac{1}{P}$ محاسبه می شود (شکل ۸).

$$T = \text{دوره بازگشت (سال)} \quad P = \text{احتمال وقوع}$$

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 یا نه. آنچه جالب توجه است اینکه در این شهر کانالهای جمع آوری و انتقال رواناب، که تنها برای معدودی از خیابانهای اصلی طراحی شده اند در سراسر طول مسیر دارای سطح مقطع برابر و البته محدود می باشند و در طی مشاهدات میدانی مشخص شد در بارشهایی که بیش از ۱۵ دقیقه به طول می انجامند، 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 می کنند. می توان گفت که مسئولین شهر بیشترین توجه خود را بر امر ساخت و ساز ساختمانها و مسیرهای عبور و مرور صرف نموده اند (و چون سوابق بارشها و سیل گرفتگیهای شهر را مطالعه ننموده اند و به روال مرسوم، هر کدام 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 توجه داشت که کل بارش به رواناب تبدیل نمی شود بلکه تبخیر و نفوذ، مقادیری از آن را به خود اختصاص می دهند. در سطوح شهری به دلیل اینکه بیشترین پوشش سطح زمین را عناصر غیر قابل نفوذی همچون آسفالت، بتن و انواع سنگ فرشها تشکیل می دهد، از مقدار نفوذ به شدت کاسته شده و خود به عنوان عوامل تشدیدکننده شکل گیری رواناب و نیز سیلاب به شمار می روند.

- تعیین محل تمرکز هرز آبها 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 مشخص شدن 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 مشخص نمودن نقاط تمرکز و جهت حرکت هرز آب‌های 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 می‌گردد:

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

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 هرز آبها به طرف شهر بوده این موارد خود بازگو کننده میزان بالای ریسک پذیری این شهر در برابر سیلاب‌های احتمالی ناشی از بارش است که در صورت عدم برنامه ریزی جهت مقابله با این جریان‌های مخرب و طراحی یک سیستم مناسب جهت انحراف، جمع‌آوری و انتقال آنها، بایستی منتظر عواقب و خسارت‌های جبران ناپذیر ناشی از آن بود.

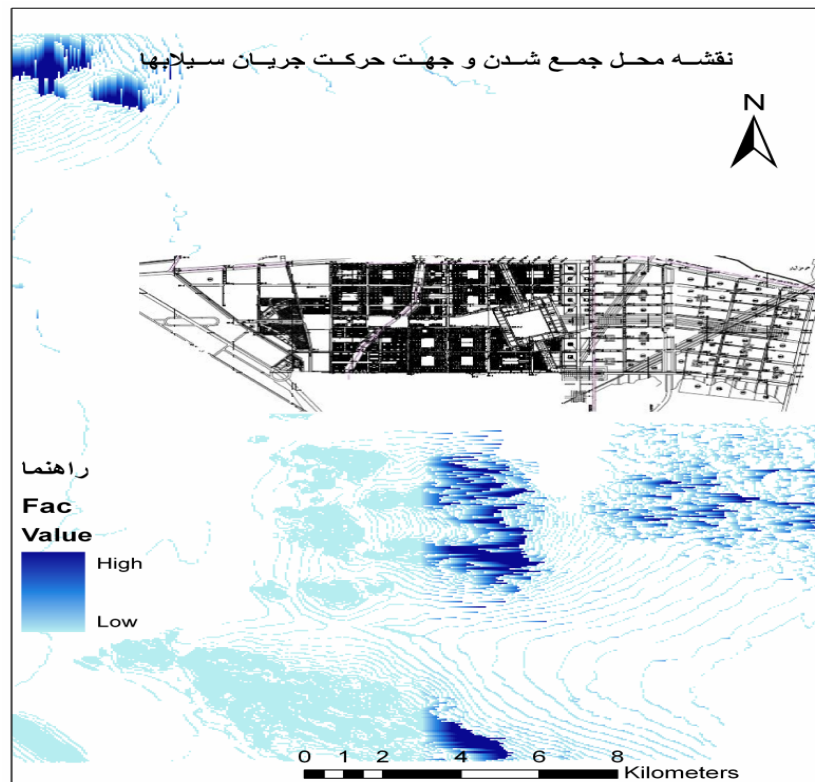
- تعیین جهت شیب مسیرهای ارتباطی شهر بهارستان

با استناد به نقشه توپوگرافی و کنترل‌های صحرائی و نیز با عنایت به بازدیدهای گسترده و راهپیمائی‌های 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).

