عنوان	فهرست مطالب	صفحه

فصل اول: کلیات (مبانی نظری و ویژگیهای عمومی)

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-بیان مسأله ۳

۱-۳- ضرورت و توجیه علمی ٤

۱-٤-اهداف تحقیق ٥

۱-٥-فرضیه ها ۷

۱-٦-تعاریف و واژ ه ها ۷

۱-٦-۱- مدیریت سیلاب در مناطق شهری ۷

۱-٦-۲- نقش طراحی سیستم جمع آوری و هدایت آب های سطحی در طراحی شهری ۸

۱-٦-۳- مدل های هیدرولوژیکی شبیه سازی بارش-رواناب مناطق شهری ۸

۱-۷- انتخاب مدل ۹

۱-۷-۱- مدل SWMM ۹

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱-مقدمه ۱۲

۲-۲-مطالعات انجام شده در خارج از کشور ۱۲

۲-۲-۱-جمع بندی پژوهش های خارجی ۱٤

۲-۳- مطالعات انجام شده در ایران ۱٤

۲-۳-۱- جمع بندی مطالعات داخلی ۱٦

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱-مقدمه ۱۸

۳-۲-موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه ۱۸

۳-۳- تعیین مرز حوزه و زیر حوزه ها ۲۰

۳-۳-۱- جریان متغییر مکانی با افزایش دبی ۲۳

۳-٤- روش و نحوه انجام تحقیق ۲۳

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۳-۵- محاسبه پارامترهای مورد نیاز مدل SWMM ۲۵
۳-۵-۱- شیب متوسط ۲۶
۳-۵-۲- عرض مستطیل معادل ۲۶
۳-۵-۳- تعیین ضریب زبری جریان روی سطوح نفوذ ناپذیر، نفوذ پذیر و کانال ها ۲۸
۳-۵-٤- مشخصات هیدرولیکی رودخانه زیارت ۳۰
۳-۵-٤-۱- تعیین ضریب زبری رودخانه ۳۰
۳-۵-۵- تعیین درصدمناطق نفوذ پذبر و نفوذ ناپذیر در هر زیر حوزه ۳۰
۳-۵-٦- مقادیر ذخیره چالابی در مناطق نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر ۳۲
۳-۵-۷-معادله رواناب و نفوذ سطحی ۳۲
۳-۵-۷-۱-روش شماره منحنی (SCS) ۳۳
۳-۵-۷-۱-۱- شماره منحنی ۳٤
۳-۵-۸- اطاعات مورد نیاز اتصالات ۳٤
۳-۵-۹- اطاعات مورد نیاز مجاری سیستم زهکشی ۳۵
۳-۵-۱۰- اطاعات هواشناسی ۳۵
۳-۵-۱۱- اطاعات هیدرولوژی ۳٦
۳-٦- وارد کردن پارامترهای مورد نیاز مدل SWMM ۳٦
۳-۷- واسنجی مدل SWMM ۳۷
۳-۸- اعتبارسنجی و ارزیابی مدل SWMM ۳۸
۳-۸-۱- شاخص های ارزیابی مدل هیدرولوژی ۳۸
۳-۹- اجرای مدل هیدرولوژی با مقادیر بهینه پارامترها ٤۰
۳-۱۰- بارش طرح ٤۰
۳-۱۰-۱- محاسبه تداوم بارش طرح ٤۰
۳-۱۰-۲- محاسبه شدت بارش طرح ٤۱
۳-۱۰-۲-۱- منحنی های شدت- مدت- فراوانی ٤۱
۳-۱۰-۲-۱-۱-روابط شدت-مدت ٤۱
۳-۱۰-۳- تعیین الگوی توزیع زمانی بارش منطقه ٤٤

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۳-۱۰-۳-۱- روش احتمالاتی توزیع زمانی هاف ٤٥
۳-۱۰-٤- هایتوگراف بارش طرح منطقه..... ٤٧
۳-۱۰-٥- دوره بازگشت طراحی..... ٤٨
۳-۱۱- بهترین مقطع هیدرولیکی..... ٤٩
۳-۱۱-۱- بهترین مقطع هیدرولیکی مستطیلی..... ٥٠

فصل چهار: نتایج
٤-۱-مقدمه..... ٥٣
٤-۲- تعیین زیرحوزه های منطقه مورد مطالعه ٥٣
٤-۳- خصوصیات فیزیکی زیر حوزه ها..... ٥٣
٤-٤- معادله رواناب و نفوذ سطحی..... ٥٦
٤-٥- مشخصات هیدرویکی رودخانه زیارت..... ٥٧
٤-٦- اطلاعات مربوط به مجاری سیستم شبکه زهکشی..... ٥٨
٤-۷- اطلاعات مربوط به اتصالات..... ٦٠
٤-۸- نتایج اجرای مدل هیدرولوژی..... ٦٢
٤-۹- نتایج واسنجی مدل SWMM..... ٦٥
٤-۱۰- نتایج اعتبارسنجی و ارزیابی مدل SWMM..... ٦٩
٤-۱۱- نتایج محاسبه تداوم و شدت بارش طرح..... ۷۱
٤-۱۲- تعیین الگوی توزیع زمانی بارش منطقه مورد مطالعه ۷۲
٤-۱۳- استخراج هایتوگراف بارش طرح ۷۷
٤-۱٤- تعیین تراز سطح آب در شبکه زهکشی با دوره بازگشت های طراحی..... ۸۲
٤-۱٤-۱- اجرای مدل برای دوره بازگشت ۲ ساله ۸۳
٤-۱٤-۲- اجرای مدل برای دوره بازگشت ٥ ساله ۸٤
٤-۱٤-۳- اجرای مدل برای دوره بازگشت ۱۰ سال..... ۸۷
٤-۱٥- ارزیابی شبکه زهکشی رواناب سطحی و تعیین ابعاد بهینه آن..... ۸۹

