فصلنامه علمی (مقاله علمی-پژوهشی) جامعه‌شناسی سیاسی ایران، سال دوم،شماره چهارم(پیاپی۸)زمستان۱۳۹۸ ،صص۱۲۱۸-۱۱۹۸

پیشنهاد یک چارچوب خط لوله برای شبکه توزیع آب در راستای برنامه ریزی و تصمیمات سیاسی بر روی داده هایLiDAR

محمد الماسی نیا[1]
وان محد امین الدین وان حسین[2]
محد سانوسی سام احمد[3]

تاریخ دریافت :۲ /۱۳۹۸/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

چکیده

شبکه توزیع آب (WDN) یک زیرساخت حیاتی در هر جامعه مدرن است. کمبود آب آشامیدنی سالم و کمبود آب بحرانی ترین مسائل قرن حاضر است. منابع آب آشامیدنی شیرین متاسفانه به طور فزاینده ای نادر می شوند. بنابراین، اطمینان از WDN های قابل اعتماد و ایمن برای ارائه آب آشامیدنی با کیفیت، کمیت و تداوم مطلوب به اولویت های کلیدی برای تامین کنندگان آب تبدیل شده است. علاوه بر این، در صورت اختلالات عمدی یا تصادفی (مثلاً از دست دادن سر)، خطر آسیب ساختاری و کیفیت آب به خطر افتاده مرتبط افزایش می‌یابد. این تحقیق نحوه اعمال و توسعه پایگاه داده جغرافیایی به ویژه شبکه هندسی برای شبکه خطوط لوله را برای ارزیابی شبکه خط لوله آب با داده های جهت جریان با استفاده از مطالعه موردی داده های Syarikat Air Johor (SAJ)و همچنین با استفاده از پسوند جدید برای یکپارچه سازی داده های LiDAR نشان می دهد. با اطلاعات خطوط لوله و تعیین جهت جریان شبکه آبرسانی در مناطق شهری.

کلیدواژه: شبکه توزیع آب، داده هایLiDAR ، پایگاه ژئودیتابیس، خطوط لوله

۱ گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران،ایرانalmasi@pnu.ac.ir
۲ دانشکده عمران، دانشگاه علوم مالزی، کمپ مهندسی
cesanusi@usm.my

۱- مقدمه

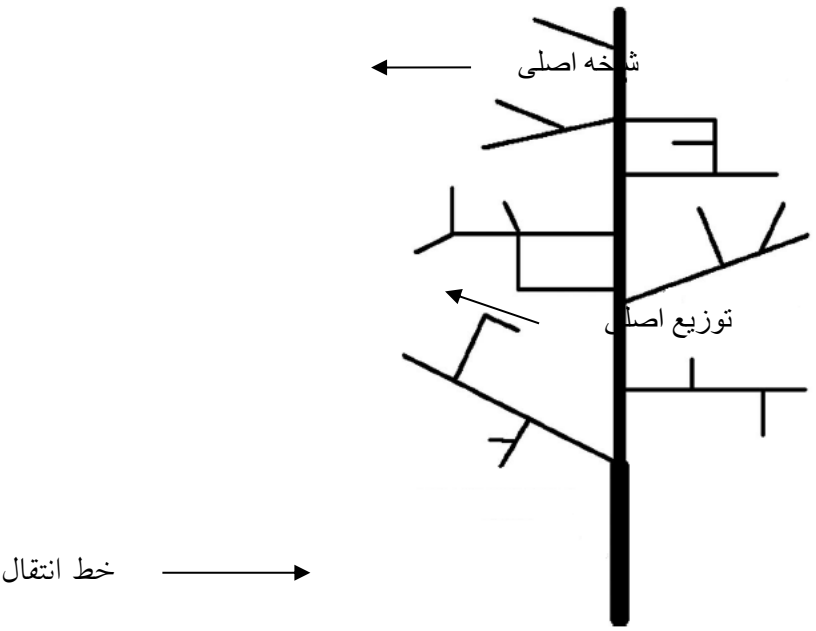
شبکه توزیع آب (WDN[1]) یک زیرساخت ضروری در هر جامعه مدرن است. نقش اساسی در تامین و حفظ کیفیت زندگی رضایت بخش به عنوان یک جزء اصلی دارد. از این رو، طبق تعریف شبکه از موسسه تحقیقات سیستم محیطی (ESRI، ۲۰۰۳) سیستمی از ویژگی های خطی است که دارای ویژگی های مناسب برای جریان جسم است. شبکه ها به وضوح به یکی از دو زمینه عملیاتی تقسیم می شوند: شبکه حمل و نقل یا شبکه ابزار. در شبکه آب و برق، کالایی که از طریق شبکه جریان می یابد، آب اراده خاص خود را ندارد. شبکه جهت جریان را با پیکربندی منابع و سینک ها تحمیل می کند (Advanced GIS, 2008).

شبکه با حرکت و ویژگی های خطی سروکار دارد که از نظر مفهومی ساده هستند. آنها از دو جزء اساسی تشکیل شده اند. اتصالات و لبه ها خط لوله نمونه ای از لبه است. نمونه هایی از اتصالات دریچه ها، شیرهای آتش نشانی، شیرهای سرویس و مخازن هستند. لبه ها در اتصالات و جریان از یک لبه به یکدیگر متصل می شوند و آب می تواند به لبه دیگر منتقل شود (Advanced GIS، ۲۰۰۸).

هدف اصلی شبکه توزیع آب (WDN) تامین آب آشامیدنی به مقدار کافی برای مصرف کنندگان است. اساساً یک WDN را می توان به سه نوع طبقه بندی کرد: اول، یک سیستم فشار مستقیم با استفاده از موتورهای پمپ، یک سیستم گرانشی تحت فشار گرانش زمین، و ترکیبی از سیستم های گرانشی و پمپ. انتخاب نوع سیستم توزیع بستگی به توپوگرافی، ارتفاع و وضعیت مکان، موقعیت و وسعت منطقه توزیع دارد. تا آنجا که ممکن است استفاده از توپوگرافی برای ایجاد شبکه باید در نظر گرفته شود که ارتفاع مناسب منبع موجود باشد و سایر شرایط سایت. از این رو، بر اساس موقعیت مکانی یک سایت و بررسی توپوگرافی آن، یک سیستم گرانشی بهینه می تواند ترجیح داده شده ترین نوع توزیع باشد زیرا قابل اعتمادترین سیستم با هزینه های عملیاتی کم است.

متیو و همکاران[2] (۲۰۱۴) توضیح داد که توپوگرافی منطقه و چیدمان خیابان ها به شدت بر طراحی سیستم تأثیر می گذارد. بنابراین، پیکربندی یک سیستم توزیع به طور نسبی به عنوان شبکه های شریانی و شبکه های توزیع با قرار دادن شبکه های انتقال که در شکل ۱ نشان داده شده است طبقه بندی می شود. شبکه اصلی لوله‌های کوچک‌تر در سیستم‌های توزیع و شبکه‌های توزیع خدمات را بر اساس تقاضا به مصرف‌کننده ارائه می‌کنند. محققان همچنین جهت جریان سیستم توزیع در لوله‌های اصلی را گزارش کرده‌اند اما هیچ اشاره‌ای به جریان در حلقه‌های لوله نشده‌اند.

[1] Water Distribution Network
[2] Matthew et. al



شکل ۱: انتقال، توزیع و شبکه شریانی

ژانگ (۲۰۰۶) بیان کرد که معمولاً کاربران از GIS برای تولید نقشه ها استفاده می کنند زیرا GIS می تواند به عنوان یک ابزار تجزیه و تحلیل قدرتمند برای ساخت یک پایگاه جغرافیایی استفاده شود که قوی ترین رابط برای یکپارچه سازی پایگاه های داده و پیوند داده های مکانی و توصیفی برای حل مسئله، فضایی است. مدل سازی و ارائه نتایج در جداول، گرافیک یا نقشه ها. GISبه عنوان یک سیستم تجزیه و تحلیل و اطلاعات مکانی (geospatial)ابزارهای ساده، گسترده و جامعی را برای بهره برداری از شبکه های توزیع آب بهینه در مناطق شهری و مسکونی امکان پذیر می کند. به دلیل این ویژگی‌های خاص، اکثر شرکت‌های آب روش‌های بهره‌برداری مدرن را با استفاده از GIS برای بهینه‌سازی مدیریت بررسی می‌کنند. از این رو، Utility Network Analysis یک ابزار ارزشمند و مفید برای چنین برنامه هایی ارائه می دهد. نرم افزارهای مختلف کامپیوتری و برنامه نویسی و تکنیک های ریاضی برای حل مشکل جهت جریان توزیع آب در شبکه توسعه یافته است. اگرچه چنین تلاش‌هایی ناکافی هستند، اما اکثر آنها قابل قبول هستند. این مطالعه بر روی ArcGIS از نظر تولید و گسترش نرم‌افزار متمرکز است که یک مدل کامل خوب برای ضبط، ذخیره‌سازی، مدیریت و تجزیه و تحلیل شبکه‌ها ارائه می‌دهد.

