سال چهارم، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۵۱ تا ۱۵۸
نشریه آب و توسعه پایدار

2018, Vol.4, No.2, Pages 151 to 158
Journal of Water and Sustainable Development

مدیریت فشار در شبکه‌های توزیع آب با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی و پایگاه داده مکانی متن‌باز (مطالعه موردی: شهرک گلستان شیراز)

غلامرضا فلاحی[۱]، محمد صالح‌زاده[۲*]

۱- استادیار آموزشکده نقشه برداری، سازمان نقشه برداری کشور. ۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی عمران - مهندسی سنجش از دور GIS، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان.
*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: msz.salehzadeh@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۰۲

چکیده

یکی از مشکلات موجود در سطح شرکت‌های آب و فاضلاب مدیریت فشار در شبکه‌های توزیع آب است. با توجه به ارتباط مستقیم بین فشار شبکه و میزان مصارف مشترکین، مدل‌سازی توزیع مکانی فشار در نرم‌افزارهای هیدرولیکی قابل انجام است؛ ولی به علت مکان مرجع بودن داده‌های شبکه آب انجام آن در GIS ارجحیت داشته و می‌توان تمام رفتارهای هیدرولیکی و تغییرات آن را با دقت مکانی بالا مدل نمود. در این تحقیق، مدل‌سازی پایگاه داده برای شبکه توزیع آب انجام‌شده و مدل فیزیکی آن در نرم‌افزار پایگاه داده مکانی متن‌باز PostgreSQL و PostGIS که هزینه‌های تهیه، توسعه و پشتیبانی آن کمتر از نرم‌افزارهای تجاری مشابه می‌باشد، پیاده‌سازی گردیده است. با توجه به اینکه عوامل توپوگرافی، فشار و مصارف مشترکین بیشترین تأثیر را بر توزیع بهینه آب در شبکه توزیع دارند، راهکارهایی از قبیل تعیین محل صحیح نصب شیرآلات فشارشکن پیشنهادی به‌جای فشارشکن‌های موجود به‌منظور بهینه کردن فشار در مناطق پرفشار پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: شبکه توزیع آب[۱]، مدیریت فشار، نرم‌افزار متن‌باز، PostgreSQL، PostGIS.

Pressure Management in Water Distribution Networks using Geographic Information System and Spatial Open Source Database (Case Study: Golestan Town of Shiraz)

Gh.R. Fallahi[1], M. Saleh zadeh[2*]

1- Assistant Professor, Technical Surveying School, National Surveying Organization, Tehran, Iran. 2- M.Sc. student of Science in Civil Engineering-Remote Sensing Engineering, GIS. Larestan Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

*(Corresponding Author Email: msz.salehzadeh@gmail.com)

Received: 07-02-2017
Accepted: 23-06-2017

Abstract

One of the existing problems in water and wastewater companies is the management of pressure in the water distribution networks. Due to the direct relationship between the network pressure and the rate of users' consumptions, modeling the spatial distribution of pressure in a hydraulic software is possible. However, because of the Spatial Reference of the water network database, GIS is the preferred approach. Also, all the hydraulic behaviors and its changes can be modeled with a high location accuracy with this software. In this research, database reference modeling for a water distribution network has been carried out, as well as implementing its physical model in the PostgreSQL and PostGIS open source spatial database network, where the cost of its production, development, and support is less than a similar commercial software. Considering that topographical factors, pressure, and consumers demand have the greatest impact on the optimal distribution of water at the network, solutions such as determining the correct installation location for the suggested pressure reducing valves instead of the existing ones in order to optimize the pressure in high pressure areas have been suggested.

Keywords: Water distribution network, Pressure Management, Open source software, PostgreSQL, PostGIS.

DOI: 10.22067/jwsd.v4i2.62432

مقدمه

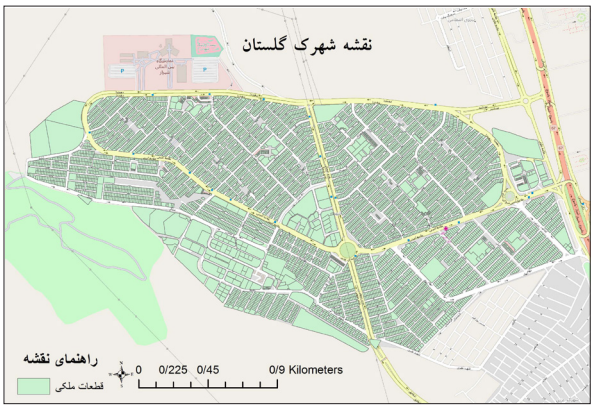
آب را می‌توان حیاتی‌ترین کالای عصر حاضر در نظر گرفت که ارزش آن روزبه‌روز در جوامع مختلف بشری مشهودتر و بااهمیت‌تر می‌گردد. به دلیل رشد سریع صنعتی و توسعه زیربنایی لازم است که مدیریت ساختارهای زیربنایی بهینه و کامل شوند. از جمله این ساختارها می‌توان شبکه‌های آب و فاضلاب را نام برد. با توجه به اهمیت این ماده حیاتی، استحصال، انتقال و توزیع آن بایستی با مدیریت صحیح و استفاده از فنّاوری‌های نوین انجام شود.

