بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد **(M.Sc.)**

گرایش: عمران آب

عنوان:

شبیه سازی سطوح آبگیر باران (خرد مقیاس) به منظور استفاده از رواناب پشت بام‌های مناطق غیر مسکونی؛

(مطالعه موردی: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور)

استاد راهنما:

دکتر عبدالمحمد غفوری روزبهانی

استاد مشاور:

دکتر سید جواد طباطبایی یزدی

پژوهشگر:

محمد داودوندی

زمستان ۱۳۹۰

Islamic Azad University
Central Tehran Branch
Facoulty of Engineering- Department of Civil Engineering
"M.Sc" Thesis
On Water Engineering

Subject:

Simulation Of Small Scale Rainwater Catchment Systems In Order Of Roof Runoff In Non-residential Regions: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Advisor:
Dr. Abdol Mohammad Ghafouri Rozbahani

Reader:
Dr. Javad Tabatabaee Yazdi

By:
Mohammad Davoodvandi

Winter 2011

تشکر و قدردانی:

با حمد و سپاس از خدای بی همتا که شاهکار خلقتش را به گونه ای آفرید که منشاء پیدایش علم، دین، اخلاق و هنر گردید و با الطاف ویژه و اعطای نعمت تعقل و تفکر او را از جهالت، نادانی و تاریکی رهانید و به سوی نور علم و دانش رهنمون ساخت. اکنون که با لطف پروردگار رب العالمین و همراهی و یاری اساتید بزرگوارم، این تحقیق به فرجام رسید وظیفه خود می‌دانم پس از سپاس و تشکر از خدای رحمان رحیم و یگانه هستی بخش جهان از یکایک آنان تشکر و قدردانی کنم، هرچند زبان قاصر از بیان لطف و تلاششان است.

استاد ارجمند جناب آقای دکتر عبدالمحمد غفوری روزبهانی که به عنوان استاد راهنمای این تحقیق زحمت هدایت و راهنمایی اینجانب را در طی این پژوهش بر عهده داشتند و با راهنمایی های ارزشمند خود مرا در به ثمر رساندن این تحقیق یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. اینجانب بخش عمده دانستنی های خود را مدیون کمک‌های بی شائبه ایشان می‌دانم.

استاد گرانقدر جناب آقای دکتر سید جواد طباطبایی یزدی به عنوان استاد مشاور این تحقیق که با استفاده از تجارب و راهنمای های ارزنده علمی خویش، یاری دهنده این تحقیق بودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

ازجناب آقای دکتر صادقیان که علیرغم مشغله زیاد، زحمت داوری پایان نامه به عهده این بزرگوار بود، نیز کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از کلیه کارشناسان سازمان هواشناسی کشور و اداره کل هواشناسی استان تهران به خاطر کمک در جمع آوری اطلاعات پایه این تحقیق، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از کلیه همکلاسیهای عزیزم، دانشجویان ورودی ۱۳۸۷ نیز سپاسگذارم، امیدوارم یکایک این عزیزان در پناه خدا همواره موفق، سربلند و پیروز باشند. در نهایت از همسر مهربانم نیز که همواره مرا در انجام این مهم ترغیب می کرد، کمال تشکر و قدردانی دارم.

تقدیم به:

پدر عزیز و زحمت کش

مادر مهربان و فداکار

و همسر عزیز و گرامی

که

از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

از کردارشان ایمان

از تلاششان پشتکار

و از صبرشان ایستادگی آموختم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه **۴**

