

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-محیط زیست

مدلسازی هیدرولیکی و کیفی هوشمند

شبکه فاضلاب تهران

(مطالعه موردی: شبکه فاضلاب منطقه ۴ تهران)

نگارنده: حمیدرضا لباف

استاد راهنما:

دکتر رمضان واقعی

بهمن ۱۳۹۹

در این صفحه صورت جلسه دفاع را قرار دهید. لازم است پس از صحافی این صفحه مجدداً توسط دانشکده مهر گردد و استاد راهنما با امضای خود اصلاحات پایان نامه را تایید کند.

تقدیم بہ:

خدائی کہ آفرید جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را، عشق را

پدرم کہ عالمانہ بہ من آموخت تا چگونه در عرصہ زندگی، ایستادگی را تجربہ نمایم

و بہ مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق کہ وجودم برایش ہمہ رنج بود و

وجودش برایم ہمہ مهر

و بہ مہسرم، اسطورہ زندگیم، پناہ خستگیم و امید بودنم.

شکر و قدردانی

به مصداق «من لم یسکر المخلوق لم یسکر الخالق» بسی شایسته است از استاد

فریخته و فرزانه جناب آقای دکتر رمضان واقعی

که با سه صدر زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند؛ تقدیر و شکر

نمایم.

همچنین از اساتید محترم گروه مهندسی محیط زیست دانشکده عمران سپاسگزارم

که از محضر پر فیض تدریشان، بهره‌ای برده‌ام.

تعمدنامه

اینجانب حمیدرضا لباف دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران-مهندسی محیط زیست دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مدلسازی هیدرولیکی و کیفی هوشمند شبکه فاضلاب تهران (مطالعه موردی: شبکه فاضلاب منطقه ۴ تهران) تحت راهنمایی دکتر رمضان واقعی متعهد می شوم.

- 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 صنعتی شاهرود می باشد 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 بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- 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 ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . 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 نمی باشد.

چکیده

امروزه با گسترش شهرها و توسعه شهرنشینی شبکه های جمع آوری و دفع فاضلاب جزء تأسیسات حیاتی زیربنایی شهری محسوب می شوند. با توجه به هزینه سنگین اجرای شبکه های جمع آوری و دفع فاضلاب برای بهره برداری بهینه از این تأسیسات و افزایش طول عمر مفید آنها استفاده از فناوریهای نرم افزاری مناسب ضرورتی اجتناب ناپذیر است. مدلسازی هیدرولیکی و کیفی شبکه از جمله فناوریهای است که می تواند شناخت رفتار هیدرولیکی شبکه و تأسیسات متعلق به آن را برای تیم بهره برداری ایجاد نموده و در نتیجه کمک شایانی به بهره برداری مناسب از تأسیسات نماید. شهر تهران یکی از گسترده ترین شبکه فاضلاب منطقه را لازم دارد و منطقه ۴ تهران پرجمعیت ترین منطقه تهران می باشد. در این تحقیق مدلسازی هیدرولیکی و کیفی شبکه فاضلاب این ناحیه از تهران به کمک نرم افزار پیشرفته SewerGEMS در محیط نرم افزار ArcGIS انجام شده است. لایه های اطلاعاتی تأسیسات جمع آوری شامل خطوط لوله فاضلاب و منهولها و لایه های اطلاعاتی پایه شامل مدل رقومی زمین، معابر و مشترکین برای ساخت مدل مورد استفاده قرار گرفتند. برای محاسبه بارهای گرهی از اطلاعات مصارف مشترکین شرکت آب و فاضلاب استفاده شده و سرانه مصرف آب و در نتیجه سرانه تولید فاضلاب محاسبه گردید. شبکه فاضلاب مدلسازی شده دارای ۶۰۷۷ منهول و ۳۳۸ کیلومتر لوله در اقطار مختلف مشتمل بر ۲۲۱ کیلومتر قطرهای ۲۰۰ و ۲۵۰ میلیمتر (۶۵ درصد از کل مترای شبکه) و ۱۱۷ کیلومتر قطرهای ۳۰۰ تا ۱۸۰۰ میلیمتر (۳۵ درصد از کل مترای شبکه) می باشد. نتایج تحلیل هیدرولیکی انجام شده با نرم افزار SewerGEMS نشان می دهد که در بخش عمده ای از شبکه پارامتر سرعت خودشویی جریان به عنوان یکی از پارامترهای تاثیرگذار هیدرولیکی تأمین نمی شود. بطوریکه در حدود ۲۵ درصد از کل لوله های شبکه (۸۴ کیلومتر) سرعت جریان کمتر از سرعت خودشویی مطلوب (۰/۷۵ متر بر ثانیه) می باشد، ۴۰ درصد از لوله ها (۱۳۶ کیلومتر) بین ۰/۷۵ تا ۱ متر بر ثانیه، ۲۰ درصد از لوله ها (۶۶ کیلومتر) بین ۱/۵ تا ۲ متر بر ثانیه و ۱۵ درصد از لوله ها (۵۲ کیلومتر) بیش از ۲ متر بر ثانیه می باشد.

تحلیل درصد پرشدگی لوله ها نشان می دهد که حدود ۷۰ کیلومتر از لوله ها (۲۰ درصد کل شبکه) دارای میزان پرشدگی بیش از حد مجاز بوده، بطوریکه ۵۵ کیلومتر از شبکه در اقطار ۲۰۰ و ۲۵۰ میلیمتر دارای درصد پرشدگی بیش از ۵۰ درصد، ۹ کیلومتر نیز در قطرهای ۳۰۰ و ۳۷۵ میلیمتر دارای درصد پرشدگی بیش از ۶۵ درصد و ۶ کیلومتر دیگر نیز در دارای درصد پرشدگی بیش از ۷۰ درصد هستند.

تحلیل پتانسیل تولید گاز مخرب سولفید هیدروژن به عنوان یکی از مهمترین عوامل خوردگی و کاهش شدید عمر لوله ها و تأسیسات بتنی نیز انجام گردید. به همین منظور با استفاده از نرم افزار SewerGEMS نقاط مستعد تولید سولفید هیدروژن شناسایی شده و با استفاده از روابط همبستگی،

نرخ تولید سولفید هیدروژن در لوله‌های شبکه فاضلاب و غلظت سولفید هیدروژن تولیدی تخمین زده شد و این مقادیر با غلظت‌های اندازه گیری شده توسط شرکت آب و فاضلاب مقایسه گردید. تحلیل اندیکس Z برای تعیین نقاط دارای پتانسیل بالای تولید گاز سولفیدروژن و مستعد خوردگی بیانگر انطباق کافی این شاخص با سنجش‌های میدانی می باشد.

کلمات کلیدی: شبکه فاضلاب، SewerGEMS، ArcGIS، آدمرو، سولفید هیدروژن

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهداف پژوهش ۴

۱-۳ فرض‌های مورد استفاده ۴

۱-۴ ساختار پایان‌نامه ۵

فصل ۲: مبانی و مروری بر منابع ۷

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ تعاریف و مبانی نظری ۸

۲-۲-۱ سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری ۸

۲-۲-۲ اطلاعات لازم برای تنظیم طرح کارآمد جمع‌آوری فاضلاب ۹

۲-۲-۳ فاضلاب و منابع گوناگون تولید آن ۱۰

۲-۲-۴ نشتاب ۱۱

۲-۲-۵ تاسیسات شبکه جمع‌آوری فاضلاب ۱۲

۲-۲-۶ ضوابط محل و عمق کارگذاری لوله‌های شبکه فاضلاب ۱۷

۲-۲-۷ شرایط و مقدار جریان در فاضلاب‌روها ۱۹

۲-۲-۸ مراحل کلی طراحی شبکه فاضلاب ۲۲

۲-۲-۹ مصرف سرانه آب ۲۷

۲-۲-۱۰ مشخصات فنی طراحی شبکه فاضلاب ۲۹

۳۱	۱۱-۲-۲ مبانی و ضوابط طراحی شبکه فاضلاب
۳۵	۱۲-۲-۲ عوامل تاثیرگذار بر تخریب شبکه فاضلاب
۳۷	۳-۲ پیشینه تحقیق
۴۷	فصل ۳: روش تحقیق
۴۸	۱-۳ مقدمه
۴۸	۳-۳ معرفی نرم افزارهای مورد استفاده
۴۸	۱-۲-۳ نرم افزار GIS
۵۶	۲-۲-۳ نرم افزار SewerGEMS
۶۰	۳-۲-۳ برآورد میزان افت در SewerGEMS
۶۲	۴-۲-۳ بارگذاری فاضلاب در مدل SewerGEMS
۶۲	۵-۲-۳ برآورد نشتاب و آب سطحی در SewerGEMS
۶۳	۶-۲-۳ روش های برآورد سولفید هیدروژن
۶۶	۳-۳ معرفی منطقه مورد مطالعه
۶۸	۴-۳ پارامترهای اساسی مدلسازی شبکه فاضلاب
۷۰	۵-۳ جمع بندی
۷۳	فصل ۴: نتایج
۷۴	۱-۴ مقدمه
۷۴	۲-۴ برآورد سرانه فاضلاب منطقه مورد مطالعه
۷۴	۱-۲-۴ ضریب بهره برداری
۷۵	۲-۲-۴ ضریب اختلاط باران
۷۵	۳-۲-۴ نسبت تبدیل آب مصرفی به فاضلاب
۷۶	۴-۲-۴ ضریب حداکثر جریان فاضلاب

۷۶	۵-۲-۴ ضریب حداقل جریان فاضلاب
۷۶	۶-۲-۴ تخمین نشتاب
۷۷	۳-۴ مراحل انجام شبیه‌سازی شبکه فاضلاب
۷۸	۱-۳-۴ پارامترهای اساسی مدلسازی شبکه فاضلاب
۸۲	۲-۳-۴ مراحل پیاده‌سازی مدل
۸۳	۳-۳-۴ نتایج مدلسازی در نرم افزار SewerGEMS
۹۵	۴-۴ سنجش کیفی شبکه فاضلاب
۱۰۱	فصل ۵: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۰۲	۱-۵ مقدمه
۱۰۲	۲-۵ نتایج
۱۰۴	۳-۵ پیشنهادات
۱۰۵	پیوست
۱۱۳	مراجع

فهرست جداول

جدول ۱-۲. مزایا و معایب سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب	۹
جدول ۲-۲. بخش‌های تشکیل دهنده‌ی آد مرو	۱۴
جدول ۳-۲. مقادیر ضریب رواناب در سطوح مختلف	۲۰
جدول ۴-۲. ضرایب ثابت مورد استفاده در تخمین شدت بارندگی (شهر تهران)	۲۱
جدول ۵-۲. ضریب حوضه آبریز	۲۱
جدول ۶-۲. تفکیک میزان مصارف خانگی بر مبنای نشریه ۱۱۷-۳	۲۸
جدول ۷-۲. تفکیک میزان مصارف عمومی	۲۸
جدول ۸-۲. تفکیک میزان مصارف مراکز تجاری و عمومی بر حسب لیتر در روز به ازای هر نفر	۲۹
جدول ۹-۲. تفکیک میزان مصارف روزانه فضای سبز بر حسب لیتر در روز به ازای هر متر مربع	۲۹
جدول ۱۰-۲. مقادیر شیب لوله‌های شبکه فاضلاب	۳۵
جدول ۱-۳. میزان توصیفی سولفید هیدروژن H_2S در شبکه فاضلاب توسط رابطه Z	۶۵
جدول ۲-۳. محدوده مجاز شیب لوله‌های انتقال فاضلاب	۶۹
جدول ۳-۳. درصد پرشدگی مجاز لوله‌های انتقال فاضلاب	۷۰
جدول ۱-۴. مشخصات طراحی شده لوله‌های بخشی از شبکه فاضلاب	۸۹

فهرست اشکال

- شکل ۳-۱. نمودار گرافیکی دستیابی به متغیرهای رابطه **Kutter** ۶۰
- شکل ۳-۲. موقعیت منطقه ۴ تهران ۶۷
- شکل ۳-۳. منطقه مورد مطالعه خروجی ArcGIS ۶۸
- شکل ۳-۴. تراکم در هکتار مناطق تهران ۶۹
- شکل ۴-۱. جانمایی اجزای مختلف قسمتی از شبکه فاضلاب مورد نظر ۸۲
- شکل ۴-۲. جهت حرکت فاضلاب در لوله‌های منتهی به نقطه خروجی شبکه ۸۴
- شکل ۴-۳. محل جایگذاری آدموهای منتهی به نقطه خروجی شبکه ۸۴
- شکل ۴-۴. نقطه خروجی شبکه مدلسازی شده به تفکیک قطر لوله ها ۸۵
- شکل ۴-۵. میانگین درصد پرشدگی لوله ها به ازای هر قطر لوله ۸۵
- شکل ۴-۶. پراکندگی لوله ها با درصد پرشدگی بیشتر از حد مجاز ۸۶
- شکل ۴-۸. پروفیل طولی مسیر ابتدایی در بخش بالادست شبکه فاضلاب ۸۷
- شکل ۴-۷. پروفیل طولی مسیر ابتدایی در بخش بالادست شبکه فاضلاب ۸۷
- شکل ۴-۹. پروفیل طولی مسیری از شبکه فاضلاب با افت هیدرولیکی محسوس ۸۸
- شکل ۴-۱۰. پروفیل طولی مسیر منتهی به نقطه خروجی شبکه ۸۸
- شکل ۴-۱۱. طول کارگزاری لوله های شبکه فاضلاب مدلسازی شده به ازای قطر هر لوله ۹۲
- شکل ۴-۱۲. میانگین سرعت در لوله های شبکه فاضلاب مدلسازی شده به ازای قطر هر لوله ۹۳
- شکل ۴-۱۳. پراکندگی سرعت لوله های بخشی از شبکه فاضلاب مدلسازی شده ۹۳
- شکل ۴-۱۴. درصد پراکندگی قطر لوله‌های شبکه فاضلاب مدلسازی شده ۹۴
- شکل ۴-۱۵. درصد پراکندگی قطر لوله‌های شبکه فاضلاب موجود ۹۵
- شکل ۴-۱۶. مقدار مدل Z بدست آمده و پیش‌بینی شده برای لوله‌های با قطر زیر ۶۰۰ میلی‌متر ۹۶
- شکل ۴-۱۷. تغییرات مقدار بدست آمده مدل Z برای لوله‌های زیر ۶۰۰ میلی‌متر ۹۷
- شکل ۴-۱۸. غلظت سولفید هیدروژن پیش‌بینی شده برای لوله‌ها با قطر بالاتر از ۶۰۰ میلی‌متر ۹۸
- شکل ۴-۱۹. تغییرات مقدار غلظت سولفید هیدروژن با تغییرات سرعت فاضلاب برای لوله‌های ۹۹

فصل ۱: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

فاضلاب را می توان یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر محیط زیست و بهداشت انسانی در جامعه به پیشرفت و مدرن معرفی کرد. این تاثیرات با پیشرفت و توسعه شهرنشینی نقش پر رنگتری به خود گرفتند بنابراین باید به عنوان خطر بالقوه و جدی برای آب، خاک و سلامتی جامعه در نظر گرفته شود. بنابراین ایجاد شبکه های فاضلابی و هدایت آنها یکی از ملزومات پایه ای شهرها می باشد. فاضلاب را می توان به عنوان مایعی که شامل فضولات انسانی یا مخلوط مایع می باشد تعریف کرد که بوسیله لوله های فاضلاب به مناطق تعبیه شده از جمله تصفیه خانه ها انتقال می یابد. از شبکه های فاضلابی ابتدایی می توان به شهرهای یونان و روم باستان اشاره کرد که قدمت آن ها به ۲۰۰ سال قبل از میلاد باز می گردد [۱]. همچنین در سطح داخلی میتوان به شهر سوخته سیستان اشاره کرد که دارای لوله کشی آب بوده و سیستم تخلیه فاضلاب با استفاده از لوله های سفالی انجام می پذیرفته است [۲]. البته طراحی شبکه های فاضلابی کمی بیش از دویست سال پیش به صورت علم مهندسی پدیدار شد. هرچند این روند در کشورهای مختلف ادامه داشت تا زمانی که شیوع بیماری های واگیردار به عنوان یکی از آثار مخرب شبکه های فاضلاب رو باز معرفی گردید. بنابراین ایجاد شبکه های فاضلاب با استفاده از کانال های زیر زمینی مورد بررسی و اجرا قرار گرفت. در اواخر قرن هجدهم در شهر پاریس یک شبکه جمع آوری فاضلاب به طول ۳۶ کیلومتر طراحی و اجرا گردید. از دیگر شبکه های فاضلابی اجرا شده در اروپا می توان به شهر هامبورگ سال ۱۸۴۲، برلین سال ۱۸۵۲ و فرانکفورت سال ۱۸۶۶ اشاره کرد. تمامی پیشرفت های صورت گرفته در این صنعت منجر به لزوم بازنگری بر چگونگی روند احداث شبکه های فاضلابی گردید. این طرح ها باید به گونه ای می بودند که همزمان تمامی ملزومات فنی، زیست محیطی و بودجه ای در نظر گرفته شوند.

سیستم شبکه های فاضلاب از لحاظ تنوع در چگونگی انتقال فاضلاب به دو دسته ی ثقیل و غیر ثقیل

تقسیم می‌شوند. در دسته‌ی اول جریان در لوله‌هایی که شبکه‌ای از آدمروها^۱ را بهم متصل می‌کنند به صورت ثقلی و نیمه پر منتقل می‌شود. همچنین در صورتی که امکان انتقال جریان به صورت ثقلی میسر نباشد از ایستگاه‌های پمپاژ باتوجه به نیاز شبکه استفاده می‌شود. بنابراین انتخاب مسیر حرکت فاضلاب با توجه به شیب زمین صورت می‌گیرد. با توجه به توضیحات داده شده برای طراحی شبکه فاضلاب به دو بخش اصلی، انتخاب طرح شبکه و طراحی هیدرولیکی آن نیاز می‌باشد [۱]. البته باید توجه داشت که انتخاب طرح شبکه مناسب در قدم اول و متعاقب آن طراحی هیدرولیکی برای شبکه صورت می‌گیرد. امروزه بسیاری از شهرهای کشور دارای سیستم یکپارچه فاضلابی هستند البته شهرهایی هستند که کماکان دارای شبکه فاضلابی نیستند که می‌تواند آسیب‌های جبران ناپذیری بر محیط زیست از جمله آب‌های زیرزمینی می‌گذارد. بنابراین ضرورت ایجاد یک شبکه فاضلاب مناسب و کارآمد و تعمیر شبکه‌های قدیمی انکار ناپذیر است. شهر تهران از ابتدا طی مدت زمان طولانی دارای سیستم سنتی دفع فاضلاب بود که مبتنی بر چاه‌های جذبی می‌باشند اما از سال ۱۳۷۲ اجرای شبکه فاضلاب شهر تهران آغاز شد.

البته برای دستیابی به طرحی قابل صرفه می‌توان از نرم‌افزارهای کاربردی بروز مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرد. از این سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدیریت و تحلیل اطلاعات جغرافیایی در محدوده مورد نظر و استخراج اطلاعات لازم برای تحلیل شبکه‌های فاضلاب از قبیل طول لوله‌های وصل کننده‌ی آدمروها، تعیین رقوم ارتفاعی زمین منطقه مورد بررسی و مساحت سطح فاضلاب‌گیر استفاده می‌شود. همچنین نرم‌افزار SewerGEMS از نقشه‌های توپوگرافی منطقه مورد نظر بدست آمده از نرم افزار سیستم جغرافیایی استفاده کرده و به تحلیل شبکه فاضلاب و طراحی هیدرولیکی می‌پردازد. شایان ذکر می‌باشد که امکان تبادل اطلاعات بین این دو سامانه نرم افزاری مبتنی بر GIS بخوبی وجود دارد. یکی از مهمترین نقاط قوت این سامانه های نرم افزاری، اتصال آنها به پیشرفته ترین فناوری GIS کنونی دنیا یعنی سامانه پیشرفته ArcGIS می باشد. به عبارتی این موتورهای تحلیل

¹ Manhole

هیدرولیکی و کیفی شبکه بصورت تخصصی تنها به این مهم می پردازند و تحلیل نتایج توسط ابزارهای گرافیکی و ویژوال ArcGIS بخوبی انجام می شود.

در این پژوهش مطالعه موردی در مورد قسمتی از شبکه فاضلاب شهری منطقه ۴ تهران انجام گرفته می شود و با استفاده از نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و SewerGEMS تحلیل و طراحی شبکه فاضلاب انجام می پذیرد. در این مرحله از طرح بخشی از شبکه فاضلاب منطقه ۴ تهران (حدود ۳۰۰ کیلومتر) انتخاب و وارد نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی می شود. پس از ورود اطلاعات گلوگاههای کلیدی منطقه به عنوان نقاط پایش انتخاب می شود.

۱-۲ اهداف پژوهش

باتوجه به توضیحات داده شده در مورد ضرورت انجام این پژوهش، به طور کلی اهداف این پژوهش مشتمل بر موارد ذیل می باشند:

- ۱- مدلسازی هیدرولیکی شبکه واقعی با اطلاعات دسترس در مورد شبکه مورد نظر.
- ۲- استفاده از نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای طراحی بهینه طرح شبکه فاضلاب و نرم افزار Serwergems جهت طراحی و تحلیل شبکه فاضلاب باتوجه به محدودیت های هیدرولیکی.
- ۳- مطالعه موردی بخشی از شبکه منطقه ۴ تهران به مساحت ۳۰۰ کیلومتر و مقایسه نتایج آن با مشخصات شبکه موجود.

۱-۳ فرض های مورد استفاده

- ۱) منطقه ی مورد مطالعه قرار گرفته دارای سیستم شبکه فاضلابی ثقلی می باشد.

۲) در طراحی شبکه فاضلاب، جریان در داخل لوله‌های انتقال به صورت دائمی می‌باشد.

۳) جریان در شبکه فاضلاب یکنواخت و دبی ثابت در نظر گرفته می‌شود.

۴) فاضلاب از جمله مواد غیرقابل تراکم در نظر گرفته می‌شود.

۴-۱ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه شامل پنج فصل می‌باشد. در فصل اول لزوم تحقیق در مورد این موضوع و انجام این پژوهش و اهداف آن تشریح گردید.

در فصل دوم مطالعات و تحقیقات پیشین مربوط به موضوعات مختلف مربوط به شبکه فاضلابی از قبیل طراحی هیدرولیکی، استفاده از نرم افزارهای کاربردی در طراحی، بهینه سازی شبکه فاضلابی تشریح می‌گردد. همچنین مبانی طراحی شبکه فاضلاب و پارامترهای تعیین کننده در طراحی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل سوم ابتدا منطقه مورد مطالعه معرفی و مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه به کاربرد برنامه‌های مورد استفاده در این پژوهش اشاره می‌شود و نرم‌افزار ArcGIS برای دستیابی به اطلاعات مورد نظر از منطقه مورد مطالعه جهت طراحی و نرم‌افزار Sewer Gems به عنوان نرم‌افزار مورد استفاده برای طراحی شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب معرفی می‌گردند.

در فصل چهارم با شرح تمامی مراحل انجام شده و مدلسازی شبکه مورد نظر ارائه شده و با استفاده از تمامی اطلاعات موجود و خروجی نرم افزارهای معرفی شده به شرح نتایج بدست آمده پرداخته می‌شود.

در فصل پنجم نتایج حاصل از این پایان‌نامه جمع بندی می‌گردد و اطلاعاتی از قبیل مشکلات و محدودیت‌های مطالعه‌ی حاضر و پیشنهادات برای مطالعات بعدی ارائه می‌گردد.

فصل ۲: مبانی و مروری بر منابع

۲-۱ مقدمه

در فصل اول به لزوم و اهمیت بررسی موضوع این پایان نامه تشریح گردید. همچنین روش ها و نرم افزارهایی که در این تحقیق استفاده می شوند در فصل قبل معرفی شد. در این فصل تاسیسات مورد استفاده در شبکه فاضلابی، اصول طراحی شبکه فاضلاب از لحاظ انتخاب طرح و پارامترهای مورد نظر برای طراحی هیدرولیکی مورد بررسی قرار می گیرند. همچنین در ادامه، تحقیقات پیشین صورت گرفته در مورد موضوع این پایان نامه گزارش داده می شوند.

۲-۲ تعاریف و مبانی نظری

۲-۲-۱ سیستم های جمع آوری فاضلاب شهری

در مجموع می توان به دو صورت مرکب و مجزا جمع آوری فاضلاب صورت گیرد. در روش مرکب که به صورت تک رشته می باشد، جمع آوری فاضلاب های خانگی و روان آب های سطحی شهر به توسط یک مجرا انجام می پذیرد. در این روش هزینه احداث شبکه کمتر می باشد اما نیازمند احداث تصفیه خانه های بزرگ تر و پر هزینه تری می باشد. همچنین آلودگی محیط زیستی ناشی از اجرای این روش بیشتر است. در روش مجزا که به صورت دو رشته مجرای مستقل از هم می باشند به این صورت که جمع آوری یک خط انتقال مخصوص فاضلاب خانگی است و فاضلاب حاصل از آن به چاه های مخصوص منازل وارد می شود و یک خط ویژه برای روان آب های سطحی مانند باران در نظر گرفته می شود. هزینه احداث این شبکه بیشتر می باشد اما هزینه های احداث تصفیه خانه در این حالت کمتر می باشد و نسبت به روش اول آلودگی زیست محیطی کمتری در پی دارد [۳].

در جدول (۲-۱) تعداد از مزایا، معایب و کاربرد این دو روش مقایسه شده است [۳، ۴].

جدول ۱-۲. مزایا و معایب سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب

سیستم	مزایا	معایب
مرکب	۱- کاهش هزینه ساخت و ساز و سهولت در بهره‌برداری و انتقال فاضلاب بهداشتی ۲- کاهش بار آلی فاضلاب خانگی ۳- کاهش احتمال گرفتگی لوله‌ها	۱- افزایش بار هیدرولیکی وارده به تصفیه خانه ۲- افزایش هزینه پمپاژ و اندازه تصفیه خانه ۳- تصفیه رواناب به دلیل آلودگی ناشی از اختلاط رواناب با فاضلاب
مجزا	۱- میزان جریان کمتر و در نتیجه کم بودن قطر لوله‌های شبکه ۲- امکان دفع رواناب با آلودگی کمتر به آب‌های پذیرنده و عدم آلودگی آن به فاضلاب ۳- کمتر بودن بار هیدرولیکی ورودی به تصفیه خانه و در نتیجه کنترل آسان‌تر آن ۴- کاهش ظرفیت پمپ‌ها و هزینه‌های بهره‌برداری	۱- استفاده از مخازن شستشو در صورت عدم شیب مناسب فاضلاب‌رو ۲- احتمال بیشتر گرفتگی لوله‌ها در خطوط فرعی به علت کوچک بودن قطر لوله‌ها ۳- بالا رفتن هزینه شستشو و نگهداری سیستم ۴- استفاده از مخازن شستشو در صورت عدم شیب مناسب فاضلاب‌رو

برای انتخاب سیستم مناسب جمع‌آوری فاضلاب باید به پارامتر میزان بارندگی توجه داشت. در مناطقی که میزان بارندگی زیاد است استفاده از روش مرکب پیشنهاد می‌شود. البته باید توجه داشت که مقدار سرعت جریان فاضلاب درون لوله در حدی باشد که موجب رسوب مواد معلق نشود. با توجه به اینکه در این تحقیق از مطالعه موردی بر روی منطقه ۴ تهران استفاده شده است و با توجه به سیاست‌های اجرایی کشور در بحث جمع‌آوری فاضلاب و رواناب سطحی برای جلوگیری از تداخل کار وزارت نیرو و شهرداری که به ترتیب مسئولیت جمع‌آوری فاضلاب و رواناب سطحی را دارند [۵]، استفاده از سیستم جمع‌آوری مجزا در منطقه‌ی مورد مطالعه توجیه‌پذیر می‌باشد.

۲-۲-۲ اطلاعات لازم برای تنظیم طرح کارآمد جمع‌آوری فاضلاب

در فصل اول ضرورت‌های استفاده از شبکه‌های فاضلاب و ایجاد بستری مناسب و ایمن برای دفع فاضلاب

موجود شرح داده شد. پروژه‌های عمرانی مربوط به ایجاد شبکه‌ی مناسب دفع و انتقال فاضلاب هزینه‌های سنگینی دارند که البته به مشخصات متعددی مانند جمعیت شهر و وسعت آن بستگی دارد. به عنوان مثال برای ایجاد یک شبکه‌ی کارآمد فاضلابی در تهران حدود ۳۰۰۰ میلیارد تومان هزینه گردیده است. به منظور اینکه از وقوع مشکلات، چالش‌ها و حوادث در طول ایجاد شبکه و در سال‌های بهره برداری آن تا جای ممکن جلوگیری شود باید تمامی اصول و قواعد لازم مورد توجه قرار گیرد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد [۶].

- (۱) تخمین جمعیت منطقه‌ی مورد مطالعه برای انتخاب طرحی مناسب.
- (۲) عوامل ایجاد و تولید فاضلاب در منطقه مورد نظر.
- (۳) حجم تقریبی فاضلاب تولیدی آن منطقه.
- (۴) حجم روان‌آب‌های سطحی از جمله باران.
- (۵) تاسیسات موجود در منطقه به منظور جمع‌آوری و دفع فاضلاب. البته شایان ذکر است که منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دارای شبکه فاضلابی می‌باشد و می‌توان از آن به عنوان مقایسه با طرح ارائه شده در این تحقیق استفاده کرد.
- (۶) مقدار بودجه تخصیص یافته برای انجام پروژه.
- (۷) نقشه‌ها و گسترش آبی منطقه مورد نظر.

۲-۳- منابع گوناگون تولید آن

در فصل پیشین تعریف فاضلاب ارائه گردید. از جمله فاضلاب‌ها می‌توان به فاضلاب‌های خانگی یا همان بهداشتی، فاضلاب صنعتی، فاضلاب کشاورزی و فاضلاب ناشی از جریانات سطحی اشاره کرد. برخی از منابع فاضلاب خانگی حاصل از سیستم بهداشتی مناطق مسکونی، مراکز تجاری غیره می‌باشند. همچنین مواد زائد مایع که از مراحل صنعتی بدست می‌آیند را در گروه فاضلاب‌های صنعتی می‌گنجانند. آب‌های جاری در سطح که ناشی از بارندگی و ذوب برف در منطقه می‌باشند دارای مواد آلی و معدنی می‌باشند.

بنابراین رواناب‌های سطحی حاصل را به عنوان فاضلاب‌های سطحی در نظر می‌گیرند. در حالت کلی می‌توان منابع تولیدی فاضلاب را که باید به نحوی از طریق شبکه فاضلاب منتقل و دفع شوند را به صورت ذیل به چند دسته تقسیم کرد:

- ۱) فاضلاب بهداشتی حاصل از مناطق مسکونی، موسسات آموزشی، مراکز تجاری.
- ۲) فاضلاب صنعتی حاصل از فضولات صنعتی.
- ۳) رواناب سطحی حاصل از نزولات آسمانی.
- ۴) آب باران که از طرق مختلف مانند بام و زهکش فونداسیون می‌تواند به مجاری مختلف شبکه فاضلاب نفوذ کند [۶].

۲-۲-۴ نشتاب

نشتاب را می‌توان به مجموع آب‌های زیرزمینی ورودی به فاضلاب‌روها اطلاق کرد. این نوع آب‌های زیرزمینی معمولاً از طریق محل اتصال لوله‌ها، دیواره آد مروها، شکستگی و پوسیدگی لوله‌ها و محل اتصال انشعابات منازل به داخل لوله‌های فاضلاب نفوذ می‌نماید. نکته‌ای باید به آن توجه کرد تاثیر نفوذ نشتاب به فاضلاب‌رو بر مقدار حداکثر دبی فاضلاب می‌باشد. بنابراین علاوه بر منابع تولید فاضلاب که پیشتر ذکر شد باید میزان نشتاب را در تخمین ظرفیت هیدرولیکی فاضلاب‌روها در نظر گرفت [۷].

میزان نشتاب به عوامل مختلف شبکه و دیگر شرایط محیطی بستگی دارد. طول شبکه، قطر و جنس لوله‌های انتقال، مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه، نحوه اجرای لوله‌گذاری، تعداد انشعابات شبکه، عمر شبکه‌ی موجود، شرایط خاک منطقه و سطح آب‌های زیرزمینی از جمله عوامل موثر بر میزان نشتاب می‌باشند. به عنوان مثال در مناطق شمالی کشور که سطح آب زیرزمینی بالا می‌باشد لوله‌های انتقال فاضلاب در مقایسه با مناطق گرم و خشک در فواصل پایین‌تری کار گذاشته می‌شوند و میزان نفوذ نشتاب در این مناطق بیشتر می‌باشد [۶]. در مجموع می‌توان بیان کرد که مهمترین عوامل تعیین کننده‌ی میزان نفوذ نشتاب، موقعیت کارگذاری لوله‌های متصل کننده شبکه و سطح آب زیرزمینی

می‌باشند [۸]. از واحدهای سنجش میزان نشتاب می‌توان به مترمکعب در هکتار در روز ($m^3/ha - d$) متر مکعب در کیلومتر در طول روز ($m^3/km - d$) و لیتر در ثانیه در هکتار ($L/ha - sec$) اشاره کرد.

۲-۲-۵ تاسیسات شبکه جمع‌آوری فاضلاب

به منظور رسیدن به عملکرد مناسب در طول زمان بهره‌برداری از شبکه فاضلاب و کنترل ضوابط و معیارهای شبکه باید تاسیسات مختلفی در آن ایجاد گردد. در ادامه به معرفی مهم‌ترین این تاسیسات پرداخته می‌شود.

۲-۲-۵-۱ فاضلابروها

یکی از تاسیسات مهم به کار رفته در شبکه فاضلاب می‌باشد که وظیفه‌ی جمع‌آوری و انتقال منابع تولید فاضلاب را دارد. برای ساخت فاضلابرو از مقاطع و مصالح مختلفی استفاده می‌شود. شکل مقطع فاضلابرو انواع مختلفی دارند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. مقطع دایروی که مساحت ثابت دارند و بدلیل کن شدن سطح محیط خیس شده کم‌ترین افت انرژی در طول این نوع فاضلابرو حاصل می‌شود، مقطع تخم‌مرغی که در مواقعی که دبی فاضلاب کم باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد و هزینه ساخت و عمق حفاری در این نوع مقطع بیشتر از مقطع دایروی می‌باشد، مقطع تخم‌مرغی پخ که برای استفاده در مجاری جمع‌آوری باران و فاضلاب مناسب می‌باشد، مقطع دایروی با دو شعاع متفاوت که برای پیشگیری از رسوب مواد معلق در مجاری استفاده می‌شوند، مقاطع زاویه‌دار که بیشتر برای انتقال رواناب‌های حاصل از بارندگی استفاده می‌شوند. با توجه به اینکه استفاده از مقطع دایروی پیچیدگی و هزینه ساخت پایین‌تری نسبت به سایر دارد بنابراین به عنوان یکی از متداول‌ترین مقاطع مورد استفاده شناخته می‌شوند [۳]. جنس و مصالح بکار رفته در ساخت فاضلابروها به عوامل متعددی مانند نوع فاضلاب موجود در منطقه، ارتفاع سطح آب زیر زمینی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت استاتیکی لوله و مقدار هزینه ساخت و نگهداری آن بستگی دارد. از جمله آن‌ها می‌توان به لوله‌های پلی اتیلن،

بتنی و بتن آرمه، چدنی، آریست سیمان، فولادی، پی وی سی اشاره کرد [۳].

