

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه های آبی

ارزیابی کارایی روشهای مدیریت سیلاب (BMPS) برای کنترل رواناب شهری

(مطالعه موردی: حوضه شهری نیشابور)

نگارنده: صدیقه ارونند

اساتید راهنما

دکتر زهرا گنجی نوروزی

دکتر مهدی دلقندی

استاد مشاور

مهندس اکبر علیپور

دی ۱۳۹۶

شماره: ۳۹۲
تاریخ: ۱۳۹۶/۱۱/۲۹

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورت جلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / صدیقه اروند با شماره دانشجویی ۹۴۰۱۸۱۴ رشته مهندسی کشاورزی گرایش سازه های آبی تحت عنوان ارزیابی کارایی روشهای مدیریت سیلاب (BMPS) برای کنترل رواناب شهری (مطالعه موردی: حوضه شهری نیشابور) که در تاریخ ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی) مردود
نوع تحقیق: نظری عملی

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر زهرا گنجی نوروزی	۱- استادارهنمای اول
	استادیار	دکتر مهدی دلقندی	۲- استادارهنمای دوم
	مریی	مهندس اکبر علیپور	۳- استاد مشاور
	استادیار	دکتر روزه مؤن زاده	۴- نماینده تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر سید حسین حسینی	۵- استاد ممتحن اول
	دانشیار	دکتر صمد امام قلی زاده	۶- استاد ممتحن دوم



نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد رضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تصوه: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

پاسکزاری

حمد و سپاس خدای متعال را که انسان را به زیور دانش آراست تا با اندیشیدن و تامل راه درست زیستن را بیاموزد. اکنون در آستانه راهی نو، به

پاس نعمت بی حد پروردگار، بر خود لازم میدانم پاسکزار عزیزانی باشم که در طول تهنیه پایان نامه خالصانه یاریم نمودند.

از زحمات بی دریغ و پشیمان، همیشگی ام، همسر و خانواده خوبم کمال تشکر را دارم.

از اساتید راهنمای بزرگوارم سرکار خانم کنجی نوروزی و جناب آقای دکتر دقتندی که همواره از راهنماییها و هدایت های علمی و اخلاقی شان در

طول انجام این تحقیق بهره مند بوده ام، کمال تشکر را دارم.

از استاد مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر علیپور به خاطر همراهی ایشان تشکر می‌کنم.

از داوران محترم جناب آقایان دکتر امام قلی زاده و دکتر حسینی به جهت قبول زحمت داوری این پایان نامه صمیمانه پاسکزارم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر مؤذن زاده بخاطر اینکه زحمت اداره جلد را تقبل نمودند کمال تشکر را دارم.

از دوستان عزیزم که طی این تحقیق همراه من بودن از جمله مهندس گلزیان، مهندس بدیعی زاده، مهندس حسینی، مهندس گنجعلی، مهندس

شمشیرساز، مهندس اسپاننش و مهندس نصرعابدی بسیار پاسکزارم.

تعهد نامه

اینجانب صدیقه اروند دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی دانشکده مهندسی کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان ارزیابی کارایی روشهای مدیریت سیلاب (BMPS) برای کنترل رواناب شهری (مطالعه موردی: حوضه شهری نیشابور) متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
 - در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
 - مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
 - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «**Shahrood University of Technology**» به چاپ خواهد رسید.
 - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
 - در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

توسعه شهری، تغییر کاربری اراضی و صنعتی شدن جوامع باعث تحولات هیدرولوژیکی حوضه آبریز می‌شود و همین عامل سبب افزایش حجم رواناب در مسیل‌ها، فرسایش و تخریب سلامت اکوسیستم منطقه می‌شود. توسعه کم اثر LID یک مفهوم نسبتاً جدید در استفاده از کاربری اراضی برای مدیریت سیلاب شهری با استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی BMP است، که هدف آن حفظ شرایط هیدرولوژیکی منطقه در سطح توسعه یافته (بدون کاهش کیفیت و کمیت آب) همانند شرایط پیش از توسعه است. گزینه های BMP به عنوان روشی جایگزین برای برآورد جریان طبیعی با استفاده از طرح‌های غیر متمرکز جهت کنترل در منبع به جای انتقال به یک نقطه متمرکز بیرون شهر پیشنهاد می‌شود. بنابراین در مناطق شهری، روش‌های مدیریت رواناب (BMP) را می‌توان با استفاده از تغییر زیر ساخت‌های موجود اعمال کرد که سبب کاهش حجم رواناب و دبی پیک می‌شود. از این رو آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا USEPA برای ارزیابی عملکرد LID-BMP در مقیاس‌های مختلف مدل مدیریت سیلاب (SWMM) ارائه کرده است. در این مطالعه مدل هیدرولوژیکی موجود در حوضه شهری نیشابور اعمال شد. سپس کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل با استفاده از اندازه‌گیری ۹ بارش (۶ برای کالیبراسیون و ۳ برای اعتبارسنجی) انجام شد و سرانجام هفت سناریوی BMPs (بایوریتشن، ماند بیولوژیکی، ترانسه نفوذ، سنگفرش نفوذپذیر، بشکه باران، باغ باران و ادغام BMPها بر اساس مشخصات منطقه به منظور شناخت اثرات LID-BMP بر روی رواناب انتخاب شدند. نتایج نشان داد که استفاده از روش‌های LID-BMP منجر به کاهش متوسط ۴۵/۷۸ درصدی حجم رواناب در سناریو ۷ (ادغام BMPs) می‌شود و از بین بقیه سناریوها به ترتیب، سناریوی ۳، ۴ و ۱ (ترانسه نفوذ، سنگفرش متخلخل و بایوریتشن) بیشترین کارایی را در کاهش حجم رواناب به خود اختصاص داده است، لذا به منظور دستیابی به ترکیب بهینه‌ای از BMPها اقدام به انتخاب ۴ سناریو دیگر شد. نتایج نشان می‌دهد که بشکه باران با تأثیر ۰/۳ درصدی کمترین کاهش حجم را به خود اختصاص داده است.

کلمات کلیدی: مدیریت سیلاب شهری، LID، BMP، SWMM، مدل‌های بارش رواناب، شهر نیشابور

لیست مقالات

۱- ارزیابی کارایی بهترین اقدامات مدیریتی (BMPS) در کنترل سیلاب و رواناب شهری با

استفاده از مدل SUSUTAIN

۱	فصل اول: مقدمه
۳	۲-۱- ضرورت انجام تحقیق
۷	۳-۱- فرضیه ها
۷	۴-۱- اهداف
۹	فصل دوم: سابقه تحقیق
۱۰	۱-۲- مقدمه
۱۰	۲-۲- مفاهیم
۱۰	۱-۲-۲- مدیریت سیلاب در مناطق شهری
۱۱	۲-۲-۲- اهمیت مدیریت و طراحی سیستمهای جمع آوری رواناب سطحی در طراحی شهری
۱۱	۳-۲-۲- کاربرد مدل های هیدرولوژیکی شبیه سازی بارش- رواناب در مناطق شهری
۱۲	۳-۲- سابقه تحقیق
۱۳	۱-۳-۲- مدیریت رواناب شهری
۱۷	۲-۳-۲- مدل های بارش-رواناب
۲۳	۴-۲- جمع بندی
۲۵	فصل سوم: مواد و روشها
۲۶	۱-۳- مقدمه
۲۶	۲-۳- موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه
۲۹	۳-۳- انتخاب مدل
۳۰	۱-۳-۳- مدل SWMM و قابلیت های آن
۳۰	۲-۳-۳- داده های مورد نیاز مدل
۳۱	۳-۳-۳- تعیین مرز محدوده شهری
۳۵	۴-۳-۳- اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی
۳۵	۵-۳-۳- عرض مستطیل معادل

۳۵	..... ۳-۳-۶- شیب متوسط
۳۶	..... ۳-۳-۷- تعیین درصد مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر در هر زیرحوضه
۳۶	..... ۳-۳-۸- تعیین ضریب زبری جریان روی سطوح نفوذپذیر، نفوذناپذیر و کانالها
۳۹	..... ۳-۳-۹- مقادیر ذخیره چالابی در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر
۳۹	..... ۳-۳-۱۰- معادله رواناب و نفوذ سطحی
۴۰	..... ۳-۳-۱۰-۱- روش شماره منحنی (SCS)
۴۰	..... ۳-۳-۱۱- اطلاعات موردنیاز اتصالات
۴۱	..... ۳-۳-۱۲- اطلاعات موردنیاز مجاری سیستم زهکشی
۴۱	..... ۳-۳-۱۳- اطلاعات هواشناسی
۴۲	..... ۳-۳-۱۴- اطلاعات هیدرومتری جهت ارزیابی مدل
۴۳	..... ۳-۳-۱۴- اطلاعات هیدرولوژی
۴۴	..... ۳-۶- واردکردن پارامترهای موردنیاز و اجرای مدل SWMM
۴۴	..... ۳-۷- واسنجی مدل SWMM
۴۵	..... ۳-۸- اعتبارسنجی و ارزیابی مدل SWMM
۴۷	..... ۳-۹- بارش طرح
۴۷	..... ۳-۹-۱- محاسبه تداوم بارش طرح
۴۷	..... ۳-۹-۲- زمان تمرکز حوضه
۴۷	..... ۳-۹-۲-۱- روش برانسی ویلیامز
۴۸	..... ۳-۹-۲-۱- روش کالیفرنیا
۴۸	..... ۳-۹-۲-۳- روش کریچ
۴۸	..... ۳-۹-۳- تعیین منحنیهای شدت مدت فراوانی (IDF)
۴۹	..... ۳-۱۰- بهترین اقدامات مدیریتی در قالب توسعه کم اثر LID-BM
۴۹	..... ۳-۱۰-۱- معرفی اقدامات کنترلی مدیریت رواناب سطحی
۵۴	..... ۳-۱۰-۲- ورود پارامترهای مورد نیاز مدل جهت اعمال BMPها
۵۵	..... ۳-۱۱- جمع بندی

۵۷	فصل چهارم: نتایج و بحث
۵۸	۱-۴- مقدمه
۵۸	۲-۴- تعیین زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه
۵۸	۳-۴- خصوصیات فیزیکی زیر حوضه‌ها
۶۰	۴-۴- اطلاعات مربوط به مجاری (لینکها) شبکه زهکشی
۶۱	۶-۴- اطلاعات مربوط به گرورها
۶۲	۸-۴- نتایج واسنجی مدل SWMM
۶۹	۹-۴- نتایج ارزیابی مدل SWMM
۷۱	۱۰-۴- بارش طرح
۷۶	۱۱-۴- بررسی رواناب منطقه نیشابور در حالت فعلی و بدون اعمال روش‌های توسعه کم اثر (LID)
۷۶	۱۲-۴- اعمال BMPها در منطقه
۷۹	۱-۱۳-۴- سناریوی اول تا ششم
۷۹	۲-۱۳-۴- سناریوی هفتم
۷۹	۱۴-۴- نتایج شبیه سازی برای هر سناریو
۷۹	۱-۱۴-۴- سناریوی اول: تاثیر بایوریتشن بر روی حجم رواناب
۸۱	۲-۱۴-۴- سناریو دوم: تاثیر ماند بیولوژیکی بر روی حجم رواناب
۸۲	۳-۱۴-۴- سناریو سوم: تاثیر ترانشه نفوذ بر روی حجم رواناب
۸۴	۴-۱۴-۴- سناریو چهارم: تاثیر سنگفرش نفوذپذیر بر روی حجم رواناب
۸۵	۵-۱۴-۴- سناریو پنجم: تاثیر بشکه‌باران بر روی حجم رواناب
۸۶	۶-۱۴-۴- سناریو ششم: تاثیر باغباران بر روی حجم رواناب
۸۸	۷-۱۴-۴- سناریو هفتم: تاثیر ادغام BMPها بر روی حجم رواناب
۸۹	۱۵-۴- نتیجه گیری نهایی
۹۷	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۸	۱-۵- مقدمه
۹۸	۲-۵- ارائه بهترین اقدامات مدیریتی

۱۰۰.....	۳-۵- پیشنهادات
۱۰۰.....	۱-۳-۵- پیشنهاد پژوهشی
۱۰۰.....	۲-۳-۵- پیشنهادات اجرایی
۱۰۳.....	پیوست
۱۱۱.....	منابع و مآخذ

فهرست اشکال

شماره صفحه

عنوان

- شکل (۱-۱) وقوع آبگرفتگی در معابر و خیابانهای اصلی شهر ۶
- شکل (۱-۳) نقشه موقعیت شهر نیشابور و منطقه مطالعاتی در شهرستان و مسیر آبروها ۲۷
- شکل (۲-۳) نمودار توزیع بارش ماهیانه ایستگاه هواشناسی شهر نیشابور ۲۹
- شکل (۳-۳) نقشه DEM منطقه ۳۳
- شکل (۴-۳) مرز حوضه مطالعاتی و کاربری اراضی ۳۴
- شکل (۵-۳) منطقه نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر ۳۷
- شکل (۶-۳) کانال انتهایی خیابان ۱۵ خرداد مجاور ۴۳
- شکل (۷-۳) نمودار جریانی انجام تحقیق ۵۶
- شکل (۱-۴) زیر حوضه ها ۵۹
- شکل (۲-۴) مجاری و اتصالات سیستم شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه در محیط مدل ۶۱
- شکل (۳-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۱۰ در مرحله واسنجی ۶۴
- شکل (۴-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۱۴ در مرحله واسنجی ۶۴
- شکل (۵-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۲۵ در مرحله واسنجی ۶۵
- شکل (۶-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۲۹ در مرحله واسنجی ۶۵
- شکل (۷-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۶/۰۱/۱۳ در مرحله واسنجی ۶۶
- شکل (۸-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۶/۰۱/۱۴ در مرحله واسنجی ۶۶
- شکل (۹-۴) برازش خط یک به یک ۶۸
- شکل (۱۰-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۲/۱۵ در مرحله اعتبارسنجی ۶۹
- شکل (۱۱-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۲/۲۴ در مرحله اعتبارسنجی ۷۰
- شکل (۱۲-۴) هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۶/۰۱/۰۴ در مرحله اعتبارسنجی ۷۰
- شکل (۱۳-۴) نمودار شدت - مدت در دوره برگشتهای ۲ تا ۱۰۰ ساله به روش وزیری در ایستگاه هواشناسی نیشابور ۷۲
- شکل (۱۴-۴) های توگراف رگبار طراحی با تداوم ۵۰ دقیقه و دوره بازگشتهای ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله ۷۵
- شکل (۱۵-۴) موقعیت BMPها در منطقه یک نیشابور ۷۸
- شکل (۱۶-۴) تاثیر بایوریتنشن بر روی حجم رواناب در هر رخداد ۸۰
- شکل (۱۷-۴) تاثیر ماندبیلولژیکی بر روی حجم رواناب در هر رخداد ۸۲
- شکل (۱۸-۴) تاثیر ترانشه نفوذ بر روی حجم رواناب در هر رخداد ۸۳
- شکل (۱۹-۴) تاثیر سنگ فرش نفوذ پزیر بر روی حجم رواناب در هر رخداد ۸۴

فهرست اشکال

عنوان	شماره صفحه
شکل (۴-۲۰) تاثیر بشکه‌باران بر روی حجم رواناب در هر رخداد	۸۶
شکل (۴-۲۱) تاثیر باغباران بر روی حجم رواناب در هر رخداد	۸۷
شکل (۴-۲۲) تاثیر اذغام BMP بر روی حجم رواناب در هر رخداد	۸۹
شکل (۴-۲۳) مقایسه کاهش حجم خروجی در هر سناریو	۹۳
شکل (۱) انتقال آلودگی به همراه رواناب	۱۰۸
شکل (۲) استفاده از آب باران جهت آبیاری فضای سبز حاشیه خیابانها	۱۰۸
شکل (۳) مکان مناسب جهت احداث بایوریتنشن	۱۰۹
شکل (۴) مکان مناسب جهت احداث ترانسه نفوذ	۱۰۹
شکل (۵) مکان مناسب جهت احداث سنگفرش متخلخل	۱۱۰
شکل (۶) مکان مناسب جهت احداث باغباران	۱۱۰

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول (۱-۳) مقادیر ضریب زبری (N) برای سطوح مختلف.....	۳۸
جدول (۲-۳) مقادیر ضریب زبری برای (N) برای کانال های مختلف	۳۸
جدول (۳-۳) مقادیر ارتفاع ذخیره چالابی در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر (MM) در راهنمای نرم افزار (روسمن، ۲۰۰۹)	۳۹
جدول (۴-۳) رویدادهای بارش انتخابی و تداوم آنها در ایستگاه باران سنجی سازمان هواشناسی نیشابور	۴۳
جدول (۱-۴) خصوصیات فیزیکی زیر حوضه ها	۵۸
جدول (۲-۴) اطلاعات مربوط به مجاری شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه	۶۰
جدول (۳-۴) اطلاعات مربوط به گره ها	۶۲
جدول (۵-۴) دامنه تغییرات پارامترهای اولیه جهت اجرای واسنجی پارامترهای مهم مدل SWMM	۶۲
جدول (۶-۴) مقادیر اولیه و بهینه شده نتایج اجرای واسنجی پارامترهای مهم مدل SWMM	۶۳
جدول (۷-۴) مقادیر شبیه سازی شده و مشاهداتی رویدادهای در مرحله واسنجی	۶۳
جدول (۸-۴) مقادیر شاخص های کارایی مدل در مرحله واسنجی مدل SWMM	۶۷
جدول (۹-۴) مقادیر شبیه سازی شده و مشاهداتی رویدادهای در مرحله اعتبار سنجی	۶۹
جدول (۱۰-۴) مقادیر شاخص های کارایی مدل در مرحله اعتبارسنجی مدل SWMM	۷۱
جدول (۱۱-۴) زمان تمرکز بدست آمده در روشهای مختلف برای شهر نیشابور	۷۲
جدول (۱۲-۴) مقادیر شدت (MM/H) بارندگیهای کوتاه مدت برای تداوم و دوره بازگشت های مختلف منطقه مورد مطالعه	۷۳
جدول (۱۳-۴) مقادیر بارش تجمعی رگبار به میلی متر در دوره بازگشت های مختلف	۷۳
جدول (۱۴-۴) مقادیر بارش جزئی رگبار به میلی متر در دوره بازگشت های مختلف	۷۴
جدول (۱۵-۴) مقادیر هایتوگراف رگبار ۵۰ دقیقه	۷۵
جدول (۱۵-۴) دبی و حجم رواناب خروجی در حالت اولیه و بدون داشتن LID	۷۶
جدول (۱۶-۴) تاثیر بایوریتشن بر روی حجم رواناب	۸۰
جدول (۱۷-۴) تاثیر ماندبیولوژیکی بر روی حجم رواناب	۸۱
جدول (۱۸-۴) تاثیر ترانشه نفوز بر روی حجم رواناب	۸۳
جدول (۱۹-۴) تاثیر سنگفرش نفوذپذیر بر روی حجم رواناب	۸۴
جدول (۲۰-۴) تاثیر بشکه باران بر روی حجم رواناب	۸۵
جدول (۲۱-۴) تاثیر باغ باران بر روی حجم رواناب	۸۷

فهرست جداول

شماره صفحه	عنوان
۸۸	جدول (۴-۲۲) تاثیر مجموع BMPS بر روی حجم رواناب
۹۰	جدول (۴-۲۳) کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف
۹۱	جدول (۴-۲۴) درصد کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف
۹۴	جدول (۴-۱۸) کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف
۹۵	جدول (۴-۱۹) درصد کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف
۱۰۴	ضمیمه (الف) خصوصیات فیزیکی زیر حوضه‌ها
۱۰۵	ضمیمه (ب) اطلاعات مربوط به مجاری شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه
۱۰۶	ضمیمه (ج) اطلاعات مربوط به گره‌ها

فصل اول

مقدمه

رشد سریع جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن جوامع، سبب ایجاد تغییر در سیمای طبیعی حوضه‌های آبخیز شده است. این تغییرات زمینه ساز ایجاد شرایط نامطلوبی همچون کاهش تغذیه سفره آب زیرزمینی، افزایش حجم کل رواناب، تشدید حداکثر آبدهی (پیک) سیلاب‌ها، کاهش زمان تمرکز و تغییر کیفیت آب در حوضه آبخیز هستند که از مهمترین عوامل آن می‌توان به افزایش سطوح روکش شده، بام ساختمان‌ها، سطوح خیابان‌ها، پارکینگ‌ها و امثال آنها اشاره کرد این عوامل به صورت مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک و تغذیه سفره آب زیرزمینی عمل می‌کند و سبب می‌شود که بخش بیشتری از هر بارندگی به رواناب سطحی تبدیل شود. بنابراین تحولات هیدرولوژیکی حوضه و ایجاد شرایط نامطلوب سبب بروز سیلاب شهری و خسارات ناشی از آن می‌شود (طاهری بهبهانی، ۱۳۷۵). از این رو لازم است تا با مدیریت صحیح، اصولی و کارشناسی شده، در کاهش خسارات سیلاب‌های شهری اهتمام ورزید. یکی از روش‌های مقابله با سیلاب‌ها مدیریت یکپارچه منابع در جوامع بین‌المللی است که به عنوان راهی فراروی مدیریت آب، سرزمین و منابع وابسته به آنها و ایجاد تعادل بین نیازهای اقتصادی- اجتماعی جوامع محسوب می‌شود. جهت یکپارچه سازی منابع آبی تمامی عوامل مؤثر باید مورد توجه قرار گیرد (سعدالدین و همکاران^۱، ۲۰۱۰). از عواملی که در بحث مدیریت یکپارچه منابع آبی باید مد نظر قرار بگیرد، خصوصیات رگبار، خصوصیات حوضه و خصوصیات سیلاب‌ها هستند که نقش مهمی را در پیش بینی، درک و چگونگی وقوع سیلاب دارند (بهره‌مند، ۱۳۸۹).

سیستم های جمع‌آوری و دفع آبهای سطحی از اجزای مهم برنامه‌ریزی و عمران مناطق شهری هستند که با توجه به خصوصیات حوضه‌های شهری طراحی می‌شوند و هرگونه سهل‌انگاری در طراحی صحیح آنها می‌تواند مشکل آفرین باشد. سیل زدگی شهرها، خسارات فیزیکی (ساختمان‌ها، معابر)، خسارات بهداشتی، هزینه‌های اقتصادی نمونه‌ای از این مشکلات هستند. از این رو طراحی صحیح و

¹. Sadoddin et al

تأمین ظرفیت کافی شبکه جمع‌آوری، دفع آب‌های سطحی و استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی (BMP)^۱ نوین جهت استحصال این رواناب‌ها ضروری است، که معمولاً نیازمند شبیه‌سازی و استفاده از مدل‌های ریاضی خواهد بود. از این رو بررسی خطر سیلاب‌های شهری و پیچیدگی بالقوه موجود در سیستم زهکشی و سیلاب شهری اخیراً مورد توجه بیشتر محققین قرار گرفته است (سو^۲ و همکاران، ۲۰۰۰؛ چن^۳ و همکاران، ۲۰۰۹)

مجموعه مطالب بیان شده نشانگر این موضوع است که بررسی‌های منطقه‌ای (در سطح حوضه آبریز رودخانه‌ای که اراضی شهری جزئی از آن محسوب می‌شود) و تدارک تمهیدات لازم (BMP) در قالب روش‌های توسعه کم اثر (LID)^۴ از جمله اقدامات مناسب برای مقابله با پیامدهای زیانبار این پدیده تلقی می‌شود.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

سیل یک پدیده طبیعی است که جوامع بشری آنرا به عنوان یکی از وقایع اجتناب ناپذیر پذیرفته‌اند. از زمان‌های گذشته به سیلاب‌های رودخانه‌ای و دشت‌های سیلابی توجه خاصی شده، در حالی که سیلاب در محیط‌های شهری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به افزایش جمعیت، گسترش و توسعه روز افزون مناطق مختلف شهری و روستایی و همچنین تغییر کاربری اراضی بحث روانابها و سیلاب‌های شهری که عواقب اجتماعی اقتصادی آن بطور اجتناب ناپذیر بیشتر ساکنان جهان را تحت تأثیر قرار داده است به عنوان یکی از مشکلات جدی مدیریت روانابهای سطحی، مورد توجه قرار گرفته است.

با وجود آن که در بسیاری از کشورهای جهان همچون کشورهای اسکانندیناوی و ژاپن قرن‌ها است که تدابیر مقابله با خطرهای سیل و طغیان آن‌ها در قالب آبخیزداری شهری انجام گرفته است، در کشور ما انجام این مهم به تعویق افتاده است. با وجود آن که اکثر شهرها و مراکز جمعیتی کشور ما

^۱. Best Management Practice

^۲. Hsu et al

^۳. Chen et al

^۴. Low Impact Development

همواره در معرض تخریب ناشی از سیلاب‌ها قرار دارد، هنوز همه‌ساله می‌توان فهرست بلندی از تکرار وقوع سیل و بزرگی خسارات ناشی از آن را تهیه کرد. در این میان به جز پاره‌ای از اقدامات پراکنده امدادسانی و نجات، آن هم بعد از وقوع حادثه و معدودی تدابیر موضعی و موقتی، هیچ گونه طرح جامع و مدیریتی برای تجهیز شهرها در برابر مخاطرات سیل تهیه و اجرا نشده است (طاهری بهبهانی، ۱۳۷۵).

بنابراین با توجه به وقوع سیلاب‌های اخیر در کشور نیاز به یک برنامه‌ریزی جدی برای مدیریت سیلاب شهری از طرف مدیران عرصه آب احساس می‌شود. از این رو به منظور مدیریت اصولی و کنترل سیلاب در حوضه‌های آبریز شهری، شناخت مناطقی که در معرض خطر سیلاب قرار دارند از اهمیت زیادی برخوردار است. در واقع مدیریت آبخیزهای شهری با ارائه فنون جدید در جهت یکپارچه‌سازی تصمیم‌گیری در حل مسائل و نوآوری در جهت تکامل شیوه‌های مدیریتی و فناوری برای افزایش طول عمر زیرساخت‌ها تلاش می‌کند (پال و است^۱، ۲۰۰۵).

همچنین در بسیاری از مناطق جهان، آب کافی به منظور برآوردن نیازهای اساسی بشر وجود ندارد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۵۰، جمعیت جهان ۲/۳ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت و از ۶/۸ میلیارد به ۹/۱ میلیارد نفر می‌رسد، همچنین جمعیت شهرنشین جهان حدود ۸۴ درصد افزایش یافته و از ۳/۴ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۹ به ۶/۳ میلیارد در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. بیش از ۲ میلیارد نفر در بیش از ۴۰ کشور جهان در نواحی تحت کمبود آب زندگی می‌کنند که سرانه آب آن‌ها کمتر از ۱۷۰۰ متر مکعب در سال است. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که حدود ۹۰۰ میلیون نفر در جهان از آب آشامیدنی محروم هستند و حدود ۲/۹ میلیارد نفر بدون اصول بهداشتی زندگی می‌کنند (سازمان ملل متحد^۲، ۲۰۰۹). مناطق خشک و نیمه خشک در حدود یک سوم سطح خشکی‌های روی زمین را تشکیل داده و حدود ۴۰ درصد جمعیت جهان را شامل می‌

^۱. Pahl- Wost

^۲. United Nations Organization

گردد. نیمی از کشورهای جهان یا بطور کامل و یا بخشی از آنها در مناطق خشک قرار گرفته است (دستورانی، ۱۳۹۱). ایران نیز کشوری در منطقه خشک و نیمه خشک با منابع آب کم و حساس می باشد. توزیع غیر یکنواخت آب در سطح کشور از یک طرف و افزایش تقاضا در اثر رشد جمعیت و تمایل برای رسیدن به رشد اقتصادی و استانداردهای بالاتر زندگی توسط مردم از طرف دیگر، منجر به تضاد بین منابع آب موجود و تقاضای آب و در نتیجه کمبود آب برای استفاده‌های شهری و خانگی شده است. پیش بینی می شود با ادامه این رویه در رشد جمعیت، سرانه آب موجود تا سال ۲۰۲۵ به زیر ۱۰۰۰ مترمکعب برسد که احتمالاً در آن زمان ایران در زمره کشورهای با کمبود آب شدید قرار خواهد گرفت (ابریشم چی و همکاران^۱، ۲۰۰۵). از آنجا که غالب مناطق خشک و نیمه خشک در معرض رواناب‌های ناشی از بارشهای متمرکز بر روی شهرها و جریان آب در مسیرهای فرعی و خیابان-ها است (چن و همکاران^۲، ۲۰۰۹)، لازم است نگرش مدیریت سنتی رواناب شهری (هرچه سریع تر خارج کردن رواناب از شهر) به نقطه نظر استفاده از رواناب برای ذخیره و تصویه، تغییر یابد. در نتیجه باید در مناطق شهری به تولید رواناب به عنوان یک منبع نه به عنوان یک زائده نگریسته شود (بهری^۳، ۲۰۱۲).

شهر نیشابور با بارندگی سالانه حدود ۲۳۴ میلیمتر دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد (امیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۰) که غالباً پس از وقوع باران‌های رگباری مخصوصاً در بهار و تابستان دچار آب-گرفتگی شده و مشکلات زیادی برای مردم ایجاد می‌شود (شکل ۱-۱) بطوریکه در تاریخ ۱۳۸۸/۰۲/۲۹ خبرگزاری فارس خبری مبتنی بر وقوع آب‌گرفتگی در بیش از صد نقطه شهر و تخلیه آب این مناطق با تانکر و پمپ اشاره نمود. همچنین در پی وقوع آب‌گرفتگی معابر شهری در خرداد و شهریور سال ۱۳۹۲، هفته‌نامه خیام‌نامه در شماره ۱۵۹ و ۱۷۱ به ارائه گزارشی کامل در ارتباط با مشکلات ناشی از آب‌گرفتگی در سطح شهر نیشابور پرداخته است (لگزیان، ۱۳۹۳). بنابراین با توجه

¹. Abrishamchi et al.

². Chen et al

³. Bahri

به جمعیت رو به رشد و وقوع مشکلات ناشی از جریان هرزآب‌ها در سطح شهر و همچنین اضافه برداشت‌ها از منابع آب زیرزمینی، این شهر برای مطالعه موردی انتخاب شد.



شکل (۱-۱) وقوع آبگرفتگی در معابر و خیابان‌های اصلی شهر

۱-۳- فرضیه ها

سیستم زهکش قدیمی در شهرها و توسعه اراضی غیر قابل نفوذ در مناطق شهری اثرات مهمی در وقوع خطر سیلاب دارند. بیشتر سطح در مناطق شهری توسط اراضی غیر قابل نفوذ پوشیده شده که در اثر بارش باران با شدت بالا باعث تجمع رواناب و بروز سیل یا آبگرفتگی در این مناطق می‌شود. بر این اساس در تحقیق حاضر فرضیات زیر مطرح می‌باشد.

- ❖ شبکه زهکش فعلی کارایی لازم برای جمع‌آوری رواناب شهری را ندارد.
- ❖ روشهای غیر متمرکز و اعمال روش‌های مدیریتی نتایج بهتری در کنترل سیلاب خواهند داشت.
- ❖ مدل SWMM قادر به ارزیابی کارایی شبکه زهکشی موجود و تعیین ابعاد بهینه آن را در شهر و همچنین قابلیت بکارگیری بهترین اقدامات مدیریتی و ارزیابی نحوه عملکرد این اقدامات بر میزان کاهش حجم رواناب در شهر نیشابور می‌باشد.

۱-۴- اهداف

سیلاب‌ها و خصوصاً تندسیل‌های شهری در نیشابور نتایجی جز به مخاطره انداختن جان و مال انسان‌ها و همچنین ایجاد مشکلات زیست محیطی و بهداشتی، اختلال در عبور و مرور و حمل و نقل، زیان‌های اقتصادی و مالی و تهدید زیربناها نداشته است. با توجه به این‌که اجرای صحیح اصول آبخیزداری شهری و مدیریت سیلاب‌ها و تندسیل‌های شهری نیازمند وجود مدل‌های مناسب و کاربردی جهت مهار، کنترل و برنامه‌ریزی جهت سامان بخشیدن به سیلاب‌ها در پایین دست شهر نیشابور می‌باشد، اهداف تحقیق بر پایه موارد زیر بنا نهاده شدند.

- ❖ تدوین و معرفی مدل مناسب بیلان هیدرولوژیکی متناسب با شهر نیشابور.
- ❖ استفاده از مدل ارائه شده در برآورد رواناب شهری در کاربری‌های مختلف اراضی جهت طراحی و اجرای بهترین اقدامات مدیریتی.

در این تحقیق در نظر است که با استفاده از بهترین روش‌های مدیریتی سیلاب BMP، کاهش دبی سیلاب را با تحلیل سناریوهای مختلف بررسی گردد و تأثیر بکارگیری همزمان این روش‌ها را مورد ارزیابی قرار گیرد. برای رسیدن به هدف مذکور، جهت شبیه‌سازی و برآورد رواناب در منطقه مورد مطالعه از مدل ریاضی SWMM به عنوان مدلی مناسب جهت مدیریت رواناب‌ها و سیلاب‌های شهری و روستایی استفاده گردیده و در پی آن با استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی میزان کاهش دبی سیلاب در خروجی مشاهده و بررسی می‌گردد.

بر این اساس این تحقیق در ۵ فصل ارائه شده است که در هر یک از فصول به ترتیب به مباحث زیر می‌پردازد. فصل اول به کلیاتی در مورد موضوع و ضرورت انجام آن می‌پردازد، فصل دوم سابقه تحقیق و مرور بر مطالعات گذشته موضوع مورد نظر را در بر می‌گیرد، فصل سوم مبانی و روشهای مورد استفاده در تحقیق را معرفی می‌کند، فصل چهارم نتایج و محاسبات و فصل پنجم خلاصه‌ای از نتایج مطالعه حاضر و پیشنهاداتی برای ادامه تحقیق را در بر می‌گیرد.

فصل دوم

سابقه تحقیق

۲-۱- مقدمه

اهمیت کنترل و مدیریت سیلاب در ایران، با توجه به شرایط اقلیمی کشورمان مشهود می‌باشد. آب داری ارزش استراتژیک می‌باشد و سدهایی که از صدها سال پیش احداث گردیده‌اند و برنامه‌ریزی‌های نیاکان ما بر مدیریت آب (طومار شیخ بهایی)، تائیدی بر این مدعاست. تشدید سیر صعودی خسارات سیل طی دو دهه گذشته سبب شده که آرزوهای دیرینه درباره حل قطعی مسئله طغیان‌ها جای خود را به این حقیقت بدهند که پدیده سیل جدا از همه پیچیدگی‌هایی که دارد یک مساله قابل تأمل، مطالعه و بررسی است که طی آن می‌توان از پیامدها و تبعات زیانبار آن جلوگیری کرد (فرناندس^۱، ۲۰۱۰). در این فصل ضمن بیان مفاهیمی در رابطه با مدیریت سیلاب شهری و بررسی مدل بارش رواناب به مرور تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت رواناب‌های شهری و مدل‌های استفاده شده جهت شبیه سازی روند بارش رواناب پرداخته می‌شود.

۲-۲- مفاهیم

۲-۲-۱- مدیریت سیلاب در مناطق شهری

با توسعه روز افزون مناطق شهری و از بین رفتن اراضی کشاورزی مناطق غیر قابل نفوذ توسعه یافته که این امر موجب افزایش حجم و ارتفاع رواناب ناشی از بارش در حوضه‌های شهری می‌شود. جریان‌های جاری شده در حوضه‌های شهری بدلیل عبور از مناطق مختلف در سطح شهر دارای کیفیت نامناسب بوده و همراه خود مقدار زیادی آلودگی حمل می‌کند. در صورت عدم زهکش مناسب، رواناب ناشی از بارش‌ها (رگبارها) امکان بروز سیلاب در سطح شهر افزایش می‌یابد. به دلیل اثرات مخرب ناشی از سیلاب در حوضه‌های شهری چگونگی انتقال، مدیریت و تخلیه رواناب‌های ایجاد شده در سطح، مورد توجه محققان و ارگان‌های مربوطه از جمله شهرداری‌ها قرار گرفته است. کیفیت رواناب در حوضه‌های شهری بدلیل آلودگی‌های ناشی از وسایل حمل و نقل، ساختمان سازی، کودهای

¹. Fernandes

شیمیایی مربوط به فضاهای سبز بسیار نامناسب می باشد. برای کاهش اثرات ناشی از کیفیت و کمیت رواناب در حوضه‌های شهری از ساز و کارهای متعددی، از جمله ارائه بهترین اقدامات مدیریتی استفاده می‌شود. نوع، اندازه و چگونگی این اقدامات به تناسب اندازه و شدت رواناب و همچنین میزان آلودگی تجمع یافته در این مناطق بستگی دارد (بدیعی زاده، ۱۳۹۱).