۱-۱ مقدمه ۴

۱-۲ بیان مسئله ۵

۱-۳ ضرورت و اهمیت انجام تحقیق ۶

۱-۴ دامنه تحقیق ۸

۱-۵ سؤالات اساسی تحقیق ۹

۱-۶ فرضیات تحقیق ۹

۱-۷ اهداف تحقیق ۱۰

۱-۸ ساختار پایان نامه ۱۰

فصل دوم: مرور مبانی نظری و پیشینه تحقیق **۱۳**

۲-۱ مقدمه ۱۳

۲-۲ سوابق موجود ۱۴

۲-۳ هدف از استحصال آب ۱۵

۲-۴ انواع روشهای استحصال آب باران ۱۶

۲-۵ سطح آبگیر ۱۷

۲-۵-۱ نیاز آبی ۱۸

۲-۵-۲ بارندگی ۱۹

۲-۶ طراحی سیستم های سطوح آبگیر باران ۱۹

۲-۷ محاسبه حجم مخزن ۲۰

۲-۸ مروری بر پیشینه تحقیقاتی کاربرد استحصال آب باران در منابع علمی ۲۰

۲-۹ مروری بر پیشینه تحقیقاتی مدل Aquacycle ۲۵

۲-۱۰ جایگاه مدل Aquacycle ۲۶

۲-۱۱ تشریح مدل ۲۷

۲-۱۱-۱ چرخه آب شهری ۲۸

۲-۱۱-۲ راهنمای مدلسازی ۲۹

۲-۱۱-۳ ساختار مدل ۳۰

۲-۱۱-۴ تشریح چرخه آب شهری ۳۱

۲-۱۲ مقیاس واقعی(۳بعدی) ۳۲

۲-۱۲-۱ مقیاس بلوک واحد ۳۲

۲-۱۲-۲ مقیاس همسایگی ۳۳

۲-۱۲-۳ مقیاس سطح آبگیر ۳۴

۲-۱۳ استفاده از فاضلاب و رواناب حاصل از باران ۳۴

۲-۱۴ گزینه های نیازهای آب از منابع مختلف موجود ۳۵

۲-۱۵ جریانات رواناب حاصل از باران ۳۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۱۶ رواناب سطح نفوذناپذیر ۳۸
۲-۱۶-۱ جریان پایه در رواناب سطوح نفوذپذیر ۳۹
۲-۱۶-۲ نفوذ جریان درونی به داخل سیستم فاضلاب ۴۰
۲-۱۷ ظرفیت آبیاری ۴۰
۲-۱۸ محاسبه تبخیر-تعرق ۴۲
۲-۱۸-۱ تبخیر-تعرق واقعی از سطوح نفوذپذیر ۴۲
۲-۱۸-۲ تبخیر از سطوح نفوذناپذیر ۴۳
۲-۱۹ پروفیل آب مصرفی در منازل مسکونی ۴۳
۲-۱۹-۱ جمعیت خانوار کمتر از ۷ نفر ۴۴
۲-۱۹-۲ جمعیت خانوار بیش از ۷ نفر ۴۴
۲-۲۰ نشت ۴۵
۲-۲۱ آب وارداتی ۴۵
۲-۲۲ فاضلاب تخلیه شده ۴۵
۲-۲۳ ذخیره سازی سطح نفوذناپذیر ۴۵
۲-۲۴ ذخیره سازی سطح نفوذپذیر ۴۶
۲-۲۵ ذخیره سازی آب زیرزمینی ۴۶
۲-۲۶ فرایند ذخیره سازی رواناب حاصل از باران ۴۷
۲-۲۷ انتقال فلاشینگ ۴۸
۲-۲۸ رابطه تانک آب باران و سطح موثر ۴۸
۲-۲۹ تصفیه فاضلاب و ذخیره سازی آن ۴۹
۲-۳۰ ذخیره آبخوان و عملیات بازیابی ۵۰
۲-۳۱ ارزیابی عملکرد استفاده مجدد ۵۲
۲-۳۲ بهینه سازی اندازه یک مخزن ذخیره ۵۳
۲-۳۳ انتقال آب بین همسایگی ها ۵۳
۲-۳۴ معرفی اجمالی مدل ۵۴
۲-۳۵ جمع بندی ۵۶
فصل سوم: مواد و روش ها ۵۹
۳-۱ مقدمه ۵۹
۳-۲ ساختار اطلاعات مورد نیاز ۵۹
۳-۳ منابع اطلاعاتی ۵۹
۳-۴ سیمای منطقه مورد مطالعه ۶۰
۳-۴-۱ ویژگی های جغرافیایی منطقه طرح ۶۰
۳-۴-۲ هوا و اقلیم شناسی ۶۱
۳-۴-۳ جمعیت دائم و غیر دائم منطقه طرح ۶۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۴-۴ نیازهای مصارف غیر شرب ۶۲
۳-۴-۵ دلایل انتخاب منطقه مورد مطالعه (پتانسیلها، مشکلات و کمبودها) ۶۳
۳-۵ مواد تحقیق ۶۳
۳-۵-۱ نرم افزارهای مورد استفاده ۶۳
۳-۵-۲ داده های مورد استفاده ۶۳
۳-۶ روَند نمای تحقیق ۶۴
۳-۶-۱ جمع آوری آمار و اطلاعات هواشناسی مشاهده شده ۶۵
۳-۶-۲ ورودی های مدل Aquacycle ۶۶
۳-۶-۳ نحوه بارگذاری فایلهای ورودی ۷۶
۳-۶-۴ فایل های خروجی مدل ۷۹
۳-۶-۵ عملیات شبیه سازی ۸۰
۳-۶-۶ عملیات بهینه سازی ۸۲
۳-۷ جمع بندی ۸۳
فصل چهارم: نتایج ۸۵
۴-۱ مقدمه ۸۵
۴-۲ پیش فرض های مدل برای شبیه سازی و بهینه سازی ۸۶
۴-۳ سناریوهای مدلسازی ۸۶
۴-۴ جداول تولید شده در محیط برنامه Aquacycle ۸۶
۴-۴-۱ جداول برنامه شبیه سازی شده ۸۶
۴-۵ عملیات بهینه سازی ۹۳
۴-۶ سناریو شماره ۱ ۹۵
۴-۷ سناریو شماره ۲ ۹۶
۴-۸ سناریو شماره ۳ ۱۰۰
۴-۹ خلاصه و جمع بندی ۱۰۲
فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری ۱۰۵
۵-۱ مقدمه ۱۰۵
۵-۲ اساس مدل Aquacycle ۱۰۵
۵-۳ شبیه سازی مدل Aquacycle بر اساس فرآیندهای موجود ۱۰۶
۵-۴ گام زمانی مدل و سری زمانی خروجی مدل Aquacycle ۱۰۶
۵-۵ کالیبراسیون و اعتبار سنجی ۱۰۶
۵-۶ تحلیل نمودارها و جداول شبیه سازی شده در سناریوهای مطروحه ۱۰۷
۵-۶-۱ تحلیل نمودارها و جداول شبیه سازی سناریوی شماره ۱ ۱۰۷
۵-۶-۲ تحلیل گراف ها و جداول شبیه سازی سناریوی شماره ۲ ۱۰۸
۵-۶-۳ تحلیل گراف ها و جداول شبیه سازی سناریوی شماره ۳ ۱۰۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۵-۷ تحلیل نمودار و جداول بهینه سازی اندازه مخزن ۱۰۹
۵-۷-۱ تحلیل نمودار و جدول حجم بهینه سناریو شماره ۱ ..... ۱۰۹
۵-۷-۲ تحلیل نمودار و جدول حجم مخزن بهینه سازی سناریو شماره ۲ ..... ۱۱۰
۵-۷-۳ تحلیل نمودار و جدول حجم مخزن بهینه سازی در سناریوی شماره ۳ ..... ۱۱۲
۵-۸ نتیجه گیری ۱۱۳
۵-۹ جمع بندی ۱۱۵
۵-۱۰ پیشنهادات ۱۱۶
۵-۱۰-۱ پیشنهادات تحقیقاتی ۱۱۷
۵-۱۰-۲ پیشنهادات اجرایی ۱۱۷
فهرست منابع و مآخذ: **۱۱۹**