۲-۲-۵-۲ آد مروها

سازه‌هایی که به عنوان دهانه‌های بازدید در نظر گرفته می‌شوند و برای ایجاد مسیری به منظور کنترل، تعمیر، رفع گرفتگی و تمیز کردن تاسیسات فاضلابی در زمان بهره‌برداری استفاده می‌شوند. آد مروها از بخش‌های مختلف مانند دریچه ورودی، میله ورودی، اتاقک بازدید تشکیل می‌شوند. برای امکان سنجی محل آد مروها باید موارد ذیل در نظر گرفته شود:

(۱) ابتدای هر خط.

(۲) در نقاطی که شیب، قطر و جهت لوله تغییر می‌کند.

(۳) در محل تقاطع لوله‌ها (به جز اتصال انشعاب منازل به لوله اصلی).

(۴) آد مرو ریزی که در آن رقوم لوله ورودی و خروجی متفاوت می‌باشد.

البته اجرای سیستم در فواصل مستقیم بستگی به میزان قطر لوله‌های انتقالی دارد که باید از آد مرو در فواصل معینی استفاده کرد که به شرح ذیل می‌باشند:

(۱) برای لوله‌ها تا قطر ۳۰۰ میلی‌متر در فواصل ۸۰ - ۵۰ متر.

(۲) برای لوله‌ها به قطر متوسط ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در فواصل ۹۰ - ۶۰ متر.

(۳) برای لوله‌ها به قطر ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر در فواصل ۱۱۰ - ۷۰ متر.

(۴) برای لوله‌ها به قطر ۱۰۰۰ میلی‌متر به بالا در فواصل ۱۵۰ - ۱۰۰ متر.

آد مروها انواع مختلفی دارند که در شبکه فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله آن‌ها می‌توان به آد مروهای ساده که بصورت درجا یا پیش‌ساخته می‌باشند، آد مرو ریزی که بصورت کوتاه و بلند می‌باشد، آد مرو سرریزدار و آد مرو دریچ اشاره کرد. در آد مرو ریزی که در فاضلاب‌روهای با ارتفاع ورودی بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود، اتصال ریزی باید خارج از آد مرو ساخته شود و اطراف آن با بتن پر شود اما اگر اتصال ریزی داخلی ضروری باشد، اتصال ریزی باید به دیوار محکم شود. همچنین

لوله‌های ورودی و خروجی باید با اتصالات آب‌بند انعطاف‌پذیر به آدمرو متصل شود. در جدول (۲-۲) دیگر بخش‌های مورد استفاده در آدمروها به همراه مشخصات آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۲-۲. بخش‌های تشکیل دهنه‌ی آدمرو

نوع سازه	ضوابط و مشخصات سازه‌های مورد استفاده در آدمرو
دریچه ورودی	۱- حداقل قطر ورودی این دریچه ۶۰۰ میلی‌متر و جنس آن چدن می‌باشد ۲- بسته به محل آدمرو و بار ترافیکی به سه نوع سبک، متوسط و سنگین تقسیم می‌شوند که به ترتیب مناسب برای بارهای ۱ تن برای پایده‌رو، ۱۵ تن معابر با ترافیک سبک و ۲۵ تن برای جاده‌ها و خیابان‌های پرترافیک می‌باشند. ۳- به منظور تهویه فاضلابرو باید دارای سوراخی باشد که قطر آن مانع ورود آشغال به شبکه شود. ۴- معمولاً دارای قفل و بست می‌باشند.
اتاقک بازدید	۱- باید دارای حداقل ابعاد داخلی ۱۲۰ در ۸۰ سانتی‌متر برای مقاطع چهارگوشه‌ای و حداقل قطر ۱۲۰ سانتی‌متر برای مقاطع دایروی باشد. ۲- حداقل عرض آن باید برای ساخت سکو به عرض ۲۵ سانتی‌متر در هر طرف کافی باشد. ۳- حداقل ابعاد آن برای آدمروهای عمیق باید به اندازه‌ای باشد که امکان ساخت سکویی به منظور ایستادن دو نفر مهیا باشد. ۴- حداقل ارتفاع آن نباید کمتر از ۱۸۰ سانتی‌متر باشد.
میله ورودی	۱- حداقل ابعاد داخلی برای مقاطع چهارگوش در صورت استفاده از پله چدنی ۷۵ در ۷۵ سانتی‌متر و در صورت استفاده از نردبان ۸۵ در ۷۰ سانتی‌متر باشد. ۲- حداقل قطر داخلی با مقطع دایروی ۷۰ سانتی‌متر و در صورت استفاده از نردبان ۹۰ سانتی‌متر می‌باشد.
پله و نردبان	۱- فواصل پله‌های چدنی از تمامی جهات از همدیگر باید ۳۰ سانتی‌متر از محور هم باشد. ۲- برای عمق‌های بیشتر از ۴.۵ متر، این فواصل بین پله‌های نردبان باید ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود. ۳- حداقل عرض نردبان ۴۰ سانتی‌متر و حداقل فاصله آن با دیوار باید ۱۶ سانتی‌متر باشد.

۲-۵-۳ دهانه‌های ریزش

هنگامی که شیب طبیعی خیابان بیشتر از حداکثر شیب مجاز برای لوله‌های فاضلاب باشد، لازم است اختلاف عمقی در نقاطی برای لوله‌ها تعبیه شود. این اختلاف عمق در دهانه‌های بازدید ویژه‌ای به نام دهانه‌های ریزش صورت می‌گیرد [۳،۲].

۲-۵-۴ دهانه‌های ورود آب باران

معمولاً برای جمع‌آوری آب باران و دیگر رواناب‌های ناشی از آن در میان پیاده‌رو و سواره‌رو دهانه‌هایی تعبیه می‌گردد. این دهانه‌ها نقش جلوگیری از آب‌گرفتگی معابر را دارند. باید توجه داشت که این دهانه‌ها را معمولاً در کف و کناره‌ی سواره‌رو و در برجستگی جدول پیاده‌رو کار می‌گذارند [۳،۲].

۲-۵-۵ دهانه‌های ریختن برف

نفوذ برف به فاضلاب باعث اختلال در فرآیند تصفیه فاضلاب بیولوژیکی می‌شود. همچنین برف ممکن است باعث گرفتگی شبکه فاضلاب گردد. لذا در مواقعی که حمل برف به خارج از شهر گران تمام می‌شود، می‌توان دهانه‌های مخصوص جمع‌آوری برف را پیش‌بینی نمود. البته تعبیه این نوع دهانه نیازمند رعایت دو شرط ذیل می‌باشد:

(۱) حداقل قطر لوله‌های شبکه فاضلاب ۱.۲ متر باشد.

(۲) حداقل فاصله بین نقطه ورود برف به شبکه فاضلاب تا نزدیک‌ترین ایستگاه پمپاژ و یا تصفیه‌خانه ۵۰۰ باشد.

۲-۵-۶ سرریز آب باران

در مواقعی که میزان بارش باران زیاد باشد و شبکه فاضلاب از سیستم جمع‌آوری مرکب استفاده کند، دبی فاضلاب افزایش می‌یابد و درصد زیادی از حجم فاضلاب را باران تشکیل داده و غلظت فاضلاب

خانگی کاهش پیدا می‌کند. به همین منظور مقطع لازم برای انتقال چنین فاضلابی باید به اندازه کافی باشد بنابراین به لوله‌های انتقال بزرگ نیاز می‌باشد همچنین طرح تاسیسات تصفیه‌خانه هم بزرگ خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از افزایش هزینه در نقاط مناسبی از شبکه فاضلاب و پیش از تصفیه‌خانه، تاسیساتی به عنوان سرریز آب باران در نظر گرفته می‌شود که بخش عمده فاضلاب را از طریق لوله مجزا مستقیماً به رودخانه یا مسیل منتقل می‌کند. البته باید توجه داشت که این حجم فاضلاب منتقل شده به رودخانه تصفیه نشده بنابراین باید غلظت این فاضلاب نسبت به فاضلاب خانگی از حد معینی تجاوز نکند [۳].

۲-۵-۷ حوضچه‌های شستشو فاضلابرو

حداقل سرعت مجاز برای جریان فاضلاب به منظور جلوگیری از رسوب مواد معلق ۰.۶ - ۰.۵ متر بر ثانیه می‌باشد. البته به دلایل مختلف از جمله نوسان‌های ساعتی و فصلی تولید فاضلاب این حداقل سرعت در برخی از کانال‌های فرعی رعایت نمی‌شود. بنابراین برای شستشوی مواد ته‌نشین شده در این کانال‌ها، حوضچه‌هایی به عنوان حوضچه شستشو در ابتدای کانال تعبیه می‌شود. عملکرد این حوضچه‌ها بدین صورت است که مقداری آب را انباشته و پس از مدتی رها می‌کنند تا شستشو صورت گیرد. این حوضچه‌ها انواع مختلفی از جمله دستی و خودکار دارند. هرچند باید توجه داشت که ساخت این حوضچه‌ها تنها در کانال‌هایی با حداکثر قطر ۵۰۰ میلی‌متر کارایی مناسب دارد [۳].

۲-۵-۸ روگذرها و زیرگذرها

با توجه به اینکه لوله فاضلاب نباید تغییر شیب آنی زیادی پیدا کنند بنابراین در نقاطی که شبکه فاضلاب با موانعی از قبیل رودخانه، مسیل و یا جاده‌ها تداخل پیدا کند در صورت امکان در این مناطق از روگذر و در غیر اینصورت از زیرگذر برای عبور لوله‌های انتقال شبکه فاضلاب استفاده می‌شود.

۲-۵-۹ تجهیزات و ابزار دقیق

در بعضی از نقاط حیاتی شبکه فاضلاب لازم است تا مشخصات هیدرولیکی جریان فاضلاب از جمله دبی، سرعت، شیب و ... و یا مشخصات کیفی از جمله دما، PH، BOD، COD و ... اندازه‌گیری شود تا در صورت لزوم در زمان بهره‌برداری این مشخصات هیدرولیکی و کیفی توسط دستگاه‌ها و سنسورهای مخصوص اندازه‌گیری شود.

۲-۶ ضوابط محل و عمق کارگذاری لوله‌های شبکه فاضلاب

یکی از مهم‌ترین نکاتی که باید در طراحی شبکه فاضلاب به آن توجه کرد بحث خدمت‌پذیری شبکه فاضلاب در زمان بهره‌برداری و تا رسیدن به عمر مفید شبکه می‌باشد. به این منظور با توجه به گسترش روز به روز شهر و ساختمان‌سازی طرح شبکه فاضلاب باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر اینکه تمامی ضوابط طراحی رعایت شود باید گسترش آن شبکه در آینده امکان‌پذیر بوده و با هزینه‌های هنگفت همراه نباشد. در ادامه برخی از ضوابط و نکات مربوط به محل و عمق کارگذاری لوله‌های شبکه فاضلاب اشاره می‌شود که باید به مقدار شیب مجاز و مقدار هزینه شبکه و ملاحظات فنی توجه شود.

محل جاگذاری لوله‌های انتقال فاضلاب در گذرگاه‌ها به پهنای آن بستگی دارد که ضوابط این موضوع به صورت ذیل می‌باشد [۹]:

(۱) در گذرگاه‌های باریک (حداکثر پهنای ۱۵ متر)، یک لوله انتقال فاضلاب در میان گذرگاه مناسب می‌باشد.

(۲) در گذرگاه‌های بسیار پهن (حداقل پهنای ۲۴ متر) که در دو سمت آن ساختمان‌سازی انجام شده است، قرار دادن دو لوله فاضلاب در هر دو طرف آن خیابان مناسب می‌باشد.

(۳) برای خیابان‌هایی با پهنای ۲۴ - ۱۵ متر بسته به امکانات موجود در منطقه، هزینه‌ی ساختمان و نظر مهندس طراح یکی از دو حالت مناسب برای گذرگاه باریک و پهن به کار

می‌رود.

همچنین در طراحی محل کارگذاری لوله‌های انتقال باید جانمایی مناسب برای لوله‌های آبرسانی، گازرسانی، کابل برق و کابل تلفن انجام شود.

با استفاده از مطالعات فنی و اقتصادی طرح شبکه فاضلاب مقدار عمق جاگذاری لوله انتقال تعیین می‌گردد. از ضوابط مربوط به عمق جاگذاری لوله‌های انتقال فاضلاب می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد [۱۰]:

۱) لوله‌های مخصوص انتقال آب باران باید در عمقی کار گذاشته شوند که از یخبندان محافظت شوند. بنابراین لوله زیر سطح یخبندان و یا در زمین‌های رسی زیر سطح تاثیر رطوبت سالانه کارگذاشته شوند.

۲) عمق کارگذاری لوله‌های فاضلاب خانگی به وجود یا عدم وجود زیر زمین در شهر و عمق آنها دارد. البته شایان ذکر است که در برخی از ساختمان‌های خاصی که بلند هستند، مبنای محاسبات در نظر گرفته نشوند و عمق نیم طبقه‌ها با زیرزمین‌هایی که در آن شهر بیشتر مورد استفاده قرار گرفته اند به عنوان مبنا در نظر گرفته شود.

۳) بلندی سیفون تجهیزات بهداشتی و مقدار شیب ضروری برای انتقال جریان فاضلاب از ساختمان به لوله اتصال به شبکه فاضلاب منطقه موثر می‌باشد.

۴) در صورتی که لوله انتقال فاضلاب در زیر سواره‌رو کارگذاشته شود و در آن محل رفت و آمد وسایل نقلیه برقرار باشد، باید به منظور جلوگیری از تاثیر بارهای دینامیکی از پوششی به حداقل ضخامت ۱۰۲۰ متری روی لوله انتقال استفاده شود. همچنین در مناطق غیرسواره‌رو و زراعتی می‌توان این ضخامت را به مقدار حداقل ۹۰ سانتی‌متر رساند. البته باید توجه داشت که در صورت عدم اجرای این ضوابط استفاده از غلاف بتنی برای محافظت از لوله انتقال ضروری است.

۲-۷ شرایط و مقدار جریان در فاضلابروها

اگر سیستم‌های تحت فشار مانند سیفون‌های وارونه و خطوط تخلیه از ایستگاههای تلمبه‌زنی فاضلاب استثنا در نظر گرفته شوند در بقیه موارد بیشتر فاضلابروها بر اساس و قواعد جریان در کانال‌های باز طراحی می‌گردند. در مواقعی که فاضلاب سرریز می‌شود و متعاقب آن جریان از آدمروها بالا فاضلاب سربار رخ می‌دهد. سربار شدن فاضلاب بهداشتی می‌شود در مواردی رخ می‌دهد که جریان فاضلاب توسط موانع موجود موجب انسداد لوله انتقال شوند. همچنین سرریز شدن مقدار آب اضافی حاصل از بارندگی شدید و در صورتی که مقدار جریان آب در فاضلابروها از مقدار جریان پیش بینی شده در طرح بیشتر باشد [۸،۶].

با توجه به مطالب ذکر شده در فوق برای محاسبه دبی جریان از رابطه مانینگ (۱-۲) در طراحی شبکه فاضلاب استفاده می‌شود [۱۱]. رابطه مانینگ که یکی از پرکاربردترین رابطه‌های مورد استفاده در محاسبات مربوط به کانال‌های باز است به صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (1-2)$$

که در رابطه (۱-۲)، $Q \left(\frac{m^3}{s} \right)$ میزان دبی جریان در کانال فاضلاب، n ضریب مانینگ که به زبری سطح بستگی دارد، $A(m^2)$ مساحت کانال انتقال دهنده فاضلاب، $R(m)$ شعاع هیدرولیکی کانال و S شیب انرژی جریان در کانال‌های باز می‌باشد که در کانال‌هایی که جریان یکنواخت حاکم باشد مقدار S برابر با شیب کانال (S_0) می‌باشد. در ادامه مقادیر تقریبی ضریب مانینگ برای استفاده در رابطه (۱-۲) مطابق تقسیم‌بندی ذیل شرح داده می‌شود:

(۱) لوله پلاستیکی $n = 0.009$

(۲) الوار کاملاً مسطح یکنواخت چیده شده $n = 0.009$

(۳) لوله خیلی صاف، سیمان منظم $n = 0.010$

(۴) الوار غیر همسطح، چدن زیرمعمولی $n = 0.012$

(۵) آجر کاملاً یکنواخت، بتن مناسب $n = 0.013$

همانطور که پیشتر ذکر شد یکی از منابع تولید فاضلاب رواناب حاصل از بارندگی می‌باشد. بنابراین برای تخمین حجم رواناب باید مقدار دبی بارندگی در آن منطقه محاسبه شود که از رابطه (۲-۲) برای این منظور استفاده می‌شود [۳].

$$Q = 0.278 CbiA \quad (2-2)$$

که در رابطه (۲-۲)، $Q \left(\frac{m^3}{s} \right)$ دبی فاضلاب، $A(m^2)$ مساحت حوضه آبریز یا سطح بارش در منطقه مورد نظر، C ضریب رواناب می‌باشد که از رابطه‌ی (۲-۳) بدست می‌آید.

$$C_m = \frac{A_i C_i}{A_i} = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \quad (3-2)$$

که در رابطه (۳-۲)، A_i مساحت مربوط به زیر حوضه‌های تقسیم بندی شده‌ی منطقه‌ی مورد نظر می‌باشد که مقادیر آن برای سطوح مختلف در جدول (۲-۳) گزارش شده است. برای بدست آوردن حداکثر دبی رواناب در حوضه مورد نظر باید ضریب رواناب $C = 1$ در نظر گرفته شود [۳].

جدول ۲-۳. مقادیر ضریب رواناب در سطوح مختلف

سطح بارش	C
سقف‌های شیروانی	۰.۹۵ – ۰.۹۸
سقف‌های سطح آسفالت یا موزاییک	۰.۹۰ – ۰.۹۵
خیابان‌های آسفالتی یا بتنی	۰.۸۵ – ۰.۹۰
زمین‌های سنگ چین بدون فاصله و زمین‌های آجری	۰.۷۵ – ۰.۸۵
زمین‌های سنگ‌چین با فاصله	۰.۶۵ – ۰.۷۵
زمین‌های با پوشش ماکادام	۰.۶۵ – ۰.۷۵
زمین‌های با پوشش شنی	۰.۳۰ – ۰.۱۵
زمین‌های چمنی و زمین‌های دارای باغچه	۰.۱۰ – ۰.۰۵

در رابطه (۲-۲)، $i \left(\frac{mm}{hr} \right)$ شدت بارش باران برحسب میلی‌متر در ساعت می‌باشد که از رابطه (۲-۴) بدست می‌آید:

$$i = \frac{\alpha}{T\gamma} \quad (۲-۴)$$

که در رابطه (۲-۴)، $T(min)$ مدت بارندگی در دقیقه، α و γ ضرایب ثابت مربوط به مشخصات اقلیمی منطقه مورد نظر می‌باشند که در جدول (۲-۴) مقادیر مربوط به تهران گزارش شده است که $N(year)$ دوره بازگشت بارندگی می‌باشد.

جدول ۲-۴. ضرایب ثابت مورد استفاده در تخمین شدت بارندگی (شهر تهران)

N (years)	T (min)	γ	α	دوره آماری
۲	۱۵ - ۱۵۰	۰.۶۵۸۹	۱۱۹	۱۹۶۳
۵	۱۵ - ۹۰	۰.۷۱۳۲	۱۹۰	۱۹۶۳-۱۹۸۱
	۹۰ - ۱۵۰	۰.۶۱۴۳	۱۲۲	

همچنین b ضریب حوضه آبریز می‌باشد که مقادیر آن از جدول (۲-۵) بدست می‌آید:

جدول ۲-۵. ضریب حوضه آبریز

b	مساحت حوضه آبریز مورد مطالعه (km^2)
۱	کمتر از ۵
۰.۸۷ - ۱	۵ - ۱۰
۰.۸۷ - ۰.۸۰	۱۰ - ۲۵
۰.۷۶ - ۰.۸۰	۲۵ - ۵۰
۰.۷۶	بزرگتر از ۵۰

۲-۲-۸ مراحل کلی طراحی شبکه فاضلاب

همانطور که در فصل پیشین اشاره شد برای طراحی شبکه فاضلاب باید در ابتدا یک طرح مناسب شرایط منطقه انتخاب و طبق آن طرح انتخاب شده، طراحی هیدرولیکی انجام می‌شود. برای دستیابی به این طرح باید اقداماتی مانند مطالعات اولیه در مورد منطقه، جزئیات نقشه برداری، نقشه اجرایی نهایی و تطابق اصلاح نقشه‌های خروجی طرح با تغییرات بوجود آمده در زمان اجرا می‌باشد. در ادامه این مجموعه اقدامات شرح داده خواهد شد.

۲-۲-۸-۱ مطالعات اولیه

دستیابی به تخمین هزینه مبنای اجرای پروژه برای صدور تعهدنامه، ارزیابی‌ها و افزایش بودجه الزامی می‌باشد. به همین منظور در مرحله مطالعات اولیه باید نقشه‌های خیابان‌ها و مشخصات توپوگرافی از مراجع مربوطه تهیه شود. همچنین باید توجه داشت که انتخاب محل مناسب دفع فاضلاب و کاربردی بودن این انتخاب با توجه به شبکه فاضلاب مورد نظر و تاثیرات دفع آن باید در این مرحله مورد ارزیابی کامل و جامع قرار گیرند [۶].

یکی دیگر از مطالعات الزامی در این مرحله، پیش‌بینی جمعیت و تغییرات آن در آینده، تراکم جمعیت و برآورد منابع تولیدی فاضلاب برای دوره برنامه‌ریزی حدود ۲۰ ساله می‌باشد. در ادامه مطالعات مربوط به جمعیت، تراکم آن و روند تغییرات آن شرح داده می‌شود.

جمعیت منطقه مورد مطالعه و سرانه تولید فاضلاب از عوامل اصلی برآورد حجم فاضلاب می‌باشد که اطلاعات مربوط به جمعیت از مرکز آمار قابل دسترس می‌باشد. این مرکز هر ۱۰ سال کار سرشماری نفوس و مسکن را انجام می‌دهد [۹]. از رونده تغییرات هر ده ساله جمعیت می‌توان برآوردی از جمعیت در سال‌های آتی انجام داد.

در صورتی که در این بازه‌های ده ساله سرشماری جمعیت میزان ولادت از مرگ و میر بیشتر باشد، رشد طبیعی مثبت بوده که در کشور ایران و منطقه مورد مطالعه این روند تغییرات جمعیت مثبت

می‌باشد البته در سال‌های اخیر این روند مثبت شیب زیادی ندارد و پیش‌بینی می‌شود که در سال‌های آینده این روند دچار تغییراتی می‌شود. بنابراین برای بدست آوردن پیش‌بینی منطقی از جمعیت منطقه مورد مطالعه نیاز به تعریف دوره طرح می‌باشد. فاصله زمانی بین سال شروع بهره‌برداری و سال پایانی را دوره طرح می‌نامند. به منظور پیش‌بینی جمعیت برای دوره طرح مربوطه پروژه روش‌های مختلفی وجود دارد که دو روش حسابی و هندسی کاربردی‌تر می‌باشند.

در روش حسابی ضریب رشد جمعیت به صورت یکنواخت اعمال می‌گردد. بنابراین جمعیت منطقه مورد مطالعه از رابطه (۵-۲) بدست می‌آید.

$$\rho_n = \rho_0 + n_y r \rho_0 \quad (5-2)$$

که در رابطه (۵-۲)، ρ_n مقدار جمعیت در n_y سال بعد، ρ_0 مقدار جمعیت در سال ابتدایی بهره‌برداری و r ضریب رشد جمعیت در سال بر اساس درصد می‌باشد.

اما در روش هندسی ضریب رشد جمعیت به صورت تصاعدی اعمال می‌گردد. بنابراین جمعیت منطقه مورد مطالعه از رابطه (۶-۲) بدست می‌آید.

$$\rho_n = \rho_0 (1 + r)^{n_y} \quad (6-2)$$

با استفاده از سعی و خطا در مورد آمار سال‌های پیشین جمعیت منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که روش حسابی مطابقت بیشتری دارد. بنابراین در این تحقیق برای برآورد رشد جمعیت از روش حسابی استفاده گردید. همچنین در مطالعات اولیه مربوط به طراحی شبکه فاضلاب با توجه به اینکه دوره طرح ۲۵ تا ۴۰ سال می‌باشد، پیش‌بینی جمعیت برای دوره‌های پنج ساله انجام می‌شود.

همانطور که پیشتر ذکر شد، یکی دیگر از عوامل مهم در طرح مطالعاتی مربوط به شبکه فاضلاب اطلاع از میزان تراکم منطقه مورد نظر می‌باشد تا تخمینی از جمعیت تحت پوشش هر شبکه فاضلابی در ابتدای طراحی آن شبکه در دسترس باشد. به طور کلی به تعداد افراد مستقر در مساحت را تراکم گویند. طبیعتاً در شهرهای بزرگ مانند تهران به دلیل تفاوت در طرح‌های ساخت و ساز و سطح زندگی جامعه مورد نظر، تراکم در نقاط مختلف شهر متفاوت تفاوت‌هایی دارد. بنابراین در طراحی شبکه

فاضلاب این نوع شهرها، تراکم جمعیت به سه دسته‌ی نواحی کم تراکم، نواحی با تراکم متوسط و نواحی پرتراکم تقسیم‌بندی می‌شوند.

البته باید به این موضوع توجه داشت که در بخشی از مناطق مورد نظر ممکن است مناطق باز و کم جمعیت مانند پارک‌های جنگلی، زمین‌ها و باغات کشاورزی وجود داشته باشد که در این صورت اختلاف عمده‌ای بین تراکم در بین مناطق بوجود می‌آید. بنابراین اگر از روش متوسط تراکم جمعیت در مطالعات اولیه استفاده شود موجب بروز خطای قابل توجه در برآورد ظرفیت هیدرولیکی فاضلابروها می‌شود. به همین منظور در مناطقی که حداقل ۲۵ درصد مساحت کل منطقه مورد نظر را محل‌های کم تراکم مانند پارک‌های جنگلی و زمین و باغات کشاورزی و فضای سبز به صورت کاملاً متمرکز شامل شود باید از مفهوم تراکم خالص استفاده کرد و در غیر این صورت اگر در منطقه مورد نظر فضای سبز عمومی و استاندارد وجود داشته باشد از تراکم جمعیت ناخالص استفاده می‌شود. در این تحقیق با توجه به مشخصات جمعیتی و فضای سبز موجود در منطقه مورد مطالعه، از تراکم جمعیت ناخالص استفاده می‌شود. روابط (۷-۲) و (۸-۲) به ترتیب بیان کننده تراکم جمعیت ناخالص و خالص می‌باشد و واحد هر آن‌ها نفر در هکتار می‌باشد.

$$(۷-۲) \quad \text{تراکم جمعیت ناخالص} = \frac{\text{جمعیت منطقه مورد نظر}}{\text{مساحت کل منطقه}}$$

$$(۸-۲) \quad \text{تراکم جمعیت خالص} = \frac{\text{جمعیت منطقه مورد نظر}}{\text{مساحت کل منطقه بدون احتساب فضای سبز}}$$

همچنین باتوجه به دوره طرح شبکه فاضلاب زیاد می‌باشد و تاسیسات شبکه فاضلاب باید در طول عمر آن شبکه همواره جوابگو باشد، باید مقدار تراکم در سال مقصد طرح هم برآورد شود. شهر تهران از جمله مناطقی می‌باشد که توسعه شهرنشینی و جمعیت به صورت عمودی می‌باشد. بنابراین تراکم جمعیت در طول دوره به شدت افزایش پیدا خواهد کرد. تراکم جمعیت در ابتدا و انتهای دوره طرح به ترتیب از روابط (۹-۲) و (۱۰-۲) بدست می‌آیند.

$$(۹-۲) \quad \text{تراکم جمعیت در سال مبدأ} = \frac{\text{جمعیت منطقه مورد نظر در سال مبدأ}}{\text{مساحت کل در سال مبدأ}}$$

$$(۱۰-۲) \quad \text{تراکم جمعیت در سال مقصد} = \frac{\text{جمعیت منطقه مورد نظر در سال مقصد}}{\text{مساحت کل در سال مقصد}}$$

۲-۸-۲-۲ شناسایی محل سازه‌ها و تاسیسات زیرزمینی

یکی دیگر از ملزومات اولیه در طراحی شبکه فاضلاب و تعیین شیب و مسیر مجاری فاضلاب، شناسایی محل و مسیر عبور تاسیسات زیرزمینی شهری مانند خطوط تلفن و برق، لوله‌های گاز و انتقال آب، تونل‌های موجود و دیگر جزئیات مستعد ایجاد چالش در مسیر اجرای شبکه فاضلاب می‌باشد. بنابراین طراح شبکه فاضلاب باید اطلاعات و نقشه‌های مربوط به این تاسیسات زیرزمینی را از مراجعه ذیصلاح تهیه کند.

همانطور که پیشتر ذکر شد، سطح آب زیرزمینی از عوامل تاثیرگذار بر تعیین محل جاگذاری لوله‌های انتقال می‌باشد و تاثیر بسزایی بر روی هزینه‌های اجرایی شبکه فاضلاب خواهد داشت. بنابراین حفر گمانه‌های شناسایی در مسیر اجرای شبکه فاضلاب برای تعیین سطح آب زیرزمینی و شناسایی مشخصات سنگ موجود در مسیر حفاری ضروری می‌باشد [۶].

یکی دیگر از چالش‌های بالقوه در اجرای شبکه فاضلاب شناسایی مشخصات سازه‌های زیر زمینی، محل و رقوم مبنا زیر زمین این سازه‌ها، رقوم آبراهه‌ها، پروفیل خیابان‌های در مسیر شبکه فاضلاب، جوی‌های مستقر در آن خیابان‌ها و حداکثر ارتفاع آب موجود در جوی‌ها می‌باشد [۶].

باتوجه به نکات فوق باید نقشه‌های اجرایی مربوط به تمامی تاسیسات یاد شده تهیه شود. در این نقشه‌های اجرایی باید نکات ذیل در نظر گرفته شود:

(۱) باید دارای خطوط تراز باشند به استثنا سطوحی که ارتفاع رقوم ناچیزی داشته باشد.

(۲) مقیاس آن معمولاً ۱:۳۰۰۰ - ۱:۱۰۰۰ می‌باشد.

(۳) رقوم تمامی تقاطع خیابان‌ها و محل‌هایی که شیب تغییر می‌کند باید گزارش شود.

رقوم مبنای سازه‌های مورد استفاده در مسیر شبکه از جمله فاضلابرو، دهانه آبریز، ایستگاه زیرزمینی و غیره در صورت تلاقی در نقشه ذکر و نشان داده میشود.

۲-۸-۳ جانمایی و ترسیم پروفیل اجزای شبکه فاضلاب

در مرحله انتخاب طرح، بسیاری از حالت‌های ممکن جانمایی مسیر شبکه فاضلاب چندین بار شبیه‌سازی می‌شود که این مرحله با ترسیم در امتداد خیابان‌های منطقه مورد نظر انجام می‌شود. باتوجه به ثقلی بودن سیستم انتقال شبکه فاضلاب مورد استفاده در این تحقیق، جهت جریان فاضلاب به طرف پایین شیب زمین می‌باشد. بعد از صحت سنجی حالات مختلف جانمایی مسیر شبکه فاضلاب به انتخاب طرح فاضلاب اصلی می‌انجامد که در پایین‌ترین نقطه محل همراه با لوله‌های کوچکت‌ر و شاه‌لوله‌های فرعی مربوط به دورترین ناحیه قرار داده می‌شود. همچنین نقش زهکشی آبریزها بوسیله پمپ یا شبکه‌های انتقال فاضلاب جداگانه صورت می‌گیرد. البته در زمین‌های مسطح یک مکان مرکزی به عنوان مقصد تمام خطوط مربوط به پمپ زنی به لوله اصلی ثقلی یا به تصفیه‌خانه انتخاب می‌شود [۱۸].

عدم تداخل لوله‌های انتقال فاضلاب و لوله‌های توزیع آب و گاز یکپاز شروط تعیین جانمایی و مسیر شبکه فاضلاب می‌باشد. در خیابان‌های بسیار عریض به منظور کاهش طول اتصالات ممکن است فاضلاب‌ها در هر ضلع خیابان اجرا گردند.

همچنین برای جانمایی عمودی شبکه فاضلاب ضروری می‌باشد که ضوابط مربوط به حداقل میزان پوشش و خاکبرداری در نظر گرفته شوند. این ضوابط از قبیل شیب زمین، جلوگیری از یخ‌زدگی، بار ترافیکی و اندازه لوله‌های انتقال می‌باشد.

برای ترسیم پروفیل عمودی اجزای شبکه فاضلاب از یادداشت‌های نقشه برداری موجود استفاده می‌شود. با توجه به جزئیات و اجزای به کار رفته در این نقشه‌ها از مقیاس افقی در محدوده ۱:۵۰۰ تا ۱:۱۰۰۰ استفاده می‌شود [۱۸]. همچنین باید توجه داشت که معمولاً مقیاس عمودی بکار رفته در این نقشه‌ها ۱۰ برابر مقیاس افقی می‌باشد. در پروفیل رقوم مسیرهای مورد آزمایش برای انتخاب طرح اصلی

مانند آدمروها، محل سوراخ‌های گمانه، تمام سازه‌های زیر زمینی، رقوم زیرزمینی و تقاطع خیابان‌ها نشان داده می‌شود [۶].

۹-۲-۲ مصرف سرانه آب

برای تعیین متوسط مصرف سرانه آب باید میانگین تمامی منابع چهارگانه مصرف آب در طول یک سال را به ازای هر نفر از آن منطقه بدست آورد. در ادامه منابع چهارگانه مصرف آب شرح داده خواهد شد. در حالت کلی منابع مصرف آب به چهار دسته تقسیم بندی می‌شود [۱۲]:

۱) مصارف خانگی: مصارف بهداشتی، آشامیدن، پخت و پز و شستشو که در جدول (۶-۲) حدود آن گزارش شده است.

۲) مصارف عمومی: مصارف مربوط به مراکز درمانی، ادارات، موسسات عمومی و آموزشی، مجموعه‌های ورزشی، اماکن مذهبی، حمام عمومی، فاضلابروها و شیرهای آتش‌نشانی که در جدول (۷-۲) حدود آن گزارش شده است.

۳) مصارف تجاری و صنعتی: مصارف مراکز تجاری و صنعتی نسبتاً کوچک مانند مغازه‌ها و کارگاه‌های کوچک نزدیک به روستاها که در جدول (۲-۸) حدود آن گزارش شده است.

۴) مصارف فضای سبز عمومی: مصارف فضای سبز خیابان‌ها و پارک‌ها که در جدول (۲-۸) حدود آن گزارش شده است.