کاربرد GIS در شبکه توزیع آب توسط بسیاری از محققین ثابت شده است (به عنوان مثال، رامیرز، ۱۹۹۷؛ نوبل، ۱۹۹۸؛ بهادر و همکاران، ۲۰۰۰؛ د شاتزن و بولوس، ۲۰۰۱؛ نیلسن، ۲۰۰۵؛ رنگزان و محرابی، ۲۰، ۲۰). و همکاران، ۲۰۱۱؛ پیتر و همکاران، ۲۰۱۲؛ متیو و همکاران، ۲۰۱۴). هدف از تحقیق آنها انتقال اطلاعات بین پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف، توسعه پایگاه‌های اطلاعاتی و مدل‌های هیدرولیک جریان آب است. علاوه بر این، مطیعی و همکاران. (۲۰۰۷) اشاره کرد که به دلیل درگیر بودن تعداد زیادی مجموعه داده، GISمی تولند به عنوان ابزار قدرتمندی برای مهندسان برای تصمیم گیری در مورد نیازهای شبکه توزیع آب مورد استفاده قرار گیرد.

رویکرد سنتی برای تعیین جهت جریان در شبکه لوله، آزمون و خطا است که توسط تجربه و حافظه هدایت می شود. از این رو، مدیران و سایر ذینفعان نمی توانند به طور قطع بر چنین روش هایی تکیه کنند. به همین دلیل، نیاز به تعیین علمی جهت جریان بر اساس مولفه هایX ، Y، Zبا توجه به توپوگرافی و گرانش آن وجود دارد. برای دستیابی به این هدف، استفاده از تشخیص نور و محدوده (LiDAR) به عنوان کاربردی ترین رویکرد دیده می شود. امروزه بستر به یک تکنیک قابل اعتماد برای جمع آوری داده ها از سطح زمین تبدیل شده است. با استفاده از پتانسیل LiDAR که قادر به گرفتن سریع و دقیق داده هایX ، Y، Zدر مناطق بزرگ است، می توان ارتفاع-Z) (valueهر نقطه از شبکه لوله را استخراج کرد. ارتفاع دو نقطه انتهایی هر خط لوله می تواند جهت جریان یک لبه آبی را از سطح بالا به سطح پایین نشان دهد.

مشکلات خط لوله شبکه آب معمولاً با استفاده از روش های عددی قابل حل است در حالی که هر راه حل تحلیلی مستلزم استفاده از برخی معادلات همزمان است. برای حل مشکلات شبکه خط لوله در تعیین جریان جهت، معمولاً از سه روش ساده استفاده می شود: روش تئوری خطی. روش نیوتن رافسون؛ و روش هاردی کراس.

دو روش اول برای طراحی شبکه درختی مناسب هستند (ژنگ، ۲۰۱۳). و برای آخرین روش، Tospornsampan و همکاران. (۲۰۰۷) ادعا کرد که متداول‌ترین روش‌های تحلیل مورد استفاده، روش هاردی کراس است که شامل یک سری اصلاحات و تقریب‌های متوالی برای جریان در خطوط لوله جداگانه است.

با توجه به پیچیدگی مشکلات سیستم توزیع آب، مطالعات زیادی در زمینه های مختلف مهندسی آب برای بهبود یا توسعه تکنیک های طراحی WDS ها در ۴۰ سال گذشته انجام شده است، مانند عرضه و تقاضای آب، منابع آب، آب های زیرزمینی، بحران آب و سیستم توزیع آب (ژنگ[1]، ۲۰۱۴). او ثابت کرده است که مهندسان آب به طور سنتی سیستم های توزیع آب را با استفاده از روش آزمون و خطا طراحی کرده اند و نتیجه طراحی نهایی تلفیقی از تجربه و قضاوت مهندسی است. با این حال، رویکرد آزمون و خطا عموماً زمان‌بر است و معمولاً فقط تعداد بسیار محدودی از طرح‌های WDS را می‌توان توسعه و ارزیابی کرد، که نشان می‌دهد یک راه‌حل رضایت‌بخش نتیجه است نه راه‌حل بهینه. با توجه به دومی، مطالعات گسترده ای در حال انجام بود که عمدتاً بر روی سیستم توزیع آب متمرکز بود.

رویکرد سنتی برای تعیین جهت جریان در شبکه های لوله، آزمون و خطا است که توسط تجربه و حافظه هدایت می شود. از این رو، مدیران و سایر ذینفعان نمی توانند به طور قطع بر چنین روش هایی تکیه کنند. به همین دلیل، نیاز به تعیین علمی جهت جریان بر اساس مولفه های X، Y، Z با توجه به توپوگرافی و گرانش آن وجود دارد.

آب و برق بخش های مهم توسعه شهرها هستند. شبکه های آب نقش اصلی را در گسترش انواع مختلف کاربردهای عمرانی مانند: مسکونی، تجاری، اقتصادی و... این امر در کنار افزایش قیمت و اخلال زیست محیطی کم آبی نشان می دهد که چرا شرکت ها و ادارات مربوطه به بهره برداری بهینه از منابع توجه کامل دارند. بیشتر تحقیقات اولیه در این زمینه بر تهیه پایگاه داده برای سیستم ها و خدمات مربوطه متمرکز شده است. این پایگاه داده که باید به صورت جغرافیایی کار شود باید قبل از دفن شبکه با طراحی شبکه همراه باشد. اگرچه بسیاری از

[1] Zheng

محققین توانایی GIS را در شبکه آب و فاضلاب شهری به شرح رنگزن و همکاران[1] نشان داده اند. (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸)، پیش‌نمایش‌ها بر روی جهت جریان خط لوله آب توجه کمتری به نرم‌افزار GIS برای تعیین جهت جریان داشتند. این مطالعه به دلیل توانایی ها و برخی مزایای انحصاری بر استفاده از نرم افزار GIS تمرکز دارد. به عنوان مثال: پایگاه داده جغرافیایی، شبکه هندسی و توپولوژی. مشکلات به شرح زیر است:

- تخصیص روش بهینه برای جهت جریان در هر دو شبکه لوله "درخت" و حلقه شبکه خط لوله.
- به‌رغم تجربیات تکنسین‌ها و مشاوره آن‌ها، تکنیک‌های سنتی جهت جریان را که مبتنی بر آزمون و خطا است، با استفاده از یک راه‌حل بالقوه مانند داده‌های LiDAR، به صورت علمی حل و تجزیه و تحلیل کنید.

هدف از این مطالعه بررسی استفاده بالقوه از داده‌های LiDAR برای ایجاد یک مدل ارتفاعی دیجیتال (DEM)[2] و متعاقباً مدل سطحی سه بعدی برای استخراج مقادیر دقیق Z^3 با توسعه برنامه‌ای برای پشتیبانی از توسعه مناسب / ابزار تحلیل شبکه[4] سودمند است. مجموعه داده (شبکه هندسی) برای تعیین جهت جریان شبکه خط لوله آب در مناطق شهری و مسکونی.

در کاربردهای شبکه برق، جهت کالایی که در امتداد لبه ها جریان دارد، جزء ذاتی، جدایی ناپذیر و دائمی شبکه است. با توجه به افزایش پروژه‌های ساخت‌وساز در اکثر شهرها یا شهرهای بزرگ جدید، شبکه خط لوله جهت جریان چاه برای مهندسان عمران، برنامه‌ریزان شهر، سازمان‌های دولتی، مرجع مدیریت آب و سایر ذینفعان از نظر صرفه‌جویی در انرژی، هزینه و زمان مفید خواهد بود. بدیهی است که با افزایش تراکم جمعیت و شهرسازی، نوکری های شهری باید از نظر علمی بهینه شود.

مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است، در بخش ۲ مروری بر ادبیات ارائه شده است، سپس در بخش ۳ مواد و روش ارائه شده است. در بخش ۴ بحث بر روی نتایج به دست آمده انجام شده و در نهایت نتیجه گیری در بخش ۵ نشان داده می شود.

۲- پیشینه پژوهش

رنگزان (۲۰۰۸) یک پایگاه داده جغرافیایی برای شهر اهواز با ارئه یک راه حل صرفه جویی در هزینه برای کاربران نهایی برای دسترسی به مجموعه داده های مکانی به روز، و سفارشی سازی برای موضوعات خاص برای کاربران با دانش محدود GIS ایجاد کرد. علاوه بر این، متیو و آماندا (۲۰۱۴) توسعه پایگاه داده ای از چندین سیستم توزیع آب را توصیف کردند. مدل های توسعه یافته شامل شبکه های کوچک و متوسط و همچنین اجزای سیستم مانند تعداد مخازن یا مخازن، لوله ها، ایستگاه های پمپ و منابع تامین می شود. همه مدل ها برای پشتیبانی از استفاده از نرم افزار مدل سازی سیستم توزیع آب توسعه یافته اند.