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

ایستگاه	بارش	میزان 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
یزدآب	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		%۰,۱۹	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

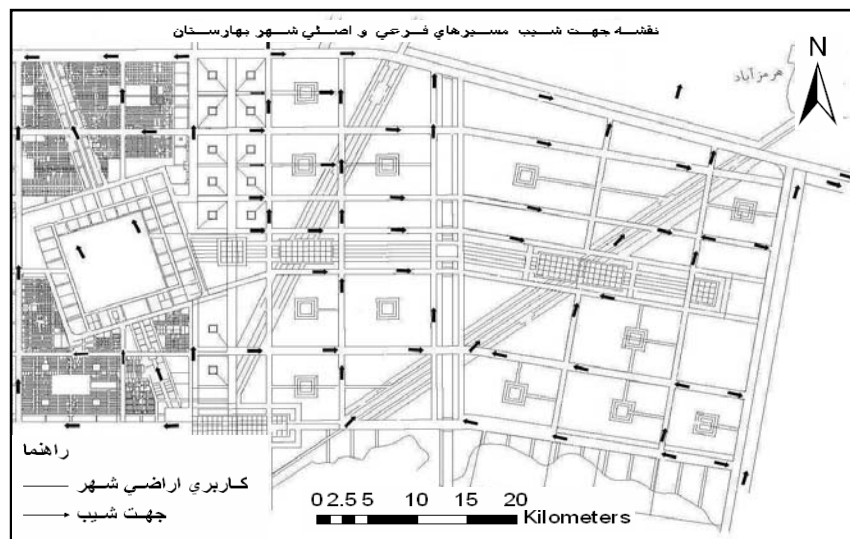
(منبع: نگارندگان)



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 رواناب‌ها را در درون شهر به وضوح نشان می‌دهد کاربرد اجتناب‌ناپذیری در طراحی و پیشنهاد کانال‌های زهکشی سلسله مراتبی، با توجه تعداد هرزآب‌هایی که به هم می‌پیوندند دارد. پس از اینکه شیب کلیه مسیرهای ارتباطی مشخص شد به راحتی می‌توان فهمید که بیشترین حجم رواناب‌ها در کدام یک از این مسیرها تمرکز یافته یا به جریان سیلابی تبدیل می‌شود. بنابراین می‌توان با توجه به طول مسیرها، تعداد مسیرهای فرعی و اصلی که به هر یک از این مسیرها منتهی می‌شوند و نیز با توجه به شیب، سلسله مراتبی از کانال‌های زهکش با سطح مقطع متفاوت (که اندازه