۵) تلفات آب: مصارف شامل هدر رفت و نشت آب در سیستم انتقال آب. باید توجه داشت که این میزان اتلاف به عمر شبکه انتقال بستگی دارد به طوریکه میزان اتلاف آب در شبکه‌های تازه بهره‌برداری شده حدود ۵ درصد، در شبکه‌های کهنه حدود ۱۳ درصد و در خطوط انتقال در حدود ۲ درصد مصرف کل در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲-۶. تفکیک میزان مصارف خانگی بر مبنای نشریه ۱۱۷-۳

شرح نوع مصرف	حداقل مقدار مصرف (لیتر)	حداکثر مقدار مصرف (لیتر)
آشامیدن	۲	۵
پخت و پز	۵	۱۰
استحمام	۲۵	۵۰
لباسشویی	۱۰	۲۰
ظرفشویی	۵	۱۵
دستشویی و توالت	۲۰	۳۰
شستشوی خانه	۳	۱۰
کولر و تهویه مطبوع	۲	۵
متفرقه	۳	۵
مجموع مصارف	۷۵	۱۵۰

جدول ۲-۷. تفکیک میزان مصارف عمومی

نوع مراکز	واحد	گستره	نمونه‌وار
بیمارستان، طبی	تخت بیمار	۱۰۰۰-	۶۵۰
	کارکنان	۲۰ - ۶۰	۴۰
بیمارستان، روانی	تخت بیمار	۳۰۰ - ۵۵۰	۴۰۰
	کارکنان	۲۰ - ۶۰	۴۰
زندان	زندانی	۳۰ - ۶۰۰	۴۵۰
	کارکنان	۲۰ - ۶۰	۴۰
مدرسه روزانه بدون امکانات تفریحی	دانش‌آموز	۲۰ - ۶۵	۴۰
مدرسه روزانه با کافه تریا	دانش‌آموز	۴۰ - ۸۰	۶۰
مدرسه روزانه با کافه تریا، سالن ورزشی و دوش	دانش‌آموز	۶۰ - ۱۲۰	۸۰
مدرسه شبانه‌روزی	دانش‌آموز	۲۰۰ - ۴۰۰	۲۸۰
سینما	صندلی	۸ - ۱۵	۱۰

۲۰	۱۵ - ۳۰	دیدارکننده	مراکز دیدنی (با جاذبه‌های توریستی)
۴۰	۲۰ - ۵۰	شناگر	استخر شنا
۴۰	۳۰ - ۶۰	کارکنان	
۱۰	۸ - ۱۵	مسافر	فرودگاه

جدول ۲-۸. تفکیک میزان مصارف مراکز تجاری و عمومی بر حسب لیتر در روز به ازای هر نفر

شرح نوع مصرف	مقدار مصرف (لیتر در روز به ازای هر نفر)
آپارتمان با لوله‌کشی گاز مصرف آب (بدون وان)	۸۰ - ۱۱۰
آپارتمان با لوله‌کشی گاز مصرف آب (با وان)	۱۰۰ - ۱۲۵
آپارتمان با لوله‌کشی گاز مصرف آب (با وان و آبگرمکن نفتی)	۱۳۰ - ۱۵۰
آپارتمان با لوله‌کشی گاز مصرف آب (با آبگرمکن گازی)	۱۵۰ - ۲۰۰
آپارتمان با لوله‌کشی گاز مصرف آب (با آبگرمکن گازی، مصرف زیاد آب)	۲۰۰ - ۲۵۰
آپارتمان با لوله‌کشی گاز مصرف آب (با حرارت مرکزی)	۲۰۰ - ۴۰۰

جدول ۲-۹. تفکیک میزان مصارف روزانه فضای سبز بر حسب لیتر در روز به ازای هر متر مربع

شرح منطقه آب و هوایی	حدود مقدار مصرف (لیتر در روز به ازای هر متر مربع)
کوهستانی بسیار سرد و کوهستانی سرد	۲ - ۴
معتدل خزری بسیار مرطوب و معتدل خزری	۰ - ۲
مدیترانه‌ای با باران بهاره و مدیترانه‌ای و نیمه صحرایی سرد	۴ - ۱۰
نیمه صحرایی گرم و صحرایی خشک و صحرایی خشک گرم	۸ - ۱۴
خشک ساحلی گرم و خشک ساحلی	۲ - ۱۲۱

۲-۲-۱۰ مشخصات فنی طراحی شبکه فاضلاب

در قسمت‌های پیشین ملزومات ابتدایی برای طراحی و اجرای شبکه فاضلاب تشریح گردید. در این

بخش به نکات فنی لازم در طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی و سطحی اشاره می‌شود.

دبی جریان حاصل از فاضلاب بهداشتی، مشخصات لوله‌ها و آدروهای مربوط به مشخصات فنی

شبکه فاضلاب بهداشتی به شرح ذیل می‌باشد [۱۳]:

(۱) تراکم جمعیت در هکتار به عنوان پارامتر جمعیت در تعیین و محاسبه دبی طرح فاضلاب

بهداشتی مربوط به مناطق مسکونی، تجاری و آموزشی اعمال می‌شود.

(۲) حداقل قطر لوله‌های انتقال بکار رفته در سیستم فاضلاب مناطق مسکونی ۲۰۰ میلی‌متر و برای

سیستم فاضلاب مناطق صنعتی ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

(۳) مسیر و محل انتخابی شبکه فاضلاب بهداشتی در حدود ۱.۵ متری شمال یا شرق خط مرکزی

جاده و خیابون آن منطقه می‌باشد.

(۴) در بخش آدرو الزامات فواصل بین آدروها در فواصل مستقیم اشاره شد که قطر لوله انتقالی

پارامتر تعیین کننده برای انتخاب حداکثر فاصله بین آدروها می‌باشد. در فاضلاب بهداشتی با

قطر لوله زیر ۲۵۰ میلی‌متر حداکثر فاصله بین آدروها ۱۰۰ متر، با قطر لوله ۶۵۰ - ۳۰۰

میلی‌متر حداکثر فاصله بین آدروها ۱۱۰ متر و با قطر لوله بزرگتر از ۷۵۰ میلی‌متر حداکثر

فاصله بین آدروها ۱۲۵ متر می‌باشد.

همچنین مشخصات فنی شبکه فاضلاب سطحی به شرح ذیل می‌باشد:

(۱) اندازه‌گیری حدود منطقه آبریز، خیابان‌ها، آبره‌ها و کلیه سازه‌های موجود در آن منطقه در پلان

مربوطه به نمایش داده می‌شود. همچنین مساحت آبریز را می‌توان از خطوط تراز پلان‌ها تعیین

کرد.

(۲) در فاضلاب سطحی با قطر لوله ۲۵۰ میلی‌متر حداکثر فاصله بین آدروها ۱۰۰ متر، با قطر لوله

۶۵۰ - ۳۰۰ میلی‌متر حداکثر فاصله بین آدروها ۱۱۰ متر و با قطر لوله بزرگتر از ۷۵۰

میلی‌متر حداکثر فاصله بین آدروها ۱۲۵ متر می‌باشد.

(۳) حداقل پوشش بکار رفته روی لوله‌های انتقال ۱ متر می‌باشد.

۴) مسیر و محل انتخابی شبکه فاضلاب سطحی ناشی از بارندگی در حدود ۱.۵ متری جنوب یا غرب خط مرکزی جاده و خیابون آن منطقه می‌باشد.

۵) برای طراحی سازه‌های انتقال فاضلاب که مسیر آن‌ها در وسط خیابان می‌باشد باید از منحنی مدت - شدت بارندگی با دوره بازگشت طرح ۵۰ ساله استفاده شود.

۲-۲-۱۱ مبانی و ضوابط طراحی شبکه فاضلاب

در طراحی شبکه فاضلاب باید نکات مربوط به عمق خاکبرداری، عمق جاگذاری مسیر فاضلاب‌روها، ارتفاع فاضلاب در فاضلاب‌روها، حداقل و حداکثر سرعت پر مجاز فاضلاب و شیب مربوط به فاضلاب‌رو لحاظ شود که در ادامه به تشریح هریک از این موارد پرداخته می‌شود.

۲-۲-۱۱-۱ عمق خاکبرداری

شرایط و عمق جاگذاری لوله‌های انتقال شبکه فاضلاب در بخش (۶-۲-۲) تشریح گردید. همچنین خاکبرداری یکی از عمده‌ترین مسائل در بحث هزینه‌های اجرایی می‌باشد. بنابراین در انتخاب طرح مناسب شبکه فاضلاب باید همزمان ضوابط مربوط به عمق رعایت شود و تا حد مقدور بحث هزینه‌های خاکبرداری لحاظ گردد تا به شبکه فاضلاب بهینه و کاربردی دست پیدا کرد. حداقل عمق خاکبرداری برای مناطقی که دارای زیرزمین هستند، ۲.۵ متر و برای مناطق بدون زیرزمین ۱.۷ متر می‌باشد.

۲-۲-۱۱-۲ عمق جاگذاری فاضلاب‌رو

در حالت کلی باید توجه داشت که فاضلاب‌روها باید در عمقی پایین‌تر از تمام سازه‌های موجود در آن منطقه اجرا گردند. بنابراین حداقل عمق اجرایی فاضلاب‌روها به سه پارامتر بار ترافیکی، سازه‌های دارای زیرزمین یا بدون زیرزمین و عمق سایر تاسیسات آن منطقه بستگی دارد. البته باید توجه داشت که وجود سازه‌هایی با زیرزمین یا بدون زیرزمین و عمق جاگذاری مسیر لوله‌های آبرسانی عامل اصلی تعیین

کننده در حداقل عمق خاکبرداری می‌باشد. باتوجه به اینکه ساختمان‌های مسکونی واقع در منطقه مورد بررسی در این تحقیق دارای زیرزمین هستند باید از ضوابط مربوط به این حالت برای تعیین حداقل عمق خاکبرداری استفاده کرد. همچنین سیستم انتقال فاضلاب در این شبکه فاضلاب از نوع ثقلی می‌باشد، بنابراین عمق کارگذاری لوله‌های انتقال فاضلاب در این مناطق باید بگونه‌ای انتخاب شود که فاضلاب تولیدی از یک طبقه زیرزمینی به صورت ثقلی به شبکه فاضلاب انتقال یابد. البته در موارد استثنا طراحان ساختمان‌های دارای بیش از یک طبقه زیرزمینی باید تدبیری بیندیشند که تخلیه فاضلاب از این واحد بدون ایجاد تداخل در شبکه فاضلاب و به بهترین نحو صورت گیرد. یکی از گزینه‌های پرکاربرد در این ساختمان‌ها استفاده از ایستگاه پمپاژ می‌باشد. باتوجه به نکات گزارش شده و مطالعات طرح جامع فاضلاب تهران و در نظر گرفتن سرویس دهی مناسب به یک طبقه زیرزمینی حداقل عمق لازم ۲.۶۵ متر می‌باشد که در انتخاب طرح مناسب شبکه فاضلاب منطقه مورد بررسی در این تحقیق لحاظ می‌شود [۱۴].

در مواردی که در منطقه مورد بررسی، تاسیسات شهری قدمت زیادی دارند و به این ترتیب بین اجرای شبکه فاضلاب جدید و آن تاسیسات شهری هماهنگی کامل میسر نمی‌باشد و امکان رعایت فاصله افقی ۳ متری آن‌ها از لوله‌های انتقال فاضلاب مقدور نمی‌باشد. بنابراین در این مواقع، رعایت فاصله عمودی حداقلی ۰.۵ متری به عنوان مبنا در نظر گرفته می‌شود. همچنین باتوجه به اینکه در قسمت بافت قدیمی و سنتی شهرها معابر کم‌عرض و پرپیچ و خم وجود دارد بایستی عمق نصب سایر تاسیسات شهری لحاظ شود پس حداقل عمق فاضلاب‌روها را می‌توان تا ۱.۵ متر در نظر گرفت.

۲-۱۱-۳ ارتفاع فاضلاب در مجاری فاضلابرو

برای جلوگیری از انسداد جریان در فاضلاب‌روها عوامل متعددی مانند عدم ته نشینی مواد معلق در مجاری فاضلابرو باید در نظر گرفته شود. وجود مواد معلق و درشت در فاضلاب موجب ته نشینی آن‌ها در کف فاضلاب‌روها و در صورت ادامه‌ی این روند موجب انسداد آن می‌شود. به منظور پیشگیری از این

رخداد لازم است که حداقل ارتفاع فاضلاب در نظر گرفته شود. بنابراین حداقل ارتفاع فاضلاب باید بزرگتر از ۰.۱ قطر لوله انتقال فاضلابرو باشد. از سوی دیگر باتوجه به آزادسازی گاز در مسیر انتقال فاضلاب باید حداکثر ارتفاع فاضلاب باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که امکان جابجایی گازها میسر باشد. بنابراین باید ۰.۱ قطر لوله به این منظور اختصاص یابد. همچنین در مراجع متعددی گزارش شده است که حداکثر ارتفاع مجاز فاضلاب در مجاری فاضلابرو در تمامی حالات برابر با ۰.۷۵ قطر در نظر گرفته می‌شود [۱۳].

۲-۱۱-۴ حدود سرعت جریان در فاضلابرو

سرعت جریان یکی دیگر از پارامترهای تاثیرگذار بر ته نشینی مواد معلق در مسیر جریان فاضلاب می‌باشد. بنابراین باید در طراحی هیدرولیکی این محدوده‌های سرعت رعایت شود. البته باید توجه داشت که به دلیل وجود محدودیت‌ها در مورد شیب لوله‌ها به خصوص برای لوله‌های انتقال فاضلاب خانگی، نیازی به کنترل حداکثر سرعت جریان نمی‌باشد [۳]. در ادامه برخی از ضوابط مربوط به حداقل و حداکثر سرعت جریان در فاضلابروها اشاره می‌شود [۱۳، ۳]:

(۱) با توجه به نتایج آزمایشگاهی و وزن مخصوص مواد آلی موجود در فاضلاب، حداقل سرعت جریان برای پیشگیری از ته‌نشینی این مواد باید بیشتر از ۰.۳ متر بر ثانیه باشد.

(۲) این مقدار حداقل سرعت برای پیشگیری ته‌نشینی مواد معلق معدنی موجود در فاضلاب به ۰.۷۵ - ۰.۶ متر بر ثانیه می‌رسد.

(۳) حداقل سرعت جریان در حالت لوله نیمه‌پر در فاضلابروهای اصلی نباید کمتر از ۰.۷۵ متر بر ثانیه باشد.

(۴) در فاضلابروهای فرعی مقدار حداقل سرعت به گونه‌ای اعمال شود که دبی حداکثر ساعتی در شروع بهره‌برداری از مقدار دبی لازم برای شستشوی مجاری بیشتر باشد تا در طول شبانه روز حداقل یکبار مواد ته‌نشین شده در مجاری شسته شوند و به پایین دست منتقل گردند. باید

توجه داشت که حداقل سرعت لازم برای دستیابی به دبی شستشو، ۰.۷۵ متر بر ثانیه می باشد.

(۵) باید توجه داشت که جریان فاضلاب با سرعت زیاد موجب سائیدگی مجاری انتقال می شود. بنابراین مقدار حداکثر سرعت در نظر گرفته شده در طراحی شبکه فاضلاب نباید مقاومت لوله ها به سایش را تحت تاثیر قرار دهد.

(۶) جنس فاضلابروها عامل تعیین کننده حداکثر سرعت مجاز جریان در طراحی می باشد. به گونه ای که این مقدار برای لوله های سفالی لعابدار ۱ متر بر ثانیه، لوله های بتنی و بتن فولادی ۱۲ - ۶ متر بر ثانیه، لوله های آریست سیمانی ۶ متر بر ثانیه و لوله های پی وی سی ۵ متر بر ثانیه می باشد.

۲-۱۱-۵ حدود شیب فاضلابرو

همانطور که ذکر شد سیستم انتقال به کار رفته در این شبکه فاضلاب ثقلی می باشد. بنابراین باید از شیب طبیعی منطقه مورد مطالعه اطلاع داشت تا مسیر بهینه برای شبکه انتقال فاضلاب در مرحله طرح انتخاب گردد. این اطلاعات از نقشه های توپوگرافی بدست می آید. البته در بسیاری از مناطق این نقشه ها دارای دقت و مقیاس لازم برای برآورد شیب طبیعی زمین نمی باشند. به همین منظور تهیه نقشه های مناسب، جدیدتر و با دقت بیشتر مانند نقشه های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد توجه قرار می گیرد. یکی از پیشنهادات کاربردی برای حداقل شیب لازم به صورت معکوس قطر لوله انتقال با واحد میلی متر می باشد [۱۹]. همچنین باید توجه داشت که حداکثر شیب لوله باید به مقداری باشد که موجب نشود سرعت جریان از حداکثر سرعت مجاز در مجاری فاضلاب تجاوز کند.

حداقل شیب لازم در حالت پر باید حدی باشد که حداقل سرعت ۰.۶ متر ثانیه تامین گردد [۱۸].

در جدول (۲ - ۱۰) مقادیر و ضوابط شیب های انتخابی برای مسیر شبکه فاضلاب بر اساس قطر لوله ها ارائه گردیده است.

جدول ۲-۱۰. مقادیر شیب لوله‌های شبکه فاضلاب

قطر لوله انتقال (میلی‌متر)	حداقل شیب	حداکثر شیب	مناسب‌ترین شیب
انشعاب خانه	۱:۱۰۰	۱:۱۰	۱:۵۰
۲۰۰ - ۳۰۰	۱:۲۰۰ - ۱:۳۰۰	۱:۱۵	۱:۵۰ - ۱:۲۰۰
۳۰۰ - ۶۰۰	۱:۳۰۰ - ۱:۶۰۰	۱:۲۰	۱:۱۰۰ - ۱:۳۰۰
۶۰۰ - ۱۰۰۰	۱:۶۰۰ - ۱:۱۰۰۰	۱:۳۰	۱:۲۰۰ - ۱:۴۰۰
۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۱:۱۰۰۰ - ۱:۳۰۰۰	۱:۵۰	۱:۳۰۰ - ۱:۱۰۰۰

۲-۲-۱۲ عوامل تاثیرگذار بر تخریب شبکه فاضلاب

علاوه بر در نظر گرفتن ضوابط و محدودیت‌های هیدرولیکی در طراحی شبکه فاضلاب، باید به مسائل دیگری هم به منظور افزایش عمر مفید شبکه فاضلاب رسیدگی کرد. یکی از این چالش‌ها بحث آزادسازی گازهای خطرناک در مسیر انتقال فاضلاب می‌باشد که موجب خسارات بهداشتی و اقتصادی در طول بهره برداری و استفاده از شبکه فاضلاب می‌شود. این گازهای خطرناک اثرات غیر قابل جبرانی را به بار می‌آورند. البته بدون شک خوردگی لوله‌های انتقال فاضلاب مهم‌ترین اثر تخریبی این گازهای خطرناک می‌باشد که باید مورد توجه طراحان شبکه فاضلاب قرار گیرد. باتوجه به تمامی نکات ذکر شده، به منظور کاهش اتلاف هزینه‌ای طرح و همچنین کاهش خسارات بهداشتی باید تمهیداتی اتخاذ گردد تا حد ممکن از این خسارات پیشگیری شود.

سولفید هیدروژن (H_2S) یکی از مهمترین گازهای بوزای موجود در شبکه فاضلاب می‌باشد که موجب خوردگی لوله‌های انتقال فاضلاب می‌باشد که به آن گاز فاضلاب، گاز کود و گاز ترش هم گفته می‌شود. سولفید هیدروژن گازی بی‌رنگ و به شدت سمی می‌باشد که قابلیت حل شدگی در آب، اشتعال و انفجار دارد. این گاز بوزا در غلظت‌های کم بوی تخم‌مرغ گندیده و در غلظت‌های زیاد بوی شیرین متصاعد

می‌کند. اگر این گاز در هوا به غلظت‌های ۰.۴٪ - ۴٪ برسد و در معرض شعله و جرقه قرار گیرد موجب انفجار و حریق می‌شود. در شرایط بی‌هوازی و در حالیکه جریان فاضلاب در مقاطعی از لوله سرعت لازم برای عدم ته‌نشینی مواد معلق را نداشته باشد موجب تولید گاز سولفید هیدروژن از سولفات موجود در فاضلاب شهری می‌شود [۲۰]. البته میزان انتشار این گاز در شبکه فاضلاب به مجموعه عوامل مهمی مانند بالا بودن غلظت سولفات و مواد آلی در فاضلاب، افزایش دما و حرارت، زمان ماند فاضلاب، سرعت جریان فاضلاب در لوله انتقال، مساحت لوله انتقال و سطح شاخص اسیدی (PH) فاضلاب بستگی دارد [۲۱، ۲۲]. با افزایش غلظت تولیدی سولفید هیدروژن از سطح فاضلاب و ترکیب آن با هوای موجود در بخش فوقانی مجاری فاضلاب موجب تولید اسید سولفوریک می‌شود. مقدار غلظت این اسید تولید شده به غلظت سولفید هیدروژن بستگی دارد. بنابراین اگر محدودیت‌های هیدرولیکی و بیولوژیکی در مجاری شبکه فاضلاب در جهت افزایش غلظت سولفید هیدروژن عمل نکنند، غلظت اسید سولفوریک به شدت افزایش می‌یابد و متعاقب آن خوردگی لوله‌ها تشدید و صدمات جبران ناپذیری به مجاری شبکه فاضلاب وارد می‌شود [۱۵]. بنابراین باید روش‌های متعددی برای جلوگیری از تولید یا حذف سولفید هیدروژن اتخاذ گردد. مطالعاتی برای یافتن راه حلی مناسب و بهینه برای کنترل انتشار سولفید هیدروژن انجام شده است [۲۳، ۲۴، ۲۵]. به طور کلی هدف این روش‌ها جلوگیری از تولید سولفید هیدروژن و یا از بین بردن آن قبل از مواجهه با هوای موجود در بخش فوقانی لوله‌ها می‌باشد [۲۵، ۱۶].

بطوری کلی مجموعه اقدامات برای کنترل انتشار سولفید هیدروژن بدین شرح می‌باشد:

۱) شناسایی و خنثی کردن میکروارگانیسم‌های تولید کننده سولفید هیدروژن: با استفاده از مکانیزم‌های مختلف مانند افزایش سطح PH فاضلاب، استفاده از میکروبخوارها و ترکیبات فرمالدهید یا پارافرمالدهید.

۲) افزودن مواد شیمیایی به جهت کنترل و پیشگیری از تولید سولفید هیدروژن: نیترات یکی از عوامل تولید اکسیژن برای مصرف باکتری‌ها می‌باشد که این باکتری‌ها با اکسیژن مورد نیاز خود را از نیترات گرفته و آن را به گاز نیتروژن در شرایط بی‌هوازی تبدیل می‌کند. همچنین

حضور نیترات باعث افزایش سطح PH فاضلاب می شود که با ایجاد محیط قلیایی در شبکه

فاضلاب امکان انتشار سولفید هیدروژن در مجاری کاهش پیدا می کند [۲۵].

۳) راهکارهای انتقال هوا به شبکه فاضلاب: در این روش با استفاده از هوادهی، تزریق اکسیژن و

ایجاد تهویه شبکه فاضلاب از تولید سولفید هیدروژن پیشگیری می شود. باید توجه داشت که

تهویه شبکه فاضلاب از طریق آد مروها انجام می پذیرد.

۴) حذف شیمیایی سولفید هیدروژن: پرمنگنات پتاسیم، کلر، پراکسید اکسیژن و نمک آهن از

جمله ترکیبات شیمیایی هستند که هستند هر کدام با استفاده از مکانیزمی موجب حذف

امکان تولید سولفید هیدروژن می شوند. پرمنگنات پتاسیم از خاصیت اکسیکندگی خود،

پراکسید اکسیژن با استفاده از افزایش غلظت سطح اکسیژن مجاری فاضلاب، کلر با استفاده از

اکسید نمودن و کاهش غلظت سولفید و نمک آهن با استفاده از ترکیب شدن یون های آهن با

سولفید موجود در شبکه و در نتیجه انعقاد سولفید هیدروژن موجود در شبکه فاضلاب موجب

کاهش چشمگیر احتمال تولید سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب می شوند.

۵) تاثیر پارامترهای هیدرولیکی بر تولید سولفید هیدروژن: شکل مقطع شبکه، کنترل شیب لوله

گذاری شبکه فاضلاب از مهمترین عوامل جلوگیری از تولید گاز سولفید هیدروژن در شبکه

فاضلاب می باشند [۱۷]. همانطور که ذکر شد زمان ماند فاضلاب یکی از عوامل تولید گاز

سولفید هیدروژن می باشد که این عامل به راحتی می تواند توسط پارامترهای هیدرولیکی

مجاری انتقال کنترل شود.

۳-۲ پیشینه تحقیق

در بخش های پیشین مبانی و ضوابط مورد نیاز برای دو فاز انتخاب طرح مناسب و طراحی هیدرولیکی

یک شبکه فاضلاب و محدودیت های ناشی از اجرای آن شبکه فاضلاب تشریح گردید. در این بخش،

مطالعات پیشین مربوط به این موضوعات گزارش می‌شوند.

ابوتراب (۱۳۷۶) طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی با سیستم ثقلی را انجام داد و از بهینه‌سازی برای بهبود نتایج خود استفاده کرد. وی از برنامه‌ریزی غیرخطی و روش ملاک بهینگی برای بهینه‌سازی استفاده کرد.

دهنوی و همکاران (۱۳۷۹) با استفاده از یک برنامه کامپیوتر مناسب برای طراحی شبکه فاضلاب به یک طرح بهینه به همراه حذف عیوب روش دستی طراحی دست پیدا کرد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از این برنامه برای طراحی شبکه فاضلاب موجب کاهش خوردگی لوله‌ها و عمق ریزش در آدمروها می‌گردد.

پرهیزگار (۱۳۸۰) گزارش داد که طراحی شبکه فاضلاب در حالت کلی به دو فاز انتخاب طرح و طراحی هیدرولیکی تقسیم می‌شود. البته در این تحقیق تنها بخش اول طراحی یعنی انتخاب طرح بررسی شده و روش‌های مختلف تهیه طرح را بیان نموده اند و کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در آنها را مورد بررسی قرار داده است و در نهایت شبکه فاضلاب شهر Shandong چین را در برنامه طراحی نموده و به ۱/۷۳٪ بهینگی رسیده است.

رجبی‌زاده و فضلی‌نژاد (۱۳۸۳) یک تحقیق آماری بر اساس مدل‌سازی هیدرولیکی شبکه فاضلاب با مدل SEWER انجام دادند که هدف تحقیق آن‌ها تخمین توزیع قطر شبکه‌های فاضلاب بر اساس توزیع جمعیت در شهرهای مختلف ایران بود. همچنین آن‌ها الگویی برای توزیع قدرت‌های مختلف مربوط به شبکه فاضلاب متناسب با محدوده‌های جمعیتی شهرهای ایران ارائه نمودند و نتیجه گرفتند که پرکاربردترین قطر با توزیع ۶۰ درصدی در محدوده شبکه‌های فاضلاب، قطر ۲۰۰ میلی‌متری باشد. ونگ و لیاو (۲۰۰۵) از الگوریتم ژنتیک و سنجش از راه دور برای تعیین طرح مناسب استفاده کردند تا شبکه و طراحی هیدرولیکی بهینه حاصل شود. این روش نسبت به روش‌های دیگر برای حل مسائل پیچیده‌تر بهینه‌سازی، بسیار مقرون به صرفه‌تر و سریع‌تر بود.

جانفشان عراقی (۱۳۸۵) شبکه فاضلابرو با سیستم ثقلی و قطر کوچک (SDGS) را از نظر ضوابط

فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار داد. با استفاده از نتایج حاصل از این بررسی یک برنامه نرم‌افزاری جدید را طراحی کند که داده‌های خروجی از این برنامه نرم‌افزاری بوسیله مثال‌های متعددی مورد صحت سنجی قرار گرفت و مشخص شد که نتایج بدست آمده از این برنامه هماهنگی کامل با نتایج طراحی دستی دارد. همچنین از این برنامه برای طراحی سیستم فاضلاب و ثقلی با قطر کوچک (SDGS) مربوط به روستای حسن‌آباد گنبد استفاده شد که نتایج حاصله نشان از کاهش ۳۰ درصدی در هزینه اجرای شبکه در صورت استفاده از این برنامه در مقایسه با برنامه Sewercad می‌دهد.

اسکویی (۱۳۸۶) نحوه طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای مدیریت اطلاعات مکانی - توصیفی را مورد بررسی قرار داد. همچنین موانع موجود در اجرای آن در سازمان‌های درگیر در تامین آب شهری را شناسایی و معرفی کرد.

رحمان و همکاران (۱۳۸۷) کاربرد نرم‌افزار ArcGIS در تعیین اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب طرح مناسب شبکه فاضلاب و برنامه‌نویسی VisualBasic برای تحلیل شبکه جمع‌آوری انتقال فاضلاب را برای منطقه شهرک نبوت واقع در استان ایلام مورد بررسی قرار دادند.

عفتی (۱۳۸۷) با تهیه اطلاعات مورد نیاز در مورد اقلیم منطقه مورد بررسی و نقشه‌های توپوگرافی، طرح تفصیلی، کاربری اراضی و شیب منطقه بهینه‌سازی هیدرولیکی شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری بخش سرمست از توابع شهرستان گیلان‌غرب در استان کرمانشاه را با استفاده از مدل کامپیوتری SWMM MIKE انجام داد. همچنین ابعاد مناسب شبکه در نقاط بحرانی مورد مطالعه قرار گرفت و با استفاده از این نتایج بهترین تیپ، بهینه‌ترین اندازه‌ها را برای بهبود مشکل شبکه فاضلاب مورد بررسی قرار گرفته توصیه نمود.

رازی (۱۳۸۷) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و روش چندضلعی‌های تیسن، مقادیر بارگذاری بر روی آدمروها را محاسبه کرد و با استفاده از اطلاعات بدست آمده از نرم‌افزار SewerCad برای طراحی نهایی شبکه فاضلاب استفاده نمود. با استفاده از این مکانیزم مشخص شد که زمان طراحی بسیار کاهش می‌یابد و همچنین استفاده از سامانه جغرافیایی نقش بسزایی در تحلیل و طراحی دقیق‌تر

دارد و حجم محاسبات و احتمال بروز خطا موجود در طراحی دستی کاهش یافت.

خلیل آریا و آیتی (۱۳۸۸) کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در مسائل مهندسی محیط زیست، شبکه‌های آب و فاضلاب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش کارایی و سرعت سیستم اطلاعاتی و مدیریتی این شبکه‌ها از استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

ایزکوردو و همکاران (۲۰۰۸) از یک روش تکامل یافته بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده کردند. در این تحقیق قسمتی از یک شبکه جمع‌آوری فاضلاب به منظور نشان دادن عملکرد این الگوریتم تجزیه و تحلیل شده و پس از آن نتایج حاصله با خروجی روش‌های برنامه‌ریزی پویا مقایسه شد. با توجه به نتایج بدست‌آمده این روش نسبت به روش برنامه‌ریزی پویا، روش بهتری است و در این الگوریتم تاثیر اندازه جمعیت و یا محدودیت‌های سرعت یا عامل اینرسی را نیز می‌توان در نظر گرفت.

پان و کائو (۲۰۰۹) نوعی الگوریتم ژنتیک برای شبکه فاضلاب طراحی کردند که از طریق این الگوریتم، قطر لوله‌ها محاسبه می‌شوند، همچنین در این تحقیق محدودیت‌های هیدرولیکی و توپوگرافی نیز در نظر گرفته شدند. قطر لوله‌ها و مکان‌های ایستگاه پمپاژ به عنوان متغیر تصمیم‌گیری انتخاب شدند که در این روش زمان محاسباتی کاهش محسوسی داشت.

مدهوشی مزرعی (۱۳۸۹) هزینه‌های شبکه فاضلاب طراحی شده با استفاده از نرم افزار SewerCAD و روش‌های بهینه‌سازی از قبیل الگوریتم ژنتیک و روش لاگرانژ افزایشده را مقایسه کرد. نایج این تحقیق نشان داد که شبکه فاضلاب طراحی شده با الگوریتم ژنتیک کمترین هزینه و با استفاده از نرم افزار SewerCAD بیشترین هزینه حاصل می‌گردد. همچنین همبستگی آماری بین دبی جریان فاضلاب در لوله‌های انتقال، اطلاعات توپوگرافی منطقه، طول لوله‌های انتقال و قطرهای بدست آمده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک با استفاده از شبکه مصنوعی انجام گرفت. نتایج استفاده از شبکه مصنوعی نشان می‌دهد که شبکه مصنوعی با دقت زیاد و درصد خطای پایین می‌تواند قطر لوله‌های شبکه فاضلاب طراحی شده با الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک را پیش‌بینی نماید.

فیض آقایی (۱۳۸۹) پارامترهای مهم تاثیرگذار در طراحی شبکه‌های زهکشی شهری را بررسی کرد. در این تحقیق بخشی از شبکه زهکشی کرمانشاه با نرم‌افزار SewerGEMS تحلیل شد. با تحلیل شرایط موجود در شبکه مورد مطالعه، نقاط مشکل‌ساز آن مشخص و علت‌یابی شده است. در ادامه شیب لوله‌های انتقال اصلاح شده و سپس شبکه شبیه‌سازی شد.

آخوندی و تابش (۱۳۸۹) با استفاده از الگوریتم ژنتیک یک شبکه فاضلاب شهری با سیستم انتقال مجزا را با هدف کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری شبکه فاضلاب بهینه‌سازی کردند. در این تحقیق قطر لوله‌های انتقال به عنوان متغیر تصمیم و پارامترهای هیدرولیکی به عنوان قیود مسئله تعریف شدند. در این تحقیق از رابطه مانینگ با ضریب زبری ثابت جهت مدلسازی هیدرولیکی شبکه فاضلاب استفاده گردید.

کرمی و همکاران (۱۳۸۹) شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب را در جهت کاهش تولید سولفید هیدروژن در مجاری فاضلاب طراحی بهینه کردند. نتایج نشان می‌دهد که برای رسیدن به مناسب‌ترین سیستم طراحی باید بین پارامترهای هیدرولیکی و کیفی فاضلاب رابطه‌ای ایجاد نمود. همچنین به نقش تخریبی سولفید هیدروژن را به خصوص در مناطق گرمسیری اشاره شد.

تجلی و همکاران (۱۳۹۰) شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب مربوط به مسکن مهر واقع در شهر سمنان را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS پارامترهای مورد نیاز برای انتخاب طرح و طراحی شبکه فاضلاب مورد نظر از قبیل طول لوله فاضلاب، مساحت سطوح فاضلاب‌گیر و درون‌یابی رقوم ارتفاعی زمین در محل آدمروها بدست آورده شد. در گام بعدی اطلاعات مربوط به مشخصات توپوگرافی و موارد مورد نیاز مرحله مطالعات اولیه مانند جمعیت و مصرف سرانه آب و فاضلاب منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. همچنین تحلیل اطلاعات ارائه شده توسط نرم‌افزار SewerGEMS انجام گرفت. نتایج حاکی از افزایش دقت و سرعت در طراحی شبکه فاضلاب مورد نظر می‌باشد.

معینی و افشار (۱۳۹۱) از الگوریتم ترکیبی جامعه مورچگان هوشمند برای طراحی بهینه جانمایی و

ابعاد شبکه فاضلاب استفاده کردند. مقایسه نتایج نشان‌دهنده کارایی الگوریتم پیشنهادی در حل مساله بهینه‌سازی طراحی همزمان جانمایی و ابعاد شبکه فاضلاب می‌باشد. حقیقی و بخشی‌پور (۱۳۹۱) یک مدل برای بهینه‌سازی شبکه فاضلاب با توجه به قیود غیرخطی و گسسته بر اساس هیدرولیک کانال‌های باز و ضوابط طراحی فاضلاب ارائه کردند. این روش با محدودیت‌های محاسباتی سازگار بوده و از نظر سرعت و قابلیت اطمینان کارآمد می‌باشد و برای هر دو حالت با و بدون پمپاژ، قابل اجرا می‌باشد.

پرابهاتا سوامی و همکاران (۲۰۱۲) برای بهینه‌سازی شبکه فاضلاب و کاهش هزینه‌ها از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند که در این الگوریتم از معادله دارسی وایسباخ در فرمولاسیون بهره جستند و اندازه لوله‌ها را به نزدیک‌ترین اندازه‌های تجاری بهینه رساندند. در طراحی سیستم فاضلاب مورد بررسی این تحقیق یک خط فاضلاب به عنوان واحد اصلی در نظر گرفته شده و بارها در فرآیند طراحی قرار گرفته و در نهایت ترکیبی از این واحدهای اصلی تدوین و فرموله شدند و در انتها سیستم فاضلاب کامل طراحی شد. طراحی بهینه سیستم فاضلاب با تمرکز به طور مساوی بر روی ملاحظات اقتصادی و امکان‌سنجی هیدرولیکی انجام شده است.