وجود نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری امری اجتناب ناپذیر است. امروزه کاهش نشت با استفاده از مدیریت پارامترهای هیدرولیکی نظیر فشار در کنار پروژه‌های نشت‌یابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کنترل هوشمند فشار، روشی مناسب برای کنترل نشت و کاهش صدمات ناشی از فشارهای زیاد در شبکه به‌نظر می‌رسد. نتایج کنترل هوشمند فشار پس از مدل‌سازی و تلفیق روش اندازه‌گیری جریانِ حداقل شبانه و نصب شیر فشارشکن در شیر ورودی شبکه، همچنین تحلیل هیدرولیکی، نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از روش مدیریت فشار، ضمن کاهش نشت شبانه به حدود ۳۵ درصد، توزیع فشار را نیز در شبکه یکنواخت‌تر نمود (سلطانی‌اصل، ۱۳۸۸). از سویی بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب شهری، وقت و هزینه‌های بسیار سنگینی را طلب می‌کند. لذا محققین همواره به دنبال ایجاد روش‌های بهتر برای بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب بوده‌اند تا این روش‌ها را بتوانند در قالب برنامه‌های مکان مرجع از جمله سیستم اطلاعات مکانی[۲] ارائه نمایند. به همین دلیل استفاده از GIS، به‌عنوان یکی از علوم و فناوری‌های اخذ و مدیریت بهینه اطلاعات مکان مرجع ضروری می‌باشد. GIS در بسیاری از حالات یک اتصال عمومی میان انواع مختلف سیستم‌های اطلاعاتی به وجود می‌آورد که برای شبکه‌های توزیع آب، این اتصال سیستم‌های اطلاعاتی می‌تواند به‌عنوان یک کاربرد زیربنایی قلمداد گردد. از دیگر قابلیت‌های GIS دسترسی سریع و مطمئن به حجم عظیمی از اطلاعات متنوع می‌باشد که اصولاً ماهیت مکانی داشته و از بازیابی، تجزیه و تحلیل، ترکیب و مدل‌سازی داده‌های موجود ایجاد می‌شوند (صارمی‌پور، ۱۳۸۳). فشار بالا همیشه یکی از مشکلات شبکه‌های توزیع آب به حساب می‌آید. نشت یکی از پیامدهای فشار بالا در محل گره‌های مصرف می‌باشد که با توجه به هزینه بالای خسارت ناشی از نشت در هر سال، مدیریت نشت در شبکه حائز اهمیت است و می‌بایست اولویت مناطق مختلف از نظر مدیریت نشت مورد بررسی قرار گیرد. همچنین فشار پایین در شبکه نیز می‌بایست با تصحیح ضریب زبری افزایش یابد و اولویت آن در شبکه مشخص گردد که می‌توان از نرم افزار WaterGEMS و ArcGIS جهت اولویت‌بندی مدیریت نشت در شبکه توزیع آب و برطرف کردن مشکلات ناشی از فشار و به منظور تعیین اولویت استفاده کرد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۲). در بررسی اثرات فشار بر مصرف و تلفات آب با اعمال الگوهای متفاوت فشار برای خروجی شیر فشارشکن، می‌توان با اجرای مدیریت فشار تغییرات سه فاکتور حداقل جریان شبانه، جریان ورودی به شبکه و مصرف مشترکین را به ترتیب ۵۰، ۲۱ و ۳۰ درصد کاهش داد (قاضی‌زاده و ایدی، ۱۳۹۵). مواجه‌شدن با حجم عظیمی از داده‌ها و اطلاعات مکانی در زیرساخت‌های آب و فاضلاب، استفاده از فناوری‌های نوین را جهت جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، پردازش، دسترسی، مدل‌سازی و در نهایت فرآیند تصمیم‌سازی در کوتاه‌ترین زمان و با بالاترین دقت و کمترین هزینه مطرح می‌سازد (عاشوری و احدی، ۱۳۹۴). از طرفی برای مدیریت پویا و بهینه شبکه‌های توزیع آب وجود یک پایگاه داده مکان محور[۳] لازم و ضروری است. پایگاه داده‌ای که دائماً بهنگام شده و بتواند قوانین، خواسته‌ها و نیازهای سازمان را پیاده‌سازی و مرتفع نماید (محرابی و همکاران، ۱۳۸۶). باوجود تأمین مناسب آب از منابع مختلف، متأسفانه توزیع مناسب در سطح مناطق تحت پوشش انجام نمی‌گیرد و گهگاه مشاهده می‌گردد که در برخی مناطق افزایش فشار شبکه موجب مشکلاتی از قبیل ترکیدگی لوله، انشعاب، شیرآلات و دستگاه‌های اندازه‌گیری شده درحالی‌که در سایر مناطق با افت فشار و در نهایت مشکل در تأمین آب با فشار استاندارد و مناسب برای مشترکین مواجه می‌باشد. به همین دلیل با توجه به اینکه اغلب داده‌های شبکه‌های انتقال و توزیع آب ماهیت مکانی داشته و در پایگاه داده مکان محور این شرکت‌ها ذخیره‌سازی می‌گردند، با استفاده از GIS می‌توان مدیریت مؤثر بر این داده‌ها و در نهایت اعمال تصمیم بهینه در زمینه موضوع تحقیق را با استفاده از اطلاعات و تحلیل‌هایی که در اختیار کاربران، کارشناسان و مدیران قرار می‌دهد، اعمال نمود.

