



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

1202P-NWWCE

مدیریت پیش‌گیری از جرم به منظور کاهش حوادث در شبکه‌های فاضلاب شهری با استفاده از

سامانه اطلاعات جغرافیایی

فرهاد کتیرایی^{۱*}، پیام قدیریان^۲

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان،

واحد GIS

۲- مشاور ارشد برنامه‌ریزی شهری ملبورن استرالیا

*f.katiraei@Gmail.com

خلاصه

وقوع حوادث متعدد در شبکه‌های آب و فاضلاب شهری به دلایل مختلف، یکی از معضلاتی است که در طول سال‌های اخیر در برخی از شهرها باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی و بروز مشکلات جدی زیست‌محیطی گردیده است. در راستای کاهش این گونه خطرات و جلوگیری از بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی، ضمن تحلیل علل وقوع جرائم انسانی که منجر به وقوع حادثه می‌گردد طراحی مدل ارزیابی و پیش‌بینی حوادث با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) براساس اطلاعات و گزارشات حوادث و نقشه شبکه فاضلاب و به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ضروری به نظر می‌رسد. این مدل قابلیت ارزیابی سوابق حوادث قبلی، علت وقوع هر کدام، با تأکید بر عوامل انسانی مؤثر، توانایی پیش‌بینی احتمال وقوع حوادث در آینده را دارا می‌باشد. در این تحقیق با انتخاب منطقه مطالعاتی شاهین‌شهر به‌عنوان نمونه موردی کلیه اطلاعات مربوط به حوادث شبکه در یک دوره ۱۸ ماهه جمع‌آوری شد و براساس این اطلاعات و نقشه شبکه فاضلاب شاهین‌شهر و به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مدلی در محیط GIS طراحی گردید و به عوامل مؤثر در بروز حوادث وزن دهی انجام گرفت. با طبقه‌بندی وزن‌های نهایی به سه کلاس مختلف حوادثی که در اثر عوامل انسانی به وقوع پیوسته‌اند جانمایی گردیده و نوع جرم مرتبط با حادثه مذکور مشخص گردید. مدل مذکور قابلیت گزارش‌گیری از سوابق حوادث قبلی و پیش‌بینی احتمال وقوع حوادث آتی در شبکه فاضلاب شهری را دارا می‌باشد. همچنین با توجه به عامل انسانی مؤثر در وقوع حادثه، مناطق جرم خیز را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در منطقه مطالعاتی جانمایی می‌نماید.

کلمات کلیدی: سامانه اطلاعات جغرافیایی، شبکه فاضلاب، جرم، حادثه، فرایند تحلیل سلسله مراتبی

۱- مقدمه

با افزایش جمعیت و رشد شهرها، محیط‌زیست انسان‌ها و سایر موجودات در معرض خطر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است. مصرف آب و به‌دنبال آن تولید فاضلاب توسط انسان‌ها، یکی از مواردی است که در صورت عدم توجه کافی به آن، می‌تواند خطرات جدی را برای محیط‌زیست و از جمله خود انسان‌ها فراهم کند. با بزرگ‌تر شدن شهرها و افزایش جمعیت آن‌ها از یک سو و گسترش صنایع و کارخانه‌ها از سوی دیگر، مسئله آلودگی محیط‌زیست روز بروز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. یکی از مهم‌ترین و زیربنایی‌ترین مبان‌ها برای داشتن شهری سالم و آشنایی با تخلقات و جرائم شهری است. جرائم شهری مجموعه مواردی هستند که علاوه بر نقض حقوق شهروندی، سلامت روان و زیبایی شهر را دچار اختلال کرده و موجب آسیب‌رسانی به شهر و تهدید سلامت اجتماعی آن می‌گردد. در طی ۴۰ سال گذشته که شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در برخی از شهرها احداث گردیده است از طرفی با قدمت این شبکه‌ها، بعضاً شروع به خوردگی نمودن ریزش سقف و دیواره، انسداد و پس‌زدگی فاضلاب در فاضلابرو به وقوع پیوسته و باعث وارد آمدن آسیب‌های زنجیره‌ای گوناگون می‌شود. شناسایی آسیب‌های احتمالی و دلایل ایجاد آن‌ها می‌تواند در

جلوگیری یا کاهش اثرات این آسیب‌ها یا در بازسازی شبکه کمک شایانی نماید. توسعه شهر و افزایش تعداد مشترکین، سبب وسعت و پیچیدگی بسیار زیاد شبکه‌های فاضلاب گردیده است.