روحانی و افشار (۱۳۹۳) برای بهینه‌سازی طراحی پمپ، از یک مدل ترکیبی متشکل از الگوریتم ژنتیک و اتوماتای سلولی بهره جستند. در این تحقیق در ابتدا پمپ توسط الگوریتم ژنتیک جانمایی شده و سپس قطر و ارتفاع پمپاژ توسط اتوماتای سلولی مشخص می‌شود.

تجلی و همکاران (۱۳۹۳) وضعیت بهره‌برداری و پتانسیل‌های شبکه فاضلاب اصفهان به منظور توسعه مناطق مسکونی را با استفاده از نرم‌افزارهای Epanet و Sewercad مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان از پتانسیل اراضی موجود در داخل شهر به جای توسعه شهرک‌های جدید استفاده کرد که این تصمیم موجب کاهش اتلاف سرمایه‌های کشور می‌شود.

سعیدی و رضایی (۱۳۹۳) از نرم‌افزار ArcGIS برای بدست آوردن اطلاعات اولیه مورد نیاز برای طراحی شبکه فاضلاب ارومیه از قبیل طول فاضلاب‌بروها، مساحت سطح فاضلاب‌گیر و درون‌یابی رقوم

ارتفاعی زمین در محل آدمروها استفاده کرد. همچنین از اطلاعات خروجی این نرم‌افزار از قبیل مشخصات توپوگرافی، مشخصات آب و هوایی و اطلاعات آماری، برای تحلیل شبکه جمع‌آوری و انتقال مورد نظر توسط نرم‌افزار SewerGEMS استفاده گردید.

مالیک (۲۰۱۴) با استفاده از نرم‌افزار SewerGEMS، طراحی هیدرولیکی شبکه فاضلاب مورد نظر را با توجه به حالت‌های مختلف وضعیت نوع زمین انجام داد. نتایج این تحقیق به صورت ذیل می‌باشد.

- (۱) طراحی مناسب و کاربردی SewerGEMS برای هر دو منطقه روستایی و شهری.
- (۲) الگوی بار هیدرولیک بر اساس ساعت در طراحی لازم است. همچنین برای طراحی بهینه در مناطق روستایی به دلیل کوچک بودن شبکه رسیدن به سرعت شستشو امری دشوار است.
- (۳) در مناطق روستایی بجای لوله PVC از RCC استفاده شد تا سرعت افزایش و قطر بهینه کاهش یابد.
- (۴) در مناطق شهری بر اساس برآورد بار هیدرولیکی در برج‌های مختلف، محاسبات هیدرولیکی برای شبکه فاضلاب با استفاده از نرم‌افزار انجام شده است.
- (۵) در طول روز برای رسیدن به سرعت شستشو در تمامی نقاط گرهی و برای اجرای بهره‌وری بهینه از برنامه پمپاژ استفاده شد.

چهاربیدی و همکاران (۱۳۹۴) شبیه‌سازی امواج سیلاب در شبکه‌های زیرزمینی فاضلاب و برخورد رژیم‌های متفاوتی از جریان در این شبکه را ارائه کردند. هدف اصلی در این تحقیق مدل‌سازی برهم کنش‌های جریان سیال با مقطع مستطیلی با استفاده از معادلات آب‌های کم عمق بود. آنها از یک مدل عددی برای بررسی کردن موج سیلاب در حالت دو بعدی و در حالت مقطع مستطیلی استفاده کردند و نتایج حاصله را با حل معادله ناویر-استوکس و نرم افزار STAR-CD مقایسه نمودند.

قالی‌باف و همکاران (۱۳۹۴) عوامل ایجاد آلودگی و تخریب در مجاری فاضلاب را معرفی کرده و روش‌های پیشگیری و حذف سولفید هیدروژن به عنوان یکی از مهمترین عوامل خوردگی و انتشار

بوهای نامطبوع را تشریح کردند.

مولراپ و همکاران (۲۰۱۴) روشی سیستماتیک را برای تجزیه، تحلیل، نظارت و طراحی سیستم فاضلاب استفاده کردند. هدف و چالش اصلی این تحقیق ماهیت تصادفی و گذرا بودن ناشی از اختلالات بارندگی است. در این روش چهار حالت مجزا از جمله (آب و هوای خشک، پر شدن، اشباع و تخلیه) برای این مهم شناسایی و برای هر یک ماتریس فرآیند را بدست آوردند.

ژی ژانگ (۲۰۱۵) برای بهبود عملکرد سیستم‌های پمپاژ فاضلاب از داده‌کاوی، مدل‌سازی ریاضی و هوش محاسباتی استفاده گردید. هدف این مدل بهینه‌سازی شده، ترکیب اجزای داده محور فرموله شده برای به حداقل رساندن مصرف انرژی و به حداکثر رساندن سرعت جریان فاضلاب است. این مدل توسط یک الگوریتم مصنوعی شبکه ایمنی تحلیل شده است. تجزیه و تحلیل و مقایسه بین نتایج و بهینه‌سازی داده‌ها برای بهبود عملکرد سیستم پمپاژ انجام گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با حفظ عملکرد پمپاژ و ارائه چارچوب داده‌محور، صرفه‌جویی در انرژی حاصل می‌شود. در این تحقیق از بهینه سازی دو هدف به حداقل رساندن مصرف انرژی و به حداکثر رساندن سرعت جریان فاضلاب در نظر بود که در انتها هر دو هدف حاصل گشت.

ایگل‌سیاس و همکاران (۲۰۱۵) با انتخاب بهینه از متغیر کنترل شده قصد داشتند سیستم شبکه فاضلاب را به عملکرد مطلوب نزدیک کنند. به علت گذرا بودن جریان آب و ماهیت تصادفی بارش، طراحی سیستم فاضلاب کار پیچیده‌ای می‌باشد. بنابراین در این تحقیق تلاش شد یک روش عمومی برای طراحی یک کنترل خود بهینه‌سازی پیاده‌سازی شود. همچنین به منظور کاهش پیچیدگی‌های محاسباتی، بهینه‌سازی تصادفی برای اولین بار (برای نمونه برداری از بارش‌های باران) با استفاده از حل آنلین شبیه‌سازی مونت کارلو انجام شد. عملکرد عملیات سیستم فاضلاب با استفاده از بهینه‌سازی تصادفی و همچنین اصول کنترل خود بهینه‌سازی ثمربخش بود. این روش بهینه‌سازی در نتیجه باعث طراحی بر اساس منطق و مدیریت بهتر و کاهش سرریز در سیستم‌های فاضلاب شد.

کتی و کریشنا (۲۰۱۵) از نرم‌افزار SewerGEMS برای مدل‌سازی و طراحی شبکه فاضلاب استفاده

کردند. این نرم‌افزار پروژه را در زمان کوتاه با بهره‌وری بالا و هزینه‌ی کم انجام می‌دهد و طیف گسترده‌ای از احتمالات را برای طراح فراهم می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که این نرم‌افزار فرآیند نه‌چندان پیچیده‌ای را برای طراحی شبکه‌های بزرگ فاضلاب طی می‌کند و در نهایت نقشه‌ای کامل با ارائه تمام جزئیات در دسترس کاربر قرار می‌دهد.

شورسی و همکاران (۲۰۱۵) شبکه فاضلاب شهر تومکور را با استفاده از نرم‌افزار SewerGEMS طراحی و تحلیل کردند. همچنین نتایج بدست آمده از این نرم‌افزار را با داده‌های برداشت شده از شبکه فاضلاب مقایسه کردند که تطابق قابل قبولی بین این دو یافت شد.

کنی و همکاران (۲۰۱۵) از نرم‌افزار SewerGEMS برای مدلسازی بخشی از شهر ویجای‌بور استفاده کردند که نتایج حاکی از پاسخگویی این روش برای برآورد اجزای شبکه فاضلاب از جمله لوله‌های انتقال و اتصالات شبکه می‌باشد. همچنین ایشان گزارش دادند که این روش در حال حاضر مناسب‌ترین مدل برای طراحی فازها و برآورد هزینه‌های شبکه فاضلاب می‌باشد. از جمله قابلیت‌های ترسیمی این مدل می‌توان به اطلاعات هیدرولیکی شبکه از قبیل پروفیل طولی، مقاطع عرضی و خروجی‌های اطلاعات مربوطه اشاره کرد.

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از نرم‌افزار SewerGEMS مدلسازی هیدرولیکی شبکه فاضلاب مراغه را ارائه کردند. در این تحقیق ابتدا با استفاده از نرم‌افزارهای ARCGIS و A-CAD اقدامات مربوط به مرحله انتخاب طرح مانند ترسیم شبکه، جانمایی آدموها و خروجی‌های شبکه انجام گرفته و سپس با توجه به اطلاعات مربوط به سرانه مصرف آب منطقه مورد مطالعه بدست آمده و وضعیت شبکه فاضلاب واقع در منطقه برای انتقال فاضلاب تولیدی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. با استخراج نتایج متعدد از قبیل سرعت جریان فاضلاب در لوله‌های انتقال، سرعت‌های ورودی و خروجی آدموها، گرادیان هیدرولیکی موجود در شبکه مورد نظر، ارتفاع جریان فاضلاب در لوله و افت‌های ایجاد شده مشخص شد که وضعیت شبکه فاضلاب مورد بررسی بر اساس پارامترهای اساسی هیدرولیکی وضعیت مطلوبی دارد.

فیروزی (۱۳۹۵) طراحی شبکه فاضلاب دانشگاه سیستان و بلوچستان را با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و SewerGEMS به منظور ارائه طرح بهینه برای ابعاد خطوط انتقال شبکه و جانمایی مربوط به آن خطوط انجام داد. با استفاده از این دو نرم‌افزار قطر لوله‌های به کار رفته در این شبکه فاضلاب ۴۰ ساله به میزان ۳۹.۱۳ درصد کاهش یافت. همچنین در مرحله بعدی با اضافه کردن جانمایی بهینه به مراحل طراحی موجب کاهش ۲.۲ درصدی هزینه‌ها نسبت به طرح اولیه شد.

آدها و باجاجی (۲۰۱۶) با داده‌برداری از شبکه فاضلاب شهر آرگان‌آباد هندوستان بر مبنای لایه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و با استفاده از نرم‌افزار SewerGEMS برای توسعه‌های پیش‌بینی شده برای این شبکه فاضلاب، مدلسازی را انجام دادند. همچنین چگونگی توسعه و برآورد جانمایی سازه‌های شبکه فاضلاب مورد مطالعه را با توجه به نتایج این تحقیق پیش‌بینی کردند.

فصل ۳: روش تحقیق

۳-۱ مقدمه

در این فصل در ابتدا نرم افزارهای مورد استفاده برای طراحی شبکه فاضلاب معرفی می گردد. در این تحقیق برای انتخاب طرحی مناسب و تحلیل طراحی هیدرولیکی شبکه فاضلاب مورد نظر از دو نرم افزار ArcGIS و Sewegems استفاده می شود. همچنین در ادامه پارامترهای ضروری برای برآورد نیاز شبکه فاضلاب و روابط حاکم بر جریان فاضلاب و نرم افزار SewerGEMS تشریح می گردد. همچنین روش های تخمین مقدار تولیدی سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب ارائه می گردد.

۳-۳ معرفی نرم افزارهای مورد استفاده

۳-۲-۱ نرم افزار GIS

این نرم افزار مجموعه ای از داده های جغرافیایی، نرم افزار، سخت افزار و منابع انسانی می باشد که برای کسب، ذخیره، بروزرسانی، بکارگیری، تحلیل و نمایش تمام اشکال اطلاعات مرجع جغرافیایی طراحی می شود [۲۶]. همچنین از این نرم افزار برای ذخیره، نگهداری، مدیریت، تجربه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی مربوط به منطقه مورد تحقیق استفاده می گردد [۲۷] که از آن به منظور کارکرد همزمان داده هایی با وابستگی مکانی و توصیفی استفاده می گردد. در فصل پیشین به این موضوع اشاره شد که مطالعات اولیه یکی از ملزومات پایه ای طراحی شبکه فاضلاب یا هر پروژه عمرانی می باشد. یکی از اطلاعات پایه ای مورد نظر در مطالعات اولیه دسترسی به نقشه های منطقه مورد نظر می باشد. بنابراین نقشه برداری راه حل مناسب این چالش می باشد. امروزه امکان دسترسی به این اطلاعات توسط نرم افزارها بدلیل صرفه جویی در وقت و هزینه مورد توجه قرار گرفته و انتخاب اول طراحان می باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS به عنوان نرم افزاری برای تحلیل این اطلاعات مهم مورد استفاده می باشد.

نرم افزار GIS از مولفه های بنیادی ذیل تشکیل شده است که مبنای کاربرد این نرم افزار را نشان می دهد.

(۱) ورود داده های: این بخش به جمع آوری داده های مورد نظر و تقسیم بندی و دسته بندی آن داده ها می پردازد.

(۲) مدیریت داده ها: داده های بدست آمده در مرحله قبلی در این مرحله ذخیره و در صورت لزوم بازیابی می شوند.

(۳) دست کاری داده ها: مجموعه داده ها در این مرحله مورد تحلیل و تجزیه قرار می گیرند و یک مجموعه واحد شکل می گیرد.

(۴) خروج داده ها: با استفاده از این ویژگی نتایج بدست آمده از مراحل پیشین به صورت جدول، نمودار و نقشه قابل دستیابی می باشد.

با توجه به این توضیحات، می توان نرم افزار GIS را یک سیستم برای ترکیب، تجزیه، تحلیل و جمع آوری اطلاعات مربوط به سطح مبنای زمین و سازه ی مورد نظر تعریف کرد که روش های سنتی نقشه برداری و طراحی فاقد این ویژگی ها می باشند [۲۸]. برخی از مزیت های استفاده از این نرم افزار نسبت به روش های جمع آوری سنتی به صورت ذیل می باشد:

(۱) مجموعه عملیات مربوط به تحلیل و تجزیه اطلاعات را هر چند حجیم باشند را در سریعترین زمان و با هزینه کمتر به انجام می رساند.

(۲) علارغم داشتن سرعت بالاتر در تجزیه داده ها از دقت بسیار مناسب تری هم نسبت به روش های دستی برخوردار است.

(۳) گزینه به هنگام سازی داده های ورودی بسیار آسان و کاربردی می باشد.

(۴) داده های مورد نظر را می توان به سادگی و با سرعت مناسب مورد تغییر و تلفیق قرار داد.

(۵) برای مکانیابی رقوم انواع پروژه ها قابل کاربرد می باشد.

۳-۲-۱ ساختار و نحوه عملکرد GIS

هر نقشه مورد فراخوانی شده در GIS دارای لایه‌های اطلاعاتی مختلف می‌باشد [۲۸]. البته در برخی مواقع این لایه‌های اطلاعاتی دارای رقوم عوارض یا سطوح می‌باشند. در این سیستم‌ها در ابتدا عوارض جغرافیایی مورد نظر انتخاب و مشخصات مکانی و توصیفی مربوط به این عوارض جغرافیایی استخراج می‌گردد و به صورت لایه‌های اطلاعاتی در سیستم مرکزی ذخیره‌سازی می‌شود. در ادامه با استفاده از مکانیزم و ابزار موجود در نرم‌افزار و پس از آن انجام پردازش و تحلیل این اطلاعات بدست آمده، نتایج مورد نظر در مورد منطقه مورد تحقیق حاصل می‌شوند. در انتها همانطور که پیشتر ذکر شد این نتایج بسته به خواست کاربر به صورت شکل، نمودار، جدول و یا نقشه قابل استفاده می‌باشد. برای تحلیل و پردازش اطلاعات ذکر شده مراحل متعددی وجود دارد که در ادامه مختصراً اشاره می‌شود.

(۱) مراحل برپایی و اجرای یک پروژه در نرم‌افزار GIS: سامانه اطلاعات جغرافیایی رقوم مربوط به عوارض و سطوح موجود در منطقه مورد نظر را طبق مختصات واقعی آن‌ها نشان می‌دهد. بنابراین لازم است در مرحله ورود اطلاعات موقعیت سازه‌ها به موقعیت واقعی آن‌ها تبدیل گردد که به این فرآیند زمین مرجع نمودن اطلاعات (Georeferencing) جغرافیایی گفته می‌شود [۲۸]. در ادامه باتوجه به اهداف و قابلیت‌های مورد نظر در پروژه مورد نظر نرم‌افزار GIS مناسب برگزیده می‌شود. سپس اطلاعات مورد نیاز برای تهیه بانک اطلاعاتی مربوط به شبکه‌ی مورد نظر دسته بندی می‌شوند و پس از تهیه این بانک اطلاعاتی، امکان انجام آنالیز و تحلیل‌های گوناگون و پیچیده بر روی مجموعه داده‌های مکانی و غیرمکانی مربوط به پروژه و منطقه مورد نظر میسر می‌شود [۲۹].

(۲) تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌های ورودی: پس از اینکه در مرحله پیشین شرایط تحلیل لایه‌های اطلاعاتی و داده‌ها میسر گشت در این مرحله مکانیزم ایجاد نقشه‌های نشانگر و تعیین پاراکترهای نشانگر تعیین می‌شود. سپس دسته بندی، تجزیه، تحلیل و پردازش داده‌های وارد شده انجام می‌گیرد [۳۵، ۲۹].

۳) خروجی داده‌ها: در این مرحله اطلاعات مورد نیاز برای شروع طراحی پروژه مورد نظر که از نرم‌افزار GIS بدست آمده است به شکل مناسب و کاربردی در دسترس قرار می‌گیرد. این داده‌های خروجی طبق سه فرمت نمایش دائمی، مثل اطلاعات روی کاغذ و فیلم عکاسی (Hard copy) و نمایش روی صفحه کامپیوتری (Soft copy) و خروجی در فرمت الکترونیکی شامل فایلهای کامپیوتری (Electronic) در دسترس قرار می‌گیرند [۶].

۴) ترکیب و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی: در این مرحله ترکیب و تلفیق لایه‌های نشانگر بدست آمده از مرحله دوم انجام می‌گیرد. البته این عمل توسط روش‌های مختلفی امکان‌پذیر می‌باشد که انتخاب روش ترکیب و پارامترهای تعیین کننده آن تنها توسط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی میسر نمی‌باشد و در این مرحله باید از نظر کارشناس پروژه مورد نظر استفاده شود این انتخاب یکی از عوامل مهم در تهیه نقشه می‌باشد. با توجه به موضوعات بیان شده، تلفیق داده‌های مکانی و تحلیل آن‌ها مهمترین هدف GIS می‌باشد [۳۵].

۳-۲-۱-۲ کاربرد GIS در مراحل مختلف پروژه‌های شبکه آب و فاضلاب

در فصل پیشین اشاره شد که استفاده از این نرم‌افزار در تمامی مراحل پروژه مورد نظر موجب دستیابی به طرحی بهینه می‌شود. زیرا با توجه به چالش‌ها و مشکلات ناشی از افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، لزوم مدیریت پروژه‌ها باید حداکثر دقت لازم برای دستیابی به طرحی قابل صرفه، کاربردی و با عمر مفید مناسب لحاظ گردد. با توجه به اینکه مجموعه‌ای از سازه‌ها و اطلاعات گسترده که با پروژه مدنظر برهمکنش دارند تاثیر بسزایی در مراحل مختلف طراحی، ساخت و بهره‌برداری آن پروژه دارند بنابراین برای جلوگیری از تداخل، عدم تمرکز بین آن‌ها، دوباره‌کاری‌ها، هزینه‌های اضافی و سربار و اتلاف نیروها و زیرساخت‌های موجود باید از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی متمرکز که دارای یک پایگاه اطلاعات گسترده و سازمان‌یافته می‌باشد مورد استفاده قرار گیرد که در نتیجه به مقدار زیادی هزینه‌ها، نیروی انسانی و حجم منابع مورد نیاز کاهش یافته و متعاقب آن به سرعت، دقت و قابلیت‌های

برنامه‌ریزی آن پروژه افزوده می‌شود. بنابراین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در این پروژه مدنظر این مطالعه یک ضرورت می‌باشد [۳۰]. در ادامه نقش این نرم‌افزار در تمامی فازهای طراحی، اجرا و بهره‌برداری شبکه فاضلاب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲-۱-۳ کاربرد GIS در فاز طراحی شبکه فاضلاب

در مرحله انتخاب طرح به روش سنتی و دستی تنها ضوابط و محدودیت‌های فنی مورد توجه قرار می‌گیرد. اما امروزه استفاده از طرحی قابل بهره‌برداری و در عین حال مقرون به صرفه یک ضرورت می‌باشد. همچنین با توسعه شهرنشینی شبکه‌های مورد نظر از گستردگی برخوردارند و جمعیت و مساحتی که این شبکه باید تحت پوشش خود قرار دهد قابل توجه می‌باشد بنابراین انتخاب بهترین گزینه در بین تمامی حالات موجود نیازمند آنالیز و تحلیل بسیار دقیق و جامع می‌باشد. یکی از مشکلات شبکه‌های فاضلاب موجود عدم بهره‌بردن از طرحی بهینه می‌باشد زیرا از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مراحل طراحی آن شبکه‌های فاضلاب استفاده نمی‌شود. بنابراین علاوه بر لحاظ کردن پارامترهای شیب، تراکم و مسیر خیابان‌ها باید با استفاده از نرم‌افزار GIS دیگر پارامترهای تعیین کننده از قبیل شیب زمین، جنس خاک، مسیرهای خطوط انتقال، کاربری اراضی، قیمت زمین، میزان فواصل بین تأسیسات، همسایگان، کوتاهترین طول ممکن، کمترین عمق ممکن لوله‌ها، افزایش قطر لوله‌های شبکه، تأمین سرعت‌های خودشستشویی، کمترین زمان ماند فاضلاب در فاضلابرو، برخورد احتمالی شبکه با گسل‌های منطقه، مناطق روان‌گرا و دارای پتانسیل گسیختگی زمین، میزان آسیب‌پذیری شبکه در لایه‌های مربوط به رویدادهای طبیعی از قبیل سیل و زلزله، همگی باید به همراه برهم اندازی نقشه هر یک از این پارامترها و به همراه اطلاعات مربوط به آن‌ها انجام پذیرد. بنابراین در طراحی شبکه‌های فاضلاب جدید این موارد هم لحاظ گردد که این امر بدون استفاده از نرم‌افزار GIS میسر نمی‌باشد. همچنین برای دستیابی به طراحی بهینه مسیر خطوط انتقال شبکه فاضلاب بایستی الگوریتمی بر مبنای GIS طراحی کرد که تمامی پارامترها و ضوابط ضروری هم رعایت شود [۳۰].

به صورت کلی می‌توان مزایای استفاده از GIS و برتری آن نسبت به طراحی دستی به موارد ذیل اشاره کرد.

(۱) حوزه بندی در سیستم اطلاعات جغرافیایی بر اساس پارامترهای نزدیکترین فاصله، توپوگرافی منطقه مورد نظر و امکان اتصال به شبکه انجام می‌گیرد. اما در روش دستی این حوزه بندی توسط تصمیم و ایده شخصی طراح انجام می‌گیرد. از آنجا طراحی کارآمد و بهینه که مستلزم در نظر گرفتن تمامی پارامترهای تعیین کننده طراحی بهینه شبکه فاضلاب می‌باشد بنابراین با توجه به گستردگی و پیچیدگی این پارامترها طراح نمی‌تواند تمامی این پارامترها را در طراحی خود لحاظ کند. پس در استفاده از روش دستی تغییرات قطرها در نقاط غیرواقعی انجام می‌پذیرد و این دلیلی برای پیشامد مشکلات شبکه فاضلاب در آینده می‌باشد.

(۲) در صورت اعمال تغییرات جزئی یا کلی در طراحی با استفاده از GIS سریعاً تأثیرات این تغییرات در کل شبکه لحاظ شده و نیازی به تحلیل دوباره سیستم نمی‌باشد در حالیکه پرداخت به این موضوع در طراحی دستی بسیار وقت گیر می‌باشد [۳۰].

(۳) با استفاده از GIS می‌توان تمامی خطوط اصلی و فرعی شبکه را به طور دقیق شناسایی کرده اما این مورد در طراحی‌های دستی میسر نمی‌باشد.

(۴) در ناحیه بندی شبکه طراحی شده، جهت بهره‌برداری آینده می‌توان با در نظر گرفتن پارامترهایی از قبیل تراکم مشترکین در نقاط گوناگون، تعداد حوادث شبکه در مناطق مختلف، میزان عمر شبکه در ناحیه‌های گوناگون اقدام به ناحیه بندی نمود. بنابراین مشاور با بهره‌گیری از GIS و با توجه به شناختی که از طرح خود دارد، طرح مورد نظر را جهت بهره‌برداری هر چه بهتر با در نظر گرفتن مراکز بهره‌برداری موجود کارفرما ناحیه بندی کرده و در اختیار کارفرما قرار می‌دهد [۳۱].

(۵) یکی از ملزومات کاربرد سیستم GIS در طراحی شبکه استفاده آن از ابتدای طراحی پروژه می‌باشد. البته این نکته در طراحی بیشتر پروژه‌های شرکتهای آب و فاضلاب لحاظ نشده است.

۶) با استفاده از نرم‌افزارهای تحت مدیریت GIS می‌توان با در نظر گرفتن تمامی پارامترها و عوامل طراحی به یک طرح بهینه دست پیدا کرد که از لحاظ کیفیت، دقت، سرعت، کاهش هزینه و سهولت اجرا بهترین طرح را ارائه می‌کند.

۳-۲-۱-۲-۳ کاربرد GIS در فاز اجرای شبکه فاضلاب

در بخش پیشین ذکر شد که برای دستیابی به مناسب‌ترین طرح باید از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS از ابتدای طراحی پروژه استفاده کرد. این در حالی است که شرکت‌های آب و فاضلاب برای شبکه‌هایی که چندین سال از عمرشان گذشته است از این سیستم استفاده می‌کنند. همچنین نقشه‌های اجرایی این شبکه‌ها به علت عدم اعمال تغییرات در گذشته موجب بروز تفاوت بین نقشه‌های اجرایی و وضع حال حاضر شبکه می‌شود البته این مورد در صورتی رخ می‌دهد که از سیستم اطلاعاتی مدرن استفاده نشده باشد و متعاقب آن وقت و هزینه زیادی را طلب می‌کند. س

تمامی این مطالب نشان دهنده‌ی لزوم استفاده از سیستم GIS در هنگام طراحی شبکه و پیش از مرحله اجرا می‌باشد. زیرا پس از اجرای شبکه و مدفون شدن آن در زیرزمین امکان دسترسی به اطلاعات مورد نظر از شبکه نمی‌باشد. در صورتی که در صورت استفاده از سیستم GIS در ابتدای طراحی پروژه، مشاوران و پیمانکاران پروژه‌ها تغییرات احتمالی و صورت گرفته در هنگام اجرا را در قالب یک فایل GIS به کارفرما تحویل می‌دهند تا در طول بهره‌برداری آن اطلاعات واقعی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین در این مرحله می‌توان از سیستم GIS برای محاسباتی دقیق در مورد خاکبرداری، آسفالت شکافی و خاکریزی ارائه کرد [۳۱].

۳-۲-۱-۳ کاربرد GIS در فاز بهره‌برداری شبکه فاضلاب

در کشور ایران موضوع استفاده بهینه و کاربردی از پروژه‌های ملی همواره مورد بحث بوده است. همانطور که مشخص است نقش مدیریت و ابزارهای آن در این مرحله بسیار پررنگ می‌باشد و در صورتی که

ضوابط مدیریتی در طول بهره‌برداری پروژه به درستی اجرا نشود بر عملکرد بهینه پروژه تاثیر منفی قابل توجهی می‌گذارد. مطالعات تجربی نشان می‌دهد که در صورت استفاده از طرح‌های مدیریتی GIS مربوط به بخش‌های بهره‌برداری پروژه دستیابی به نسبت سود به هزینه ۱.۵ در دراز مدت خارج از تصور نمی‌باشد. البته باید به این موضوع توجه داشت که هزینه بهره‌برداری در ابتدا سنگین بوده و در صورتی که از فناوری و ابزارهای بروز استفاده نشود علاوه بر هزینه‌های سنگین بهره‌برداری و نگهداری از آن پروژه، در آینده عامل اصلی بروز چالش در توسعه و پیشرفت آن می‌شود [۳۱]. برای مثال، با توجه به اینکه عمر مفید این پروژه‌ها بعضاً به بیش از ۵۰ سال هم می‌رسد بنابراین نمی‌توان ذخیره سازی اطلاعات و تغییرات این پروژه را تنها به تجربیات و کارمندان آن پروژه گره زد بنابراین استفاده از بانک اطلاعاتی با سیستم یکپارچه ضروری می‌باشد. در این صورت با تغییر در بدنه مدیریتی و کارکنان آن پروژه به سادگی می‌توان اطلاعات مورد نظر از سیستم عملکرد آن پروژه در دسترس قرار گیرد. در این پروژه‌ها شناخت سیستم عملکرد توسط یک نقشه و بانک اطلاعاتی بدست آمده از GIS انجام می‌گیرد [۳۰]. به عنوان مثال، در شبکه فاضلاب می‌توان با بهره جستن از ابزارهای جامع GIS می‌توان بانک اطلاعاتی مربوط به شبکه به خطوط لوله انتقال آن شبکه متصل کرد. بنابراین بار دیگر لزوم استفاده GIS از ابتدای طراحی پروژه اثبات می‌شود.

با توه به اینکه سازه‌ها و سرمایه‌های پروژه‌های مربوط به شرکت‌های آب و فاضلاب در زیرزمین قرار دارد بنابراین امکان بروز اشتباه در تمامی مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری باید به حداقل برسد. استفاده از GIS در پروژه‌ها باید از ابتدای طراحی آغاز، در مرحله اجرا تغییرات وارده تکمیل و تصحیح و در طول بهره‌برداری از آن اطلاعات استفاده گردد. البته تکمیل اطلاعات مربوط به تغییرات سیستم باید همواره در طول بهره‌برداری هم ادامه یابد زیرا تمامی فعل و انفعالات صورت گرفته در شبکه‌های فاضلاب پویا هستند. بنابراین بایستی تمامی آمار و اطلاعات مربوط به تغییرات شبکه فاضلاب توسط کارکنان به بانک اطلاعاتی از پیش ساماندهی شده اضافه گردد و در غیر این صورت با عدم بروزرسانی اطلاعات آن شبکه عملاً کاربرد سیستم GIS ناقص می‌ماند و امکان استفاده از آن در آینده نمی‌باشد. همچنین اطلاعات

مربوط به تغییرات و تعمیرات شبکه‌های قدیمی را می‌توان در مرحله بهره‌برداری به بانک اطلاعاتی اضافه کرد و از آن تاریخ، اطلاعات در سیستم ذخیره گردد و بانک اطلاعاتی آن شبکه به مرور تکمیل می‌گردد [۳۰]. البته باید توجه کرد که این تغییرات توسط کارکنان آن پروژه به سیستم اطلاعات بانکی اضافه گردد که از آگاهی کافی از تاسیسات آن پروژه برخوردارند.

یکی دیگر از کاربردهای سیستم GIS در مرحله بهره‌برداری ایجاد سیستم نظارت در شبکه می‌باشد. در این صورت بهره‌بردار با شبیه‌سازی فصلی و ساعتی وضعیت هیدرولیکی و کیفی شبکه را زیر نظر دارد و با استفاده از نمونه برداری از شبکه اقدام به صحت سنجی این شبیه‌سازی‌ها کند.

همچنین از سیستم GIS در بروز حادثه طبیعی از قبیل سیل، زلزله و حوادث مصنوعی از قبیل تخریب قسمتی از شبکه و لوله‌های انتقال هم استفاده می‌شود. به طور مثال در صورت بروز حادثه می‌توان از سیستم بانک اطلاعاتی استفاده کرده و کم هزینه‌ترین اقدامات از قبیل انتخاب بستن شیرهای توزیع آبی که کمترین جمعیت را تحت پوشش قرار می‌دهند و اعلام دقیق محل لوله‌های آسیب‌پذیر و مستعد خرابی را از این سیستم اطلاعاتی استخراج کرد.

در این تحقیق منطقه مورد مطالعه به صورت دقیق بررسی شده و از ابتدای انتخاب طرح مناسب از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS استفاده شده و پارامترهای تاثیرگذار بر طراحی این شبکه فاضلاب با توجه به نتایج خروجی این نرم‌افزار تعیین می‌شود تا از انجام عملیات موازی و یکنواخت پیشگیری شده و از یک سیستم جامع و متحد استفاده گردد.

۳-۲-۲ نرم افزار SewerGEMS

پیشتر ضرورت استفاده از نرم‌افزارهای طراحی به جای طراحی دستی تشریح گردید. همچنین برای تحلیل شبکه‌های فاضلاب هم نرم‌افزارهای متعددی از قبیل Sewer، SewerCad، Egot و SewerGEMS وجود دارد. در این تحقیق از نرم‌افزار SewerGEMS برای تحلیل شبکه فاضلاب مورد نظر استفاده می‌شود. این نرم‌افزار یکی از پیشرفته‌ترین و کارآمدترین نرم‌افزارهای طراحی شبکه فاضلاب

می‌باشد که نسخه ازتقا یافته SewerCad می‌باشد[۳۲]. از این نرم‌افزار برای شبیه سازی و مدلسازی شبکه‌های پیچیده و وسیع جمع‌آوری فاضلاب استفاده می‌شود که می‌توان با بهره جستن از آن در حالت دائمی و یا حالت غیردائمی اقدام به شبیه سازی استفاده کرد. دبی جریان فاضلاب در حالت دائمی ثابت و در حالت غیردائمی به صورت درصدی از دبی لحاظ می‌شود. همچنین این نرم‌افزار مدیریت یک سناریوی اعمالی از طرف طراح را برای شالوده بندی یک شبکه با امکان اعمال تنظیمات و دریافت اطلاعات، اطلاعات سایر نرم‌افزارها و امکان متره و برآورد ایجاد می‌کند[۳۳]. همچنین این نرم‌افزار امکان برقراری ارتباط با دیگر نرم‌افزارهای مورد نیاز در طراحی شبکه فاضلاب از قبیل ArcGIS، Office و AutoCAD را دارد که این قابلیت را می‌توان یکی از مزیت‌های قابل توجه این نرم‌افزار دانست.

همانطور که در بخش‌های پیشین ذکر شد اطلاعات اولیه مربوط به جانمایی و اطلاعات جغرافیایی مربوط به منطقه مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS بدست می‌آید و در مرحله بعد برنامه SewerGEMS با استفاده از نتایج خروجی نرم‌افزار ArcGIS، نتایج و پارامترهای حاصل از محاسبات جغرافیایی که تاثیرگذار بر طراحی شبکه فاضلاب هستند را با توجه به محدودیت‌های فنی، مورد تحلیل قرار می‌دهد. به طور مثال یکی از ضوابط طراحی شبکه فاضلاب، انتخاب قطر و شیب مناسب و قابل قبول در تمامی مسیر مجاری انتقال فاضلاب می‌باشد. البته باید توجه داشت که این انتخاب‌ها باید به گونه‌ای انجام شود که در ابتدا فاضلاب درون لوله‌های انتقال شبکه به سادگی به پایین دست حرکت کنند و در این روند کلیه جاگذاری لوله‌ها ضوابط مربوط به حدود شیب رعایت شود[۳۴]. تمامی این ضوابط، قواعد و محدودیت‌های فنی و هیدرولیکی در نرم‌افزار SewerGEMS لحاظ می‌شود.

