مدیریت بهینه شبکه فاضلاب با استفاده از مدلسازی و اجرای شبکه هندسی

حجت الله محبوبی۱، سمانه روشن بخش۲
۱کارشناس ارشد GIS، کارشناس مسئول سیستم های اطلاعات جغرافیایی، شرکت آب و فاضلاب استان قم
hm_znu@yahoo.com
۲کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی یزد
smn.roshanbakhsh@gmail.com

چکیده

جمع آوری اطلاعات مکانی و توصیفی و نیز نگهداری و به روز رسانی آنها از جمله مراحل مهم پیاده سازی سیستم اطلاعات مکانی در یک سازمان می باشند، امروزه تحلیل این داده ها و تبدیل آنها به اطلاعات جهت استفاده بهینه به امری مهم و ضروری تبدیل شده است. هدف از این تحقیق پیاده سازی شبکه هندسی جهت استفاده در مدیریت بهینه شبکه فاضلاب پردیسان می باشد. برای انجام چنین کاری پس از بررسی اولیه نقشه، توپولوژی روی شبکه اجرا گردید و خطاهایی از قبیل لوپ، از هم رد شدگی و به هم نرسیدگی و ... برطرف گردید. پس از رفع خطاها شبکه هندسی اجرا گردید. از جمله نتایج این تحقیق می توان به قابلیت استفاده از این مدل در زمانهای بروز حوادث و پیدا کردن مکان وقوع حادثه و محدوده تاثیر آن و مواردی از این قبیل اشاره کرد.

واژه های کلیدی: توپولوژی، شبکه هندسی، لوپ، از هم رد شدگی، به هم نرسیدگی

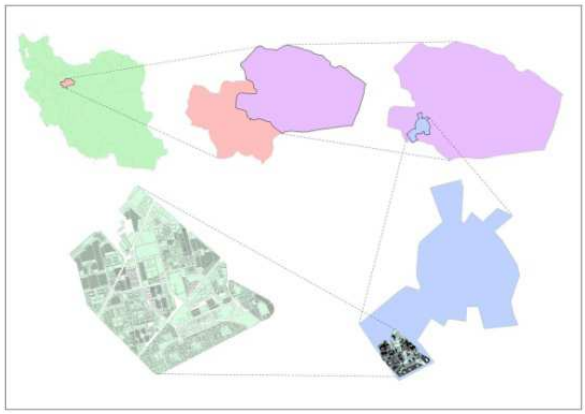
۱. مقدمه

امروزه سیستم اطلاعات مکانی و ابزارهای مرتبط با آن در تجزیه و تحلیل داده های مکانی گسترش زیادی یافته است. سازمانها دارای آمار و داده های وسیعی در حوزه های مختلف می باشند که می تواند در روند رو به رشد و تعالی آنها بسیار تاثیر گذار باشد. داده های سیستم اطلاعات مکانی نیز بخشی از این داده ها می باشد که در صورت تحلیل و پردازش می تواند کمک شایانی به بهبود روند ها در یک سازمان کند. در بیشتر سازمانها هزینه های زیادی جهت جمع آوری داده های مکانی و توصیفی انجام می شود در حالی که حتی در صورت به روز رسانی مستمر این داده ها تحلیل کمتری روی این داده ها صورت می گیرد. در کنار استفاده روزانه کاربران از این داده ها، تحلیل و پردازش آنها می تواند افزایش کارایی و بازدهی و نیز کاهش هزینه ها را سبب گردد. مدلسازی شبکه هندسی در مدیریت حوادث و خرابی های پیش آمده در شبکه بسیار مفید می باشد چون که موجب اتخاذ تصمیمات صحیح و به موقع برای حل بحران می گردد و به این ترتیب از اتلاف بیهوده وقت، هزینه و انرژی جلوگیری به عمل می آورد. در سالهای گذشته تحقیقاتی در مورد ایجاد شبکه هندسی برای شبکه های آب و فاضلاب انجام گرفته است. حسن نظم فر در مقاله ای با موضوع نقش GIS در مدیریت آب به این نتیجه رسیده که با توجه به حادثه خیز بودن و وسعت تاسیسات شهری بکارگیری GIS در مدیریت بهینه این تاسیسات امری حیاتی می باشد[۷]. علی محرابی و دیگران در مقاله ای با موضوع مدیریت شبکه فاضلاب با طراحی دیتابیس و شبکه هندسی به کارایی موثر GIS در مدیریت فاضلاب شهری به خصوص در مواقع بروز حوادث اشاره کرده است[۷]. شهرام صبحی در پایان نامه ای با موضوع مدیریت بهینه آب و فاضلاب شهری در GIS، شبکه ای هندسی ایجاد کرده و کاربرد موثر GIS در معاونت های مختلف آب و فاضلاب شهری را بیان کرده است[۳]. کاظم رنگزن و دیگران در مقاله ای با عنوان طراحی و ایجاد پایگاه داده مکان مرجع، ایجاد پایگاه داده مکان مرجع را گامی موثر در مدیریت شبکه های آب و فاضلاب دانسته و سازماندهی داده ها، یافتن خطاهای ورودی و جلوگیری از ویرایش غلط داده ها را نتیجه آن می