۲-۲-۲- اهمیت مدیریت و طراحی سیستم‌های جمع آوری رواناب سطحی در

طراحی شهری

سیستم‌های زهکش شهری از اجزا مهم برنامه‌ریزی مدیریتی و عمران مناطق شهری هستند و هرگونه سهل انگاری در طراحی صحیح آنها می‌تواند برای جوامع بشری مشکل آفرین باشد. مدیریت کمی و کیفی رواناب‌های شهری کار بسیار پیچیده‌ای است که هر روزه بر اهمیت آن افزوده می‌شود. طراحی سیستم زهکش آبهای سطحی و زیرزمینی در شهرها با رویکرد بهترین روش‌های مدیریتی نوین ارتباط نزدیکی با طراحی شهر پایدار دارد و بخشی از آن تلقی می‌شود. عدم برنامه ریزی صحیح در جهت مدیریت و هدایت آبهای سطحی و زیرزمینی باعث افزایش هزینه‌ها در مواقع بحرانی می‌گردد (بدیعی زاده، ۱۳۹۱).

۲-۲-۳- کاربرد مدل های هیدرولوژیکی شبیه سازی بارش - رواناب در مناطق

شهری

شناخت هر چه بیشتر پدیده‌ها و پارامترها مؤثر در سیلاب‌های شهر از یک سو و پیشرفت‌های روز افزون در زمینه‌های محاسباتی، منجر به تهیه برنامه‌های کامپیوتری گردیده که بواسطه آن با لحاظ نمودن عواملی که در گذشته صرفاً به صورت تقریبی در محاسبات وارد می‌شدند یا بعضاً نادیده گرفته می‌شدند، دقت محاسبات افزایش می‌یابد. بنابراین کاربرد مدل‌های کامپیوتری برای طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی در شهرها کاملاً رایج شده است. قابل ذکر است که مدل‌های ریاضی صرفاً تلاشی برای انعکاس شرایط واقعی به کمک فرمول‌های ریاضی‌اند بدین جهت، نباید بیش از

اندازه به آنها متکی بود و عوامل اقتصادی، اجتماعی را نیز باید مد نظر قرار داد. مهمترین نقش مدل-های کامپیوتری حوضه آبخیز، امکان پذیر ساختن ارتباط منطقی بین فرآیندهای هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، کیفیت آب و عوامل اقتصادی با صرف هزینه معقول است (بهبهانی، ۱۳۸۸).

۲-۳- سابقه تحقیق

دیدگاه مدیریت سنتی روانابها در مناطق شهری و عملیات اجرایی آن، همواره بر مبنای جمع-آوری و هدایت روانابها به بیرون از محدوده مورد نظر استوار بوده است. بدین جهت هر چه سامانه طراحی شده رواناب را با سرعت و حجم بیشتری منتقل می‌کرد سامانه‌ی موفق تری شناسایی می‌شد. اما این دیدگاه از دو نظر با ضعف اساسی روبه‌رو است که هر کدام به تنهایی می‌توانند موفقیت این سامانه‌ها را به چالش بکشد. اول اینکه با توجه به این که روانابها جزو منابع ارزشمند آب هستند می‌تواند پاسخگوی برخی از نیازها و مصارف آبی باشند. دوم آنکه روانابها سبب انتقال آب به همراه آلودگی‌های مسیر جریان خود به پایین دست می‌شوند و مشکلات زیست محیطی عمده‌ای را در نواحی پایین دست به وجود می‌آورد. به همین دلایل بازنگری اساسی در نگرش به روانابهای شهری ضرورتی اجتناب ناپذیر است. از این رو کشور ما که هم از لحاظ کمبود ریزش‌های جوی و هم از لحاظ شرایط انتشار آلودگی از میانگین جهانی بالاتر است شرایط حساستری به خود می‌گیرد. بنابراین استفاده مجدد از روانابها و همچنین ایجاد شرایط مطلوب جهت نفوذ بارش‌ها به لایه‌های زیرین خاک جهت تغذیه سفره‌های آب، ضروری است، از این رو ضرورت تدوین راهبردها و برنامه‌ریزی اقدامات لازم در این خصوص به خوبی احساس می‌شود. این ضروریات را می‌توان در غالب مدیریت یکپارچه منابع آب گنجانده. این مدیریت در مناطق شهری شامل کنترل جریان هرزآبها و اصلاح شبکه‌های زهکشی می‌باشد، که بدلیل رشد سریع شهرها به همراه افزایش جمعیت بوجود می‌آیند و سبب بروز مشکلات زیادی در زمینه مدیریت روانابها در هنگام رخدادهای سیلابی می‌شوند که عبارتند از آب گرفتگی معابر، اختلال در سیستم عبور و مرور، آلودگی منطقه به واسطه جاری شدن رواناب آلوده، سیل زدگی مناطق مسکونی و تأمین امنیت جانی، مالی و روانی شهروندان، بنابراین وجود

چنین مشکلاتی همواره دغدغه خاطر محققان، طراحان، برنامه‌ریزان شهری و مهندسين آب بوده است که منجر به انجام تحقیقاتی در این زمینه شده است، در زیر به برخی از این تحقیقات اشاره می‌شود.

۲-۳-۱- مدیریت رواناب شهری

برطبق مطالعات انجام شده در محدوده طرح جامع شهر هیستون در ایلات متحده، مشخص شد که تبدیل اراضی روستایی (اراضی که سطوح نفوذ ناپذیر برابر با یک درصد مساحت حوضه بوده)، به اراضی کاملاً توسعه یافته شهری (سطوح نفوذ ناپذیر برابر با ۳۵ درصد مساحت حوضه)، شدت سیلاب ناشی از بارندگی متوسط سالانه را ۹ برابر کرده است. میزان افزایش حداکثر آبدهی سیلاب ۵۰ ساله، پس از تغییر کاربری فوق نیز کاملاً چشمگیر بوده و معادل ۵۰۰ درصد (پنج برابر)، گزارش شده است (مطالعات زیربخش های مهندسی ارتش آمریکا^۱، ۱۹۸۶). تحقیقی دیگر که توسط خداشناس و تاج بخش صورت گرفته است بیان می‌کند که، سامانه‌های زهکشی و شبکه‌های آب سطحی با پوشش سخت احداث می‌شدند، با این هدف که سرعت جریان را زیادتر نموده و توان تخلیه سیلاب را افزایش دهند. اما عدم طراحی صحیح، اشباع شدن سریع شبکه به علت توسعه شهری، عدم بهره برداری و نگهداری مناسب باعث می‌شود که شبکه در اکثر موارد قادر به ایفای صحیح وظایف خود نبوده و با کوچکترین بارندگی خیابان‌ها و کوچه‌ها دچار آب‌گرفتگی شوند (خداشناس و تاج بخش، ۱۳۹۱). به همین دلیل آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا EPA^۲، در بررسی مشکلات رواناب شهری از مفهوم توسعه با اثرات کم^۳ استفاده می‌کند که بر لزوم استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی تأکید دارد و مزایای این اقدامات را شامل کاهش و به تأخیر انداختن حجم رواناب و دبی اوج سیلاب‌ها، افزایش تغذیه آب‌های زیرزمینی، کاهش آلودگی سیلاب‌ها، افزایش تجزیه کربن، کاهش انرژی‌های گرمازا،

^۱. COE , HEC

^۲. Environmental Protection Agency (EPA)

^۳. Low Impact Development (LID)

بهبود کیفیت هوا، افزایش زیستگاه آبریان، حیات وحش و تفرجگاه، بهبود سلامت انسان و بالابردن ارزش اراضی می داند(روسمن^۱، ۲۰۰۷).

ماتوکریشنان و همکاران^۲(۲۰۰۴)، بیان کردند که می توان اقدامات مدیریتی توسعه با اثرات کم را به دو گروه اصلی تقسیم بندی کرد: ۱. اقدامات غیرساختمانی یا کنترل منابع شامل آموزش همگانی، برنامه ریزی و مدیریت مناطق توسعه یافته، مدیریت مصالح، حفاظت زهکش های سیلابی خیابان ها، کنترل ساخت و سازهای غیرمجاز و کنترل ارتباطات غیرمجاز ۲. اقدامات ساختمانی شامل مخازن سیلاب، تالاب ها، سیستم های پوشش گیاهی سیستم های نفوذ و سیستم های فیلتراسیون.

رامیر و همکاران^۳(۲۰۰۴)، در تحقیقی به تعیین ضریب رواناب و میزان نفوذ محیط متخلخل و آسفالت با استفاده از لایسیمتر اقدام نمودند. نتیجه این تحقیق برای محیط متخلخل نشان دهنده آن است که ۱۶ درصد تبدیل به رواناب شده، ۵۸ درصد نفوذ کرده و ۲۶ درصد تبخیر شده است در حالیکه برای آسفالت ۷۴ درصد رواناب، ۲ درصد نفوذ و ۲۵ درصد تبخیر بوده است.

لی و همکاران^۴(۲۰۰۳)، به منظور بررسی اثرات طولانی مدت یک منطقه مسکونی در میامی، آنالیز نفوذ ناپذیری شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و شبیه سازی هیدرولوژیکی را برای منطقه مورد مطالعه به انجام رساندند. نتایج آن ها نشان می دهد مناطق نفوذناپذیر متصل بهم (به عنوان مثال قسمت های آسفالت شده یا سنگفرش شده مناطق شهری) که ۴۴ درصد محدوده موردنظر را تشکیل می دهند، حدود ۷۲ درصد حجم رواناب سطحی در ۵۲ سال را تولید کرده اند. همچنین بنا بر نتایج حاصل از شبیه سازی هیدرولوژیکی و مقدار نفوذناپذیری اندازه گیری شده در پنج سطح متفاوت پیشنهاد کردند که مناطق نفوذناپذیر متصل بهم به عنوان یک شاخص کلیدی اثرات شهری شدن بر کمیت و کیفیت آب باران در نظر گرفته شود.

1. Rossman

2. Muthukrishnan et al.

3. Ramier et al

4. Li et al

تاین و همکاران^۱ (۲۰۰۳)، در تحقیقی به منظور تجزیه و تحلیل اقتصادی استحصال آب باران در چین به بررسی اقتصادی و امکان‌سنجی استفاده از آب باران برای آبیاری تکمیلی در یک منطقه نیمه خشک مبادرت کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد اهمیت استفاده کامل از هر سطح سخت در هوای باز برای جمع‌آوری آب باران را نشان می‌دهد. این نتایج همچنین نشان می‌دهد که سود دهی از برداشت آب باران و صرفه جویی در استفاده از منابع آب به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

فانگ هونگ و همکاران^۲ (۲۰۱۲)، در تحقیقی با هدف استفاده از مزیت‌های رواناب‌های ناشی از بارندگی بعد از شهری شدن شهر شیجیازانگ^۳ به محاسبه و آنالیز پتانسیل استفاده از این منبع آب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که جمع‌آوری، استفاده و همچنین مدیریت یکپارچه رواناب‌های سطحی تبدیل به موضوع مهمی شده است که در شهر خشکی مانند شیجیازانگ درآمدها را افزایش و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد این امر با مفهوم توسعه پایدار مطابقت دارد. همچنین بیان نمودند که استفاده از منطقی از منابع رواناب‌های سطحی مسئله‌ای است که نیاز به مطالعه و راه‌حل‌های فوری دارد.

لی^۴ (۲۰۱۲)، در تحقیقی به تحلیل اثرات و دلایل آب‌گرفتگی در شهر بیجینگ^۵ پرداخت. ایشان دلایل آب‌گرفتگی را افزایش سطوح نفوذناپذیر و تغییر اقلیم عنوان کرده و پس از در نظر گرفتن محدودیت رویکردهای موجود برای مدیریت رواناب سطحی، اظهار داشته که رویکردی پایدارتر برای این امر نیاز است. سپس چارچوبی سیستماتیک برای راه‌حل‌هایی مبتنی بر اکوهیدرولوژی^۶ طراحی خوب شهری، استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی و اصل کنترل در منشأ پیشنهاد کرده است و بیان داشته‌اند که با این راه‌حل‌ها می‌توان مشکل آب‌گرفتگی را برطرف و رواناب سطحی را ذخیره و استفاده نمود.

¹. Tian et al

². Fanghong et al

³. Shijiazhuang

⁴. Li

⁵. Beijing

⁶. Eco-Hydrology

رشیدی مهرآبادی و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی با هدف ارزیابی عملکرد مخازن برای ذخیره آب باران و تأمین نیاز غیرشرب روزانه ساکنان در ساختمان‌های مسکونی شهر قزوین بیان داشتند که اگر حجم مخازن و نیاز غیرشرب روزانه ساکنان براساس شرایط فیزیکی ساختمان و شرایط هیدرولوژیکی محاسبه شوند، ذخیره‌سازی آب باران در مخازن به حداکثر رسیده و تعداد روزهای بیشتری برای تأمین نیاز غیرشرب ساکنان از طریق جمع‌آوری آب باران خواهیم داشت. همچنین نتیجه گرفتند که برای مساحت پشت بام‌های بزرگ و کوچک به طور میانگین به ترتیب ۲۷ و ۲۰ درصد کل روزهای سال، نیازهای غیرشرب روزانه ساکنان تأمین شده است همچنین برای حجم مخازن بزرگ و کوچک به ترتیب ۳۵ و ۱۰ درصد کل نیازهای غیرشرب ساکنان تأمین شده است.

منصوریان (۱۳۹۱)، با هدف ارزیابی اقتصادی ذخیره آب باران برای استفاده در فضای سبز شهر مشهد به تحلیل اقتصادی یک مخزن ذخیره زیرزمینی با استفاده از روش ارزش فعلی درآمدهای آینده پرداخت. براساس یافته‌ها و نتایج ارزیابی اقتصادی در این تحقیق نسبت سود به هزینه برابر با ۱/۱۴ بدست آمد که نشان دهنده اقتصادی بودن پروژه با نرخ بهره ۵ درصد سالانه است و به عبارت دیگر اگر طی ۳۰ سال این پروژه فعال باشد منافع آن بیشتر از هزینه آن خواهد بود.

آرمسون و همکاران^۱ (۲۰۱۳)، در تحقیقی با هدف بررسی اثر درختان و چمن بر روی رواناب سطحی در شهر منچستر^۲ با ایجاد پلات‌های ۹ متر مربعی که در یک پلات فقط پوشش آسفالت، در یکی فقط پوشش چمن و دیگری پوشش آسفالت که در وسط آن درخت و حفره‌کشت دور آن قرار داشت به این نتیجه رسیدند که چمن در مقایسه با پوشش آسفالت حدود ۹۹ درصد و پلاتی که در آن درخت قرار داشت در مقایسه با پلات آسفالت حدود ۶۱ درصد بیشتر رواناب سطحی را کاهش می‌دهند.

احمدی و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی به منظور بررسی دلایل وقوع آب گرفتگی در میدان امام حسین (ع) شهر مشهد پس از بررسی خصوصیات سیل، فیزیوگرافی، تحلیل بارش منطقه، محاسبه

^۱. Armson et al

^۲. Manchester

حجم رواناب و بررسی عوامل تشدید کننده آب‌گرفتگی به این نتیجه رسیدند که علت عمده آب-گرفتگی در این میدان ورود آب باران به شبکه فاضلاب شهری و گرفتگی شبکه فاضلاب می‌باشد همچنین ورود زباله‌های کوچه و خیابان‌های اطراف که موجب مسدود شدن کانال‌های زهکشی می‌شود و نحوه شیب بندی خیابان‌های اطراف از دیگر عوامل آب‌گرفتگی در این میدان بودند.

جباری و همکاران (۱۳۹۲)، با اشاره به آمار بارندگی در مناطق مختلف ایران و پتانسیل بالای استفاده از آب باران، به معرفی چالش‌های اجتماعی، اقتصادی، فنی و سیاسی و مدیریتی پرداخته و راه کارها و دستورالعمل‌های لازم را برای رفع این چالش‌ها ارائه نمودند.

۲-۳-۲- مدل‌های بارش-رواناب

با توجه به اهمیت سیلاب‌های شهری و سیستم‌های جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی، مدیریت کمی و کیفی رواناب‌های شهری کار بسیار پیچیده‌ای است که هر روزه بر اهمیت آن افزوده می‌شود، بنابراین شناخت هر چه بیشتر پدیده‌ها و پارامترها مؤثر در سیلاب‌های شهر از یک سو و پیشرفت‌های روز افزون در زمینه‌های محاسباتی از سوی دیگر منجر به تهیه برنامه‌ها کامپیوتری گردیده که هر کدام با استفاده از دریافت پارامترهای اولیه اقدام به شبیه‌سازی بارش-رواناب می‌کند. پژوهشگران برای برآورد رواناب ناشی از بارش‌های مختلف با توجه به منطقه مطالعاتی، مشخصات حوضه و همچنین اطلاعات در دسترس یکی از مدل‌های بارش رواناب را انتخاب کرده و بعد از اجرای مدل به بررسی نتایج بدست آمده از آن می‌پردازند که در زیر به بخشی از این مطالعات اشاره می‌شود.

سلوینگام و همکاران، (۱۹۷۸)، با هدف ارزیابی و طراحی سیستم زهکشی جریان سیلاب در آبخیز سنگاپور از مدل‌های روندیابی^۱ RORM و SWMM جهت شبیه‌سازی رواناب استفاده نمودند. نتایج حاصله نشان داده که هر دو مدل از قابلیت مطلوبی برخوردار هستند، اما نتایج بدست آمده با مدل SWMM دارای خطای کمتری در محاسبه رواناب تولیدی است و مدل مؤثرتری جهت شبیه‌سازی سیستم زهکشی شهری است.

^۱. Run off Ruting Modle

سو^۱ و همکاران (۲۰۰۰)، به بررسی جریان‌های فاضلاب در مرکز منطقه شهری تاپیه در شمال تایوان پرداختند. با توجه به جریان ناشی از بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، طغیان سیل در مجاری فاضلاب را با مدل SWMM و مدل دو بعدی پخشیدگی جریان سطحی شبیه سازی نمودند، به این نتیجه رسیدند که مدل تلفیقی، ابزار مناسبی برای تجزیه و تحلیل سیلاب ناشی از سرریز شدن آب از شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و سیلاب ناشی از تخریب ایستگاه‌های پمپاژ می‌باشد و همچنین می‌توان از مدل SWMM جهت برآورد پتانسیل سیل‌خیزی و بررسی اقدامات کاهش سیل به عنوان یک سیستم جهت تصمیم‌گیری کنترل سیل استفاده نمود.

رودریگز^۲ و همکاران (۲۰۰۳)، طی تحقیقی جهت بررسی رواناب سطحی در حوضه‌های شهری و تعیین مورفولوژیکی هیدروگراف‌های واحد از روی بانک اطلاعات شهری در نانتس^۳ فرانسه به این نتیجه رسیدند که هیدروگراف‌های واحد شهری، از نظر شکل و اندازه به طور معنی داری با هیدروگراف‌های منتج شده از اندازه‌گیری‌های بارش-رواناب مشابه بودند.

اسکات^۴ (۲۰۰۶)، از مدل SWMM برای طراحی سیستم فاضلاب بهداشتی (زیرزمینی) استفاده کرد، او بیان کرد که مدل SWMM می‌تواند به عنوان ابزاری برای تحلیل روند سیستم فاضلاب سطحی باشد، و همچنین نشان داد که پارامترهای SWMM برای بکارگرفتن نفوذ و روند درونی در جریان‌های فاضلاب سطحی به خوبی تنظیم می‌شوند.

موسوی (۱۳۸۵) سیلاب‌های حوضه شهری ماسال را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در ترکیب با مدل‌های بارش-رواناب، مورد مطالعه قرار داد و با استفاده از فرمول استدلالی بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی و منحنی‌های شدت-مدت-دوره بازگشت بارندگی منطقه، مقادیر سیلاب هریک از حوضه‌های شهری را محاسبه نمود. نتایج به دست آمده بیانگر آن بود که ترکیب GIS با مدل‌های مختلف بارش-رواناب در طراحی شبکه سیلاب روی شهرها که با روش آزمون و

1. Hsu et al

2. Rodriguez. et al

3. Nantes

4. Scott

خطا برای رسیدن به امکان سنجی و ابعاد بهینه انجام می‌گیرد، می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و زمان بسیار مؤثر باشد.

بخشی (۱۳۸۵)، در منطقه ۲۲ تهران اقدام به شبیه‌سازی شبکه زهکش شهری با استفاده از مدل Mike SWMM نمود. نتایج نشان داد که شیب حوضه‌ها و همچنین نواحی شهری با تراکم بالا بیشترین تأثیر را در دبی اوج هیدروگراف داشته است. و همچنین از مدل Mike SWMM به عنوان ابزاری کارآمد جهت مدیریت سیلاب و تجزیه و تحلیل نتایج آن نام برد.

صنعی و احمدی (۱۳۸۵)، مقدار حجم یا دبی سیلاب‌ها را با استفاده از دو روش استدلالی یا منطقی^۱ و روش پیشرفته SWMM بر روی سه مسیل بزرگ شهر مشهد مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که به طور کلی مقادیر دبی سیلاب به دست آمده از روش منطقی بسیار بیشتر از نتایج حاصل از روش SWMM بود که این ناشی از ساختار دو روش می‌باشد.

جانگ^۲ و همکاران (۲۰۰۷)، در پژوهشی در سه حوضه آبخیز طبیعی در کشور کره جنوبی به بررسی کارایی مدل SWMM پرداختند، نتایج نشان می‌دهد که مدل SWMM به همان اندازه که در حوضه‌های شهری قابلیت دارد در حوضه‌های آبخیز طبیعی هم قابل استفاده است. سپس ضمن مقایسه ارزیابی‌های صورت گرفته در سیلاب برای شرایط قبل و بعد از توسعه شهری با دو مدل، هیدروگراف مصنوعی (SCS و Clark) و مدل هیدرولوژیکی SWMM به این نتیجه رسیدند که مدل SWMM برای بررسی شرایط قبل و بعد از توسعه بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد و اثرات شهرسازی بر رواناب تولیدی به خوبی نشان می‌دهد.

پارک^۳ و همکاران (۲۰۰۸)، با هدف بررسی اثر تقسیم بندی حوضه آبخیز و تفکیک مکانی شبکه زهکشی فاضلاب در کره جنوبی اقدام به شبیه‌سازی هیدروگراف جریان و حجم آلاینده با استفاده از مدل SWMM نمودند. نتایج نشان دهنده برآورد خوب مدل SWMM از دبی پیک و حجم رواناب

1. Rational

2. Jang

3. Park

است، و اینکه تفکیک مکانی بر روی نتایج معنی دار نبوده، البته کل بار آلاینده رواناب در تعدادی از زیر حوضه‌ها با افزایش تفکیک مکانی افزایش یافته است، و همچنین بار آلاینده‌های تجمع یافته در یک زیرحوضه که با چندین زیر حوضه با کاربری‌های متفاوت ترکیب شده با کاهش تفکیک مکانی کاهش یافته است.

فلاح تفتی (۱۳۸۶)، عملکرد سیستم زهکشی رواناب سطحی در قسمتی از حوضه آبخیز شهری در جنوب غربی مشهد را با استفاده از مدل تلفیقی MIKE SWMM و GIS شبیه‌سازی و ارزیابی نمود. نتایج به دست آمده نشان دهنده عدم طراحی مناسب انتقال دهنده‌ها بر اساس دبی عبوری از کانال‌ها است.

شریفیان و همکاران (۱۳۸۷)، طی تحقیقی در شهر شیراز با استفاده از مدل SWMM، نقاط و بازه‌های بحرانی در دوره بازگشت‌های منتخب (سه ساله برای مجاری فرعی و هشت ساله برای مجاری اصلی)، که در آن‌ها بیش از ۸۰ درصد مجاری پر بوده را مشخص کردند. نتایج نهایی شبیه‌سازی، گویای ناکارآمدی سیستم موجود در بخش‌هایی از شبکه بود.

وروانی و همکاران (۱۳۸۹)، در تحقیقی به منظور بررسی امکان استفاده از مناسب‌ترین سیستم استحصال رواناب در زمان وقایع سیلابی آبخیز شهری اراک، با جمع‌آوری اطلاعات پایه از حوضه‌های آبخیز مشرف به شهر در ابتدا با آنالیز خوشه‌ای مناطق همگن راگروه بندی کرده و در هر منطقه با استفاده از مدل بارش- رواناب SCS (یک روش تجربی برای جدا کردن تمام تلفات یک باران) میزان رواناب را در چند پایه زمانی و دوره بازگشت محاسبه کردند. سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی و استفاده از معیارها و ضوابط کمی (شامل سرمایه‌گذاری اولیه یا هزینه اجرا، نرخ سود به هزینه و هزینه نگه‌داری) و کیفی (شامل سهولت اجرا و قابلیت استحصال آن) سیستم‌های مختلف استحصال آب شهری برای مناطق همگن تعیین نمودند. در نهایت نتیجه گرفتند که استفاده از تانک‌های آب می‌تواند به عنوان یک منبع مکمل برای مصارف غیرشرب به حساب آید و فشار را بر منابع آب زیرزمینی حومه شهر کاهش دهد.

توکلی و همکاران (۱۳۹۰)، در تحقیقی در حوضه آبریز مقصود بیگ تهران، با استفاده از دو مدل کیفی (MUSSC) برای شبیه سازی کمیّت و کیفیت آب، و مدل اقتصادی (GAMS) برا بهینه سازی اقتصادی، به بررسی بهترین اقدامات مدیریتی (BMPs) اقدام کردند. نتایج نشان می‌دهد از میان سه BMPs، (جوی باغچه، بایوریتنشن و برکه) پیشنهادی جوی باغچه کمترین هزینه را داراست.

جیا و همکاران^۱ (۲۰۱۲)، در تحقیقی در دهکده المپیک چین که به عنوان نمونه‌ای از مفهوم «جامعه سبز»^۲ ساخته شده و از اقدامات مدیریت رواناب سطحی مانند آسفالت نفوذپذیر، مخازن نگه داشت زیستی (بایوریتنشن)، ترانسه نفوذ، بام سبز و مخازن ذخیره آب باران استفاده می‌کند به ارزیابی این راه کارها با استفاده از مدل پشتیبان تصمیم بهترین اقدامات مدیریتی پرداختند و با استفاده از مدل SWMM به شبیه‌سازی شبکه زهکشی در دهکده المپیک اقدام نمودند. سپس آن‌ها برای افزایش توانایی منطقه در کنترل رواناب سطحی گزینه‌های جدیدی از بهترین اقدامات مدیریتی را پیشنهاد کرده و حجم و پیک رواناب را تحت سه سناریو مختلف بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که اقدامات پیشنهاد شده می‌تواند به ترتیب باعث کاهش ۲۷ درصدی و ۲۱ درصدی در حجم و پیک رواناب شود.

یانگ و همکاران^۳ (۲۰۱۲)، در تحقیقی با تدوین سناریوهای تغییرات اقلیمی و گسترش شهر آنیانگچئون، به کمی کردن تغییرات کارایی گزینه های مدیریتی آبخیز که در نتیجه تغییرات اقلیمی و شهری شدن ایجاد شده بود پرداختند. آن‌ها پس از استخراج منحنی‌های غلظت BOD^4 و شبیه‌سازی تعداد روزها و غلظت موردنیاز BOD برای تأمین نیازهای زیست محیطی، پنج گزینه مدیریتی ممکن را با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره اولویت بندی نمودند.

افشاری آزاد و پورکی (۱۳۹۱) در تحقیقی با رویکرد شناخت نقش عوامل انسانی یا ساخت و ساز و از بین بردن پوشش گیاهی طبیعی و آسفالت کردن معابر در آب گرفتگی، به برآورد عمق و حجم

1. Jia et al.

2. Green community

3. Yang et al

4. Biochemical Oxygen Demand

سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روش SCS و استدلالی در شهر رشت پرداختند. نتیجه تحقیق انجام شده نشان داد که همبستگی مثبتی بین حداکثر دبی لحظه‌ای سیل و میزان بارندگی در روز وقوع سیل وجود دارد. همچنین ضریب همبستگی بین حداکثر دبی لحظه‌ای سیل و حداکثر شدت بارش ۲۴ ساعته، ۰/۹۵ بوده و نیز ضریب همبستگی بین مساحت مناطق شهری و رواناب ۰/۹۳ می‌باشد. در نهایت آنان پیشنهادهایی در جهت رفع آب گرفتگی معابر محدوده مورد مطالعه ارائه کردند.

متولی و همکاران (۱۳۹۱) رابطه تغییر کاربری اراضی و حجم رواناب شهری را در منطقه پنج شهر تهران مورد مطالعه قرار داده‌اند، آن‌ها برای توسعه شهری تصاویر لندست^۱ و برای تحلیل رواناب از روش SCS استفاده کرده و نتیجه گرفتند که سهم کاربری شهر در تولید رواناب از ۴۸ درصد تا حدود ۶۰ درصد در دوره مورد مطالعه تغییر داشته است.

بدیعی‌زاده (۱۳۹۳)، به منظور تعیین ابعاد بهینه شبکه زهکشی شهر گرگان از مدل هیدرولوژی - هیدرولیکی SWMM استفاده کرده، نتایج بدست آمده از واسنجی مدل نشان داده که دبی اوج و حجم جریان ناشی از شبیه سازی با مقادیر مشاهداتی تطابق خوبی داشته. همچنین با استفاده از نتایج مدل، میزان کارایی شبکه زهکش برای انتقال رواناب سطحی در دروره بازگشت‌های دو، پنج و ده ساله به ترتیب ۱۲/۴۸، ۳۰/۵۸ و ۴۰/۱۱ درصد از طول مجاری شبکه زهکش تحت شرایط بحرانی و سیلابی و آبگرفتگی قرار دارد. باتوجه به همین نتایج ابعاد بهینه برای مجاری شبکه برای هر دوره بازگشت تعیین شده است.

فانگ چن و همکاران (۲۰۱۴) طی تحقیقی در تایوان منطقه حوضه یوانشانیان به بررسی روشهای LID و نحوه‌ی عملکردی این متدها طی شبیه‌سازی طرح بارش رواناب در مدل SUSTAIN^۲ اقدام کردند و دریافتند که کیفیت آب نه تنها با آلودگی مستقیم فاضلاب کاهش می‌یابد، بلکه توسط رواناب

^۱. LANSat

^۲. System for Urban Stormwater Treatment and Analysis Integration Modle

ناشی از شهرسازی و تغییر کاربری زمین تهدید می‌شود همچنین انواع مختلف از روشهای LID را مورد بررسی قرار دادند و چهار سناریوی LID که ترکیبی از حوضچه‌های زیستی یا بایوریتشن، کانالهای علفی و پیاده‌روهای نفوذپذیر را براساس ویژگی‌های زمین‌شناسی طرح کردند. نتایج نشان داد که میزان تخلخل یا نفوذپذیری، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی، و عامل رویشی بر کیفیت آب حداقل اثر را دارد. در مقابل، سرعت نفوذ، به طور قابل توجهی نتایج را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به صورتی که تغییر ۱۰٪ در میزان نفوذ، تغییرات TP را تا ۵۰٪ افزایش می‌دهد. بنابراین، هنگام استفاده از مدل SUSTAIN، میزان نفوذ واحدهای LID باید بسیار دقیق انتخاب شود تا باعث کاهش عملکرد LID طراحی نشود.

جی^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی در منطقه صنعتی در شهر ماوانشین چین به بررسی حجم جریان و آلودگی ناشی از آن پرداختند. آنها با استفاده از بهترین روش‌های مدیریتی اقدام به طراحی شبکه زهکش و بهینه سازی آن در مدل SUSTAIN نمودند و نتیجه گرفتند بهترین طرح‌های مدیریتی جمع‌آوری رواناب شهری (پارکینگ و جاده‌های نفوذناپذیر، بایوریتشن، ترانشه نفوذ و بام سبز) در مقایسه با شرایط موجود منجر به کاهش ۴۱٪ حجم کل رواناب و کاهش بار ناشی از آلودگی (به ازی اکسیژن، نیتروژن، فسفر، روی و کل بارمحلول) به ترتیب ۶۰، ۵۷، ۵۵، ۵۵، ۶۲ درصد می‌شود.

۲-۴- جمع‌بندی

در این فصل منابع مختلف علمی در زمینه مدیریت رواناب‌ها، آبخیزهای شهری مورد بررسی قرار گرفت. از بررسی منابع علمی داخل و خارج از کشور چنین برمی‌آید که رویکردهای سنتی مدیریت رواناب سطحی در شهرها، در حال تغییر است بطوریکه از دید فیزیکی مبتنی بر توسعه شبکه زهکشی و خارج کردن هرچه سریع‌تر رواناب به سمت مدیریت اکولوژیک و کنترل در منبع است. در این راستا روش‌های جدید مدیریت رواناب سطحی جمع‌آوری، بهبود، ذخیره و استفاده مجدد از رواناب سطحی ضرورت پیدا می‌کند. یکی از روش‌های کاربردی موثر که به تازگی جهت کاهش اثرات مخرب سیلاب

^۱. Jie et al

در مناطق کشاورزی و مسکونی (اعم از شهری و روستایی) بکار گرفته می‌شود، استفاده از روشهای LID_BMP می‌باشد که کمتر به آن پرداخته شده است. این روش از جمله روش‌های مدیریت سیلاب برای حفظ و یا بازگرداندن شرایط هیدرولوژیکی طبیعی یک حوضه آبریز به حالت قبل از توسعه و بهبود شرایط زیست محیطی در آن حوضه می‌باشد. این مدیریت یکپارچه می‌تواند در سطح جاده‌ها، پارکینگ‌ها، فضاهای سبز و پشت بام ساختمان‌ها انجام شود. همچنین مطالعات بیان شده در زمینه مدل SWMM نشان می‌دهد که این مدل برای برنامه‌ریزی و مدیریت رواناب شهری استفاده شده است و نتایج نشان دهنده کارایی لازم مدل SWMM برای شبیه‌سازی رواناب در مناطق شهری است که می‌توان بعد از شناسایی مناطق دارای آبگرفتگی و بروز سیلاب از این مدل جهت مدیریت رواناب شهری، طراحی شبکه زهکش و دفع رواناب‌ها استفاده نمود. در این پژوهش تکنیک‌های مدیریتی جمع‌آوری رواناب شهری در غالب اصطلاح "بهترین اقدامات مدیریتی" پذیرفته و بکار برده می‌شود و به منظور ارزیابی کارایی این اقدامات بر روی کنترل رواناب شهری از مدل SWMM استفاده می‌شود.

فصل سوم

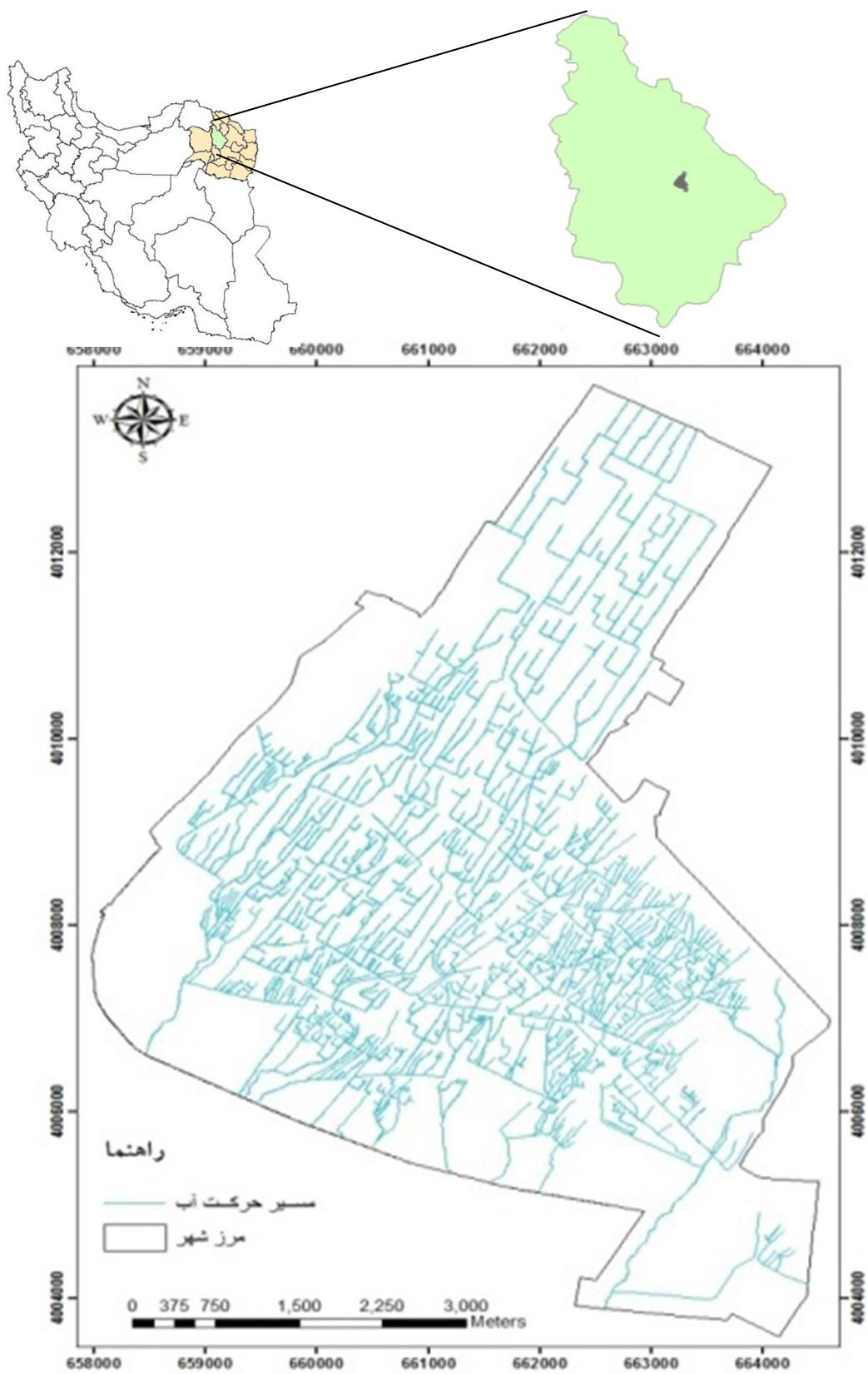
مواد و روش

۳-۱- مقدمه

این مطالعه با هدف ارزیابی بهترین اقدامات نوین مدیریت رواناب سطحی در کاهش آب‌گرفتگی معابر شهری (منطقه ۱) نیشابور انجام گرفته است. در این رویکرد، کاربر به جای استفاده از نسخه مدیریتی از قبل تعیین شده، خود به صورت فعال در شناخت و ارزیابی اقدامات مدیریتی دخیل بوده و می‌تواند با در نظر گرفتن معیارها و شاخص‌های ارزیابی پیامدهای اجتماعی - اقتصادی و فیزیکی سناریوها به انتخاب سناریو برتر پردازد.