نرم‌افزار SewerGEMS به صورت پایدار (Steady state) و در چهار حالت Minimum، Zero، Average و Peak مورد تحلیل قرار می‌دهد. همچنین در حالت Extended Period بر اساس الگوی تولید فاضلاب قادر به تحلیل وضعیت و شرایط هیدرولیکی شبکه فاضلاب در دوره‌های زمانی مورد نظر کاربر می‌باشد. همچنین این نرم‌افزار توانایی تحلیل جریان فاضلاب به صورت دائمی و در دو حالت یکنواخت و غیریکواخت را دارد.

باتوجه به اینکه سیستم مورد استفاده در این شبکه ثقلی می‌باشد و شرایط هیدرولیکی روباز در آن حاکم است بنابراین از معادله مانینگ استفاده می‌شود که یکی از پرکاربردترین روش‌های برآورد مشخصات جریان و مقاومت جریان می‌باشد که برای جریان دائمی و یکنواخت بدین شکل تعریف می‌گردد:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (۱ - ۳)$$

که در رابطه (۳-۱)، $Q \left(\frac{m^3}{s} \right)$ میزان دبی جریان در لوله فاضلاب، n ضریب مانینگ که به زبری لوله بستگی دارد، $A(m^2)$ مساحت کانال انتقال دهنده فاضلاب، $R(m)$ شعاع هیدرولیکی کانال و S شیب انرژی جریان در کانال می‌باشد که در کانال‌هایی که جریان یکنواخت حاکم باشد مقدار S برابر با شیب کانال (S_0) می‌باشد.

(۲) معادله شزی (Chezy's Equation)

این معادله برای جریان یکنواخت کاربرد دارد که به این صورت بیان می‌گردد.

$$Q = CA\sqrt{RS} \quad (۲ - ۳)$$

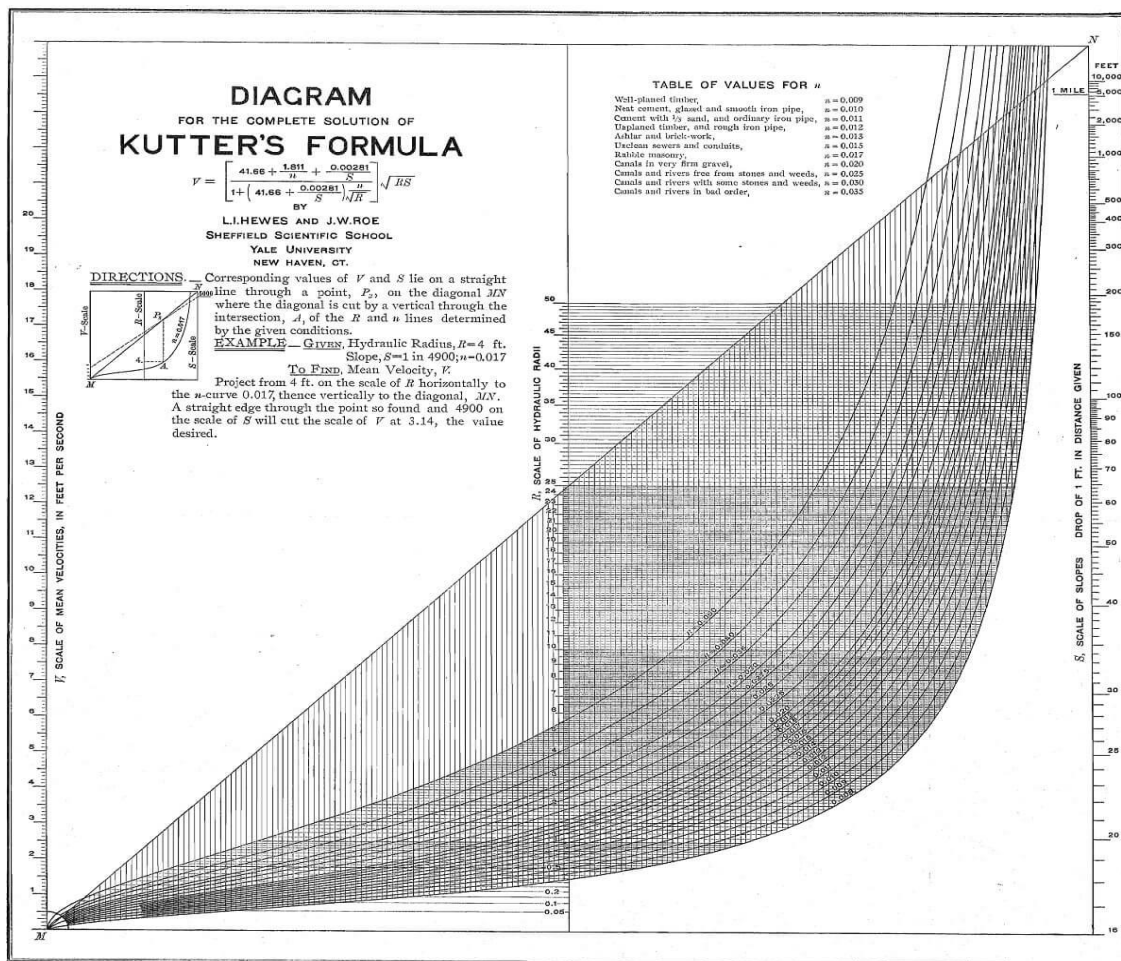
که در رابطه (۳-۲)، C ضریب شزی که به زبری لوله بستگی دارد و از معادله کاتر (رابطه (۳-۳)) محاسبه می‌شود.

(۳) معادله کاتر (Kutter's Equation)

یکی از روش‌های تخمین ضریب شزی می‌باشد که به شکل ذیل تعریف می‌گردد.

$$C = \frac{K_1 + \frac{k_2}{S} + \frac{k_3}{n_k}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left[K_1 + \frac{k_2}{S} \right]} \quad (۳ - ۳)$$

که در رابطه (۳-۳)، n_k ضریب زبری کاتر، S افت شیب، K_1 ، K_2 و K_3 ضرایب ثابتی هستند که مقادیر آن‌ها به ترتیب ۲۳، ۰.۰۰۱۵۵ و ۱ می‌باشد. همچنین برای بدست آوردن مقادیر می‌توان از نمودار (۱-۳) استفاده کرد.



شکل ۳-۱. نمودار گرافیکی دستیابی به متغیرهای رابطه Kutter

۳-۲-۳ برآورد میزان افت در SewerGEMS

به دلیل اصطکاک داخلی و آشفستگی جریان داخل لوله، درصدی از انرژی جریان فاضلاب در طول مسیر شبکه از بین می‌رود. البته علاوه بر افت انرژی در طول مسیر انتقال فاضلاب، انرژی جریان افت موضعی را هم در نقاطی از شبکه تجربه می‌کند. جریان‌های چرخشی (Vorticity) که به علت تفاوت سرعت در دو نقطه از سیال و گرفتگی مجاری انتقال ایجاد می‌شود در این نقاط شکل می‌گیرند و موجب افت موضعی انرژی می‌شوند.

در SewerGEMS برای برآورد افت موضعی وافت انرژی جریان از روش‌های ذیل استفاده می‌شود.

(۱) روش Absolute

یکی از ساده‌ترین روش‌های مورد استفاده در نرم‌افزار SewerGEMS برای محاسبه افت می‌باشد. در این روش امکان ویرایش افت سازه مهیا بوده اما میزان افت ناشی از سرعت و تغییر زاویه‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۲) روش استاندارد افت هد (Head loss standard)

این روش بر مبنای سرعت خروجی جریان از لوله می‌باشد که بر اساس رابطه (۳-۴) محاسبه می‌شود.

$$h_s = K \frac{V_{out}^2}{2g} \quad (۳ - ۴)$$

که در رابطه (۳-۴)، h_s مقدار افت هد، K ضریب افت، V_{out} سرعت خروجی جریان از لوله و g شتاب ثقل می‌باشد.

در ابتدا ضریب افت انتخاب شده توسط طراح به نرم‌افزار وارد شده و سپس سرعت خروجی جریان از لوله تعیین و مقدار افت محاسبه می‌شود.

۳) روش Head loss Generic

در این روش مقدار افت بر مبنای اختلاف هد سرعت خروجی و ورودی جریان در لوله و از طریق رابطه (۳-۵) محاسبه می‌شود.

$$h_s = K_u \frac{V_{out}^2}{2g} - K_d \frac{V_{in}^2}{2g} \quad (۳ - ۵)$$

که در رابطه (۳-۵)، K_u ضریب افت مقطع بالادست لوله، K_d ضریب افت مقطع پایین دست لوله و V_{in} سرعت جریان در مقطع پایین دست لوله می‌باشد.

۴) روش Headloss - HEC - 22

در این روش افت مشابه روش استاندارد افت هد بر اساس سرعت خروجی از لوله تعیین می‌گردد. البته در این روش ضریب افت از رابطه (۳-۶) بدست می‌آید.

$$K = K_0 C_D C_d C_Q C_P C_B \quad (۳ - ۶)$$

که در رابطه (۳-۶)، K ضریب افت تعدیل یافته، K_0 ضریب افت ورودی لوله که به اندازه تقاطع بستگی دارد، C_D ضریب تصحیح قطر، C_d ضریب تصحیح عمق جریان، C_Q ضریب تصحیح دبی جریان،

C_p ضریب تصحیح غوطه‌وری و C_B ضریب تصحیح لوله گذاری می‌باشد.

۵) روش Headloss – AASHTO

در این روش افت از رابطه (۳-۷) بدست می‌آید.

$$h_s = C_n C_s (h_c + h_b + h_e) \quad (۷ - ۳)$$

که در رابطه (۳-۷)، C_n ضریب تصحیح جریان‌های ورودی (به جز لوله‌های انتقال) به شبکه، C_s ضریب تصحیح شکل، h_c افت انقباض، h_b افت تغییر زاویه‌ها، h_e افت انبساط می‌باشد.

۳-۲-۴ بارگذاری فاضلاب در مدل SewerGEMS

در این نرم‌افزار برای بارگذاری فاضلاب از چهار روش Service Area، Coutributiny Population، Total Dry Weather Discharge و موردنظر کاربر (Coustomized Loading) استفاده می‌شود. همچنین ضریب پیک با توجه به شرایط مورد نظر پروژه از روش‌های ذیل برآورد می‌شود.

۱) رابطه Harmon:

$$PF = \frac{14}{4 + \left(\frac{P}{1000}\right)^{0.5}} + 1 \quad (۸ - ۳)$$

۲) رابطه Babbit:

$$PF = \frac{5}{\left(\frac{P}{1000}\right)^{0.167}} \quad (۹ - ۳)$$

۳) رابطه Fedorov:

$$PF = \frac{2.69}{Q^{0.121}} \quad (۱۰ - ۳)$$

۳-۲-۵ برآورد نشتاب و آب سطحی در SewerGEMS

در فصل دوم نشتاب و منابع تولیدی آن تشریح گردید. برآورد مقدار نشتاب در یک شبکه فاضلاب امر بسیار حیاتی می‌باشد. در نرم‌افزار SewerGEMS مقدار نشتاب با استفاده از روش‌ها ذیل محاسبه

می‌شود.

(۱) متناسب با طول لوله انتقال (Pipe Length).

(۲) متناسب با طول و قطر لوله (Pipe Diameter – Length).

(۳) متناسب با مساحت (Pipe Surface Area).

(۴) متناسب با یک مقدار بحرانی مثل تعداد شکستگی در واحد طول لوله.

(۵) یک مقدار ثابت که دائماً به صورت نشتاب وارد شبکه فاضلاب می‌شود.

(۶) بر اساس هیدروگراف دبی – زمان.

(۷) بر اساس یک الگوی زمانی خاص و مشخص.

همچنین در این نرم‌افزار مقدار جریان ورودی ناشی از آب‌های سطحی توسط دو روش Hydrograph

و Pattern Loads محاسبه می‌شود [۶].

۳-۲-۶ روش‌های برآورد سولفید هیدروژن

در فصل پیشین منابع تولیدی آلودگی‌ها در شبکه فاضلاب معرفی گردید و سولفید هیدروژن به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل تخریب لوله‌های انتقال فاضلاب معرفی گردید، همچنین به مکانیزم و شرایط مساعد برای تولید سولفید هیدروژن اشاره شد. در این بخش لزوم برآورد مقدار سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب و راه‌های برآورد آن تشریح می‌گردد. در این تحقیق تخمین مقدار سولفید هیدروژن تولید شده در شبکه فاضلاب مورد نظر با استفاده از روابط و مدل‌های ریاضی و استفاده از نرم‌افزار SewerGEMS انجام می‌گیرد.

۳-۲-۶-۱ معادلات تخمین سولفید هیدروژن توسط مدل تجربی

با بررسی مکانیزم معادلات شیمیایی تولید سولفید هیدروژن چندین رابطه ریاضی برای تخمین غلظت آن بدست آمده است که باتوجه به نتایج بدست آمده از این مجموعه روابط و حضور عوامل تاثیرگذار

بر تولید سولفید از قبیل غلظت سولفات، غلظت مواد آلی و حرارت دما در این روابط می‌توان برای تخمین غلظت سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب از روابط ذیل استفاده کرد [۳۹،۳۸،۳۷،۳۶].

$$r_a = 0.5 \times 10^{-3} u (C_{BOD_{Total}})^{0.8} (C_{SO_4^{2-}})^{0.4} 1.139^{(T-20)} \quad (۱۱-۳)$$

$$r_a = 0.228 \times 10^{-3} C_{BOD_{Total}} 1.07^{(T-20)} \quad (۱۲-۳)$$

$$r_a = 10^{-3} C_{BOD_{Total}} 1.07^{(T-20)} \quad (۱۳-۳)$$

$$C = \frac{r_a}{R} t, t = \frac{V_w}{Q}$$

$$r_a = k_p 10^{-3} (C_{COD} - 50)^{0.5} 1.07^{(T-20)} \quad (۱۴-۳)$$

که در این روابط، r_a نرخ میزان تولید سولفید هیدروژن، u سرعت جریان فاضلاب، $C_{BOD_{Total}}$ مقدار غلظ اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی شبکه مورد نظر، $C_{SO_4^{2-}}$ مقدار غلظت سولفات، T درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد، k_p ثابت مورد استفاده در این مدل، C_{COD} مقدار غلظت اکسیژن مورد نیاز برای واکنش‌های شیمیایی و C غلظت سولفید هیدروژن می‌باشد. در این روابط مقدار غلظت مواد بر حسب میلی‌گرم بر لیتر ($\frac{mg}{Lit}$) می‌باشد. در تمامی این مدل‌های تجربی عوامل تاثیرگذار بر تولید سولفید هیدروژن لحاظ شده است اما هریک دارای خصوصیات مورد نظر می‌باشند. به طور مثال در روابط (۱۲-۳) و (۱۳-۳) مقدار سولفید هیدروژن تولیدی به درجه حرارت و مواد آلی موجود در فاضلاب بستگی دارد اما در رابطه (۱۱-۳) سرعت جریان فاضلاب و غلظت سولفات هم تاثیر داده شده‌اند. مقدار غلظت اکسیژن مورد نیاز واکنش (COD) پارامتری تاثیرگذار بر تولید سولفید هیدروژن می‌باشد که در رابطه (۱۴-۳) از آن استفاده شده و مزیت این مدل تجربی می‌باشد. مقدار سولفید هیدروژن تخمین زده شده توسط روابط (۱۱-۳) و (۱۲-۳) به ترتیب بیشترین و کمترین می‌باشد [۱۵]. البته همانطور که مشخص است برای استفاده از این مدل‌های تجربی باید مقادیر مواد تولیدی در فاضلاب در دسترس باشد که این نکته می‌تواند نقض این مدل‌های تجربی برای برآورد سولفید هیدروژن در شبکه فاضلابی مورد نظر باشد. یکی دیگر از نقص‌های این روابط عدم در نظر گرفتن پارامترهای هیدرولیکی و مشخصات مقطع گذرنده فاضلاب می‌باشد. رابطه Z پارامترهای هیدرولیکی و

کیفی فاضلاب را دربر می گیرد و بررسی نشان می دهد که این رابطه، نتایج قابل قبولی برای تخمین مقدار غلظت موجودی سولفید هیدروژن در فاضلاب ارائه می کند که به صورت رابطه (۳-۱۵) بیان می شود.

$$Z = \frac{3 BOD_5}{\sqrt{SQ}} \frac{1.07^{(T-20)}}{b} \frac{P}{b} \quad (3-15)$$

که در رابطه (۳-۱۵)، BOD_5 مقدار اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی بعد از ۵ روز، T درجه حرارت بر حسب سانتی گراد، S شیب لوله انتقال فاضلاب، Q دبی جریان فاضلاب بر حسب $\frac{m^3}{s}$ ، P محیط خیس شده لوله انتقال بر حسب m و b عرض سطح جریان گذرنده از لوله بر حسب m می باشد. همچنین Z پارامتری برای سنجش میزان توصیفی تولید سولفید هیدروژن در مجاری شبکه فاضلاب می باشد که در جدول (۳-۱) حدود آن ارائه شده است [۴۱،۴۰].

جدول ۳-۳. میزان توصیفی سولفید هیدروژن H_2S در شبکه فاضلاب توسط رابطه Z

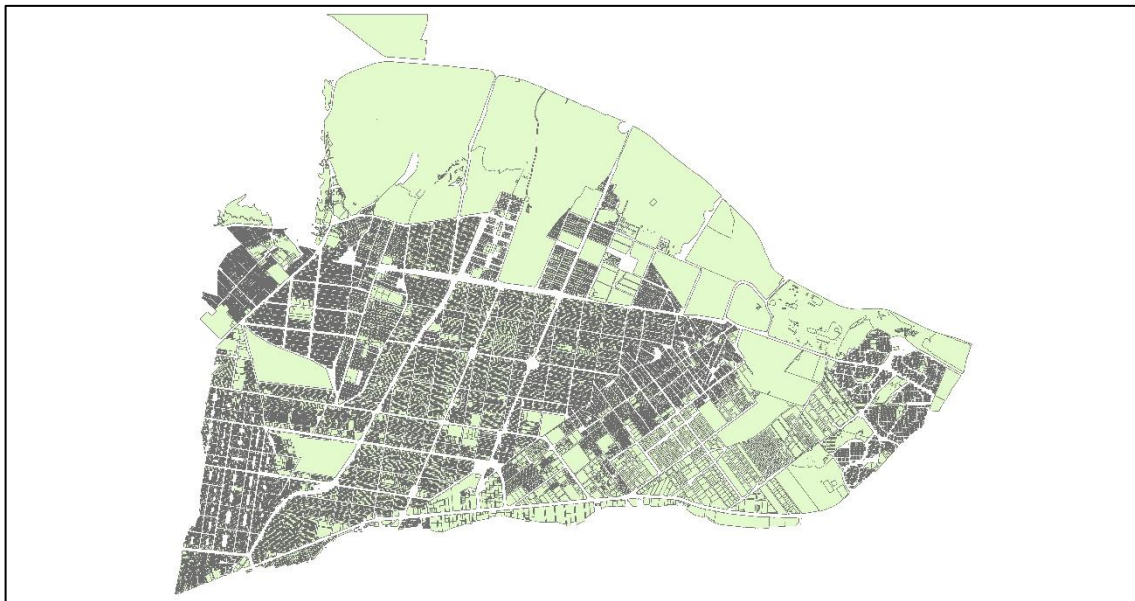
میزان توصیفی سولفید هیدروژن	حدود پارامتر Z
وجود ندارد	۰ - ۵۰۰۰
احتمال تولید سولفید هیدروژن	۵۰۰۰ - ۱۰۰۰۰
احتمال خیلی زیاد تولید سولفید هیدروژن	۱۰۰۰۰ - ۲۵۰۰۰
تولید زیاد سولفید هیدروژن	$Z > 25000$

۲-۶-۲-۳ تخمین سولفید هیدروژن توسط نرم افزار SewerGEMS

یکی دیگر از قابلیت های نرم افزار SewerGEMS تخمین مقدار سولفید هیدروژن موجود در شبکه فاضلاب می باشد. در ابتدا با توجه به نتایج بدست آمده از طراحی شبکه توسط این نرم افزار مناطق و مقاطعی که مستعد تولید زیاد سولفید هیدروژن می باشند شناسایی شده و مقدار آن تخمین زده می شود و سپس احتمال تولید سولفید هیدروژن بدست آمده از رابطه Z در مقاطع مورد نظر بررسی می شود و مقایسه ای بین این دو روش صورت می گیرد.

۳-۳ معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه ۴ شهر تهران می باشد. شهر تهران با طول جغرافیایی بین ۵۱ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه و عرض جغرافیایی بین ۳۵ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه قرار گرفته است. منطقه ۴ در قسمت شرقی تهران می باشد که ب ۹ ناحیه تقسیم بندی شده و طبق برآورد صورت گرفته در سال ۹۶ توسط شهرداری تهران، ۹۳۱۸۹۳ نفر جمعیت و ۳۱۰۷۴۸ خانوار دارد و مساحت این منطقه حدود ۶۱.۵ کیلومتر مربع می باشد این منطقه پرجمعیت ترین و پهناورترین منطقه تهران می باشد اما از نظر تراکم نفر در هر هکتار رتبه سیزدهم را دارد [۴۲]. شکل (۳-۲) نمایی از موقعیت منطقه ۴ را نمایش می دهد.



شکل ۳-۳. منطقه مورد مطالعه خروجی ArcGIS

۳-۴ پارامترهای اساسی مدلسازی شبکه فاضلاب

در مجموع پارامترهای اساسی و محدودیت های اجرایی و هیدرولیکی تعریف شده برای این شبکه فاضلاب باتوجه به داده های استخراجی از شبکه فاضلاب مربوطه به شرکت آب فاضلاب تهران به صورت بخش (۳-۳) می باشد.

۱- جمعیت دوره طرح: ۱۰۲۵۶۲۰ نفر

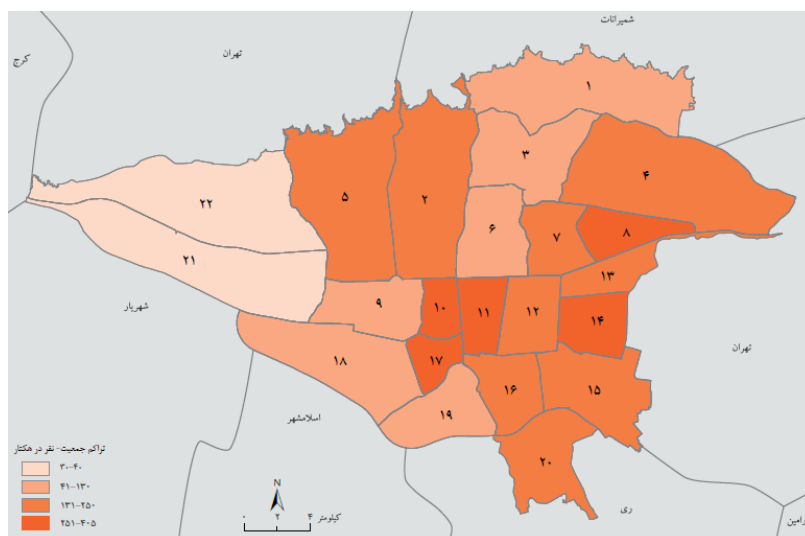
۲- مساحت منطقه مورد مطالعه: ۵۲۷۲ هکتار

۳- تراکم جمعیت در هر هکتار: ۱۶۷ که باتوجه به مقادیر ارائه شده توسط سالنامه آماری سال ۱۳۹۶ شهرداری تهران، این مقدار در محدوده اعلام شده (۱۳۱-۲۵۰) می باشد که در شکل (۳-۴) ارائه شده است.

۴- سرانه فاضلاب بر حسب لیتر در روز یه ازای هر نفر: ۲۰۲ لیتر

۵- سرعت مجاز فاضلاب در این شبکه به صورت $0.3 < V < 4$ متر بر ثانیه

۶- مقدار پوشش برای لوله های فاضلاب در محدوده $15 < \text{Cover} < 1.2$



شکل ۳-۴. تراکم در هکتار مناطق تهران

۷- جدول ۲-۳ نشان دهنده‌ی حدود شیب مجاز تعریف شده برای این شبکه فاضلاب می‌باشد.

جدول ۳-۳. محدوده مجاز شیب لوله‌های انتقال فاضلاب

D (mm)	S _{min}	S _{max}
200	0.0050	0.0250
250	0.0040	0.0200
300	0.0033	0.0167
375	0.0027	0.0133
450	0.0022	0.0111
525	0.0019	0.0095
600	0.0017	0.0083
750	0.0013	0.0067
900	0.0011	0.0056
1200	0.0008	0.0042
1350	0.0007	0.0037
1500	0.0007	0.0033
1650	0.0006	0.0030
1800	0.0006	0.0028
1950	0.0005	0.0026
2100	0.0005	0.0024
2250	0.0004	0.0022
2400	0.0004	0.0021
2550	0.0004	0.0020
2700	0.0004	0.0019
2850	0.0004	0.0018
3000	0.0003	0.0017

۸- درصد پرشدگی هر لوله که به قطر آن بستگی دارد در جدول ۳-۳ گزارش شده است.

جدول ۳-۳. درصد پرشدگی مجاز لوله‌های انتقال فاضلاب

D (mm)	درصد پرشدگی
200	50
250	50
300	65
375	65
450	70
525	70
600	70
750	75
900	75
1200	75
1350	75
1500	75
1650	75
1800	75
1950	75
2100	75
2250	75
2400	75
2550	75
2700	75
2850	75
3000	75

۹- مقدار نشتاب در هر متر لوله بر حسب لیتر بر روز ۹۸.

همانطور که مشخص است پارامترها و محدودیت‌های ضروری یاد شده برای این شبکه فاضلاب با توجه به داده‌های شبکه فاضلاب مدلسازی شده بدست آمده و به نرم افزار تعریف گردید.

۳-۵ جمع بندی

در این فصل در ابتدا لزوم استفاده از نرم‌افزار GIS بیان گردید و قابلیت‌های مورد استفاده این نرم‌افزار

برای انتخاب طرحی مناسب برای شبکه فاضلاب تشریح گردید. در ادامه نرم افزار SewerGEMS معرفی شده و ابزارهای مورد استفاده در این نرم افزار برای طراحی شبکه فاضلاب به تفصیل بیان شد. همچنین روابط و روش های مورد استفاده در این نرم افزار برای تحلیل شبکه فاضلاب معرفی گردید. سپس روش های تخمین مقدار غلظت سولفید هیدروژن به عنوان یکی از مهمترین عوامل تخریب شبکه فاضلاب ارائه گردید. در پایان این فصل هم مشخصات منطقه مورد مطالعه این تحقیق تشریح گردیده و نقشه ی استخراجی از نرم افزار ArcGIS ارائه گردید.

فصل ۴: نتایج

۴-۱ مقدمه

در این فصل با استفاده از مفاهیم فصل دوم و روش‌های ارائه شده در فصل سوم، داده‌ها و محدودیت‌های فنی، هیدرولیکی و اجرایی در نرم‌افزارهای مورد استفاده GIS و SewerGEMS پیاده سازی می‌شود. همچنین در ادامه نتایج خروجی از این دو نرم‌افزار ارائه می‌شوند و در انتها مقایسه‌ای بین نتایج خروجی مدل با شبکه فاضلاب انجام می‌پذیرد.

۴-۲ برآورد سرانه فاضلاب منطقه مورد مطالعه

یکی از مبانی ضروری در طراحی و بهره برداری مناسب از شبکه جمع آوری فاضلاب پیش بینی دقیق فاضلاب تولیدی آن منطقه می‌باشد. بنابراین تمامی منابع تولید فاضلاب منطقه مورد نظر باید مورد بررسی و تحلیل دقیق قرار گیرد و با توجه به این شرایط مقدار سرانه فاضلاب تعیین گردد.

۴-۲-۱ ضریب بهره‌برداری

برای تخمین مقدار فاضلاب‌های بهداشتی و صنعتی در طراحی شبکه فاضلابی باید به این نکته توجه داشت که در طول بهره برداری شبکه فاضلاب، ممکن است بخشی از مشترکین خواهان متصل شدن به شبکه فاضلاب نباشند. در این صورت از ضریبی به عنوان ضریب بهره برداری استفاده می‌شود تا این تعداد مشترکین از تخمین مقدار فاضلاب حذف گردد. البته این ضریب برای تمامی مناطق یکسان نمی‌باشد و مناطقی که نفوذپذیری زمین بسیار کم باشد و یا سطح آب‌های زیرزمینی آن منطقه بالا باشد دارای حداکثر ضریب بهره‌برداری می‌باشند. همچنین باید درصدی از فاضلاب منطقه را به مشترکین غیرمجاز اختصاص داد که این سهم ۵ درصدی از مقدار فاضلاب کل تخمین زده می‌شود (نشریه ۳-۱۸). ضریب بهره‌برداری در مرحله اول بهره‌برداری ۷۰-۹۰ درصد و در مرحله دوم آن ۹۰-۱۰۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه منطقه ۴ تهران پرجمعیت‌ترین منطقه

تهران بوده و در این تحقیق برای رسیدن به طراحی با حداکثر دقت و بهینه سازی نتایج خروجی، ضریب بهره‌برداری ۱۰۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

۴-۲-۲ ضریب اختلاط باران

با توجه به اینکه مقدار رواناب سطحی ناشی از بارش یکی از منابع تولید فاضلاب می‌باشد بنابراین اعمال ضریب با توجه به اقلیم و وقوع شدت رگبار در آن منطقه، موقعیت جغرافیایی آن انجام می‌گیرد. در این پروژه باتوجه به موقعیت مکانی و شرایط آب و هوایی منطقه ۴ تهران این ضریب اختلاط باران ۲۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

۴-۲-۳ نسبت تبدیل آب مصرفی به فاضلاب

برای محاسبه الگوهای تولید فاضلاب در شبکه مورد نظر دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش اول بر مبنای مقدار آب مصرفی مشترکین منطقه مورد نظر و اعمال ضریب تبدیل آب به فاضلاب به مقدار فاضلاب مورد نظر طراحی دست پیدا می‌شود. در روش دوم با استفاده از اطلاعات عمق سنجی لحظه ای در نقاط کلیدی شبکه و تحلیل آن، مقدار مورد نظر فاضلاب تولیدی تخمین زده می‌شود. استفاده از روش اول به دلیل راحتی و استفاده آماری از اطلاعات موجود پیشنهاد می‌گردد. بر این اساس با توجه به اینکه مقداری از آب مصرفی شبکه توزیع آب صرف آبیاری فضای سبز و دیگر خدمات شهری از قبیل نظافت شهری می‌شود، بنابراین درصدی از آب به شبکه فاضلاب می‌رسد. با بررسی منابع و مآخذ این مقدار برای شهر تهران حدود ۷۰-۹۰ درصد و با توجه به اینکه دو پارک جنگلی لویزان و پیامبر اکرم (ص) در این منطقه قرار دارند و فضای سبز منطقه مورد نظر حدوداً Km^2 ۱۴.۵ می‌باشد. مقدار نسبت تبدیل آب مصرفی به فاضلاب در این تحقیق ۸۰ درصد لحاظ می‌شود. بنابراین با استفاده از منابع اطلاعاتی بدست آمده و مقدار سرانه مصرف آب و ضریب تبدیل آب مصرفی به فاضلاب، مقدار سرانه فاضلاب تولیدی منطقه مورد نظر ۲۰۲ لیتر در روز برای هر نفر در نظر گرفته

می‌شود.

۴-۲-۴ ضریب حداکثر جریان فاضلاب

همانطور که مشخص است که در شبکه های فاضلاب در مقاطع پیک زمانی از حداکثر ظرفیت گذرنده لوله ها استفاده می‌شود. این دبی حداکثر یا حداکثر ظرفیت انتقال به جمعیت منطقه، شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و دیگر خصوصیات آن منطقه بستگی دارد که مقدار اعمال این ضریب برای مناطق تا ۱ میلیون نفر از رابطه ی (۳-۹) بدست می‌آید.

۵-۲-۴ ضریب حداقل جریان فاضلاب

همواره مقداری فاضلاب در مسیر انتقال در جریانند که شرایط مانند فاضلاب مهیا نشود و متعاقب آن مسائل خوردگی و تخریب لوله های انتقال رخ ندهد. اگر میزان نوسان فاضلاب آمار قابل ملاحظه ای باشد مقدار ضریب حداقل جریان فاضلاب از رابطه ی (۴-۱) بدست می‌آید.

$$K_{min} = \frac{p^{0.167}}{5} \quad (۱-۴)$$

توجه شود که در این مطالعه منطقه ۴ تهران مورد بررسی قرار گرفته است و با توجه به آمارهای خروجی سازمان های مربوطه مقدار سرانه فاضلاب برای این منطقه ۲۰۲ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شد تا به منظور طراحی یک شبکه فاضلاب واقعی، کاربردی از پارامترهای موجود و حقیقی استفاده شود.

۶-۲-۴ تخمین نشتاب

در فصل پیشین نشتاب و عوامل تاثیرگذار بر آن تشریح گردید. با توجه به این پارامترها مقدار نشتاب از حداقل تا حداکثر ممکن تعیین می‌شود. طبق روش های ارائه شده در آیین نامه های مربوطه مقدار نشتاب بر مبنای درصدی از حداکثر فاضلاب خانگی در نظر گرفته می‌شود. البته با توجه به اینکه در شهر تهران لوله های انتقال فاضلاب بالاتر از سطح آب های زیرزمینی در نظر گرفته شده و شدت

بارندگی در این منطقه، مقدار نشتاب در این تحقیق ۱۰-۲۰ درصد حداکثر فاضلاب خانگی تولیدی منطقه مورد نظر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین مقدار سرانه فاضلاب که مبنای طراحی شبکه مورد نظر قرار می‌گیرد برای هر نفر به صورت ذیل تعریف می‌شود.

حداکثر دبی = حداکثر فاضلاب بهداشتی + نشتاب

حداقل دبی = حداقل فاضلاب بهداشتی + نشتاب

در این تحقیق باتوجه به اطلاعات استخراجی از شرکت آب و فاضلاب منطقه ۴ تهران، از مقیاس مقدار لیتر در روز برای هر متر لوله برای سنجش مقدار نشتاب شبکه فاضلاب استفاده می‌شود. به این منظور مقدار سرانه مصرف آب در تهران را در ۰.۲ ضرب کرده که مقدار نشتاب در روز به ازای هر نفر بدست می‌آید. در ادامه با توجه به جمعیت، تراکم و مساحت منطقه مورد نظر و طول لوله های انتقال فاضلاب، مقدار نشتاب در این شبکه با ۹۸ لیتر در روز در هر متر لوله برآورد گردید. همچنین با استفاده از اطلاعات اعلام شده توسط شرکت آب و فاضلاب تهران، مقدار حداکثر حجم نشتاب و رواناب به میزان ۵۰ درصد متوسط فاضلاب می‌باشد. بنابراین مقدار نشتاب ۹۸ لیتر در روز برای هر متر لوله مقداری منطقی می‌باشد.

۳-۴ مراحل انجام شبیه سازی شبکه فاضلاب

در این قسمت بطور خلاصه به مراحل مختلف شبیه سازی و مدل کردن شبکه فاضلاب مورد نظر اشاره می‌شود. همچنین به دلیل آشنایی با روند طراحی شبکه فاضلاب، مکانیزم محاسبه مقادیر و پارامترهای مورد استفاده در ضوابط طراحی و اجرای شرکت آب و فاضلاب بدست آمده و در این بخش قسمت‌های مهم و حیاتی آن تشریح می‌گردند.