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

فصل پنج: بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱-مقدمه ۹٤

۵-۲- نقش سیستم اطلاعات جغرافیایی در تخمین پارامترهای مدل هیدرولوژی ۹٤

۵-۳- مدل سازی هیدرولوژی به منظور شبیه سازی رواناب سطحی ۹۵

۵-٤-ارزیابی کارایی مدل هیدرولوژی در شبیه سازی رواناب سطحی ۹٦

۵-۵- زمان تمرکز حزوه ۹۷

۵-٦- الگوی توزیع زمانی بارش منطقه مورد مطالعه ۹۷

۵-۷- بارش طرح ۹۸

۵-۸- شبیه سازی رواناب سطحی در شبکه زهکشی سطحی در دوره بازگشت های طراحی ۹۹

۵-۹- تعیین ابعاد بهینه هیدرلیکی کانال های سیستم زهکشی سطحی ۱۰۱

۵-۱۰- آزمون فرضیات ۱۰۲

۵-۱۱- جمع بندی نهایی ۱۰۳

۵-۱۲- پیشنهادات ۱۰٤

فهرست منابع ۱۰٦

ضمایم

ضمیمه الف ۱۱٦

ضمیمه ب- پروفیل طولی سطح آب و نمودار دو بعدی جریان با استفاده از نرم افزار SWMM ۱٦۷

ضمیمه ج – تصاویر مربوط به مجاری زهکشی منطقه مورد مطالعه ۱۷۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- مقادیر ضریب زبری (n) برای سطوح مختلف ۲۸
جدول ۳-۲- مقادیر ضریب زبری (n) برای کانال های مختلف ۲۹
جدول ۳-۳- مقادیر ارتفاع ذخیره چالابی در مناطق نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر (mm) ۳۲
جدول ۳-٤- رویدادهای بارش انتخابی و تداوم آنها در ایستگاه باران سنجی اداره آب منطقه ای شهر گرگان ۳٦
جدول ۳-۵- مقادیر ضرایب a ، b و c برای دوره بازگشت های مختلف ٤۲
جدول ۳-٦- محدوده زمانی مورد قبول در روش هاف ٤۷
جدول٤-۱- خصوصیات فیزیکی زیر حوزه ها ۵۵
جدول ٤-۲- پارامترهای نفوذ روش حفاظت خاک آمریکا (SCS) ۵٦
جدول ٤-۳- اطلاعات مربوط به بازه های رودخانه زیارت ۵۷
جدول ٤-٤- اطلاعات مربوط به مجاری شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه ۵۹
جدول ٤-۵- اطلاعات مربوط به اتصالات شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه ٦۰
جدول٤-٦- مقادیر دبی اوج، حجم سیل هیدروگراف های شبیه سازی و مشاهداتی ٦۲
جدول٤-۷- دامنه تغییرات پارمترهای اولیه جهت اجرای واسنجی پارمترهای مهم مدل SWMM ٦٦
جدول ٤-۸- مقادیر اولیه و بهینه شده نتایج اجرای واسنجی پارامترهای مهم مدل SWMM ٦٦
جدول٤-۹- مقادیر شبیه سازی شده و مشاهداتی رویدادهای اندازه گیری کانال ۳۷٦ در مرحله واسنجی ٦۷
جدول ٤-۱۰- مقادیرشبیه سازی شده و مشاهداتی رویدادهای اندازه گیری کانال ۲۰۱ در مرحله اعتبار سنجی ٦۹
جدول ٤-۱۱- مقادیر شاخص های کارایی مدل در دوره های واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWMM ۷۱
جدول٤-۱۲- مقادیر شدت بارش (میلیمتر بر ساعت) در تداوم های مختلف برای دوره بازگشت های مختلف ۷۲
جدول٤-۱۳- چارک دارای حداکثر عمق بارش در تداوم های مختلف ۷٤
جدول٤-۱٤- چارک دارای حداکثر وقوع بارش در هر چارک در تداوم های مختلف ۷٤
جدول٤-۱۵- مقادیر بارش تجمعی رگبار سه ساعته به میلیمتر در دوره بازگشت های مختلف ۸۰
جدول٤-۱٦- مقادیر بارش جزیی رگبار سه ساعته به میلیمتر در دوره بازگشت های مختلف ۸۱
جدول ٤-۱۷- مجاری سیلابی در هنگام بارش طراحی با دوره بازگشت دو سال ۸۵
جدول ٤-۱۸-مجاری سیلابی در هنگام بارش طراحی با دوره بازگشت پنج سال ۸۷
جدول ٤-۱۹- مجاری سیلابی در هنگام بارش طراحی با دوره بازگشت ۱۰ سال ۸۹
جدول ٤-۲۰- مقادیرابعاد بهینه شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه با دوره بازگشت دو سال ۹۱
جدول ٤-۲۱- مقادیرابعاد بهینه شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه با دوره بازگشت پنج سال ۹۲
جدول ٤-۲۲- مقادیرابعاد بهینه شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه بادوره بازگشت ۱۰ سال ۹۳