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ اهداف اصلی برنامه Aquacycle ۳۱
جدول ۲-۲ اولویت بندی تامین تقاضا از منابع گوناگون موجود ۳۶
جدول ۲-۳ روشهایی برای بازیافت رواناب و فاضلاب موجود در برنامه Aquacycle ۳۷
جدول ۳-۱ ضرائب تشت تبخیر کلاس A آمریکایی ۶۶
جدول ۳-۲ نوع فایل های اطلاعات ورودی ۶۶
جدول ۳-۳ میانگین تبخیر-تعرق ماهانه برای دوره آماری محدوده طرح(سالهای ۱۹۸۲-۱۹۹۶) ۶۹
جدول ۳-۴ میانگین تبخیر-تعرق ماهانه برای دوره آماری محدوده طرح(سالهای ۱۹۹۷-۲۰۱۰) ۷۰
جدول ۳-۵ متوسط مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) در حدود سال ۱۳۹۵ ..... ۷۰
جدول ۳-۶ دادههای ورودی فایل پارامترهای اندازه گیری ۷۲
جدول ۳-۷ دادههای ورودی فایل پارامترهای کالیبراسیون ۷۳
جدول ۳-۸ دادههای ورودی فایل پارامترهای اندازه گیری ۷۳
جدول ۳-۹ دادههای ورودی مقیاس بلوک واحد طرح ۷۴
جدول ۳-۱۱ دادههای ورودی مقیاس سطح آبگیر در مدل Auqacycle ۷۶
جدول ۳-۱۲ انواع فایلهای خروجی در مدل Aquacycle ۸۰
جدول ۴-۱ نتایج بیلان آبی سناریوی شماره ۱ ..... ۸۷
جدول ۴-۲ شرایط اقلیمی موجود سناریوی شماره ۱ ..... ۸۹
جدول ۴-۳ میانگین مصارف آب خانگی برای سناریوی شماره ۱ ..... ۹۱
جدول ۴-۴ عملکرد سیستم تانک آب باران در عملیات شبیه سازی سناریوی شماره۱ ..... ۹۳
جدول ۴-۵ احجام تانک آب باران در عملیات بهینه سازی شده سناریوی شماره ۱ برای دوره ۱۹ ساله آماری ۹۵
جدول ۴-۶ نتایج اصلی بدست آمده بعد از عملیات شبیه سازی و بهینه سازی سناریوی شماره۱ ..... ۹۶
جدول ۴-۷ نتایج بیلان آبی سناریوی شماره ۲ ..... ۹۷
جدول ۴-۸ میانگین مصارف آب غیر شرب سناریوی شماره ۲ ..... ۹۷
جدول ۴-۹ عملکرد سیستم تانک آب باران در عملیات شبیه سازی سناریوی شماره۲ ..... ۹۸
جدول ۴-۱۰ احجام تانک آب باران در عملیات بهینه سازی شده سناریوی شماره ۲ برای دوره ۱۹ ساله آماری ۹۸
جدول ۴-۱۱ نتایج اصلی بدست آمده بعد از عملیات شبیه سازی و بهینه سازی سناریوی شماره ۲ ..... ۹۹
جدول ۴-۱۲ نتایج بیلان آبی سناریوی شماره ۳ ..... ۱۰۰
جدول ۴-۱۳ میانگین مصارف آب غیر شرب سناریوی شماره ۳ ..... ۱۰۰
جدول ۴-۱۴ عملکرد سیستم تانک آب باران در عملیات شبیه سازی سناریوی شماره ۳ ..... ۱۰۱
جدول ۴-۱۵ احجام تانک آب باران در عملیات بهینه سازی شده سناریوی شماره ۳ برای دوره ۱۹ ساله آماری ۱۰۱
جدول ۴-۱۶ نتایج اصلی بدست آمده بعد از عملیات شبیه سازی و بهینه سازی سناریوی شماره ۳ ..... ۱۰۲
جدول ۵-۱ بررسی اثرات احجام مخازن جمع کننده باران در سناریوی شماره ۱ ..... ۱۰۹
جدول ۵-۲ نتایج بیلان آبی مخزن انتخابی سناریوی شماره ۱ ..... ۱۱۰
جدول ۵-۳ بررسی اثرات احجام مخازن جمع کننده باران در سناریوی شماره ۲ ..... ۱۱۱
جدول ۵-۴ نتایج بیلان آبی مخزن انتخابی سناریوی شماره ۲ ..... ۱۱۱
جدول ۵-۵ بررسی اثرات احجام مخازن جمع کننده باران در سناریوی شماره ۳ ..... ۱۱۲
جدول ۵-۶ نتایج بیلان آبی مخزن انتخابی سناریوی شماره ۳ ..... ۱۱۳