۴-۳-۱ پارامترهای اساسی مدلسازی شبکه فاضلاب

در ابتدا با استفاده از اطلاعات بدست آمده از شرکت آب و فاضلاب در مورد منطقه ی مورد مطالعه از قبیل جمعیت فعلی و جمعیت دوره طرح، سرانه مصرف آب، پارامترهای ابتدایی تعیین می گردند. باید توجه داشت که این پارامترها نقش بسزایی در نتایج انتهایی نرم افزار برای مدلسازی شبکه فاضلاب موجود دارند. بنابراین در مرحله ی تهیه این اطلاعات باید دقت و توجه کافی لحاظ شود. در ادامه به نکات و اطلاعات مهم بکار رفته در شبیه سازی اشاره می شود.

در مجموع برای طراحی هر شبکه فاضلاب مقدار ارتفاع نقاط آدَمرو، نقطه ی خروجی شبکه^۱، مقدار دبی تخصیص یافته بر هر آدَمرو، نوع لوله های بکار رفته در شبکه فاضلاب، شکل مقاطع لوله که در فصل های پیشین اشاره شد، اندازه لوله با توجه به دبی تخصیص یافته برای هر آدَمرو، نوع لوله بکار رفته از قبیل بتنی یا پی وی سی و ضریب مانینگ از پارامترهای ضروری هستند که بدون تعیین مقادیر و نوع آن ها مدلسازی شبکه فاضلاب میسر نمی باشد. در این تحقیق، پارامترهایی نظیر جمعیت دوره طرح، سرانه مصرف فاضلاب، نوع لوله های بکار رفته با توجه به داده های استخراجی از شبکه فاضلاب موجود انجام گرفت. هرچند در اعمال این پارامترها با استفاده از نرم افزار ArcGIS و SewerGEMS دقت بالاتری استفاده شده و در قسمت مقایسه نتایج حاصل از مدلسازی با شبکه فاضلاب موجود به نقش این نرم افزارها در افزایش بهره وری شبکه فاضلاب مدلسازی شده اشاره می شود. نکات مهم تعیین و جمع آوری این پارامترهای ضروری بدین صورت می باشد:

۱) در سطح مایع درون لوله شبکه فاضلاب، فشار اتمسفر حاکم می باشد بنابراین در طراحی لوله های انتقال، شرایط هیدرولیکی کلنال های روباز کاربرد دارد و باید از معادله مانینگ برای محاسبه دبی و دیگر پارامترها استفاده کرد که در فصل پیشین این معادله به تفصیل تشریح گردید. البته باید توجه داشت که در نشریه ۱۱۸-۳ مقدار ضریب مانینگ در شبکه فاضلاب

¹ Outfall

همواره ثابت و برابر با ۰.۰۱۳ گزارش شده است و به جنس لوله انتقالی بستگی ندارد زیرا با شروع بهره برداری از شبکه فاضلاب و گذشت زمان، کاملاً سطحی از فاضلاب به صورت لجن سرتاسر سطح لوله های انتقالی را پوشش می دهد به همین دلیل در شبکه فاضلاب مدلسازی شده همچون شبکه فاضلاب موجود، مقدار ضریب مانینگ برای تمامی لوله ها ثابت و برابر ۰.۰۱۳ در نظر گرفته شده است.

۲) رقوم ارتفاعی تراز آد مرو یکی دیگر از پارامترهای تعیین کننده طراحی و همینطور اجرای اقتصادی شبکه فاضلاب می باشد. همانطور که در فصل های پیشین اشاره شد در هر محلی که تغییر قطر و ارتفاع رخ دهد استفاده از آد مرو الزامی می باشد، البته در شرایطی هم که هیچ کدام از این پارامترها تغییر نکرد باز هم در فواصل معینی از لوله های انتقال باید آد مرو کار گذاشته شود. این فواصل به قطر لوله بستگی دارد که هرچه قطر لوله بیشتر باشد حداکثر فاصله بین آد مروها افزایش پیدا می کند به صورتی که برای لوله های با قطر بیشتر از ۱۰۰۰ میلی متر مقدار فاصله بین آد مروها از ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر می رسد البته مقدار فاصله ۸۰-۶۰ متر بین آد مروها می تواند انتخاب مناسب از لحاظ ضوابط و طرحی اقتصادی باشد. همچنین در انتهای ارتفاع دهی به آد مروها با استفاده از جدول مربوط به آد مروها مقدار سطح ارتفاع آد مروها از عمق پایین به عمق بالا مرتب شده و آد مرویی که در پایین ترین تراز قرار دارد به عنوان خروجی شبکه فاضلاب انتخاب می شود. البته در بعضی از پروژه های شبکه فاضلاب، مکان نقطه خروجی شبکه با توجه به محدودیت در انتخاب محل تصفیه خانه انتخاب می شود. به همین منظور محل آد مروها به طریقی انتخاب می شود که نقطه خروجی شبکه در محل مناسب برای انتقال به تصفیه خانه باشد. البته برای این منظور باید در نقاطی از شبکه از ایستگاه پمپاژ استفاده کرده و شرایط لوله تحت فشار حاکم باشد اما در این تحقیق یک شبکه فاضلاب ثقلی مدلسازی شده است و رقوم ارتفاعی آد مروها و ترتیب اتصال بین آنها مربوط به شبکه فاضلاب منطقه ۴ تهران می باشد. بنابراین نقطه خروجی این شبکه فاضلاب در

پایین ترین تراز از ارتفاعی آد مروها قرار دارد. با توجه به اینکه حجم فاضلاب تولیدی منطقه مورد نظر توسط شبکه فاضلاب از خروجی شبکه به سمت تاسیسات تصفیه بهداشتی و منطقه دفع فاضلاب هدایت می شود، بنابراین اندازه این بخش از شبکه فاضلاب قابل توجه خواهد بود و در مرحله ی تخصیص دبی به آد مروها نباید به نقطه خروجی دبی تخصیص داده شود.

۳) با توجه به جنس لوله های مصرفی و قطر لوله های مصرفی در شبکه فاضلاب موجود، مقدار حداقل و حداکثر قطر لازم لوله برای نرم افزار تعریف می شود اما در انتها مقادیر پیشنهادی نرم افزار برای قطر لوله ها به عنوان گزینه های مناسب و بهینه تر برای کاربرد در شبکه فاضلاب مدلسازی شده معرفی می گردد. به عنوان مثال برای لوله های بتنی با مقطع دایره ای حداقل قطر برابر با ۲۰۰ میلی متر است که این شرط در طراحی اولیه شبکه مورد نظر لحاظ شده و از ابتدا لوله های بتنی با قطر کمتر از ۲۰۰ میلی متر در مدلسازی این شبکه موجود حذف می گردد.

محدودیت های کلی شبکه فاضلاب را می توان به سه دسته تقسیم بندی کرد: محدودیت های مربوط به سرعت فاضلاب که به جنس لوله بستگی دارد به طوری که حداقل و حداکثر سرعت باید به گونه ای لحاظ شود که اولاً سرعت حرکت فاضلاب در حدی باشد که انسداد در مسیر فاضلاب رخ ندهد چون با انسداد فاضلاب در ساعات کمینه فاضلاب شرایط برای ایجاد نقاطی برای تولید سولفید هیدروژن و متعاقب آن سولفید و خوردگی لوله ایجاد می شود. همچنین گرفتگی لوله دیگر پیامد در نظر نگرفتن حداقل سرعت لازم فاضلاب می باشد. همچنین حداکثر سرعت فاضلاب باید به گونه ای انتخاب شود که مشکل در انتقال فاضلاب با توجه به ظرفیت لوله های انتقال رخ ندهد. این مقادیر و اطلاعات از سازمان مربوطه و مشاور آن تهیه گردیده و در مدلسازی به کار برده شده است.

همچنین محدودیت بعدی مربوط به عمق جایگذاری لوله ها می باشد که در مرحله انتخاب طرحی مناسب توسط مشاور با توجه به عمق یخبندان و تراز آب های سطحی شهر تهران این مقدار بین ۲.۶ متر تا ۱۵ متر لحاظ شده است .

باتوجه به اینکه این مقادیر و پارامترها با توجه به اطلاعات استخراج شده از شرکت آب و فاضلاب منطقه مورد نظر بدست آمده و در مدلسازی از آن‌ها استفاده می‌شود. هرچند در ادامه نقش استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و SewerGEMS در کاربردی‌تر و بهینه کردن شبکه فاضلاب موجود شرح داده می‌شود.

در ابتدا اطلاعات لازم از قبیل مساحت و مرز منطقه، درونیابی رقوم ارتفاعی نقطه‌ی کارگذاری آد مروها و طول لوله‌های انتقال فاضلاب توسط نرم‌افزار ArcGIS بدست می‌آید. در این مرحله با استفاده از جانمایی لوله‌های انتقال شبکه فاضلاب و ایجاد یک فایل Raster، رقوم ارتفاعی آد مروها تعیین شده و به جدول مشخصات آد مروها در نرم‌افزار SewerGEMS منتقل می‌شود. همچنین مساحت قسمت‌های مختلف منطقه مورد نظر جمع‌شده و به عنوان ورودی به نرم‌افزار SewerGEMS وارد می‌شوند. سپس در نرم‌افزار SewerGEMS شبکه‌ی مورد نظر مدل شده و با استفاده از دستورهای Thiessen و متدهای مختلف جمعیت دهی و تراکم مقدار دبی تخصیص داده شده به هر آد مرو با توجه به جمعیت دوره طرح شبکه موجود و دیگر مشخصات آن مشخص می‌گردد. شکل (۴-۱) جانمایی اجزای مختلف قسمتی از شبکه فاضلاب مورد نظر از قبیل آد مروها، لوله‌ها و مشخصات آن‌ها در نرم‌افزار ArcGIS نشان داده شده است. همچنین در انتهای این مرحله با استفاده از روش بابیت مقدار ضریب حداکثر جریان بدست آمده و در سرانه تولید فاضلاب روزانه اعمال می‌گردد. همچنین مقدار نشتاب تعیین شده در بخش (۴-۲-۶) به مقدار متوسط فاضلاب تولیدی شبکه اضافه می‌گردد.



شکل ۴-۱: جانمایی اجزای مختلف قسمتی از شبکه فاضلاب مورد نظر

۴-۳-۲ مراحل پیاده‌سازی مدل

پس از تعیین پارامترهای اساسی مدلسازی شبکه فاضلاب با استفاده از SewerGEMS باید پیاده سازی مدل در دستور کار قرار گیرد. باتوجه به گستردگی شبکه فاضلاب مورد نظر و افزایش دقت نتایج خروجی برنامه SewerGEMS در این تحقیق از روش ایجاد یک پس زمینه از نقشه شبکه فاضلاب مورد نظر در نرم افزار SewerGEMS خودداری شده و در ابتدا نقشه به محیط AutoCAD منتقل شده و پس از اعمال اصلاحیات به محیط ArcGIS منتقل می‌شود. در این مرحله جانمایی

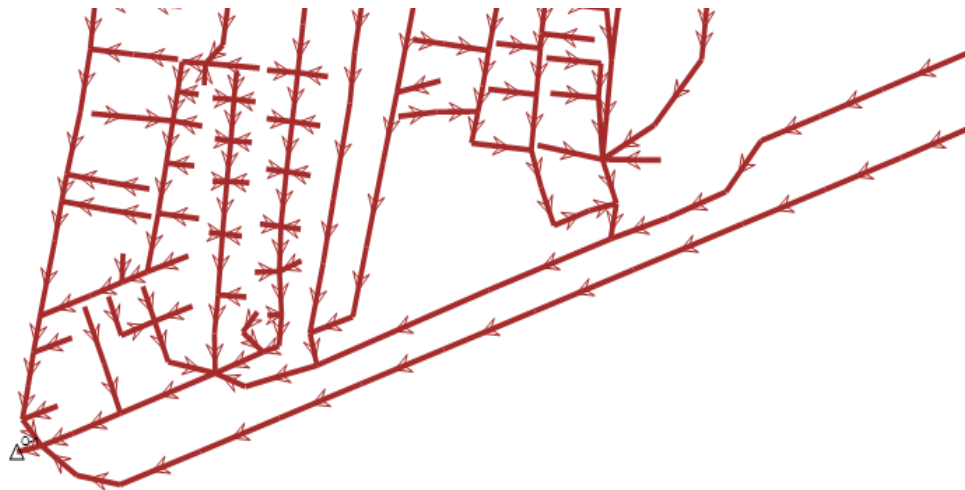
آدمروها صورت می‌گیرد و با استفاده از مختصات آدمروهای مورد نیاز شبکه فاضلاب یک فایل Raster در محیط ArcGIS تعبیه شده و ترازهای رقومی آدمروها تعیین شده و به جدول مشخصات^۱ مربوطه آدمروها در SewerGEMS منتقل می‌شود تا اطلاعات لازم آدمروها باتوجه به تراز رقومی دریافتی از شرکت آب و فاضلاب تکمیل گردد. سپس دیگر اطلاعات لازم از قبیل مساحت منطقه مورد نظر به هکتار، مرز شبکه فاضلاب، تراکم جمعیتی در هکتار با استفاده از ArcGIS بدست می‌آید. از این اطلاعات برای مرحله ی تخصیص دادن دبی به هر آدمرو استفاده می‌گردد. تخصیص دادن دبی با استفاده از دستور چندضلعی Thiessen انجام می‌پذیرد که در ابتدا مساحت مختص به هر دبی مشخص شده و باتوجه به تراکم جمعیتی مقدار دبی هر آدمرو بر حسب لیتر بر روز بدست می‌آید. پس از مشخص شدن میزان دبی برای هر آدمرو با استفاده از مطالعات قبلی انجام شده در مورد منطقه ی مورد نظر، ضوابط اجرایی و محدودیت های هیدرولیکی جریان فاضلاب در ابتدا خصوصیات اولیه لوله های بکار رفته در شبکه فاضلاب تعریف شده و سپس محدودیت های هیدرولیکی نظیر سرعت، شیب لوله، حداقل و حداکثر پوشش و درصد پرشدگی لوله ها به نرم افزار منتقل می‌شود. مرحله پیاده سازی مدل مربوط به شبکه فاضلاب مورد نظر به اتمام رسد. در مجموع پارامترهای اساسی و محدودیت های اجرایی و هیدرولیکی تعریف شده برای این شبکه فاضلاب باتوجه به داده‌های استخراجی از شبکه فاضلاب مربوطه به شرکت آب فاضلاب تهران به صورت بخش (۳-۳) می‌باشد.

۳-۳-۴ نتایج مدلسازی در نرم افزار SewerGEMS

در این بخش نتایج خروجی نرم افزار SewerGEMS ارائه می‌گردد، البته به دلیل حجم بالای اطلاعات و نتایج خروجی شبکه فاضلاب مورد نظر در این بخش قسمت های مهم شبکه فاضلاب مورد بررسی قرار می‌گیرد و در پیوست پایان نامه خروجی نرم افزار SewerGEMS گزارش می‌شود.

¹ Flex Tables

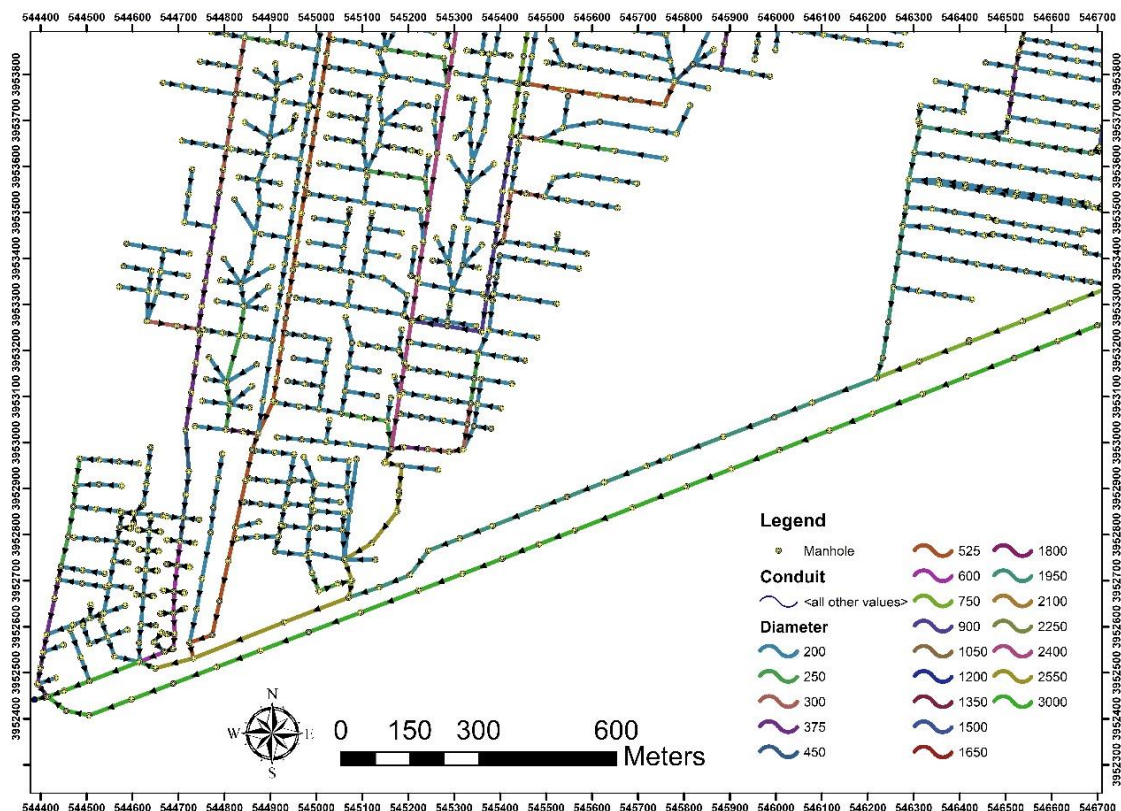
در شکل (۳-۴) جهت حرکت فاضلاب در بخش انتهایی شبکه و لوله های منتهی به خروجی شبکه فاضلاب، همچنین در شکل (۴-۴) موقعیت آدروهای منتهی به نقطه خروجی شبکه نشان داده شده است. این جایگذاری ها با توجه به نیاز منطقه، تغییر قطر لوله های مصرفی در شبکه فاضلاب و محدودیت مربوط به حداکثر فاصله بین دو آمرو لحاظ شده است. لازم به ذکر است که هر سانتی متر در این نمای شبکه فاضلاب مدل شده برابر با ۱۰۰ متر در مقیاس واقعی می باشد که این مقیاس در تنظیمات نرم افزار SewerGEMS قابل تغییر می باشد.



شکل ۴-۲. جهت حرکت فاضلاب در لوله های منتهی به نقطه خروجی شبکه

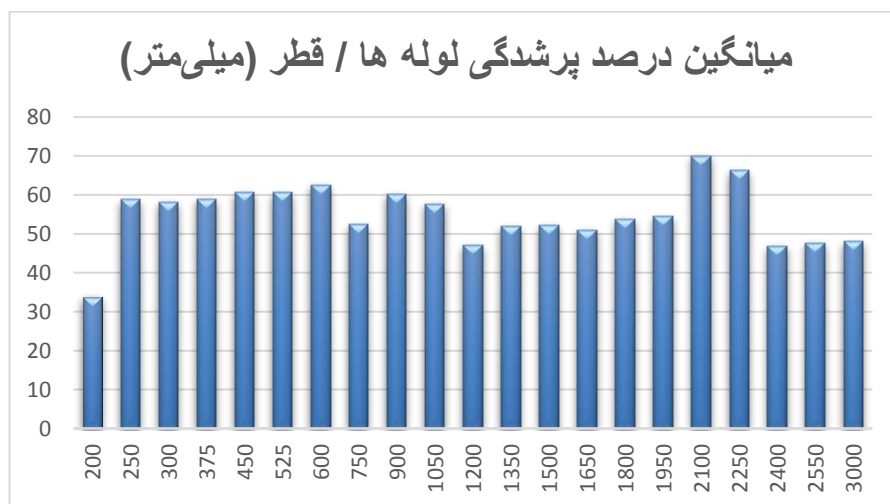


شکل ۴-۳. محل جایگذاری آدروهای منتهی به نقطه خروجی شبکه



شکل ۴-۴. نقطه خروجی شبکه مدلسازی شده به تفکیک قطر لوله ها

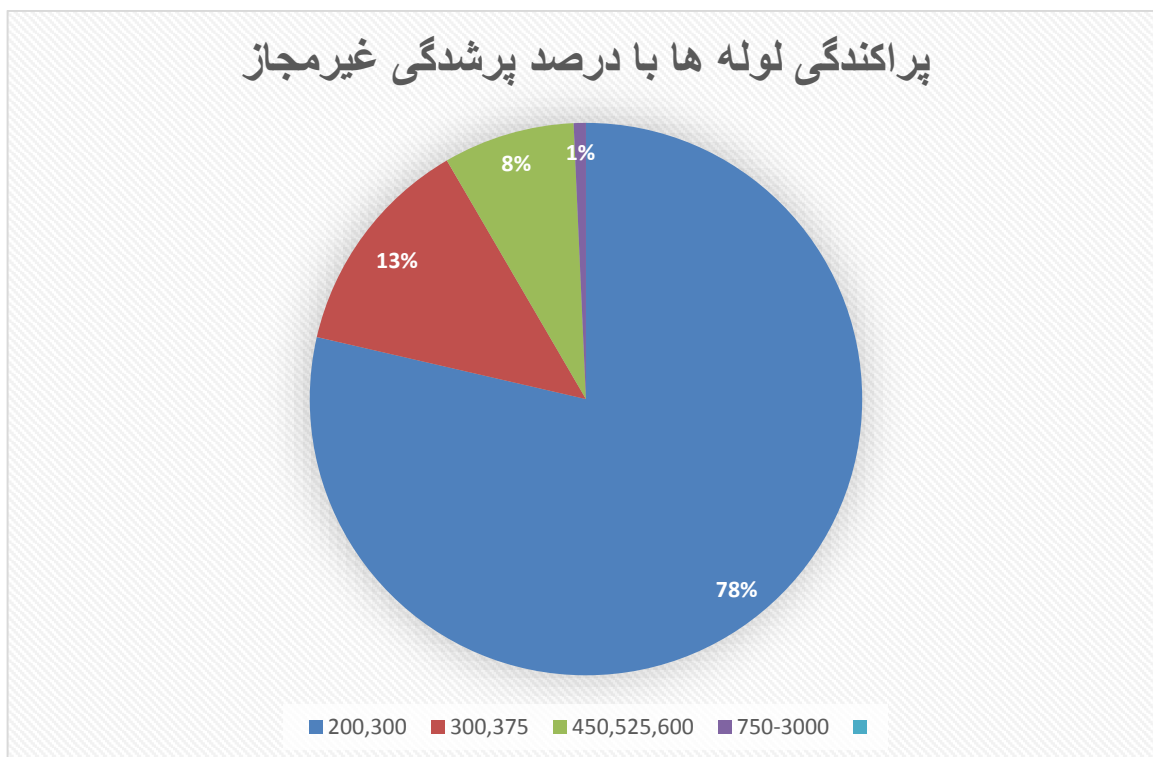
همانطور که در فصل سوم توضیح داده شد، محدودیت هایی برای درصد پرشدگی لوله ها برای هر سایز لوله وجود دارد. به همین دلیل لوله های مدلسازی شده از این حیث بررسی می گردند. در شکل (۴-۵) میانگین درصد پرشدگی لوله ها به ازای هر قطر لوله نشان داده شده است.



شکل ۴-۵. میانگین درصد پرشدگی لوله ها به ازای هر قطر لوله

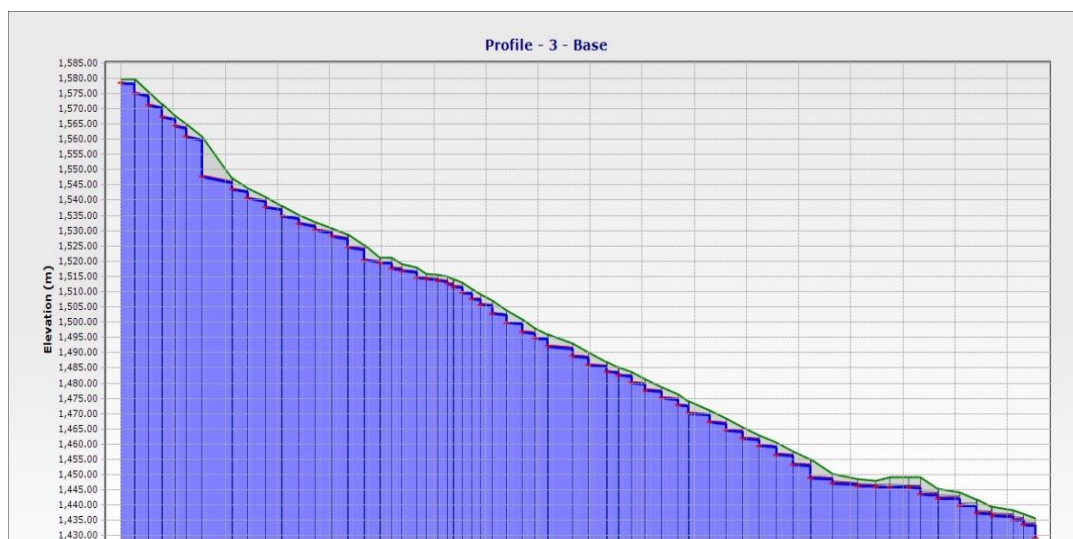
همانطور که مشخص است میانگین لوله های هر قطر کمتر از حداکثر پرشدگی مجاز می باشند و این

بیانگر صحیح بودن کلیت مدلسازی و شبکه می باشد. اما می بایست لوله هایی که از استاندارد پیروی نکرده و درصد پرشدگی بالاتر از حد مجاز دارند نیز شناسایی شوند. بدین منظور کلیه لوله های ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی متر با درصد پرشدگی بیشتر از ۵۰ درصد، کلیه لوله های ۳۰۰ و ۳۷۵ میلی متر با درصد پرشدگی بیشتر از ۶۵ درصد، کلیه لوله های ۴۵۰ و ۵۲۵ و ۶۰۰ میلی متر با درصد پرشدگی بیشتر از ۷۰ درصد و کلیه لوله های بالای ۷۵۰ میلی متر با درصد پرشدگی بیشتر از ۷۵ درصد شناسایی شدند. از بین ۶۰۷۷ لوله شبکه، تعداد ۱۲۶۲ لوله درصد پرشدگی بیشتر از حد مجاز داشتند که در شکل (۶-۴) به تفکیک قطر دسته بندی شدند.



شکل ۶-۴. پراکندگی لوله ها با درصد پرشدگی بیشتر از حد مجاز

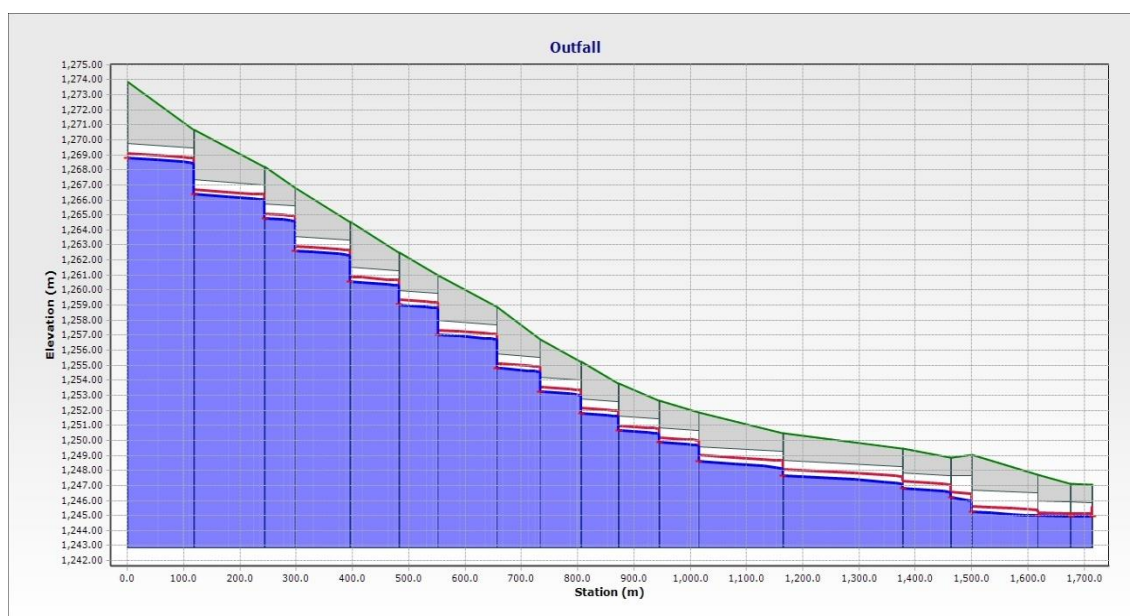
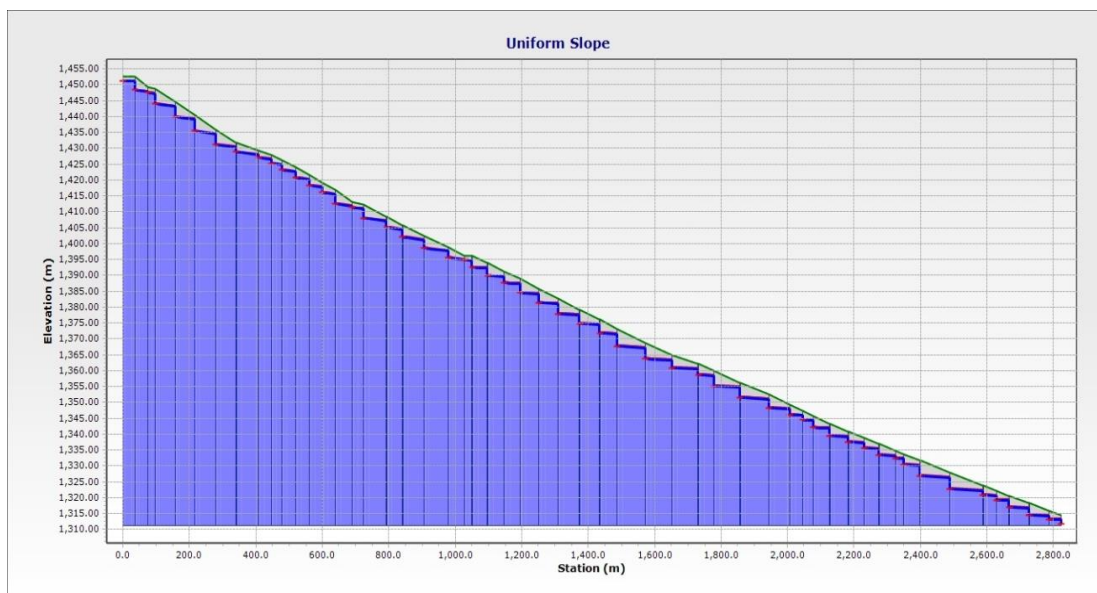
همانطور که از شکل (۳-۳) مشخص است، سیستم انتقالی ثقلی برای طراحی این شبکه مورد استفاده قرار گرفته است و با توجه به شیب طبیعی زمین و موقعیت محل‌های تولید فاضلاب، لوله‌های شبکه فاضلاب مدلسازی شده با رعایت محدودیت‌های هیدرولیکی جایگذاری شده‌اند. همچنین پروفیل طولی مسیرهای شریانی شبکه فاضلاب مورد نظر در شکل‌های (۷-۴)، (۸-۴)، (۹-۴) و (۱۰-۴) ارائه شده است.



شکل ۷-۴. پروفیل طولی مسیر ابتدایی در بخش بالادست شبکه فاضلاب



شکل ۸-۴. پروفیل طولی مسیر ابتدایی در بخش بالادست شبکه فاضلاب



شکل ۴-۱۰. پروفیل طولی مسیر منتهی به نقطه خروجی شبکه

همانطور که از شکل‌های (۴-۷)، (۴-۸)، (۴-۹) و (۴-۱۰) مشخص است، در سرتاسر مسیر، انرژی جریان توسط ایستگاه پمپاژ تقویت نشده است و سیستم انتقال فاضلاب ثقلی می‌باشد. بدیهی است که استفاده از سیستم ثقلی به صرفه‌تر می‌باشد، همچنین در این شبکه فاضلاب با بیش از ۷۰۰۰ آدمرو تنها از یک خروجی برای انتقال به تصفیه‌خانه استفاده شده است که این مورد را می‌توان یکی دیگر از دستاوردهای این تحقیق و استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به منظور روندیابی مسیر فاضلاب بیان کرد.

در جدول (۴-۱) سرعت فاضلاب و قطر لوله، دبی گذرنده از لوله و شیب مربوط به هر لوله بخش‌هایی از شبکه فاضلاب مورد نظر ارائه شده است. همانطور که مشخص است در تمامی حالات مقدار محدودیت های اعمالی از طریق کاربر رعایت شده و قطرهای فرضی ابتدایی وارد شده توسط کاربر که قطر شبکه فاضلاب موجود می‌باشد، تغییر کرده و مقادیر پیشنهادی نرم افزار مدنظر قرار می‌گیرد.