مواد و روش‌ها

• منطقه مورد مطالعه

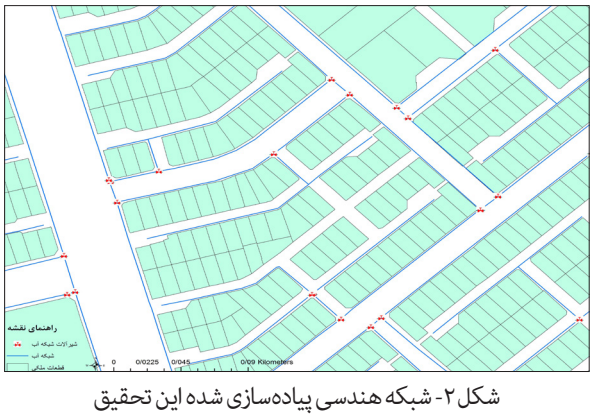
شهرک گلستان در شمال غربی شهر شیراز و در مجاورت بزرگراه شیراز سپیدان و شهر صدرا و شهرک‌های بهشتی، حافظ، استقلال و بزین و در دامنه کوه دراک قرار دارد. این ناحیه در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۲ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ۲۹ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۸ ثانیه شمالی قرار دارد. مساحت این شهرک حدود ۴۰۴ هکتار و طبق سرشماری رسمی سال ۱۳۸۵ این منطقه دارای جمعیتی بالغ بر ۳۷۴۳۵ نفر می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۶). نقشه پایه مورد استفاده در این شهرک، نقشه ۱:۲۰۰۰ شهر شیراز می‌باشد که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده است. شکل(۱) نقشه منطقه مورد مطالعه در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (محدوده شهرک گلستان)

• روش پیاده‌سازی داده‌ها جهت تحلیل هیدرولیکی

شبکه، مجموعه‌ای از خطوط مرتبط بوده و مجموعه‌ای از عوارض را به هم مرتبط می‌کند که از میان آن‌ها، منابع جریان دارند (تجویدی، ۱۳۸۱). برای انجام آنالیز شبکه، ما بین اجزاء آن بایستی پیوستگی کامل وجود داشته باشد. قبل از ورود داده‌ها به نرم‌افزار تحلیل هیدرولیکی بایستی بر روی‌داده‌های شبکه آب، شبکه هندسی[۴] را پیاده‌سازی نمود. در شبکه هندسی، ابتدا یک حد مجاز[۵] برای متصل[۶]شدن تمام اجزاء شبکه تعریف گردیده و سپس تمام لوله‌ها به‌صورت لبه‌های پیچیده مدل گردیده‌اند (Brussela و Alib، ۲۰۰۴) شکل (۲) شبکه هندسی پیاده‌سازی شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. نرم‌افزار WaterGEMS جهت انجام تحلیل هیدرولیکی شبکه آب بر اساس داده‌های مکانی نرم‌افزار استفاده می‌شود. برای انجام تحلیل‌های هیدرولیکی این تحقیق از نرم‌افزار WaterGEMS V8i SELECT series 6 به همراه ArcGIS 10.3.1 استفاده گردید.



شکل ۲- شبکه هندسی پیاده‌سازی شده این تحقیق

• پایگاه داده مکانی و نحوه پیاده‌سازی

مجموعه نرم‌افزارهایی که منبع کد آن‌ها موجود بوده و قابل‌دسترس همگان می‌باشد را متن‌باز می‌گویند. فلسفه وجود چنین نرم‌افزارهایی توسعه نرم‌افزار و برطرف شدن مشکلات آن توسط همه مردم می‌باشد. با این دیدگاه، نرم‌افزارهای بسیاری به‌صورت متن‌باز در حال حاضر در دنیا وجود دارد که می‌توان آن‌ها را از سایت‌های اینترنتی مرتبط دریافت نمود و به‌صورت رایگان استفاده کرد و در صورت نیاز کد آن‌ها را تغییر داد (نظامی، ۱۳۹۰). پایگاه داده طراحی‌شده در این تحقیق، Spatial Geodatabase تحت سیستم مدیریت پایگاه داده PostgreSQL می‌باشد. سپس عوارض بر اساس نتایج فاز مدل‌سازی مفهومی، در قالب Feature Class طراحی گردیدند. در جدول (۱) نام پایگاه داده، نام سرور، محل ذخیره‌سازی داده‌ها بر روی سرور و نحوه دسترسی به آن‌ها ارائه شده است. قابلیت بسیار خوب تعریف نوع داده‌های جدید به همراه ساخت توابع و عملگرهای مربوط در PostgreSQL این امکان را برای تیم توسعه شرکت Refractions Research Inc فراهم آورد تا امکانات داده‌های مکانی به نام PostGIS را به این پایگاه داده بیفزایند. در واقع PostGIS به PostgresSQL امکانات مکانی اضافه کرده و آن را به یک پایگاه داده‌ی مکانی، برای GIS تبدیل می‌کند. PostGIS از استانداردهای کنسرسیوم متن باز مکانی (OGC)[۷] تبعیت کرده و یک پایگاه داده مکانی استاندارد می‌باشد. از مهم‌ترین مزیت‌های این پایگاه داده این است که تقریباً تمامی نرم‌افزارها و کتابخانه‌های متن‌باز (Map Udig، QGIS، server، ...) به‌سادگی می‌توانند به آن متصل شوند (Bonniface و Coppins، ۲۰۰۷). همچنین این پایگاه داده می‌توانند با نرم‌افزارهای تجاری‌ای چون ESRI ArcGIS مدیریت شود. شکل (۳) نحوه ارتباط با پایگاه داده طراحی و نرم‌افزار شده این تحقیق را نشان می‌دهد. همچنین نحوه اختصاص سیستم مختصات[۸] نقشه داده‌های شبکه توزیع آب شهرک گلستان که در پایگاه داده Postgres پیاده‌سازی شده است به‌صورت ذیل می‌باشد:

• داده‌های مکانی منطقه مورد مطالعه

در ابتدا نقشه شبکه آب شهرک گلستان با فرمت DWG اخذ و نسبت به آماده‌سازی (GIS Ready) این اطلاعات اقدام گردید. پس از تبدیل به فرمت ژئودیتابیس و اعمال توپولوژی بر روی داده‌های اخذشده کلیه خطاهای توپولوژیکی آن‌ها رفع گردید. نقشه اخذشده شامل لایه‌های قطعات ملکی، آدرس‌ها، شبکه آب، شیرآلات، مخازن و پمپاژهای آن شهرک می‌باشد.