[1] Rangzan et al
[2] Digital Elevation Model
[3] accurate Z-values
[4] *Utility Network Analyst Tools*

آلپروویتس و شـــامیر[1] (۱۹۷۷) یک رویکرد ریاضـــی (روش گرادیان برنامه ریزی خطی) را پیشـــنهاد کردند که پیچیدگی یک مسئله غیرخطی اصلی را با حل یک سری مسائل فرعی خطی کاهش داد. آنها یک مدل بهینه سازی را با یک روش دو مرحله ای (خارجی و داخلی) فرموله کردند، که در آن روش بیرونی وضعیت جریان را برای یک شـــبکه معین حل می کند در حالی که روش داخلی راه حل بهینه متغیرهای شـــبکه (قطر لوله) را برای جریان داده شـده تعیین می کند. توزیع این رویکرد نوآورانه توسـط بسـیاری از محققین مانند (کویندری و همکاران[2]، ۱۹۸۱)، (گوتر و همکاران[3]، ۱۹۸۶)، (کسلر و شامیر[4]، ۱۹۸۹)، و (فوجیورا و کانگ[5]، ۱۹۹۰) اتخاذ و توسعه داده شد. جان و مارگارت[6] (۲۰۰۰) تکرار کرده اند که روش های سنتی طراحی شبکه های توزیع آب محدود است زیرا پارامترهای سیستم اغلب تعمیم می یابد. مهندسان طراح حتی با استفاده از مدل های شبیه سازی شبکه های هیدرولیک هنوز با یک کار پیچیده و دشـوار روبرو هسـتند. جالب اسـت که حدس بزنیم که چرا چنین مدل هایی به طور منظم توسـط مهندسـان طراح مجرب پیاده سـازی نمی شـوند، با طیف گسـترده ای از مدل های بهینه سـازی موجود و دلیل اصـلی آن نبود بسته بندی مناسب برای مدل های طراحی بهینه است.

متیو و آماندا[7] (۲۰۱۴) توضیح دادند که توپوگرافی منطقه و چیدمان خیابان ها به شـدت تحت تأثیر طراحی سیسـتم های توزیع قرار دارد. از این رو، پیکربندی یک سیستم توزیع نسبتاً به عنوان شبکه های شریانی و شبکه های توزیع با قرار دادن شبکه های انتقال طبقه بندی می شود. بزرگترین خطوط در سیستم های توزیع، یعنی شبکه های انتقال – جریان های زیادی را به شبکه های شریانی منتقل می کنند. خطوط شریانی جریان را به شبکه توزیع می‌رسانند.

۳- مواد و روش

این مطالعه بر جهت جریان خطوط لوله آب در منطقه شهری/ساخت‌شده تامان موتیارا رینی در جوهور بهرو که بین ۵۷۱ ° 30 °″ و ° 52 ° 31 ° ° عرض جغرافیایی و بین ۱۰۳ ° 24 ° 37 ° و ۱۰۳ ° واقع شده است متمرکز است. طول جغرافیایی ۳۸ ′۵۲″ (شکل ۱.۱) (پیوست A). جوهور با جمعیتی حدود ۳ میلیون نفر در جنوبی ترین قسمت شـبه جزیره مالزی واقع شـده اسـت. می توان آن را یکی از ایالت های مرفه مالزی دانسـت که از نظر محیط های سیاسی و اقتصادی تقریباً با ثبات است.

تامین آب در جوهور به (SAJH)[8]، یک شـرکت تابعه از Ranhill Utilities Berhad (RUB)[9]، یک شـرکت سـهامی عام فهرسـت شـده در بورس اوراق بهادار کوالالامپور (KLSE)[10] موظف اسـت. SAJH در حال حاضـر حدود ۸۳۰۰۰۰ مشـتری را در سـراسـر ایالت جوهور که ۹۹ درصـد جمعیت را پوشـش می دهد، تامین می کند. این

[1] Alperovits and Shamir
[2] Quindry *et al*
[3] (Goulter *et al*
[4] Kessler and Shamir
[5] Fujiwara and Kang
[6] John and Margaret
[7] Matthew and Amanda
[8] Syarikat Air Johor Holdings
[9] Ranhill Utilities Berhad
[10] Kuala Lumpur Stock Exchange

کار را از طریق تصفیه آب در کارخانه های تصفیه آب (WTP)[1] و یک سیستم توزیع شامل ۴۷۳ مخزن، ایستگاه های پمپاژ تقویت کننده (BPSs) و نزدیک به ۱۵۰۰۰ کیلومتر لوله کشی مدیریت می کند. به عنوان یکی از قراردادهای امتیازی با دولت ایالتی، SAJH باید سطح آب غیر درآمدی (NRW)[2] در ایللت را از ۴۰ درصد تخمین زده شده در سال ۱۹۹۹ به ۲۰ درصد تا سال ۲۰۱۳ کاهش دهد.

منطقه مورد مطالعه انتخاب شده در Taman Mutiara Rini شامل سه منطقه ترکیبی است که شامل حلقه های پیچیده از نظر جهت جریان آب است (شکل ۱.۱). این سایت در مناطق مسطح و ساخته شده قرار دارد. با توجه به پیچیدگی حلقه ها در تعیین جهت جریان یا تجزیه و تحلیل حلقه ها، منطقه مورد مطالعه به شرح زیر تقسیم می شود. اولین ناحیه لات بزرگترین است که از ۸ حلقه تشکیل شده است که از اجزای خط لوله داده LiDAR استفاده می کند. منطقه لات دوم که ناحیه میانی است (لات دوم) دارای حلقه های نیمه حلقه است در حالی که ناحیه لات سوم شامل ۶ حلقه است که همگی دارای حلقه های پیچیده از نظر جهت جریان آب هستند. علاوه بر این، از ۲ نوع مواد لوله استفاده شد که عبارتند از فولاد نرم (برای خطوط لوله اصلی) و PVC برای شبکه ها (یعنی خطوط لوله ثانویه).

روش تحقیق پیشنهادی به سه مرحله تقسیم می‌شود و این مراحل در یک مسیر متوالی برای دستیابی به اهداف دنبال می‌شوند. الگوریتم روش تحقیق در شکل ۲ در زیر نمایش داده شده است. این رویکرد ۳ مرحله ای در حل مسائل تحقیق اتخاذ شده است. مراحل به طور خلاصه به شرح زیر توضیح داده شده است

[1] Water Treatment Plants
[2] Non-Revenue Water

شکل ۲: موقعیت منطقه مورد مطالعه (Google Map-۲۰۱۴)

مرحله ۱ – جمع آوری داده ها

جمع آوری داده ها مرحله پایه در هر پروژه است. داده‌های جمع‌آوری‌شده در این تحقیق شامل مجموعه داده‌های موجود مانند خطوط لوله، اتصالات، هیدرلنت‌ها، مخازن، دریچه‌ها، و زون‌مترها (یا جعبه‌متر) در قلب فایل‌های شکل، مساحت لات و داده‌های LiDAR توسط هلدینگ Syarikat Air Johor ارائه شده است. SAJH). این نوع داده های برداری در قالب فایل های شکل برای نمایش ویژگی های خطوط لوله و داده های LiDAR هستند، در حالی که داده های شطرنجی برای نمایش سطح هستند.

مرحله ۲ – پردازش داده و توسعه مدل

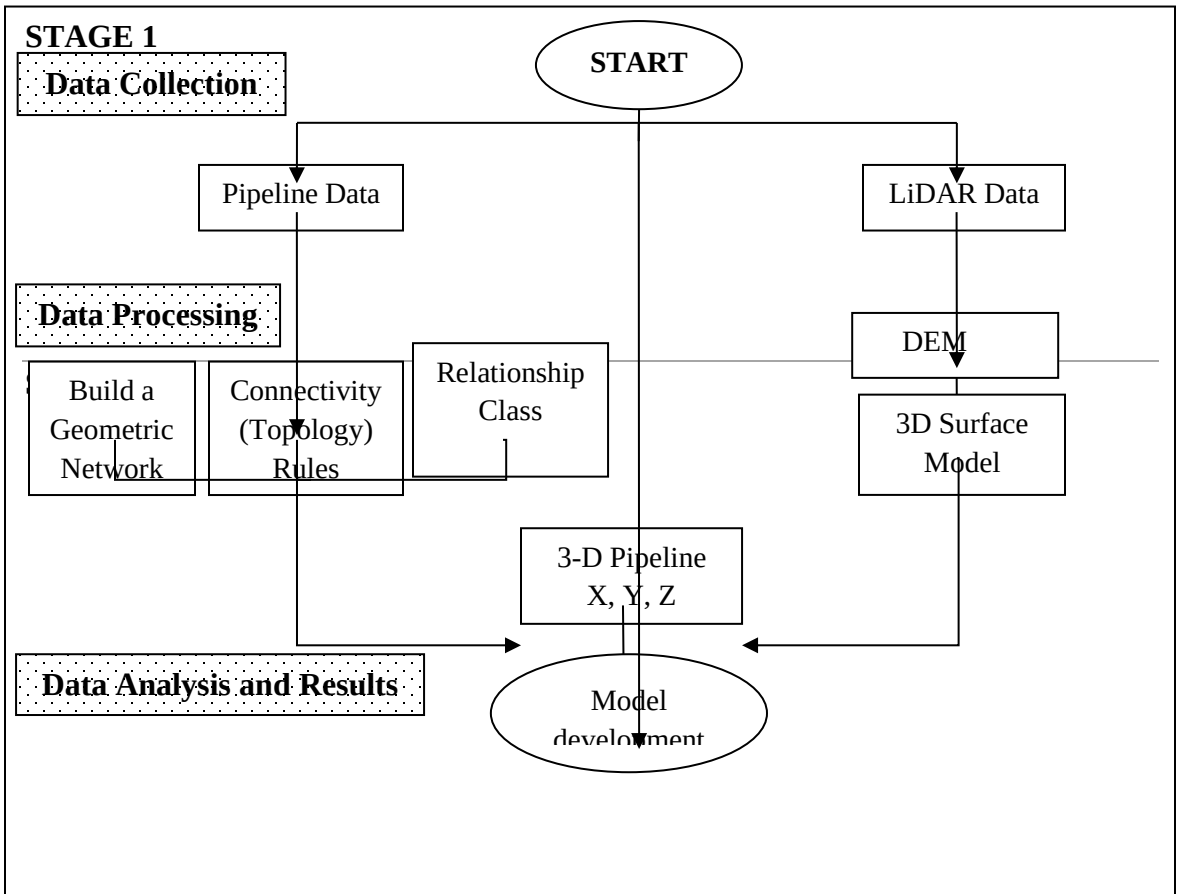
قبل از هر اقدامی در مورد پردازش داده ها، داده ها باید از نظر دقت و صحت بررسی شوند. بازدید از سایت برای دستیابی به این هدف ضروری بود. ارتفاع چند نقطه از منطقه مورد مطالعه به صورت تصادفی با استفاده از GPS