شکل۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۱۹
شکل۳-۲-نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه ۲۱
شکل۳-۳-مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه ۲۲
شکل۳-٤- نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق ۲٤
شکل۳-۵- نمودار شماتیک مخزن غیر خطی زیر حوزه ۲۵
شکل۳-٦- نمودار سه بعدی اجزای محاسبه عرض معادل ۲۷
شکل۳-۷- موقعیت مناطق نفوذ پذیر نفوذ ناپذیر منطقه مورد مطالعه ۳۱
شکل۳-۸- نمودار شدت-مدت و فراوانی در دوره بازگشت های ۲ تا ۲۰۰ ساله ایستگاه اداره کل آب منطقه ای ٤۳
شکل۳-۹- ادامه نمودار شدت-مدت و فراوانی در دوره بازگشت های ۲ تا ۲۰۰ ساله ایستگاه اداره کل آب منطقه ای ٤۳
شکل٤-۱- نمایی شماتیک از جانمایی زیر حوزه ها در محیط SWMM ۵٤
شکل٤-۲- مجاری واتصالات سیستم شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه در محیط مدل ٦۱
شکل٤-۳- هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی رویداد جریان مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۲ ٦۳
شکل٤-٤- هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی رویداد جریان مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۳۰ ٦۳
شکل٤-۵- هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی رویداد جریان مورخ ۱۳۹۰/۱۲/۱ ٦٤
شکل٤- ٦- هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی رویداد جریان مورخ ۱۳۹۰/۱۲/۲ ٦٤
شکل٤-۷- هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۲ در مرحله واسنجی ٦۷
شکل٤-۸- هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۳۰ در مرحله واسنجی ٦۸
شکل ٤-۹- هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۳۹۰/۱۲/۱ در مرحله واسنجی ٦۸
شکل٤-۱۰- هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۲/۲ / ۱۳۹۰ در مرحله واسنجی ٦۹
شکل٤-۱۱- هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۳۹۱/۰۲/۲ در مرحله اعتبارسنجی ۷۰
شکل٤-۱۲- هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی برای رگبار مورخ ۱۳۹۱/۲/۱٦ در مرحله اعتبارسنجی ۷۰
شکل٤-۱۳- هیستوگرام الگوی توزیع زمانی بارش کل در منطقه مورد مطالعه ۷۵
شکل٤-۱٤- هیستوگرام الگوی توزیع زمانی بارش سه ساعته در منطقه مورد مطالعه ۷۵
شکل٤-۱۵- منحنی تجمعی الگوی نهایی تداوم سه ساعته در منطقه مورد مطالعه ۷٦
شکل٤-۱٦- نمودار احتمالاتی توزیع زمانی رگبارهای چارک اول تداوم سه ساعته در منطقه مورد مطالعه ۷٦
شکل٤-۱۷- نمودار احتمالاتی توزیع زمانی رگبار های چارک دوم تداوم سه ساعته در منطقه مورد مطالعه ۷۷
شکل ٤-۱۸- نمودار احتمالاتی توزیع زمانی رگبارهای چارک سوم تداوم سه ساعته در منطقه مورد مطالعه ۷۷
شکل٤-۱۹- نمودار احتمالاتی توزیع زمانی رگبارهای چارک چهارم تداوم سه ساعته در منطقه مورد مطاله ۷۸
شکل٤-۲۰- هایتوگراف رگبار طراحی با تداوم ۳ ساعته و دوره بازگشت ۲ ساله ۸۲
شکل٤-۲۱- هایتوگراف رگبار طراحی با تداوم ۳ ساعته و دوره بازگشت ۵ ساله ۸۲
شکل ٤-۲۲- هایتوگراف رگبار طراحی با تداوم ۳ ساعنته و دوره بازگشت ۱۰ ساله ۸۳
شکل٤-۲۳- نمایی شماتیک از عملکرد شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه با بارش طرح دوره بازگشت ۲ ساله ۸٤
شکل٤-۲٤- نمایی شماتیک از عملکرد شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه با بارش طرح دوره بازگشت ۵ ساله ۸٦
شکل٤-۲۵- نمایی شماتیک از عملکرد شبکه زکشی منطقه مورد مطالعه با بارش طرح دوره بازگشت ۱۰ ساله ۸۸

فصل اول:

کلیات

(مبانی نظری و ویژگیهای عمومی)

۱-۱- مقدمه

تشدید سیر صعودی خسارات سیل طی دو دهه گذشته سبب شده است که آرزوهای دیرینه درباره حل قطعی مسله طغیانها جای خود را به این حقیقت بدهد که پدیده سیل علی‌رغم همه پیچیدگی هایش قابل بررسی و مطالعه بوده و بایستی کوشید از این پیامدها و تبعات زیانبار آن را کاهش داد. سالانه در نقاط مختلف جهان، جان و مال بسیاری از مردم در اثر وقوع سیل به مخاطره می افتد.تغییرات کاربری اراضی، شهرنشینی، ساخت و سازه های غیر اصولی، سیستم فاضلاب قدیمی و توسعه اراضی غیر قابل نفوذ در مناطق شهری اثرات مهمی در وقوع این خطر 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 می شود (فرناندز[1]، ۲۰۱۰). سیستم‌های جمع آوری و دفع آبهای سطحی از اجزا مهم برنامه ریزی و عمران مناطق شهری هستند و هر گونه سهل انگاری در طراحی صحیح آنها می تواند برای جوامع بشری مشکل آفرین باشد. سیل زدگی شهرها، و خسارات و زیان های فیزیکی(ساختمان ها، معابر عمومی)، صرف هزینه های اضطراری و خسارت وارد بر بهداشت و تندرستی نمونه‌ای از این مشکلات هستند.رشد سریع جمعیت توسعه شهری و صنعتی شدن جوامع نیز این مشکلات را تشدید می نمایند زیرا تأثیرات نامطلوبی بر هیدرولوژی حوزه آبخیز داشته و سبب تشدید سیلابها و افزایش آلودگی در قسمتهای پایاب جریان پایه می‌گردند کاهش پیامد های تبعات زیانبار مذکور معمولاً با طراحی صحیح و تامین ظرفیت کافی شبکه های جمع آوری و دفع آبهای سطحی قابل تحقق است که معمولاً نیازمند شبیه سازی و استفاده از مدلهای ریاضی خواهد بود. خطر سیلاب شهری و پیچیدگی بالقوه موجود در سیستم زهکشی و سیلاب شهری اخیراً مورد توجه قرارگرفته است (هسو[2] و همکاران، ۲۰۰۰، چن[3]و همکاران، ۲۰۰۹، شریفان و همکاران، ۲۰۱۰) با توجه به رشد سریع شهرسازی و شهر نشینی درایران، مشکلاتی از جمله آب گرفتگی معابر سطح شهر، انتشار آلودگی‌ها زیست محیطی و خطرات ناشی از گسترش سیلاب بواسطه عدم و جود سیستم زهکشی مناسب و نابسامانی کانال‌ها و مسیل‌ها از معلات اساسی بسیاری از حوزه های شهری ایران به