۳-۲- موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه

دشت نیشابور با موقعیت جنوب شرقی - شمال غربی بخشی از حوضه آبخیز نیشابور می‌باشد. شهرنیشابور با مساحتی حدود ۳۴۸۹ هکتار تقریباً در مرکز حوضه این دشت قرار دارد. نیشابور از طرف شمال به کوه بینالود، از غرب به شهرستان سبزوار، از شرق به فریمان و شهرستان مشهد و از جنوب به کاشمر منتهی می‌شود. این شهر در محدوده $36^{\circ}10'09''$ تا $36^{\circ}15'$ عرض شمالی و $58^{\circ}45'$ تا $58^{\circ}50'05''$ طول شرقی قرار گرفته است، که حوضه مطالعاتی این تحقیق منطقه یک شهرداری واقع در شمال شرقی شهر به مساحت ۵۵۴ هکتار و با شیب حدود ۱/۸ درصد روی مخروط افکنه قرار دارد، به طوری که پست‌ترین نقطه آن پل خیابان ۱۵ خرداد با ارتفاع ۱۲۰۵ متر و بالاترین رقم ارتفاعی هنرستان کشاورزی دربالای شهرک قدس با ارتفاع ۱۲۶۸ متر می‌باشد (شکل ۳-۱). قابل ذکر است که بدلیل احداث پروژه تغذیه مصنوعی فاروب رومان در بالادست، روانابی از قسمت‌های بالایی وارد شهر نیشابور نمی‌شود و بنابراین رواناب حوضه بالادست تأثیری در آب‌گرفتگی معابر شهری ندارد (لگزیان، ۱۳۹۳).

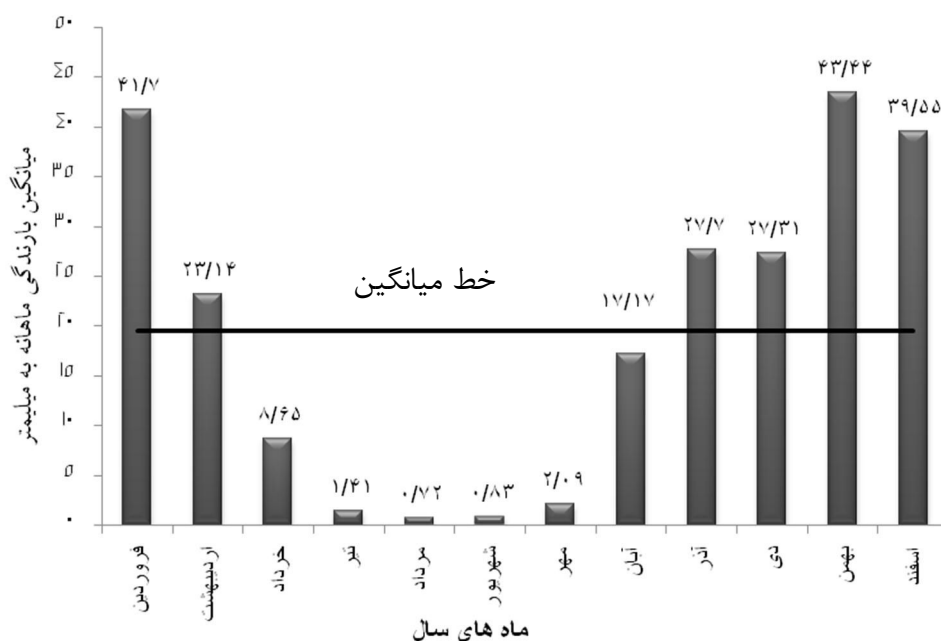


شکل (۱-۳) نقشه موقعیت شهر نیشابور و منطقه مطالعاتی در شهرستان و مسیر آبروها

بطور کلی منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر پنج نوع توده هوا که عبارتند از (توده‌های پرفشار سیبریایی، توده‌های مدیترانه‌ای، توده‌های شمال غربی، توده‌های اقیانوس هند و توده‌های صحرائی) قرار می‌گیرد و هر کدام بسته به منشاء و مسیر خود تغییراتی را در وضعیت آب و هوایی منطقه بوجود می‌آورند. در فصول زمستان و بهار به دلیل ورود توده‌های پرفشار سیبریایی از شمال و شرق و توده‌های مدیترانه‌ای از غرب به منطقه شاهد ریزشهای عمده‌ای در این فصول هستیم. منطقه مورد مطالعه طبق طبقه‌بندی آمبرژه دارای اقلیم خشک سرد تا نیمه‌خشک سرد می‌باشد و بر اساس تقسیم‌بندی دومارتن جزء اقلیم خشک تا نیمه‌خشک محسوب می‌شود، به طوری که آب و هوای منطقه در دامنه‌ها معتدل ولی در نواحی پست خروجی دشت بر میزان گرما و خشکی هوا افزوده می‌شود (اداره امور آب ناحیه نیشابور). بر اساس آمار ۲۲ ساله ایستگاه هواشناسی شهر نیشابور (۱۳۹۱-۱۳۷۰) میانگین بارندگی ماهانه در این شهر ۲۰/۷۶ میلی‌متر بوده و همانطور که در شکل (۳-۲) نشان داده شده است، بیشترین بارندگی در ماه بهمن با میانگین ۴۳/۴۴ میلی‌متر و کمترین بارندگی در ماه مرداد با میانگین ۰/۷۲ میلی‌متر رخ داده است. به طور کلی سهم متوسط فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان از بارش سالانه به ترتیب حدود ۳۱، ۲، ۲۰ و ۴۷ درصد می‌باشد.

جمعیت شهر نیشابور حدود ۲۷۰ هزار نفر و تعداد خانوار آن حدود ۸۰ هزار می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)، بعد خانوار در شهر نیشابور در حدود ۳/۵ نفر می‌باشد، بعلاوه میزان مصرف و سرانه آب تخصیصی به مشترکان، شهر نیشابور از شرایط متوسطی در کل استان برخوردار است، به طوری که متوسط سرانه مصرف در این شهر ۱۳۵ لیتر در شبانه‌روز می‌باشد (صالح‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶).

در دهه‌های اخیر برداشت از منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور رشد قابل ملاحظه‌ای داشته و طبق آمار و اطلاعات موجود بیشترین برداشت آب از منابع آب زیرزمین سطح استان مربوط به این منطقه است. متوسط افت سطح آب زیرزمینی با استفاده از آمار ۵۷ حلقه چاه مشاهده‌ای طی یک دوره ۹ ساله آبی (منتهی به سال آبی ۸۵-۱۳۸۴) به میزان ۷ متر گزارش شده است، در این دوره افت متوسط سالیانه حدود ۰/۸ متر می‌باشد (لشکری‌پور و همکاران، ۱۳۸۷)



شکل (۳-۳) نمودار توزیع بارش ماهیانه ایستگاه هواشناسی شهر نیشابور

۳-۳- انتخاب مدل

برای انتخاب مدل لازم است وضعیت منطقه مورد مطالعه و توانایی‌هایی که مدل بایستی دارا باشد را مشخص کرد، تا بر اساس این توانایی‌ها مدل‌های متناسب و قابل دسترس را بررسی نمود. اولین موضوعی که در محاسبات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی رواناب شهری بایستی در نظر داشت، نوع محاسبات، آمار و ارقام مورد نیاز و شرایط منطقه می‌باشد. پس از مطالعه و ارزیابی مدل‌های موجود در زمینه‌های شبیه‌سازی بارش- رواناب شهری و با توجه به وجود پیچیدگی‌های مختلف در شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری آبهای سطحی و همچنین قابلیت‌های اختصاصی، مدل SWMM به عنوان مدل شبیه‌ساز رواناب سطحی شهر نیشابور انتخاب شد. از دلایل ارجحیت این مدل بر مدل‌های دیگر قابلیت ارزیابی وضعیت سیستم شبکه زهکشی منطبق با شرایط موجود و قابلیت شبیه‌سازی رواناب- های سطحی و توانایی ارائه و ارزیابی بهترین اقدامات مدیریتی می‌باشد.

۳-۳-۱-مدل^۱ SWMM و قابلیت‌های آن

نرم‌افزار SWMM برای شبیه‌سازی و مدیریت رواناب و بارش در حوضه‌های آبریز است که برای نخستین بار در سال ۱۹۷۱ توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا تولید شده است و تا به امروز نسخه پنجم این نرم‌افزار تغییر و تحولات بسیار زیادی در آن ایجاد شده است. این نرم‌افزار شبیه‌سازی دینامیکی بارش- رواناب با قابلیت احتساب پدیده‌های تبخیر، ذوب برف، چالاب، نفوذ عمقی و جریان‌های زیر سطحی است. خروجی‌های مدل نیز به صورت جدولی و گرافیکی بوده و از مهمترین آنها می‌توان به هیدروگراف سیلاب ورودی و میزان سیل زدگی در اتصالات، پروفیل سطح آب، میزان ظرفیت اشغال شده، عمق، سرعت و عدد فرود در زمان‌های مختلف در مجاری، نقاط و بازه‌های بحرانی بر اساس شاخص کاربر و همچنین هیدروگراف سیلاب خروجی از زیر حوضه‌ها اشاره کرد. از آنجا که مدل، جریان رواناب را در قالب شبکه زهکشی زیر حوضه‌ها و کلیه مجاری عبور آب شبیه‌سازی می‌کند و در طول مجاری و در محل اتصال کانال‌ها پروفیل سطح آب را ارائه می‌دهد، می‌توان از این مدل در مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی با توجه به اعمال بهترین اقدامات مدیریتی نوین به منظور کنترل رواناب استفاده کرد و به برنامه ریزان امکان بررسی گزینه‌های مختلف طراحی را می‌دهد (بدیعی زاده، ۱۳۹۱).

۳-۳-۲-داده‌های مورد نیاز مدل

آمار و اطلاعات اولیه مورد نیاز جهت اجرای مدل SWMM عبارتند از اطلاعات هواشناسی، هیدرومتری و هیدرولوژیکی شامل اطلاعات بارش، هیدروگراف‌های سیلاب، اطلاعات زمانی رویدادها و همچنین اطلاعات مربوط به فیزیوگرافی و مورفولوژی زیرحوضه‌ها و نواحی شهری شامل زمان تمرکز و زمان تاخیر، شماره منحنی، درصد نواحی نفوذناپذیر، نفوذپذیری، مساحت زیرحوضه‌ها، مساحت هر یک از انواع کاربری اراضی در منطقه شهری که این اطلاعات از بانک‌های اطلاعات شهرداری، آب

^۱. Storm Water Management Model

منطقه‌ای شهر، سازمان هواشناسی، استفاده از GIS، انجام بازدیدهای میدانی و نمونه‌برداری قابل استخراج می‌باشد. در ادامه نحوه استخراج و ورود پارامترهای مورد نیاز مدل توضیح داده شده است.

۳-۳-۳- تعیین مرز محدوده شهری

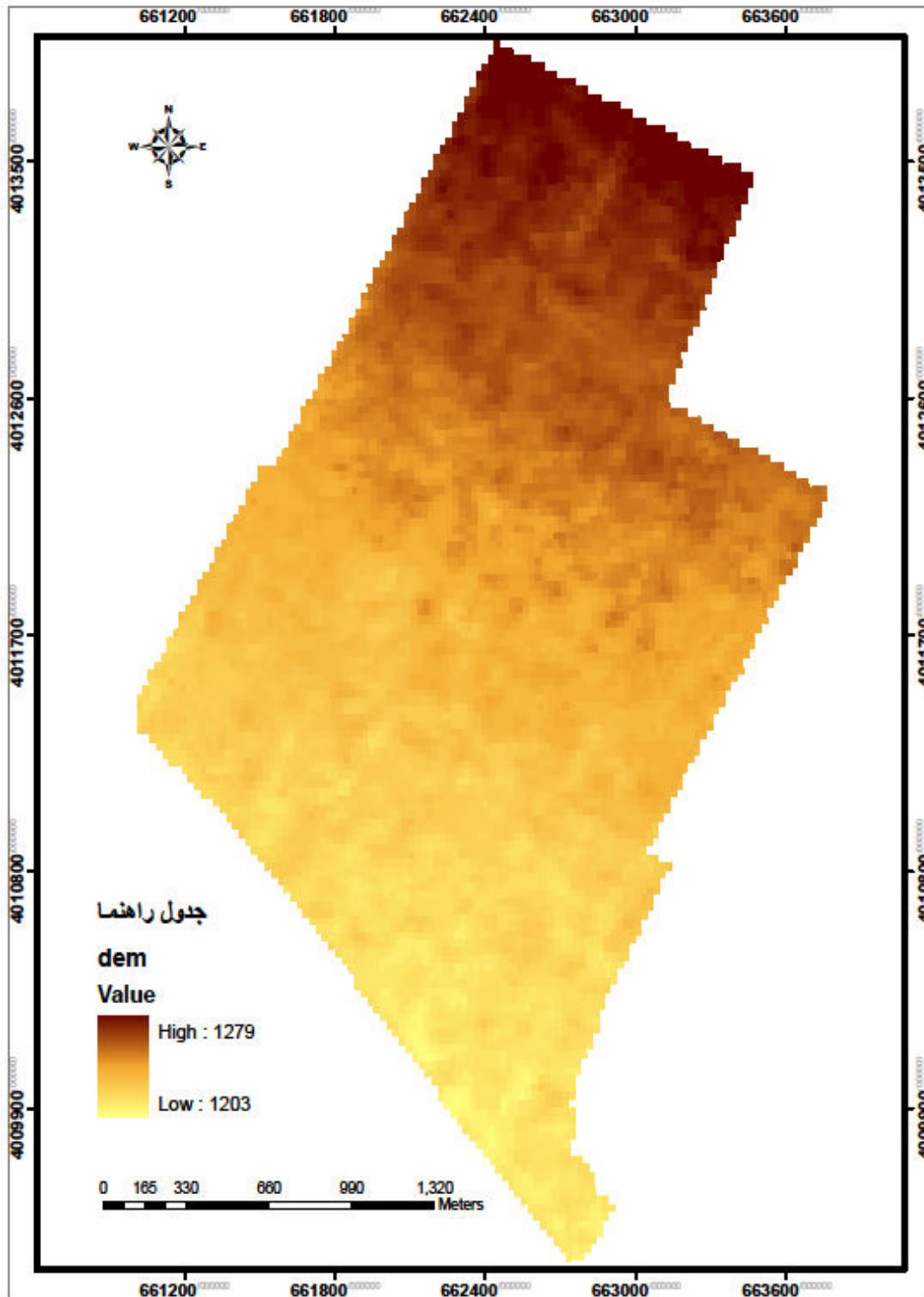
در ابتدا لازم است، به دلیل تفاوت‌های زیاد حوضه‌های طبیعی و شهری، نحوه تعیین مرز حوضه‌های شهری بیان شود. همان‌طور که می‌دانیم تعیین مرز حوضه آبخیز طبیعی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و با توجه به نوع مطالعه و با مقیاس خاصی صورت می‌گیرد. قابل ذکر است که به دلیل توسعه یک محدوده شهری و تغییراتی که در سیمای کلی آن محدوده نسبت به حالت قبل از توسعه یعنی سیمای طبیعی حوضه به وجود می‌آید، نحوه تعیین مرز حوضه شهری را دشوار می‌کند و این امر آسان و سریع نخواهد بود. بر اثر شهرسازی در یک منطقه و احداث خیابان‌ها و ساختمان‌ها، شرایط توپوگرافی و شبکه هیدروگرافی منطقه دچار تغییر خواهد شد و چه بسا که شیب‌ها تغییر می‌کنند و تعداد زیادی از آبراهه‌های طبیعی از بین رفته و بعضی جای خود را به کاربری‌های شهری می‌دهند. در بعضی موارد با توجه به ساختار شهر، اقدام به احداث کانال‌های مصنوعی می‌شود که حتی بعضی از این کانال‌ها و به خصوص کانال‌های زیرزمینی، بر خلاف ظاهر توپوگرافی، آب را به نقطه‌ای دور از انتظار حمل می‌کنند که می‌تواند تأثیر به‌سزایی در تعیین مرز محدوده مورد نظر داشته باشد. با توجه به توضیحات فوق، دیگر نمی‌توان بر اساس شرایط قبل از توسعه، اقدام به تعیین مرز در زمان حاضر کرد.

در این تحقیق تعیین مرز محدوده مطالعاتی، طی چهار گام صورت گرفت. در گام اول نقشه کانال‌ها و زهکش‌های منطقه تهیه شد و در گام بعدی، جهت ایجاد یک نگاه کلی برای بستن مرز حوضه از نقشه کاربری اراضی شهرداری و نقشه رقوم ارتفاعی منطقه که توسط مهندسین مشاور سازمان آب فاضلاب شهر با مقیاس ۱/۵۰۰ تهیه شده استفاده گردید سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc Map و نقشه DEM^۱ منطقه (شکل ۳-۳) مرز اولیه‌ای شبیه آنچه که برای یک حوضه طبیعی صورت می‌گیرد

^۱. Digital Elevaton Model

تعیین شد. در گام سوم، با استفاده از نرم‌افزار Google Earth و تعیین شیب هر قسمت و بر اساس شیب غالب و مسیریابی دستی با توجه به اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای هر کوچه و یا خیابان مرز دقیق‌تری تعیین شد. در گام آخر نقشه تعیین شده طی یک بازدید میدانی از شبکه زهکش شهری مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفت.

برای بستن مرز زیرحوضه‌ها در مناطق شهری به یکسری اطلاعات از منطقه نیاز است که تنها با بررسی میدانی به دست می‌آید که این اطلاعات عبارتند از جهت حرکت آب در هر زیرحوضه، تشخیص خروجی هر زیرحوضه به نحوی که نهایتاً رواناب هر زیرحوضه به یک خروجی مشخص ختم شود. سپس منطقه مورد مطالعه به زیرحوضه‌های کوچکتر که حداکثر از لحاظ هیدرولیکی و مشخصات فیزیکی همگن هستند، تقسیم می‌گردد. این تقسیم‌بندی از طریق بررسی کاربری اراضی (شکل ۳-۴) و بررسی‌های میدانی راجع به نحوه جمع‌آوری آب سطحی و شب‌بندی خیابان‌ها و کوچه‌ها در هریک از زیرحوضه‌ها و تشخیص خروجی هر کدام از آنها انجام شد. علاوه بر این در هر زیرحوضه (بلوک) معمولاً دو یا چند ردیف خانه یا مناطق تجاری وجود دارد که رواناب هر بلوک وارد کانال مشرف به همان بلوک می‌شود. بنابراین فصل مشترک در هر بلوک به عنوان مرز جانبی در نظر گرفته می‌شود. مرز زیرحوضه‌ها طوری بسته می‌شود که رواناب حاصل از سطح آنها از طریق نقاطی به نام اتصالات به یک کانال یا آبرو بریزد و بدین ترتیب نحوه حرکت آب روی سطح تعیین گردید.



شکل (۳-۳) نقشه DEM منطقه



شکل (۳-۴) مرز حوضه مطالعاتی و کاربری اراضی

۳-۳-۴- اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی

پس از آماده سازی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی، پارامترهای موردنیاز مدل مانند: خصوصیات فیزیکی زیرحوضه‌ها، گره‌ها و لینک‌های شبکه زهکشی موجود، به عنوان اطلاعات ورودی به مدل وارد می‌شود، مدل جهت شبیه‌سازی رواناب سطحی اجرا می‌شود. هر حوضه آبخیز به زیرحوضه‌های کوچکتر تقسیم شده (شکل ۳-۵)، سپس با توجه به مشخصات داده‌شده برای هر زیرحوضه، یک هیدروگراف واحد محاسبه می‌شود. سپس این هیدروگراف تا نقطه خروجی زیرحوضه با روش موج دینامیکی روندیابی شده و در نهایت دبی خروجی از زیرحوضه تعیین می‌گردد (روسمن^۱، ۲۰۰۹).

۳-۳-۵- عرض مستطیل معادل

با توجه به راهنمای مدل برای محاسبه عرض معادل زیرحوضه‌ها باید از عرض مستطیل معادل استفاده شود. عرض مستطیل معادل برای تعیین شکل حوضه و مقایسه حوضه‌های مختلف با یکدیگر به کار می‌رود. مستطیل معادل یکی از روش‌های قدیمی جهت نشان‌دادن شکل حوضه بوده و آن مستطیلی است که مساحت و محیط آن به ترتیب با مساحت و محیط حوضه برابر باشد. اما از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه تمامی زیر حوضه‌های تعیین شده خود به شکل مستطیل هستند همان عرض زیر حوضه به عنوان مقدار پارامتر استفاده می‌شود.

۳-۳-۶- شیب متوسط

شیب حوضه نقش اساسی در میزان رواناب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش دارد. شیب هر زیر حوضه را می‌توان از فرمول زیر محاسبه نمود.

$$S = \frac{H_{up} - H_{down}}{L} \quad (۱-۳)$$

که در آن S : شیب متوسط حوضه، H_{up} : ارتفاع بلندترین نقطه زیر حوضه، H_{down} : ارتفاع پایین‌ترین نقطه زیر حوضه و L : طول زیر حوضه بر حسب متر است.

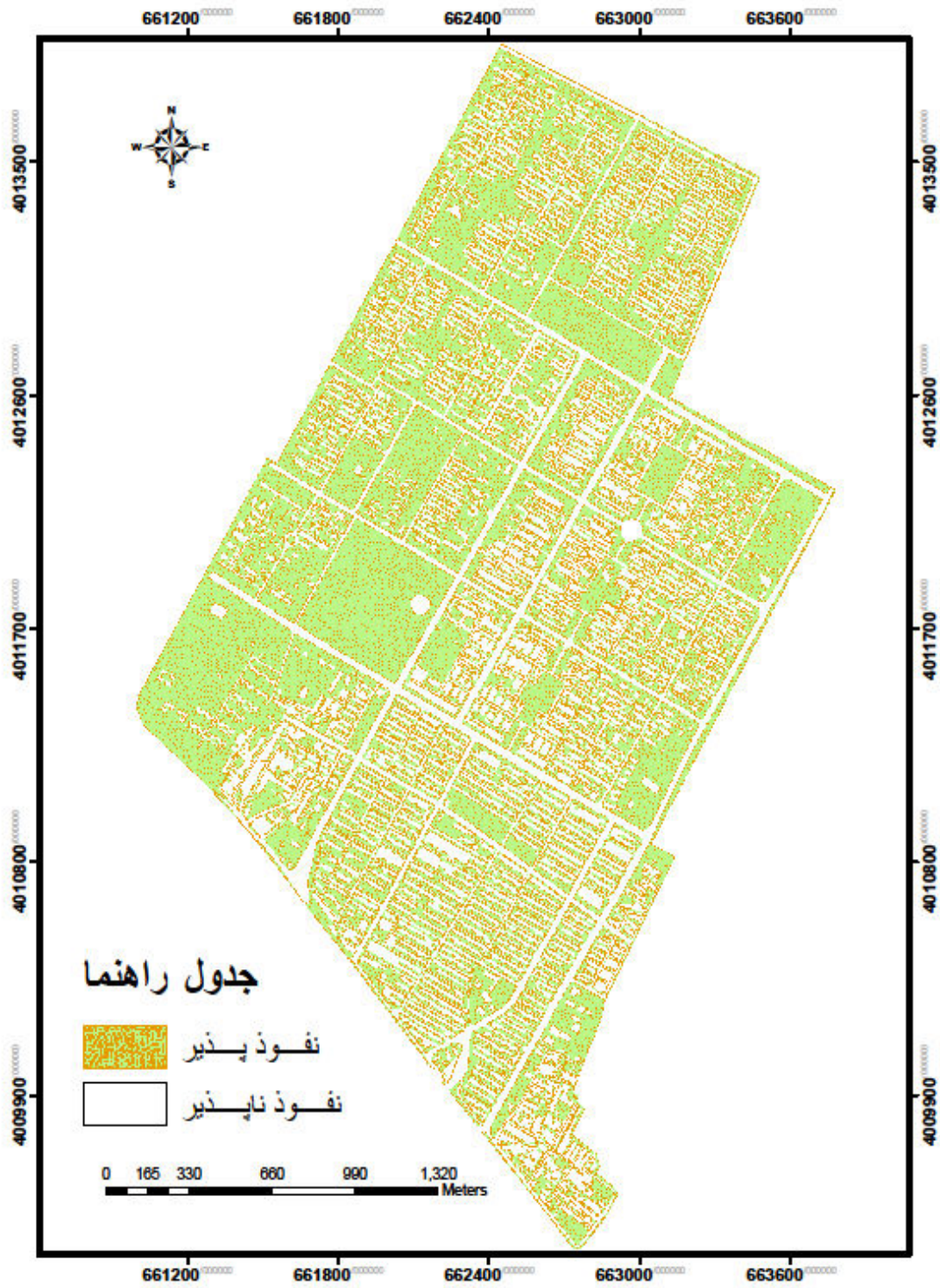
^۱. Rossman

۳-۳-۷- تعیین درصد مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر در هر زیرحوضه

تعیین درصد مناطق نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر در میزان سیل خیزی حوضه تأثیر بسزایی دارد. برای تعیین درصد نفوذناپذیر هر زیر حوضه ابتدا نقشه کاربری اراضی به تفکیک مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی پارک و فضای سبز، میدان، ورزش، اراضی بایر، سطوح روکشش دار (خیابان، آسفالت، سنگ- فرش) بررسی شده و مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر از هم تفکیک می‌شود. مقادیر بدست آمده با بازدیدهای میدانی اصلاح می‌گردد. مناطق نفوذپذیر محدود به قسمت‌های چمن کاری شده در فضای سبز شهری، حیاط منازل و اراضی بایر تقسیم می‌شود. سپس در هر زیرحوضه مساحت قسمت‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر با استفاده از نرم‌افزار Arc Map اندازه‌گیری می‌شود و نهایتاً درصد مناطق نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر بدست می‌آید (شکل ۳-۵).

۳-۳-۸- تعیین ضریب زبری جریان روی سطوح نفوذپذیر، نفوذناپذیر و کانال‌ها

کلیه عوامل موثر در مقاومت بستر و کانال در مقابل جریان با پارامتر ضریب زبری مانینگ (n) تعریف می‌شوند. که در محاسبات هیدرولیکی باید با توجه با وضعیت منطقه و کانال به عنوان یکی از اطلاعات اولیه طراحی تخمین زده شود. راه مناسب در تخمین صحیح‌تر ضریب n شناخت عوامل مؤثر در این ضریب می‌باشد. این عوامل عبارتند از زبری بستر کانال (جنس کانال، نامنظمی، سطح مقطع، پوشش گیاهی، نوع و میزان تراکم آن)، شکل مسیر مستقیم یا مارپیچی بودن، وجود موانع در مسیر و حتی عمق دبی جریان که علاوه بر تأثیر در افت طولی در مسیر جریان، تا حدودی دربرگیرنده افت- های ناشی از تغییر شکل جریان (افت موضعی) نیز می‌باشد (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۱). استفاده از جداول کمکی عملی‌ترین روش برآورد مقدار n می‌باشد. نمونه‌ای از این جداول همراه با توضیحات لازم در راهنمای مدل موجود است (جداول ۳-۱ و ۳-۲). در این مطالعه برای برآورد ضریب زبری جریان روی سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر از مجموع ضریب متوسط هر کاربری تقسیم بر مساحت کل ناحیه (نفوذپذیر یا نفوذناپذیر) استفاده می‌شود و برای هر زیرحوضه به صورت وزنی محاسبه می‌گردد. برای ضریب کانال‌های باز شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی از (جدول ۳-۲) استفاده شد.



شکل (۳-۵) منطقه نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر

جدول (۱-۳) مقادیر ضریب زبری (n) برای سطوح مختلف (راهنمای مدل)

ضریب زبری (n)	شرح جزییات سطوح
۰/۰۱۱	آسفالت صاف (Smooth asphalt)
۰/۰۱۲	بتن صاف (Smooth concrete)
۰/۰۱۳	بتن معمولی (Ordinary concrete Lining)
۰/۰۱۳	چوبی با شرایط خوب (Good wood)
۰/۰۱۴	آجر با ملات سیمانی (Brick with cement mortar)
۰/۰۱۵	سطوح سنگ فرش (Fallow soils)
	مناطق با خاک کشاورزی (Cultivated soils)
۰/۰۶	کمتر از ۲۰ درصد پوشش لاشبرگ (Residue cover < 20%)
۰/۱۷	بیشتر از ۲۰ درصد پوشش لاشبرگ (Residue cover > 20%)
۰/۱۳	مراتع طبیعی (Rang)
	اراضی چمنزار (Grass)
۰/۱۵	چمنزار کوتاه (Short, prairie)
۰/۲۴	چمنزار فشرده (Dense)
	اراضی جنگلی (Woods)
۰/۴	اشکوب بوته ای تنگ (Light under brush)
۰/۸	اشکوب بوته ای متراکم (Dense under brush)

جدول (۲-۳) مقادیر ضریب زبری برای (n) برای کانال های مختلف (راهنمای مدل)

ضریب زبری	نوع کانال
	کانال پوشش دار (Lined Channel)
۰/۱۳-۰/۱۷	آسفالتی (Asphalt)
۰/۰۳-۰/۱۱	بتنی (Concreted)
۰/۰۳-۰/۴	گیاهی (Vegetal)
	کانال حفر شده یا لایه رومی شده (Excavated or dredged)
۰/۰۳-۰/۲	بستر یکنواخت و مستقیم (Earth, straight and uniform)
۰/۰۴-۰/۲۵	بستر مارپیچ و غیر یکنواخت (Earth, Winding, fairly uniform)
۰/۰۴۵-۰/۰۳	بستر سنگی (Rack)
	کانال های طبیعی (Natural channels)
۰/۰۷-۰/۰۳	مقاطع نسبتاً منظم (Fairly regular section)
۰/۰۴-۰/۱	دارای چالاب با مقاطع نامنظم (Irregular section with pools)

۳-۳-۹ - مقادیر ذخیره چالابی در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر

برای تعیین این پارامتر در هر زیرحوضه با توجه به عدم وجود هرگونه اطلاعات جهت واسنجی، از مقادیر توصیه شده در (جدول ۳-۳)، توسط راهنمای نرم افزار برای کاربری های مختلف استفاده گردید. جدول (۳-۳) مقادیر ارتفاع ذخیره چالابی در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر (mm) در راهنمای نرم افزار (روسمن، ۲۰۰۹)

نوع سطح	مقادیر ارتفاع ذخیره (mm)
سطوح نفوذ ناپذیر	۱/۲۷ - ۲/۵۴
چمن	۲/۵۴ - ۵/۰۸
مرتع	۵/۰۸
جنگل	۷/۶۲

۳-۳-۱۰ - معادله رواناب و نفوذ سطحی

زیرحوضه ها واحدهای هیدرولوژیکی هستند که در آن سطح، توپوگرافی و اجزاء شبکه زهکشی، رواناب سطحی را به یک نقطه منفرد هدایت می کنند. نقاط خروجی می توانند گره های سیستم زهکشی و یا گره دیگر زیرحوضه ها باشند. زیرحوضه ها می توانند به مناطق نفوذپذیر یا نفوذناپذیر تقسیم شوند. در مناطق نفوذپذیر رواناب سطحی می تواند به قسمت رویی خاک نفوذ نماید، ولی در مناطق نفوذناپذیر اینگونه نیست. مناطق نفوذناپذیر خود به نواحی با امکان ذخیره در فرورفتگی ها و نواحی بدون ذخیره سازی تقسیم می شوند. جریان رواناب حاصل از یک منطقه زیرحوضه می تواند در منطقه دیگری از زیرحوضه مذکور روندیابی (تعدیل) شود و یا هر دو منطقه می توانند به خروجی زیرحوضه زهکشی شوند. میزان نفوذ بارندگی در مناطق نفوذپذیر زیرحوضه به قسمت رویی خاک غیراشباع را می توان توسط سه مدل مختلف نفوذ بیان نمود (بدیعی زاده، ۱۳۹۱). مدل SWMM سه معادله نفوذ هورتون^۱، گرین آمپت^۲ و شماره منحنی^۳ (SCS) را برای مدل سازی نفوذ ارائه می دهد، معادله گرین-آمپت^۴ یک مدل فیزیکی است که برآورد صحیح و دقیق پارامترهای آن نیازمند وقت و

1. Horton

2. Green Ampt

3. SCS Curve Number Infiltration

4. Green Ampt Infiltration

امکانات زیاد و ابزار لازم جهت آزمایش خاک منطقه است. با توجه به اطلاعات در دسترس (نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک و مدت زمانی که خاک خشک اشباع می‌شود) روش شماره منحنی (SCS) برای برآورد میزان نفوذ انتخاب گردید.

۳-۱۰-۱- روش شماره منحنی (SCS)

مدل SCS یک مدل تجربی است، این روش توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا پیشنهاد شده است که در حال حاضر به طور گسترده‌ای در دنیا برای برآورد سیل در حوضه‌های کوچک و متوسط استفاده می‌شود. این روش در آمریکا به طور محسوس جای روش استدلالی را گرفته است (بهبهانی، ۱۳۸۸). رابطه (۳-۴) رابطه اساسی جهت محاسبه مقدار رواناب با استفاده از روش شماره منحنی (SCS) می‌باشد.

$$R = \frac{(p-0.2S)^2}{p+0.8S} \quad (۲-۳)$$

اگر $p > 0.2 \times S$ حداکثر پتانسیل ذخیره در رابطه فوق را می‌توان از منحنی بی بعد (CN) با استفاده از رابطه زیر بدست آورد.

$$S = \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \quad (۳-۳)$$

که در آن، R: میزان رواناب (میلی‌متر)، S: حداکثر پتانسیل ذخیره (میلی متر) و CN: شماره منحنی می‌باشد. با تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک، در محیط GIS با استفاده از جدول تعیین شماره منحنی (وانی لیستا^۱ و همکاران، ۱۹۹۷) شماره منحنی در هر زیرحوضه تعیین و با تأثیر مساحت هر کاربری، متوسط آن به صورت وزنی محاسبه می‌گردد.

۳-۱۱- اطلاعات مورد نیاز اتصالات

اتصالات (گره‌ها) بیانگر نقطه الحاق مجاری سطحی در طبیعت، منهول^۲ در شبکه فاضلاب و اتصالات لوله‌ها می‌باشند که به صورت فیزیکی جریان خارجی می‌تواند از نقطه اتصال وارد سیستم

^۱. Wanielista et al.

^۲. Manhole

شود. مشخصات اتصالات و محل ورود رواناب هر زیرحوضه به سیستم زهکشی از طریق بازدید میدانی تعیین می‌گردد و با استفاده از نرم‌افزار Arc Map موقعیت هر یک از گره‌ها بر روی نقشه زیرحوضه‌ها مشخص می‌شود سپس با استفاده از خروجی GIS و نمایش در صفحه SWMM موقعیت شماتیک گره‌ها مشخص می‌شود و پارامترهای مخصوص به هر گره وارد می‌شود. این پارامترها شامل: رقم کف، طول و عرض جغرافیایی و حداکثر عمق اتصالات می‌باشد.

۳-۳-۱۲- اطلاعات موردنیاز مجاری سیستم زهکشی

آبروها مجاری یا لوله‌هایی هستند که آب را از یک گره به گره دیگر سیستم انتقال و حرکت می‌دهند. شکل مقاطع می‌تواند از انواع هندسه مجاری روباز یا بسته باشد. برای تعیین خصوصیات مجاری، بازدید میدانی و یادداشت خصوصیات آن از قبیل طول آبرو، ضریب زبری، شکل مقطع، عرض کف و سطح مقطع الزامی است، که در این مطالعه اطلاعات موردنیاز برداشت می‌شود.