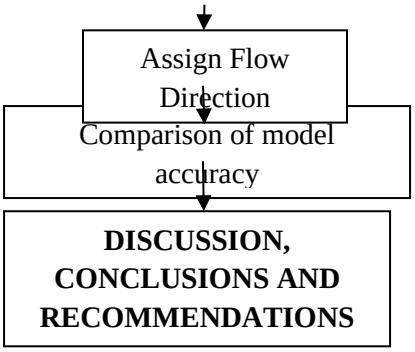
توسط محقق استخراج شده است. نتایج آن نقاط نه تنها از نظر دقت خوب بود، بلکه از دقت بهتری نسبت به جی پی اس برخوردار بود. از این رو، داده ها در قالب فایل شکل در یک مدل داده پایگاه داده جغرافیایی وارد شدند. یک پایگاه داده جغرافیایی مجموعه داده هایی را که در مراحل بعدی مورد استفاده قرار می گیرد، ذخیره، مدیریت، دسترسی و پردازش می کند. محدودیت‌های پایگاه داده‌های جغرافیایی در مجموعه داده‌های ویژگی، مجموعه داده‌های شطرنجی، مجموعه داده‌های شبکه، جداول ویژگی‌ها، توپولوژی‌ها و کلاس‌های رابطه که شامل تمام کلاس‌های ویژگی همه مؤلفه‌ها از جمله مناطق زیادی است تأیید شد.

در طرف دیگر پردازش داده ها همانطور که در نمودار جریان بیان شده است، داده های LiDAR برای تولید مدل رقومی ارتفاع (DEM) و متعاقبا مدل های سطح دیجیتال (DSM) استفاده شده است که برای استخراج و اندازه گیری ویژگی های نقطه ای برای استخراج استفاده شده است. مقادیر ارتفاع (Z).

مرحله ۳ – تجزیه و تحلیل داده ها و نتایج

در این مرحله، لایه‌های خطوط لوله و اجزای خط لوله با مدل سطحی سه‌بعدی برای استخراج مقادیر ارتفاع (Z) پوشش داده شده‌اند. با توجه به نمودار جریان، جهت جریان داده های میدانی به صورت دستی بر اساس جهت جریان از SAJH شبیه سازی شده است. علاوه بر این، جهت جریان مبتنی بر مقادیر Z برای مقایسه و اعتبارسنجی نتایج تحقیق اختصاص داده شده است. در نتیجه، سطح رضایت‌بخش درصد خروجی، استفاده بالقوه از داده‌های LiDAR را در تعیین جهت جریان در سیستم توزیع آب نشان داده است.





شکل ۲: نمودار جریان تحقیق تعیین جهت جریان

۴- نتایج و بحث

این بخش به تشریح نتایج خروجی جهت جریان در شبکه خط لوله آب با استفاده از لبه های آبی اختصاص یافته است. بر اساس نمودار جریان روش تحقیق پس از پردازش داده ها، لایه اجزای خط لوله با خروجی لایه داده LiDAR در محیط GIS همپوشانی شد. با توجه به موارد اخیر، بخش‌های زیر نتایج مدل سطح سه‌بعدی (DSM)[1] از داده‌های LiDAR را نشان می‌دهد، جهت‌های جریان داده‌های میدان را اختصاص می‌دهد، مطابق نمودار جریان، جهت جریان داده‌های میدان به صورت دستی با استفاده از روش جدید شبیه‌سازی شده است. ابزارهای توسعه (Flow Direction of Individual Hydro-Edge) روی پایه جهت جریان از SAJH، ترکیبی از اجزای خط لوله و لایه های LiDAR (CPL)، فرمولاسیون سه نوع جهت جریان در هر شبکه خط لوله آب، تعیین جهت جریان را نشان می دهد. از خطوط لوله آب به صورت علمی بر اساس مقادیر Z و تجزیه و تحلیل حلقه‌های خطوط لوله آب، از روش‌های هاردی کراس و دارسی ویزباخ برای تحلیل نقشه شبکه خط لوله آب برای تعیین حلقه‌ها بر حسب درصد ورودی و خروجی هر حلقه استفاده شد. با توجه به ادبیات، عدد رینولدز برای یک لیتر آب در دمای تقریبی ۲۵ درجه سانتیگراد که از لوله هایی با ابعاد مختلف جریان می یابد. از این رو، بخش پایانی اطلاعات مربوط به دقت روش پیشنهادی را تشریح می کند.

۴-۱- طراحی و توسعه پایگاه های جغرافیایی

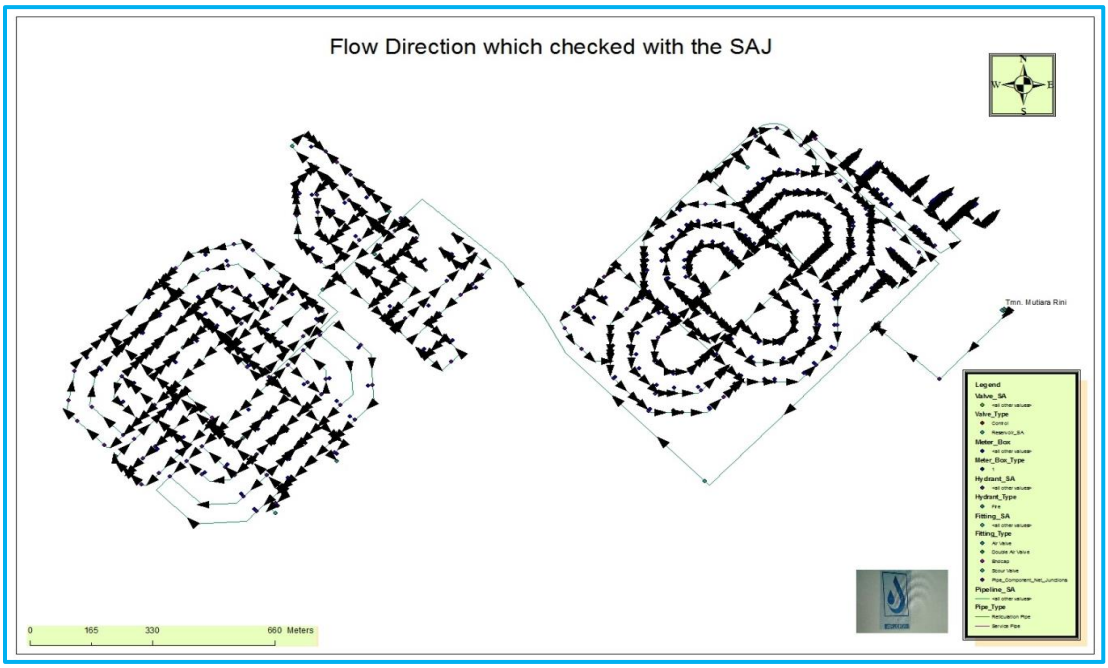
نتایج نشان دهنده توانایی بالای پایگاه داده های مکانی برای مدیریت شبکه های خط لوله آب است. نرم افزار ArcGIS اساساً مبتنی بر مدل داده های پایگاه داده جغرافیایی است. Geodatabase قدرت نرم افزار GIS است. بر اساس این تحقیق، یک پایگاه داده جغرافیایی برای مدیریت بهینه شبکه خط لوله آب در تامان موتیارا رینی ایجاد شد. متعاقباً با توجه به نیازهای سازمانی بر اساس موقعیت‌های موجود و آینده‌نگری‌های آتی، کلاس‌های شی پایگاه داده جغرافیایی (جدول)، مجموعه داده‌های ویژگی و کلاس‌های ویژگی ایجاد شد و دامنه‌های زیرنوع و صفت برای جلوگیری از وارد کردن ویژگی‌های خارج از محدودیت تخصیص یافت. دو نوع داده مکانی در پایگاه داده جغرافیایی جاسازی شده است. LiDAR و داده های برداری تمام اجزای لوله آب در مدل برداری هستند.