1-Fernandez
2-Hsu
3-Chen

شمار می آیند و به نظر می رسد تا در سال‌های اخیر افزایش ریسک سیلاب در حوزه‌های شهری را نسبت به حوزه های طبیعی شاهد باشیم. به منظور رفع مشکلات ناشی از جاری شدن سیلاب در مناطقی از شهر که ریسک سیل بالا است، بایستی با دقت کافی، مقدار حجم یا دبی سیلاب ها، عمق سیلاب و مدت زمان کسترش سیلاب با استفاده از روش‌ها و مدل‌های متعارف تعیین گردد.

۱-۲- بیان مسأله

از زمان های گذشته به سیلاب های رودخانه ای و دشت سیلابی توجه خاصی شده، در حالی که سیلاب در محیط شهری کمتر مورد توجه قرار گرفته و عواقب اجتماعی و اقتصادی سیلاب در محیط شهری بطور اجتناب ناپذیری بیشتراز ٤٩/٢٪از ساکنان جهان را تحت تأثیر قرار داده است. آبگرفتگی در معابر عمومی و مختل شدن رفت و آمد وخسارات ناشی از آن یکی دیگر از مشکلات مناطق شهری است که ناشی از عدم برنامه ریزی دقیق شهری است مدیریت حوزه آبخیز شهری به منظور کنترل و کاهش جریان سطحی و تأثیر بر تولید رواناب انجام می شود. وقوع پدیده های طبیعی چون سیل ، تاکنون موجب بروز خسارات زیادی به جامعه بشری شده است. براساس آمارهای موجود، در کشور ایران ، در طی سالهای *۱۳۷۱-۱۳٦۱* ،٤٨١ مورد سیلاب مهم بوقوع پیوست که بالغ بر ٦٣٠ نفر تلفات انسانی به همراه داشته است (توکلی، ۱۳۸۰). همچنین در بررسی سیل های پرخسارت زا ۵۰ سال گذشته (*۱۳۷۰-۱۳۲۰*)، ۳۷۰۰ مورد سیل خسارت‌زا در کشور به ثبت رسیده است که بیشتر آنها در استانهای غرب و شمال کشور اتفاق افتاده است (خسرو شاهی، ۱۳۸۱). خصوصیات سیلاب برای درک و چگونگی عمل و نحوه مقابله با آن دارای اهمیت است. در پیش بینی سیلاب، خصوصیات رگبارو خصوصیات حوزه نقش تعیین کننده‌ی دارد (*بهره مند، ۱۳۸۹*). از طریق پهنه‌بندی سیلاب در شهرها، می‌توان مناطقی که احتمال خسارت زیادی دارند را تشخیص داد، تمهیدات کنترل سیلاب را در نظر گرفت و مسیرهای مطمئن برای امداد رسانی و مکان‌های امن برای اسکان مردم را شناسایی کرد. برنامه‌ریـــزان باید به فرآیند ارزیابی و پهنه بندی خطر سیـــلاب هنگام تعییـــن جهت توســـعه و مکان یابی برای احداث صنایع و ساختارهای زیربنایی در شهرها و مناطق مستعـــد سیل توجه کنند. اهمیت ارزیابی و پهنه بندی سیـــلاب، در برنامه ریزی کاربری اراضی و توسعه می‌باشد که مدیریت سیلاب در تمامی جنبه ها بایستی رویکردی برمبنای برآورد خطر، در تمام سطوح برنامه ریزی، برای

مناطق مستعد سیل گرفتگی داشته باشد. کاهش اثرات بحران، نیازمند تلفیق داده‌های مختلفی از جمله توپوگرافی، راهها، ساختمانها و تاسیسات شهری می‌باشد. به منظور مدیریت اصولی و کنترل سیلاب در حوزه های آبخیز شهری، شناخت مناطقی که در معرض خطر سیلاب قرار دارنداز اهمیت زیادی برخورداراست (جندقی، ۱۳۸۵).

۱-۳- ضرورت و توجیه علمی

شهر گرگان به علت قرارگیری در نزدیکی دریایی خزر از یک سو و وجود جبال البرز در جنوب و جنوب شرقی آن از سوی دیگر ، تحت تأثیر انتقالات آب و هوایی حوزه دریای خزر قرار دارد . ریزش باران در ناحیه گرگان بیشتر در فصول پاییز و زمستان صورت می گیرد البته در فصول بهار و تابستان نیز نزولات آسمانی را دارد اما کمتر و البته شدیدتر ، بنا به نمودارهای ایستگاههای هواشناسی حداکثر میزان بارندگی ماهیانه مربوط به اسفند ماه به میزان ۱۰۵ میلی متر و مهر ماه ۸٦/۹ میلی متر و مینیمم بارندگی در ماهها مرداد به میزان ۲٤/۷ میلی متر و تیر ماه به میزان ۳۲/۷ میلی متر می‌باشد. آب گرفتگی در سطح شهر گرگان هر ساله، بخصوص در بافتهای قدیمی شهر، مشکلات محسوس و نامحسوس فراوانی را برای مردم ایجاد می‌کند و در مناطق با بافت جدید نیز مشکل عبور و مرور در هنگام سیلاب را بوجود می‌آورد..با توجه به اینکه شهر گرگان در پایین دست حوزه آبخیز زیارت واقع شده است و رودخانه زیارت ازمناطق پرجمعیت شهری گرگان عبورمی کندو با در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی و همچنین گسترش محدوده های شهر گرگان که با ساخت و سازه های غیر اصولی و عدم رعایت رودخانه صورت می گیرد، میزان خسارات سیل را افزایش می دهد، حوزه شهری گرگان به عنوان مرکز جغرافیایی استان گلستان و وجود مراکز توریستی و گردشگری فراوان و بواسطه جاذبه های اکوتریسمی و گردشگری موجود در سطح شهر و حومه ی این شهر، همچنین وجود مراکز آموزشی دانشگاهی مهم در این شهر یکی از قطب های توریستی و گردشگری استان گلستان و شمال کشور محسوب می شود و در طول سال، جمعیت بی شمار از سراسر کشور جهت استفاده و بهره مندی از امکانات به این شهر سفر می کنند، که آورد اقتصادی بالایی را نصیب این شهر می نماید. متأسفانه بروز سیلاب های شهری پس از رخدادهای رگباری با شدت نسبتا بالا، با اختلال در رفت و آمد و تأثیرات منفی بر چشم اندازهای شهری و اختلال در روابط تجاری و گردشگری، تاثیرات