۳-۳-۱۳- اطلاعات هواشناسی

این اطلاعات شامل مقادیر بارش، تبخیر ماهانه، سرعت باد و همچنین اطلاعات و پارامترهای برف می‌باشد. با توجه به فرضیات استفاده از مدل در واقعه رگباری (بارش-رواناب شبکه جمع‌آوری) اطلاعات فوق‌الذکر تأثیر عمده‌ای بر نتایج مدل نداشته و حساسیت چندانی ندارد، بنابراین با فرض واقعه رگباری این پارامترها به شکل زیر در مدل جایگزین شده‌است. با توجه به فرضیات و امکانات مدل در خصوص دما از انتخاب عدم وجود اطلاعات استفاده شده است. در خصوص تبخیر با توجه به اینکه زمان وقوع رگبارهای اندازه‌گیری شده در فصولی بوده که دمای هوا زیر صفر بوده و میزان تبخیر در این ماه‌ها اندازه‌گیری نشده، میزان تبخیر برابر صفر در نظر گرفته شد. از آنجاکه برآورد رواناب در مدل SWMM و سایر مدل‌های جمع‌آوری رواناب شهری براساس مقادیر بارش می‌باشد، لذا این اطلاعات از مهمترین و اساسی‌ترین اطلاعات مورد استفاده مدل هستند.

۳-۳-۱۴- اطلاعات هیدرومتری جهت ارزیابی مدل

از آنجایی که رفتار هر حوضه با توجه به خصوصیات هیدرولیکی که در آن فرآیند بارش رواناب اتفاق می‌افتد متفاوت است و همچنین مدل‌های ارائه شده برای بررسی بارش رواناب با توجه به خصوصیات منطقه محل تولید آن مدل تنظیم شده است هر مدلی که به منظور شبیه‌سازی صورت می‌گیرد باید مورد واسنجی قرار بگیرد. جهت واسنجی مدل بارش رواناب نیازمند اندازه‌گیری حجم رواناب در چندین رخداد مختلف است. بدین منظور در این مطالعه اقدام به اندازه‌گیری حجم رواناب در ۲۰ رخداد مختلف شد که البته بدلیل ایجاد شرایط ناخواسته طی برداشت‌ها، همچون (طولانی شدن مدت بارش و عدم برداشت انتهای بارش، تداخل بارش با نیمه‌های شب، همراه شدن برف یا تگرگ در طی بارش، کوتاه بودن مدت بارش، اندازه‌گیری حجم رواناب در کانال دیگر و گسترده شدن منطقه مطالعاتی و...) در این مطالعه تنها ۹ رخداد رگباری به ترتیب در تاریخ‌های ۱۳۹۵/۱۱/۱۰، ۱۳۹۵/۱۱/۱۴، ۱۳۹۵/۱۱/۲۵، ۱۳۹۵/۱۱/۲۹، ۱۳۹۵/۱۲/۱۵، ۱۳۹۵/۱۲/۲۴، ۱۳۹۶/۰۱/۰۴، ۱۳۹۶/۰۱/۱۳ و ۱۳۹۶/۰۱/۱۴ در کانال منوچهری واقع در انتهای خیابان ۱۵ خرداد مجاور پل خیابان ۱۵ خرداد (شکل، ۳-۶) که طی فصل زمستان و بهار اتفاق افتاده است اندازه‌گیری شده است و رواناب متناظر با این رگبارها برای ارزیابی و واسنجی مدل استفاده شده است. از آنجاکه هیچگونه ایستگاه اندازه‌گیری هیدرومتری جهت اندازه‌گیری دبی در داخل شهر وجود نداشت، سرعت جریان برای محاسبه دبی از طریقه نمونه‌برداری برداشت شد به این صورت که هر ۳۰ دقیقه یکبار عمق رواناب (جهت تعیین سطح مقطع جریان) در کانال خروجی حوضه منتخب با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد و پس از آن سرعت رواناب با توجه به سرعت جسم شناور (بطری پلاستیکی) در طول ۲۵ متر از کانال محاسبه شد. به منظور اطمینان از صحت و درستی میزان رواناب برآورد شده از سرعت جسم شناور اقدام به اندازه‌گیری سرعت رواناب در چند واقعه رگباری با استفاده از مولینه در عمق‌های مختلف (۰/۴ تا ۰/۶) از سطح آب نموده، آنگاه با توجه به سرعت بدست آمده حجم و وزن جسم شناور مطابق با همان سرعت (با استفاده از اضافه کردن مقادیر شن و آب به جسم شناور) تنظیم شده و از

آن پس از جسم شناور اصلاح شده استفاده شد. و سپس دبی متناظر با این سرعت محاسبه شده و هیدروگراف دبی ناشی از رگبار رسم گردید.



شکل (۳-۶) کانال انتهای خیابان ۱۵ خرداد مجاور در نهایت اطلاعات مربوط به مقادیر این رگبارها با مراجعه به سازمان هواشناسی نیشابوردریافت شد. رویدادهای بارش انتخابی و تداوم آنها در (جدول ۳-۴)، ارائه شده است. قابل ذکر است که از این پس رخدادهای بر اساس شماره بارش بیان می‌شوند.

جدول (۳-۴) رویدادهای بارش انتخابی و تداوم آنها در ایستگاه باران سنجی سازمان هواشناسی نیشابور

رویداد	۹۵/۱۱/۱۰	۹۵/۱۱/۱۴	۹۵/۱۱/۲۵	۹۵/۱۱/۲۹	۹۵/۱۲/۱۵	۹۵/۱۲/۲۴	۹۶/۰۱/۰۴	۹۶/۰۱/۱۳	۹۶/۰۱/۱۴
شماره بارش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
بارش (mm)	۱۶/۴	۴/۸	۲/۱۲	۳۷/۹	۲۵/۲	۲/۵	۲۱	۱۰	۱۶/۶
تداوم (h)	۱۱	۳	۷	۱۷	۱۳	۳	۱۰	۵	۱۱

۳-۳-۱۴-اطلاعات هیدرولوژی

اطلاعات هیدرولوژی از جمله موضوعات نمایشی مدل بوده و پارامترهای قابل شناسایی در مدل SWMM شامل بر اطلاعات بارندگی باران سنج‌ها، وضعیت سطح ایستایی و خصوصیات سفره آب

زیرزمینی، انواع اطلاعات برف و برف‌روبی می‌باشد. باتوجه به اهداف اجرای مدل که به صورت بروز وقایع بارش-رواناب می‌باشد، از نحوه تداخل و وضعیت آب‌های زیرزمینی و مسایل مربوط به برف در این مرحله از مطالعات، ضرورتی نداشته و از آن چشم‌پوشی شده است.

۳-۶- واردکردن پارامترهای موردنیاز و اجرای مدل SWMM

پس از واردکردن داده‌های بارش اندازه‌گیری شده به صورت مقدار بارش و با فاصله زمانی ۳۰ دقیقه و خصوصیات فیزیکی زیرحوضه منتهی به محل اندازه‌گیری، مشخصات هیدرولیکی سیستم شبکه زهکشی و انتخاب موج دینامیکی به عنوان روش روندیابی، مدل SWMM برای شش رویداد اجرا می‌شود.

۳-۷- واسنجی مدل SWMM

واسنجی مدل‌های هیدرودینامیکی موضوعی است که مورد توجه بسیاری از محققین و کاربران این مدل‌ها تاکنون قرار گرفته است. از نقطه نظر بسیاری از محققین لزوم انجام فرآیند واسنجی و چگونگی انجام این فرآیند متفاوت است. دامنه این تغییرات به شکلی است که برخی از محققین شروع آن را پیش‌شرط انجام یک مدل‌سازی خوب دانسته‌اند (بدیعی زاده ۱۳۹۱). واسنجی مدل تا جایی ادامه پیدا می‌کند که اثبات شود نتایج حاصل از مدل واسنجی شده تطابق بهتری با داده‌های مشاهداتی نسبت به نتایج مدل واسنجی نشده دارد. از آنجایی که نمونه‌برداری از رواناب شهری به دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن رگبارها و همچنین عدم استفاده از دستگاه‌های ثابت (به دلیل کم بودن امنیت) کاری سخت و پرهزینه است. به همین دلیل در این مطالعه فقط از ۹ واقعه رگباری اندازه‌گیری شده، مورد استفاده قرار گرفته است که شش واقعه برای واسنجی و سه مورد هم برای ارزیابی مدل استفاده شد. جهت واسنجی از پارامترهای تأثیرگذار بر زمان تمرکز^۱ (T_c) حوضه استفاده شده است که عبارتند از عرض معادل، شیب حوضه، درصد مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر، ضریب وزنی مانینگ مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر و ذخیره چالابی که با استفاده از GIS محاسبه می‌شود. مقادیر این پارامترها در زیرحوضه-

^۱. Time of concentration

های متفاوت با هم فرق دارند، اما خطا در محاسبه آنها با هم مشابه است. به علت وجود پارامترهای متعدد و تعداد زیاد زیر حوضه ها در واسنجی مدل و عدم وجود زمان کافی در برآورد آنها و انجام مراحل سعی و خطا برای دستیابی به یک واسنجی دقیق و مناسب باید پارامترها را به حداقل رساند (دوو^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). در این مطالعه پارامترهای مهم انتخاب و در واسنجی از آنها استفاده می-شود. باتوجه به همگن بودن منطقه مورد مطالعه برای به حداقل رساندن زمان واسنجی و بالا بردن دقت مقادیر سایر پارامترها برای تمام زیرحوضه ها به مقدار یکسان در نظر گرفته می شود و به مقدار اولیه به میزان ثابت کاسته یا افزوده می شود که به طور گسترده ای برای واسنجی مدل های هیدرولوژیکی از همین روش استفاده شده است (تمپرانو^۲ و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۸- اعتبارسنجی و ارزیابی مدل SWMM

اکثر سامانه های هیدرولوژیکی بسیار پیچیده هستند و نمی توان آنها را به طور کامل شناخت. بنابراین شناخت برخی از جنبه های رفتار آنها نظیر روابط بیلان آبی، ساده سازی یا خلاصه کردن آنها، ضروری است. مدل های هیدرولوژیکی ساختار ساده ای از سامانه های پیچیده در چرخه آب در طبیعت است (بدیعی زاده، ۱۳۹۱). در فرآیند ارزیابی می بایست مدل را با پارامترهای بهینه حاصل از مرحله واسنجی برای سری جدیدی از داده ها اجرا نمود، برای ارزیابی مدل ها از شاخص های آماری مختلفی استفاده می شود که در زیر به آنها اشاره می شود.

در این تحقیق برای واسنجی و ارزیابی مقادیر اندازه گیری شده X_m و مقادیر پیش بینی شده توسط نرم افزار X_p از برازش داده ها به معادله رگرسیونی زیر استفاده می شود:

$$x_p = \lambda \times x_m \quad (3-4)$$

که در آن λ : شیب بهترین خط برازش داده شده می باشد. $\lambda < 1$ نشان دهنده پیش بینی کمتر از مقدار واقعی و مقادیر $\lambda > 1$ نشان دهنده پیش بینی بیشتر از مقدار واقعی است.

¹. Du

². Temprano

شاخص ضریب تعیین (R^2) تعیین کننده مناسب بودن برازش معادله فوق به داده ها می باشد. مقدار درصد متوسط خطای پیش بینی از معادله (۵-۳) تعیین می شود، توسط رابطه زیر بیان می گردد:

$$E_r = |(1-\lambda)| \times 100 \quad (۵-۳)$$

شاخص E_r نشان دهنده روند کلی مقدار خطا می باشد. لیکن بایستی در نظر داشت که این شاخص زمانی می تواند گویای مقدار واقعی خطا باشد که مقدار ضریب R^2 و خط برازش یافته ضعیف نباشد.

علاوه بر آماره E_r از آماره های نظیر راندمان مدل (EFF)، میانگین ریشه دوم خطا^۱ (RMSE)، RMSE نرمال شده^۲ (NRMSE) و ضریب باقیمانده^۳ (CRM) برای واسنجی و ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفتند.

$$EFF = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^m (Q_{oi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^m (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \right) 100 \quad (۶-۳)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right]^{1/2} \quad (۷-۳)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{O}} \times 100 \quad (۸-۳)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (۹-۳)$$

که در آنها P_i مقادیر پیش بینی شده، O_i مقادیر اندازه گیری شده (مشاهده شده)، n تعداد نمونه های بکار رفته و \bar{O} مقدار متوسط پارامتر مشاهده شده است آماره R^2 نسبت پراکندگی^۴ را بین مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری ها نشان می دهد. RMSE با نشان دادن مقدار خطا، دقت مدل را مورد بررسی قرار می دهد. حداقل مقدار RMSE صفر می باشد که نشان دهنده کارایی عالی و یا خوب مدل

^۱. Root Mean Square Error

^۲. Normalized RMSE

^۳. CoefficientOf Residual Mass

^۴. Scatter ratio

در شبیه‌سازی متغیر مورد بررسی می‌باشد. RMSE همچنین می‌تواند با تقسیم شدن به مقدار میانگین داده‌های مشاهداتی به عنوان RMSE نرمال شده (NRMSE) که ضریبی بدون بعد است تعریف شود. برای تعیین تمایل مدل برای برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد در مقایسه با اندازه‌گیری از معیار CRM استفاده می‌شود. CRM منفی نشانگر تمایل مدل به برآورد بیش از مقادیر مشاهداتی است. چنانچه تمام مقادیر پیش‌بینی و اندازه‌گیری شده با هم برابر شوند، مقدار عددی آماره‌های RMSE، CRM و NRMSE برابر صفر می‌شود (مریو^۱، ۲۰۰۹؛ ماتار^۲، ۲۰۱۷).

۳-۹-۹- بارش طرح

باران طرح^۳ از نظر تئوری به دوره‌ای از یک بارندگی گفته می‌شود که بتواند ارتفاع مشخصی از نظر مقدار بارش و شدت بارش تولید نماید.

۳-۹-۱- محاسبه تداوم بارش طرح

شدیدترین سیلاب از بارانی ناشی می‌شود که تداوم آن برابر زمان تمرکز حوضه آبخیز باشد. زمان تمرکز یک پارامتر فیزیکی است که مقدار آن برای هر حوضه متفاوت است، لذا برای محاسبه مقدار سیلاب برای زیرحوضه‌های مختلف، حداکثر شدت بارندگی در تداوم‌هایی که مقدار آن برابر زمان تمرکز حوضه باشد، ضروری است (بدیعی زاده ۱۳۹۲).

۳-۹-۲- زمان تمرکز حوضه

در این تحقیق برای بدست آوردن زمان تمرکز در منطقه مورد مطالعه از رابطه برانسی ویلیامز، رابطه کالیفرنیا و رابطه کریچ که هر کدام به منظور برآورد زمان تمرکز در کانال هستند، استفاده شده است. شرح هر کدام از روش‌ها در زیر آمده است:

۳-۹-۲-۱- روش برانسی ویلیامز

$$T_c = \frac{0.96L^{1.2}}{H^{0.2}A^{0.1}} \quad (10-3)$$

¹. Mereu

². Mattar

³. Design storm

که در آن T_c : زمان تمرکز (ساعت)، L : طول بزرگترین مسیر آب در حوضه (کیلومتر)، H : اختلاف ارتفاع دو طرف آبراهه اصلی و A : مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۵).

۳-۹-۲-۱- روش کالیفرنیا

$$T_c = \left(0.885 \frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \quad (11-3)$$

که در آن T_c : زمان تمرکز (ساعت)، L : طول بزرگترین مسیر آب در حوضه (کیلومتر)، H : اختلاف ارتفاع بین پایین‌ترین و بالاترین نقطه حوضه بر حسب متر می‌باشد (مهدوی، ۱۳۸۸).

۳-۹-۲-۳- روش کریچ

$$T_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385} \quad (12-3)$$

که در آن T_c : زمان تمرکز (دقیقه)، L : طول بزرگترین مسیر آب در حوضه (متر) و S : شیب مسیر آب به متر می‌باشد (مهدوی، ۱۳۸۸).

۳-۹-۳- تعیین منحنی‌های شدت مدت فراوانی (IDF^1)

الگوی بارش معمول در منطقه به صورت بارش طرح مطرح می‌شود که به وسیله هایئوگراف بارش تعیین می‌گردد و توزیع بارندگی را در طول یک واقعه بارش بر پایه روابط شدت-مدت-فراوانی (IDF)، مشخص می‌کند (چاو^۲ و همکاران، ۱۹۸۸)، داشتن منحنی‌های شدت-مدت و تناوب بارندگی (IDF) و یا روابط دیگری که بتواند شدت بارندگی با یک تداوم مشخص را تعیین کند از ملزومات طراحی در هر طرح هیدرولوژیکی است زیرا سیل طرح بر اساس رگبار طرح به دست می‌آید و رگبار طرح نیز دارای تداوم معینی است که می‌بایست شدت آن مشخص شود. در این تحقیق به منظور به دست آوردن شدت بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف، به علت عدم وجود منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی در ایستگاه هواشناسی شهر نیشابور ناگزیر از رابطه تجربی (۳-۱۳) که برای بارندگی‌های بین ۱۵ دقیقه تا ۲۰ ساعت در ایران ارائه شده، استفاده گردید (علیزاده، ۱۳۸۵).

¹. intensity-duration-frequency

². Chow

$$P_T^t = [0.4524 + 0.2471 \ln(T - 0.6)](0.3710 + 0.6184t^{0.4484})P_{10}^{60} \quad (13-3)$$

که در آن P_T^t : مقدار بارندگی در دوره بازگشت T ساله و مدت بارندگی (t) مورد نظر (میلی متر)، t: مدت بارش طرح (ساعت)، T: دوره برگشت مورد نظر (سال) و P_{10}^{60} : مقدار باران یک ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله بر حسب میلی متر است که برای ایران از رابطه (۱۴-۳) محاسبه می شود:

$$P_{10}^{60} = 2.26 (P_{24th})^{1.1374} (P_{year})^{-0.3072} \quad (14-3)$$

در این رابطه P_{24th} : متوسط حداکثر بارش های ۲۴ ساعته (میلی متر) و P_{year} : متوسط بارندگی سالانه منطقه بر حسب میلی متر می باشد.

۳-۱۰- بهترین اقدامات مدیریتی در قالب توسعه کم اثر LID-BM

توسعه کم اثر LID یک مفهوم نسبتاً جدید در استفاده از کاربری اراضی برای مدیریت سیلاب شهری با استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی BMP است، که هدف آن حفظ شرایط هیدرولوژیکی منطقه در سطح توسعه یافته (بدون کاهش کیفیت و کمیت آب) همانند شرایط پیش از توسعه است.

۳-۱۰-۱- معرفی اقدامات کنترلی مدیریت رواناب سطحی

پس از مرور منابع علمی و کارهای انجام شده در دنیا فهرستی از روش های "بهترین اقدامات مدیریتی (BMP)" در شهرها تهیه شد، سپس با بررسی هر کدام و مشورت و مصاحبه با متخصصان و کارشناسان شهر، از بین پانزده طرح شناسایی شده، شش عدد آنها به عنوان اقدامات مناسب در شهر نیشابور انتخاب شد که در شماره های ۱ تا ۱۵ به اقدامات کنترلی ممکن و غربال شده در این زمینه پرداخته می شود.

۱- تالاب خشک^۱

این استخرها رواناب سطحی هر رخداد بارندگی را نگه می دارند و برای حفظ کیفیت آب، حفاظت کانالها، جلوگیری از سرریز کردن شبکه زهکشی شهری و کنترل سیل های با دوره بازگشت بالا مناسب است. این اقدام مدیریتی برای مناطق شهری باتراکم بالامناسب نمی باشد. اما از آنجایی که در منطقه

^۱.Stormwater Dry Ponds

مورد مطالعه امکان طراحی چنین استخرهایی تحت عنوان ماند بیولوژیکی وجود دارد پس این اقدام مدیریتی برای شهر نیشابور انتخاب می‌شود.

۲- تالاب مرطوب^۱

در تالاب‌های مصنوعی رواناب سطحی ذخیره و تیمار می‌شود. این اقدام مدیریتی برای مناطق شهری با تراکم بالا مناسب نمی‌باشد. همچنین تالاب رواناب سطحی برای حفظ کیفیت آب، حفاظت کانالها، جلوگیری از سرریز کردن شبکه زهکشی شهری و کنترل سیل‌های با دوره بازگشت بالا مناسب هستند. اگر چه این تالاب‌ها امکان بهبود زندگی گیاهی و جانوری را در منطقه فراهم می‌کنند و قدرت بالایی در حذف مواد آلاینده از محیط دارند اما به این دلیل که برای زنده ماندن گیاهان تالاب نیاز به یک حداقل جریان پایه دارند و این امکان در شهر نیشابور فراهم نیست پس این اقدام مدیریتی نیز انتخاب نمی‌شود

۳- سیستم نگاهداشت زیستی^۲

این مخازن از یک بستر شنی، یک لایه مواد آلی به عنوان کود، یک لایه خاک قابل کشت و پوشش گیاهی ساخته می‌شود. این طرح می‌تواند در باغچه‌های جلو خانه‌ها، بولوارهای وسط و حاشیه خیابان‌ها استفاده شود، به این ترتیب آب پیاده‌رو و خیابان‌ها به سمت آنها هدایت شده و علاوه بر تامین آب مورد نیاز برای فضای سبز این مناطق، به تغذیه آب‌های زیرزمینی کمک کرده و موجب کاهش آب-گرفتگی معابر شهری می‌شود. این سیستم‌ها هزینه نگاهداری پایینی دارند و می‌توانند به عنوان چشم-انداز در سطح شهر طراحی شوند. بنابراین این اقدام مدیریتی انتخاب می‌شود،

۴- فیلترهای شنی^۳

این اقدام مدیریتی طوری طراحی می‌شود تا رواناب سطحی پس از یک بستر شنی توسط سیستم زهکشی که در زیر این بستر قرار دارد جمع‌آوری شود. این اقدام بیشتر برای بهبود کیفیت رواناب

¹. Stormwater WetPonds

². Bioretention Systems

³. Sand Filters

سطحی ساخته می‌شود و وقتی در کنترل کمی رواناب سطحی تأثیرگذار است که با سایر اقدامات کنترلی ترکیب شود، همچنین این سازه‌ها معمولاً هزینه احداث و نگهداری بالایی دارند و ممکن است از نظر استشمام بوی نامطبوع، برای شهروندان مشکلاتی ایجاد کند پس این اقدام انتخاب نمی‌شود.

۵- ترانشه نفوذ^۱

یک ترانشه طولی و کم عرض است که درون آن با ذرات درشت دانه و قطعات سنگ پر می‌شود. آب ورودی به این تاسیسات در فضای خالی مابین ذرات درشت دانه موقتاً ذخیره می‌شود و به تدریج از کف و دیواره‌ها به درون خاک اطراف ترانشه نفوذ می‌کند. این طرح برای مناطق شهری با تراکم بالا مناسب است و می‌تواند در مناطقی مانند حاشیه جاده‌ها و حاشیه پارکینگ‌های عمومی اجرا شود و به تغذیه آبهای زیرزمینی و کاهش آلودگی معابر کمک کند. در نتیجه این اقدام کنترلی انتخاب می‌شود.

۶- جوی باغچه یا کانال علفی^۲

آبراهه‌ای علف کاری شده است که می‌تواند جایگزین کانال‌های بتنی انتقال رواناب در سطح شهر شود. جوی باغچه‌ها تیمار کیفی رواناب سطحی را با سیستم انتقال رواناب ترکیب می‌کند و باعث کاهش سرعت آب شده و تغذیه آبهای زیرزمینی را زیاد می‌کند. این اقدام مدیریتی برای مناطق شهری با تراکم بالا مناسب نمی‌باشد اما در مکان‌های با تراکم پایین در شهر نیشابور امکان اجرای آن وجود دارد، پس این اقدام مدیریتی انتخاب می‌شود، اما در منطقه مطالعاتی این تحقیق به علت نبود مکان مناسب جانمایی آن بکار برده نمی‌شود.

۷- نوار فیلتر^۳

در این اقدام مدیریتی زمین بطور یکنواختی تسطیح شده و بصورت متراکم گیاه کشت می‌شود تا امکان نفوذ رواناب سطحی و بهبود کیفیت آن فراهم شود. این اقدام برای مناطق شهری با تراکم بالا

¹. Infiltration Trench

². Grass Swales or Grass Channel

³. Filter Strip

مناسب نمی‌باشد. با توجه به این که این اقدام نیاز به فضای زیاد، بازدیدها و تعمیرات دوره‌ای دارد و کارکرد آن مشابه اقداماتی است که قبلاً ذکر شده است و به عنوان یک راهکار انتخاب نمی‌شود.

۸- تالاب گراولی مستغرق^۱

این سازه بصورت تک سلولی یا چندتایی ساخته شده و از سنگهای درشت بصورت متراکم پر شده و گیاه کاری می‌شود تا رواناب سطحی در بین این سنگ‌ها و در واقع در ناحیه ریشه گیاهان حرکت کرده و مواد آلاینده آن حذف شود. این سازه برای مناطق با تراکم بالای شهر مناسب می‌باشند ولی تاثیر چندانی روی کمیت رواناب سطحی ندارند. در نتیجه این اقدام مدیریتی انتخاب نمی‌شود.

۹- آسفالت نفوذپذیر^۲

این نوع آسفالت از ترکیب سیمان پورتلند، شن درشت و آب ساخته می‌شود. در زیر این نوع آسفالت لایه‌ای از سنگ‌های درشت قرار گرفته تا امکان ذخیره موقت آب نفوذ یافته را فراهم آورد. با توجه به اینکه این نوع آسفالت مدت کوتاهی عمر می‌کند و نرخ شکست بالایی دارد (حدود ۷۵ درصد طبق مطالعات آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا)، و دارای هزینه نگهداری بالایی می‌باشد، در نتیجه این اقدام مدیریتی انتخاب نمی‌شود.

۱۰- سیستم سنگفرش نفوذپذیر^۳

شامل فضاهای خالی است که با مواد نفوذپذیر مانند شن پر شده و یا در فضاهای خالی چمن کاری می‌شود. این سیستم‌ها روی بستر گراولی نصب می‌شود تا امکان نفوذ رواناب سطحی را فراهم آورند. و به کم شدن حجم رواناب سطحی و افزایش تغذیه آب زیرزمینی کمک می‌کنند. پس این اقدام مدیریتی انتخاب می‌شود.

¹. Submerged Gravel Wetlands

². Porous Concrete

³. Porous Paver Systems

۱۱- حوضچه نفوذ^۱

این حوضچه بدین منظور احداث می‌شود که بخشی از آب در کانال‌های زهکشی به هنگام بارندگی به آن منتقل شده و نفوذ پیدا کند، به این ترتیب این اقدام مدیریتی به کاهش حجم و پیک هیدروگراف کمک می‌کند. این حوضچه‌ها در فواصل زمانی بین رخداد‌های بارندگی خالی هستند و می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. هرچند که این مخازن برای مناطق شهری پر تراکم مناسب نمی‌باشند ولی به عنوان یک اقدام محتمل در نیشابور انتخاب می‌شود اما در این تحقیق به آن پرداخته نمی‌شود.

۱۲- مخازن زیرزمینی^۲

مخازن زیرزمینی امکان ذخیره موقت آب را فراهم کرده و به این دلیل که در زیر زمین احداث می‌شوند در مناطق پر تراکم شهری هم امکان اجرای آنها وجود دارد. آب از کانال‌های زهکشی در هنگام بارندگی به سمت آنها هدایت می‌شود تا مخزن پر شود. به این ترتیب این مخازن هم به کاهش سرریز کانال‌های زهکشی کمک کرده و هم آب ذخیره شده در آنها برای آبیاری فضای سبز شهری استفاده می‌شود. بنابراین این اقدام مدیریتی یکی از مؤثرترین روش‌های کنترل و استفاده از رواناب سطحی است، در نتیجه به عنوان یک اقدام مدیریتی انتخاب می‌شود ولی در این تحقیق به دلیل عدم توانایی مدل در شبیه‌سازی این مخازن مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

۱۳- چاهک نفوذ آب باران^۳

چاه‌های جذبی، مخازن مکعبی یا استوانه‌ای حفاری شده در زمین هستند که بوسیله سنگ لاشه پر شده‌اند. این چاه‌ها در مناطقی که زمین شیب منفی و یا پروفیل مقعر دارد و سطح آب زیر زمینی عمیق است، استفاده می‌شوند و می‌توانند به کاهش دبی اوج، حجم هیدروگراف و تغذیه آبهای زیرزمینی کمک کنند. این روش یکی از مؤثرترین روش‌های کنترل رواناب سطحی در منشا، می‌باشد و

^۱. Infiltration Basin

^۲. Underground Detention

^۳. Soak-Away

با توجه به این که این چاه‌ها هم اکنون هم در شهر نیشابور اجرا می‌شود، پس این اقدام به عنوان یک اقدام مدیریتی انتخاب می‌شود اما در این تحقیق بدلیل عدم توانایی مدل در شبیه‌سازی چاهک‌ها به آنها پرداخته نمی‌شود.

۱۴- مخازن ذخیره خانگی^۱

این مخازن برای مثال بشکه باران^۲ طوری طراحی می‌شوند که آب حاصل از پشت بام یا حیاط هر منزل مسکونی به آنها بریزد و می‌توانند در سطح یا زیر زمین یا اینکه بخشی از مخزن زیر زمین باشد ساخته شوند. نوع مخزن بر اساس نیازها، محدودیت‌ها و بودجه‌ای که خانوار می‌تواند هزینه کند، انتخاب می‌شود. این مخازن معمولاً هزینه‌ی زیادی در بر دارند و تنها زمانی در کشورهای فقیر می‌توانند به کار روند که به آنها یارانه زیادی تعلق گیرد. ولی به عنوان یک اقدام محتمل در نیشابور انتخاب می‌شود.

۱۵- باغ باران^۳

این طرح مدیریتی به صورت یک فضای سبز مقعر صورت می‌گیرد و اجازه‌ی ذخیره رواناب سطحی در هر رخداد بارندگی را می‌دهد. این عمل برای حفظ کیفیت آب، حفاظت کانالها، جلوگیری از سرریز کردن شبکه زهکشی شهری و آبیاری فضای سبز شهری مناسب است. این اقدام مدیریتی برای مناطق شهری باتراکم بالامناسب نمی‌باشد. اما از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه امکان طراحی چنین راهکاری وجود دارد پس این اقدام مدیریتی برای شهر نیشابور انتخاب می‌شود.

۳-۱۰-۲- ورود پارامترهای مورد نیاز مدل جهت اعمال BMPها

مدل SWMM جزء یکی از معدودترین مدل‌های بارش رواناب است که قابلیت اعمال بهترین اقدامات کنترل سیلاب را در قالب توسعه کم اثر (LID) دارا است. جهت وارد کردن پارامترهای مورد نیاز هر یک از این اقدامات باید شناخت کافی از مشخصات و ویژگی‌های تأثیر گذار آنها بر میزان نفوذ

¹. Domestic Water Storage Tanks

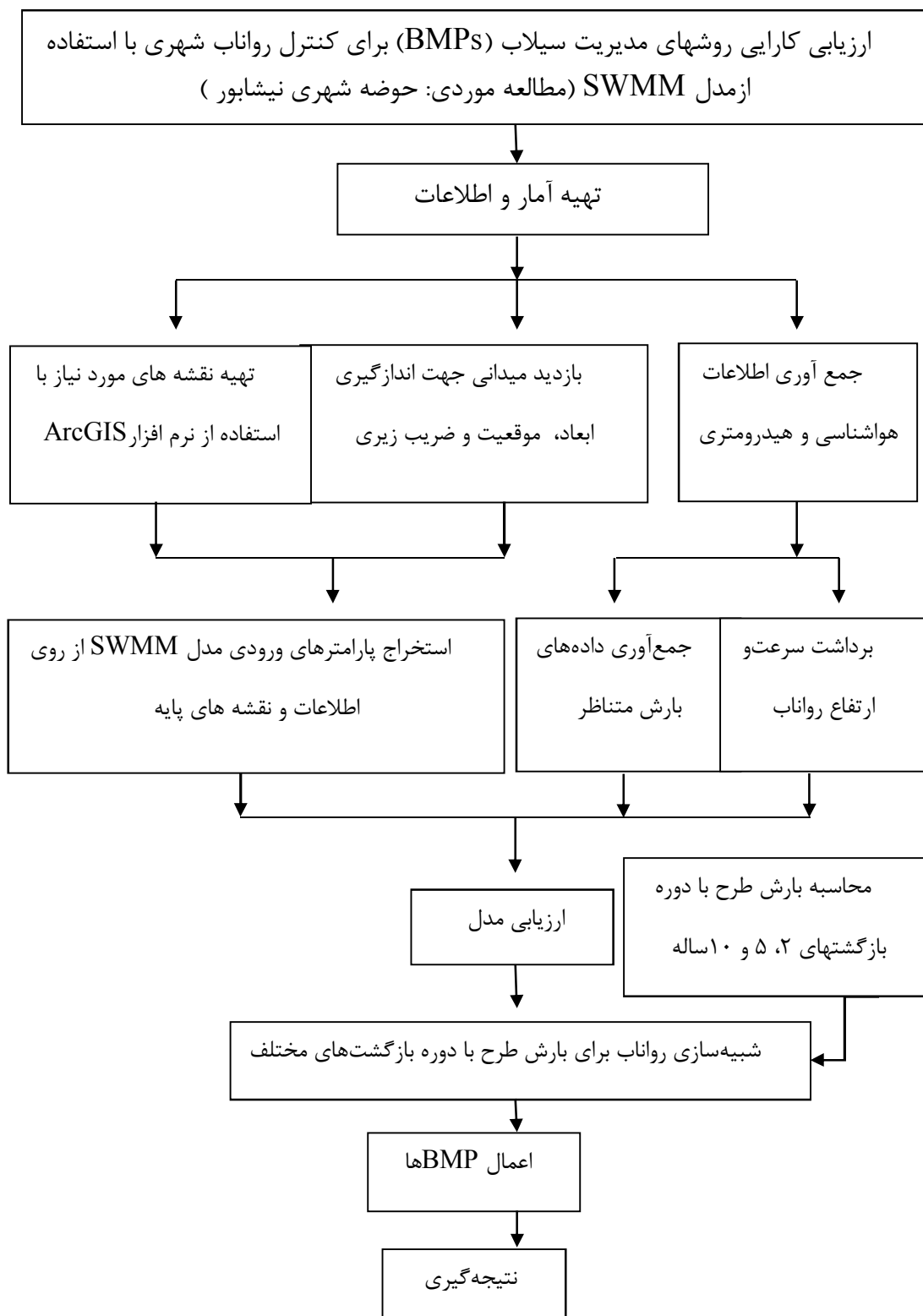
². Rain Barrel

³. RainGarden

رواناب به داخل لایه‌های زیرین داشت، همچنین باید به وابستگی این پارامترها به مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی منطقه مطالعاتی توجه خاص نمود. در این تحقیق پارامترهای هر یک از BMPهای انتخاب شده با توجه به منطقه مطالعاتی مشخص می‌شود و به مدل معرفی می‌گردد.

۳-۱۱- جمع‌بندی

در این فصل مشخصات منطقه مورد مطالعه و روش انجام تحقیق ارائه شد (شکل ۳-۷) نمودار جریانی انجام تحقیق را نشان می‌دهد. یافته‌های این تحقیق در فصل نتایج این پایان‌نامه ارائه خواهد شد.



شکل (۷-۳) نمودار جریانی انجام تحقیق

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه

پس از انجام تحقیق بر اساس روش و مراحل مختلف که در فصل سوم به آن پرداخته شده است، در این فصل نتایج به صورت مرتب و طبقه‌بندی شده ارائه می‌شود.