[1] 3D Surface Model

داده های برداری در پایگاه داده های جغرافیایی شخصی به صورت فشرده بدون کاهش عملکرد ذخیره می شوند. پس از فشرده سازی، عملکرد نمایش و پرس و جو با داده های فشرده نشده قابل مقایسه است. داده های فشرده در قالب دسترسی مستقیم هستند، بنابراین نیازی به غیر فشرده سازی داده ها نیست زیرا ArcGIS و ArcReader می توانند مستقیماً آن ها را بخوانند.

۴-۲- جهت جریان شبکه خط لوله موجود

به عنوان بخشی از ساخت شبکه هندسی، جهت جریان به هر Hydro-Edge اختصاص داده می شود تا جریان را به سمت نزدیکترین سینک هدایت کند. برای شناسایی جهت جریان، ابتدا اتصالات هیدرولیکی که به عنوان سینک عمل می‌کنند شناسایی می‌شوند و از ابزار تحلیل شبکه ابزار برای تعیین جهت جریان در هر لبه استفاده می‌شود. بنابراین جهت جریان داده های میدانی (خط لوله های موجود) در شبکه توزیع آب شبیه سازی شد. به عبارت دیگر، جهت جریان لبه های درخت به طور خودکار و به طور منظم تعیین می شد، در حالی که جهت جریان حلقه های خط لوله به صورت دستی یعنی به طور جداگانه برای هر خط لوله تعیین شده ایجاد می شد. تعیین جهت جریان کل شبکه مطابق با جهت جریان موجود که توسط هلدینگ Syarikat Air Johor ارائه شده است (شکل ۳) مشخص شد.



شکل ۳: جهت جریان در Taman mutiara Rini

۴-۳- داده های لیدار و مدل سطح سه بعدی

امروزه داده های LiDAR (تشخیص و محدوده نور) به روشی شناخته شده برای استخراج و استخراج اطلاعات هندسی سه بعدی تبدیل شده است. این روش یک تکنیک نسبتا سریعتر برای استخراج مدل های سطح دقیق است.

علاوه بر این، پتانسیل خوبی برای ایجاد DEM، مدل سطح سه بعدی، جهت جریان شطرنجی و سایر محصولات نقشه برداری ارائه می دهد. در نظر گرفته شده است که LiDAR چندین مزیت بالقوه برای ایجاد DEM ها ارائه می دهد (Unger et al., 2014).

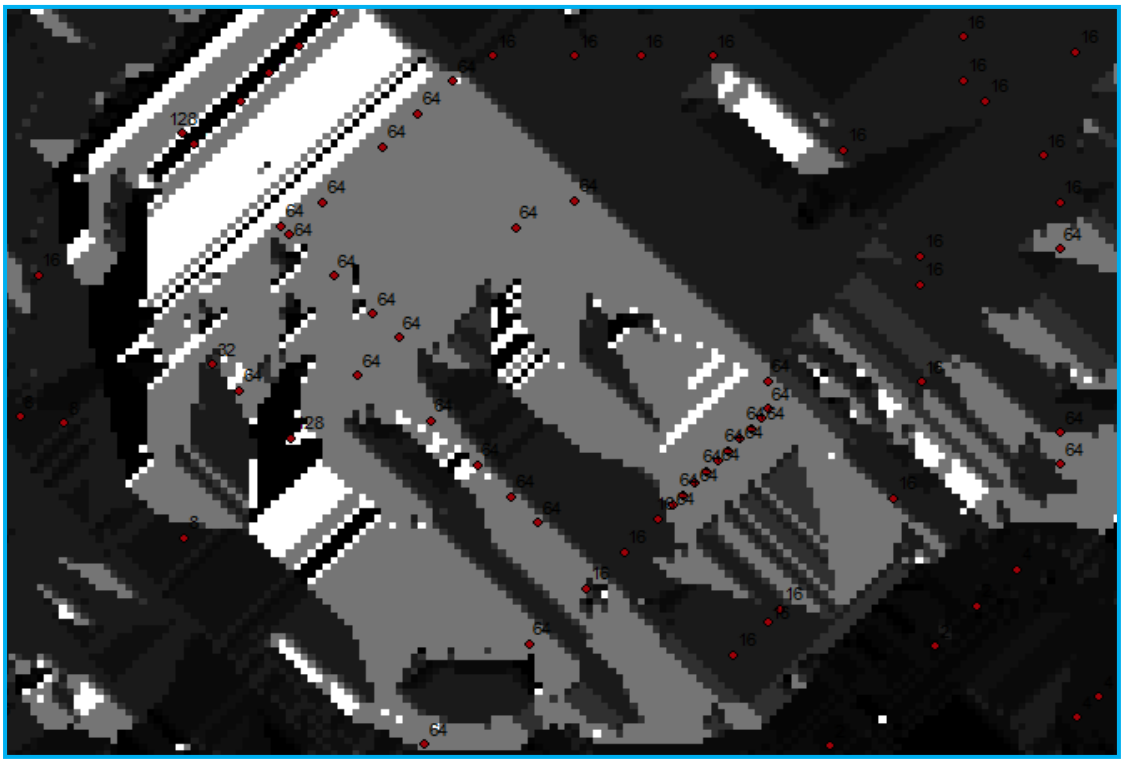
DEM های تولید شده از LiDAR دارای چندین قابلیت از جمله فرآیند خودکار، دقت دسی متر و تولید سریع مدل سطح سه بعدی هستند که در این تحقیق مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۴). علاوه بر این، می‌تواند داده‌های دقیق X، Y و Z را در پوشش وسیع استخراج کند.

در شکل ۵، نقاط قرمز رنگ در مدل سطح سه بعدی (شطرنجی جهت جریان) گره هایی هستند که اطلاعات مربوط به مقادیر Z (ارتفاع) استخراج شده از لایه سه بعدی را ارائه می دهند. این به عنوان معیاری برای تعیین جریان لبه (خط لوله) که دو نقطه انتهایی خط لوله است استفاده می شود.

۴-۴-ترکیبی از LiDAR و جهت جریان خطوط لوله

جهت جریان هر لبه (خط لوله) با توجه به مقادیر Z استخراج شده از مدل سطح سه بعدی (Flow Direction Raster)با استفاده از ابزار جهت جریان تعیین شد. به عبارت دیگر، جهت جریان هر لبه از سطح بالاتر به پایین‌تر از مقادیر Z که در شکل ۶ نشان داده شده است، تعیین می‌شود.