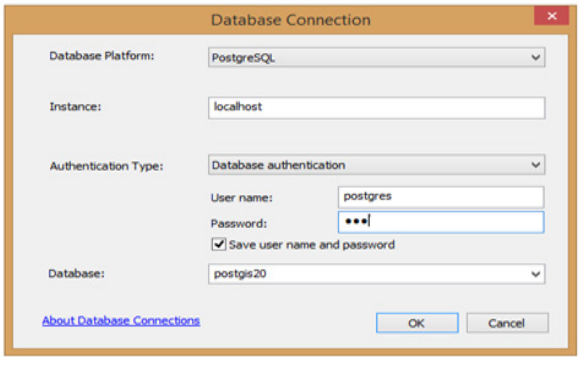
در خصوص پایگاه‌های داده موجود در شرکت آب و فاضلاب شیراز دو پایگاه داده در شرکت مذکور موجود می‌باشد:

۱- پایگاه داده حوادث و اتفاقات ۲- پایگاه داده مشترکین که هر دو در محیط پایگاه داده SQLserver 2008 نگهداری می‌شود.

EPSG: 32639
WGS84 Bounds: 48.0000, 0.0000, 54.0000, 84.0000
Projected Bounds: 166021.4431, 0.0000, 833978.5569, 9329005.1825
Scope: Large and medium scale topographic mapping and engineering survey.
Last Revised: June 2, 1995
Area: World - N hemisphere - 48°E to 54°E - by country

جدول ۱- نحوه ذخیره‌سازی داده‌ها و نحوه دسترسی در سیستم

محل ذخیره‌سازی داده‌ها و نحوه دسترسی
Type of data: vector digital data
Location of the data:
Server=Localhost; Service=5151; Database= Postgis20_water_network; User=postgres; Version=sde.DEFAULT
Data processing environment: Microsoft Windows 10; ESRI ArcCatalog 10.3.0.4322



شکل ۳ - نحوه ارتباط با پایگاه داده

• مدل‌سازی منطقی و طراحی سیستم مدیریت پایگاه داده

بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، با توجه به وجود متخصصین کافی در زمینه معماری بانك‌های اطلاعاتی متن‌باز از قبیل PostgreSQL و همچنین وجود مستندات کافی در زمینه سیستم مدیریت پایگاه داده مبتنی بر Postgres و قابلیت توسعه این سیستم با بالاترین سرعت و کمترین هزینه، در تحقیق حاضر، معماری PostGIS /Postgres/ESRI جهت ذخیره اطلاعات مکانی و توصیفی استفاده شده است. در یك سیستم مدیریت پایگاه داده شی-رابطه‌ای، داده‌ها در جداولی متشکل از سطرها و ستون‌ها ذخیره می‌شوند. دستورات ساده تا پیچیده SQL، این اجازه را به کاربر می‌دهد که هر نوع پرسش و پاسخ[۹] را از ستون‌های جداول بگیرند. تفاوت عمده بسته‌های فنّاوری در خصوص مؤلفه موتور تحلیل مکانی می‌باشد (Feinberg، ۲۰۰۶). PostGIS /Postgres/ ESRI بسته فنّاوری مناسب استفاده شده در این تحقیق می‌باشد.

در این بسته از قابلیت‌های نرم‌افزار Potgres، ERSI ArcGIS و PostGIS برای پردازش‌های مکانی استفاده می‌شود.

• تهیه مدل مفهومی

جهت مدل‌سازی شبکه توزیع آب شهرک گلستان و به‌منظور تهیه مدل مفهومی این شبکه نسبت به تعیین عوارض مکانی و اطلاعات توصیفی منتسب به هر عارضه، اقدام گردید که به‌طور خلاصه شامل موارد ذیل می‌شود:

۱- تعیین داده‌های مکانی مورد نیاز این تحقیق

۲- تعیین مشخصات توصیفی عوارض شبکه توزیع آب

• مدل داده‌ای شبکه توزیع آب شهرک گلستان

با بررسی‌های انجام‌شده در زمینه عوارض موجود در شبکه توزیع آب شهری و اخذ نظرات کارشناسان مرتبط شرکت آب و فاضلاب شیراز، به تعیین عوارض مکانی، مشخصات توصیفی این عوارض و نوع داده‌های اطلاعات توصیفی عوارض شبکه توزیع آب اقدام گردید. این اطلاعات جهت تهیه مدل مفهومی و تشکیل پایگاه داده مکانی مورد نیاز می‌باشد و در نهایت در پایگاه داده شبکه توزیع آب شهرک گلستان طراحی و پیاده‌سازی گردید. به‌منظور طراحی منطقی عوارض شبکه توزیع آب در پایگاه داده این تحقیق، نیاز به تعیین دقیق نوع داده‌ها و خصوصیات فیلدهای[۱۰] اطلاعاتی این عوارض در فاز طراحی مدل مفهومی، می‌باشد. به همین منظور فرایند تعیین نوع داده‌ای فیلدهای اطلاعاتی عوارض تعیین‌شده انجام پذیرفت که نمونه‌ای از نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- فیلدهای اطلاعات توصیفی عارضه شیرآلات و نوع داده‌ای آن‌ها

نام لاتین عارضه: Valve		
Spanner_Type	Valve_Substance	Valve_Type
نوع آچار مربوطه :Alias	جنس شیر :Alias	Alias: Valve_Type
Data type: SmallInteger	Data type: String	Data type: String
Width: 2	Width: 50	Width: 30

• الزامات پیاده‌سازی پایگاه داده متن‌باز

با طراحی این پایگاه داده و شبکه هندسی نتایج زیر به دست آمد:

۱- برای ایجاد پایگاه داده مکانی بایستی داده‌های ورودی کاملاً رفع خطا شده تا بتوان در نهایت قوانین اعتبارسنجی[11] را به‌درستی طراحی و پیاده نمود.