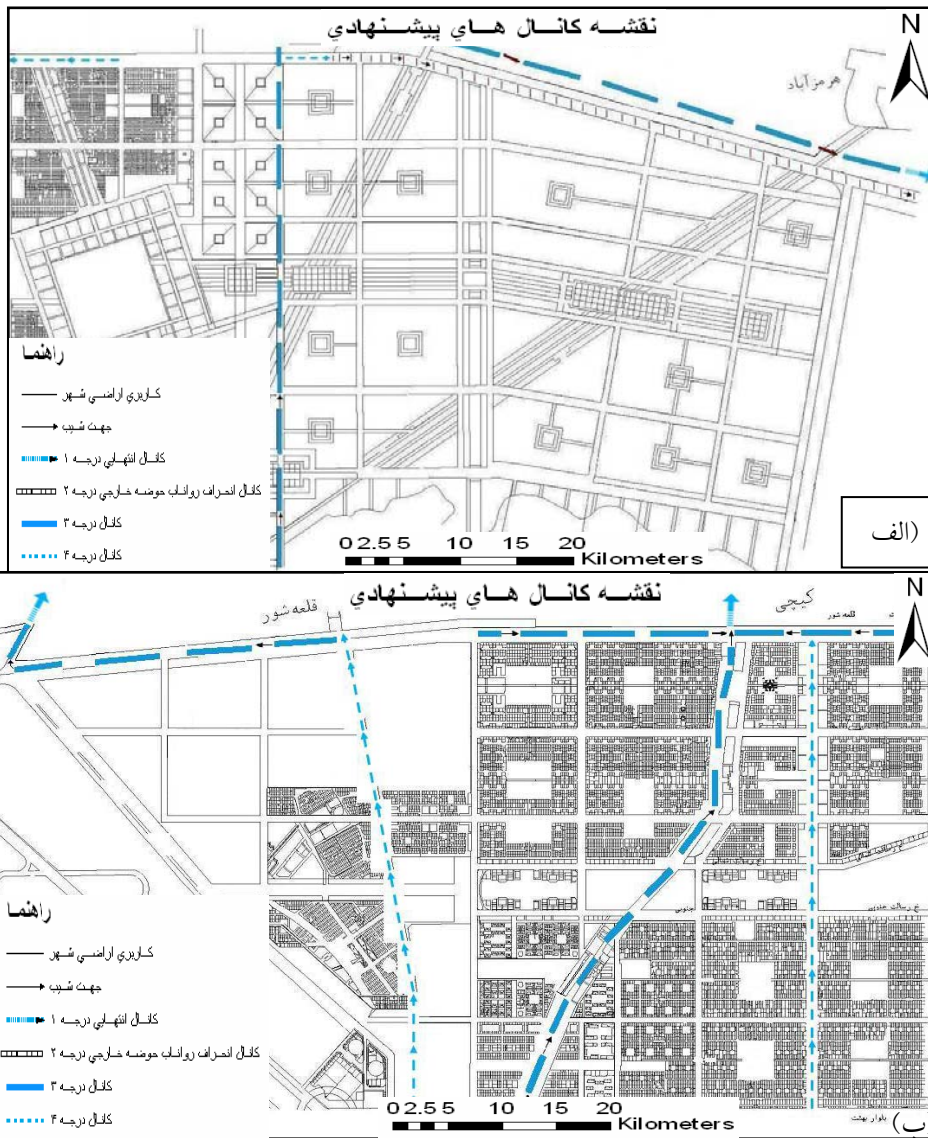
دقیق سطح مقطع هر یک از کانال ها و طراحی آن جهت اجرا بایستی توسط مهندسين صورت گیرد) را برای این مسیرها پیشنهاد نمود.