۴-۲- تعیین زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

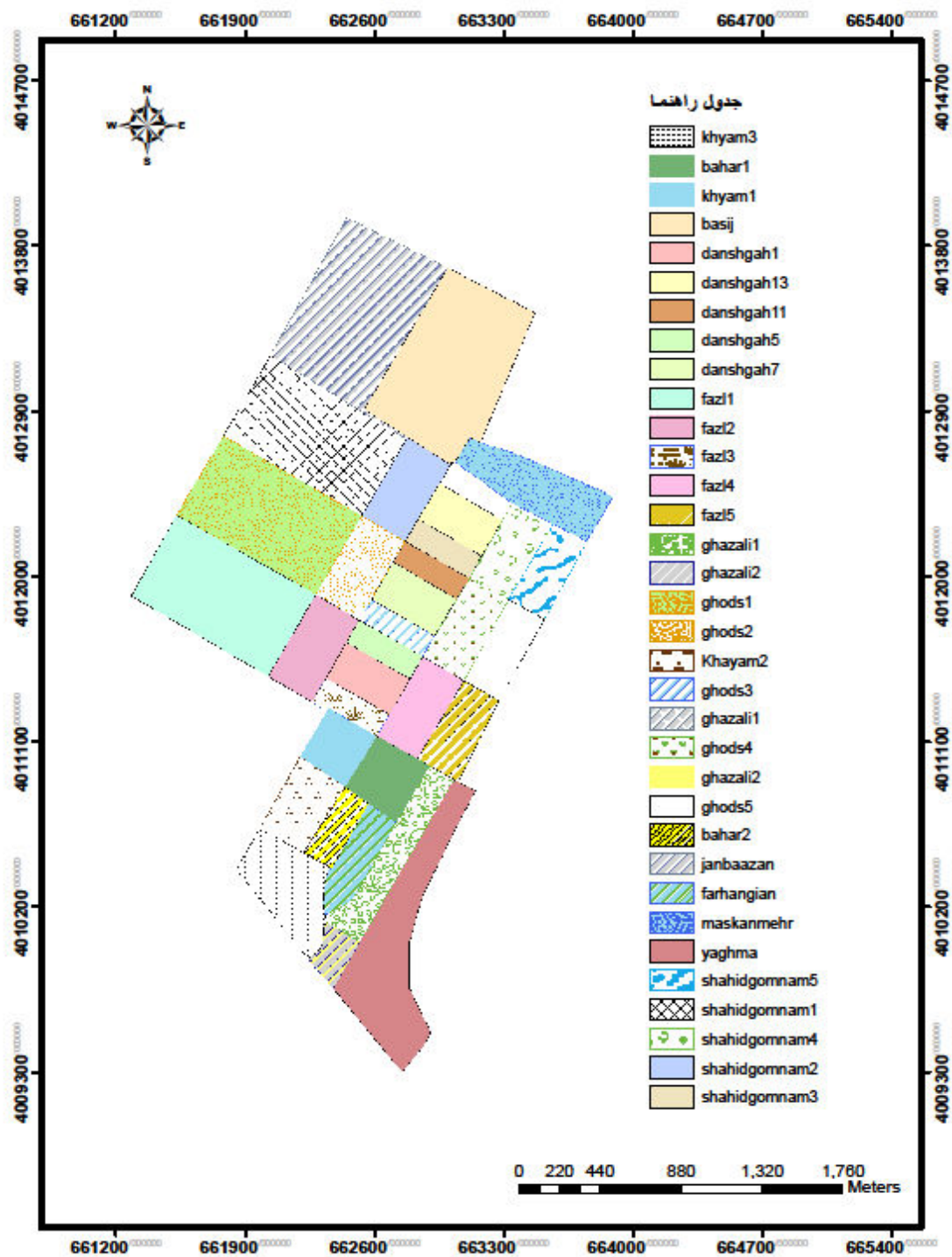
تعیین دقیق مرز زیر حوضه‌ها و خصوصیات فیزیکی آن‌ها از جمله مساحت، عرض معادل و درصد مناطق نفوذناپذیر جهت شبیه‌سازی بارش-رواناب ضروری است. منطقه مورد مطالعه به ۳۳ زیر حوضه تقسیم شد (شکل ۴-۱).

۴-۳- خصوصیات فیزیکی زیر حوضه‌ها

همانطور که بیان شد جهت شبیه‌سازی بارش-رواناب لازم است یک سری پارامترها به عنوان ورودی به مدل اعمال شود. این پارامترها شامل عرض زیر حوضه‌ها، مساحت، شیب، درصد نفوذناپذیری، ضریب زبری مانینگ و ذخیره سطحی می‌باشد. مشخصات تعدادی از زیر حوضه‌ها در (جدول ۴-۱) ارائه شده، برای مشاهده مشخصات سایر زیر حوضه‌ها به ضمیمه (الف) رجوع شود.

جدول (۴-۱) خصوصیات فیزیکی زیر حوضه‌ها

زیر حوضه	مساحت (ha)	عرض معادل (m)	شیب (%)	مناطق نفوذناپذیر (%)	ضریب زبری
مسکن مهر	۲۰/۱۲	۹۱۹/۲۰	۱/۶۵	۳۲	۸۰
شهرک قدس	۵۳/۴۵	۶۸۸/۹۵	۲/۲	۴۰	۸۲
شهرک جانبازان	۵۳/۲۷	۶۵۹/۷۸	۲/۱۸	۳۶	۸۰
شهید گمنام ۱	۴۲/۸۶	۹۵۳/۹۵	۲/۷۸	۲۸	۴۸
قدس ۱	۴۳/۲۹	۹۵۴/۷۳	۱/۸۳	۲۸/۸	۸۰
فضل ۱	۴۲/۸۵	۹۵۴/۷۳	۱/۸۳	۱۷/۶	۷۹
فضل ۲	۱۳/۷۴	۳۰۳/۰۳	۱/۵۶	۴۷/۲	۸۵
قدس ۲	۱۳/۴۸	۲۹۹/۳۴	۱/۶۷	۴۸	۸۴
شهید گمنام ۲	۱۳/۴۶	۳۰۱/۳۱	۲/۲۳	۵۰/۴	۸۴
دانشگاه ۱۷	۴/۹۵	۴۳۳/۸۸	۳/۵	۵۰/۴	۸۴



شکل (۴-۱) زیر حوضه ها

مقادیر ضریب زبری در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر، ذخیره سطحی در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر از تلفیق اطلاعات میدانی و نقشه‌های کاربری اراضی در نرم‌افزار Arc GIS و همچنین جداول مربوط به راهنمای مدل به دست آمد.

۴-۴- اطلاعات مربوط به مجاری (لینک‌ها) شبکه زهکشی

با توجه به نقشه کاربری اراضی و بازدید میدانی از منطقه، کانال‌های تأثیر پذیر مشخص و مشخصات آن‌ها برداشت شد (شکل ۴-۲)، این مشخصات شامل موقعیت کانال، شماره گره بالادست و پایین‌دست، طول کانال، عمق کانال، عرض بالای کانال، شکل و ضریب زبری مانینگ می‌باشد. مشخصات تعدادی از مجاری زهکشی در (جدول ۴-۲) ارائه شده، برای مشاهده مشخصات سایر مجاری شبکه زهکشی به ضمیمه (ب) رجوع شود.

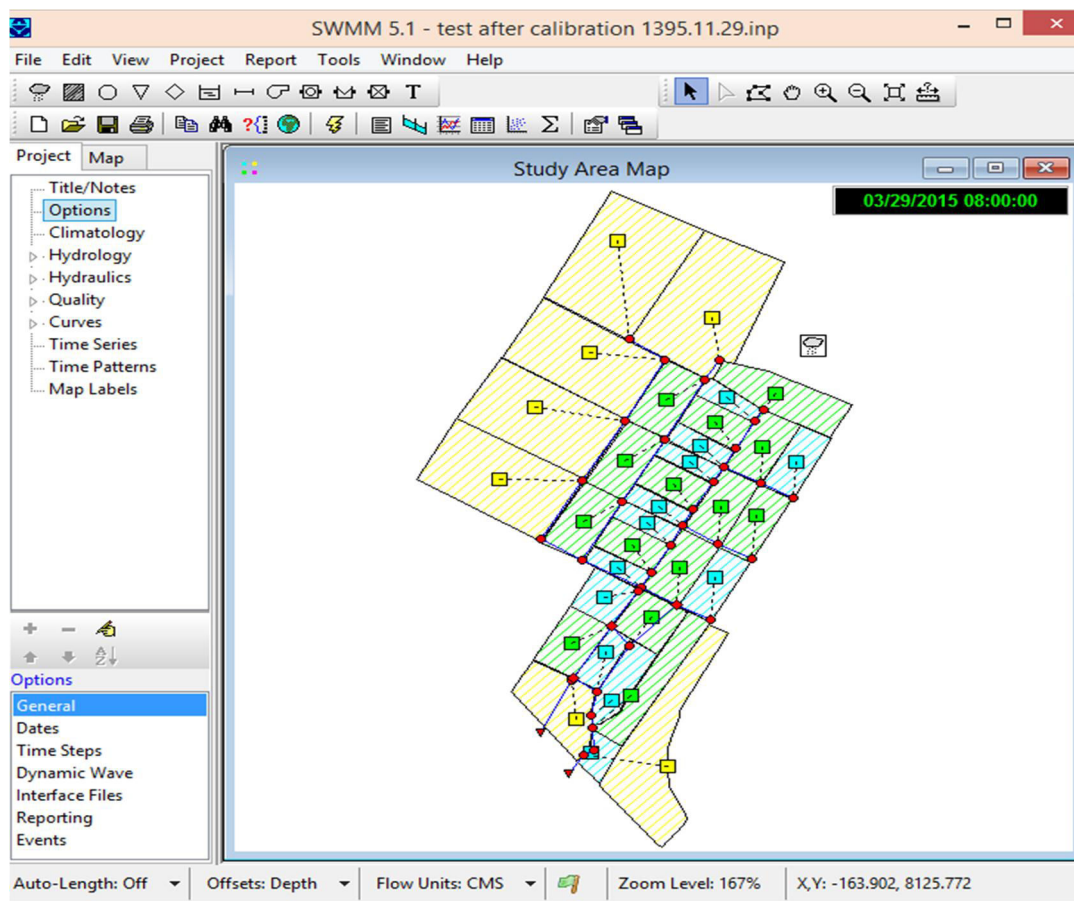
جدول (۲-۴) اطلاعات مربوط به مجاری شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه

شماره کانال	گره بالادست	گره پایین‌دست	طول (m)	عمق (m)	عرض بالا (m)	شکل کانال	ضریب زبری CN
c-maskanmehr	j-maskanmehr	j-daneshgah17	۱۳۲	۲/۳	۱/۸	مستطیل باز	۰/۰۱۳
c-daneshgah17	j-daneshgah17	j-daneshgah13	۲۲۶	۱	۱/۵	مستطیل باز	۰/۰۱۳
c-daneshgah13	j-daneshgah13	j-shahidgom3	۱۴۲	۰/۹	۱/۵	مستطیل باز	۰/۰۱۳
c-shahidgom5	j-shahidgom5	j-shahidgom4	۲۰۶	۰/۵	۰/۵	مستطیل باز	۰/۰۱۳
c-shahidgom4	j-shahidgom4	j-shahidgom3	۲۳۹	۰/۵	۰/۷	مستطیل بسته	۰/۰۱۳
c-shahidgom3	j-shahidgom	j-daneshgah11	۱۳۲	۱	۱/۶	مستطیل باز	۰/۰۱۳
c-daneshgah11	j-daneshgah11	j-daneshgah7	۲۳۵	۱	۱/۷	مستطیل باز	۰/۰۱۳

با توجه به اینکه جنس کانال‌های شبکه زهکشی در منطقه مورد مطالعه غالباً از جنس بتن است، بر اساس توصیه دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه، مقدار ۰/۰۱۳ به عنوان ضریب زبری کانال‌های شبکه زهکشی موجود انتخاب شد. (حسینی، ابریشمی، ۱۳۸۱).

۴-۶- اطلاعات مربوط به گره‌ها

گره‌ها به عنوان بخش مرتبط کننده لینک‌ها به یکدیگر هستند که به صورت فیزیکی بیانگر نقطه الحاق مجاری سطحی در طبیعت، منهول در شبکه فاضلاب و یا اتصالات لوله‌ها می‌باشند. اطلاعات مربوط به این پارامتر و موقعیت آنها با توجه به بازدید میدانی مشخص شد. در هر نقطه‌ای که مشخصات کانال اعم از عمق، عرض و یا شیب کانال تغییر پیدا کند و یا در محل ورودی یا خروجی کانال اصلی یک گره تعبیه گردید، (شکل ۴-۲). اطلاعات مربوط به آنها شامل نام گره، حداکثر عمق و تراز گره است. اطلاعات تعدادی از این اتصالات در (جدول ۴-۳) ارائه شده، جهت مشاهده مشخصات سایر اتصالات سیستم شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه به ضمیمه (ج) رجوع شود.



شکل (۲-۴) مجاری و اتصالات سیستم شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه در محیط مدل

جدول (۳-۴) اطلاعات مربوط به گره‌ها

اسم گره	تراز گره (m)	حداکثر عمق (m)
j-shahrakbsij	۱۲۵۱/۴	۰/۶
j-shahrakjanbazan	۱۲۵۱/۸۸	۰/۶
j-shahidgomnhm1	۱۲۵۰/۲۴	۰/۸
j-shahidgomnhm2	۱۲۴۸/۴	۰/۶
j-maskanmehr	۱۲۴۴/۵۵	۲/۳
j-daneshgah17	۱۲۴۴/۳۱	۲/۳
j-daneshgah13	۱۲۳۹/۹۵	۱
Outfall	۱۲۰۴/۱	...

۴-۸- نتایج واسنجی مدل SWMM

برای واسنجی مدل SWMM از شش پارامتر که عبارتند از عرض معادل، درصد نفوذناپذیری، ضریب زبری مناطق نفوذناپذیر، ضریب زبری مناطق نفوذپذیر، ذخیره چالابی مناطق نفوذناپذیر و ذخیره چالابی مناطق نفوذپذیر استفاده شد که این پارامترها با استفاده از ابزارها و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به دست آمدند. دامنه تغییرات پارامترهای اولیه جهت اجرای واسنجی پارامترهای مهم مدل SWMM در جدول (۴-۵) ارائه شده است.

جدول (۴-۵) دامنه تغییرات پارامترهای اولیه جهت اجرای واسنجی پارامترهای مهم مدل SWMM

پارامترهای کالیبره شده	محدوده تغییرات	منابع
N-perv ¹	۰/۰۲-۰/۸	(هابر و دیکسون ^۱ ، ۱۹۹۲)
N-Imperv ²	۰/۰۱۱-۰/۰۳۳	(هابر و دیکسون، ۱۹۹۲)
Des-perv ³	۲/۵-۷	(تسیرینتز و حمید ^۲ ، ۱۹۹۸)
Des-Imperv ⁴	۰/۳-۲/۵	(هابر و دیکسون، ۱۹۹۲)
Imperv(%) ⁵	±۳۰٪	(تمپرانو و همکاران، ۲۰۰۶)
CN ⁶	+۱۰٪	(خالقی و همکاران، ۱۳۹۰)

n¹- مناطق نفوذناپذیر³- ذخیره چالابی مناطق نفوذپذیر⁵- درصد نفوذناپذیری

n²- مناطق نفوذناپذیر⁴- ذخیره چالابی مناطق نفوذناپذیر⁶- شماره منحنی

¹ . Huber and Dickinson

² . Tsihrintzis and Hamid

مقادیر این پارامترها در حوضه‌های مختلف متفاوت است، اما اعتقاد بر این است که خطاهای نسبی در همه مقادیر یکسان است. بنابراین همه پارامترها در تمامی زیر حوضه‌ها به‌طور هم‌زمان در واسنجی کاهش یا افزایش داده شد مقادیر اولیه و بهینه شده در (جدول ۴-۶) بیان شده است.

جدول (۴-۶) مقادیر اولیه و بهینه شده نتایج اجرای واسنجی پارامترهای مهم مدل SWMM

میزان تغییر پارامتر	مقادیر بهینه	مقادیر اولیه	پارامتر کالیبراسیون
+۱۰٪	جدول (۴-۱)	برای هر زیر حوضه متفاوت است	عرض معادل
-۲۰٪	جدول (۴-۱)	برای هر زیر حوضه متفاوت است	درصد نفوذناپذیری
-۵٪	۰/۰۰۹۵	۰/۰۱	ضرب زبری مناطق نفوذناپذیر
+۵٪	۰/۱۰۵	۰/۱	ضریب زبری مناطق نفوذپذیر
-۵٪	۰/۰۴۷۵	۰/۰۵	ذخیره چالابی مناطق نفوذناپذیر
+۵٪	۰/۰۵۲۵	۰/۰۵	ذخیره چالابی مناطق نفوذپذیر

سپس با استفاده از مقادیر بهینه، جهت واسنجی مدل از ۶ رویداد ذکر شده در (جدول ۴-۶)

استفاده گردید و نتایج در (جدول ۴-۷) ارائه گردیده است.

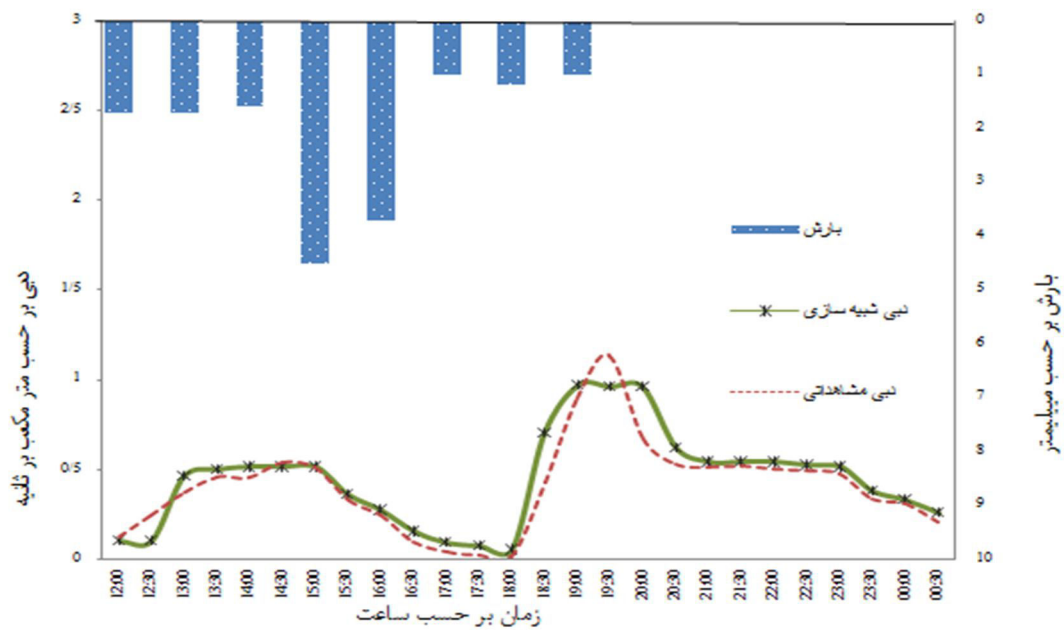
جدول (۴-۷) مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی رویدادهای در مرحله واسنجی

اختلاف ف	حجم جریان (m^3)		اختلاف %	دبی اوج (m^3/s)		پارامتر رویداد
	مشاهداتی	شبیه‌سازی		مشاهداتی	شبیه‌سازی	
۱۸	۳/۵۷	۴/۲۲۸	۱۴	۱/۱۳	۰/۹۷	۹۵/۱۱/۱۰
۴/۹	۱/۲۱	۱/۲۷	۳۲	۰/۶۱	۰/۶۳	۹۵/۱۱/۱۴
۴/۸	۳/۳۵	۳/۱۸۹	۰	۱/۲۲	۱/۲۲	۹۵/۱۱/۲۵
۱/۲	۱۰/۶۰	۱۰/۷۳۷	۲۷	۰/۹۳	۱/۱۹	۹۵/۱۱/۲۹
۲/۱	۲/۷۵	۲/۸۰۹	۳	۰/۹۸	۰/۹۵	۹۶/۰۱/۱۳
۲/۱	۱/۵۹	۱/۶۲۴	۱۰	۰/۵۸	۰/۵۲	۹۶/۰۱/۱۴

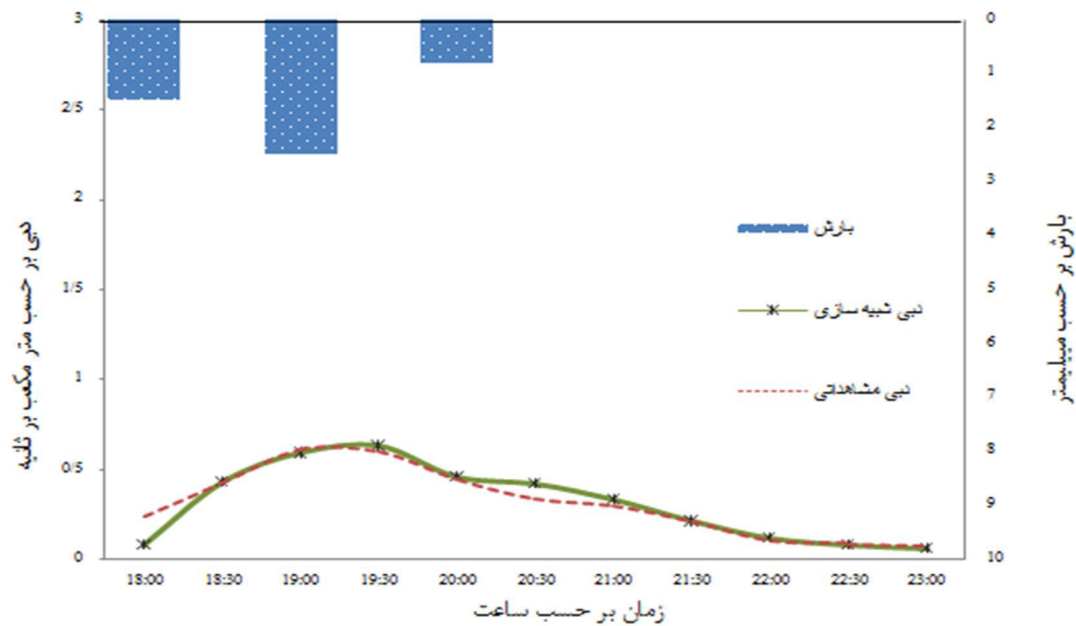
همانگونه که در (جدول ۴-۷) مشاهده می‌شود میزان خطا در تمام بارشها چه برای دبی اوج چه

برای حجم جریان در محدوده قابل قبولی است. در ادامه مقایسه هیدروگراف‌های شبیه‌سازی و

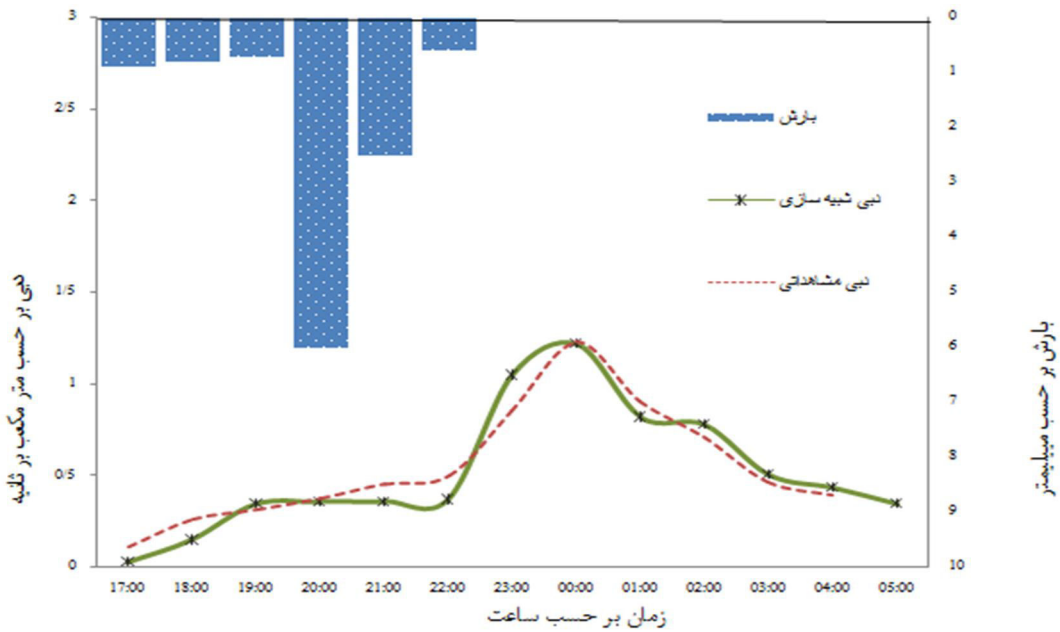
مشاهداتی ناشی از اجرای مدل آورده شده است (شکل‌های ۴-۳ تا ۴-۸).



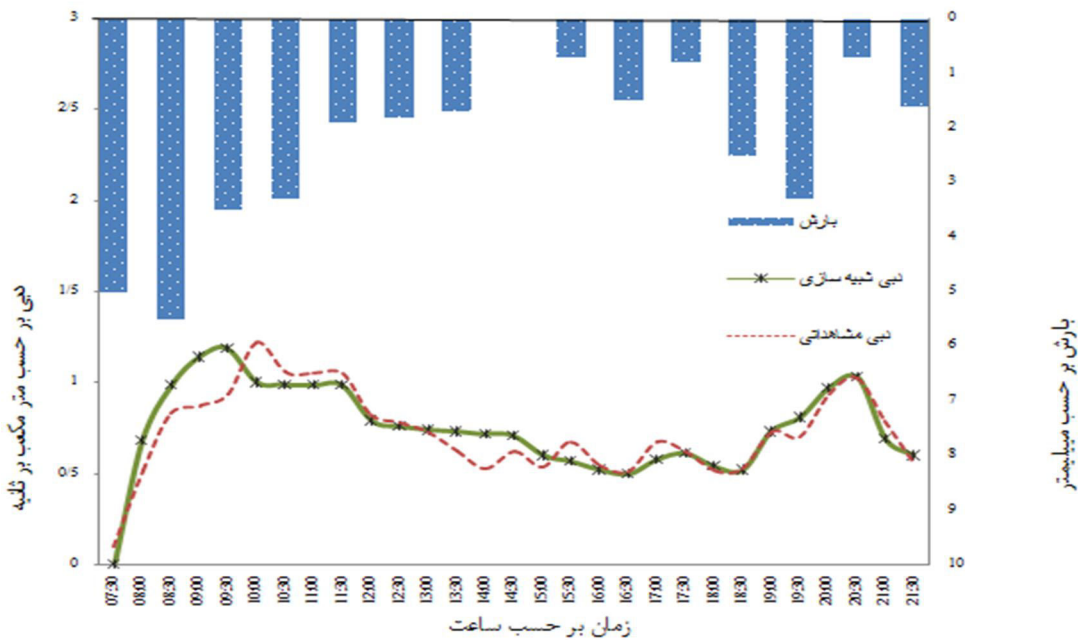
شکل (۳-۴) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۱۰ در مرحله واسنجی



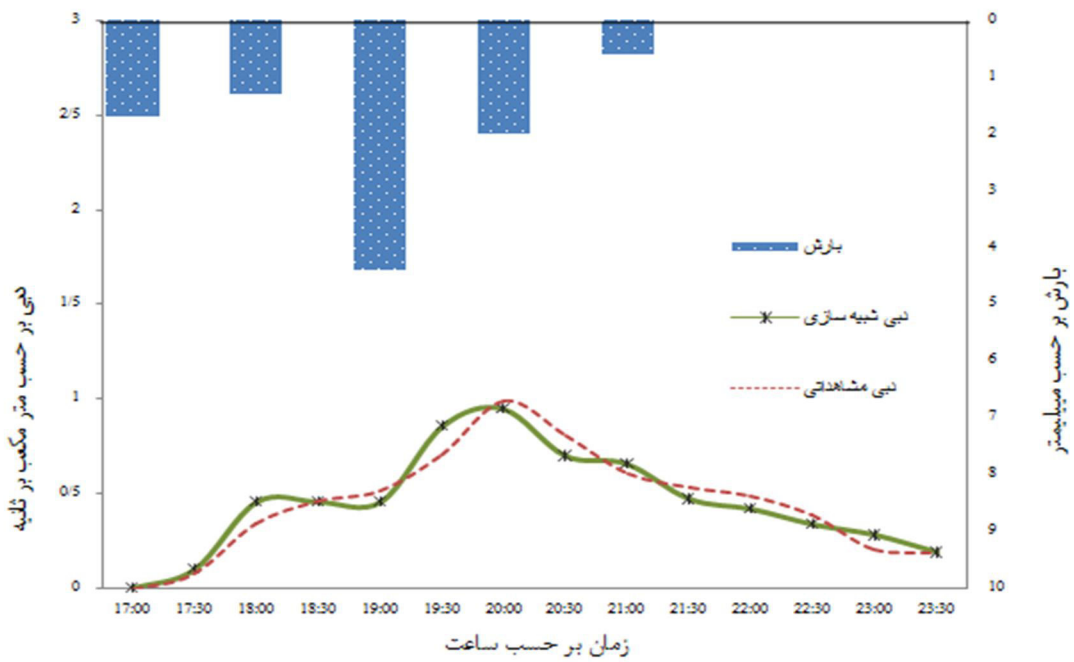
شکل (۴-۴) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۱۴ در مرحله واسنجی



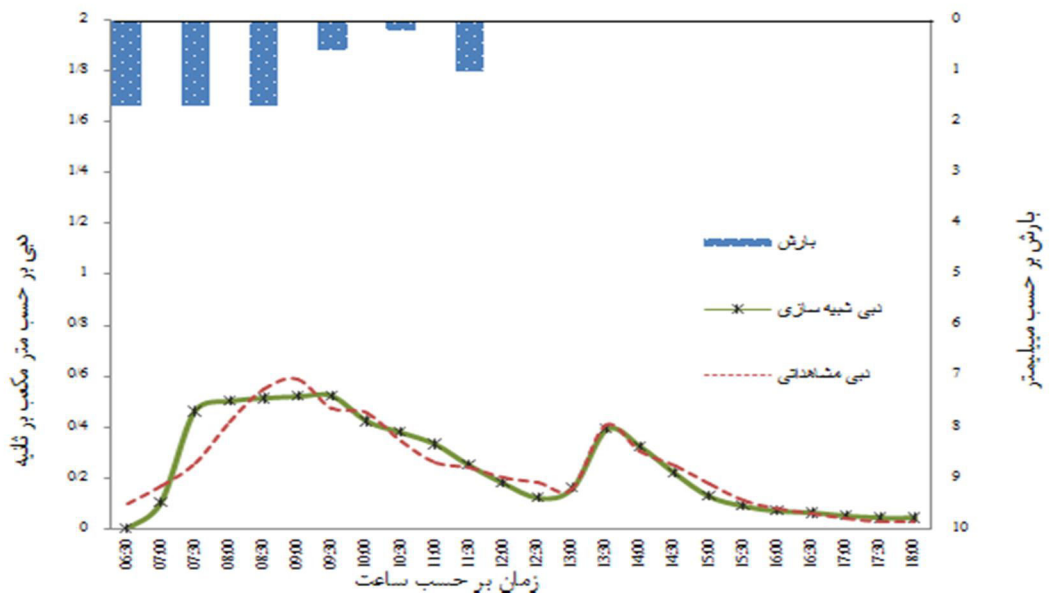
شکل (۴-۵) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۲۵ در مرحله واسنجی



شکل (۴-۶) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۱/۲۹ در مرحله واسنجی



شکل (۴-۷) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۳/۰۱/۹۶ در مرحله واسنجی



شکل (۴-۸) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۴/۰۱/۹۶ در مرحله واسنجی

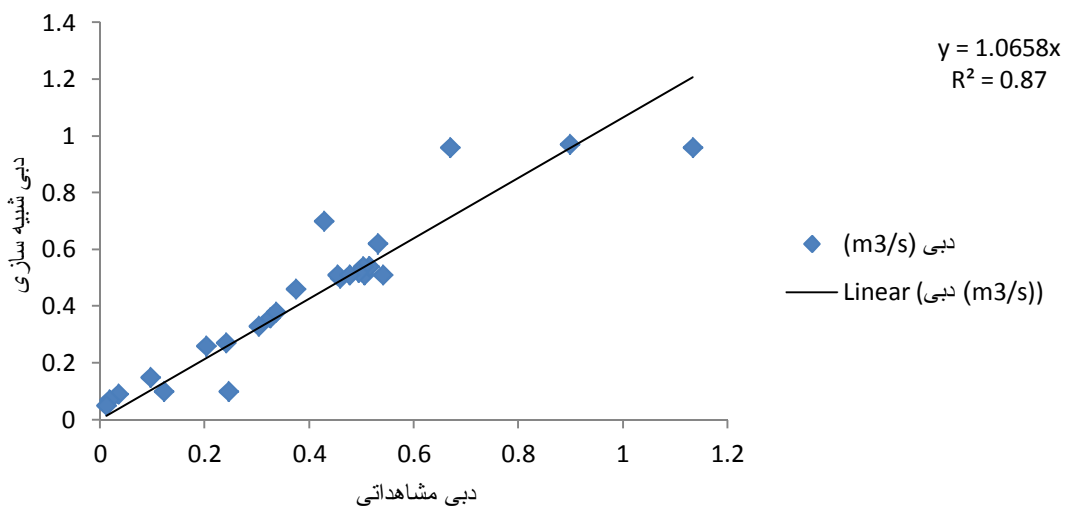
مقایسه ظاهری هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی امکان ارزیابی کلی دقت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی رفتار هیدرولوژیک آبخیز را فراهم می‌آورد. جهت ارزیابی کارایی مدل در مرحله واسنجی از شش شاخص استفاده شد، که مقادیر آن‌ها در (جدول ۴-۸) نشان داده شده است.

جدول (۴-۸) مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله واسنجی مدل SWMM

R ²	Er (%)	CRM (m ³ /s)	NRMSE (%)	EFF (%)	مرحله	رخداد
۰/۸۷	۶	۰/۰۹۰	۲۴/۵۴	۸۴	واسنجی	۹۵/۱۱/۱۰
۰/۹۱	۱/۴	-۰/۰۰۰۹	۱۸/۵۸	۸۹	واسنجی	۹۵/۱۱/۱۴
۰/۹۱	۰/۹	-۰/۰۰۳۷	۱۸/۳۴	۹۰	واسنجی	۹۵/۱۱/۲۵
۰/۷۹	۱/۸	۰/۰۲۶	۱۵/۲۷	۷۶	واسنجی	۹۵/۱۱/۲۹
۰/۷۹	۰/۷	۰/۰۵۴	۲۴/۳۷	۸۶	واسنجی	۹۶/۰۱/۱۳
۰/۸۸	۵	۰/۰۰۶	۲۱/۰۵	۸۵	واسنجی	۹۶/۰۱/۱۴
۰/۸۸	۲.۶۳	۰/۰۲۹	۲۰/۴۰	۸۵	میانگین آماره‌ها	

بر اساس نتایج (جدول ۴-۸) میانگین راندمان محاسبه شده برای ۶ رخداد نشان دهنده کارایی خوب مدل در پیش‌بینی هیدروگراف سیلاب است. طبق این آماره میانگین بالای ۶۰ تا ۷۰ درصد بیانگر کارایی مناسب مدل است. لازم به ذکر است که در رخداد ۹۵/۱۱/۲۹ مقدار این راندمان ۷۶ درصد تعیین شده است که کمترین راندمان را به خود اختصاص داده است. اما با دقت در هیدروگراف شبیه‌سازی و مشاهداتی (شکل ۴-۶) این رخداد، به نظر می‌رسد مدل توانسته به خوبی این رخداد را شبیه سازی نماید گواه این مطلب مقدار خطای شبیه‌سازی حجم رواناب در این رخداد می‌باشد که این مقدار طبق (جدول ۴-۷) ۱/۲ درصد می‌باشد علاوه بر این مقدار خطای نسبی Er و NRMSE این رخداد به ترتیب ۱/۸ درصد و ۱۵/۳ درصد تعیین شده است که نشان دهنده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی هیدروگراف این رخداد می‌باشد لذا به نظر می‌رسد که پایین بودن آماره EFF دلیل نوسانات جزئی در هیدروگراف شبیه‌سازی نسبت به هیدروگراف مشاهداتی می‌باشد که این امر در آماره EFF خود را نشان می‌دهد اما در دیگر آماره‌ها این نوسانات کمتر لحاظ می‌گردد. لازم به ذکر است که برای مابقی رخدادهای بارش نیز تمامی آماره‌ها مقدار مناسبی را نشان می‌دهد.

مقدار خطای متوسط شبیه سازی (Er) برای تمام رخدادهای بسیار پایین (کمتر از ۶ درصد) می باشد که مقدار اختلاف این آماره با آماره های NRMSE و EFF را می توان در این دانست که این آماره بر اساس برازش خط یک به یک به داده ها تعیین می شود و در این برازش از پراکندگی داده ها میانگین گیری می شود زیرا برخی داده ها زیر خط یک به یک و برخی بالاتر از خط یک به یک قرار دارند و این مسئله باعث تعدیل خطای Er می گردد (شکل ۴-۹) لذا برای نشان دادن کارایی این آماره بایستی به مقدار R^2 توجه گردد که مطابق (جدول ۴-۸) مقادیر R^2 برای خطای برازش داده شده با اینکه در دامنه مناسبی قرار دارد ولی از مقدار ایده آل آن فاصله دارد.



شکل (۴-۹) برازش خط یک به یک

مقادیر CRM نیز نشان می دهد در برخی از رخدادهای مقادیر شبیه سازی بیشتر از مقادیر مشاهداتی بوده است و در برخی رخدادهای برعکس می باشد ولی به طور کلی میانگین CRM برای شش رخداد ۰/۲۹ تعیین شده است که نشان می دهد مدل مقدار شبیه سازی را کمتر از مقدار واقعی نشان می دهد که این مقدار ناچیز می باشد.