شکل ۴: مدل سطح سه بعدی



شکل ۵. مقادیر Z اتصالات لوله استخراج شده از DEM

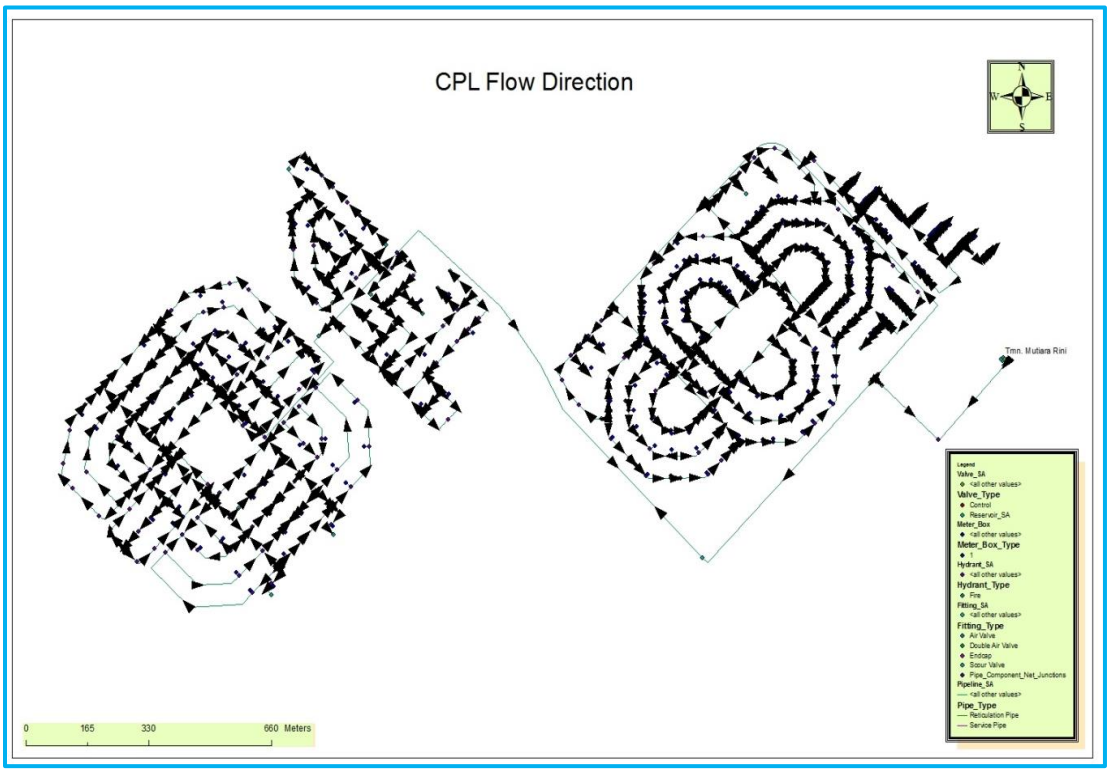
۴-۵- دقت و اعتبار

تجزیه و تحلیل و مقایسه جهت جریان شبکه خط لوله می تواند از نظر به دست آوردن دقت و اعتبار آن مفید باشد و روش رایج برای قضاوت در مورد ارزش یا کیفیت آن است. اولین و مهمترین گام در تحلیل هر شبکه، شناسایی نتایج مناسب جهت جریان است. در این تحقیق جهت جریان شبکه لوله آب معیاری برای تحلیل حلقه شبکه می باشد. برای تعیین جهت جریان داده های میدانی، اولویت اول شناسایی اتصالات آبی است که به عنوان سینک عمل می کنند. بنابراین جهت جریان خطوط لوله موجود در شبکه توزیع آب شبیه سازی شد. اما از سوی دیگر جهت جریان هر لبه (خط لوله) با توجه به مقادیر Z که از مدل سه بعدی سطح (Flow Direction raster) استخراج شده است، از سطح بالاتر به پایین مقادیر Z تعیین شد. کمترین درصد مخالف جهت جریان در درخت شبکه است. و بالاترین در حلقه ها هستند. در شبکه درختی داده های میدانی جهت جریان به طور پیوسته است اما جهت جریان تکنیک جدید گاهی اوقات نادیده گرفته می شود. در نهایت، درصد موافق و مخالف اعتبار این تحقیق را نشان می دهد. نتایج جهت جریان ترکیب خطوط لوله و LiDAR با نتایج ارائه شده توسط SAJ مقایسه شد و نتایج در زیر آمده است:

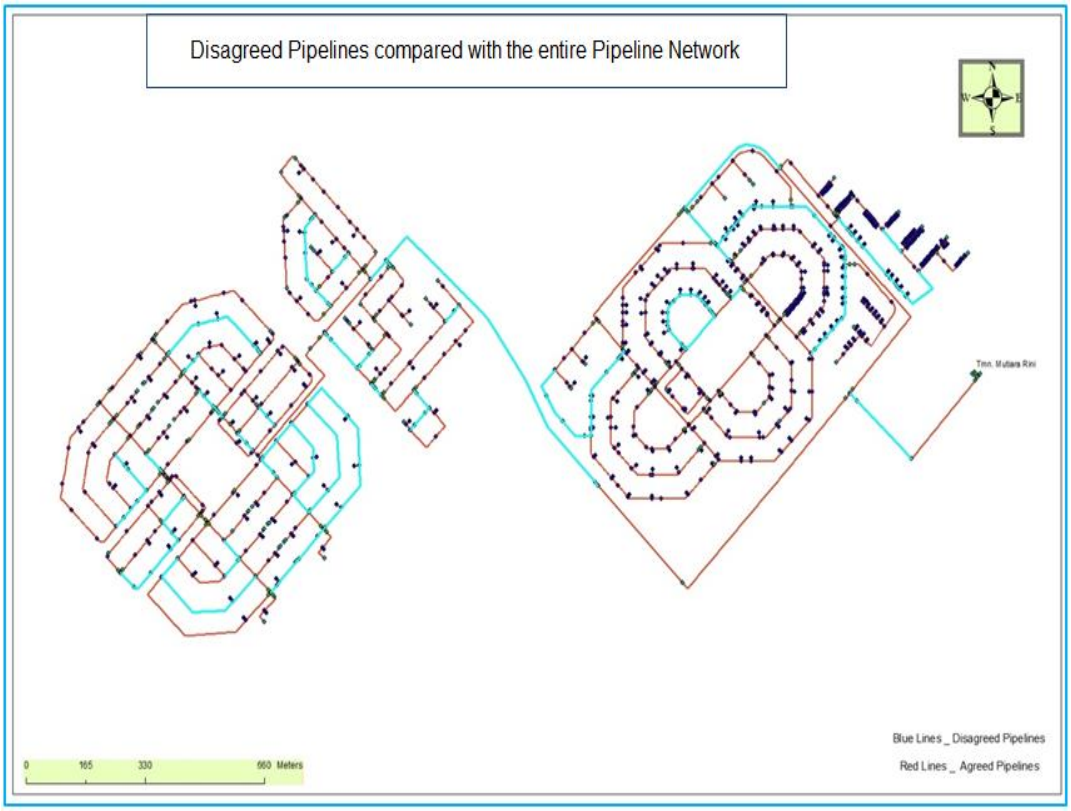
۷۹. ٪ = جهت جریان توافقی. و

۲۱. ٪ = جهت جریان مخالف.

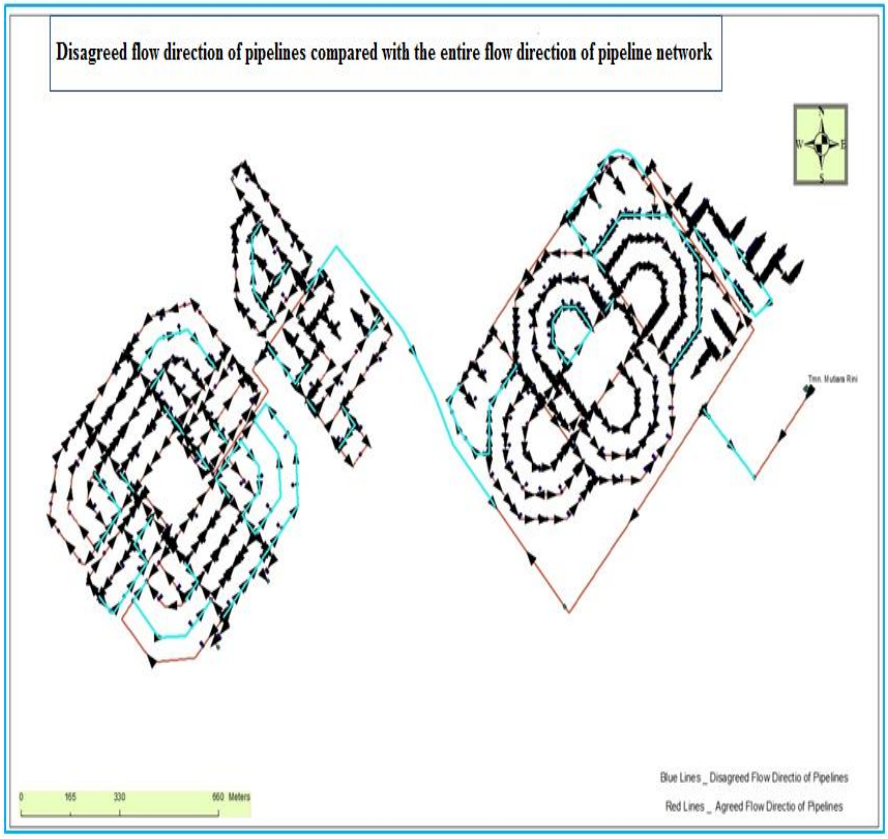
در شـکل ۷، خطوط مشـخص شـده (به رنگ آبی) جهت جریان متناقض خطوط لوله در شـبکه خط لوله آب را بر اساس داده های میدانی نشان می دهد در حالی که خطوط قهوه ای جهت جریان توافق شده را نشان می دهند. برای درک بهتر و نشان دادن جهت جریان شبکه، فلش های شکل ۸ جهت جریان را نشان می دهند.



شـــکـل ۶: جـهـت جـریـان خـطـوط لـولـه کـه از DEM LiDAR تـعـیـیـن شـــده اســـت



شـــکـــل ۷: خـطـوط لـولـه مـخـالـف در مـقـایســـه بـا کـل شـــبـکـه خـط لـولـه



شکل ۸: جهت جریان متناقض خطوط لوله در مقایسه با کل جهت جریان شبکه خط لوله

در شـکل ۹، خطوط مشـخص شـده (به رنگ آبی) با فلش، جهت جریان مخالف و خطوط قهوه ای با فلش، جهت جریان توافق شده در شبکه خط لوله آب هستند. در شکل ۹، خطوط آبی با فلش، جهت جریان توافق شده را نشان می دهند و خطوط قهوه ای با فلش، جهت جریان مخالف خطوط لوله را در شبکه خط لوله آب نشان می دهند.

شـکل ۱۰ تفاوت بین جهت جریان در ترکیب خطوط لوله و LiDAR را با مسـیر موجود نشـان می دهد. جهت جریان برجسته Hydro-Edge از محصـول LiDAR با جهت جریان SAJ (از سـطح بالاتر به پایین تر) مخالف بود. با این حال، همانطور که در فرمول های زیر نشان داده شده است، سه نوع جهت جریان در هر شبکه خط لوله آب وجود دارد. معادله ۱ جهت جریان هر لبه در شبکه آب به ویژه در حلقه ها را نشان می دهد.