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ نمونه ای از یک سطح آبگیر کوچک ۱۶
شکل ۲-۲ نمونه ای از یک سطح آبگیر بزرگ ۱۷
شکل ۲-۳ شماتیک سیستم آب شهری در مدل Aquacycle ۲۹
شکل ۲-۴ ساختار مدل Aquacycle ۳۰
شکل ۲-۵ تشریح چرخه آب شهری در مدلAquacycle ۳۲
شکل ۲-۶ محاسبه تبخیر-تعرق سطوح نفوذپذیر ۴۳
شکل ۲-۷ ساختار مفهوم مدل مخزن رواناب ۴۷
شکل ۲-۸ ساختار واحد تصفیه خانه و مخزن فاضلاب ۵۰
شکل ۲-۹ ساختار سیستم بازیابی و مخزن آبخوان ۵۲
شکل ۲-۱۰ مقیاس های مکانی در مدل Aquacycle ۵۵
شکل ۳-۱ موقعیت مکانی منطقه طرح ۶۱
شکل ۳-۲ جریانی ساده از طرح تحقیقاتی ارائه شده ۶۴
شکل ۳-۳ صفحه اصلی برنامه Aquacycle ۶۷
شکل ۳-۴ مسیر دسترسی به پارامترهای اندازه گیری ۷۱
شکل ۳-۴ نمودار منابع آب خانوار در مقیاس همسایگی(Grace Mitchell et. All,conbera2001) ۸۱
شکل ۳-۵ بیلان آبی سالانه در مقیاس همسایگی ۱ و ۲(Grace Mitchell et. All,conbera2001) ۸۱
شکل ۳-۶ صفحه نمایش بهینه سازی اندازه مخزن(Grace Mitchell et. All,conbera2001) ۸۲
شکل ۳-۷ حجم مورد قبول آزمایش شده در مدت بهینه سازی برای اندازه های متفاوت تانک آب باران(Grace Mitchell et. All,conbera2001) ۸۳
شکل ۴-۱ تصویر خروجی بیلان آبی از نتایج شبیه سازی شده سناریوی شماره ۱ ..... ۸۸
شکل ۴-۲ تصویر خروجی شرایط اقلیمی از نتایج شبیه سازی شده سناریوی شماره ۱ ..... ۸۹
شکل ۴-۳ نمودار بارندگی و تبخیر روزانه در کل دوره آماری طرح ۹۰
شکل ۴-۴ گراف و مقادیر میانگین آب مصرفی خانوار از نتایج شبیه سازی شده برای سناریوی شماره ۱ ..... ۹۱
شکل ۴-۵ نمایی کلی از گراف و خروجی عملکرد سیستم تانک آب باران شبیه سازی شده ۹۲
شکل ۴-۶ نحوه اجرای برنامه بهینه سازی در مدل Aquacycle ۹۴
شکل ۴-۷ نمودار حجم بهینه سازی مخزن تانک باران محدوده طرح برای سناریوی شماره ۱ ..... ۹۴
شکل ۴-۸ نمودار حجم بهینه سازی مخزن تانک باران منطقه طرح در سناریوی شماره۲ ..... ۹۹
شکل ۴-۹ نمودار حجم بهینه سازی مخزن تانک باران محدوده طرح برای سناریوی شماره۳ ..... ۱۰۲

چکیده

در گذشته، هدف اصلي مديريت رواناب شهري جمع‌آوري و دفع هرچه سريع‌تر رواناب از سطح شهرها به كمك روشهاي زهكشی به منظور جلوگيري از سيلابي شدن شهرها در خلال باران‌هاي نسبتاً بالا بوده است. از یک سو بدلیل افزایش رشد جوامع شهری و از سوی دیگر به خاطر وجود محدودیت های اقتصادی در تامین آب مطمئن و مناسب، رويكرد فرصت‌هاي استفاده از رواناب شهري به عنوان منبع غيرآشاميدني بيشتر شناخته شده است. امروزه، ایده نصب و راه اندازی مخازن آب باران، جمع آوری، تصفیه و استفاده مجدد از رواناب به منظور تصویب طرح‌های توسعه شهری در نظر گرفته می‌شود.