۹-۴- نتایج ارزیابی مدل SWMM

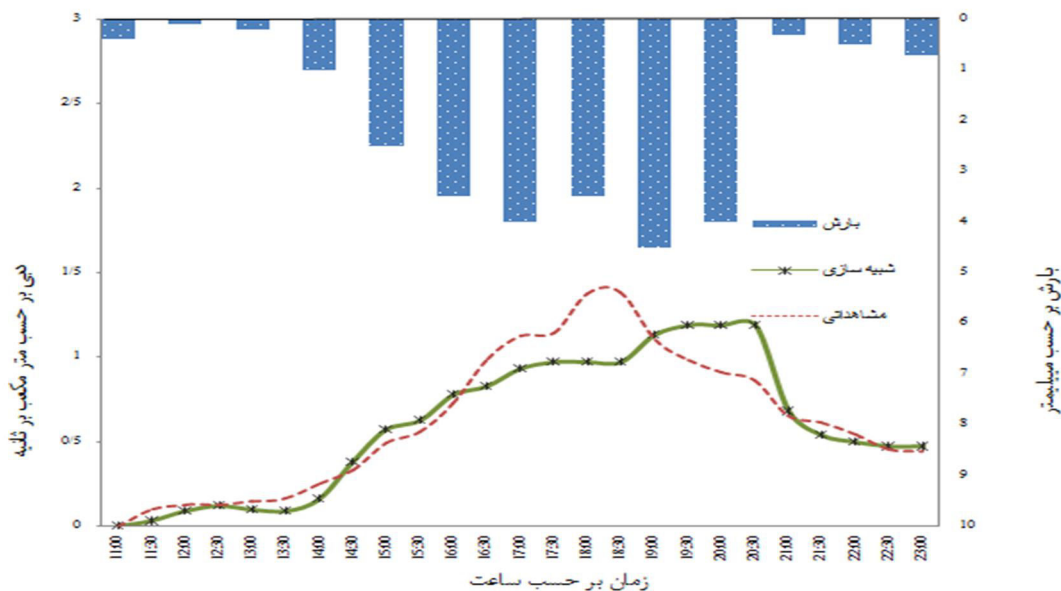
پس از واسنجی مدل هیدرولوژی، به منظور اعتبارسنجی و ارزیابی مدل از سه رویداد مورخ ۹۵/۱۲/۱۵، ۹۵/۱۲/۲۵ و ۹۶/۰۱/۰۴ که ارتفاع و سرعت رواناب متناظر آن‌ها برداشت شده بود، استفاده شده گردید. نتایج اعتبارسنجی مدل با رویدادهای مذکور در (جدول ۴-۹) آورده شده است.

جدول (۹-۴) مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی رویدادهای در مرحله اعتبارسنجی

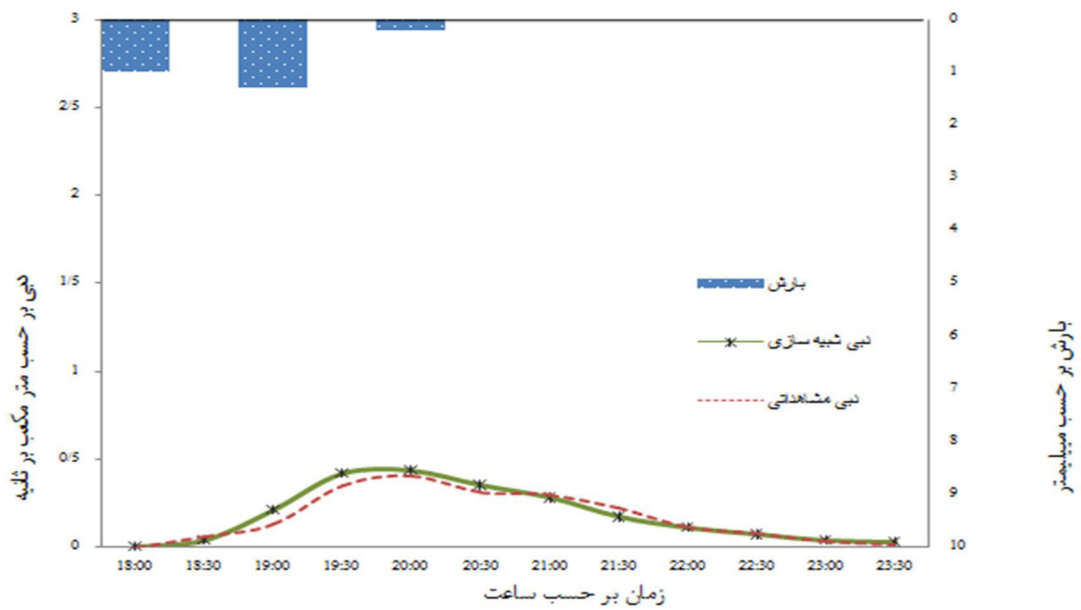
اختلاف ف	حجم جریان (m^3)		اختلاف %	دبی اوج (m^3/s)		پارامتر رویداد
	مشاهداتی	شبیه‌سازی		مشاهداتی	شبیه‌سازی	
۲/۵	۷/۱۹	۷/۰۰۴	۱۳	۱/۳۸	۱/۱۹	۹۵/۱۲/۱۵
۴/۲	۰/۵۰	۰/۵۲۱	۱۰	۰/۴۰	۰/۴۴	۹۵/۱۲/۲۴
۴/۳	۵/۴۱	۵/۱۷۷	۶/۹	۱/۵۹	۱/۴۸	۹۵/۰۱/۰۴

همچنین شکل‌های (۴-۱۰ تا ۴-۱۱) به مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی برای سه

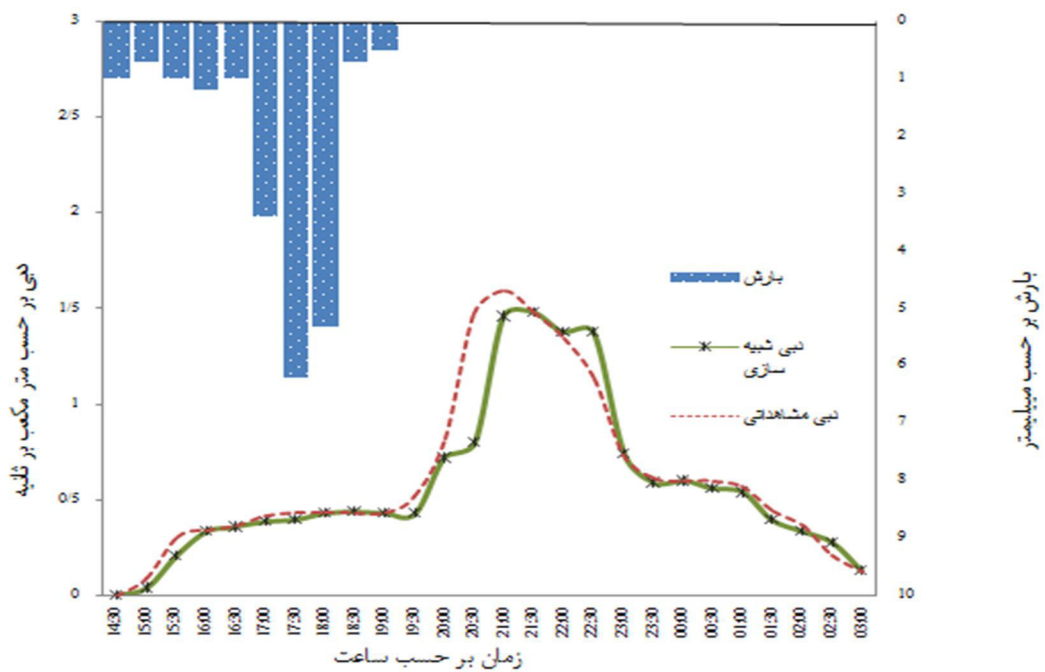
بارش در مرحله ارزیابی می‌پردازد.



شکل (۴-۱۰) هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۲/۱۵ در مرحله اعتبارسنجی



شکل (۴-۱۱) هیدروگراف شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۵/۱۲/۲۴ در مرحله اعتبارسنجی



شکل (۴-۱۲) هیدروگراف شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۹۶/۰۱/۰۴ در مرحله اعتبارسنجی

نتایج بدست آمده از جدول (۴-۹) و (۴-۱۰) و همچنین بازنگری هیدروگراف شبیه‌سازی و مشاهداتی برای هر بارش نشان می‌دهد که مدل تطابق خوبی با توجه به مشخصات منطقه پیدا کرده است. نتایج حاصل از ارزیابی کارایی مدل در مرحله اعتبارسنجی از سه رخداد اندازه‌گیری شده در (جدول ۴-۱۰) نشان داده شده است.

جدول (۴-۱۰) مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله اعتبارسنجی مدل SWMM

R ²	Er	CRM	NRMSE	EFF	مرحله	رخداد
۰/۸۳	۶/۵	-۰/۰۴۲	۲۶/۹۸	۸۳	اعتبار سنجی	۹۵/۱۲/۱۵
۰/۹۴	۷/۳	۰/۰۶۶	۲۲/۸۸	۹۲	اعتبار سنجی	۹۵/۱۲/۲۴
۰/۷۰	۱۴/۶	-۰/۱۴۴	۳۸/۲۳	۶۵	اعتبار سنجی	۹۶/۰۱/۰۴
۰/۸۲	۹/۴۶	-۰/۱۶	۲۹/۳۶	۸۰		میانگین آماره‌ها

بر اساس برآورد آماره‌های اندازه‌گیری شده در در مرحله اعتبارسنجی که عبارتند از $EFF=۸۰\%$ ، $CRM=۰/۱۶\text{ m}^3/\text{s}$ ، $NRMSE=۲۹/۳۶\%$ ، $Er=۹/۴۶\%$ و $R^2=۰/۸۲\%$ نشان می‌دهد که در این مرحله با توجه به سه رگبار که به صورت مستقل مورد ارزیابی قرار گرفته است پارامترهای بهینه شده به خوبی برآورد شده‌اند و مدل به نسبت خوبی روند جریان را شبیه‌سازی می‌کند. قابل ذکر است که در این مرحله هم مانند مرحله واسنجی مقدار کم بودن راندمان محاسبه شده در رخداد ۹۶/۰۱/۰۴ تنها به علت وجود یک تأخیر زمانی صورت گرفته در جریان شبیه‌سازی می‌باشد گواه این امر تطابق خوب هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی شکل (۴-۱۲) و مقدار پایین درصد اختلاف محاسبه شده در دبی پیک و حجم جریان شبیه‌سازی شده و مشاهداتی جدول (۴-۹) است. با توجه به این جدول در این رخداد درصد اختلاف دبی پیک و حجم جریان به ترتیب برابر ۶/۹ و ۴/۳ درصد است.

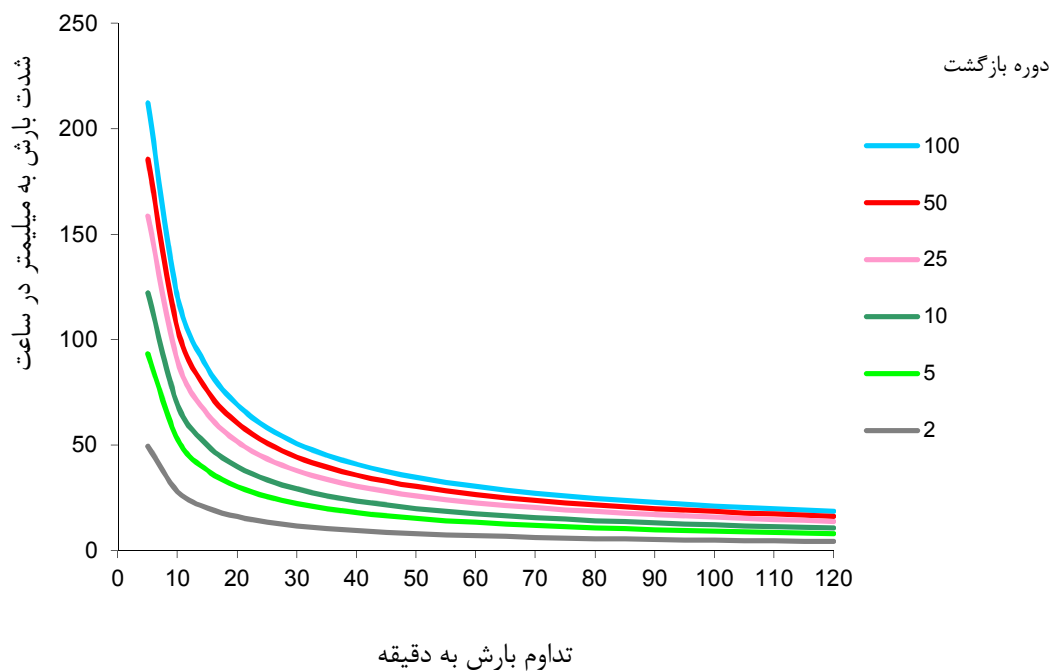
۴-۱۰-۱ بارش طرح

همانطور که در فصل قبل تشریح گردید مدت بارش طرح برابر با زمان تمرکز حوضه در نظر گرفته شده است. بدین منظور و برای تعیین بهترین زمان تمرکز برای شهر نیشابور، اقدام به محاسبه زمان تمرکز از ۳ روش گردید نتایج آن در جدول (۴-۱۰) ارائه شده است.

جدول (۴-۱۱) زمان تمرکز بدست آمده در روش‌های مختلف برای شهر نیشابور

نام روش	کالیفرنیا	کرپیچ	برانسی ویلیامز	متوسط
زمان تمرکز (min)	۵۱/۶	۴۸/۶	۵۷/۴	۵۲/۴

همانطور که در جدول (۴-۱۱) مشاهده می‌شود هر سه روش محاسباتی زمان تمرکز را تقریباً مشابه برآورد می‌کنند. بنابراین جهت برآورد بارش طرح زمان تمرکز ۵۰ دقیقه مبنای کار قرار گرفت. در این مطالعه، استخراج هایتوگراف بارش طرح از منحنی‌های IDF صورت پذیرفت. بدین ترتیب که بعد از انتخاب دوره بازگشت طرح، شدت از روی منحنی شدت-مدت-فراوانی (شکل ۴-۱۳) برای فواصل زمانی متفاوت استخراج گردید. نتایج در جدول (۴-۱۲) نمایش داده شده است.



شکل (۴-۱۳) نمودار شدت - مدت در دوره برگشتهای ۲ تا ۱۰۰ ساله به روش وزیری در ایستگاه هواشناسی نیشابور

جدول (۴-۱۲) مقادیر شدت (mm/h) بارندگی‌های کوتاه مدت برای تداوم و دوره بازگشت‌های مختلف منطقه مورد مطالعه

						(year) T
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	تداوم (دقیقه)
۲۱۲/۳	۱۸۵/۶	۱۵۸/۷	۱۲۲/۳	۹۳/۳۱	۴۹/۵۹	۵
۱۱۹/۸	۱۰۴/۸	۹۸/۵۸	۶۹/۴۹	۵۲/۶۷	۲۷/۹۹	۱۰
۸۴/۷۰	۷۵/۸۰	۶۴/۸۱	۴۹/۹۳	۳۸/۱۰	۲۰/۲۵	۱۵
۶۹/۲۵	۶۰/۵۵	۵۱/۷۶	۳۹/۸۸	۳۰/۴۳	۱۶/۱۷	۲۰
۵۸/۳۴	۵۱/۰۱	۴۳/۶۱	۳۳/۸۸	۲۵/۶۴	۱۳/۶۲	۲۵
۵۰/۸۱	۴۴/۴۲	۳۷/۹۸	۲۹/۲۶	۲۲/۳۳	۱۱/۸۶	۳۰
۴۵/۴۰	۳۹/۵۷	۳۳/۸۳	۲۶/۰۷	۱۹/۸۹	۱۰/۵۷	۳۵
۴۰/۹۹	۳۵/۸۳	۳۰/۶۴	۲۳/۶۱	۱۸/۰۱	۹/۵۷	۴۰
۳۷/۵۸	۳۲/۸۶	۲۶/۰۹	۲۱/۶۴	۱۶/۵۱	۸/۷	۴۵
۳۴/۷۹	۳۰/۴۲	۲۶/۰۱	۲۰/۰۴	۱۵/۲۹	۸/۱۲	۵۰

با توجه به جدول (۴-۱۲) مقادیر بارش تجمعی در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه و در جدول (۴-۱۳) آمده است.

جدول (۴-۱۳) مقادیر بارش تجمعی رگبار به میلی‌متر در دوره بازگشت‌های مختلف

						(year) T
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	تداوم (دقیقه)
۱۷/۶۹	۱۳/۲۲	۱۰/۱۹	۱۰/۱۹	۷/۷۷	۴/۱۳	۵
۱۹/۹۷	۱۴/۹۳	۱۱/۵۰	۱۱/۵۰	۸/۷۷	۴/۶۶	۱۰
۲۱/۶۷	۱۶/۲۰	۱۲/۴۸	۱۲/۴۸	۹/۵۲	۵/۰	۱۵
۲۳/۰۸	۱۷/۲۵	۱۳/۲۹	۱۳/۲۹	۱۰/۱۴	۵/۳۹	۲۰
۲۴/۳۱	۱۸/۱۷	۱۴/۰۰	۱۴/۰۰	۱۰/۶۸	۵/۷	۲۵
۲۵/۴۰	۱۸/۹۹	۱۴/۶۳	۱۴/۶۳	۱۱/۱۶	۵/۹۳	۳۰
۲۶/۴۰	۱۹/۷۳	۱۵/۲۰	۱۵/۲۰	۱۱/۶۰	۶/۱۶	۳۵
۲۷/۳۲	۲۰/۴۲	۱۵/۷۴	۱۵/۷۴	۱۲/۰۰	۶/۳۸	۴۰
۲۸/۱۹	۲۱/۰۷	۲۱/۲۳	۲۱/۲۳	۱۲/۳۸	۶/۵۸	۴۵
۲۸/۹۹	۲۱/۶۷	۲۱/۶۷	۲۱/۶۷	۱۲/۷۴	۶/۷۷	۵۰

آنگاه ارتفاع جزئی بارندگی در فواصل زمانی ۵ دقیقه برآورد شد. نتایج در جدول (۴-۱۴) ارائه شده

است.

جدول (۴-۱۴) مقادیر بارش جزئی رگبار به میلی‌متر در دوره بازگشت‌های مختلف

						(year) T
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	تداوم (دقیقه)
۱۷/۶۹	۱۵/۴۷	۱۳/۲۲	۱۰/۱۹	۷/۷۷	۴/۱۳	۵
۲/۲۷	۱/۹۹	۱/۷۰	۱/۳۱	۱/۰۰	۰/۵۳	۱۰
۱/۷۰	۱/۴۸	۱/۲۷	۰/۹۷	۰/۷۴	۰/۳۹	۱۵
۱/۴۰	۱/۲۳	۱/۰۵	۰/۸۱	۰/۶۱	۰/۳۲	۲۰
۱/۲۲	۱/۰۷	۰/۹۱	۰/۷۰	۰/۵۳	۰/۲۳	۲۵
۱/۰۹	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۶۳	۰/۴۸	۰/۲۵	۳۰
۰/۹۹	۰/۸۷	۰/۷۴	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۲۳	۳۵
۰/۹۲	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۲۱	۴۰
۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۲۰	۴۵
۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۴۶	۰/۳۵	۰/۱۸	۵۰

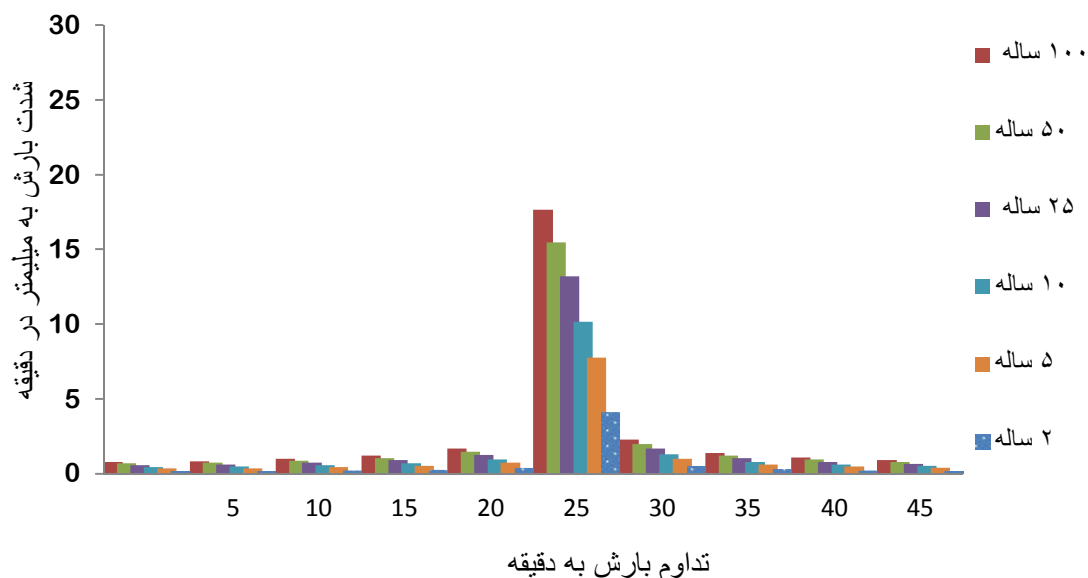
سپس مقادیر بارش جزئی به دست آمده را به صورت نزولی مرتب نموده و در نهایت با توجه به الگوی زمانی بارش منطقه که در چارک سوم از زمان اتفاق می‌افتد و زمان تمرکز حوضه (۵۰ دقیقه)، مقادیر بارش جزئی را به روش بلوک‌های متناوب مرتب نموده، بدین‌صورت که ابتدا حداکثر ارتفاع بارندگی ۵ دقیقه‌ای در فاصله یک‌سوم از انتهای بارندگی (یا دو سوم از زمان شروع بارش) یعنی بین زمان ۲۵-۳۵ دقیقه نوشته شده و سپس عدد بزرگ بعدی در سمت راست بلوک یعنی در فاصله زمانی ۳۰-۴۰ دقیقه‌ای نوشته می‌شود. سومین عدد بزرگ در سمت چپ بلوک حداکثر در فاصله زمانی ۳۰-۲۰ دقیقه قرار دارد و به همین ترتیب بقیه بلوک‌ها تشکیل می‌گردد. نتایج بدست آمده مقادیر هایتوگراف رگبار ۵۰ دقیقه در جدول (۴-۱۵) آمده است (رستمی خلیج، ۱۳۹۰؛ رشیدی‌پور، ۱۳۹۰؛ کیفر و چو^۱، ۱۹۷۵).

^۱. Keiferandchu

جدول (۴-۱۵) مقادیر هایتوگراف رگبار ۵۰ دقیقه

(year) T						تداوم (دقیقه)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۴۶	۰/۳۵	۰/۱۸	۵
۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۲۰	۱۰
۰/۹۹	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۲۳	۱۵
۱/۲۲	۱/۰۷	۰/۹۱	۰/۷۰	۰/۵۳	۰/۲۸	۲۰
۱/۷	۱۰/۴۸	۱/۲۷	۰/۹۷	۰/۷۴	۰/۳۹	۲۵
۱۷/۶۹	۱۵/۴۷	۱۳/۲۲	۱۰/۱۹	۷/۷۷	۴/۱۳	۳۰
۲/۲	۱/۹۹	۱/۷۰	۱/۳۱	۱	۰/۵۳	۳۵
۱/۴	۱/۲	۱/۰۵	۰/۸۱	۰/۶۱	۰/۳۲	۴۰
۱/۰۹	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۶۳	۰/۴۸	۰/۲۵	۴۵
۰/۹۲	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۲۱	۵۰

در نهایت هایتوگراف بارش طرح منطقه مورد مطالعه به ازای رگبارهای برابر با زمان تمرکز حوضه (۵۰ دقیقه) و در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله استخراج شد (شکل ۴-۱۴) سپس از این هایتوگراف جهت اجرای مدل با دوره بازگشت‌های مختلف استفاده شد.



شکل (۴-۱۴) هایتوگراف رگبار طراحی با تداوم ۵۰ دقیقه و دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله

۴-۱۱- بررسی رواناب منطقه نیشابور در حالت فعلی و بدون اعمال روش‌های

توسعه کم اثر (LID)

با توجه به اینکه زهکش‌های شهری اغلب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله بسته به اهمیت سازه طراحی می‌شوند (رشیدپور، ۱۳۹۰؛ چاو^۱ و همکاران، ۱۹۸۸). لذا در این تحقیق از بارش طرح با مدت، زمان تمرکز حوضه و دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله و همچنین ۹ رخداد‌های بارش اندازه‌گیری شده استفاده شد. ابتدا منطقه مورد مطالعه در وضعیت فعلی مورد بررسی قرار گرفت. سیستم زهکشی در این حالت مطابق سیستم موجود در منطقه بود. پس از اجرای مدل دبی خروجی و حجم رواناب در کانال منتهی به خروجی حوضه برای دوره بازگشت‌های مختلف مطابق جدول (۴-۱۵) برآورد گردید. لازم به ذکر است که نتایج مربوط به روخداد‌های اندازه‌گیری شده در جدول (۴-۷ و ۴-۹) آورده شده است و از تکرار مجدد آن خوداری شده است.

جدول (۴-۱۵) دبی و حجم رواناب خروجی در حالت اولیه و بدون داشتن LID

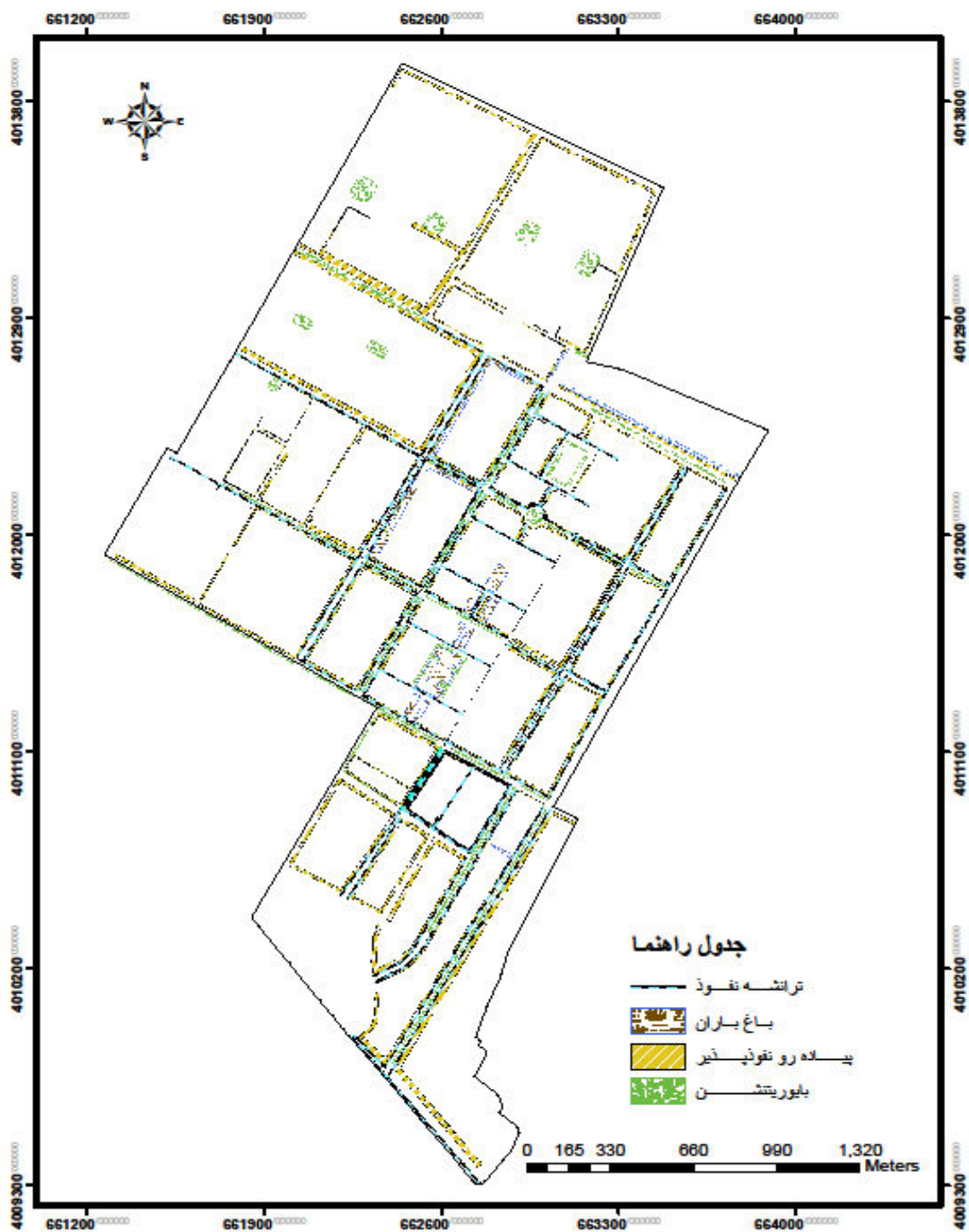
رویداد	اندازه بارش (mm)	دبی ماکزیمم (m ³ /s)	حجم رواناب (m ³ /s)
۲ ساله	۶/۷۷	۰/۹۱	۱/۵۷
۵ ساله	۱۲/۷۴	۳/۵۵	۳/۰۸
۱۰ ساله	۱۶/۷۰	۵/۵۶	۴/۱۱

۴-۱۲- اعمال BMPها در منطقه

همانگونه که در فصل قبل ذکر گردید در این تحقیق ۶ تا از بهترین اقدامات مدیریتی در قالب طرح توسعه کم اثر (LID-BMP) مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که بشکه باران به عنوان یک اقدام مدیریتی تنها برای ۴۰ درصد از ساختمان‌های منطقه مورد مطالعه اعمال شد، مقدار درصد بیان شده خود می‌تواند به عنوان متغیری در بررسی میزان کاهش رواناب با عنوان سناریوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد، به هر حال جاگذاری تعداد ۴۰ درصدی این BMP در هریک از زیر حوضه‌ها با

¹. Chow

توجه به شمارش ساختمان‌ها صورت گرفت. جانمایی بقیه BMPها با توجه به کاربری منطقه و بازدیدهای میدانی صورت پذیرفت. به عبارت دیگر در اعمال بقیه BMPها امکان استفاده از آنها دقیقاً مورد بررسی قرار گرفت و محل دقیق هر BMP مشخص گردید شکل (۴-۱۵). در نهایت برای اعمال BMPهای انتخابی ۷ سناریو به شرح زیر در نظر گرفته شد.



شکل (۴-۱۵) موقعیت BMPها در منطقه یک نیشابور

۴-۱۳-۱- سناریوی اول تا ششم

سناریو اول تا ششم عبارتند از اعمال جداگانه هر کدام از BMPها (بایوریتشن، ماند بولوژیکی، ترانسه نفوذ، سنگفرش نفوذپذیر، بشکه باران و باغ باران). در این سناریوها میزان کاهش حجم رواناب و دبی پیک ناشی از آن در صورت اعمال هر یک از BMPها به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت.

۴-۱۳-۲ سناریوی هفتم

در این سناریو هر شش راهکار مدیریتی با یکدیگر تلفیق شد و مدل مجدداً برای هر رویداد اجرا شد. و میزان کاهش دبی و حجم رواناب در اثر اعمال این سناریو تعیین گردید.

۴-۱۴- نتایج شبیه سازی برای هر سناریو

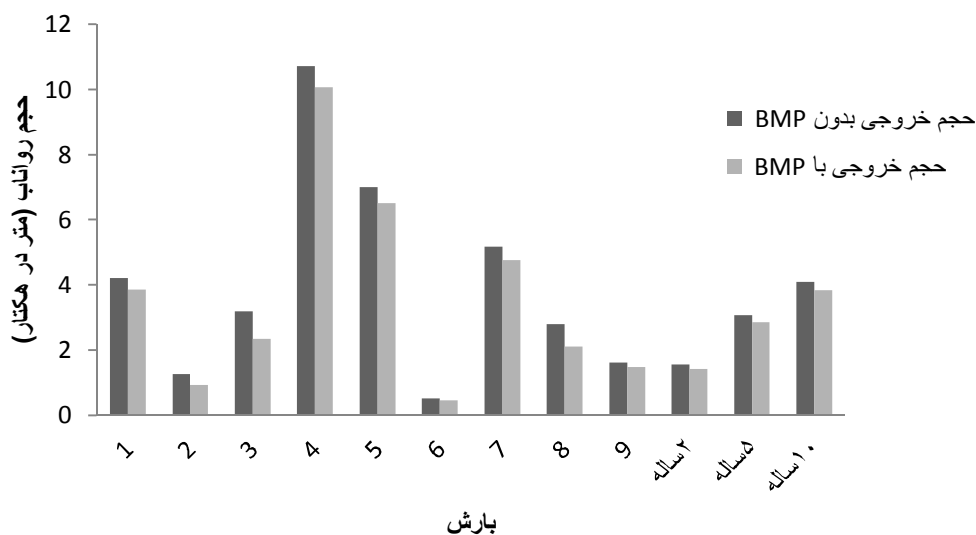
این قسمت مهم‌ترین بخش این تحقیق را تشکیل می‌دهد و در واقع کارهایی که تاکنون صورت گرفته‌اند، مقدمه و پیش‌نیاز این بخش می‌باشند.

۴-۱۴-۱- سناریوی اول: تاثیر بایوریتشن بر روی حجم رواناب

بایوریتشن به عنوان یک BMP با توجه به بازدید میدانی صورت گرفته و مشخصات منطقه مورد مطالعه، محل جانمایی، مساحت و تعداد آن در هر زیرحوضه مشخص و به مدل معرفی شد. در بررسی صورت گرفته بعد از اتمام شبیه سازی در هر رخداد میزان حجم رواناب قبل و بعد از اعمال BMP، درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادهای بدست آمد (جدول ۴-۱۶) و (شکل ۴-۱۶) نتایج حاصل را نشان می‌دهد

جدول (۴-۱۶) تاثیر بایوریتشن بر روی حجم رواناب

متوسط کاهش حجم رواناب	درصد کاهش حجم رواناب	حجم خروجی با BMP (هکتار متر)	حجم خروجی بدون BMP (هکتار متر)	نام بارش
	۸/۶۳	۳/۸۶	۴/۲۲	۱
	۲۶/۳۵	۰/۹۳	۱/۲۷	۲
	۲۶/۲۷	۲/۳۵	۳/۱۸	۳
	۶/۰۹	۱۰/۰۸	۱۰/۷۳	۴
	۷	۶/۵۲	۷/۰۰۴	۵
	۱۰/۳۶	۰/۴۶	۰/۵۲	۶
۱۲/۳۰	۷/۶۶	۴/۷۸	۵/۱۷	۷
	۲۴/۳۵	۲/۱۲	۲/۸۰	۸
	۸/۸۶	۱/۴۸	۱/۶۲	۹
	۸/۷۸	۱/۴۳	۱/۵۷	۲ ساله
	۷/۲۳	۲/۸۶	۳/۰۸	۵ ساله
	۶/۴۲	۳/۸۴	۴/۱۱	۱۰ ساله



شکل (۴-۱۶) تاثیر بایوریتشن بر روی حجم رواناب در هر رخداد

مقایسه نتایج حاصل از قرار گرفتن بایوریتشن به عنوان یک BMP نشان داده کاهش میزان

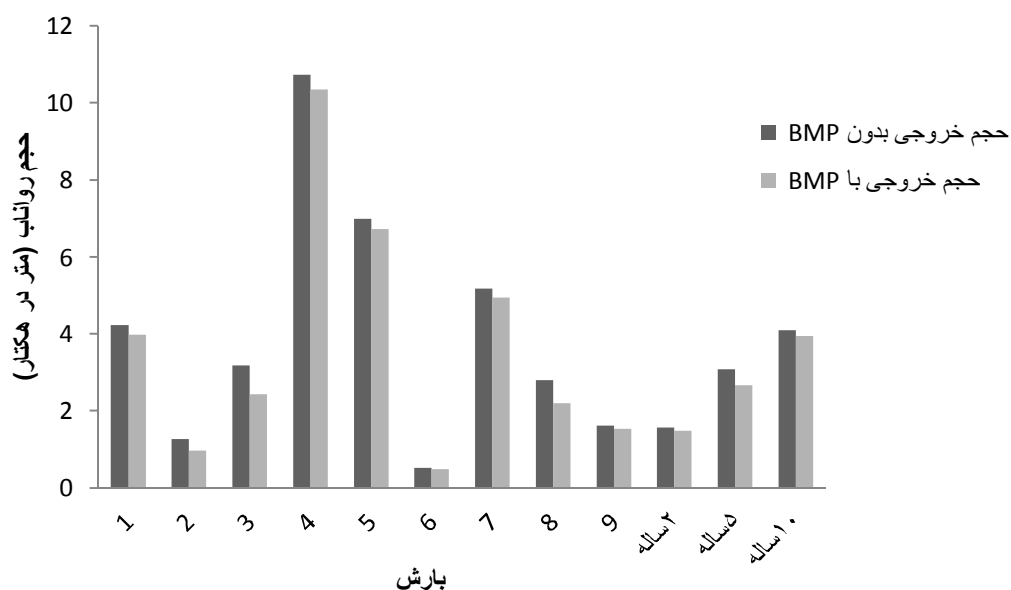
حجم رواناب با متوسط ۱۲/۳۰ درصدی است.