از سوی دیگر اقدامات مجرمانه‌ای از قبیل تخلیه فاضلاب‌های غیرمجاز به داخل فاضلابروها، ریختن اجسام خارجی و زباله به داخل منهول‌های فاضلاب، هدایت رواناب‌ها به داخل منهول‌های فاضلاب، اصابت ناگهانی بیل مکانیکی به لوله‌های آب و فاضلاب، وقوع حوادث متعددی را در شبکه‌های آب و فاضلاب سبب شده است. براساس ماده ۱۰۰ قانون شهرداری‌ها تخلیه ضایعات و زباله‌ها در محل‌های غیرمجاز جرم محسوب می‌شود. خودروهای تخلیه کننده پسماند در اماکن غیر مجاز، علاوه بر جرایم نقدی به یک تا ده هفته توقیف محکوم خواهند شد. شکل های ۱ و ۲ به ترتیب اجسام خارجی و زباله‌های ریخته شده در شبکه فاضلاب و تخلیه غیرمجاز فاضلاب‌های صنعتی را در منهول‌های شبکه فاضلاب شهری نمایش می‌دهد.



شکل ۱: اجسام خارجی و پسماند های ریخته شده در داخل منهول های شبکه فاضلاب شهری



شکل ۲: تخلیه غیرمجاز فاضلاب های صنعتی به داخل شبکه فاضلاب شهری

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

بهبود بخشیدن به کارایی سیستم شبکه جمع آوری فاضلاب صرفاً از طریق به خدمت گرفتن علوم و فناوری مدرن مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی امکانپذیر است. در نتیجه توسعه مدلی که بتواند اطلاعات مربوط به شبکه فاضلاب و واحدهای مرتبط با آن از جمله واحد حوادث را در خود ذخیره، تجزیه و تحلیل و مدیریت نماید لازم و ضروری به نظر می رسد [1].

هدف از این تحقیق توسعه یک مدل برای پیش بینی حوادث شبکه فاضلاب شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل تصمیم گیری AHP می باشد. این مدل در محیط GIS ایجاد می شود و با استفاده از فرایند تحلیل شبکه توسعه می یابد. مدل سازی از نقاط ضعف شبکه و تعیین روش مناسب برای تغییر شرایط یا به حداقل رساندن اتفاقات در نقاط بحرانی شبکه از اهداف مهم این تحقیق می باشد [2].

در خصوص مبانی فنی و اصول هیدرولیکی فاضلابرها و همچنین باز سازی شبکه فاضلاب شهری تاکنون تحقیقات زیادی انجام گرفته است. اما طراحی مدلی که با استفاده از آن بتوان حوادث فاضلاب را ارزیابی و احتمال وقوع آنها را پیش بینی نمود به ویژه در ارتباط با مدیریت پیش گیری از جرائم، در کشور ما سابقه ای نداشته است. اما از جمله تحقیقات معدود انجام گرفته در خصوص طراحی مدل های ارزیابی و پیش بینی حوادث در شبکه های فاضلاب شهری می توان به پاول، ۲۰۰۸، اشاره نمود که از مدل سازی حوادث جهت بهبود طراحی شبکه های فاضلاب استفاده نمود. وی با طراحی سیستمی بر اساس عواملی چون دقت، مدل تصمیم گیری، داده ها، نمایش تصمیم، ظرفیت هیدرولیکی و داده های ویدیویی مدلی جدید برای پیش بینی حوادث آینده طراحی نموده است. همچنین رزماری هارمان، ۲۰۰۸، نقشه شبکه جمع آوری فاضلاب راقبل و بعد از حادثه در ایالت تنسی آمریکا مدل سازی نمود. مدل مذکور قابلیت پیش بینی احتمال وقوع حوادث را در منطقه مذکور فراهم نمود [3].