اقتصادی و اجتماعی منفی بسیاری را برجای می‌گذراد وجود شهرک های مسکونی و اماکن تجاری در این منطقه و بی نظمی‌های که در شبکه جمع آوری آبهای سطحی در این مناطق وجود دارد. همچنین احداث معابر ، جاده ها و اتوبان های جدید در این منطقه بدون توجه به مطالعات کنترل سیلاب در حوزه های بالادست و رواناب سطحی، انجام این پژوهش را ضروری و مشکل نموده است. سیستم های جمع آوری و دفع آبهای سطحی ناشی از بارندگی از اجزا مهم برنامه ریزی و عمران مناطق شهری هستند و هرگونه سهل انگاری در طراحی صحیح آنها می تواند برای جوامع بشری مشکل آفرین باشد. در طراحی شبکه جمع آوری آبهای سطحی با افزایش و وسیع تر شدن سطح شبکه مقدار خطاهای طراحی افزایش می یابد. برای کاهش این خطا نیاز به طراحی دقیق شبکه می باشد.استفاده از مدلهای رایانه ای کمک شایانی به طراحی دقیق نموده و در به دست آوردن طرح اقتصادی نقش بسیار مفید دارند.از آنجا که سیستم جمع آوری آب های سطحی هنوز به عنوان مساله مهمی در طراحی بافت شهری در نظر گرفته نشده و مشکلات ناشی از آن به وضوح در سطح شهرها دیده می شود، با این اوصاف بنظر میرسد امروزه شهر گرگان، نیازمند بررسی پتانسیلهایِ موجود جهت ارزیابی کارایی شبکه‌ی زهکشی موجود و تعیین ابعاد بهینه آن از لحاظ هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جهت تخلیه رواناب شهری می باشد. بر این اساس و با توجه به عوامل مختلف انسانی و طبیعی که در گسترش رواناب سطحی در حوزه شهری گرگان دخیل می‌باشند سوالات زیر مطرح می‌باشد.

۱- آیا شبکه زهکشی فعلی کارایی لازم برای تخلیه رواناب شهری را دارد؟

۲- آیا مدل SWMM می‌تواند ارزیابی کارایی شبکه ی زهکشی موجود و تعیین ابعاد بهینه آن را با دقت قابل قبول محاسبه نماید؟

۱-٤-اهداف

آب گرفتگی در مناطق شهری در اثر رگبارهای شدید مشکلات فراوانی را برای کل شهرهای جهان به وجود آورده است. تخمین عمق و پهنه های آب گرفتگی در دوره بازگشت های مختلف می تواند اطلاعات مناسبی برای وقوع و کاهش خطرات سیل آب گرفتگی برای مدیریت مناطق شهری فراهم نماید. بنابراین شبیه سازی صحیح فرایندهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی شهری و پیش بینی احتمال خطر سیلاب شهری برای بهبود طراحی زهکشی و اجرای فعالیت های کمک رسانی سریع امری مهم

و ضروری است. از طرف دیگر وضعیت ظاهری پیچیده مناطق شهری، فقدان داده های هیدرولوژیکی دقیق، نیاز به نقشه های با قدرت تفکیک بالا و نبود نقشه های شبکه زهکشی مناسب، شبیه سازی فرایندهای آب گرفتگی شهری را مشکل کرده است. لذا استفاده از روش هایی که با صرف وقت و هزینه کمتر و عدم نیاز به اطلاعات ورودی زیاد بتوان به نتایج قابل قبولی دست یافت ضروری است (رستمی خلج، ۱۳۹۰).