اگر رواناب شهري به جاي در نظر گرفته‌شدن به عنوان فاضلاب، به منظور يك منبع آب در نظر گرفته شود، مي‌تواند منشاء فواید بسياري گردد. اين مسئله حجم مورد تقاضاي آب آشاميدني كه در حقيقت يك محصول وارداتي است، به طرز قابل توجهي در مناطق شهري كاهش خواهد داد.

مدلسازی یکپارچه چرخه آب شهری می‌تواند یک ابزار قدرتمند در برآورد پتانسیل فعالیتهایی از قبیل بررسی مسائل مربوط به تامین آب، تولید فاضلاب و رواناب سیلاب در یک چارچوب جامع باشد. بمنظور شبیه سازی بازیافت رواناب شهري از مدل Aquacycle استفاده مي‌شود، كه مدلي براي بيلان آب شهري است و در مركز همكاري هاي مشترك براي هيدرولوژي حوضه ها (CRC for Catchment Hydrology) طراحي شده و مورد استفاده قرار مي‌گيرد. همچنین این بسته نرم افزاری می تواند برای ارزیابی طرحهای استفاده مجدد از فاضلاب و رواناب، مورد استفاده قرار گیرد.

در تحقيق حاضر شبيه سازي سطوح آبگير باران در مقياس كوچک به‌منظور استفاده غيرآشاميدني و همراه با سيستم آبرساني موجود مورد بررسي قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه محل پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور انتخاب شده است. این پژوهشکده بیش از ۲/۵ هکتار وسعت دارد و پوشش عمده قسمت‌های مختلف این پژوهشکده، مسقف با سطح شیبدار است که سهم بخش اداری در حدود ۰/۹۵ هکتار می‌باشد. رواناب حاصل از باران پشت بام پژوهشکده بر اساس دوره آماری ۱۹ ساله (۱۹۹۲-۲۰۱۰) شبيه سازي و با سناريو سازی در نياز مصارف غير شرب مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت. سپس، حجم بهینه مخزن آب باران برای گزینه های مطروحه تعیین و ارزیابی گردید. در نهایت، روش‌های استفاده مجدد بر اساس سه شاخص پایداری (یعنی کاهش آب وارداتی، فاضلاب تولیدی و رواناب حاصل از باران) همراه سناریوی منتخب ارزیابی شدند.

نتایج مدلسازی سناریوی منتخب نشان می‌دهد که کاهش ۵۰ درصدي در آب وارداتي (برداشت آب زیرزمینی) را با استفاده از استحصال آب باران پشت بام پژوهشکده حاصل می شود و همچنین سبب کاهش ۴۴% جاری شدن رواناب حاصل از باران می شود.

در نهایت، حجم مخزن بهینه برای ذخیره و مصرف مجدد آب باران پشت بام اداری پژوهشکده، با احتساب ۵۰% اعتبار حجم سنجی برابر m^3 ۱۰۰ بدست آمد.

کلید واژه‌ها: استحصال آب باران، استفاده مجدد، بهینه سازی، رواناب شهری، شبیه سازی، مدل **Aquacycle**

فصل اول

مقدمه

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه

همگام با رشد جمعيت و شهرنشيني و ثبات نسبي منابع آب جستجو براي راه‌هاي نوين براي بازچرخاني آب و اصلاح كردن روش‌هاي سنتي براي استفاده بهينه از منابع آب در قالب تحقيقات و مطالعات مختلف آغاز شده است. در امتداد اين روند، وارد كردن حجم بزرگي از آب به مناطق شهري براي استفاده‌هاي مختلف و خارج كردن حجم بزرگتري به عنوان رواناب شهري و فاضلاب خانگي همواره مورد سؤال بوده است.

اگرچه در بسياري در شهرهاي دنيا، با توجه به سطح رفاه اجتماعي، سيستم انتقال رواناب شهري از سيستم انتقال فاضلاب خانگي جدا بوده و بر اساس حجم فاضلاب و رواناب ناشي از بارندگي سيستمهاي جمع آوري و دفع رواناب شهري و فاضلاب بخوبي پاسخگوي نيازها مي-باشد و ضروري است، ولي در برخي از مواقع وجود اين سيستمها براي انتقال كل رواناب شهري لازم نمي‌باشد.

اگر رواناب شهري به جاي در نظر گرفته شدن به عنوان فاضلاب، به منظور يك منبع آب در نظرگرفته شود، مي تواند منشاء فوايد بسياري گردد. اين مسئله حجم مورد تقاضاي آب آشاميدني كه در حقيقت يك محصول وارداتي است را به طرز قابل توجهي به مناطق شهري كاهش خواهد داد.

سطوح آبگير باران با استراتژي كنترل رواناب در محل توليد و حتي الامكان قبل از حركت بر روي سطح زمين، بخاطر جلوگيري از حل املاح و آلوده شدن، حركتي در جهت توسعه پايدار مناطق شهري است. پارامترهاي كمي و كيفي رواناب شهري، فن‌آوريهاي تصفيه، روش‌هاي باز چرخاني توسعه و معماري شهرها، اقليم منطقه‌اي و مسائل اجتماعي- اقتصادي فاكتورهايي هستند كه موثر بودن طرح‌هاي استفاده از رواناب شهري را مشخص مي‌كنند.