۱-۱- منطقه مطالعاتی

شاهین شهر، همسایه شمالی شهر اصفهان با دارا بودن ۳۰۰ کیلومتر شبکه فاضلاب، با قدمت نزدیک به ۴۰ سال، از مناطقی است که در سالیان اخیر بیشترین تعداد حوادث را در شبکه فاضلاب شهری داشته است. خاک منطقه شاهین شهر عموماً از جنس رس با چسبندگی زیاد و دارای کمی شن و ماسه است. مقدار نمک خاک در منطقه زیاد است و هرچه به طرف شرق پیش برویم برشوری آن افزوده می شود. میزان املاح موجود در خاک به تدریج از شمال غربی به طرف جنوب شرقی شهر افزایش می یابد. شکل ۳ دریافت شده از Google Earth از منطقه مطالعاتی را نشان می دهد.



شکل ۳- تصویر Google earth شاهین شهر

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه ای با بررسی اسناد و مدارک مربوط به موضوع اقدام به گردآوری اطلاعات و داده های مورد نیاز شد. با انجام بازدید های میدانی متعدد لوله ها و منهول های موجود شناسایی و موقعیت هریک از آن ها تعیین شده و به نرم افزار ArcGIS منتقل گردید. اطلاعات توصیفی مربوط به حوادث و اتفاقات با استفاده از بانک اطلاعاتی حوادث اداره آب و فاضلاب منطقه شاهین شهر اخذ شده و در جداول اطلاعاتی ثبت گردید. با اتصال پایگاه داده زمینی حاوی اطلاعات توصیفی به نقشه شبکه فاضلاب منطقه با فرمت SHP. داده های اولیه آماده سازی گردید. با تدوین یک پرسشنامه وزن و اهمیت عوامل مؤثر در وقوع حوادث تعیین گردید. [4]

۲-۱- مراحل تهیه مدل ارزیابی و پیش بینی احتمال وقوع حوادث

این مدل در محیط GIS ایجاد می شود و قابلیت ارزیابی و پیش بینی احتمال وقوع حوادث را دارا می باشد. با استفاده از مدل ارزیابی و پیش بینی، تعداد حوادث شبکه فاضلاب در ساعات مختلف شبانه روز و ماههای مختلف سال متفاوت و قابل بررسی است. این حوادث در لوله های با جنس متفاوت، قطرهای مختلف و طولهای گوناگون و با عمرهای متفاوت ارزیابی می شود. با داشتن گزارش تعداد حوادث سالیانه در چند سال متوالی می توان روند تغییرات حوادث را مورد بررسی قرارداد. معمولاً روند تغییرات حادثه در هر سال به علت افزایش عمر لوله ها و شرایط متغیر هیدرولیکی به صورت صعودی است. [5]

کاربرد چنین مدلی در ابتدا برای شاهین شهر، همسایه شمالی اصفهان مورد آزمایش قرار گرفت و با طراحی آن امکان ارزیابی و پیش بینی احتمال وقوع حوادث در آن منطقه فراهم گردید. با توجه به سوابق حوادث قبلی و نظرات کارشناسان صنعت آب و فاضلاب عوامل مؤثر در بروز حوادث در منطقه می تواند به شرح جدول ۱ طبقه بندی گردد:

جدول ۱: عوامل مؤثر در بروز حوادث در شبکه فاضلاب

عامل حادثه	اجرای نادرست	قدمت	بهره برداری نامطلوب	عامل انسانی
۱	بستر سازی نادرست	بیش از ۳۰ سال	عدم شستشو	انداختن اجسام خارجی در حوضچه
۲	نامرغوب بودن جنس لوله	بین ۲۰-۳۰ سال	عدم همسطح سازی دریچه ها	اصابت بیل مکانیکی به لوله
۳	نامناسب بودن قطر لوله	بین ۲۰-۱۰ سال	-	تخلیه غیرمجاز فاضلاب های صنعتی به داخل حوضچه
۴	نامناسب بودن عمق لوله	بین ۱۰-۰ سال	-	-

چنانکه در جدول ۱ مشاهده می شود عوامل انسانی و تخلفات به عنوان یکی از تأثیر گذارترین عوامل مؤثر در وقوع حوادث در شبکه های فاضلاب شهری معرفی شده است.