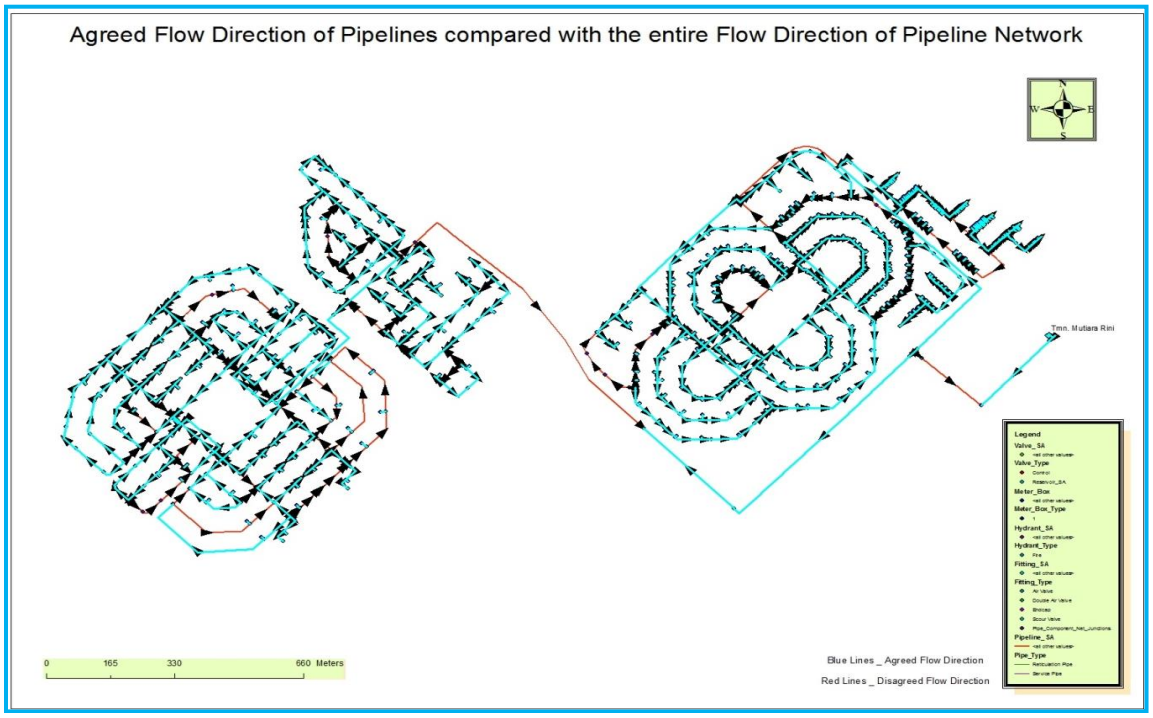
$$\begin{cases} Z_{HL} > Z_{LL} & \text{IFD is Normal}^1 \\ Z_{HL} = Z_{LL} & \text{IFD is Level Ground}^2 \\ Z_{HL} < Z_{LL} & \text{IFD is Opposite} \end{cases} \qquad (1)$$

در رابطه بالا Z :مقدار ارتفاع است HL .سطح بالاتری دارد. و LL سطح پایین تری است.

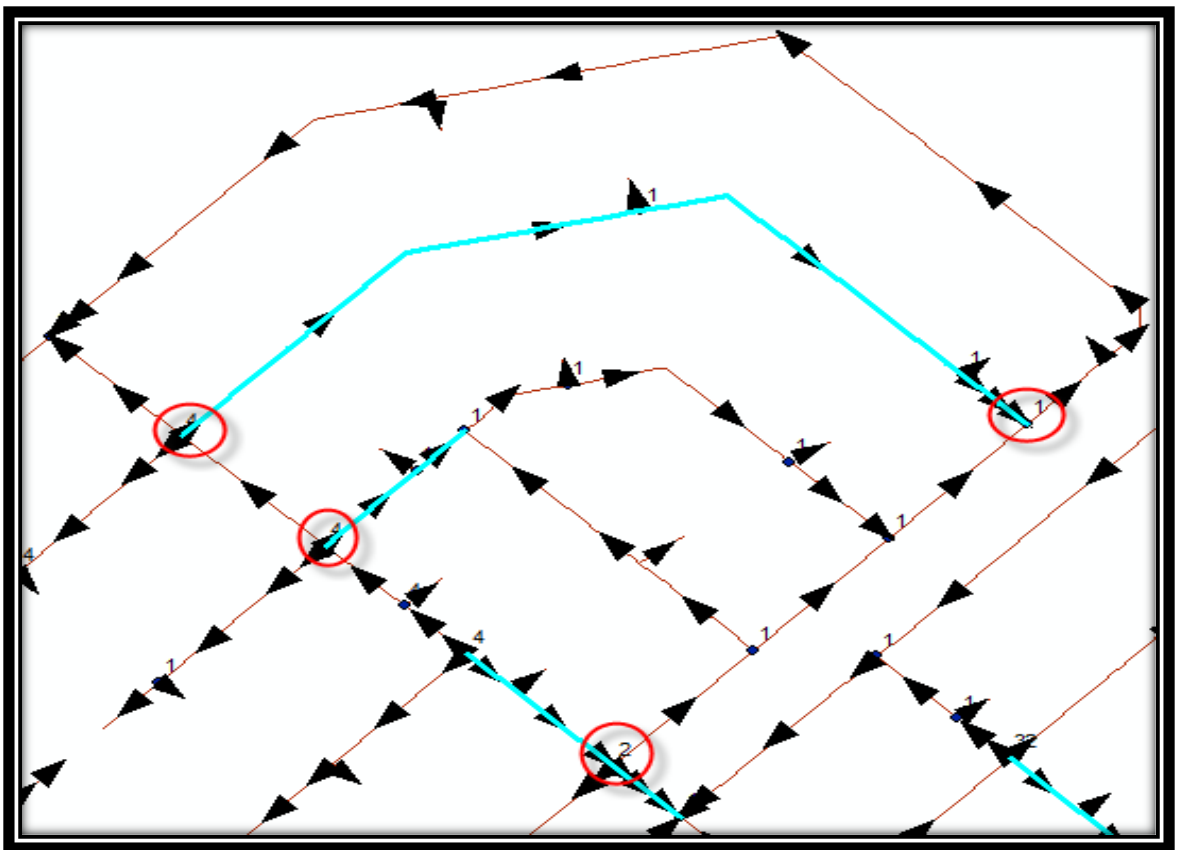
[1] Z_{HL} = Higher Level Elevation IFD = Individual Flow Direction

[2] Z_{LL} = Lower Level Elevation

نوع اول، آب از سـطح بالاتر به پایین تر جریان می یابد که مطلوب اسـت همانطور که در شـکل زیر مشـاهده می شود، جهت جریان از ۴ به ۱ است (IFD: $Z_{HL} > Z_{LL}$ Normal). نوع دوم، آب در همان سطح جریان دارد، زیرا فشار آن نیز رضایت بخش است (IFD: $Z_{HL} = Z_{LL}$ Level Ground). نوع سوم جهت جریان، آب در جهت نامطلوب می رود همانطور که در شکل ۹ مشاهده می شود، به عنوان مثال، آب از ۱ به ۴ جریان می یابد در حالی که، آب باید از ۴ به ۱ جریان داشته باشد، (IFD: $Z_{HL} < Z_{LL}$ مخالف) .



شکل ۹: جهت جریان توافق شده خطوط لوله در مقایسه با کل جهت جریان شبکه خط لوله



شکل ۱۰: بخشی از جهت جریان ترکیب خطوط لوله وLiDARConclusion

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، استفاده از جهت جریان در شبکه توزیع آب (WDN) برای بهینه‌سازی مدیریت آب در مناطق شهری در سراسر جهان رایج‌تر می‌شود. به همین دلیل این منطقه مورد مطالعه (تامان موتیارا رینی) با حلقه‌های پیچیده مختلف که در جوهور بهرو[1] قرار دارد، برای تحلیل و مقایسه با روش دارسی وایزباخ انتخاب شد. منطقه مطالعه انتخاب شده نسبتا مسطح است و استفاده بالقوه از داده های LiDAR را در تعیین جهت جریان در شبکه توزیع آب ارائه می دهد.

مکانیسم (پایگاه جغرافیایی) ذخیره‌سازی داده‌های مکانی و داده‌های غیرمکانی (ویژگی) به چندین کاربر اجازه می‌دهد به طور همزمان به یک پایگاه داده مشترک دسترسی داشته باشند، بخوانند و بنویسند. پایگاه داده جغرافیایی به عنوان سلسله مراتب اشیاء داده های جغرافیایی سازماندهی شد و موارد بیشتری مانند فیلدها، دامنه ها، کلاس های رابطه، زیرگروه ها، توپولوژی ها و شبکه های هندسی (اتصالات) نیز تعریف و ایجاد شدند. کلاس‌های ویژگی پایگاه داده جغرافیایی به‌عنوان منبع داده برای تعریف شبکه هندسی که در آن ویژگی‌های مختلف در شبکه هندسی کار می‌کنند و قوانین نحوه جریان منابع از طریق شبکه هندسی استفاده شد. علاوه بر این، دامنه‌های ویژگی و انواع فرعی تولید شد و روابط بین اشیاء برای ارزیابی شبکه خط لوله آب با داده‌های جهت جریان تعریف شد.