۲- قبل از ایجاد یک شبکه هندسی حتماً بایستی بر روی شبکه، توپولوژی زده شود.

۳- به دلیل آنکه شبکه هندسی یک مدل کاملاً توپولوژیک است، شبکه‌های هندسی آب و فاضلاب در دسته داده‌های متفاوت از بقیه عوارض شهری مثل قطعات ملکی قرار می‌گیرند تا امکان توپولوژی زدن بر روی آن‌ها وجود داشته باشد.

۴- برای بررسی درستی تحلیل‌های شبکه می‌بایست تمام اجزای شبکه کاملاً به هم متصل باشند.

۵- دامنه‌های توصیفی که در ژئودیتابیس تعریف می‌شوند، محدودیت بسیار کارآمدی را برای توصیفات کلاس‌های عارضه ایجاد می‌کنند.

۶- برای مدل‌کردن جهت حرکت آب در شبکه هندسی آب‌رسانی، مخزن به‌عنوان منبع اصلی ایجاد جریان در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

• نتایج بررسی وضعیت فشار در گره‌های شبکه توزیع آب شهرک گلستان

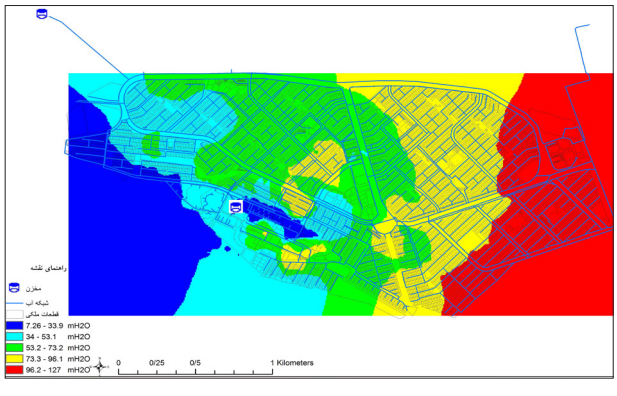
با استفاده از GIS می‌توان توزیع مکانی فشار در شبکه‌های آب‌رسانی شهری را مدل نمود. گرچه این عمل در نرم‌افزارهای هیدرولیکی قابل انجام است ولی ارجحیت GIS به مکان مرجع بودن آن می‌باشد و می‌توان تمام رفتارهای هیدرولیکی و تغییرات آن را با همان دقت و با توجه به مکان دقیقشان مدل نمود. با توجه به ارتباط مستقیم بین فشار آب در شبکه و میزان مصارف مشترکین، در این تحقیق نسبت به مدل‌سازی فشار در سه سناریوی فشاری مختلف اقدام گردید: ۱- مدل‌سازی شبکه بدون اعمال فشارشکن‌های موجود، ۲- مدل‌سازی شبکه با در نظر گرفتن فشارشکن‌های موجود در شبکه، ۳- مدل‌سازی شبکه با در نظر گرفتن فشارشکن‌های پیشنهادی این تحقیق.

• وضعیت فشار آب شهرک گلستان بدون نصب فشارشکن

شکل (۴) وضعیت فشار مدل شده این شهرک بدون نصب فشارشکن در شبکه و لحاظ فشار ناشی از توپوگرافی منطقه در هر نقطه را برحسب متر آب نشان می‌دهد.

حداکثر فشار شبکه آب طی ۲۴ ساعت زمانی که هیچ فشارشکنی در شبکه موجود نمی‌باشد ۱۲۸ متر آب[14] است.

شکل (۵) مدل رستری[15] رقومی فشار منطقه مورد مطالعه را با استفاده از توابع درون‌یابی[16] (تابع کریجینگ[17]) و در زمان عدم اعمال فشارشکن نشان می‌دهد.

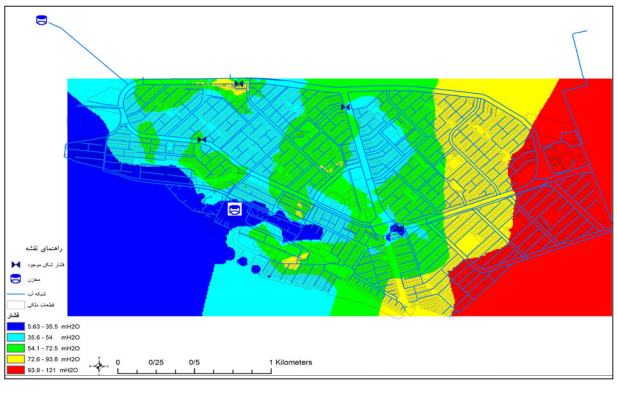


شکل ۵ -مدل رستری رقومی فشار منطقه مورد مطالعه بر اساس توابع درون‌یابی

شکل۴- مدل وضعیت فشار آب شهرک گلستان بدون نصب فشارشکن در شبکه و لحاظ فشار ناشی از توپوگرافی منطقه برحسب متر آب در هر نقطه