۴-۱۴-۲- سناریو دوم: تاثیر ماند بیولوژیکی بر روی حجم رواناب

همانگونه که بیان شد ماندبیولوژیکی به عنوان یک BMP به مدل معرفی شد. بعد از اتمام شبیه سازی در هر رخداد میزان حجم رواناب قبل و بعد از اعمال BMP، درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادهای بدست آمد (جدول ۴-۱۷) و (شکل ۴-۱۷) نتایج حاصل را نشان می دهد

جدول (۴-۱۷) تاثیر ماندبیولوژیکی بر روی حجم رواناب

نام بارش	حجم خروجی بدون BMP (متر در هکتار)	حجم خروجی با BMP (متر در هکتار)	درصد کاهش حجم رواناب	متوسط کاهش حجم رواناب
۱	۴/۲۲	۳/۹۹	۵/۵۵	۱۰
۲	۱/۲۷	۰/۹۷	۲۳/۲۶	
۳	۳/۱۸	۲/۴۳	۲۳/۵۸	
۴	۱۰/۷۳	۱۰/۳۶	۳/۴۹	
۵	۷/۰۰۴	۶/۷۳	۳/۸۸	
۶	۰/۵۲	۰/۴۸	۶/۱۴	
۷	۵/۱۷	۴/۹۵	۴/۳۴	
۸	۲/۸۰	۲/۱۹	۲۱/۷۱	
۹	۱/۶۲	۱/۵۳	۵/۶۰	
۲ ساله	۱/۵۷	۱/۴۹	۴/۷۱	
۵ ساله	۳/۰۸	۲/۶۷	۱۳/۲۹	
۱۰ ساله	۴/۱۱	۳/۹۵	۳/۶۹	



شکل (۴-۱۷) تاثیر ماندبیولوژیکی بر روی حجم رواناب در هر رخداد

نتایج حاصل از قرار گرفتن ماند بیولوژیکی به عنوان یک BMP نشان دهنده کاهش حجم رواناب با

متوسط ۱۰ درصد توسط این اقدام مدیریتی است

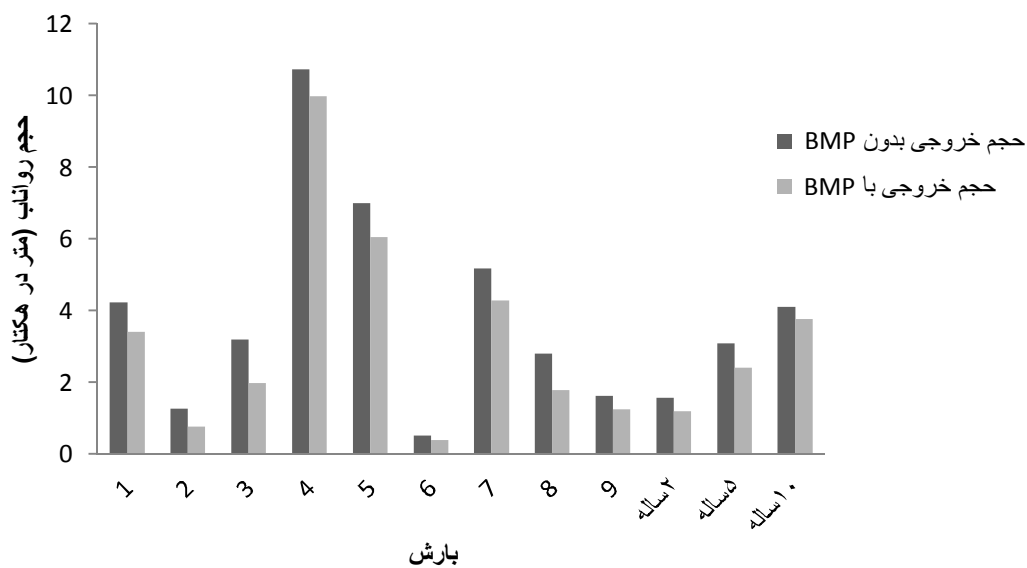
۴-۱۴-۳- سناریو سوم: تاثیر ترانشه نفوذ بر روی حجم رواناب

ترانشه نفوذ به عنوان یک BMP با توجه به بازدید میدانی مساحت و تعداد آن در هر زیرحوضه مشخص و به مدل معرفی شد. درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادهای بدست آمد (جدول ۴-۱۸) و (شکل ۴-۱۸) نتایج حاصل را نشان

می دهد.

جدول (۴-۱۸) تاثیر ترانشه نفوذ بر روی حجم رواناب

متوسط کاهش حجم رواناب	درصد کاهش حجم رواناب	حجم خروجی با BMP (متر در هکتار)	حجم خروجی بدون BMP (متر در هکتار)	نام بارش
۲۲/۸	۱۹/۴۱	۳/۴۰	۴/۲۲	۱
	۳۸/۹۴	۰/۷۷	۱/۲۷	۲
	۳۷/۶۹	۱/۹۸	۳/۱۸	۳
	۷/۰	۹/۹۷	۱۰/۷۳	۴
	۱۳/۵۹	۶/۰۵	۷/۰۰۴	۵
	۲۵/۹۱	۰/۳۸	۰/۵۲	۶
	۱۷/۲۶	۴/۲۸	۵/۱۷	۷
	۳۶/۰۹	۱/۷۹	۲/۸۰	۸
	۲۳/۳۳	۱/۲۴	۱/۶۲	۹
	۲۴/۱۲	۱/۱۹	۱/۵۷	۲ ساله
	۲۱/۶۶	۲/۴۱	۳/۰۸	۵ ساله
	۱۹/۲۹	۳/۷۶	۴/۱۱	۱۰ ساله



شکل (۴-۱۸) تاثیر ترانشه نفوذ بر روی حجم رواناب در هر رخداد

قرار گرفتن ترانشه نفوذ به عنوان یک BMP نشان دهنده کاهش حجم رواناب با متوسط ۲۲/۸

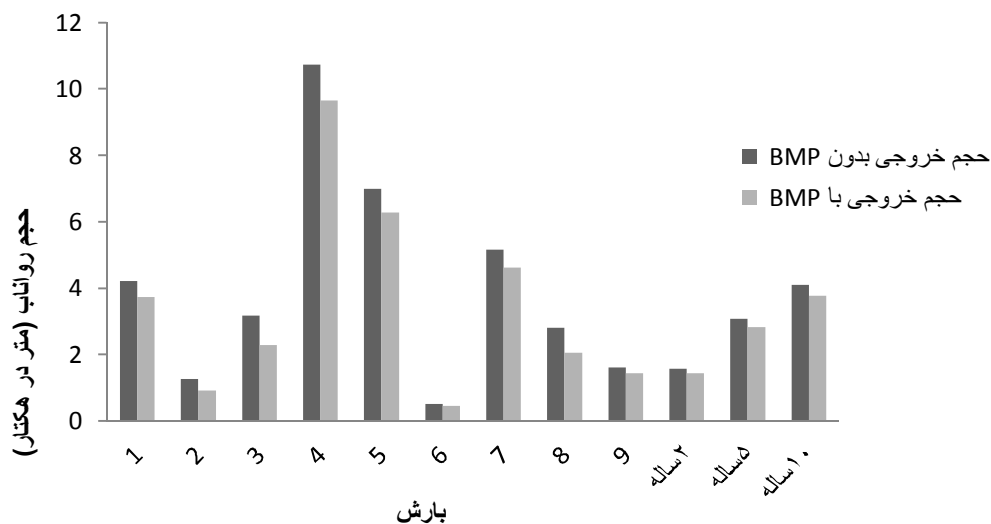
درصدی است.

۴-۱۴-۴- سناریو چهارم: تاثیر سنگفرش نفوذپذیر بر روی حجم رواناب

سنگفرش نفوذپذیر به عنوان یک BMP به مدل معرفی شد. سپس درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادها بدست آمد (جدول ۴-۱۹) و (شکل ۴-۱۹) نتایج حاصل را نشان شده است.

جدول (۴-۱۹) تاثیر سنگفرش نفوذپذیر بر روی حجم رواناب

نام بارش	حجم خروجی بدون BMP (متر در هکتار)	حجم خروجی با BMP (متر در هکتار)	درصد کاهش حجم رواناب	متوسط کاهش حجم رواناب
۱	۴/۲۲	۳/۷۴	۱۱/۴۷	
۲	۱/۲۷	۰/۹۱	۲۸/۸۵	
۳	۳/۱۸	۲/۲۹	۲۸/۱۹	
۴	۱۰/۷۳	۹/۶۵	۱۰/۰۸	
۵	۷/۰۰۴	۶/۲۸	۱۰/۲۶	
۶	۰/۵۲	۰/۴۶	۱۱/۷	۱۴/۴۰
۷	۵/۱۷	۴/۶۳	۱۰/۴۵	
۸	۲/۸۰	۲/۰۶	۲۶/۳۷	
۹	۱/۶۲	۱/۴۴	۱۱/۲۶	
۲ ساله	۱/۵۷	۱/۴۳	۸/۴۶	
۵ ساله	۳/۰۸	۲/۸۲	۸/۴۰	
۱۰ ساله	۴/۱۱	۳/۷۶	۸/۲۹	



شکل (۴-۱۹) تاثیر سنگفرش نفوذ پذیر بر روی حجم رواناب در هر رخداد

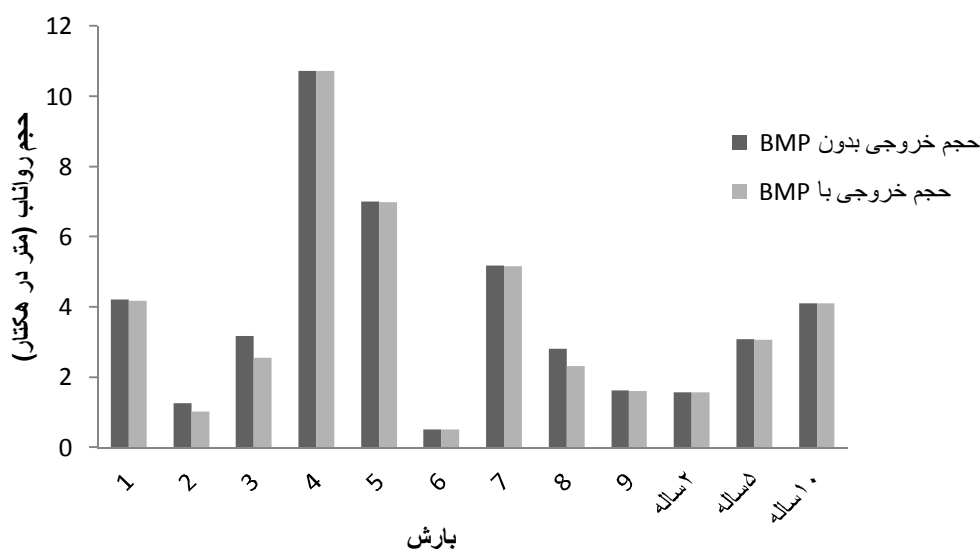
قرار گرفتن سنگفرش نفوذپذیر به عنوان یک BMP، کاهش حجم رواناب در محدوده منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که قادر است حجم رواناب را به صورت میانگین ۱۴/۴۰ درصد کاهش دهد.

۴-۱۴-۵- سناریو پنجم: تاثیر بشکه باران بر روی حجم رواناب

اطلاعات مربوط به بشکه باران به عنوان یک BMP با توجه به بازدید به مدل معرفی شد. در بررسی صورت گرفته درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادهای بدست آمد (جدول ۴-۲۰) و (شکل ۴-۲۰) نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲۰) تاثیر بشکه باران بر روی حجم رواناب

نام بارش	حجم خروجی بدون BMP (متر در هکتار)	حجم خروجی با BMP (متر در هکتار)	درصد کاهش حجم رواناب	متوسط کاهش حجم رواناب
۱	۴/۲۲	۴/۱۸	۱/۰۸	
۲	۱/۲۷	۱/۰۳	۱۸/۸۸	
۳	۳/۱۸	۲/۵۶	۱۹/۵۳	
۴	۱۰/۷۳	۱۰/۷۲	۰/۱۱	
۵	۷/۰۰۴	۶/۹۹	۰/۱۲	
۶	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۷	۴/۸۸
۷	۵/۱۷	۵/۱۶	۰/۱۵	
۸	۲/۸۰	۲/۳۱	۱۷/۴۴	
۹	۱/۶۲	۱/۶۱	۰/۳۶	
۲ ساله	۱/۵۷	۱/۵۶	۰/۱۲	
۵ ساله	۳/۰۸	۳/۰۸	۰/۰۹	
۱۰ ساله	۴/۱۱	۴/۱۰	۰/۰۹	



شکل (۴-۲۰) تاثیر بشکه‌باران بر روی حجم رواناب در هر رخداد

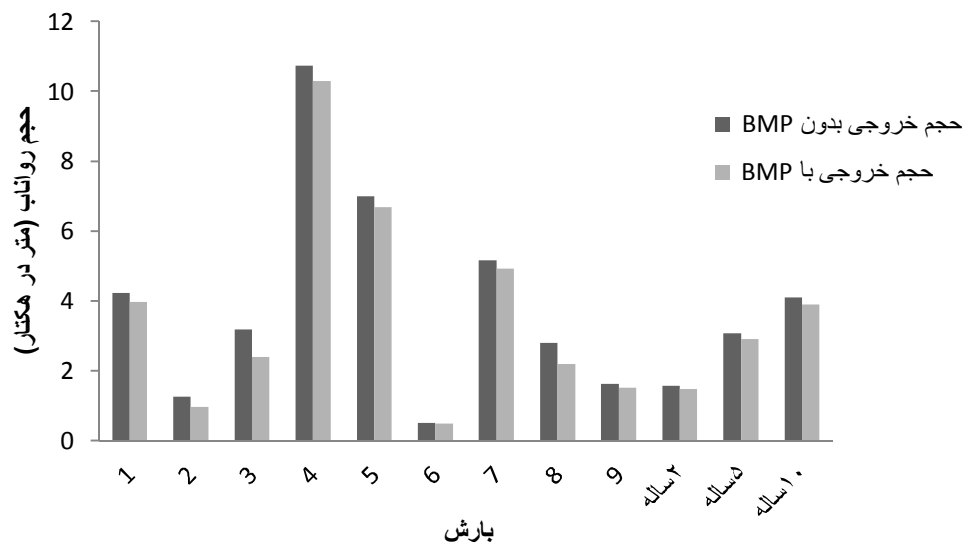
با قرار گرفتن بشکه‌باران به عنوان یک BMP، کاهش حجم نشان می‌دهد که این اقدام مدیریتی به طور متوسط ۴/۸۸ درصد از حجم کل رواناب را کاهش خواهد داد. با توجه به کاهش اندک حجم رواناب در این سناریو امکان عدم توجه به مخازن خانگی جهت جمع‌آوری آب باران وجود دارد اما لازم به ذکر است که در این مطالعه بشکه بارانبا حجم ۲ متر مکعبی و تنها برای ۴۰ درصد از ساختمان‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است، چنانچه مشخصات این سناریو به هر نسیتی افزایش پیدا کند به همان نسبت میزان کارایی سناریو در کاهش حجم رواناب افزایش پیدا میکند.

۴-۱۴-۶- سناریو ششم: تأثیر باغ‌باران بر روی حجم رواناب

باغ‌باران به عنوان یک BMP به مدل معرفی شد در بررسی صورت گرفته بعد از اتمام شبیه سازی در هر رخداد میزان حجم رواناب قبل و بعد از اعمال BMP، درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادهای بدست آمد (جدول ۴-۲۱) و (شکل ۴-۲۱) نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲۱) تاثیر باغ باران بر روی حجم رواناب

متوسط کاهش حجم رواناب	درصد کاهش حجم رواناب	حجم خروجی با BMP (متر در هکتار)	حجم خروجی بدون BMP (متر در هکتار)	نام بارش
۹/۷	۵/۷	۳/۹۸	۴/۲۲	۱
	۲۲	۰/۹۷	۱/۲۷	۲
	۲۴	۲/۳۹	۳/۱۸	۳
	۴	۱۰/۳۰	۱۰/۷۳	۴
	۴	۶/۶۹	۷/۰۰۴	۵
	۵/۷	۰/۴۹	۰/۵۲	۶
	۴/۷	۴/۹۳	۵/۱۷	۷
	۲۱/۶	۲/۲۰	۲/۸۰	۸
	۶/۶۵	۱/۵۱	۱/۶۲	۹
	۵/۴۱	۱/۴۸	۱/۵۷	۲ ساله
	۵/۲۵	۲/۹۲	۳/۰۸	۵ ساله
	۵	۳/۹۰	۴/۱۱	۱۰ ساله



شکل (۴-۲۱) تاثیر باغ باران بر روی حجم رواناب در هر رخداد

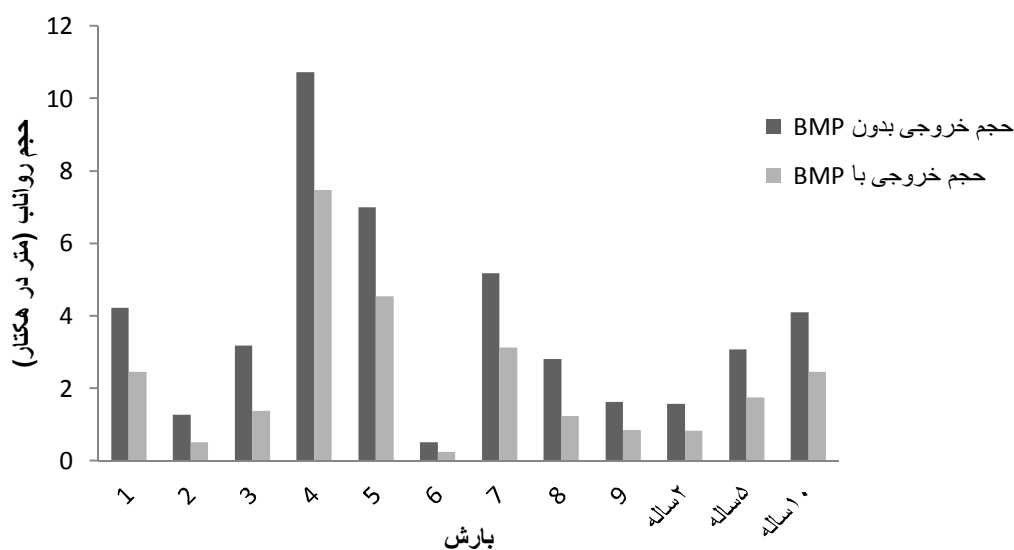
اجرای باغ‌باران به عنوان یک BMP، کاهش حجم رواناب در محدوده منطقه مطالعاتی رانشان می‌دهد که به صورت میانگین ۹/۷ درصد از حجم رواناب را کاهش داده است.

۴-۱۴-۷- سناریو هفتم: تاثیر ادغام BMPها بر روی حجم رواناب

ادغام BMPها که به عنوان یک اقدام مدیریتی جهت بررسی کاهش حجم رواناب به مدل معرفی شد. در بررسی صورت درصد کاهش حجم رواناب بعد از اجرای مدل همراه با BMP و متوسط حجم کاهش یافته در همه رخدادهای بدست آمد (جدول ۴-۲۲) و (شکل ۴-۲۲) نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲۲) تاثیر مجموع BMPs بر روی حجم رواناب

نام بارش	حجم خروجی بدون BMP (متر در هکتار)	حجم خروجی با BMP (متر در هکتار)	درصد کاهش حجم رواناب	متوسط کاهش حجم رواناب
۱	۴/۲۲	۲/۴۵	۴۲	۴۵/۷۸
۲	۱/۲۷	۰/۵۱	۵۹	
۳	۳/۱۸	۱/۳۷	۳۰	
۴	۱۰/۷۳	۷/۴۸	۳۵	
۵	۷/۰۰۴	۴/۵۴	۵۲	
۶	۰/۵۲	۰/۲۵	۳۹	
۷	۵/۱۷	۳/۱۳	۵۵	
۸	۲/۸۰	۱/۲۴	۴۷	
۹	۱/۶۲	۰/۸۵	۴۷	
۲ ساله	۱/۵۷	۰/۸۲	۴۷	
۵ ساله	۳/۰۸	۱/۷۵	۴۳	
۱۰ ساله	۴/۱۱	۲/۴۵	۴۰	



شکل (۴-۲۲) تاثیر ادغام BMP بر روی حجم رواناب در هر رخداد

جانمایی همه اقدامات کنترلی به عنوان سناریو هفتم، کاهش حجم رواناب و در نتیجه افزایش میزان نفوذ در محدوده منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد به گونه ای که این حجم را تا ۴۵/۷۸ درصد کاهش داده است که حجم قابل توجهی از جریان است.

۴-۱۵- نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اجرایی مدل به صورت جداگانه برای هر سناریو در هر یک از رخدادهای بیان شده و بارش طرح با دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ ساله نتایج بدست آمده براساس میزان متوسط کاهش حجم رواناب و درصد کاهش حجم رواناب در جداول (۴-۲۳) و (۴-۲۴) به تفصیل بیان شده است.

جدول (۴-۲۳) کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف

متوسط کاهش حجم	بارش												سناریو
	۱۰ساله	۵ساله	۲ساله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		شدت بارش (mm/h)
۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۶۸	۰/۳۹	۰/۰۵	۰/۴۸	۰/۶۵	۰/۸۳	۰/۳۳	۰/۳۶	۱
۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۶۱	۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۷۵	۰/۲۹	۰/۲۳	۲
۰/۶۰	۰/۸۰	۰/۶۶	۰/۳۷	۰/۳۷	۱/۰۱	۰/۸۹	۰/۱۳	۰/۹۵	۰/۷۵	۱/۲۰	۰/۴۹	۰/۸۲	۳
۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۰۶	۰/۷۱	۱/۰۸	۰/۸۹	۰/۳۵	۰/۴۸	۴
۰/۱۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۴۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۰۴	۵
۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۶۰	۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۴۳	۰/۷۹	۰/۲۹	۰/۲۴	۶
۱/۵۳	۱/۶۵	۱/۳۳	۰/۷۴	۰/۷۷	۱/۵۶	۲/۰۴	۰/۲۷	۲/۴۵	۳/۲۵	۱/۸۱	۰/۷۵	۱/۷۷	۷

۷- ادغام BMPها

۵- بشکه باران

۳- ترانسه نفوذ

۱- بایوریتشن

۶- باغ باران

۴- سنگفرش نفوذ پذیر

۲- ماند بیولوژیکی

جدول (۴-۲۴) درصد کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف

متوسط کاهش حجم	۱۰ساله	۵ساله	۲ساله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	بارش	سناریو
شدت بارش (mm/h)	۲۰/۱۲	۱۵/۳۴	۸/۱۵	۱/۵	۲	۱.۲	۰/۸۵	۱/۹۳	۲/۲۲	۱/۷۴	۱/۶	۱/۴۹		
۱۲/۳۰	۶/۴۲	۷/۲۳	۸/۷۸	۸/۸۶	۲۴/۳۵	۷/۶۶	۱۰/۳۶	۷	۶/۰۹	۲۶/۲۷	۲۶/۳۵	۸/۶۳		۱
۱۰	۳/۶۹	۱۳/۲۹	۴/۷۱	۵/۶۰	۲۱/۷۱	۴/۳۴	۶/۱۴	۳/۸۸	۳/۴۹	۲۳/۵۸	۲۳/۲۶	۵/۵۵		۲
۲۲/۸	۱۹/۴۴	۲۱/۶۶	۱۴/۱۲	۲۳/۳۳	۳۶/۰۹	۱۷/۲۶	۲۵/۹۱	۱۳/۵۹	۷	۳۷/۶۹	۳۸/۹۴	۱۹/۴۱		۳
۱۴/۴۰	۸/۲۹	۸/۴۰	۸/۴۶	۱۱/۲۶	۲۶/۳۷	۱۰/۴۵	۱۱/۷	۱۰/۲۶	۱۰/۰۸	۲۸/۱۹	۲۸/۸۵	۱۱/۴۷		۴
۴/۸۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۳۶	۱۷/۴۴	۰/۱۵	۰/۵۷	۰/۱۲	۰/۱۱	۱۹/۵۳	۱۸/۸۸	۱/۰۸		۵
۹/۷	۵	۵/۲۵	۵/۴۱	۶/۶۵	۲۱/۶	۴/۷	۵/۷	۴	۴	۲۴	۲۲	۵/۷		۶
۴۵/۷۸	۴۰	۴۳	۴۷	۴۷	۴۷	۵۵	۳۹	۵۲	۳۵	۳۰	۵۹	۴۲		۷

۷- ادغام BMPها

۵- بشکه باران

۳- ترانسه نفوذ

۱- بایوریتشن

۶- باغ باران

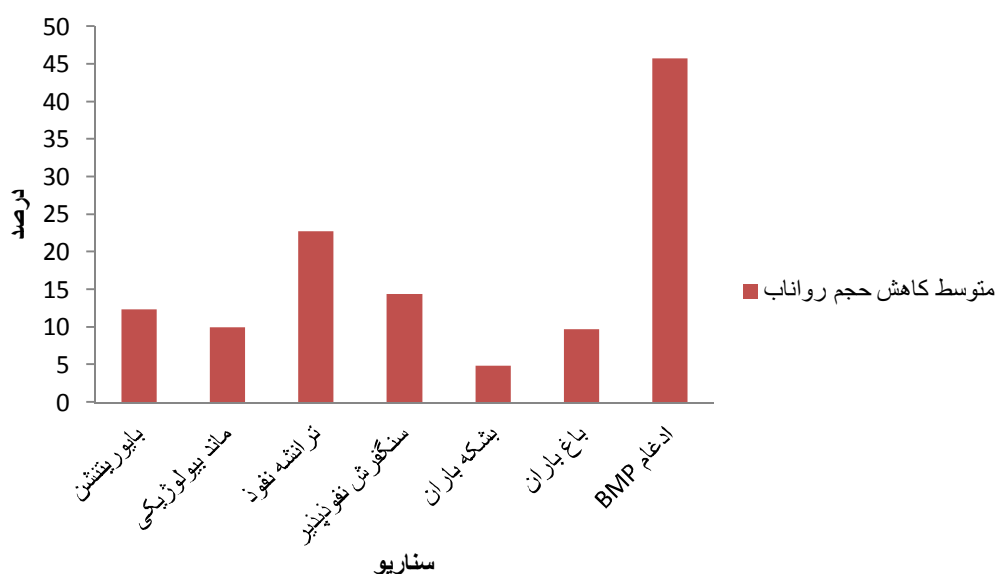
۴- سنگفرش نفوذ پذیر

۲- ماند بیولوژیکی

با توجه به متوسط کاهش حجم رواناب در جدول (۴-۲۳) مشخص می‌گردد که از بین ۷ سناریو، سناریو تلفیقی (سناریو ۷) بیشترین کارایی را در کاهش رواناب دارا می‌باشد (15300m^3) که این مقدار با توجه به جدول (۴-۲۴) معادل $45/78$ درصد کل رواناب می‌باشد.

اقدامات کنترلی مختلف، تاثیر متفاوتی در کاهش حجم رواناب سطحی دارد شکل (۴-۲۳)، این تفاوت می‌تواند ناشی از چند مسئله باشد؛ اول این که اقدامات پیشنهادی نرخ نفوذ متفاوتی دارند به طوری که حداقل نرخ نفوذ برای بایوریتشن و ترانسه نفوذ حدود ۱۳ میلی‌متر در ساعت، برای سنگفرش نفوذپذیر ۱۰ میلی‌متر در ساعت می‌باشد (لگزیان، ۱۳۹۳). بنابراین تفاوت در میزان نرخ نفوذپذیری در مدت بارش‌های بررسی شده می‌تواند یکی از دلایل تفاوت کاهش حجم رواناب در تکنیک‌های پیشنهادی باشد. از دلایل مهم دیگر و بسیار تاثیر گذار در این امر تفاوت در سطح و اندازه پیشنهادی هر اقدام کنترلی برای شهر نیشابور به دلیل وجود کاربری‌های مختلف و مکان متفاوت برای هر تکنیک بوده است که البته نظر شخصی هم در این موضوع دخالت دارد. به هر حال نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از بین سناریوها، سناریوی ۳، ۴ و ۱ بیشترین کارایی را در کاهش رواناب داشته‌اند شکل‌های (۴-۱۸)، (۴-۱۹) و (۴-۱۶)، که با توجه به تعداد بالاتر ترانسه نفوذ، سنگفرش متخلخل و بایوریتشن در جانمایی منطقه مطالعاتی است که بیانگر منطقی بودن نتایج است. از آنجایی که تعداد بایوریتشن‌های مورد استفاده کمتر از دو مورد اخیر بوده است میزان کاهش حجم رواناب ناشی از اعمال این BMP نسبت به دو سناریو قبلی کمتر می‌باشد. همچنین از بین همه سناریوها، سناریوی بشکه باران کمترین کارایی را در کاهش رواناب داشته است شکل (۴-۲۰). از دلایل این امر را می‌توان به تفاوت در ظرفیت نگهداشت رواناب سطحی در هر کدام از اقدامات اشاره نمود بطوری که ترانسه نفوذ، سنگفرش نفوذپذیر و بایوریتشن به میزان بیشتری توانایی نگهداشت رواناب سطحی در مدت بارش طرح نسبت به بشکه باران دارا می‌باشند. از دیگر دلایل کم بودن کاهش حجم رواناب در بشکه باران کم بودن حجم ذخیره بشکه باران نسبت به سایر BMPها، همچنین توجه به این مسئله که بشکه باران برای همه ساختمان‌های منطقه مطالعاتی اجرا نگردیده

است در صورتی که ترانسه نفوذ و سنگفرش متخلخل برای همه خیابان‌ها استفاده شده است می‌باشد. علت اینکه اقدامات باغ باران و ماند بیولوژیکی نیز کارایی کمتری نسبت به ترانسه نفوذ و بایوریتشن داشته اند کمتر بودن تعداد آنها در منطقه مطالعاتی می‌باشد چرا که در همه زیرحوضه‌ها فضای مناسب جهت احداث این BMPها وجود نداشته برای این منظور می‌توان به شکل (۴-۱۵) که جانمایی BMPها را نشان می‌دهد مراجعه نمود.



شکل (۴-۲۳) مقایسه کاهش حجم خروجی در هر سناریو

به منظور شناخت روابط بین شدت بارش و کارایی BMPها می‌توان گفت که برای بارش با دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ سال با افزایش دوره بازگشت حجم رواناب بیشتری در اثر اعمال BMPها کاهش می‌یابد (جدول ۴-۲۳) و (شکل ۴-۲۳)، لذا می‌توان گفت در بارش‌های یکنواخت هر چه شدت بارش بیشتر شود میزان کاهش حجم رواناب در اثر استفاده از BMPها بیشتر خواهد بود اما با توجه به جدول (۴-۲۴) مشخص می‌گردد که درصد کاهش حجم رواناب با افزایش شدت بارش کاهش می‌یابد زیرا هر BMP ظرفیت مشخصی دارد و با افزایش شدت بارش (افزایش دوره بازگشت) حجم رواناب تولیدی افزایش می‌یابد اما BMPها به همان نسبت رواناب تولیدی را کاهش نمی‌دهند.

با توجه به شکل (۴-۲۳) مشخص می‌گردد که کارایی سه اقدام بشکه باران، باغ باران و ماند بیولوژیکی نسبت به سایر اقدامات در منطقه مورد مطالعه پایین است که دلایل آن در بخش قبلی ذکر گردید. بنابراین به نظر می‌رسد در این گونه مسائل باید تلفیقی از اقدامات مختلف را مورد بررسی قرار داد که هم از لحاظ اجرایی و هم هزینه اجرا با توجه به میزان عملکرد مناسب باشد لذا با بررسی جداگانه و عدم قطعیت می‌توان اقدامات کم تأثیر را حذف کرد (لازم به ذکر است که شرایط محیطی و کاربری اراضی منطقه تلفیق اقدامات را ایجاب می‌کند) بنابراین جهت دستیابی به یک تلفیق مناسب از BMPها با توجه به شرایط بیان شده، چهار سناریو زیر تعریف گردید و برای بارش‌های طرح اعمال شدند. نتایج در جدول (۴-۱۸) و (۴-۱۹) بیان شده است.

الف- سناریو ۷ بدون بشکه باران

ب- سناریو ۷ بدون بشکه باران و باغ باران

ج- سناریو ۷ بدون بشکه باران و ماند بیولوژیکی

د- سناریو ۷ بدون بشکه باران، باغ باران و ماند بیولوژیکی

جدول (۴-۱۸) کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف

سناریو	بارش			متوسط کاهش حجم
	۲ساله	۵ساله	۱۰ساله	
الف	۰/۷۴	۱/۳۱	۱/۶۵	۱/۲۳
ب	۰/۶۸	۱/۱۹	۱/۴۸	۱/۱۱
ج	۰/۶۸	۱/۲۱	۱/۵۳	۱/۱۴
د	۰/۶۱	۱/۰۹	۱/۳۵	۱/۰۱
۷	۰/۷۴	۱/۳۳	۱/۶۵	۱/۲۵

الف- سناریو ۷ بدون بشکه باران

ج- سناریو ۷ بدون بشکه باران و ماند بیولوژیکی

ب- سناریو ۷ بدون بشکه باران و باغ باران

د- سناریو ۷ بدون بشکه باران، باغ باران و ماند بیولوژیکی

جدول (۴-۱۹) درصد کاهش حجم رواناب (متر در هکتار) در اثر اعمال سناریوهای مختلف

متوسط کاهش حجم	بارش			سناریو
	۱۰ساله	۵ساله	۲ساله	
	۲۰/۱۲	۱۵/۳۴	۸/۱۵	شدت بارش (mm/h)
۴۳	۴۰	۴۲	۴۷	الف
۳۹	۳۶	۳۸	۴۳	ب
۴۰	۳۷	۳۹	۴۳	ج
۳۵	۳۲	۳۵	۳۸	د
۴۳/۳	۴۰	۴۳	۴۷	۷

الف- سناریو ۷ بدون بشکه باران

ب- سناریو ۷ بدون بشکه باران و باغ باران

ج- سناریو ۷ بدون بشکه باران و ماند بیولوژیکی

د- سناریو ۷ بدون بشکه باران، باغ باران و ماند بیولوژیکی

نتایج برآورد شده از جداول (۴-۱۸) و (۴-۱۹) نشان می‌دهد که استفاده نکردن از بشکه باران تأثیر بسزایی در کاهش حجم رواناب نداشته به طوری که عدم استفاده از این BMP افزایش ۰/۳ درصدی رواناب را به همراه خواهد داشت که این مقدار بسیار ناچیز می‌باشد لذا می‌توان از مجموع راهکارهای مدیریتی منطقه حذف گردد. همچنین می‌توان گفت که باغ باران و ماند بیولوژیکی در سناریو تلفیقی به ترتیب ۶ و ۵ درصد را کاهش می‌دهند که استفاده یا عدم استفاده از این BMPها بستگی به نظر کارشناسان امر خواهد داشت که آیا کاهش ۵ درصدی رواناب برای استفاده از این BMPها توجیه پذیر است یا خیر؟ ناگفته نماند که مساحت تحت اشغال این دو BMP با توجه به شرایط منطقه کمتر از سایر BMPها است لذا به نظر می‌رسد که استفاده از این دو BMP می‌تواند توجیه پذیر باشد علاوه بر این با اجرایی نمودن این دو BMP میتوان به زیباسازی شهر نیز کمک شایانی نمود. اما برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر باید بررسی‌های دقیق‌تر صورت گیرد.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

این تحقیق به بررسی اقدامات کنترلی مدیریت رواناب سطحی در شهر نیشابور و اولویت‌بندی سناریوهای تدوین شده به منظور کمک به حل مشکل آب‌گرفتگی معابر شهری و کمبود منابع آب و ذخیره آب در سفره‌آبی و مخازن ذخیره‌انجام پذیرفت. در ادامه خلاصه‌ای از نتایج ارائه می‌گردد.

۵-۲- ارائه بهترین اقدامات مدیریتی

مدل ارائه شده توانایی برآورد حجم سیلاب ناشی از یک بارش مشخص را با توجه به مساحت حوضه، عرض حوضه، شیب حوضه، درصد سطوح نفوذناپذیر و نفوذپذیر، ضریب زبری مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر و ذخیره چالابی دارا می‌باشد. بنابراین با استفاده از این مدل به بررسی میزان کاهش حجم رواناب و افزایش حجم ذخیره ناشی از هر اقدام مدیریتی (BMP) پرداخته شد.