مدل‌هاي شبيه‌سازي در طول چند دهه اخير جايگاه خاصي در دانش بشري به خود اختصاص داده و كمك فراواني بعنوان ابزار مديريتي، پايه‌اي و اجرايي ايفا كرده‌اند. حمايت اين مدل‌ها از چند منظر از جمله، توانايي آنها در پردازش داده‌ها قابل تامل مي‌باشد . اين توانايي از بعد حجم بالاي پردازش در زمان كوتاه قابل بيان است. به عبارت ديگر با نصب آنها بر روي كامپيوترهاي با پردازش بالا، مي‌توان سرعت محاسبات را چندين برابر افزايش داد.
در حقیقت مدل‌ها درک ما از سیستم ها هستند و امروزه به عنوان مهمترین ابزار در بررسی های تجربی و تکوینی مدنظر قرار می‌گیرند. مدل نمادی از واقعیت است که مهمترین ویژگی-های دنیای واقعی را بصورتی ساده و کلی بیان می کند. مدل‌ها ابزاری عملی هستند که می توان به کمک آنها درک واقعی از واقعیت – البته نه کل واقعیت بلکه بخش مفید و قابل فهم آن – دست یافت(رفاهی،۱۳۸۶ به نقل از بیات). لذا فنون و روشهای «**مدیریت بیلان آبی حوضه های شهری و شبیه سازی منابع آب در سطوح آبگیر باران**» اهمیت خاصی می‌یابند.
Aquacycle مدلي براي بيلان آب شهري است که برای شبیه سازی یکپارچه کل چرخه آب شهری توسعه داده شده و ابزاری برای تحقیق در مورد استفاده از رواناب ناشی از بارندگی و فاضلاب بعنوان جایگزینی برای آب وارداتی در کنار بازده مصرف آب ایجاد کرده است. این مدل قابلیت مدلسازی حتی برای یک واحد مسکونی را دارد.
مدل Aquacycle برای اجرا در محیط ویندوز طراحی و در محیط پیشرفته ویژوال بیسیک (نسخه 6.0) نوشته شده است.
ورودی های این برنامه شامل: اطلاعات اقلیم منطقه، میزان مصارف آب خانگی، استفاده از منابع آب متناوب از جمله: تانک آب باران - آب خاکستری (فاضلاب تولیدی آشپزخانه، حمام و رختشویی است) - رواناب حاصل از بارندگی - فاضلاب، ویژگی های پوشش اراضی و سیستم آبرسانی سطح آبگیر، سطح ذخیره سازی های اولیه، پارامترهای کالیبراسیون.
Aquacycle پارامترهای زیر را در گام های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه برآورد می کند: نیاز آبی، رواناب ناشی از باران، فاضلاب تولید شده، تبخیر، آب مصرفی وارداتی، مصرف رواناب ناشی از باران، استفاده از فاضلاب، عملکرد استراتژی مدیریت آب انتخاب شده.

۱-۲ بيان مسئله

چرا بایستی به مدلسازی استحصال آب باران برای مصارف غیر شرب روی آورد؟
افزايش روز افزون جمعيت در كنار مصرف بي رويه آب مشكلات زيادي را در تامين آب شهري و روستايي كشور فراهم نموده است. لذاضرورت تحقيق در زمينه استفاده از منابع آب

جايگزين و نيز روشهاي صرفه جويي در مصرف آب بسيار ضروري است. يكي از روشهايي كه بطور غير مستقيم ميتواند باعث كاهش اتكاء به منابع آب معمول نظير چاه و قنات و يا آب رودخانه باشد، استحصال مستقيم آب باران است.

استحصال آب باران یکی از شاخص ترین تکنیک های مدیریت بهره برداری از آب باران برای مقابله با کم آبی می‌باشد که در مناطق مواجه با کمبود آب بسرعت در حال توسعه می‌باشد. لذا نیاز به شناسایی و به مدل درآوردن رفتار پروفیل آب مصرفی در سطح آبگیر در مقیاس های بلوک واحد، همسایگی و یا حوضه آبریز جهت برنامه ریزی های بلند مدت و استفاده بیشتر و بهتر از پتانسیل های رواناب شهری و فاضلاب تولیدی عمیقا احساس می‌شود.

نبود آمار بلند مدت و دقیق از رواناب تولیدی و نواقص موجود آمار ثبت شده، بحران شدید کمبود آب در بیشتر نقاط کشور، وضعیت بحرانی برداشت آب‌های زیرزمینی و لزوم توجه به رواناب شهری همه و همه دلایل بیشتر و ظریف تری می‌باشد که به مقوله شبیه سازی، پیش بینی و تولید آمار مصنوعی در حوضه های آبریز جلوه و نمودی کامل‌تر می‌بخشد.