• **وضعیت فشار آب شهرک گلستان با نصب فشارشکن‌های موجود**

در سال‌های اخیر شرکت آب و فاضلاب نسبت به نصب چندین فشارشکن در مناطق مختلف شبکه آب شهرک گلستان اقدام نموده است که نتیجه آن تقلیل حداکثر فشار در این شهرک به میزان نسبتاً کمی می‌باشد. حداکثر میزان فشار شبکه آب طی یک بازه زمانی ۲۴ ساعته با اعمال فشارشکن‌های موجود، ۱۲۲ متر آب می‌باشد. شکل (۶) محل قرارگیری فشارشکن‌های موجود و مدل رستری رقومی فشار منطقه مورد مطالعه را با استفاده از توابع درون‌یابی کریجینگ و در زمان اعمال فشارشکن‌های موجود نشان می‌دهد.



شکل ۶- نقشه محل قرارگیری فشارشکن‌های موجود و مدل رستری رقومی فشار منطقه مورد مطالعه پس از اعمال فشارشکن‌های موجود در مدل

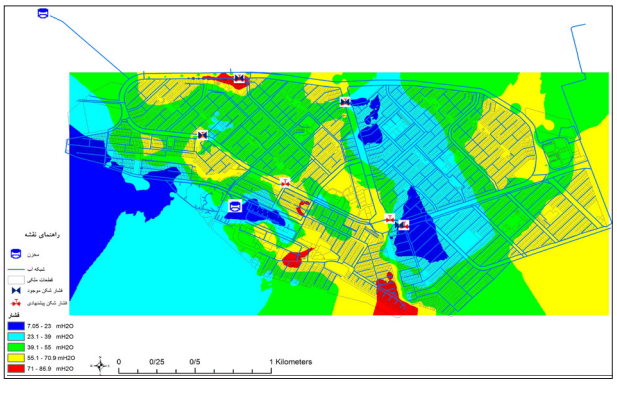
• **بررسی وضعیت فشار در گره‌های شبکه توزیع آب شهرک گلستان**

جدول (۳) میزان فشار در ساعت ۱۲ شب در دو گره شماره ۱۰۳۴ و ۵۰۱ که به طور تصادفی از تعداد ۱۰۰۹ گره موجود در شبکه انتخاب شده است را در سه سناریوی بدون اعمال فشارشکن، با اعمال فشارشکن موجود و با اعمال فشارشکن پیشنهادی در مدل نشان می‌دهد. با کنترل میزان فشار در هر نقطه ثابت، می‌توان میزان مصرف مشترکین در آن نقطه را کاهش داد؛ زیرا از طرفی باعث کاهش حداقل جریان شبانه در شبکه شده و با توجه به بهینه‌شدن فشار باعث کاهش مصرف می‌گردد.

جدول (۴) بازه فشاری و درصد مساحت مناطق دارای فشار بهینه در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول با اعمال فشارشکن‌های پیشنهادی علاوه بر کاهش حداکثر

• **وضعیت فشار آب شهرک گلستان با نصب فشارشکن‌های اثربخش پیشنهادی**

با توجه به اینکه فشارشکن‌های موجود در محل‌های مناسب نصب نشده و کمترین تأثیر بر کاهش فشار آب در شبکه را نیز نداشته، در این تحقیق نسبت به ارائه مکان‌های مناسب تعبیه و نصب فشارشکن پیشنهاداتی ارائه شده و نتیجه اعمال فشارشکن‌های پیشنهادی در مدل هیدرولیکی بررسی شده است. حداکثر میزان فشار شبکه طی یک بازه زمانی ۲۴ ساعته با اعمال فشارشکن‌های پیشنهادی ۸۸ متر آب می‌باشد که بیانگر کمینه‌کردن میزان فشار شبکه آب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. شکل (۷) محل قرارگیری فشارشکن‌های پیشنهادی و مدل رستری رقومی فشار منطقه مورد مطالعه را با استفاده از توابع درون‌یابی و در زمان اعمال فشارشکن‌های پیشنهادی نشان می‌دهد.



شکل ۷- مدل رستری رقومی فشار منطقه مورد مطالعه پس از اعمال فشارشکن‌های پیشنهادی در مدل

بازه فشاری در شبکه آب منطقه مورد مطالعه از میزان ۱۲۶ به ۸۶ متر آب، میزان مساحت مناطق دارای فشار بهینه نیز به میزان قابل‌توجهی افزایش‌یافته است.

جدول ۳- مقایسه فشار دو گره در سه حالت بدون نصب فشارشکن در شبکه، نصب فشارشکن‌های موجود و نصب فشارشکن‌های پیشنهادی تحقیق