داند[۲]. هادی جعفری در مقاله ای با موضوع مدیریت سیستمهای حوادث و اتفاقات شبکه های آب شهری، در یک تست عملی به نتایج رضایت بخشی در مورد افزایش کارایی سیستم و کاهش هزینه ها دست یافته است[۱].

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه پردیسان شهر قم می باشد. پردیسان منطقه ای در جنوب غربی شهر قم می باشد. این منطقه در سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیتی برابر با ۴۴,۷۸۰ نفر داشته و به علت وجود مسکن مهر قم در این ناحیه به سرعت بر جمعیت آن افزوده می‌شود. طول شبکه فاضلاب این منطقه حدود ۱۲۰ کیلومتر بوده و جنس همه لوله های آن پلی اتیلن می باشد. محدوده منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲. روش کار

برای انجام یک تحلیل مکانی پیش زمینه هایی وجود دارد که می بایست قبل از انجام آن برای داده های مختلف لحاظ گردند. برای ایجاد مدل شبکه هندسی نیز تصحیح برخی خطاها قبل و نیز بعد از ایجاد توپولوژی ضرورت دارد. از جمله مزایای پایگاه داده مکانی[۱] منسجم بودن آن و وجود قابلیت هایی از جمله ایجاد توپولوژی، ایجاد رابطه مکانی (Relationship) مابین عوارض، ایجاد حوزه و زیرگروه جهت کنترل ورود اطلاعات و ایجاد شبکه هندسی می باشد. داده های توصیفی و مکانی مورد نیاز شبکه به فرمت ArcSde Geodatabase در سازمان وجود داشت و به طور مستمر و طی سالیان متمادی به روز رسانی شده بودند. وجود داده های کامل کار را برای شروع تحقیق آسان می نمود. تنها کاری که در این مرحله انجام گرفت ساخت یک ژئودیتابیس شخصی و جداسازی لایه های منطقه مورد نظر از ArcSde Geodatabase و وارد کردن آن به ژئودیتابیس شخصی بود.

خطاهای محتمل در روی نقشه که می بایست قبل از ایجاد مدل شبکه هندسی رفع می گردیدند به چند دسته طبقه بندی می شدند: چند بخشی ها و دو خطه ها که قبل از ایجاد پایگاه داده مکانی بررسی گردیدند. از هم رد شدگی ها و به هم نرسیدگی ها که با انجام توپولوژی رفع گردیدند و لوپها و عدم اتصال شبکه ها به همدیگر که در مدلسازی شبکه هندسی شناسایی شده و مرتفع گردیدند. هر کدام از این خطا ها و نحوه تصحیح آنها در زیر توضیح داده شده است.

۲-۱. بررسی لایه ها قبل از ایجاد مدل

همانگونه که ذکر شد برخی از انواع خطاها می بایست قبل از ایجاد پایگاه داده مکانی رفع گردند که به انواع آن و نحوه تصحیح آنها در این بخش اشاره می شود.

دو خطه ها: در بخشهای از نقشه احتمال می رفت که خطوطی به موازات خطوط فاضلاب وجود داشته باشد. این خطوط در صورت وجود خطوطی بودند که پس از لوله گذاری جدید، لوله گذاری از رده خارج از نقشه حذف نشده بود. این نوع خطا به دلیل جدید بودن شبکه فاضلاب در منطقه پردیسان در نقشه یافت نشد.

چند بخشی ها[۲]: عوارضی هستند که به طور مجزا از هم قرار دارند ولی یک عارضه به شمار می آیند. تنها یک نمونه از این نوع خطا در نقشه منطقه وجود داشت که قبل از انجام توپولوژی بررسی گردیده و تصحیح شد.