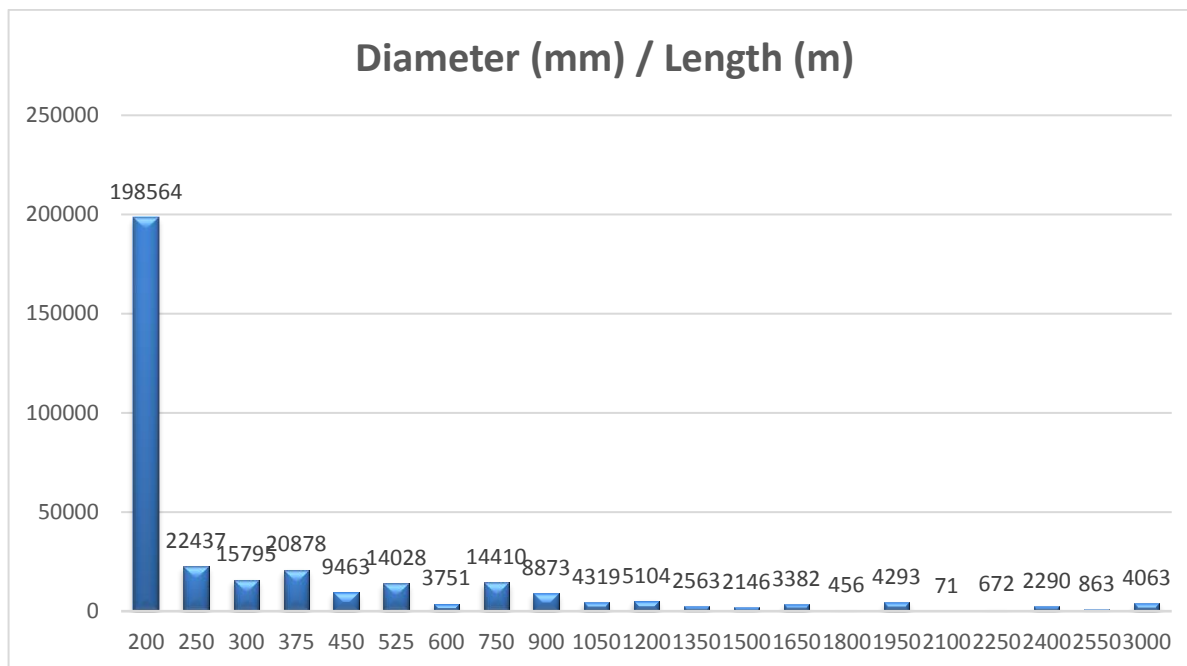
جدول ۴-۴. مشخصات طراحی شده لوله‌های بخشی از شبکه فاضلاب

دبی جریان (L/s)	سرعت جریان (m/s)	قطر لوله (mm)	طول لوله (m)	شیب لوله (m/m)	شماره لوله
1.26	0.58	200	3.6	0.015	Co_1
1.18	0.66	200	3.8	0.023	Co_2
9.94	1.27	200	3.9	0.025	Co_3
2.5	0.48	200	4	0.005	Co_4
524.3	1.06	900	4.1	0.001	Co_5
1.37	0.59	200	4.3	0.014	Co_6
1857.63	1.17	1650	5	0.001	Co_7
305.19	2.11	525	5	0.009	Co_8
132.94	1.95	375	5	0.013	Co_9
1.26	0.39	200	5.1	0.005	Co_10
0.41	0.49	200	5.3	0.025	Co_11
6.82	1.02	200	5.3	0.018	Co_12
17.86	0.76	250	5.5	0.004	Co_13
4.97	0.59	200	6	0.005	Co_14
5.24	0.6	200	6	0.005	Co_15
1.32	0.67	200	6.5	0.022	Co_16
518.61	2.13	750	6.5	0.007	Co_17
11.8	0.74	200	6.6	0.005	Co_18
637.46	2.1	900	6.7	0.006	Co_19
3.94	0.98	200	7.3	0.025	Co_20
3.21	0.77	200	7.4	0.015	Co_21
79.54	0.93	375	7.7	0.003	Co_22
51.86	1.53	375	8.2	0.013	Co_23
18.06	0.76	250	8.2	0.004	Co_24
6.51	0.78	200	8.3	0.009	Co_25
19.83	1.54	200	8.6	0.025	Co_26
30.2	1.27	250	8.8	0.011	Co_27
9.69	1.26	200	9	0.025	Co_28
6.78	0.64	200	9.4	0.005	Co_29
679.54	1.1	1050	9.7	0.001	Co_30
139.85	1.98	375	9.9	0.013	Co_31
دبی جریان (L/s)	سرعت جریان (m/s)	قطر لوله (mm)	طول لوله (m)	شیب لوله (m/m)	شماره لوله

Co_32	0.003	9.9	300	0.84	37.35
Co_33	0.025	10.1	200	1.16	7.19
Co_34	0.025	10.2	200	0.94	3.43
Co_35	0.024	10.3	200	0.92	3.42
Co_36	0.015	10.4	200	0.79	3.6
Co_37	0.025	10.5	200	1.75	33.11
Co_38	0.009	10.6	200	0.61	2.63
Co_39	0.01	11	300	1.37	47.89
Co_40	0.013	11.1	375	1.92	123.87
Co_41	0.005	11.1	200	0.53	3.35
Co_42	0.021	11.3	200	1.45	20.27
Co_43	0.007	11.4	200	0.59	3.23
Co_44	0.005	12.1	200	0.44	1.76
Co_45	0.013	12.1	200	0.81	4.5
Co_46	0.001	12.3	900	1.03	430.01
Co_47	0.007	12.4	200	0.6	3.81
Co_48	0.025	12.5	200	1.05	5.06
Co_49	0.001	12.5	750	0.99	296.23
Co_50	0.025	12.6	200	1.15	7
Co_51	0.013	12.8	375	2.05	170.33
Co_52	0.009	13	525	1.81	161.92
Co_53	0.003	13.1	300	0.84	37.35
Co_54	0.005	13.3	200	0.7	9.35
Co_55	0.025	13.4	200	1.51	18.29
Co_56	0.025	13.5	200	0.43	0.26
Co_57	0.007	13.8	200	0.64	4.85
Co_58	0.013	14	375	2	148.54
Co_59	0.018	14.1	200	0.62	1.23
Co_60	0.025	14.3	200	1.55	20.06
Co_61	0.024	14.3	200	0.89	3.15
Co_62	0.003	14.4	1950	2.75	6637.79
Co_63	0.01	14.5	525	1.8	156.35
Co_64	0.011	14.5	450	1.77	117.35
Co_65	0.02	14.6	250	1.79	49.84
Co_66	0.003	14.8	375	0.92	75.82
Co_67	0.01	14.9	200	0.3	0.22
Co_68	0.015	14.9	200	0.91	5.56
Co_69	0.017	14.9	300	1.91	85.92
Co_70	0.024	15	200	1.15	7.1
Co_71	0.01	15.1	200	0.7	3.6
Co_72	0.01	15.4	525	2.09	287.17
شماره لوله	شیب لوله (m/m)	طول لوله (m)	قطر لوله (mm)	سرعت جریان (m/s)	دبی جریان (L/s)
Co_73	0.021	15.8	200	1.46	20.89
Co_74	0.005	15.9	200	0.42	1.55

Co_75	0.007	15.9	200	0.3	0.33
Co_76	0.01	16	525	1.98	229.64
Co_77	0.022	16	200	0.88	3.31
Co_78	0.007	16.2	750	2.16	546.44
Co_79	0.009	16.5	200	0.3	0.28
Co_80	0.005	16.5	200	0.57	4.53
Co_81	0.017	16.5	300	1.64	47.04
Co_82	0.008	16.5	200	0.34	0.46
Co_83	0.012	16.9	200	1	10.85
Co_84	0.003	17	375	0.93	78.54
Co_85	0.025	17.1	200	1.3	10.58
Co_86	0.005	17.2	200	0.76	12.8
Co_87	0.021	17.2	200	1.22	10.66
Co_88	0.006	17.3	200	0.73	7.97
Co_89	0.02	17.6	250	1.72	42.87
Co_90	0.003	17.6	300	0.86	40.49
Co_91	0.025	17.8	200	1.29	10.51
Co_92	0.002	17.9	525	0.94	132.16
Co_93	0.003	18	300	0.87	44.88
Co_94	0.003	18.1	375	0.88	58.75
Co_95	0.005	18.1	200	0.37	1.06
Co_96	0.013	18.1	375	1.92	122.32
Co_97	0.01	18.1	200	0.84	7.64
Co_98	0.025	18.2	200	1.28	10.11
Co_99	0.008	18.4	200	0.54	2.12

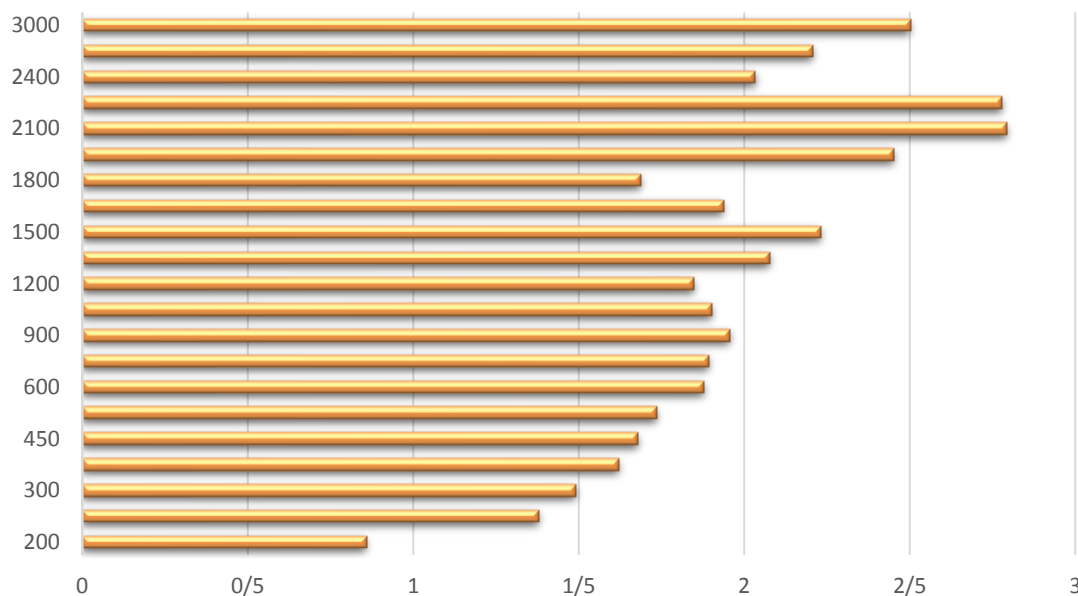
پس از مدلسازی شبکه مشخص گردید بیشترین طول شبکه مربوط به لوله قطر ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد که ۵۹ درصد طول کل شبکه را شامل می‌شود. در نمودار زیر میزان طول برای هر سایز لوله مشخص شده است. این اطلاعات و همچنین اطلاعات مشابه آن می‌تواند در جهت برآورد هزینه اجرایی و بهینه تر شدن شبکه در سناریوهای متفاوت بسیار مفید باشد.



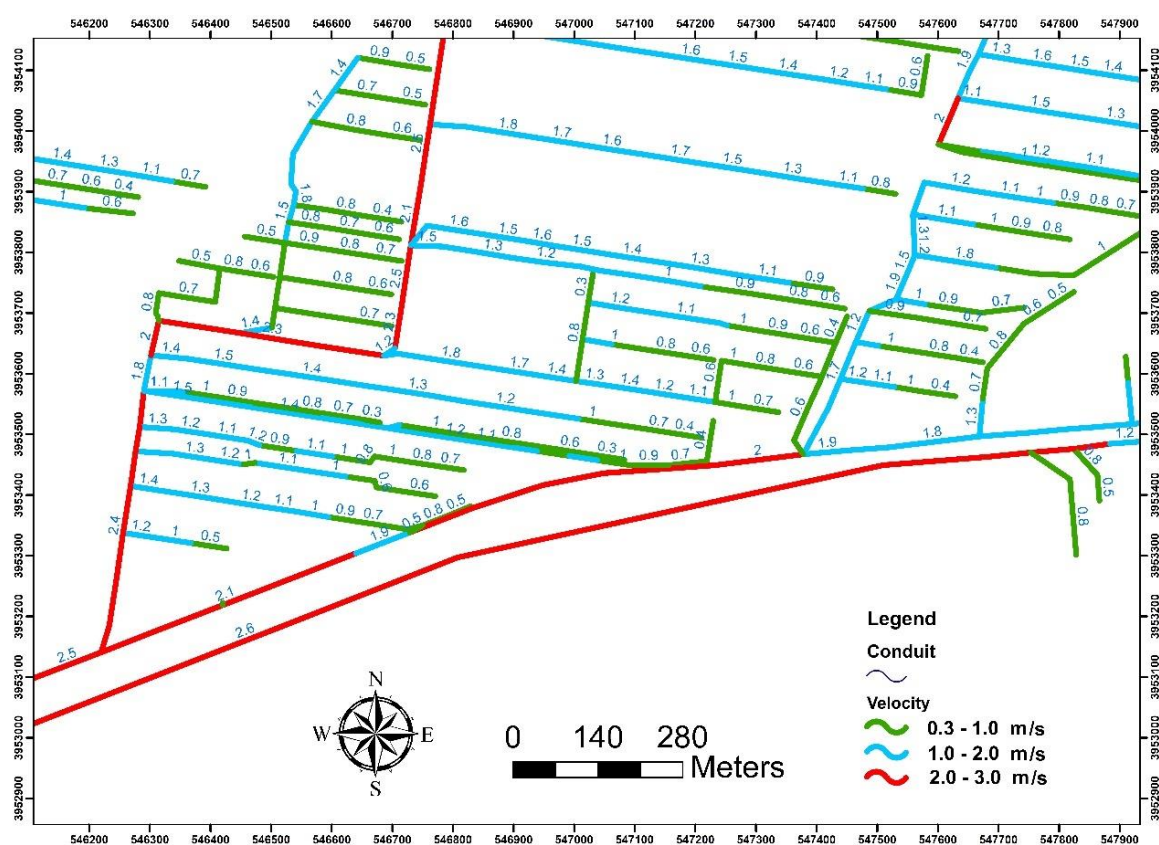
شکل ۴-۱۱. طول کارگزاری لوله های شبکه فاضلاب مدلسازی شده به ازای قطر هر لوله

همانطور که در فصل سوم توضیح داد شد، سرعت مجاز در هر لوله در این پروژه باید بین $\frac{0}{3}$ تا ۴ متر بر ثانیه باشد. لذا تمامی لوله های مدلسازی شده از این حیث بررسی می گردند. همانطور که در شکل (۴-۱۲) مشخص است همه لوله های پروژه در محدوده مجاز قرار دارند. این بررسی نشان داد لوله های سایز کوچک مثل ۲۰۰ و ۲۵۰ میلیمتر در منطقه بحرانی سرعت وجود دارند و می توانند مستعد گرفتگی یا تولید گاز مخرب سولفید هیدروژن باشند که در ادامه فصل این مهم بررسی خواهد شد. همچنین لوله های با قطر ۲۱۰۰ و ۲۴۰۰ میلیمتر بیشترین سرعت های شبکه را دارند که این مساله در بررسی های آینده می تواند حائز اهمیت باشد.

Diameter (mm) / Average Velocity (m/s)



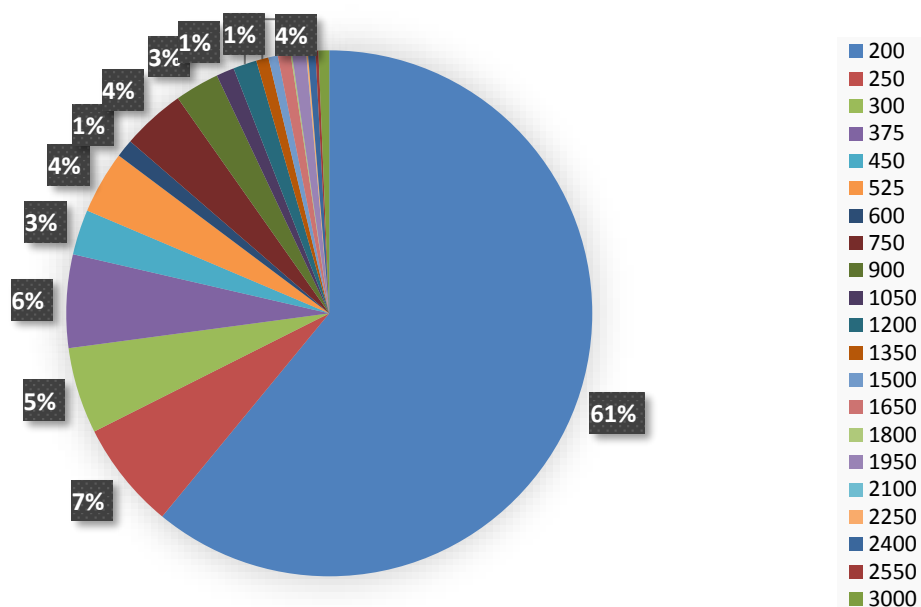
شکل ۴-۱۲. میانگین سرعت در لوله های شبکه فاضلاب مدلسازی شده به ازای قطر هر لوله



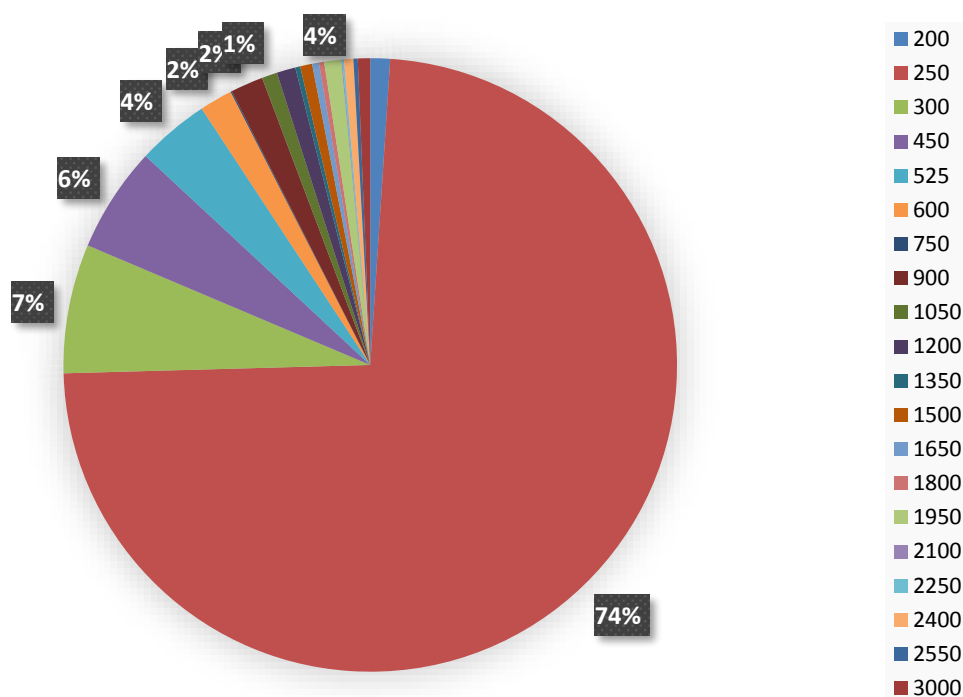
شکل ۴-۱۳. پراکندگی سرعت لوله های بخشی از شبکه فاضلاب مدلسازی شده

نمودار دایره های قطر لوله های شبکه فاضلاب مدلسازی شده در شکل (۴-۱۴) ارائه شده است. از این

شکل مشخص است که حجم قابل توجهی از لوله‌های شبکه فاضلاب مدلسازی شده را قطر ۲۰۰ میلی‌متری تشکیل داده است. همچنین شکل (۴-۱۵) قطر لوله‌های به صورت نمودار دایره‌ای گزارش شده است که با مقایسه نمودارهای دایره‌ای شبکه فاضلاب موجود و شبکه فاضلاب مدلسازی شده مشخص می‌شود که درصد قابل توجهی از لوله‌های با قطر ۲۵۰ میلی‌متر در شبکه فاضلاب موجود در شبکه فاضلاب مدلسازی شده توسط لوله‌هایی با قطر ۲۰۰ میلی‌متر جایگزین شده است. البته در قطرهای بالای ۹۰۰ میلی‌متر تغییرات محسوسی دیده نشد.



شکل ۴-۱۴. درصد پراکندگی قطر لوله‌های شبکه فاضلاب مدلسازی شده



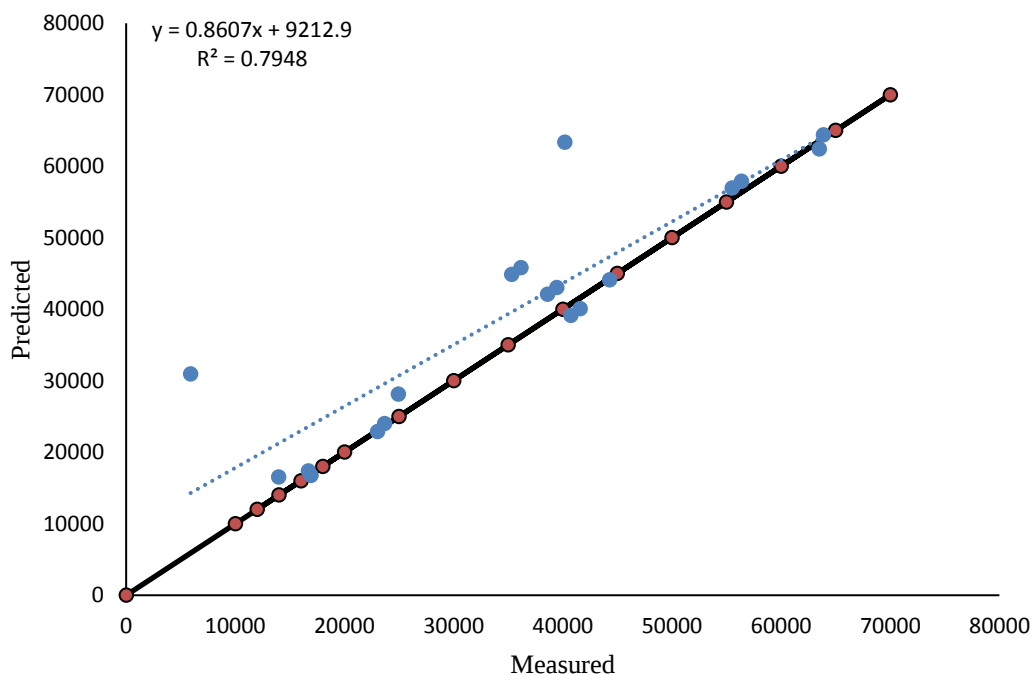
شکل ۴-۱۵. درصد پراکندگی قطر لوله‌های شبکه فاضلاب موجود

۴-۴ سنجش کیفی شبکه فاضلاب

در فصل‌های پیشین عوامل تاثیر گذار بر خرابی شبکه فاضلاب و تاثیرات زیست محیطی تشریح گردید و سولفید هیدروژن به عنوان یکی از اصلی ترین عوامل تخریب شبکه فاضلاب معرفی گردید. در این بخش با استفاده از روابط تشریح شده در فصل سوم امکان تولید سولفید هیدروژن بررسی شده و با استفاده از نرم افزار SewerGEMS تعدادی از مناطقی که مستعد تولید سولفید هیدروژن و متعاقب آن تخریب لوله های انتقال هستند بدست آمده و مورد بررسی برقرار می گیرد. همچنین در انتها وضعیت کلی کیفی شبکه مورد نظر گزارش می شود. بنابراین آن دسته از لوله‌های هر قطر که با استفاده از نرم افزار، مستعد تولید بیش از حد مجاز سولفید هیدروژن می باشند به همراه مشخصات مربوط به آن لوله‌ها از نرم افزار استخراج می گردد و سپس با استفاده از مدل Z و دیگر پارامترهای مورد

نیاز، احتمال تولید سولفید هیدروژن در آن لوله‌های مستعد مورد بررسی قرار می‌گیرد و با داده‌های بدست آمده از شبکه فاضلاب مورد نظر مقایسه می‌شود.

نمودار ارائه شده در شکل (۴-۱۶) مقادیر مدل Z حاصل از پایش از شبکه فاضلاب موجود و مقادیر مدل Z بدست آمده از شبکه فاضلاب مدلسازی شده را گزارش می‌کند. همانطور که مشخص است مقادیر بدست آمده از نرم‌افزار SewerGEMS و مدل Z با مقادیر مشاهده شده از شبکه فاضلاب موجود نزدیک به هم هستند و دارای همبستگی مناسبی می‌باشند و رابطه بدست آمده خطی می‌باشد. بنابراین مشخص است که نقاطی که با استفاده از نرم‌افزار SewerGEMS مستعد تولید خطرناک سولفید هیدروژن می‌باشند با مقایسه بین مقادیر اندازه گیری شده مشخص می‌شود که نتایج مدل تقریب مناسبی دارد و قابل کاربرد می‌باشد.

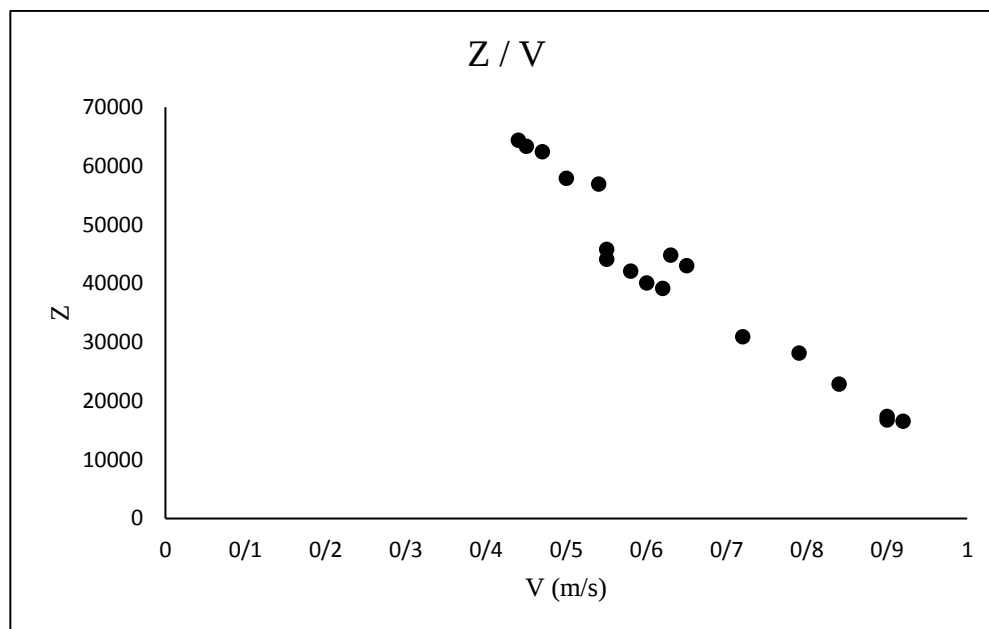


شکل ۴-۱۶. مقدار مدل Z بدست آمده و پیش‌بینی شده برای لوله‌های با قطر زیر ۶۰۰ میلی‌متر

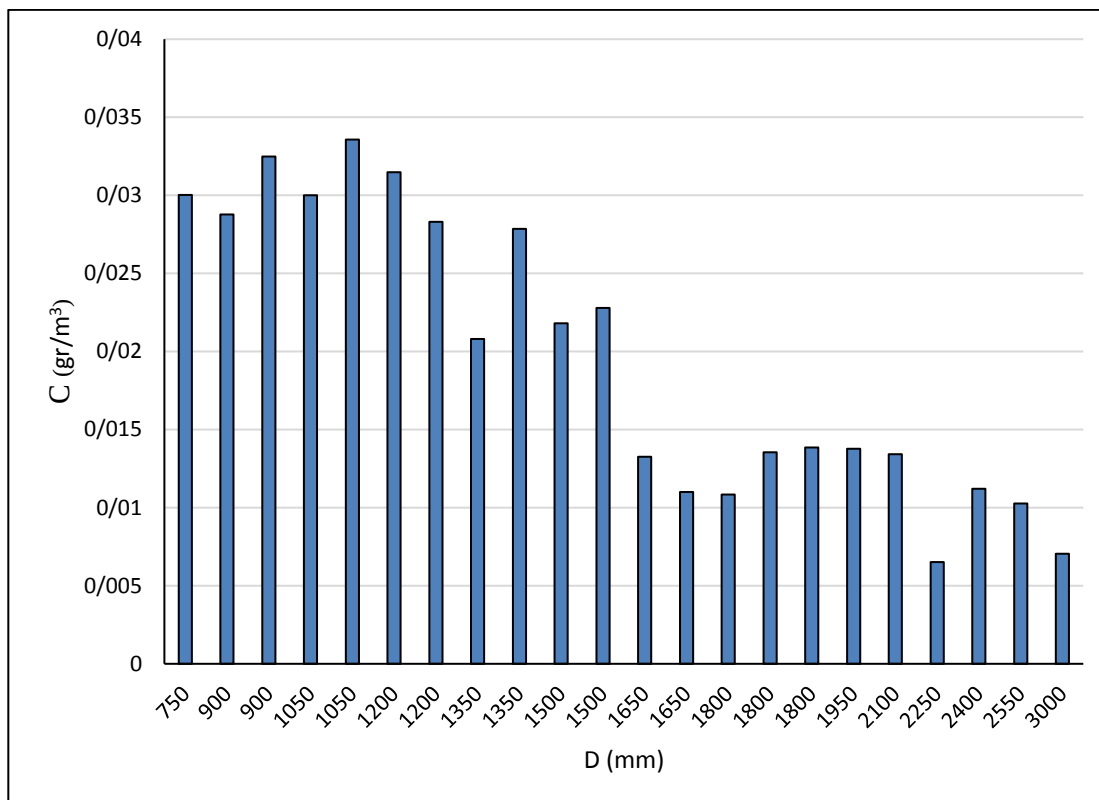
همچنین همانطور که پیشتر ذکر شد، در لوله‌هایی که مستعد تولید بیش از حد سولفید هیدروژن می‌باشند معمولاً سرعت جریان فاضلاب در شرایط یکسان کمتر از دیگر لوله‌ها می‌باشد. بنابراین برای

تشخیص میزان تاثیر سرعت جریان فاضلاب، نمودار تغییرات مدل Z بر حسب تغییرات سرعت جریان در شکل (۴-۱۷) ارائه شده است که همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریان مقدار بدست آمده برای Z کاهش می‌یابد و به مقدار کمینه خود در شرایط یکسان می‌رسد. البته بررسی‌ها نشان می‌دهد که همبستگی بین تغییرات مدل Z با تغییرات سرعت برقرار نمی‌باشد.

همچنین برای لوله‌هایی با قطر بالاتر از ۶۰۰ میلی‌متر باید از رابطه (۳-۱۳) استفاده کرد که به این ترتیب غلطت سولفید هیدروژن تولیدی در این لوله‌ها بر حسب گرم بر مترمکعب در نمودار ذیل (شکل ۴-۱۸) ارائه شده است.



شکل ۴-۱۷. تغییرات مقدار بدست آمده مدل Z برای لوله‌های زیر ۶۰۰ میلی‌متر

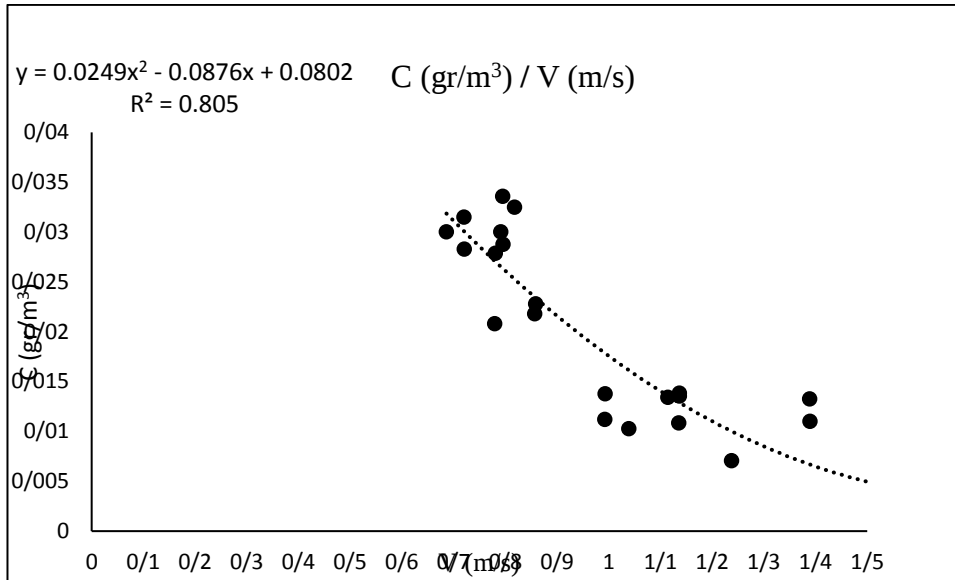


شکل ۴-۱۸. مقدار غلظت سولفید هیدروژن پیش‌بینی شده برای لوله‌ها با قطر بالاتر از ۶۰۰ میلی‌متر

با توجه به اینکه در هیچ‌کدام از لوله‌های انتخابی بالاتر از ۶۰۰ میلی‌متر، غلظت تولیدی سولفید هیدروژن بیشتر از ۳ گرم بر مترمکعب نمی‌باشد، بنابراین در این لوله‌ها مشکل و خطری در مورد تولید سولفید هیدروژن، شبکه فاضلاب مدل شده را تهدید نمی‌کند.

همچنین برای دستیابی به میزان تاثیر سرعت فاضلاب بر مقدار غلظت سولفید هیدروژن، در شکل (۴-۱۹) نمودار تغییرات غلظت سولفید هیدروژن در برابر تغییرات سرعت جریان ارائه شده است. همانطور که مشخص است برای لوله‌های با قطر بالای ۶۰۰ میلی‌متر هم مقدار تولید غلظت سولفید هیدروژن با سرعت جریان فاضلاب رابطه عکس دارد و در شرایط یکسان با افزایش سرعت جریان مقدار تولید سولفید هیدروژن کاهش می‌یابد. البته بر خلاف مدل Z، مقدار تغییرات غلظت سولفید هیدروژن با تغییرات سرعت جریان فاضلاب دارای همبستگی قابل قبولی می‌باشند و این رابطه از درجه دوم می‌باشد و با کنترل دیگر خروجی‌های مربوط به تغییرات غلظت سولفید هیدروژن با

می باشد.



شکل ۴-۱۹. تغییرات مقدار غلظت سولفید هیدروژن با تغییرات سرعت فاضلاب برای لوله‌های بالای ۶۰۰ میلی‌متر

فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

در فصل اول به بیان مسئله و ضرورت انجام این تحقیق اشاره شد. همچنین اهداف پایان نامه و فرض های صورت گرفته بیان شدند. در فصل دوم در ابتدا مفاهیم، قواعد و ضوابط طراحی شبکه فاضلاب و تاسیسات مربوط به آن شبکه تشریح گردید. در انتهای این فصل مطالعات پیشین صورت گرفته در مورد طراحی شبکه های فاضلاب گزارش شدند. در فصل سوم روش تحقیق و نرم افزارهای مورد استفاده در طراحی شبکه فاضلاب تبیین گردید و ابزارهای این نرم افزارها معرفی گشته و معادلات مورد استفاده در این دو نرم افزار بیان شد. همچنین روش های تخمین سولفید هیدروژن ارائه گردید و در پایان این فصل هم منطقه ی مورد مطالعه معرفی شده و خصوصیات تاثیر گذار بر طراحی شبکه ی فاضلابی آن منطقه ی مورد مطالعه بررسی گردید. در فصل ۴ مقدار فاضلاب ورودی به شبکه برآورد شده و به همراه مشخصات مهم منطقه مورد مطالعه در نرم افزار ArcGIS پیاده گردید و با استفاده از نتایج خروجی این نرم افزار، پارامترهای طراحی مورد استفاده در SewerGEMS تعیین گردید. و در ادامه این فصل هم مراحل استفاده از این دو نرم افزار ارائه شد. در پایان این فصل هم نتایج بدست آمده از تخمین کیفی سولفید هیدروژن موجود در شبکه فاضلاب مورد نظر گزارش شد و با مدل های تجربی پیشین مقایسه گردید.

۵-۲ نتایج

در این تحقیق با استفاده از داده های بدست آمده از شرکت آب و فاضلاب، شبکه فاضلاب قسمتی از منطقه ۴ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در ابتدا اطلاعات مربوط به منطقه ی مورد نظر از قبیل جمعیت فعلی، جمعیت دوره طرح، مساحت منطقه، مرز منطقه، تراکم در هکتار بدست آورده شد. مشخصات ارتفاعی و مکانی آدمروها، مسیر لوله ها و قسمت خروجی شبکه فاضلاب تنها پارامترهای

مورد استفاده از داده های تهیه شده از شرکت آب و فاضلاب می باشند و دیگر پارامترهای مورد نیاز برای طراحی شبکه فاضلاب محاسبه شده یا طبق ویژگی های منطقه در نظر گرفته شده است.

در این تحقیق پس از مدلسازی شبکه مورد نظر و گرفتن خروجی از نرم افزار SewerGEMS، با استفاده از تعریف سناریوهای مختلف هریک از پارامترهای تاثیرگذار بر طراحی در هر سناریو جداگانه تغییر داده شد تا بهترین حالت طراحی و اجرای شبکه فاضلاب تعیین گردد. به طور مثال در حالت Base برنامه لوله های با قطر ۲۰۰ تا ۱۸۰۰ به نرم افزار تعریف گردید اما بعد از بررسی های متعدد، در یک سناریو جدید لوله هایی تا قطر ۳۰۰۰ هم در طراحی لحاظ گردید که با این تغییر، مسیر فاضلاب در قسمتی از شبکه تغییر کرده و پیچیدگی هیدرولیکی در آن منطقه کاهش پیدا کرده و از لحاظ اجرایی هم شکل معقول تری به خود گرفت. همچنین در ابتدا محدوده پوشش Cover تعیین شده برای نرم افزار از ۱۰ تا ۱۰۲ بود که با توجه به اخطارهای برنامه این مقدار در یک سناریو جدید حداکثر مقدار ۱۵ رسید و به این ترتیب برنامه بدون مشکل اجرا گردید.