پر واضح است که در شناخت و ارزیابی سطوح آبگیر، اندازه‌گیری، اولین و بهترین روش انتخابی می باشد که دقیق‌ترین و صحیح‌ترین پاسخ را به سوالات و مجهولات می‌دهد. اما همواره اندازه‌گیری به دلیل محدویت ابزارها و روش‌ها امکان‌پذیر نیست. بنابراین روشی لازم است که در مکانهای فاقد آمار، با استفاده از آمار و اطلاعات موجود، شناختی کامل از شرایط و تغییرات موجود در حوضه آبریز را نشان دهد. بدین لحاظ بحث مدلسازی در شناخت فرآیندهای حاکم در یک سیستم آبریز مطرح می‌گردد، زیرا مدل‌سازی راه‌کاری ساده و مناسب و مدل، نمونه ساده شده از طبیعت مورد مطالعه برای حصول به اهداف مدنظر در حوضه ها می‌باشد. مدل‌هایی جهت شبیه سازی فرآیندهای حوضه آبریز شهری وجود دارد، که بسته به هدف و ویژگی‌های حوضه آبريز مورد مطالعه انتخاب می‌گردد. اين مدل‌ها پارامترهاي كمي و كيفي رواناب شهري، فن آوريهاي تصفيه، روشهاي باز چرخاني، برنامه ريزي و طراحي شهري، معماري ساختمانها، اقليم منطقه‌اي و مسائل اجتماعي- اقتصادي را در موثر بودن طرح‌هاي استفاده از رواناب شهري مشخص مي‌كنند.

۱-۳ ضرورت و اهميت انجام تحقيق

يكي از مشخصه‌هاي توسعه شهري افزايش سطوح غير قابل نفوذ است كه بخاطر تغيير كاربري زمينهاي كشاورزي و اراضي منابع طبيعي و اختصاص آن به ساخت و ساز واحدهاي مسكوني و معابر عمومي پديد مي‌آيد. از عوارض اين تغييرات كاهش نفوذ آب باران به داخل زمين و در

عوض افزايش رواناب حاصل از بارندگي از هر دو منظر حجم و شدت جريان است. جاري شدن رواناب در سطح شهر علاوه بر تحميل هزينه هاي زياد براي احداث مجاري و زهكشهاي مناسب براي خارج ساختن اين آبها از معابر، باعث آلودگي آنها شده و بخاطر مخلوط شدن با انواع پساب‌هايي كه در مسير حركت به آن اضافه مي‌شود، تصفيه و بهر ه برداري مجدد آنها را دچار مشكل جدي مي‌سازد.

استحصال آب باران روشي است كه به كمك آن مي‌توان از باران در محل بارش بهره برداري نمود و علاوه بر جلوگيري از خارج شدن رواناب از دسترس و آلودگي آنها، صرفه جويي قابل توجهي در استفاده از سيستم آبرساني شهري به عمل آورد. با اين كار سيستم زهكشي رواناب شهري قادر خواهد بود كه در شرايط وقوع رگبارهاي شديد بهتر عمل كند و از آب گرفتگي معابر جلوگيري خواهد شد.

اين موضوع امروزه حتی در کشورهایی که دارای منابع آبی کافی می باشند نیز در دستور کار سازمانهای مدیریت منابع آب قرار دارد. ضرورت آگاهی از وضعیت منابع مختلف آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی در حوضه های شهری برای اجرای طرح‌های بیلان آب شهری از یکسو و تنظیم کردن یک بیلان جامع آب شهری از سوی دیگر، اهمیت استفاده از روشهای غیرمستقیم – نظیر مدلهای هیدرولوژیک- برای شبیه سازی جریان و بهینه سازی حجم تانک باران در یک مدل عملیاتی یکپارچه متشکل از شبکه جمع آوری رواناب بارندگی و شبکه فاضلاب در حوضه‌های شهری را پیش از پیش آشکار می‌سازد.

بدون شک ابزارهای سنتی مطالعه منابع آب، علاوه بر صرف زمان زیاد، هزینه و عدم ارائه دقت‌های قابل قبول در مناطق وسیع اگر غیر ممکن نباشد، بسیار مشکل خواهد بود، لذا روی آوردن به شیوه های نوین و کارآمد امری اجتناب ناپذیر است.

توسعه تکنولوژی برنامه نویسی در محیطهای متفاوت شیوه‌های بسیار کارآمد، موثر و مقرون به صرفه‌ای جهت مطالعه سیستم‌های چرخه آب شهری فراهم نموده است. این موضوع در گسترش مدلهایی که در آن اطلاعات مکانی به صورت واحدهایی در سطح بلوک واحد در کنار داده‌های هیدرولوژی قرار می گیرند و همچنین توان و امکان دورنگری، سناریوسازی، شبیه سازی، بهینه سازی، پیش بینی و نیز درک و بیان فرآیندهای پیچیده و پویا را فراهم می‌نمایند، سهم بسزایی دارد. مدل بیلان آب شهری Aquacycle – که اولین بار توسط گرس میچل[1] (دسامبر۲۰۰۴) با ورژن 1.0.0 توسعه داده شد و بعدها توسط کِرنان فولر[2] (۲۰۰۴) و گرس