شکل ۴، نقشه شبکه فاضلاب شاهین شهر را با مشخص کردن سابقه حوادث قبلی بر روی آن نشان می دهد. حوادث ریزش و حوادث مربوط به گرفتگی و پس زدگی شبکه فاضلاب به ترتیب به رنگهای قرمز و زرد از یکدیگر تفکیک شده اند.

حوادث شبکه فاضلاب در منطقه مورد مطالعه از نظر نوع به دودسته اصلی تقسیم می شوند [6]

۱- حوادث مربوط به خوردگی و ریزش لوله ها در شبکه فاضلاب

۲- حوادث مربوط به گرفتگی و پس زدگی شبکه فاضلاب

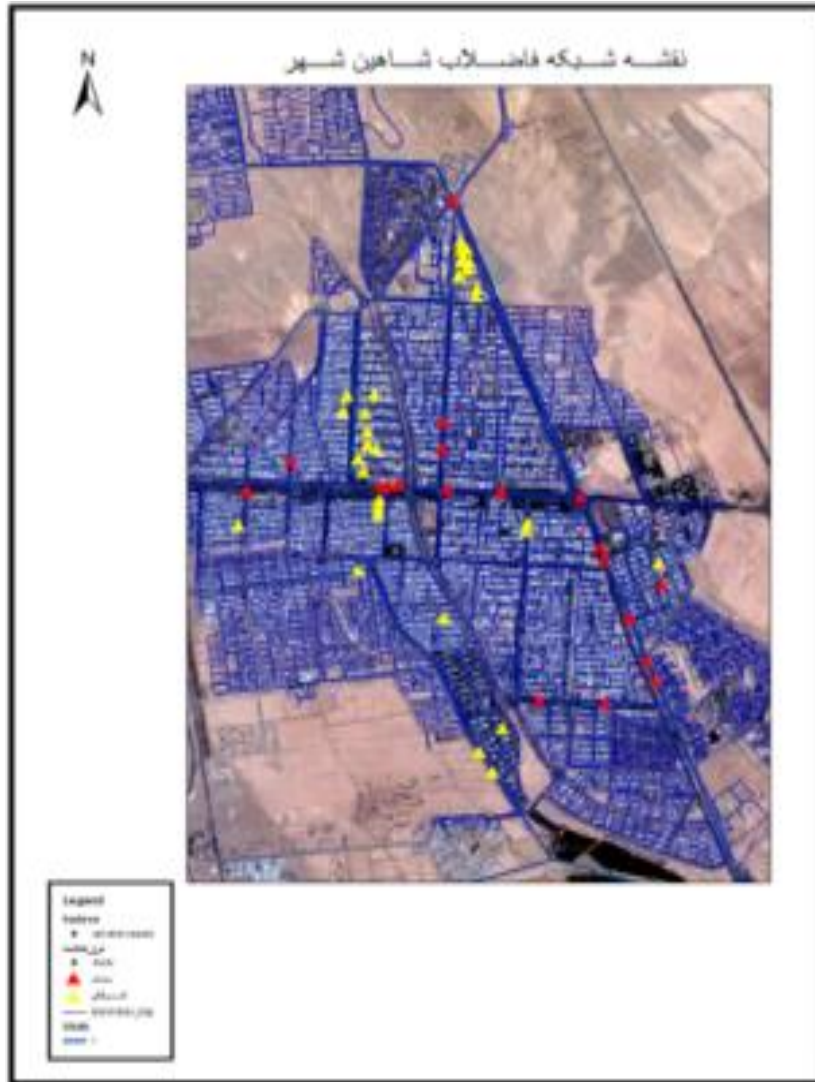
بر اساس اوزان حاصل از روش AHP که در محیط نرم افزار Expert Choice بدست آمده و بر اساس عاملی که تخمین زده می شود در بروز حادثه موثر باشد در مدل وزن دهی صورت می گیرد. این وزن ها به تمامی لوله هایی که شرایط مشابهی از قبیل عمق قطر و جنس یکسان در شبکه دارند