سیل زدگی شهرها دو نوع متفاوت است. در نوع اول رودخانه ها یا زهکش اصلی طغیان کرده، لبریز شده و اراضی مجاور را غرقاب می کند. نوع دوم بر اثر لبریز شدن شبکه جمع آوری و دفع آبهای سطحی ، هنگام رگبارهای شدید رخ می دهد. علت بروز این وضعیت، کمبود ظرفیت شبکه دفع حداکثر آبدهی لحظه ای سیلاب است که اغلب موارد انسداد و گرفتگی دهانه های ورودی مجاوی سیلابرو آن را تشدید می نماید (آشوری، ۱۳۸۸). اگر سیل زدگی شهرها از نوع دوم باشد، کاهش اثرات آن معمولاً با طراحی صحیح و تآمین ظرفیت کافی شبکه های جمع آوری و دفع آبهای سطحی قابل تحقق است. البته طراحی صحیح با توجه به تعدد و پیچدگیها عوامل موثر در تعیین میزان سیلابها، لزوم بررسی تاثیر تغییر و تحولات سریع حوزه‌ی آبخیز و نیاز به ارزیابی و کنترل بخصوص برای حوزه های بزرگ و شبکه های مرکب و پیچیده، نیازمند شبیه سازی و استفاده از مدل های ریاضی خواهد بود .در اینجا حوزه ها با توجه به نقش قابل ملاحظه ذخیره موقت ، استفاده از روشهای ساده برآورد سیلاب مجاز نیست و باید از تکنیک هایی استفاده شود که هیدرو گراف سیلاب را محاسبه وروندیابی می نماید (بخشی، ۱۳۸۵). با استفاده از مدلها دقت محاسبات و طراحی افزایش یافته و تسریع می گردد، عواملی که ممکن است بصورت تقریبی در نظر گرفته شده یا حذف شده اند از آنجایی‌که بحث آبگرفتگی و رواناب سطحی در سطح خیابان ها و معابر عمومی وخسارت‌های ناشی از آن در دهه اخیر یکی از مشکلات اساسی شهر گرگان محسوب می‌شود. لذا شایسته است که به این معضل اهمیت خاصی داده شود. اهداف این تحقیق به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشند.

۱-تعیین کارایی شبکه زهکشی فعلی جهت تخلیه رواناب سطحی شهر گرگان

۲-تعیین ابعاد بهینه شبکه زهکشی جهت تخلیه رواناب سطحی در شهر گرگان (در صورت عدم کارایی و کفایت شبکه زهکشی موجود).

۱-۵- فرضیه ها

مدیریت رواناب در مناطق شهری شامل کنترل جریان هرز آبها و اصلاح شبکه های زهکشی می باشد.رشد سریع شهرها به همراه افزایش جمعیت آن، مشکلات زیادی را در زمینه مدیریت رواناب ها در هنگام رخدادهای سیلابی به همراه دارد. کنترل وقایعی مانند آب گرفتگی معابر، اختلال در سیستم عبور و مرور، آلودگی منطقه بواسطه جاری شدن روان‌آب آلوده و سیل زدگی مناطق مسکونی و تأمین امنیت جانی، مالی و روانی شهروندان همواره دغدغه خاطر طراحان و برنامه‌ریزان شهری و مهندسین آب بوده است. سیستم فاضلاب قدیمی و توسعه اراضی غیر قابل نفوذ در مناطق شهری اثرات مهمی در وقوع این خطر 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 می شود. بر این اساس در تحقیق حاضر فرضیات زیر مطرح می‌باشد.

۱-شبکه زهکشی فعلی کارایی لازم برای تخلیه رواناب شهری را ندارد.

۲-مدل SWMM قادر به ارزیابی کارایی شبکه زهکشی موجود وتعیین ابعاد بهینه آن رادر شهر گرگان با دقت قابل قبول می‌باشد.

۱-٦- تعاریف و واژه‌ها

۱-٦-۱- مدیریت سیلاب در مناطق شهری

با توسعه روز افزون مناطق شهری و از بین رفتن اراضی کشاورزی مناطق غیرقابل نفوذ توسعه یافته، که این حالت موجب افزایش حجم و ارتفاع رواناب ناشی از بارش در حوزه های شهری می گردد. جریان جاری شده در حوضه های شهری بدلیل عبور از مناطق مختلف در سطح شهر دارای کیفیت نامناسب بوده و همراه خود مقدار زیادی آلودگی حمل می نماید. در صورت عدم تخلیه (زهکشی) مناسب رواناب ناشی از بارش های شهری امکان بروز سیلاب در سطح شهر افزایش می یابد. به دلیل اثرات مخرب ناشی از سیلاب در حوزه های شهری چگونگی انتقال، مدیریت و تخلیه رواناب های ایجاد شده در سطح شهر مورد توجه محققین و سازمانهای مربوطه از جمله شهرداری ها قرار گرفته است. کیفیت رواناب در حوزه های شهری بدلیل آلودگی‌های ناشی از وسایل نقلیه

موتوری، ساختمان سازی، کودهای شیمیایی مربوط به فضاهای سبز بسیار نامناسب می‌باشد. برای کاهش اثرات ناشی از کیفیت و کمیت رواناب در حوزه های شهری، سازه های متعددی بکار گرفته می شود. نوع، اندازه و چگونگی این سازه ها به تناسب، اندازه و شدت رواناب و همچنین میزان آلودگی تجمع یافته در این مناطق بستگی دارد .

۱-٦-۲-نقش طراحی سیستم جمع آوری و هدایت آب‌های سطحی در طراحی شهری

سیستم های جمع آوری و دفع آبهای سطحی ناشی از بارندگی از اجزا مهم برنامه ریزی و عمران مناطق شهری هستند و هرگونه سهل انگاری در طراحی صحیح آنها می تواند برای جوامع بشری مشکل آفرین باشد. مدیریت کمی و کیفی رواناب های شهری کار بسیار پیچیده‌ای است که هر روزه بر اهمیت آن افزوده می‌شود. طراحی سیستم جمع‌آوری آبهای سطحی و زیرزمینی در شهرها ارتباط بسیار نزدیکی با طراحی شهری دارد و عملاً بخشی از آن تلقی می‌شود. در بعضی از شهرها به علت وجود ویژگی‌های اقلیمی و محیطی خاص اهمیت آن بیشتر می‌شود و عدم برنامه‌ریزی صحیح در جهت هدایت آبهای سطحی و زیرزمینی باعث افزایش هزینه‌های مربوط جهت مقابله با اثر آب در مواقع بحرانی می‌گردد