در فصل دوم و سوم چگونگی بهره بردن از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای انتخاب طرحی مناسب برای طراحی شبکه فاضلاب تشریح گردید. در فصل چهارم مشاهده گردید که حجم قابل توجهی از داده ها در این نرم افزار مرتب و مقدار دهی شدند و مراحل حذف داده های غلط و تصحیح داده های مشکل دار بدون کمک از این نرم افزار عملاً کاری محال می باشد. به عنوان مثال برای مقدار دهی رقوم ارتفاعی آدمروها در نرم افزار SewerGEMS باید از دستور Trex استفاده کرد اما در صورت استفاده از این دستور مقدار قابل توجهی از داده ها به مشکل برمی خوردند و مقدار دبی تخصیص یافته برای حجم قابل توجهی از آدمروها ناچیز بود. اما با استفاده از نرم افزار ArcGIS و مقدار دهی توسط یک فایل Raster و انتقال آن به مشخصات هر آدمرو در نرم افزار SewerGEMS، مرحله ی وارد کردن تراز رقومی هر آدمرو با دقت و سرعت زیادی انجام پذیرفت. همچنین برای تعیین مساحت منطقه مورد نظر از سایت آماری شهرداری تهران استفاده گردید اما باتوجه به اینکه قسمت قابل توجهی از نواحی شمالی منطقه مورد نظر پارک جنگلی و منطقه سبز بودند و مقدار فاضلاب در نظر گرفته شده برای

این تحقیق طبق فاضلاب بهداشتی بوده بنابراین با استفاده از نرم افزار ArcGIS مساحت حقیقت مناطق مسکونی مورد نظر تعیین گردید و این مساحت در تعیین تراکم و دیگر مراحل مدلسازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین مرز انتخابی منطقه مورد مطالعه طبق مشخصات مکانی آدمروها تعیین گردید که توسط ArcGIS بدست آورده شد که همگی این اقدامات صورت گرفته توسط ArcGIS موجب کاهش خطاهای احتمالی محاسباتی و افزایش دقت و سرعت مدلسازی گردید و ملاحظات اجرایی شبکه هم توسط این نرم افزار لحاظ گردید.

پس از مجموعه این اقدامات، نرم افزار SewerGEMS به عنوان نرم افزار مدلسازی شبکه فاضلاب مورد نظر مورد استفاده قرار گرفت. این نرم افزار ویژگی های منحصر به فردی زیادی دارد که در فصل دوم و سوم به آن اشاره شد. از جمله این ویژگی های می توان به ساخت سناریوهای مختلف، امکان اتصال به AutoCaD و ArcGIS، ساخت منحنی های Thiessen برای تخصیص فاضلاب برای هر آدمرو و از همه مهمتر ابزارات بسیار قدرتمند برای تحلیل نتایج خروجی طراحی شبکه فاضلاب اشاره کرد. در قسمت پیوست، جداول مربوطه لوله های شبکه فاضلاب خروجی برنامه SewerGEMS گزارش شده است.

۳-۵ پیشنهادات

- (۱) با استفاده از سناریوهای مختلف می توان دیگر پارامترها از قبیل عمق خاکبرداری، درصدپیشدگی، عمق کارگذاری لوله ها را مبنای طراحی گرفت و طرحی اقتصادی تر ارائه کرد.
- (۲) استفاده از اطلاعات شبکه فاضلاب دو منطقه در مجاور هم با اختلاف تراز قابل توجه.
- (۳) استفاده از ایستگاه پمپاژ در محل هایی که کارگذاری بیش از حد لوله میسر نمی باشد و مقایسه این طرح با شبکه فاضلاب ثقلی.
- (۴) انتخاب شبکه فاضلاب مربوط به منطقه بزرگتر و تعبیه چندین نقطه خروجی در چند گوشه این شبکه فاضلاب و مقایسه آن با طرحی با یک خروجی.
- (۵) در ابتدا نقاطی که مستعد تولید سولفید هیدروژن هستند توسط نرم افزار SewerGEMS

شناسایی شده و سپس بازدید در چند زمان مختلف از آن نقطه صورت گیرد.

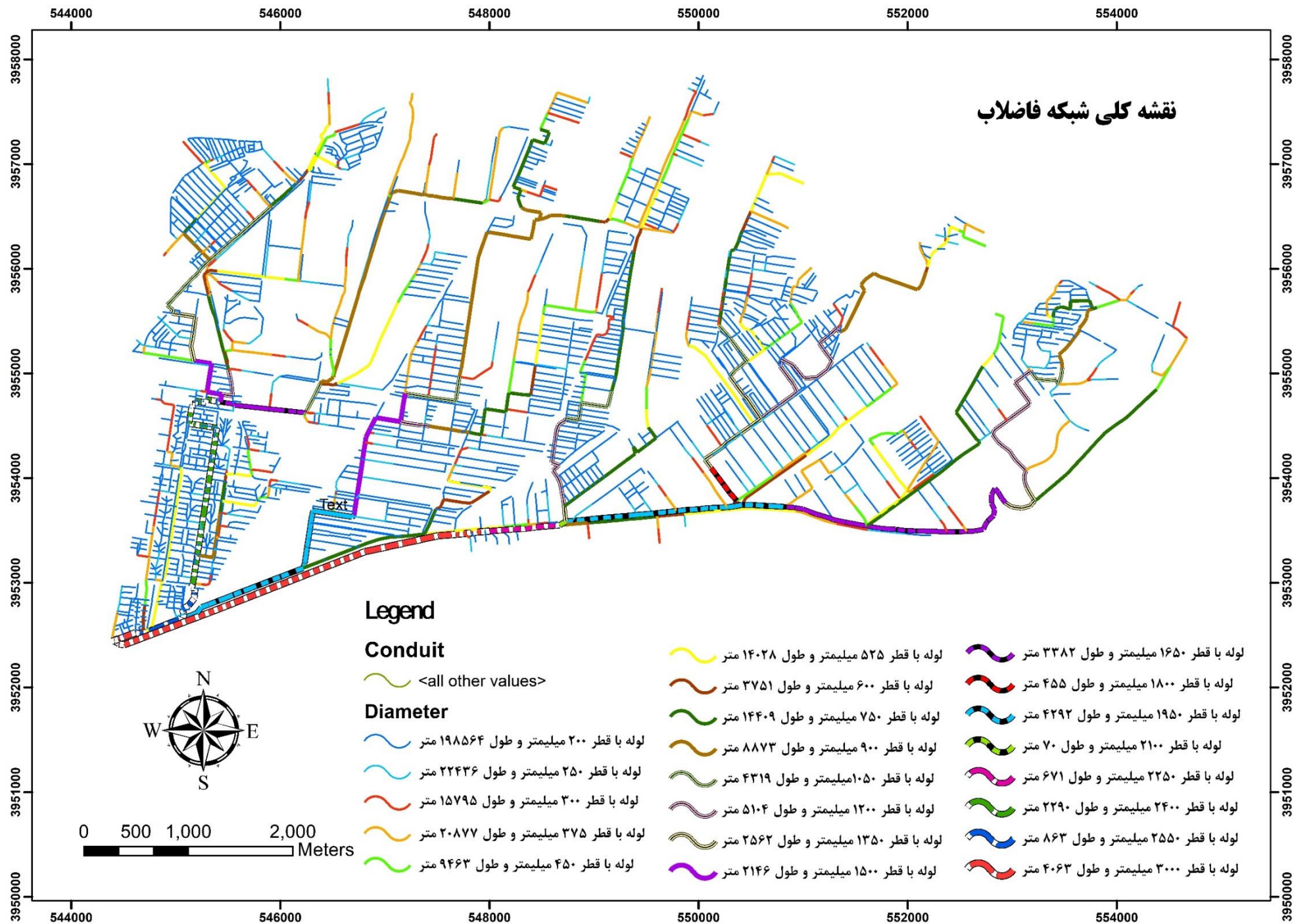
پیوست

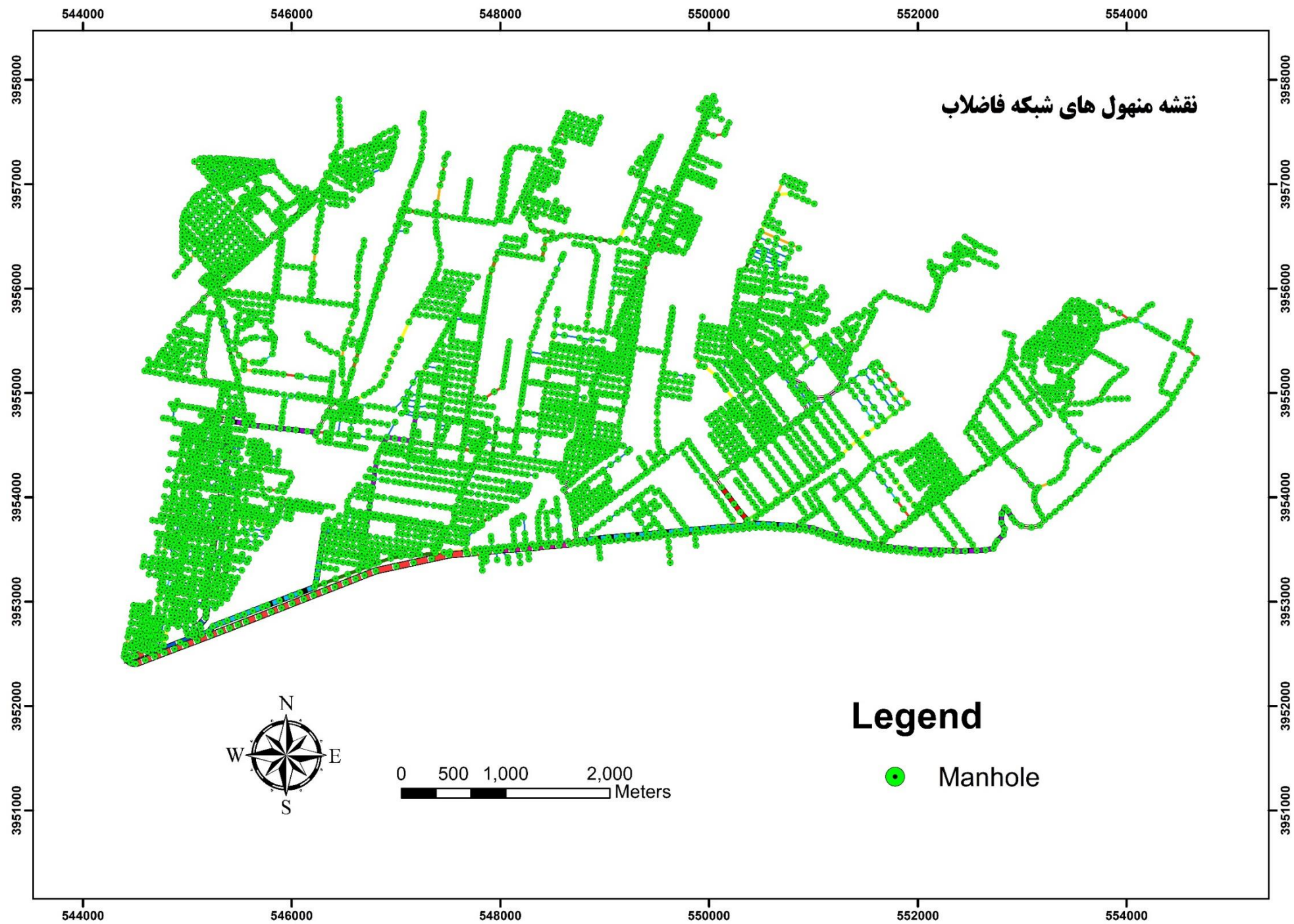
پیوست الف

نقشه های کلی لوله ها و منهول های شبکه در ادامه به پیوست قرار می گیرند.

پیوست ب

اطلاعات ۲۰۰ عدد از لوله های شبکه در ادامه به پیوست قرار می گیرند.





اطلاعات خروجی SewerGEMS از ۲۰۰ عدد از لوله های شبکه

Label	Length (m)	Slope	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
Co_1	3.6	0.015	200.0	0.58	39.67
Co_2	3.8	0.023	200.0	0.66	50.10
Co_3	3.9	0.025	200.0	1.27	51.86
Co_4	4.0	0.005	200.0	0.48	23.19
Co_5	4.1	0.001	900.0	1.06	600.41
Co_6	4.3	0.014	200.0	0.59	39.36
Co_7	5.0	0.001	1,650.0	1.17	2,232.58
Co_8	5.0	0.009	525.0	2.11	419.17
Co_9	5.0	0.013	375.0	1.95	202.20
Co_10	5.1	0.005	200.0	0.39	23.19
Co_11	5.3	0.025	200.0	0.49	51.86
Co_12	5.3	0.018	200.0	1.02	44.19
Co_13	5.5	0.004	250.0	0.76	37.61
Co_14	6.0	0.005	200.0	0.59	23.19
Co_15	6.0	0.005	200.0	0.60	23.19
Co_16	6.5	0.022	200.0	0.67	48.55
Co_17	6.5	0.007	750.0	2.13	911.26
Co_18	6.6	0.005	200.0	0.74	23.19
Co_19	6.7	0.006	900.0	2.10	1,354.71
Co_20	7.3	0.025	200.0	0.98	51.86
Co_21	7.4	0.015	200.0	0.77	40.31
Co_22	7.7	0.003	375.0	0.93	91.10
Co_23	8.2	0.013	375.0	1.53	202.20
Co_24	8.2	0.004	250.0	0.76	37.61
Co_25	8.3	0.009	200.0	0.78	31.09
Co_26	8.6	0.025	200.0	1.54	51.86
Co_27	8.8	0.011	250.0	1.27	63.28
Co_28	9.0	0.025	200.0	1.26	51.86
Co_29	9.4	0.005	200.0	0.64	23.19
Co_30	9.7	0.001	1,050.0	1.10	863.53
Co_31	9.9	0.013	375.0	1.98	202.20
Co_32	9.9	0.003	300.0	0.84	55.55
Co_33	10.1	0.025	200.0	1.16	51.86
Co_34	10.2	0.025	200.0	0.94	51.86
Co_35	10.3	0.024	200.0	0.92	50.50
Co_36	10.4	0.015	200.0	0.79	39.90
Co_37	10.5	0.025	200.0	1.75	51.86
Co_38	10.6	0.009	200.0	0.61	31.79
Co_39	11.0	0.010	300.0	1.37	96.77
Co_40	11.1	0.013	375.0	1.92	202.20
Co_41	11.1	0.005	200.0	0.53	23.19
Co_43	11.4	0.007	200.0	0.59	27.52

Label	Length (m)	Slope	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
Co_44	12.1	0.005	200.0	0.44	23.19
Co_45	12.1	0.013	200.0	0.81	37.44
Co_46	12.3	0.001	900.0	1.03	600.41
Co_47	12.4	0.007	200.0	0.60	26.49
Co_48	12.5	0.025	200.0	1.05	51.86
Co_49	12.5	0.001	750.0	0.99	401.40
Co_50	12.6	0.025	200.0	1.15	51.86
Co_51	12.8	0.013	375.0	2.05	202.20
Co_52	13.0	0.009	525.0	1.81	419.17
Co_53	13.1	0.003	300.0	0.84	55.55
Co_54	13.3	0.005	200.0	0.70	23.19
Co_55	13.4	0.025	200.0	1.51	51.86
Co_56	13.5	0.025	200.0	0.43	51.86
Co_57	13.8	0.007	200.0	0.64	26.51
Co_58	14.0	0.013	375.0	2.00	202.20
Co_59	14.1	0.018	200.0	0.62	44.26
Co_60	14.3	0.025	200.0	1.55	51.86
Co_61	14.3	0.024	200.0	0.89	50.38
Co_62	14.4	0.003	1,950.0	2.75	7,255.81
Co_63	14.5	0.010	525.0	1.80	419.17
Co_64	14.5	0.011	450.0	1.77	300.38
Co_65	14.6	0.020	250.0	1.79	84.10
Co_66	14.8	0.003	375.0	0.92	91.10
Co_67	14.9	0.010	200.0	0.30	33.35
Co_68	14.9	0.015	200.0	0.91	40.75
Co_69	14.9	0.017	300.0	1.91	124.96
Co_70	15.0	0.024	200.0	1.15	51.15
Co_71	15.1	0.010	200.0	0.70	33.56
Co_72	15.4	0.010	525.0	2.09	419.17
Co_73	15.8	0.021	200.0	1.46	47.49
Co_74	15.9	0.005	200.0	0.42	23.19
Co_75	15.9	0.007	200.0	0.30	28.24
Co_76	16.0	0.010	525.0	1.98	419.17
Co_77	16.0	0.022	200.0	0.88	48.28
Co_78	16.2	0.007	750.0	2.16	911.26
Co_79	16.5	0.009	200.0	0.30	30.34
Co_80	16.5	0.005	200.0	0.57	23.19
Co_81	16.5	0.017	300.0	1.64	124.96
Co_82	16.5	0.008	200.0	0.34	29.02
Co_83	16.9	0.012	200.0	1.00	35.73
Co_84	17.0	0.003	375.0	0.93	91.10
Co_85	17.1	0.025	200.0	1.30	51.86
Co_86	17.2	0.005	200.0	0.76	23.19
Label	Length (m)	Slope	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
Co_87	17.2	0.021	200.0	1.22	47.41

Co_88	17.3	0.006	200.0	0.73	26.19
Co_89	17.6	0.020	250.0	1.72	84.10
Co_90	17.6	0.003	300.0	0.86	55.55
Co_91	17.8	0.025	200.0	1.29	51.86
Co_92	17.9	0.002	525.0	0.94	187.46
Co_93	18.0	0.003	375.0	0.82	91.10
Co_94	18.1	0.003	375.0	0.88	91.10
Co_95	18.1	0.005	200.0	0.37	23.19
Co_96	18.1	0.013	375.0	1.92	202.20
Co_97	18.1	0.010	200.0	0.84	32.23
Co_98	18.2	0.025	200.0	1.28	51.86
Co_99	18.4	0.008	200.0	0.54	29.11
Co_100	18.5	0.001	900.0	1.07	600.41
Co_101	18.5	0.019	200.0	0.30	45.54
Co_102	18.5	0.025	200.0	1.23	51.86
Co_103	18.6	0.002	450.0	0.91	133.73
Co_104	18.6	0.025	200.0	0.90	51.86
Co_105	18.7	0.005	200.0	0.31	23.19
Co_106	18.8	0.002	525.0	0.97	187.46
Co_107	18.8	0.005	200.0	0.48	23.19
Co_108	18.9	0.017	300.0	1.69	124.96
Co_109	19.0	0.006	200.0	0.30	26.21
Co_110	19.1	0.005	200.0	0.56	23.19
Co_111	19.1	0.004	250.0	0.84	37.61
Co_112	19.1	0.020	200.0	1.01	46.25
Co_113	19.1	0.005	200.0	0.35	23.19
Co_114	19.2	0.005	200.0	0.43	23.19
Co_115	19.3	0.020	250.0	1.75	84.10
Co_116	19.3	0.005	200.0	0.47	23.19
Co_117	19.3	0.013	200.0	0.97	38.04
Co_118	19.3	0.005	200.0	0.45	23.19
Co_119	19.3	0.008	600.0	1.79	559.39
Co_120	19.5	0.017	300.0	1.73	124.96
Co_121	19.5	0.013	375.0	1.70	202.20
Co_122	19.6	0.025	200.0	1.42	51.86
Co_123	19.7	0.025	200.0	1.34	51.86
Co_124	19.8	0.002	600.0	0.99	253.16
Co_125	19.9	0.005	200.0	0.34	23.19
Co_126	19.9	0.021	200.0	0.97	47.04
Co_127	20.0	0.001	1,200.0	1.06	1,102.73
Co_128	20.1	0.006	900.0	2.41	1,354.71
Co_129	20.3	0.005	200.0	0.68	23.19
Label	Length (m)	Slope	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
Co_130	20.4	0.002	525.0	0.98	187.46
Co_131	20.5	0.013	375.0	2.00	202.20
Co_132	20.6	0.007	750.0	1.91	911.26

Co_133	20.7	0.017	300.0	1.70	124.96
Co_134	20.7	0.005	200.0	0.66	23.19
Co_135	20.8	0.019	200.0	0.82	44.94
Co_136	20.8	0.025	200.0	1.50	51.86
Co_137	20.8	0.001	750.0	0.96	401.40
Co_138	20.8	0.023	200.0	1.18	49.29
Co_139	20.8	0.013	375.0	2.00	202.20
Co_140	21.1	0.025	200.0	1.62	51.86
Co_141	21.1	0.005	200.0	0.42	23.19
Co_142	21.2	0.025	200.0	0.84	51.86
Co_143	21.3	0.012	200.0	0.60	36.27
Co_144	21.3	0.019	200.0	0.92	45.50
Co_145	21.4	0.000	2,400.0	1.24	4,951.08
Co_146	21.4	0.005	200.0	0.36	23.19
Co_147	21.5	0.012	200.0	0.30	36.29
Co_148	21.6	0.003	375.0	0.85	91.10
Co_149	21.7	0.004	1,200.0	2.06	2,526.67
Co_150	21.7	0.025	200.0	1.05	51.86
Co_151	21.8	0.025	200.0	0.72	51.86
Co_152	21.8	0.025	200.0	1.66	51.86
Co_153	21.9	0.007	750.0	2.05	911.26
Co_154	21.9	0.004	250.0	0.80	38.11
Co_155	21.9	0.016	200.0	1.43	41.94
Co_156	22.0	0.000	1,950.0	1.21	3,181.88
Co_157	22.1	0.001	750.0	0.97	401.40
Co_158	22.1	0.018	200.0	0.80	44.12
Co_159	22.2	0.002	525.0	0.98	187.46
Co_160	22.3	0.005	200.0	0.79	23.19
Co_161	22.3	0.025	200.0	1.60	51.86
Co_162	22.4	0.017	300.0	1.68	124.96
Co_163	22.4	0.025	200.0	1.69	51.86
Co_164	22.4	0.003	375.0	0.88	91.10
Co_165	22.4	0.005	200.0	0.31	23.81
Co_166	22.5	0.020	250.0	1.79	84.10
Co_167	22.6	0.001	1,650.0	1.18	2,232.58
Co_168	22.6	0.013	375.0	1.59	202.20
Co_169	22.6	0.010	525.0	1.81	419.17
Co_170	22.7	0.017	300.0	1.74	124.96
Co_171	22.7	0.013	375.0	1.90	202.20
Co_172	22.7	0.017	300.0	1.56	124.96
Label	Length (m)	Slope	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
Co_173	22.7	0.010	450.0	1.87	280.40
Co_174	22.8	0.005	200.0	0.66	23.19
Co_175	22.8	0.014	200.0	0.34	38.35
Co_176	22.9	0.011	450.0	1.99	300.38
Co_177	22.9	0.001	900.0	1.07	600.41

Co_178	22.9	0.025	200.0	1.07	51.86
Co_179	22.9	0.012	200.0	0.91	36.17
Co_180	23.0	0.002	450.0	0.91	133.73
Co_181	23.0	0.006	900.0	2.32	1,354.71
Co_182	23.0	0.005	200.0	0.33	23.19
Co_183	23.1	0.018	200.0	1.08	44.26
Co_184	23.1	0.025	200.0	1.76	51.86
Co_185	23.2	0.005	200.0	0.55	23.19
Co_186	23.3	0.011	450.0	1.78	300.38
Co_187	23.3	0.025	200.0	0.94	51.86
Co_189	23.4	0.005	200.0	0.31	23.19
Co_190	23.4	0.001	900.0	1.07	600.41
Co_191	23.4	0.001	750.0	0.96	401.40
Co_192	23.5	0.006	900.0	1.99	1,354.71
Co_193	23.5	0.009	450.0	1.80	273.34
Co_194	23.5	0.005	200.0	0.30	23.79
Co_195	23.5	0.003	1,500.0	2.13	4,060.76
Co_196	23.6	0.013	375.0	1.96	202.20
Co_197	23.6	0.006	900.0	2.30	1,354.71
Co_198	23.8	0.020	250.0	1.81	84.10
Co_199	23.8	0.001	750.0	1.03	401.40
Co_200	23.8	0.006	900.0	1.86	1,354.71

مراجع

- [۱] پرهیزکار ع، (۱۳۸۰)، پایان نامه ارشد: "کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه طرح اصلی شبکه فاضلاب"، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۲] فیروزی پ، (۱۳۹۵)، پایان نامه ارشد: "بهینه سازی شبکه جمع آوری فاضلاب دانشگاه سیستان و بلوچستان به کمک مدل SewerGEMS و نرم افزار ArcGIS"، دانشکده عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- [۳] منزوی م، ت. (۱۳۹۱) "فاضلاب شهری" جلد اول، چاپ پانزدهم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- [۴] موسوی س، غ. (۱۳۸۷) "شبکه های جمع آوری فاضلاب (اصول، طراحی، ساخت)" چاپ اول، انتشارات حفیظ، تهران.
- [۵] طلایی ا. (۱۳۸۵) "طراحی شبکه های جمع آوری فاضلاب"، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی جامی.
- [۶] سعیدی ه، (۱۳۹۲)، پایان نامه ارشد: "ارزیابی طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب شهر ارومیه به کمک نرم افزارهای SewerGEMS و ArcGIS و ارائه طرحی بهینه"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
- [۷] پورتال تخصصی محیط زیست. <http://www.mozh.org>
- [۸] ایل بیگی قلعه نی ا، (۱۳۹۵)، پایان نامه ارشد: "تحلیل حساسیت پارامترهای طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب صنعتی (مطالعه موردی شهرک صنعتی دوین)"، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی خاوران.
- [۹] نظری ع. (۱۳۹۱) "طراحی شبکه های جمع آوری فاضلاب Sewercad" چاپ دوم، انتشارات الیاس، تهران.

- [۱۰] جاوید ا.، حسنی ا.ح. آل شیخ ع.ا. رحمان ف. (۱۳۸۹) "تامین اطلاعات مورد نیاز برای طراحی شبکه فاضلاب توسط نرم افزار ArcGIS " فصلنامه انسان و محیط زیست.
- [۱۱] ابریشمی ج. (۱۳۷۲) " هیدرولیک کانالهای باز " چاپ اول، دانشگاه اما رضا، ۴۳۷۲
- [۱۲] مبانی و ضوابط طراحی طرح های آبرسانی شهری، نشریه ۳-۱۱۷، سازمان برنامه و بودجه.
- [۱۳] بازنگری نشریه ۳-۱۱۸ و ۱۶۳، (۱۳۹۳)، مبانی و ضوابط طراحی شبکه های جمع آوری آب های سطحی و فاضلاب شهری.
- [۱۴] پورتال تخصصی محیط زیست <http://www.mozh.org>.
- [۱۵] کرمی، م و دریکوند، ا و اهور، م. (۱۳۸۹)، "طراحی بهینه شبکه های جمع اوری فاضلاب شهری جهت کاهش سولفید هیدروژن تولیدی " همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار، استهبان.
- [۱۶] عظیمی قالی باف ا. و خدشناس س.ر. و قربانی ا. و صایب ک. (۱۳۷۰) " روش های کنترل تولید و انتشار سولفید هیدروژن در شبکه های جمع آوری فاضلاب " فصلنامه آب و توسعه پایدار، شماره ۲، دوره ۲.
- [۱۷] دستورالعمل ایمنی مواجهه با سولفید هیدروژن و متان در شبکه ها و تصفیه خانه های فاضلاب شهرک ها و نواحی صنعتی، سازمان صنایع کوچک و شهرک های صنعتی ایران.
- [18] Qasim, Seyed.R (1985) "Circulation in fishes Ambridge", Vol. 1, University Press, UK. 1, pp.273.
- [19] Hammer, Mark J (2000) "Water and Wastewater Technology", Fifth edition.
- [20] Elmaleh S., Delgado S., Alvarez M., Rodriguez-Gomez L.E. and Aguilar E. (1998). " Forecasting of H2S build-up in a reclaimed wastewater pipe". **J. Water Sci. & Tech**, **10**: 241–248.
- [21] Delgado S., Alvarez M., Rodriguez-Gomez L.E. and Aguiar E. (1999). "H2S generation in a reclaimed urban wastewater". **J. Water Res**, **33(2)**: 539–547
- [22] Nielsen, A.H., Hvitved-Jacobsen T. and Vollertsen J. (2006). "Recent findings on sinks for sulfide in gravity sewer networks". **Water Sci. Technol.** **52**: Sewerage

Systems. US Environmental. Protection Agency Technology Transfer Office, Washington, DC EPA 625/1-74-005.

[23] Hobson J. and Yang G. 2000. The ability of selected chemicals for suppressing odor development in rinsing mains. **J. Water Sci. & Tech**, **41(6): 165–173**.

[24] Lomas J.G., Corzo A., Gonzalez J. M, Andrades J.A., Iglesias E. and Montero M.J. (2005). Nitrate promotes biological oxidation of sulfide in wastewaters: experiment at plant scale. **J. Biotech. Bio-eng**, **93(4): 801–811**.

[25] Bertran de Lis F., Saracevic E. and Matsché N. (2007). Control of Sulphide problems in pressure sewers. Institute for Water Quality, Resources and Waste Management Vienna University of Technology. **SESSION 4.3. A - 1040 Vienna, Karlsplatz 13/E 226, Austria**.

[۲۶] ویلین ال. گور، ترجمه محمد تقی موسوی. (۱۳۸۹)، "خودآموز Arc GIS 9.3"، علم ایران.

[۲۷] تجلی ر.، حسینی، خ. و رحمانی، م. (۱۳۹۰)، "طراحی شبکه های جمع آوری فاضلاب به

کمک نرم افزار های Arc GIS و Sewer Gems " چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران.

[۲۸] تی تی دژ ا. (۱۳۸۷)، "خودآموز Arc GIS 9 و مفاهیم پایه GIS"، مرکز نشر دانشگاه

شمال.

[۲۹] آرانپوف ا.، ترجمه سازمان نقشه برداری کشور. (۱۳۸۷)، "سیستم اطلاعات جغرافیایی"، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور.

[۳۰] مخدوم م.، درویش صفت ع. و جعفرزاده ع. (۱۳۸۳)، "ارزیابی محیط زیست با سامانه های

اطلاعات جغرافیایی"، دانشگاه تهران.

[۳۱] غلامی ا.، کاهانی ا. (۱۳۸۱)، "کاربرد GIS در شبکه های فاضلاب"، دانشکده صنعت آب و

برق عباسپور.

[۳۲] میسمی ح.، سعیدی س. (۱۳۸۸)، "آموزش کاربردی نرم افزار طراحی شبکه جمع آوری

فاضلاب Bentley SewerGEMS V8 Xm and V8i و نرم افزارهای جانبی Arc GIS"،

میکرواستیشن و Google earth"، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان اصفهان، ویرایش دوم.

- [۳۳] تجلی ر.، حسینی خ. و رحمانی م. (۱۳۷۰)، "طراحی شبکه جمع‌آوری فاضلاب به کمک نرم‌افزارهای ArcGIS و Sewer Gems"، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- [۳۴] آریا، خ.، آیتی ب. (۱۳۸۸)، "کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شبکه‌های آب و فاضلاب"، سومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
- [۳۵] Kaul, S.N. (2006). "**Waste water engineering**", A P H : Publishing corporation.
- [۳۶] Thistleth Wayte, D.K.B., (1972). "The Control of Sulfides in Sewerage Systems", Butterworths, Sydney.
- [۳۷] Boon, A. G., and Lister, A.R. (1975). "Formation of Sulfide in Rising Main Sewers and its Prevention by injection of Oxygen ". **Prog Water Technol.**, 7(2),289-300.
- [۳۸] Pomeroy, R. D., and Parkhurst, J. D. (1977). "The forecasting of Sulfide build – up rates in sewers". **Prog. Water Technol.**, 9(3), 621 -628.
- [۳۹] Nielsen, P. H., Raunkjaer, K., and Hvidtved – Jacobsen, T. (1998). "Sulfide Production and Wastewater Quality in Pressure mains", **Water Sci. Technol.**, 37 (1), 97-104.
- [۴۰] Andreasen, T. (1979). "Kinetics of Aerobic Methabolism in Fixed Films". Master – Thesis, Department of Sanitary Engineering, Technical University of Denmark.
- [۴۱] Crabtree, R., Gent, R., Spooner, S. (1993). MOSETRAP: SpecificationOf Pollutant and Sediment Characteristic Default value.
- [۴۲] www.data.tehran.ir مرکز آمار و رصد شهری شهرداری تهران

Abstract

Today, with the expansion of cities and the development of urbanization, sewage collection and disposal networks are considered as vital urban infrastructure facilities. Due to the high cost of implementing wastewater collection and disposal networks for the optimal operation of these facilities and increase their useful life, the use of appropriate software technologies is an inevitable necessity. Hydraulic and qualitative modeling of the network is one of the technologies that can create knowledge of the hydraulic behavior of the network and its facilities for the operation team and thus contribute to the proper operation of the facility. The city of Tehran needs one of the widest sewage networks in the region, and District 4 of Tehran is the most populous region of Tehran. In this research, hydraulic and qualitative modeling of the sewerage network of this area of Tehran has been done with the help of advanced SewerGEMS software in ArcGIS software environment. Information layers of collection facilities including sewage pipelines and manholes and basic information layers including digital model of land, passages and subscribers were used to build the model. To calculate the node loads, the consumption information of the subscribers of the Water and Sewerage Company was used and the per capita water consumption and consequently the per capita wastewater production were calculated. The modeled sewage network has 6077 manholes and 338 km of pipes in different diameters including 221 km of 200 and 250 mm diameters (65% of the total network area) and 117 km of 300 to 1800 mm diameters (35% of the total network area). The results of hydraulic analysis performed with SewerGEMS software show that in most of the network, the flow rate parameter is not provided as one of the effective hydraulic parameters. About 25% of the total network pipes (84 km) flow rate is less than the desired wash rate (0.75 m / s), 40% of the pipes (136 km) between 0.75 to 1 m / s , 20% of pipes (66 km) are between 1.5 and 2 meters per second and 15% of pipes (52 km) are more than 2 meters per second.

Analysis of the percentage of filling of pipes shows that about 70 km of pipes (20% of the total network) have excessive filling, so that 55 km of the network in the diameters of 200 and 250 mm has a filling percentage of more than 50%, 9 Kilometers with diameters of 300 and 375 mm have a filling percentage of more than 65% and the other 6 km have a filling percentage of more than 70%.

Analysis of the potential for the production of destructive hydrogen sulfide gas as one of the most important causes of corrosion and severe reduction of the life of concrete pipes and installations was also performed. For this purpose, using SewerGEMS software, potential points for hydrogen sulfide production were identified and using correlation relationships, the rate of hydrogen sulfide production in sewer pipes and the concentration of hydrogen sulfide produced were estimated. And wastewater were compared. Z-index analysis to determine the points with high potential for sulfur dioxide production and corrosion susceptibility indicates adequate compliance of this index with field measurements.

Keywords: Sewage network, SewerGEMS, ArcGIS, Manhole, Hydrogen sulfide



Shahrood University of
Technology

Faculty of Civil Engineering

M.Sc. Thesis in Civil and Environmental Engineering

Intelligent Hydraulic and Quality Modeling of Tehran Sewerage Network (Case Study: District 4 Sewerage Network)

By: Hamidreza Labaf

Supervisor:
Dr. Ramezan Vagheei

Feb, 2021