[1] Grace Mitchell
[2] Keirnan Fowler

میچل(۲۰۰۵) تکمیل شد- در حوضه‌های شهری کشورهای مختلف برای شبیه سازی جریانات رواناب و فاضلاب در مقیاس‌های سطح آبگیر[3]، همسایگی[4] و بلوک واحد[5] بکار می‌رود.
عملیات اصلی برنامه Aquacycle شامل طرح‌های مدیریت متغیر آب شهری است. به عنوان نمونه اهداف اصلی برنامه شامل ۳ قسمت است:
- اختصاص دوره‌های کمیتی، زمانی و توضیحات ویژه برای کاربرد فاضلاب و رواناب شهری
- تخمین نیاز بحرانی مصارف مختلف آب شهری در گام زمانی، میزان و الگوهای بخصوص
- تهیه ابزاری برای ارزیابی نحوه اجرای گزینه‌های متغیر
توانایی مدل در شبیه سازی فرآیندهای بازچرخانی آب شهری و پیش بینی و محاسبه مولفه‌های جزئیات سطحی و زیرسطحی همچون میزان رواناب حاصل از باران بر روی سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر، فاضلاب تولیدی، تبخیر-تعرق پتانسیل، برآورد نیاز آبی گیاهان و باغ‌ها، میزان برداشت و احیاء آبخوان‌ها و غیره سبب کاربردی شدن مدل در استفاده از آن، جهت انجام برنامه ریزی مدیریت آب شهری شده است. بعلاوه این مدل می‌تواند برای بررسی اثر سناریوهای مقیاس‌های زمانی و مکانی- به‌منظور جامع‌نگری در اتخاذ تصمیم‌ها و شیوه‌های مدیریتی منابع آب شهری- نیز استفاده شود. لذا اولا با توجه به اهمیت تامین آب در مقیاس کوچک برای اقصی نقاط کشور و مناطقی که به منابع آب معمول دسترسی ندارند، ثانیا به منظور جلوگیری از هدررفت و آلودگی رواناب حاصل از باران با انجام کنترل و ذخیره سازی آن در مبدأ و استفاده مجدد آن جهت توسعه مناطق شهری و همچنین مبارزه با خشکی و خشکسالی و جلوگیری از آبگرفتگی معابر شهری در بارندگیهای شدید، از شبیه سازی استفاده شده است. در این تحقیق ابتدا آمار بارندگی و تبخیر ایستگاه سینوپتیک فرودگاه مهرآباد به دلیل برخورداری از چند سال داده منظم و مستمر و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز در ادامه کار جمع آوری گردید. سپس داده‌های ورودی برنامه به فرمت مورد نظر تبدیل و شبیه سازی انجام شد. سپس با اجرای سناریوی استحصال آب باران، تامین آب همه مصارف آب غیر شرب یا قسمتی از آن و احجام مختلف مخزن، اثرات کاهش رواناب روی آب وارداتی منابع آب شهری بررسی گردید.

۱-۴ دامنه تحقیق

یک مدل کامپیوتری به نام Aquacycle مبتنی بر مفهوم بیلان آب در چرخه آب شهری بوجود آمده است. در این تحقیق به جهت امکان تهیه، اندازه گیری و برآورد ورودی‌های مورد نیاز

[3] Catchment
[4] Cluster
[5] Unit Block

بخش کالیبراسیون و پارامترهای مدل و با توجه به هدف مطالعه، کارایی شبیه سازی و بهینه سازی برنامه برای استفاده از رواناب بام پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور جهت مصارف غیر شرب مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۱-۵ سؤالات اساسي تحقيق

مهمترين سؤالاتي كه مبناي انجام اين تحقيق بوده‌اند، عبارتند از:

آیا امکان استحصال آب باران با توجه به مشخصات اقلیمی و فیزیوگرافی منطقه وجود دارد؟
آیا با مدل Aquacycle می توان در بازچرخانی رواناب شهری، خروجی شبیه سازی جریان را به عنوان کمک به آب وارداتی منظور کرد؟
آیا می‌توان از مدل Aquacycle در تحلیل داده‌های حاصل از اجرای شبیه سازی و بهینه سازی بیلان آب در سطوح آبگیر خُرد مقیاس، برای طراحي تكنيک‌های استحصال آب باران استفاده نمود تا با تلفیق سیستم زهکشی رواناب و سیستم فاضلاب از حجم آب وارداتی به منظور مصارف غیر شرب در مقیاس‌های کوچک کاسته شود؟

۱-۶ فرضيات تحقيق

عمده‌ترين فرضياتي كه در انجام تحقيق حاضر مورد توجه بوده است عبارتند از:

- به دلیل عدم اطلاعات کافی، تنها شبیه سازی رواناب بام پژوهشکده همراه با بهینه سازی مخزن آب باران در مطالعه لحاظ شده است.
- در این مدلسازی، برنامه ریزی به منظور مصارف غیر شرب از رواناب حاصل از باران در مقیاس بلوک واحد لحاظ شده است.
- پروفایل مصارف غیر شرب شامل سرویس بهداشتی، شستشویی اتومبیل، آبیاری فضای سبز و مصارف متفرقه بر اساس نشریات استاندارد و آمارهای رسمی منتشره در کشور برآورد و لحاظ شده است.
- با توجه به آمار منسجم و یکدست برای محدوده مورد مطالعه، یک دوره آماری ۱۹ ساله برای شبیه سازی لحاظ گردید.
- فضای باز عمومی ۱۰۰% نفوذ پذیر هستند.
- جاده ها، پیاده رو ها و بام ها ۱۰۰% نفوذناپذیر هستند.
- حجم فلاشینگ اولیه بر اساس ۰/۵ میلیمتر اولیه از هر بارندگی منظور شده است.