۱-٦-۳-مدل های هیدرولوژیکی شبیه سازی بارش– رواناب مناطق شهری

شناخت هر چه بیشتر پدیده ها و پارامترها موثر در سلاب های شهر از یک سو و پیشرفت های روز افزون در زمینه های محاسباتی ، منجر به تهیه برنامه ها کامپیوتری گردیده که بواسطه آن با لحاظ نمودن عواملی که در گذشته صرفاً به صورت تقریبی در محاسبات وارد می شدند یا بعضاً نادیده گرفته می شدند، دقت محاسبات و طراح را بالا برد و آن را هرچه اقتصادی کرد. بدیهی است که سطح دقت محاسباتی بستگی به ابعاد طرح و هزینه های اجرای دارد. از آنجا که تهیه مدلهای کامپیوتری معمولاً مستلزم صرف وقت و هزینه های اولیه نسبتاً سنگین است، معمولاً مقرون به صرفه و صلاح

نیست که هر طرح و پروژه ای که در دست دارد برنامه کامپیوتری بنویسد. به همین دلیل، کاربرد مدل ای کامپوتری برا طراحی سستم های جمع آوری آبهای سطحی در شهر ها کاملاً رایج است. باید توجه داشت که مدلهای ریاضی صرفاً تلاشی برای انعکاس شرایط واقعی به کمک فرمول های ریاضی اند و بدین لحاظ ، نباید بیش از اندازه به آن ها متکی بود و عوامل اقتصادی، اجتماعی را نیز باید در نظر قرارداد. مهمترن نقش مدلهای کامپیوتر حوزه آبخیز، امکان پذیر ساختن ارتباط منطقی بین فرایندهای هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، کیفت آب و اقتصادی با صرف هزینه معقول است (بهبهانی، ۱۳۸۸).

۱-۷-انتخاب مدل

برای انتخاب مدل لازم است تا با توجه به وضعیت منطقه مورد مطالعه و توانایی هایی که مدل بایستی دارا باشد را مشخص نمود تا براساس این توانایی ها مدل های متناسب و قابل دسترس را بررسی نمود.اولین موضوعی که در محاسبات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی رواناب شهری بایستی در نظر داشت، نوع محاسبات، آمار وارقام مورد نیاز و شرایط منطقه می باشد. پس از مطالعه مدل های فوق در زمینه های آبخیزداری شهری و رواناب های شهری و با توجه به وجود پیچیدگی های مختلف در شبیه سازی شبکه جمع آوری آبهای سطحی و قابلیت اختصاصی مدل ریاضی SWMM به عنوان مدل شبیه ساز رواناب سطحی شهر گرگان انتخاب شد. از دلایل ارجحیت این مدل بر مدل های دیگر قابلت ارزیابی وضعیت سیستم شبکه زهکشی منطبق با شرایط شهری و بنا به قابلیت شبیه سازی رواناب سطحی و توانایی ارزیابی و ارائه بهترین کارهای مدیریتی می‌باشد.

۱-۷-۱- مدل SWMM

SWMM[1] مدل شبیه سازی دینامیکی بارش-رواناب (تک واقعه و پیوسته) با قابلیت احتساب پدیده های تبخیر، ذوب برف، چالاب، نفود عمقی و جریانهای زیر سطحی است. در این مدل برآورد سیلاب با روش موج سیستماتیک و ترکیب المانهای جریان‌های روزمینی و کانالیزه شده صورت می

1- Storm Water Management Model

پذیرد. بنابراین دارای مبنای فیزیکی ، نگاه توزیعی، امکان بررسی جداگانه نواحی نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر و همچنین قابلیت شبیه سازی پاسخ غیر خطی حوزه به بارندگی اضافی است. خروجی های مدل نیزبه صورت جدولی و گرافیکی بوده و اهم آنها عبارتندازهیدروگراف سیلاب ورودی و میزان سیل زدگی در اتصالات ، پروفیل سطح آب، میزان ظرفیت اشغال شده، عمق، سرعت و عددفرود در زمان های مختلف در مجاری، نقاط و بازه های بحرانی براساس شاخص کاربر وهمچنین هیدروگراف سیلاب خروجی از زیر حوزه هارا شامل می باشد.از آنجا که مدل، جریان رواناب را در قالب شبکه زهکشی زیر حوزه ها و کلیه مجاری عبور آب شبیه سازی کرده و در طول مجاری و در محل اتصال کانالها پروفیل سطح آب را ارائه می دهد، می‌توان از این مدل در مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی استفاده کرد و به برنامه ریزان امکان بررسی گزینه های مختلف طراحی را می‌دهد.

فصل دوم

(سابقه تحقیق)

۲-۱- مقدمه

یکی از بخش‌های مهم هر تحقیق را مرور منابع شامل می‌شود. در این فصل به سابقه تحقیق علمی تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور در خصوص مدیریت سیلاب، شبیه‌سازی جریان و ارزیابی شبکه جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی در حوزه های شهری با استفاده از مدل SWMM و استفاده از راهکارهای مدیریتی در کنترل جریان اشاره می‌گردد. برای دستیابی به روش کاربردی، روش‌های مختلف انجام تحقیقات مشابه و نتایج حاصل از آنها بررسی شده است. اهمیت کاهش خسارات ناشی از پدیده سیل و نیاز به به روش‌های مدیریت منابع آب سطحی، زمینه انجام پژوهش‌های مختلفی را فراهم نموده است که در ادامه برخی از آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲-مطالعات انجام شده در خارج از کشور

سلوالینگام[1] و همکاران (۱۹۷۸)، با هدف ارزیابی و طراحی سیستم زهکشی جریان سیلابی در آبخیز سنگاپور از مدلهای روندیابی RORB[2] و SWMM برای شبیه سازی سیلاب استفاده استفاده نمودند. نتایج شبیه سازی نشان داد که هر دو مدل کارایی خوبی درشبیه سازی سیستم شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه دارند، هرچند مدل SWMM با خطای کمتری رواناب تولیدی را برآورده است.