مقایسه ظاهری هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی امکان ارزیابی کلی دقت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی رفتار هیدرولوژیک آبخیز را فراهم می‌آورد. می‌توان گفت مدل مورد استفاده برآورد نسبتاً خوبی از مؤلفه‌های جریان داشته است. میانگین راندمان محاسبه شده برای ۶ رخداد در مرحله واسنجی نشان دهنده کارایی خوب مدل در پیش‌بینی هیدروگراف سیلاب است. طبق این آماره میانگین ۸۵ درصد بیانگر کارایی مناسب مدل است

جهت اعتبار سنجی مدل سه واقعه رگبار مستقل مورد استفاده قرار گرفت. برآورد آماره‌های اندازه‌گیری شده در در مرحله اعتبارسنجی که عبارتند از $EFF=80\%$ ، $NRMSE=29/36\%$ ، $CRM=0/16$ و $R^2=0/82\%$ نشان می‌دهد که در این مرحله پارامترهای بهینه شده به خوبی برآورد شده‌اند و مدل به نسبت خوبی روند جریان را شبیه‌سازی می‌کند.

با اعمال اقدامات مدیریتی از بین ۷ سناریو نتایج نشان می‌دهد که، سناریو تلفیقی (سناریو ۷) بیشترین کارایی را در کاهش رواناب دارا می‌باشد ($15300 m^3$) که این مقدار معادل $45/78$ درصد کل رواناب می‌باشد.

اقدامات کنترلی مختلف، تأثیر متفاوتی در کاهش حجم رواناب سطحی دارد که از آن جمله می-توان به تفاوت در میزان نرخ نفوذپذیری در مدت بارش‌های بررسی شده و همچنین تفاوت در سطح و اندازه پیشنهادی هر اقدام کنترلی برای شهر نیشابور اشاره کرد. به هر حال نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از بین سناریوها، سناریوی ۳، ۴ و ۱ به ترتیب ترانسه نفوذ، سنگفرش متخلخل و بایوریتشن بیشترین کارایی را در کاهش رواناب داشته‌اند. همچنین از بین همه سناریوها، سناریوی بشکه باران کمترین کارایی را در کاهش رواناب داشته است علت این امر می‌تواند کم بودن حجم ذخیره بشکه باران نسبت به سایر BMPها، همچنین توجه به این مسئله که بشکه باران برای همه ساختمان‌های منطقه مطالعاتی اجرا نگردیده باشد.

به منظور شناخت روابط بین شدت بارش و کارایی BMPها می‌توان گفت که برای بارش با دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ سال با افزایش دوره بازگشت، حجم رواناب بیشتری در اثر اعمال BMPها کاهش می‌یابد لذا در بارش‌های یکنواخت هر چه شدت بارش بیشتر شود میزان کاهش حجم رواناب در اثر استفاده از BMPها بیشتر خواهد بود. با توجه به کارایی سه اقدام بشکه باران، باغ‌باران و ماند بیولوژیکی و کارایی پایین این اقدامات برای بهینه‌سازی اقتصادی تلفیق BMPها، چهار سناریو جدید تعریف گردید. نتایج نشان می‌دهد که عدم استفاده از بشکه باران تأثیر بسزایی (۳/۰ درصدی) در کاهش حجم رواناب نداشته است. همچنین می‌توان گفت که باغ‌باران و ماند بیولوژیکی در سناریو تلفیقی به ترتیب ۶ و ۵ درصد در کاهش حجم رواناب دخیل بوده‌اند بنابراین استفاده یا عدم استفاده از این BMPها بستگی به نظر کارشناسان امر خواهد داشت که آیا کاهش ۵ درصدی رواناب برای استفاده از این BMPها توجیه اقتصادی خواهد داشت یا خیر؟

چارچوب استفاده شده در این تحقیق می‌تواند بیانگر الگوی مناسبی برای تغییر در نحوه مدیریت و نگاه به رواناب‌های سطحی در آبخیزداری شهری باشد و همچنین راهی برای مراکز مرتبط و مسئول در امر مدیریت رواناب‌های سطحی و استفاده هر چه بیشتر از آب‌های غیرمتعارف ایجاد نماید، زیرا با استفاده از چارچوب پیشنهادی زوایای پنهان روش‌های نوین مدیریت رواناب سطحی برای مردم و

مسئولان محلی روشن خواهد شد و آن‌ها را قادر می‌سازد تا قبل از اجرای اقدام خاصی به موازنه و شناخت اثرات اجرای آن از جنبه‌های گوناگون بپردازند و بهترین تصمیم را با توجه به اولویت‌های خود اتخاذ نمایند. آنچه در این تحقیق انجام پذیرفته است معرفی و بکارگیری نگاه جدید مدیریتی به رواناب شهری در شهر نیشابور می‌باشد و طبیعتاً مردم و شهرداری نیشابور راهی طولانی برای رسیدن به نقطه مطلوب از نظر مدیریت آب‌گرفتگی معابر شهر و حل صحیح این مشکل در پیش‌رو دارند.

۵-۳- پیشنهادات

۵-۳-۱- پیشنهاد پژوهشی

- ۱- با توجه به جامع بودن SWMM و اینکه مدل برای اولین بار در نیشابور (منطقه یک شهرداری) اجرا شده است، می‌توان از آن در بررسی اقدامات مدیریتی مناطق دیگر شهر استفاده کرد و تحقیقات تکمیلی در این زمینه انجام شود.
- ۲- مطالعه تأثیر BMPها بر بهبود وضعیت کیفیت رواناب.
- ۳- مطالعه کارایی شبکه زهکش شهری و اصلاح آن با استفاده از SWMM
- ۴- اجرای یک طرح پایلوت در یک منطقه از شهر و مشاهده تأثیر واقعی اعمال BMPها بر کاهش کمی و کیفی رواناب.
- ۵- مطالعه دیگر نرم‌افزارهای مربوط به اعمال BMPها همچون SUSTAIN و InfoSWMM که به صورت اختصاصی برای اعمال BMPها تدوین شده‌اند.

۵-۳-۲- پیشنهادات اجرایی

- ❖ بیشترین رنج و مشقت این تحقیق، ناشی از تهیه آمار و اطلاعات لازم بود که مدت زیادی به طول انجامید. از این رو پیشنهاد می‌شود نه تنها برای نیشابور بلکه تمام شهرهای کشور، در محل ورود مسیل‌ها و رودخانه‌ها به مناطق شهری و نیز در محل خروج آن‌ها به تعداد مورد نیاز، ایستگاه‌های هیدرومتری مجهز تاسیس گردد.

❖ ایجاد بانک جامع اطلاعات شهری برای هر شهر، که شامل اطلاعات بارش، تبخیر، مساحت خیابان‌ها، مساحت ساختمان‌ها و تاسیسات، مساحت فضاهای سبز شهری، تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا و سایر اطلاعات مورفولوژیکی یک محدوده شهری باشد.

❖ بین چهار سطح مدیریتی پیشنهادی برای رواناب سطحی در شهر که شامل: کنترل سیلاب‌های با دوره بازگشت بالا، کنترل سرریز کردن کانال‌های زهکشی، احیای آبراهه-های طبیعی درون شهری و حفاظت از محیط زیست با ارتقا کیفیت رواناب می‌باشد (راهنمای مدیریت رواناب سطحی ایالت جورجیا)، به نظر می‌رسد که تنها سطح اول آن یعنی کنترل سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های بالا (غالباً صد ساله) در شهر نیشابور انجام گرفته است و بنابراین شهرداری نیشابور باید در زمینه اجرای گام بعدی یعنی کنترل سرریز کردن کانال‌های زهکشی گام بردارد. در این تحقیق از دو استراتژی خروج سریع رواناب توسط کانال‌های زهکشی و کنترل در جا، تاکید تحقیق بر مبنای کنترل در منبع قرار گرفته است. البته بدیهی است که به منظور مدیریت رواناب سطحی توجه به ظرفیت کانال‌های زهکشی و استفاده از آن امری اساسی بوده لذا مدیریت ترکیبی در این زمینه پیشنهاد می‌شود.

❖ اجرای مخازن زیرزمینی و مخازن نگهداشت زیستی (بایوریتشن) در خیابان‌های منتهی خروجی با توجه به این که این مناطق غالباً از مشکل آب‌گرفتگی رنج می‌برند و تراکم اصلی عبور و مرور وسایل نقلیه در این مناطق می‌باشد، به عنوان اولویت اجرایی برای شهرداری نیشابور پیشنهاد می‌گردد، مانند تراشه‌های نفوذ؛ بایوریتشن و مخزن ذخیره آب باران منتهی به پل ۱۵ خرداد انتهای بلوار معلم.

در پایان این که دیگر زمان آن رسیده است که سازمان‌ها و ادارات دولتی، منشورهای علمی و اخلاقی خود را از حالت شعارگونه خارج سازند و عمل‌گرایانه در آبادانی این مرز و بوم بکوشند. کمبود داده‌های مورد نیاز و در بعضی موارد عدم وجود داده‌های مطلوب، تا حد زیادی روند این تحقیقات را

با مشکل روبه‌رو کرده و می‌توان احراز داشت که اگر چنین مشکلی وجود نداشت، ابعاد تحقیقات گسترده تر می‌شد و نتایج دقیق‌تری بدست می‌آمد.

پیوست

ضمیمه (الف) خصوصیات فیزیکی زیر حوضه‌ها

ضریب زبری	مناطق نفوذناپذیر (%)	شیب (%)	عرض معادل (m)	مساحت (ha)	زیر حوضه
۸۲	۴۱/۶	۲/۸	۴۳۶/۹۷	۸/۸۹	دانشگاه ۱۳
۸۶	۵۴/۴	۳/۶	۴۳۶/۹۷	۵/۵۳	شهید گمنام ۳
۸۵	۴۸/۸	۳/۰۸	۴۳۶/۹۷	۵/۲۳	دانشگاه ۱۱
۸۳	۴۴/۸	۲/۵	۴۳۶/۹۷	۹/۲۸	دانشگاه ۷
۸۴	۴۶/۴	۲/۸۵	۴۳۶/۹۷	۵/۱۸	قدس ۳
۸۵	۵۳/۶	۲/۵۲	۴۳۶/۹۷	۵/۴۹	دانشگاه ۵
۸۳	۴۴	۲/۳۳	۴۳۶/۹۷	۸/۹۱	دانشگاه ۱
۸۵	۵۶	۱/۸۹	۴۳۶/۹۷	۵/۳۳	فضل ۳
۸۳	۴۸	۱/۰۸	۲۸۳/۴۱	۱۲/۸۳	فضل ۴
۸۱	۴۸	۱/۶۲	۲۷۳/۶۷	۱۲/۵۶	فضل ۵
۸۳	۴۸	۱/۶۲	۲۷۳/۶۷	۱۲/۵۶	قدس ۴
۸۳	۴۵/۶	۱۸.۱	۲۴۳/۸۳	۱۱/۱۹	قدس ۵
۸۱	۳۴/۴	۱/۸	۲۷۱/۲۵	۱۱/۶۳	شهید گمنام ۴
۸۰	۲۲/۴	۱/۶۸	۲۳۸/۹۹	۱۰/۳۴	شهید گمنام ۵
۸۴	۵۰/۴	۱/۱۴	۳۶۵/۹۱	۱۱/۲۷	بهار ۱
۸۳	۴۸/۸	۱/۰۳	۱۸۴/۱۵	۶/۸۳	بهار ۲
۸۳	۴۳/۲	۰/۰۷	۳۳۰/۲۵	۹/۳۸	خیام ۱
۸۴	۴۸/۸	۰/۰۶	۳۰۹/۸۳	۱۲/۳۰	خیام ۲
۸۳	۵۲	۱/۲۷	۵۸۹/۱۱	۱۹/۲۱	خیام ۳
۸۷	۴۴	۱/۰۳	۱۷۷	۱۰/۴۳	شهر کفرهنگیان
۸۲	۵۴/۴	۰/۸۸	۲۱۲/۴۳	۱۶/۳۱	غزالی ۱
۸۲	۴۰	۲	۲۰۷/۹۷	۴/۷۸	غزالی ۲
	۴۴	۱/۵۵	۴۱۹/۷۶	۳۷/۲۹	یغما

ضمیمه (ب) اطلاعات مربوط به مجاری شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه

ضریب زبری CN	شکل کانال	عرض بالا (m)	عمق (m)	طول (m)	گره پایین دست	گره بالادست	شماره کانال
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۸	۲/۳	۱۳۲	j- daneshgah17	j- maskanmehr	c- maskanmehr
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۵	۱	۲۲۶	j- daneshgah13	j- daneshgah17	c- daneshgah17
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۵	۰/۹	۱۴۲	j- shahidgom3	j- daneshgah13	c- daneshgah13
۰/۰۱۳	مستطیل	۰/۵	۰/۵	۲۰۶	j- shahidgom 4	j- shahidgom 5	c- shahidgom 5
۰/۰۱۳	مستطیل بسته	۰/۷	۰/۵	۲۳۹	j- shahidgom 3	j- shahidgom 4	c- shahidgom 4
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۶	۱	۱۳۲	j- daneshgah11	j- shahidgom	c- shahidgom 3
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۷	۱	۲۳۵	j- daneshgah7	j- daneshgah11	c- daneshgah11
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۵	۰/۷	۱۳۳	j- ghods3	j- daneshgah7	c- daneshgah7
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۵	۰/۵	۱۸۵	j- ghods4	j- ghods5	c- ghods5
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۴	۱/۲	۱۴۰	j- daneshgah5	j- ghods3	c- ghods3
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۵	۱/۲	۲۲۵	j- daneshgah1	j- daneshgah5	c- daneshgah5
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۱/۴	۰/۶	۱۲۵	j- fazl3	j- daneshgah1	c- daneshgah1
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۶	۰/۶	۲۲۵	d- fazl3	j- fazl5	c- fazl5
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۶	۰/۶	۲۳۱	j- fazl3	d- fazl3	c- fazl3
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۶	۰/۶	۲۷۰	j- shahidgom 1	j- shahrakjanba	c- shahrakjanb
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۸	۰/۸	۵۰۰	j- ghods1	j- shahidgom 1	c- shahidgom 1
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۸	۰/۷	۵۰۰	j- fazl1	j- ghods1	c- ghods1
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۵	۰/۶	۵۰	j- janbazanfazl	j- fazl1	c- fazl1
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۶	۰/۶	۲۰	j- fazl	j- janbazan-faz	c- janbazanfazl
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۶	۰/۶	۴۵۰	j- fazl3	j- fazl	c- fazl
۰/۰۱۳	مستطیل بسته	۰/۶	۰/۶	۴۰	j- khyam1	j- fazl3	c- fazl3tokhaya
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۸۵	۰/۵	۳۰۰	d- khyam	j- khyam1	c- khyam1
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۷	۰/۴	۲۲۰	j bahar1	d- khyam	c- khyam&bah
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۴	۰/۵	۴۵۰	d- khyam2	d- khyam	c- khayam
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۷	۰/۵	۳۸	j- kayam3	d- khyam2	c- khyam2to3
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۷	۰/۵	۳۰۳	outkhyam	j- kayam3	c- khyam3

۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۷	۰/۶	۵۰۰	j- bahar1	d- fazl3	c- d-fazl3
۰/۰۱۳	مستطیل باز	۰/۵	۰/۵	۴۰۰	j- bahar2	j- bahar1	c- bahar1
۰/۰۱۳	دایره	۰/۸	۱	۱۵۰	j- bahar2	d- khyam2	c- khyam2

ضمیمه (ج) اطلاعات مربوط به گره‌ها

حداکثر عمق (متر)	تراز گره (متر)	اسم گره
۰/۶	۱۲۵۱/۴	j-shahrakbsij
۰/۶	۱۲۵۱/۸۸	j-shahrakjanbazan
۰/۸	۱۲۵۰/۲۴	j-shahidgomnhm1
۰/۶	۱۲۴۸/۴	j-shahidgomnhm2
۲/۳	۱۲۴۴/۵۵	j-maskanmehr
۲/۳	۱۲۴۴/۳۱	j-daneshgah17
۱	۱۲۳۹/۹۵	j-daneshgah13
۰/۶	۱۲۳۹/۲	j-ghods2
۰/۱	۱۲۳۸/۷۹	j-ghods1
۰/۵۵	۱۲۳۷/۷۱	j-shahidgomnam5
۰/۵	۱۲۳۷/۴۵	j-shahidgomnam4
۰/۹	۱۲۳۷/۲۶	j-shahidgomnam3
۱	۱۲۳۵/۳۰	j-daneshgah11
۱	۱۲۳۰/۶۴	j-daneshgah7
۰/۶۰	۱۲۳۰/۲۶	j-ghods5
۰/۸	۱۲۳۰/۰۸	j-fazl1
۰/۶۰	۱۲۳۰/۱۸	j-fazl2
۰/۸	۱۲۲۹/۰۳	j-ghods4

•/۶۰	۱۲۲۸/۱۵	j-ghods3
•/۸	۱۲۲۶/۹۶	j-daneshgah5
•/۶	۱۲۳۲/۵۲	j-daneshgah1
•/۵	۱۲۲۳/۳۲	j-fazl5
•/۷	۱۲۲۳/۲۶	j-janbazan-fazl
•/۶	۱۲۲۲/۶۹	j-fazl
•/۶	۱۲۲۲/۲۲	d-fazl3
•/۶۵	۱۲۲۲/۱۲	j-fazl3
•/۶	۱۲۲۲/۰۶	j-khyam1
•/۵	۱۲۱۸/۳۵	d-khyam
•/۶	۱۲۲/۰۶	j-bahar1
•/۵	۱۲۱۸/۳۵	d-khyam2
۱/۱	۱۲۱۷/۷۲	j-bahar2
•/۵	۱۲۱۳/۳۲	j-kayam3
۱/۱	۱۲۱۲/۸۲	j-shhrakfarhangya
....	۱۲۱۲/۸	outkhyam
۱	۱۲۱۰/۶	j-ghzali1
۱/۴	۱۲۰۶/۶۴	j-ghzali2
۱/۵	۱۲۰۴/۶	j-yaghma
...	۱۲۰۴/۱	Outfall

۱- تصاویری از انتقال آلودگی و استفاده بهینه آب باران



شکل (۱) انتقال آلودگی به همراه رواناب



شکل (۲) استفاده از آب باران جهت آبیاری فضای سبز حاشیه خیابان‌ها

۲- تصاویر مکان‌های مناسب برای اجرای اقدامات پیشنهادی در شهر نیشابور



شکل (۳) مکان مناسب جهت احداث بایوریتشن



شکل (۴) مکان مناسب جهت احداث ترانسه نفوذ



شکل (۵) مکان مناسب جهت احداث سنگفرش متخلخل



شکل (۶) مکان مناسب جهت احداث باغ باران

منابع و مأخذ

منابع

- ۱- وروانی، ج.، وروانی، ه.، و مردیان، م. ۱۳۸۹. کاربرد سیستم استحصال رواناب سیلابی در آبخیز شهری اراک. مجله آب و فاضلاب شماره سوم. ص ۹۴ - ۸۵.
- ۲- مهدوی، م. ۱۳۸۸. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۷ص.
- ۳- موسوی، س. ع. ۱۳۸۵. کاربرد GIS در کنترل سیلاب شهری (شهرستان ماسال)، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. ۸ص.
- ۴- منصوریان، ن. ۱۳۹۱. ارزیابی اقتصادی ذخیره آب باران برای فضای سبز شهر مشهد. اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبرگیر باران، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ۷ص.
- ۵- محمدی فخار، و. و عرب خدری، م. ۱۳۹۲. الگوی جمع آوری آب بامو خانگی در شهرها برای آبیاری باغچه. دومین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبرگیر باران، ۱۰ص.
- ۶- متولی، ص.، حسین‌زاده، م.، اسماعیلی، ر. و درفشی، خ. ب. ۱۳۹۱. رابطه تغییر کاربری اراضی و حجم رواناب شهری، مطالعه موردی: منطقه ۵ شهر تهران. دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران. ۸ص.
- ۷- لگزیان، ر. ۱۳۹۳. شناسایی و اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت رواناب سطحی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره در شهرستان نیشابور. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۸- لشکری پور، غ.، غفوری، م.، و کاظمی گلپان، ر. ۱۳۸۷. بررسی نشست زمین در دشت نیشابور و ارتباط آن با افت سطح آبهای زیرزمینی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۲۱ص.
- ۹- فلاح تفتی، ا. و شریفی، م. ب. ۱۳۸۷، شبیه‌سازی شبکه زهکشی رواناب سطحی با استفاده از مدل تلفیقی MIKE SWMM و GIS. مطالعه موردی: حوضه آب و برق مشهد، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران.

- ۱۰- علی‌بخشی، م. ۱۳۸۵. شبیه‌سازی سیستم زهکشی منطقه ۲۲ تهران با استفاده از مدل کامپیوتری MIKE SWMM. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مهندسی مسیل‌ها (کال‌ها)، شهرداری مشهد، ۱۲ ص.
- ۱۱- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و چهارم. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۸۷۰ ص.
- ۱۲- عباسی، ع. ا. طباطبایی‌یزدی، ج. توکلی، ح. و خوشبزم، ا. ۱۳۹۲. بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوضه‌های آبخیز شهری (مطالعه موردی شهر مشهد). دومین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبخیز باران، ۹ ص.
- ۱۳- طاهری بهبهانی، م.، بزرگ‌زاده، م. ۱۳۷۵. سیلابهای شهری. چاپ اول، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ۵۳۶ ص
- ۱۴- صنعی، ا.، احمدی جزی، ر. ۱۳۸۵. مقایسه روش‌های منطقی و SWMM در تعیین دبی سیلاب مسیل‌ها. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مهندسی مسیل‌ها، شهرداری مشهد، ۱۶ ص.
- ۱۵- صالح‌نیا، ن.، فلاحی، م. ع.، انصاری، ح.، و داوری، ک. ۱۳۸۶. بررسی تعرفه‌های آب شرب شهری و تاثیر آن بر الگوی مصرف آب مشترکان، مطالعه موردی: شهر نیشابور. مجله آب و فاضلاب، شماره ۶۳. ص ۵۹-۵۰.
- ۱۶- شهرداری نیشابور. ۱۳۹۵. نقشه کاربری اراضی شهر نیشابور.
- ۱۷- شریفان، ر.، روشن، ا.، اوجی، م. م. ۱۳۸۷. کاربرد مدل SWMM در طراحی و ارزیابی شبکه‌های جمع‌آوری و دفع آبهای سطحی شهری، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران. ۷ ص.
- ۱۸- سازمان هواشناسی نیشابور. ۱۳۹۶. گزارش وضعیت بارش شهر نیشابور.
- ۱۹- سازمان آب منطقه‌ای نیشابور. ۱۳۹۵. گزارش وضعیت منابع آبی شهر نیشابور.
- ۲۰- سازمان آب فاضلاب نیشابور. ۱۳۹۶. نقشه رقوم ارتفاعی شهر نیشابور.

۲۱- رشیدی مهرآبادی، م. ح، ثقفیان، ب.، و شمسایی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد سطوح آبیگر باران در مناطق مسکونی برای تأمین نیازهای آبی (مطالعه موردی: شهر قزوین). اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبیگر باران. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ۷ص.

۲۲- رشیدپور، م. ۱۳۹۰. تعیین و پیش بینی عمق مغروق شدگی سیلاب شهری ناشی از بارش‌های رگباری، مطالعه موردی، حوزه شهری بابلسر، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علو کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۱۹ ص.

۲۳- رستمی خلج، م. ۱۳۹۰. پهنه بندی خطر سیل شهری با تلفیق مدل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی مطالعه موردی، منطقه دو شهرداری مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ۱۱۶ ص.

۲۴- دلاوری پور، ا. کریمی زارچی، م. ۱۳۹۱. ارائه مدلی برای استحال هرز آبهای بارندگی در مناطق نواحی خشک (مطالعه موردی شهر یزد). اولین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک. ۵ ص.

۲۵- دستورانی، م. ت. ۱۳۹۱. بررسی امکان جمع‌آوری آب از سطح جاده‌ها و بزرگراه‌ها جهت ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک. اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبیگر باران، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ۹ص.

۲۶- خداشناس، س.، و تاج‌بخش، م. ۱۳۹۱. بازنگری شبکه زهکشی رواناب سطحی با استفاده از شبیه‌سازی و کاربرد حوضچه‌های تاخیری (مطالعه موردی: حوضه آبریز اقبال شرقی، مشهد). نشریه آب و خاک، جلد ۲۲ شماره اول. ص ۱۰۹-۱۲۳.

۲۷- خالقی، ا. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی هیدروگراف جریان با استفاده از مدل SWMM و پیش بینی اثرات اقدامات آبخیزداری در حوضه رودخانه خشک شیراز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۸ ص.

- ۲۸- حسینی، م.، ابریشمی، ج. ۱۳۸۱. هیدرولیک کانال های باز. چاپ نهم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۶۱۳ ص.
- ۲۹- حجازی زاده، ز. خسروی، ف. و ناصرزاده-ف.م. ح. ۱۳۹۰. مدیریت بحران در شهر جدید بهارستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تکیه بر سیل و تعیین مسیرهای زهکشی شهری مناسب نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۷، شماره ۲۰، ص ۵۰-۳۱.
- ۳۰- جباری، آ.، حسینی، م.، و ترابی-پوده، ح. ۱۳۹۲. چالش های اجرای سامانه های استحصال آب باران در ایران. دومین همایش ملی سامانه های سطوح آبخیز باران، ۸ ص.
- ۳۱- توکلی، س. تجریشی، م. ۱۳۹۰. بهبود کیفیت رواناب شهری با استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی در تهران کنفرانس ملی توسعه پایدار و عمران شهری موسسه آموزش عالی دانش پژوهان، اصفهان، ایران، آذر ماه ۱۳۹۰. ۱۲ ص.
- ۳۲- پاره کار، م. و مروج، ا. ۱۳۸۸. روش های کاربردی آبخیز داری شهری. اولین همایش آبخیز داری شهری مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، ۱۹ ص.
- ۳۳- بهره مند، ع. ۱۳۸۹. کنترل و مهار سیلاب، جزوه درس مقطع کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۳۴- بهبهانی، م. ۱۳۸۸. هیدرولوژی آب های سطحی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۸ ص.
- ۳۵- بدیعی زاده، س. بهره مند، ع. ر. دهقانی، ا. ا. نورا، ن. ۱۳۹۳. مدیریت سیلاب شهری از طریق شبیه سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM در شهر گرگان، استان گلستان. نشریه حفاظتی آب و خاک جلد بیست و دوم شماره چهاردهم ۱۳۹۳. ص ۱۵۵-۱۷۰.
- ۳۶- بدیعی زاده، س. ۱۳۹۱. تعیین ابعاد بهینه شبکه زهکشی از طریق شبیه سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM در شهر گرگان، استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳۷- امیراحمدی، ا.، کرامتی، ص.، و احمدی، ط. ۱۳۹۰. ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر نیشابور در راستای توسعه شهری. مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره هفتم. ص ۹۱-۱۱۰.

۳۸- افشاری‌آزاد، م، ح. و پورکی، ۱۳۹۱. برآورد رواناب سطحی شهر رشت (مطالعه موردی: خیابان شهید قلی‌پور تا فلکه یخ سازی) فصل نامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر ۱۴۰-۱۲۱.

۳۹- احمدی، م. و حاتمی‌یزد، ا. ۱۳۹۲. بررسی دلایل وقوع سیلاب شهری (مطالعه موردی: میدان امام حسین (ع) مشهد). دومین همایش ملی سامانه های سطوح آبنگیر باران. ۸ ص.

- 40- Abrishamchi, A. Ebrahimi, A. Tajrishi, M, A. Marino, M. and Asce, H. 2005 Case study :application of multicriteria decision making to urban supply. J. Water Resources Planning And Management. Pp:326-335
- 41- Armson, D. , Stringer, P. , and Ennos, A. R. 2013. The effect of street tree and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. J. Urban Forestry and Urban Greening. Pp: 282-286.
- 42- Bahri , A. 2012. Integrated urban water management. Global Water Partnership, Technical Committee. 89 P.
- 43- Chen, Ch, F. Sheng. Chang, Ch, L. Kang, Sh, F. Lin, J, L. 2014. Application of the SUSTAIN Model to a Watershed-Scale Case for Water Quality Management. J. (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) ISSN 2073-4441. Pp3575-3589.
- 44- Chen, J. , Hill, A. A. , Urbano, L. D. , 2009. A GIS-based model for urban flood inundation. Journal of Hydrol , vol. 373 , Pp: 184-19.
- 45- Chow, V.T, D.R.Maidment ,L.W.Mars, Applied Hydrology, Mc, GRAW-Hill 1988.
- 46- Du JK, Xie SP, Xu YP, Xu CY, Singh VP 2007 Development and testing of a simple physically-based distributed rainfall-runoff model for storm runoff simulation in humid forested basins. Journal of Hydrol, vol. 336, Pp: 334-346.
- 47- Fanghong, L. Aifang, G. and Duo, L. 2012. Utilization efficiency and potential analysis of urban storm flood resources. J. Energy Procedia. Pp: 1283-1287.

- 48- Fernández D. S. , and Lutz, M. 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis, *Engineering Geology*
- 49- Hsu, M. H. , Chen, S. H. and Chang, T. J. 2000, Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system, *Journal of Hydrology*, vol. 234, Pp. 21-37
- 50- Huber, W.C., Dickinson RE 1992 Storm water management model user's manual, version 4. Environmental Protection Agency, Georgia,P 266
- 51- Jang, S. , Cho, M. , Yoon, J. , Yoon, Y. , Kim, S. , Kim, L. , and Aksoyh. 2007. Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. *Journal of Desalination*, vol. 212, Pp: 344- 356.
- 52- Jia, H. , Iu, Y. , Yu, S. , and Chu ,Y. 2012. Planing of LID-BMPs for urban runoff control: The case of Beijing Olympic village. *J. Separation and Purification Technology* ,Pp:112-119.
- 53- Jie ,G. , Rusong, W., Jinlou, H., Min,L. 2015. Application of BMP to urban runoff control using SUSTAIN model: Case study in an industrial area. *J. Ecological Modelling*, vol. 318, Pp177–183.
- 54- Kcifer, Cc. U. and Chu, H. H. 1975, Synthetic storm pattern for drainage design. *Jounal of Hydraul*, vol. 83, Pp:1-25.
- 55- Khalghi, A. 2010. Simulation of Flow Hydrograph Using SWMM Model and Predict the Effects of Watershed Management Practices in Dry River Shiraz. The Master Sheet, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.128 pp.
- 56- Lee, J. C. , Heaney , J. , and Asce , M. 2003. Estimation of Urban Imperviousness and its Impacts on storm water System, *J. Water Resources Planning and Management* ,Pp:419-426.
- 57- Lee, J. G. ; Riverson, J. 2012. SUSTAIN: Urban Modeling Systems Integrating Optimization and Economics" in "Fifty Years Of Watershed Modeling - Past, Present And Future, A. S. Donigian, AQUA TERRA Consultants; Richard Field, US EPA (retired); Michael Baker Jr. , Inc. Eds, ECI Symposium Series
- 58- Li. C. 2012. Ecohydrology and good urban storm water-logging in Beijing Chin. *J. Ecohydrology and Hydrobiology* , Pp:287-300.

- 59- Mattar, M. A., Alamoud, A.I. 2017. Gene expression programming approach for modeling the hydraulic performance of labyrinth-channel emitters. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 142, Pp: 450-460.
- 60- Mereu, V. 2009. Climate change impact on durum wheat in Sardinia. Ph.D. Dissertation. *Agrometeorology and Ecophysiology of agricultural Systems and Forestry*, XXII ciclo – Università degli Studi di Sassari.
- 61- Muthukrishnan, S. , Madge, B. , Selvakumar, A. , Field, R. , and Sullivan, D. 2004. The use of best management practices (BMPs) in urban watersheds, *Environmental Protection Agency (EPA)*, 271p
- 62- Pahl-Wost , C. 2005. Information public empowerment and The management of urban watershed ,*J. Environmental-Modelling & Software*, Pp:457-467.
- 63- Park S. Y. , Lee, K. W. , Park, I. H. , Ha, S. R. 2008. Effect of the aggregation level of surface runoff fields and sewer network for a SWMM simulation. *Desalination* ,vol. 226, Pp: 328–337.
- 64- Ramier, D. , Berchier, E. , and Andrieu, H. 2004. An urban lysimeter to assess runoff losses on asphalt concrete plates. *J. Physics and chemistry of the Earth* Pp:839-847.
- 65- Rodriguez, F. , Andrieu ,H. , Creutin ,J. D. 2003. Surface runoff in urban catchments morphological identification of unit hydrographs from urban databanks. *J. Hydrology* ,Pp:146-168.
- 66- Rossman, L. A. 2007. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*; EPA/600/R-05/040; USEPA: Washington, DC, USA.
- 67- Rossman, L. A. 2009. *Storm water management model, User's Manual version 5.0*. EPA/600/R-05/040, National Risk Management Research Laboratory. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, Pp: 259.
- 68- Sadoddin, A. , Letcher, R. A. and Jakeman, A. J. 2003. A Bayesian decision network approach for salinity management in the Little river catchment, NSW. *International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM)*, Townsville, 6 p.
- 69- Sadoddin, A., Sheikh, V., Mostafazadeh, R. and Halili, M. 2010. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. *J. Plant Production*, vol.4, Pp: 51-62.
- 70- Scott A. LOWE. 2006, *Sanitary sewer design using EPA Storm Water Management Model (SWMM)*, Department of civil and environmental engineering. Manhattan College, Parkway, Riverdale, New York 10471, vol. 18, Pp: 203-212.

- 71- Selvalingam, S. , Liong, S. Y. , and Manoharan, P. C. 1978. Use of RORB and SWMM models to an urban catchment in Singapore. *Journal of Advances in Water Resources*, vol. 10, Pp: 78-86.
- 72- Temprano J, Arango O , Cagiao J, Suarez J, Tejero I. 2006. Storm Water quality calibration by SWMM : a case study in Northern Spain. *Water SA*, vol. 32, Pp: 55-63.
- 73- Tian, Y. , F, M. Li. , and P. H. Liu. 2003. Economic analysis of rainwater harvesting and irrigation methods , with an example from China , *J. Agricultural water Management*, Vol.60, Pp:217-226
- 74- Tsihrintzis V, Hamid R 1998 Runoff quality prediction from small urban catchments using SWMM. *Hydrology*, vol. 12, Pp:311-329.
- 75- United Nations World Water Assessment Programme (UN-WWAP). 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*.
- 76- United States Army, COE, HEC. 1986. *Computer program catalog*, USACE, Davis. 267p.
- 77- Wanielista, M. P. 1997. *Hydrology water quantity and water quality control*. University of Central Florida. 565p.
- 78- Yang , J., Chung , E. , Kim , S. , and Kim, T. 2012. prioritization of water management urban climate change and urbanization using multi-criteria decision making methods. *J hydrology and Earth System Sciences*, vol. 16, Pp:801-814.
- 79- Yang, R. , and Cui, B. 2012. Framework of integrated stormwater management of Jinan city, China. *J. Procedia Environmental Sciences*, vol. 13, Pp: 2346-2352.

Abstract

Urban development, land use change and industrialization of the communities cause hydrological changes in the catchment area, and this factor causes an increase in the amount of runoff in the area, erosion and destruction of the ecosystem health of the region. Low impact development (LID) In the dominant, Best Management Practices(BMP) is a relatively new concept in land use management that aims to maintain hydrological conditions at a predevelopment level without deteriorating water quality during land development. therefor BMP options have been proposed as an alternative approach to better mimic the natural flow regime by using decentralized designs to control stormwater runoff at the source, rather than at a centralized location in the watershed. For highly urbanized areas, BMP stormwater management practices can be used to retrofit existing infrastructure and reduce runoff volumes and peak flows. The United States Environmental Protection Agency (USEPA) developed the Storm Water Management Model (SWMM) to evaluate the performance of LID practices at different spatial scales. In this study the existing hydrological model was applied to neyshabour watershed. Model Calibration and validation with used measured 9 rainfall (6 for calibration and 3 for validation) were performed, Then the seven BMPs scenario such as Bioretention, Bioretention Systems, infiltration Trench, Permeable Pavment, Rain Barrel, RainGarden and BMP Integration were designed based on the land characteristics were selected to estimate the impacts of BMPs and LID practices on the surface runoff. Results demonstrated that use of these BMP-LID practices leads 45.87% reduction in runoff volume in Scenario 7 (BMPs integration). Among the other scenarios, the scenarios 3, 4 and 1, respectively, have the highest efficiency in reducing runoff volume, respectively In order to achieve the optimal combination of BMPs, four other scenarios were chosen: the results showed that the barrel of the rain had 0.3% impact has of the least volume reduction.

Keywords: Urban Stormwater Management, LID, BMP, SWMM, Runoff Rainfall Model, Neyshabur City



Faculty of Agriculture
M.Sc. Thesis in Water Structures Engineering

**English: Assessing the performance of Best Management
Practices (BMPs) to control of urban runoff
(Case study: Neyshabur urban basin)**

By: Sedighe Arvand

Supervisors:
Dr Zahra Ganji Norozi
Dr Mahdi Delghand

Advisor:
Eng. Akbar Alipour

February 2018