۲-۲. توپولوژی

توپولوژی به مفهوم اعمال قوانین ریاضی با هدف تعریف دقیق روابط بین پدیده های جغرافیایی در یک لایهٔ رقومی است. در ساختار مدلهای برداری، ارتباطات آشکار و تعریف شده ای بین اطلاعات مکانی ایجاد می شود که موقعیت نسبی اشیاء و یا عوارض جغرافیایی را نسبت به هم و در درون پایگاه های اطلاعاتی مشخص می سازد[۸]. بنابراین، در یک نگاه ساده می توان بیان نمود که توپولوژی وجود روابط مکانی بین عوارض موجود در یک لایهٔ اطلاعاتی GIS است که بدون توجه به موقعیت دقیق پدیده ها (مختصات جغرافیایی) روابط هندسی فیمابین را برقرار می سازد. مزیت اصلی روابط توپولوژی ایجاد زمینه برای انجام انواع تحلیلهای مکانی است که با اتصال عناصر جغرافیایی و داده های خصیصه ای میسر می گردد [۹]. در شروع کار کلاسهای عارضه[۳] شبکه فاضلاب و منهول[۴] در یک دسته داده[۵] و کلاس عارضه پارسل در یک دسته داده دیگر قرار گرفت. هر چند شبکه هندسی همه قوانین مرتبط با توپولوژی را داراست ولی برای اصلاح نقشه قبل از مدلسازی و تسهیل در ایجاد شبکه هندسی منطقی بود که این قوانین روی دسته داده شبکه نیز اجرا گردد. بنابراین، برای هر کدام از دسته داده ها توپولوژی اجرا شد و خطاهای نقشه مشخص شدند. روابط توپولوژیکی تعریف شده برای لایه های مختلف در جدول زیر نشان داده شده است.

انواع خطاهایی که در این مرحله تصحیح گردیدند به شرح زیر می باشند:

از هم رد شدگی (Overshoot): شکاف یا فاصله بین خطوطی که باید به هم وصل شوند ولی به هم وصل نشده اند را از هم رد شدگی گویند [۴]. این خطا با اعمال تولرانسی به کل شبکه تصحیح گردید. نمونه ای از این نوع خطا در شکل (۲) نمایش داده شده است.

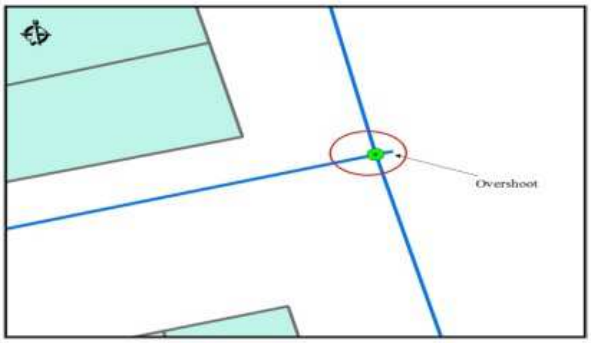
[1] Geodatabase

[2] Multipart

[3] Feature Class

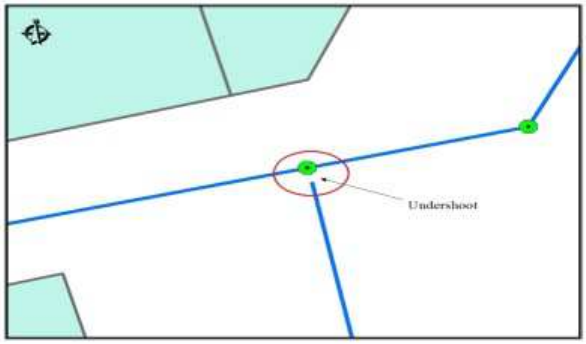
[4] Manhole

[5] Dataset



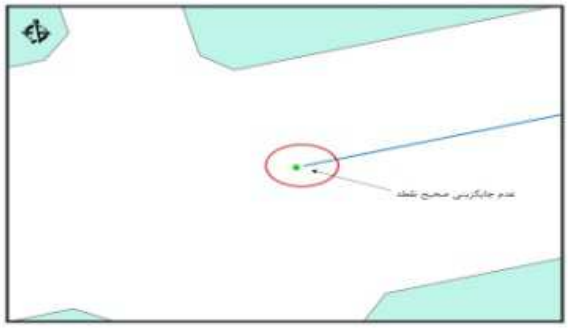
شکل۲. از هم رد شدگی (Overshoot)

به هم نرسیدگی (Undershoot): به خطوطی که بعد از وصل نقطه مورد نظر با پاره خط های زائد ادامه یافته اند به هم نرسیدگی گویند [۴]. این مورد نیز با اعمال تولرانسی به کل شبکه تصحیح گردید. نوع خطا در شکل (۳) نمایش داده شده است.