هسو[3] و همکاران (۲۰۰۰)، جریان سیلابی فاضلاب روهای مرکب مناطق مرکزی شهری تاپیه در شمال تایوان را ارزیابی نمودند. ایشان با شبیه سازی بارش طرح ۲٤ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با استفاده از مدل SWMM و واسنجی مدل، طغیان سیل را در مجاری فاضلاب مورد تجزیه و تحلیل قرار دارند. نتایج نشان داد، مدل SWMM برای تجزیه و تحلیل سیلاب شبکه های فاضلاب مناسب است. همچنین می تواند برای تهیه پتانسیل سیل خیزی و اقدامات کاهش سیل به عنوان بخشی از سیستم های تصمیم گیری کنترل سیل قرارگیرند.

1-Selvalingam
2- Run off Ruting Model
3- Hsu

اسکاتا[1](۲۰۰۶)، مدل SWMM را برای طراحی سستم فاضلاب بهداشتی(زیر زمینی) بکار بسته است.وی اظهار می دارد با اینکه گمان می رود SWMM منحصراً ابزاری برای تحلیل سستم فاضلاب سطحی باشد اما در کار خود نشان داد که می توان از آن برا تحلیل و طراحی فاضلاب زیر زمینی نیز استفاده کرد.وی همچنین نشان داد که پارامترهای مدل SWMM چگونه می تواند برای به کار بستن نفوذ و جریانات درونی به خوبی جریان های فاضلاب سطحی تنظیم شود.

جانگ[2] و همکاران (۲۰۰۷)، در تحقیقی ابتدا اقدام به بررسی کاربردی بودن مدل SWMM در سه حوزه آبخیز طبیعی در کشور کره جنوبی نمودند، که نتایج حکایت از آن داشت، که مدل SWMM به همان میزان که در حوزه‌های شهری کاربرد دارد در حوزه‌های آبخیز طبیعی، نیز قابل استفاده می‌باشد. سپس ضمن مقایسه روش‌های مرسوم هیدروگراف مصنوعی (SCS و Clark) و مدل هیدرولوژیکی SWMM در ارزیابی سیلاب برای شرایط قبل و بعد از توسعه شهری، در چهار منطقه در کشور کره جنوبی به این نتیجه رسیدند که استفاده از مدل SWMM برای بررسی شرایط قبل و بعد از توسعه بهترین نتیجه را ارائه می‌نماید و اثرات شهرسازی بر روی رواناب تولیدی را به‌خوبی نشان می‌دهد.

پارک[3]و همکاران (۲۰۰۸)، با هدف بررسی اثر تقسیم بندی حوزه آبخیز و تفکیک مکانی شبکه زهکشی فاضلاب در کره جنوبی اقدام به شبیه سازی هیدروگراف جریان و حجم بارهای آلاینده با استفاده از مدل SWMM نمودند. نتایج نشان داد مدل SWMM برآورد خوبی از دبی اوج و حجم رواناب داشته است و اثر تفکیک مکانی روی نتایج رواناب سطحی معنی دار نبوده است. کل بار آلاینده رواناب در تعدادی از زیر حوزه هابا افزایش تفکیک مکانی افزایش یافته است و همچنین بارآلودگی تجمع یافته در یک زیر حوزه که با چندین زیرحوزه باکاربری مختلف ترکیب شده است با کاهش تفکیک مکانی کاهش یافته است.

1-ScoottA
2-Jang
3-Park

۲-۲-۱ جمع بندی مطالعات خارجی

در بعضی از مطالعاتی که در زمینه مدل SWMM ذکر شد، از این مدل برای برنامه‌ریزی، مدیریت رواناب شهری و افزایش سطح خدمات شهری استفاده شده است، که نتایج نشان دهنده‌ی کارایی لازم مدل SWMM برای شبیه سازی رواناب در مناطق شهری است و پس از شناخت مناطق دارای آبگرفتگی و بروز سیلاب می توان از این مدل با سطح اطمینان بالای برای طراحی شبکه های جمع آوری و دفع آبهای سطحی و مدیریت رواناب در مناطق شهری استفاده نمود. همچنین در مطالعات بررسی شده در زمینه کاربرد GIS در مطالعات سیلاب در مناطق شهری مشخص است کاهش اثرات این بحران نیازمند فراهم آوردن داده های مختلف از جمله توپوگرافی، راه ها، ساختمان و تاسیسات شهری می باشد. در این راستا GIS به عنوان ابزار کلیدی در تهیه پارامترهای ورودی به مدل های مختلف موثر می باشد.

۲-۳- مطالعات انجام‌شده در ایران

بخشی‌علی (۱۳۸۵)، در تحقیقی اقدام به شبیه‌سازی سیستم زهکشی منطقه ۲۲ تهران با استفاده از مدل Mike SWMM نمود، نتایج تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از مدل مذکور نشان داد که شیب حوزه‌ها و نیز نواحی با تراکم بالا بیشترین تاثیر را در دبی اوج هیدروگراف داشته است. بنابراین استفاده از مدل مدیریت سیلاب Mike SWMM به‌عنوان ابزاری موثر و کارآمد جهت مدیریت سیلاب ارزیابی و پیشنهاد گردیده است.

صنعی و احمدی‌جزی (۱۳۸۵)، با مقایسه روش منطقی[1] و مدل SWMM در تعیین دبی سیلاب بر روی سه مسیل بزرگ شهر مشهد به این نتیجه رسیدند که مقادیر دبی‌های سیلاب به‌دست آمده از روش منطقی بین ۱۰ تا ۱۳۰ درصد بیشتر از مقادیر به‌دست آمده با استفاده از مدل SWMM است. همچنین بر اساس نتایج تحقیق مذکور هرچه وسعت حوزه آبخیز مسیل‌ها بیشتر شوند، اختلاف نتایج بین روش منطقی و مدل SWMM بیشتر می‌شود. این روند افزایش اختلاف بین روش منطقی و مدل SWMM تا وسعت

1-Rational Method