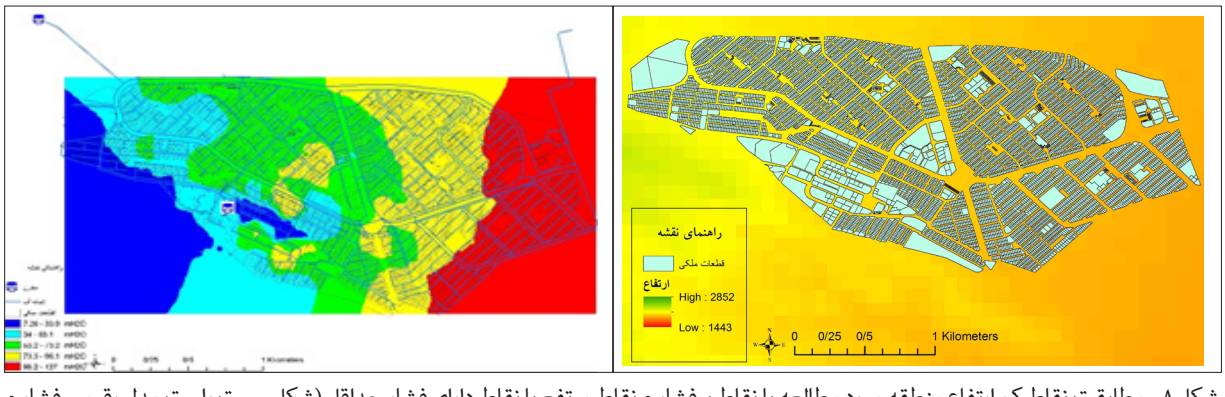
سناریو	فشار در گره ۱۰۳۴ (mH2O)	فشار در گره ۵۰۱ (mH2O)
فاقد فشارشکن	۱۱۷	۱۰۳
فشارشکن موجود	۱۱۱	۹۲
فشارشکن‌پیشنهادی	۶۱	۶۴

جدول ۴- بازه فشاری و درصد مساحت مناطق دارای فشار بهینه در منطقه مورد مطالعه

	بازه فشاری mH20	درصد مساحت تحت‌پوشش
فاقد فشارشکن	۰-۱۵	۰/۴۲
	۱۵-۲۵	۸/۴۳
	۲۵-۴۵	۱۸/۴۸
	۴۵-۱۲۶	۷۲/۶۷
فشارشکن‌موجود	۰-۱۵	۰/۲۳
	۱۵-۲۵	۱۰/۳۳
	۲۵-۴۵	۱۸/۲۰
	۴۵-۱۲۰	۷۱/۲۱
فشارشکن‌پیشنهادی	۰-۱۵	۰/۳۳
	۱۵-۲۵	۱۴/۲۰
	۲۵-۴۵	۲۹/۵۸
	۴۵-۸۶	۵۵/۸۷

با توجه به اینکه تنها منبع تغذیه منطقه تحت پوشش، دو مخزن موجود در شبکه می‌باشد و هیچ‌گونه ایستگاه پمپاژی در منطقه و مدل هیدرولیکی وجود ندارد، تنها عامل ایجاد فشار آب در منطقه، فشار ستون آب ایجادشده بر اساس فاکتور توپوگرافی منطقه می‌باشد، به صورتی که مناطق دارای کمترین ارتفاع دارای بیشترین فشار ستون آب می‌باشند و با افزایش ارتفاع در منطقه فشار کاهش می‌یابد (شکل ۸). همچنین این عامل در مدیریت بهینه توزیع آب بیشترین تأثیر را دارد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد با کاهش ارتفاع در منطقه میزان فشار آب افزایش می‌یابد و ملاحظه می‌گردد که میزان فشار در مناطق شمالی شبکه واقع در ورودی این شهرک بیشترین مقدار و در نتیجه دبی عبوری آب در این لوله‌ها بالاست و مناطق جنوبی شهرک دارای کمترین فشار آب و در نتیجه دبی عبوری دارای کمترین مقدار می‌باشد.

تغییرات فشار و بقیه رفتارهای هیدرولیکی آب در این منطقه وابسته به میزان مصرف آب در گره‌های برداشت می‌باشد و توپوگرافی و شیب در آن بیشترین تأثیر را دارند (شکل ۷).



شکل۸- مطابقت نقاط کم ارتفاع منطقه مورد مطالعه با نقاط پرفشار و نقاط مرتفع با نقاط دارای فشار حداقل (شکل سمت راست مدل رقومی فشار و رابطه آن با ارتفاع منطقه مورد مطالعه و شکل سمت چپ رابطه بین توپوگرافی منطقه و مدل رقومی فشار را نشان می‌دهد).

نتیجه‌گیری

با استفاده از تحلیل‌های یافتن مسیر بالادست و پایین‌دست، می‌توان لوله‌های بالادست یا خروجی از محل حادثه‌دیده را به‌سرعت شناسایی کرده و اقدامات لازم جهت رفع مشکل را انجام داد. با تحلیل‌های شبکه می‌توان به شیر خط‌هایی رسید که با بستن آن‌ها آب محل حادثه دیده قطع می‌گردد و یا لوله‌هایی را شناسایی کرد که با بستن یک شیر خط، بی‌آب می‌گردند. تمام این تحلیل‌ها باید با در نظر گرفتن فشار در چرخه ها انجام شود. در نتیجه برای رسیدگی دقیق و سریع به حوادث و اتفاقات در این شبکه‌ها استفاده از شبکه‌های هندسی آب بسیار مؤثر و کارآمد می‌باشد.

با توجه به اینکه فشار بالای آب در شبکه توزیع باعث ایجاد ترکیدگی و نشت در شبکه می‌شود، استفاده از GIS و تحلیل‌های مکان محور هیدرولیکی در تعیین فشار هر کدام از اجزای شبکه توزیع آب کمک کرده و با مکانی‌شدن فشار، محل‌های پرفشار شبکه تعیین می‌شود که با کنترل آن‌ها می‌توان در کاهش حوادث، کاهش تلفات آب و در نهایت مدیریت مناسب توزیع آب در شبکه اقدام نمود.