شکل ۳. به هم نرسیدگی (Undershoot)

عدم اتصال نقطه به خط: این نوع خطا به واسطه فاصله منهول ها از انتهای خطوط فاضلاب شکل می گیرند و شبکه ای به آنها وصل نیست. از این نوع خطا نیز یک مورد بیشتر در نقشه یافت نشد که به راحتی روی نقشه اصلاح گردید. شکل (۴) مثالی از این مورد می باشد.



شکل ٤. عدم اتصال نقطه به خط

ایجاد ارتباط مکانی: جهت ایجاد ارتباط مکانی بین عوارض قابلیتی در ژئودیتابیس وجو دارد که Relationship نامیده می شود. ایجاد چنین ارتباطی به دو نوع ساده و مرکب انجام می شود. ارتباط پیچیده در صورت وابستگی عوارض به یکدیگر ایجاد می گردد و در صورت عدم وجود چنین شرطی می بایست رابطه ساده شکل گیرد. در مدلسازی شبکه فاضلاب به علت وابستگی عوارض به یکدیگر رابطه از نوع مرکب شکل گرفت. همچنین خط فاضلاب به عنوان مبدا و منهول به عنوان مقصد انتخاب شد و از رابطه یک به چند و دوطرفه به عنوان مشخصه ارتباط مکانی استفاده شد. از جمله کاربردهای این ارتباط می تواند استفاده از آن در پیدا کردن خطوط شبکه و منهولهای مربوط به آن در وقوع حادثه باشد. مشخصات کلاس رابطه ایجاد شده در جدول (۱) نشان داده شد.

جدول ۱. مشخصات رابطه ایجاد شده برای دسته داده شبکه فاضلاب

کاردینالیتی	جهت رابطه	نوع رابطه	مقصد
یک به چند	دو طرفه	مرکب	لایه منهول
مبدا		نام رابطه	نام دسته داده
لایه خط فاضلاب		SewerRel	SewerDs

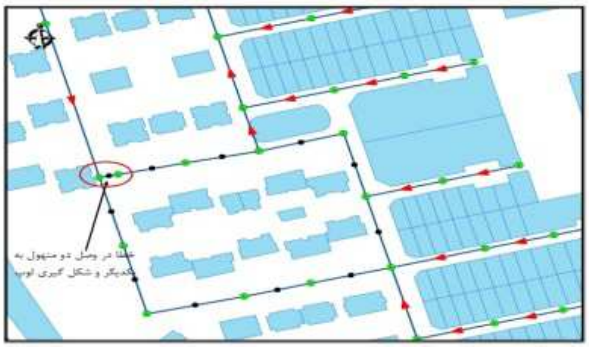
۲-۳. مدلسازی شبکه هندسی

پس از اطمینان از رفع خطاهای موجود در نقشه شبکه هندسی فاضلاب ایجاد شد. هنگامی که شبکه مدلسازی می شود، عوارض با دیگر عوارض اطراف خودشان دارای ارتباط پیوستگی[۶] خواهند شد. این پیوستگی از طریق یک ارتباط توپولوژیکی در یک دیتابیس نگهداری می شود که به آن شبکه هندسی می گویند [۷]. به دلیل ماهیت شبکه فاضلاب پایین دست ترین نقطه به عنوان Sink انتخاب گردید. شبکه هندسی از اتصالات[۷] و لبه ها[۸] تشکیل می شوند که هر کدام از این عوارض می توانند فعال[۹] و غیر فعال[۱۰] باشند [۳]. با فعال نمودن جهت جریان در نرم افزار می توان وجود جریان را در کل شبکه بررسی کرد. اگر جهت جریان معلوم باشد می تواند جریانی مشخص[۱۱] یا نامشخص[۱۲] باشد و عدم وجود جریان[۱۳] را نشان دهد. نامشخص بودن جریان می تواند ناشی از وجود حلقه (لوپ) در شبکه باشد و عدم وجود جریان در بخشی از شبکه نشان دهنده جدا بودن آن بخش از سایر بخشها می باشد. هر کدام از موارد ذکر شده در اینجا توضیح داده می شود.