[1] Johor Bahru,

برای دستیابی به هدف دوم، فرآیند خودکار جهت جریان صحیح را با موفقیت به اکثر Hydro-Edge ها اختصاص می دهد. در مورد حلقه ها، جهت جریان را نمی توان به طور خودکار اختصاص داد زیرا جهت پایین دست را نمی توان تنها با اطلاعات گرافیکی تعیین کرد. هنگامی که این اتفاق می افتد، جهت جریان باید به صورت دستی اختصاص داده شود. از این رو، با توجه به منبع و سینک در تعیین جهت جریان به صورت دستی با استفاده از ابزار (IFD)[1] (پسوند جدید). فرآیند تکراری تکرار می شود تا زمانی که جهت جریان کل شبکه جهت جریان مشابه داده های میدانی مشخص شود.

با تجزیه و تحلیل سپس مقایسه نتایج دو نمونه یعنی روش هاردی کراس و دارسی وایزباخ مشخص می شود که در هر دو نمونه، مجموع جریان ورودی حدسی شده و واقعی در هر دو روش یکسان است، اما تفاوت بین افت کل هد جهت CW و CCW در روش هاردی کراس نسبت به روش دارسی وایزباخ به یکدیگر نزدیک است. از این رو، نرخ جریان همه حلقه ها در شرایط یکسان با استفاده از روش هاردی متقاطع متعادل می شود، اما ۳۳ درصد از حلقه ها با استفاده از روش دارسی ویزباخ متعادل نمی شوند.

رویکرد سنتی برای تعیین جهت جریان در شبکه های لوله در محدوده شهری با آزمون و خطا با هدایت تجربی و حافظه پرسنل فنی و طراحی نهایی حاصل ترکیبی از تجربه و قضاوت مهندسی است. امروزه مدیران، مهندسان و سایر ذینفعان نمی توانند به طور قطع بر چنین رویکردی تکیه کنند. به همین دلیل، نیاز به تعیین جهت جریان است که به صورت علمی با استفاده از مقادیر X، Y و Z با توجه به توپوگرافی و جریان گرانشی آن تعیین شود. برای دستیابی به این هدف، استفاده از داده های تشخیص نور و محدوده (LiDAR) می تواند کاربردی باشد.

به طور کلی ترکیب داده های LiDAR و تشخیص خطوط لوله می تواند به عنوان ابزار خوبی برای ساخت شبکه خطوط لوله استفاده شود. اگر داده‌های LiDAR در دسترس باشد، هرچند هزینه بر باشد، و هیچ اطلاعات دیگری در مورد Z-value خط لوله در دسترس نباشد، می‌توان این تکنیک را به کار برد.

Refrence

Bahadur, R., Pickus, J., Amstutz, D. and Samuels, W. (2000). A GIS-based water distribution model for Salt Lake City. Science Applications International Corporation, 1410 Springhill Rd., McLean, VA 22102.

Corneliu Arsene, Andrzej Bargiela and David Al-Dabass (2000). Simulation of Network Systems Based on Loop Flows Algorithms. School of Computing and Mathematics, Nottingham Trent University, Nottingham NG14B.

Daniel R. Unger, I-Kuai Hung, Richard Brooks and Hans Williams. (2014). Estimating number of trees, tree height and crown width using LiDAR data, GIScience & Remote Sensing, 51:3, pp227- 238.

De schaetzen, W. and Boulos, P.F. (2001). Optimal water distribution system management using ESRI MapObject Technology. North Lake Avenue, Suite 1200, Pasadena, CA 91101.

Dennis L. Sadowski, S.I. Abdel-Khalik. (1997). Investigation of 100 cm^2 Test Hardware Hydraulic Characteristics via theoretical, experimental and numerical tools, Final Report, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.

[1] Individual Flow Direction

Engineering Design Encyclopedia, http://www.enggcyclopedia.com/2011/09/absolute-roughness/and http://neutrium.net/fluid_flow/absolute-roughness.

ESRI Website. (2005). ArcGIS Desktop Help.

ESRI. (2005). Advanced Water Distribution Modeling and Management. Published by Briantonor, Section 8.2, pp305- 306.

ESRI. (2007). Esri Software, GIS Dictionary, http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/search.

ESRI. (2008). Arc GIS 9.3 Desktop Help, 3-D Surfaces, http://webhelp esri.com arcgisdesktop/9.2/index.cfm, TopicName, About_3D_surfaces.

ESRI Website, ArcGIS Desktop Help, http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3.

Fujiwara, O. and Kang, D. B., A. (1990). Two-phase decomposition method for optimal design of looped water distribution networks. *Water Resources Research*, ,26: 4, pp539- 549.

Google Map. (2014). Mutiara Rini, Persiaran Jasa 1, Taman Mutiara Rini, Johor Bahru, Johor.

Goulter, I. C., Lussier, B. M. and Morgan, D. R. (1986). Implications of head loss path choice in the optimization of water distribution networks. *Water Resources Research*, 22: 5, pp819- 822.

Goulter, I. C. (1992). Systems analysis in water-distribution network design: from theory to practice. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, , 118: 3, pp238- 248.

Harouni, Majid, et al. "Health Monitoring Methods in Heart Diseases Based on Data Mining Approach: A Directional Review." Prognostic Models in Healthcare: AI and Statistical Approaches. Springer, Singapore, 2022. 115-159.

John W. Labadie and Margaret T. Herzog, P.E. (2000). Herzog. Optimal design of water distribution networks with GIS. Colorado State University.

Kessler, A. and Shamir, U. (1989). Analysis of the linear programming gradient method for optimal design of water supply networks. *Water Resources Research*, , 25: 7, pp1469-1480.

Karimi, Mohsen, et al. "Improving Monitoring and Controlling Parameters for Alzheimer's Patients Based on IoMT." Prognostic Models in Healthcare: AI and Statistical Approaches. Springer, Singapore, 2022. 213-237.

Matthew D. Jolly, Amanda D., Lothes L., Sebastian Bryson, P.E., M. ASCE and Lindell Ormsbee, P.E., D.WRE, F.ASCE, (2014). Research Database of Water Distribution System Models, Journal of Water Resources Planning and Management, pp410- 416.

Motiee H., McBean E. and Motiei A. (2007). Estimating physical unaccounted for water (UFW) in distribution networks using simulation models and GIS, Urban Water Journal, 4:1, pp43- 52.

National Research Council (NRC). (2006). The drinking water distribution systems: Assessing and reducing risks, The National Academies Press, Washington, DC.

Neal Millett and Simon Evans, (2002). Working with the Geodatabase: Scalable GIS solutions for the hydrographic community. Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, California, USA.

Nobel, C.E. (1998). A model for industrial water reuse: A geographic information system (GIS) approach to industrial ecology, MSc Thesis, University of Texas at Austin, Austin, p142.

Peter Tait, Ramesh Baskaran, Ross Cullen and Kathryn Bicknell. (2012). Nonmarket valuation of water quality: Addressing spatially heterogeneous preferences using GIS and a random parameter logit model, Ecological Economics, pp15- 21.

Quindry, G. E., Brill, E. D. and Liebman, J. C. (1981). Optimization of looped water distribution systems. *Journal of Environmental Engineering Division*, ASCE, 107: EE4, pp 665- 679.

Raftarai, Arash, et al. "Predictive models of hospital readmission rate using the improved adaboost in COVID-19." Intelligent Computing Applications for COVID-19. CRC Press, 2021. 67-86.

Ramirez, A. (1997). Interfacing potable water hydraulic models with ArcInfo and ArcView data set: From start to finish. Anchorage Water and Wastewater Utility, 3000 Arctic Blvd, Anchorage, AK 99503.

Rangzan, K. and Mehrabi, A. (2008). Establishing a geospatial database and geometric network system for management of water distribution network of Kianpars and Kianabad Urban District, 1st Urban GIS Conference, Shomal University, Amol, Iran, pp13 *(In Persian).*

Simpson, A. R., Dandy, G. C. and Murphy, L. J. (1994). Genetic algorithms compared to other techniques for pipe optimization. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, 120: 4, pp 423- 443.

Tospornsampan, J., Kita, I., Ishii M. and Kitamura Y. (2007). Split-pipe design of water distribution network using simulated annealing. International Journal of Computer, Information, Systems Science and Engineering.

Yong Deng, Wen Jiang and Rehan Sadiq. (2011). Modeling contaminant intrusion in water distribution networks: A new similarity-based DST method, Expert Systems with Applications, pp571- 578.

Zhang, T. (2006). Application of GIS and CARE-W systems on water distribution networks in Skärholmen in Stockholm. School of Architecture and the Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH) 100 44 Stockholm, Sweden. Master of Science Thesis in Geodesy and Geoinformatics.

Zheng, F. (2014). Advanced hybrid approaches based on Graph Theory Decomposition, Modified Evolutionary Algorithms and Deterministic Optimization Techniques for the Design of Water Distribution Systems, PhD Thesis, School of Civil, Environment and Mining Engineering, The University of Adelaide, Australia.

Zheng, F., Simpson A.R. and Zecchin A.C. (2011). Dynamically expanding choice-table approach to genetic algorithm optimization of water distribution system, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 137, No 6, pp 547- 551.