میزان مصارف مشترکین در ساعات مختلف شبانه‌روز متفاوت می‌باشد و این مصارف بر میزان فشار مناطق تأثیرگذار می‌باشد به صورتی که با کاهش مصرف مشترکین، میزان فشار در این مناطق افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش میزان نشت در این مناطق شده و با توجه به هدررفت آب، توزیع آن با مشکل مواجه می‌شود. برای رفع این مشکل بایستی در این مناطق شیرآلات فشارشکن نصب کرد و نسبت به توزیع مناسب فشار اقدام نمود.

در حال حاضر مناطق نزدیک مخازن در این شهرک، دارای فشار

متعادل بوده و با دور شدن از مخزن و با توجه به تأثیر توپوگرافی بر فشار، فشار اکثر نقاط با فاصله از مخازن زیاد می‌شود.
با توجه به محدودیت منابع آب بخصوص در این شهرک بایستی نسبت به توزیع مناسب آن و با در نظرگرفتن میزان فشار آب در مناطق مختلف منطقه مورد مطالعه اقدام نمود؛ که این عمل باعث افزایش نرخ فروش واقعی آب، جلوگیری از سرمایه‌گذاری غیرضروری، کاهش هدر رفت آب و کاهش ترکیدگی لوله‌های شبکه آب با بهینه‌سازی میزان فشار می‌شود.
مهمترین عامل استفاده از معماری PostGIS /Postgres/ESRI متن بازبودن و قابلیت توسعه توسط کاربران مختلف و سادگی کار در این معماری می‌باشد. برای پایگاه داده می‌توان چند زیرسیستم در نظر گرفت و برای هر کدام طراحی و برنامه‌ریزی خاص خود را انجام داد؛ مانند زیرسیستم مشترکین جهت کمک به مدیریت موارد مربوط به آن‌ها، زیرسیستم حوادث و اتفاقات به‌منظور دریافت، ثبت و مدیریت بهینه حوادث و اتفاقات در شبکه، زیرسیستم بهره‌برداری و یا تعمیر و نگهداری و زیرسیستم‌های دیگر با توجه به امکانات و نیازمندی‌های موجود.
با GIS Ready کردن صحیح تمام شبکه‌های آب و تأسیسات مرتبط، همچنین با تحلیل فشار شبکه‌های آب و محاسبه دقیق محل فشار شبکه آب توسط GIS و با اعمال فشارشکن در مناطقی از شبکه که فشار آب زیاد می‌باشد، می‌توان از مشکلات بسیار زیادی که ناشی از فشار زیاد در شبکه است، جلوگیری به عمل آورد.

پی‌نوشت

1- Geometric Network
2- GIS
3- Spatial database
4- Geometric Network
5- Tolerance
6- Snap
7- Open Geospatial Consortium
8- Coordinate System
9- Query
10- fields
11- Validation Rules
12- Domain
13- Relationship
۱۴- متر آب mH2O: فشار اعمالی توسط ستونی از آب به ارتفاع یك متر به واحد سطح برابر با 0.1 bar یا 10kpa یا 0.1 kg/cm2 می‌باشد.
۱۵- مدل داده رستری، شبکه منظمی از سلول‌های مربعی یا مستطیلی می‌باشد و هر سلول نشان‌دهنده یک مساحت و یک مقدار از سطح زمین است.
16- Interpolation
17- Kriging
18- Loops

منابع

تجویدی، گ. ۱۳۸۱. مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، چاپ اول، سازمان نقشه‌برداری کشور.
قاضی‌زاده، ج. و ایدی، ض.۱۳۹۵. ارائه روابط تحلیلی مدیریت فشار در شبکه‌های توزیع آب، مجله علمی دانشگاه تهران،۴۲(۳):۵۱۷-۵۲۹.
عاشوری، ا. و احدی، ع. ۱۳۹۴. پیاده‌سازی سامانه اطلاعات مکانی و کاربرد آن در مدیریت و تصمیم‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری، مجله آب و توسعه پایدار، ۲(۲): ۱-۸.
سلطانی‌اصل، ف. ۱۳۸۸. مدیریت هوشمند فشار به‌منظور کاهش نشت در شبکه‌های آبرسانی، مطالعه موردی: منطقه سرافرازان مشهد، مجله آب و فاضلاب، ۲۰(۳): ۹۹-۱۰۴.
صارمی‌پور، م. ۱۳۸۳. طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل وضعیت فشار در شبکه‌های انتقال آب شهری با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
محرابی، ع.، رنگزن، ک.، آبشیرینی، ا. و معتمدی، م. ۱۳۸۶. مدیریت شبکه فاضلاب منطقه شهری کیان پارس و کیان‌آباد با طراحی ژئودیتابیس و شبکه هندسی، همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
محمودی، ف.، کمالی، ج. و حق‌جوئی، ه. ۱۳۹۲. اولویت‌بندی مدیریت نشت در شبکه توزیع آب با استفاده از GIS، ششمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور.
نظامی، س. ۱۳۹۰. نرم‌افزارهای متن‌باز در دنیای سیستم‌های اطلاعات مکانی، نشریه نقشه‌برداری، شماره ۱۱۰، سازمان نقشه‌برداری کشور.
نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵، مرکز آمار ایران، ۱۳۸۶.
Brussela M.J.G. and Alib A.M. 2004. Improving utility operation and maintenance through use of GIS. The case of New Fayoum. Presented at the ITI 6th Arab GIS Conference, Cairo. Information Technology Institute.
Bonniface J. and Coppins G. 2007. Particle data management-turning data into accessible information. Environmental Projects Department, UKAEA Dounreay, UK, 18: 230-254.
Feinberg D.H. 2006. Integrating GIS with utility Information management Systems, GIS Specialist. GIS development, Montgomery Watson Americas, Inc., U.S.A.