لوپ[۱۴] یا حلقه: شبکه فاضلاب نوعی شبکه شاخه ای می باشد که وجود لوپ در آن امری منطقی نیست. در نرم افزار قابلیتی برای پیدا کردن حلقه ها وجود دارد که با استفاده از این ابزار مواردی از این قبیل روی نقشه مشخص شدند. پس از استخراج این موارد، نقشه هر یک از آنها جهت بررسیهای میدانی تهیه شدند. پس از بازید از مناطق مورد نظر، ترسیمات اشتباه مشخص گردید و در نقشه موجود تصحیح گردید. در شکل (۵) نمونه از لوپ دیده می شود که در آن منطقه نرم افزار قادر به تعیین جهت جریان نیست.

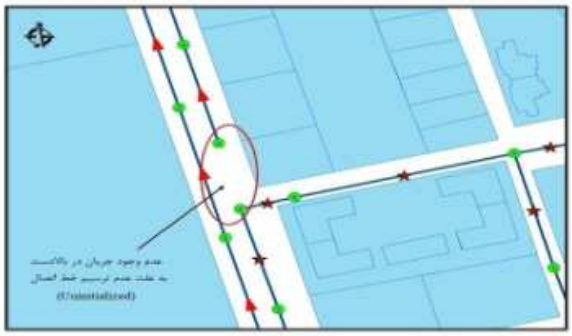
---

[6] Connectivity
[7] Junctions
[8] Edges
[9] Enable
[10] Disable
[11] Determined
[12] Undetermined
[13] Uninitialized
[14] Loop



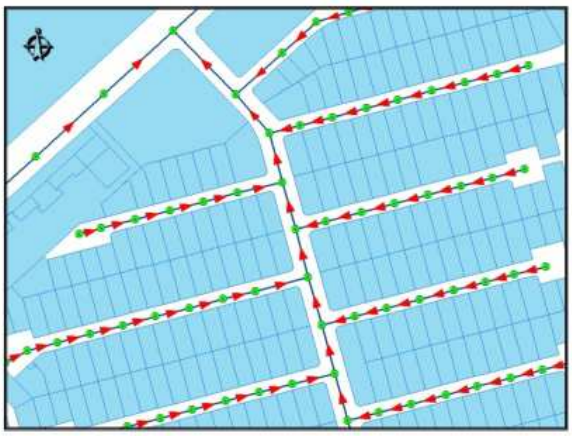
شکل ۵. حلقه یا لوپ

عدم وجود جریان: در مناطقی از محدوده مورد مطالعه شبکه ها منفک از هم بودند و این در شبکه هندسی تهیه شده به صورت محدوده هایی که جریان در آن وجود ندارد نشان داده شده بود. تعداد این مناطق بسیار کم بود و به صورت بصری در روی نقشه تصحیح گردیدند (شکل (۶)).



شکل ٦. عدم وجود جریان به سبب عدم ترسیم خط اتصال

از شبکه هندسی می توان به عنوان مبنایی برای سایر تحلیلهای شبکه استفاده کرد. شکل (۷) نمونه ای از شبکه هندسی اجرا شده برای شبکه فاضلاب محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد.

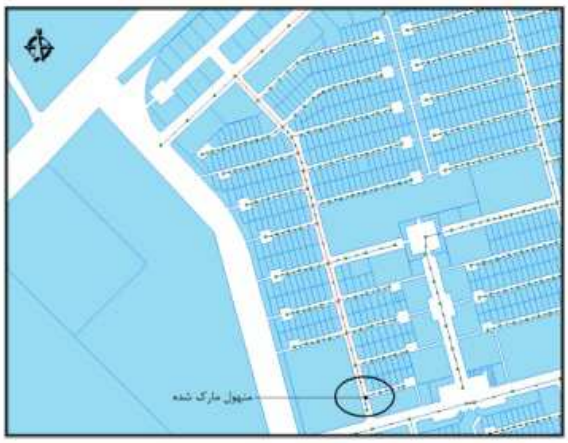


شکل ۷. بخشی از شبکه هندسی اجرا شده

۳. نتایج و پیشنهادات

هدف از تحلیل شبکه استفاده از آن در زمانهای وقوع حادثه و مدیریت بهینه شبکه می باشد. چند نمونه از آنالیزهایی که با استفاده از تحلیل شبکه انجام می گیرد در اینجا نمایش داده می شود.