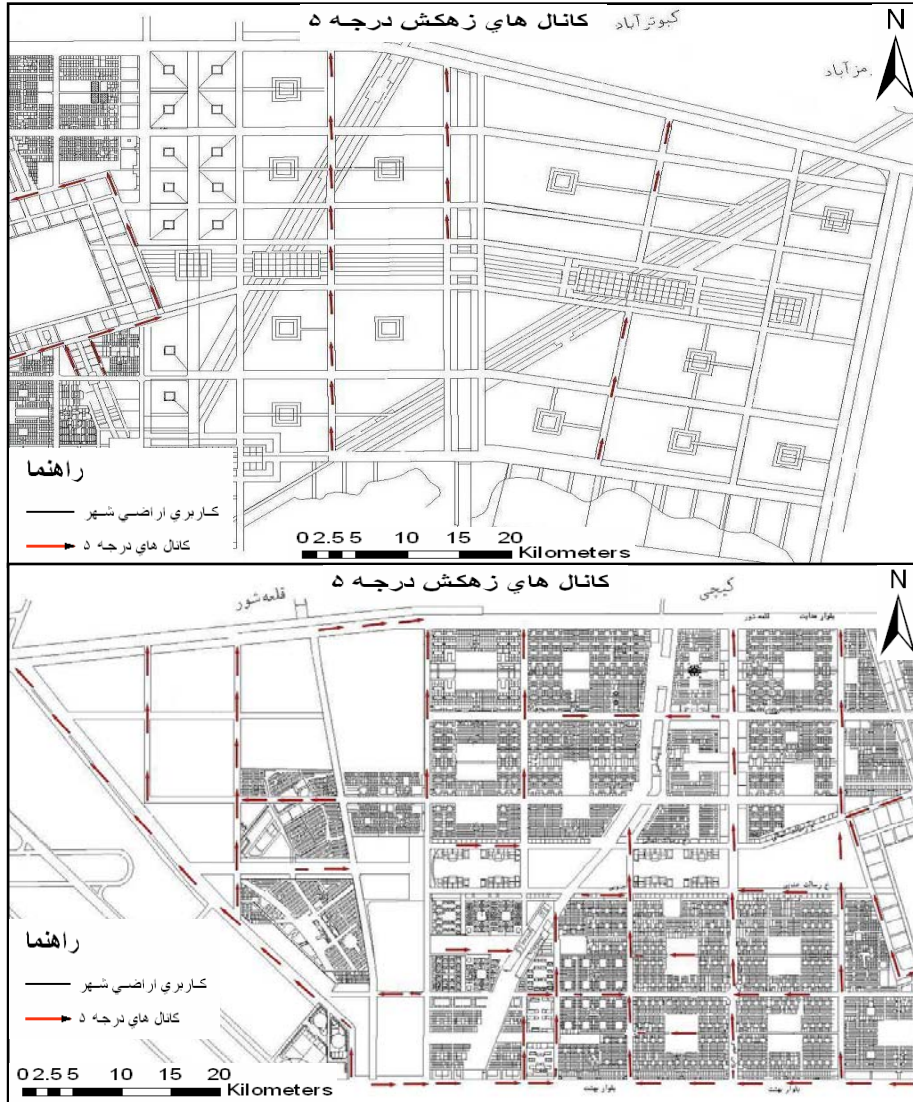
شکل (۶) نقشه جهت شیب مسیر های ارتباطی اصلی و فرعی شهر (منبع: نگارندگان)

- تعیین محل و جهت کانال های پیشنهادی سلسله مراتبی

در این پژوهش با در نظر گرفتن 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 بارش های 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 نقشه ای جداگانه آمده اند.



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



شکل (۸) کانال های زهکش شهری پیشنهادی درجه ۵: بخش شرقی و غربی بهارستان (منبع: نگارندگان)

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 در شهر 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 بسیار پایین است، و همچنین حجم آن در ارتفاعات (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 می‌باشد، 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 کانال‌های 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 کانال‌ها افزوده می‌شود. البته در یک سری ازمسیرها، به دلیل اینکه مسیرهای فرعی بیشتری را تحت پوشش قرار می‌دهند، کانال‌های درجه ۳ و ۴ به طور سرتاسری پیشنهاد داده شده‌اند. باید توجه داشت که در مسیرهای فرعی‌تر همچون کوچه‌ها کانال‌هایی با عرض کم احداث گردد. کانال‌های انتهایی بایستی با عرض و عمق (سطح مقطع) مناسب، توان تخلیه کلیه آبهای جمع‌آوری شده 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 کانال‌های 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 بهره‌گیری از کارشناسان 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.

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.
- ۲- 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 در حال توسعه، ترجمه وحید عسگری، فصلنامه رفاه اجتماعی، شماره ۱۱، صص: ۴۹-۱۰۰.
- ۶- عبداللهی، م. (۱۳۸۴)، مدیریت بحران در نواحی شهری، تهران، سازمان شهرداریهای کشور، صص: ۱۳۵.
- ۷- عبدی، پ. (۱۳۸۵)، بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه زنجانرود با روش (SCS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، 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، صص: 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.

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, Zuhail, (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/](http://www.preventionweb.net/countries/Iran) *Iran Islamic Rep of-Disaster Statistics*.