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

اختصاص داده می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت که مناطق موجود در حوالی محل حادثه دیده نیز از همین شرایط تبعیت می‌کنند. بنابراین سابقه حوادث قبلی به منزله نمونه‌های موردی تلقی می‌شوند. جدول ۲ اوزان بدست آمده مربوط به عوامل مؤثر در بروز حوادث در شبکه فاضلاب شهری که با استفاده از نرم افزار Expert Choice بدست آمده است رانشان می‌دهد. آن دسته از عواملی که از وزن بیشتری برخوردار هستند تاثیر بیشتری در وقوع حوادث در شبکه فاضلاب دارا می‌باشند.



شکل ۴: سابقه حوادث ریزش و گرفتگی در منطقه مطالعاتی

چنانکه ملاحظه می‌شود وزن عوامل انسانی به‌عنوان عوامل مؤثر در وقوع حوادث در شبکه‌های فاضلاب شهری ۱۱۶ بوده و از نظر اهمیت در مقام چهارم قرار دارد.

در جدول اطلاعات توصیفی نقشه مشخصات نقاط دارای سابقه حوادث درج می‌شود. این مشخصات شامل آدرس دقیق، نوع حادثه، قطر، عمق و جنس لوله‌ها، جنس خاک سال اجرا، تاریخ وقوع حادثه و عامل احتمالی وقوع حادثه می‌باشد. [7]
اشکال ۵ و ۶ نمایی از سابقه حوادث در بخش‌های مرکزی و شمالی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

جدول ۲: اوزان بدست آمده مربوط به عوامل مؤثر در وقوع حوادث فاضلاب با استفاده از روش AHP

ردیف	عامل مؤثر در بروز حادثه	وزن حاصل از AHP
1	بستر سازی نامناسب	۱۵۴
2	قدمت بیش از سی سال	۱۳۴
3	تخریب	۱۲۰
4	عوامل انسانی	۱۱۶
5	نامناسب بودن قطر لوله	۱۱۲
6	عدم شستشو	۹۵
7	طراحی نامناسب	۶۶
8	نامناسب بودن قطر حوضچه	۶۰
9	قدمت بین بیست تا سی سال	۴۸
10	انداختن جسم خارجی در منهول	۲۵
11	جنس خاک	۲۰
12	قدمت بین ده تا بیست سال	۱۶
13	عدم هم سطح سازی در پیچه ها	۱۱
14	نامرغوب بودن جنس لوله ها	۱۰
15	تغییر اسیدپته فاضلاب	۹
16	قدمت بین صفر تا ده سال	۵



شکل ۵: نمایی از سابقه حوادث در بخش مرکزی منطقه مطالعاتی

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
 دانشگاه تهران، تهران
 ۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



شکل ۶: نمایی از سابقه حوادث در بخش شمالی منطقه مطالعاتی

به کمک فرایند تحلیل شبکه (Network Analysis) در نرم افزار ArcGIS مسیر جریان فاضلاب در داخل شبکه مشخص می گردد و با استفاده از این فرایند می توان در صورت وقوع حادثه در شبکه فاضلاب سربعا مکان هایی که احتمال بالا زدن فاضلاب در آنها وجود دارد براساس جهت جریان فاضلاب مشخص نمود. شکل ۷ جهت جریان فاضلاب را منطقه مطالعاتی نشان می دهد. فلش های سیاه رنگ جهت جریان را نشان می دهند.



شکل ۷: نقشه جهت جریان فاضلاب در منطقه مطالعاتی



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

۳- نتایج و پیشنهادات

با توجه به مدل ارزیابی و پیش‌بینی حوادث مشخص گردید که عوامل انسانی از اهمیت ویژه‌ای در وقوع حوادث شبکه‌های آب و فاضلاب شهری برخوردار می‌باشند.