نشان دادن مسیر جریان از یک نقطه خاص: برای نمونه در این حالت می توان یک مشترک خاص را در نظر گرفت و مسیر جریان فاضلاب از موقعیت مشترک تا تصفیه خانه را نشان داد (شکل (۸)). همچنین می توان طول شبکه یا موارد محاسباتی دیگر را در شبکه پایین دست یک مشترک خاص محاسبه کرد.



شکل ۸. نمایش مسیر جریان از یک نقطه تا انتهای مسیر (Sink)

نمایش و انتخاب تمامی خطوطی که بالادست یک نقطه خاص وجود دارند: برای نمونه در این حالت می توان حجم آبی که از بالا دست یک نقطه خاص جمع آوری شده و از آن نقطه عبور می کند را محاسبه کرد. یا تعداد منهول های بالادست را محاسبه کرد. شکل (۹) مثالی از این نوع کاربرد می باشد.

شکل ۹. نشان دادن و انتخاب تمامی خطوط بالادست یک نقطه خاص

٤. نتیجه گیری

پیاده سازی سیستم های اطلاعات مکانی در یک سازمان صرفا به معنای وجود یک بانک اطلاعات مکانی نمی باشد و اگر علاوه بر وجود این اطلاعات و استفاده مستمر از آن، تجزیه و تحلیل نیز صورت گیرد می

تواند بسیار موثرتر واقع شود. از جمله نتایج اجرای مدلسازی شبکه هندسی روی شبکه فاضلاب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

با اجرای توپولوژی روی نقشه می توان از ارتباطات مکانی بین عوارض اطمینان حاصل کرد و نیز از ورود اطلاعات مکانی اشتباه و خطای کاربر جلوگیری به عمل آورد.

گزارش گیری از تعداد خطوط و منهول های درگیر در یک حادثه از طریق ایجاد ارتباط مکانی بین داده ها می تواند کمک موثری در مدیریت بهینه شبکه داشته باشد.

استفاده از نتایج مدل شبکه هندسی در تحلیل ها و پردازش های بیشتر می تواند بسیار مفید باشد، زیرا این مدل شبکه فاضلاب را آن گونه که روی زمین پیاد سازی شده نشان می دهد.

با استفاده از این مدل می توان حجم فاضلاب را تا نقطه معینی محاسبه کرد و از آن در طراحی شبکه استفاده کرد.

شناسایی موقعیت لوله های فرسوده و حساس بودن محل قرار گیری آنها می تواند در اولویت بندی اصلاح لوله های شبکه موثر باشد.

با استفاده از تعداد مشترکین و حجم فاضلاب برآورد شده از یک منطقه می توان قطر لوله را تعیین کرد.

می تواند مبنایی برای توسعه شبکه فاضلاب باشد.

۵. منابع

۱. جعفری، هادی. ۱۳۸۵. **نمونه ای مدیریت سیستمهای حوادث و اتفاقات در شبکه های توزیع آب شهری با استفاده از سیستمهای اطلاعات مکانی (GIS)**. اولین همایش ملی بهره برداری در بخش آب و فاضلاب.

۲. رنگزن، کاظم. ۱۳۸۷. **طراحی و ایجاد پایگاه داده مکان مرجع برای شبکه آب و فاضلاب**. همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه برداری کشور، تهران

۳. صبحی، شهرام. **مدیریت بهینه شبکه آب و فاضلاب شهری با استفاده از آنالیزهای شبکه در سیستم اطلاعات مکانی (GIS)**، ۱۳۹۴، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS.

۴. علیمحمدی سراب، عباس. ۱۳۹۱. **مبانی علوم و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی**، چاپ سوم، تهران، ۲۸۸

۵. محرابی، علی، کاظم رنگزن، احسان آبشیرینی و محمد علی معتمدی. ۱۳۸۶. **مدیریت شبکه فاضلاب منطقه شهری کیانپارس و کیان آباد با طراح ژئودیتابیس و شبکه هندسی**. همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور، تهران

۶ نظم فر، حسین. ۱۳۸۷. **نقش GIS در مدیریت آب شهری در مواقع بروز بحران**.

7. *http://gistech.ir*

8. *Malczewski, J., 1999. GIS and Multi criteria Decision Analysis, John Wiley and so as Inc.395.*

9. *Zeiler, M., 1999 . Modeling our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. Publisher Environmental Systems Research Institute, California.*