۱- این مدل یک مدل تجربی (Empirical) است

۲- مدل مذکور قابلیت تعمیم به کلیه مناطق دارای شبکه فاضلاب که با معضل حوادث شبکه دست به گریبان می‌باشند را دارند.

۳- این مدل قابلیت تعمیم به سایر شبکه‌های تاسیسات شهری نظیر آب، گاز، برق و... را دارد.

بنابراین براساس این مدل درجهایی از منطقه مطالعاتی که سابقه وقوع حوادث بیشتر بوده و عوامل مشترکی در وقوع حوادث دخیل بوده اند با برنامه‌ریزی صحیح می‌توان از وقوع حوادث در آینده جلوگیری نمود. [8]

اقدامات زیر جهت پیش‌گیری از وقوع تخلفات منجر به حوادث در شبکه‌های فاضلاب شهری ضروری به نظر می‌رسند:

- تدوین بانک اطلاعاتی منظم از سابقه حوادث قبلی و گزارش حوادث آینده

- فرهنگ سازی جهت پیش‌گیری از حوادثی که در اثر عوامل انسانی رخ می‌دهد.

- مری سازی به موقع درجه‌های فاضلاب بعد از انجام عملیات آسفالت، جهت جلوگیری از تجمع گازهای خورنده و مجوس شدن آن‌ها که احتمال وقوع حوادث را تشدید می‌نماید.

- استفاده از سنسورها و دوربینهای ثابت و متحرک و دستگاههای نشت یاب در شبکه فاضلاب شهری جهت مانیتورینگ و ارزیابی وضعیت لوله‌های شبکه

- بستر سازی مناسب هنگام اجرای لوله‌های شبکه فاضلاب

- طراحی مناسب لوله‌های شبکه فاضلاب با قطر و عمق مناسب.

- آموزش و نظارت بر فعالیت تانکر داران جهت جلوگیری از اجاره تانکر به مجرمینی که قصد تخلیه فاضلاب‌های غیر مجاز را در شبکه دارند.

- با توجه به اینکه تخلیه غیر مجاز فاضلاب‌های صنعتی به داخل شبکه معمولاً در ساعات پایانی شب و دوراز چشم ماموران انتظامی انجام می‌شود گماردن گشت‌های ویژه با همکاری سازمانهای ذیربط نظیر شرکت آب و فاضلاب، سازمان محیط‌زیست و شهرداری نیروی انتظامی می‌تواند کمک شایانی به پیشگیری از وقوع چنین تخلفاتی نماید.

۴- مراجع

۱- آل شیخ ع. ۱۳۸۸. "طراحی شبکه فاضلاب با استفاده از ابزار ArcGIS و نرم افزار محاسباتی"، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره یازدهم، شماره یک، ویژه نامه بهار ۸۸

۲- اسکندری س. ۱۳۹۰. "آرک جی آی اس با تکیه بر کاربردهای آن در شبکه توزیع آب شهری و کیفیت آب‌های زیرزمینی"، ۱۴۲ صفحه.

3- Using GIS to increase the value of a Sanitarysewer preventative "GISP Jordan, 2011.15-Rosemary H, PP.3-5 "Maintenance and inspection program

۴- قدیریان پ. ۱۳۷۵. "کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در شبکه‌های شهری"، نشریه آب و فاضلاب، ۳۳: ۲۷-۳۶.

۵- جعفری ه. ۱۳۸۸. "مدل مدیریت حوادث شبکه‌های توزیع آب با استفاده از GIS"، نشریه آب و فاضلاب، ۲: ۱۶-۲.

۶- منزوی م. ت. ۱۳۶۶. "جمع‌آوری فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران"، ۱۶۰ صفحه

7-Esri. 2011. *Gis data quality best practices for water, wastewater and stormwater utilities*, PP.3-4

8- میرمحمدصادقی ح. ۱۳۸۶. "بازسازی شبکه‌های فاضلاب"، انتشارات رنگینه، ۱۲۶ صفحه.