

ارزیابی مکانی شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از *Spatial Analyst* و *Water GEMS*

(مطالعه موردی: شهر بندرعباس)

رسول مهدوی- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی- دانشگاه هرمزگان

محمد زارعی- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی- پردیس دانشگاهی قشم

حمید غلامی- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی- دانشگاه هرمزگان

چکیده

در این پژوهش به ارزیابی شبکه آب شهر بندرعباس با استفاده از نرم افزار مدل سازی شبکه، *Water GEMS* و برنامه توسعه ای *Spatial Analyst* جهت شناسایی وضعیت فشار محله های مختلف پرداخته شده است. بدین منظور ابتدا نقشه شبکه آب شهر بندرعباس تهیه و مصارف آب گره ها با استفاده از آمار امور مشترکین اداره آبفای بندرعباس در مدل وارد شد. جهت افزایش دقت مدل، کالیبراسیون با استفاده از الگوریتم ژنتیک صورت گرفته و صحت سنجی داده های خروجی مدل با استفاده از مقایسه فشار قرائت شده از فشارسنجی میدانی و مدل صورت پذیرفت. نتایج نشان داد در سال ۱۳۸۹ تعداد ۲۹ محله از ۶۱ محله شهر بندرعباس در محدوده مناسب فشار قرار داشته اند ولی در سال ۱۳۹۳ تعداد محلاتی که فشار شبکه آب آنها مناسب است به ۴۰ محله رسیده که این مسئله بیان کننده بهبود وضعیت فشار شبکه آب در جنوب غربی شهر بندرعباس می باشد. همچنین نتایج نشان داد تعداد مشترکینی که در محدوده فشار مناسب قرار داشته اند از ۳۴/۱۴ درصد به ۴۷/۱۱ درصد افزایش یافته است. بنابر این اقدامات انجام شده جهت بهبود فشار آب در محله های کم فشار تا حدی مؤثر واقع شده است.

کلمات کلیدی: GIS، مدل هیدرولیکی، الگوریتم ژنتیک، توزیع آب شهری

مقدمه

در ایران آبرسانی شهرها نخستین بار در سال ۱۳۰۱ مورد بررسی قرار گرفت و قسمتی از شهرهای آبادان، مشهد و بیرجند لوله کشی شد [۱]. توزیع مناسب در شبکه های توزیع آب شهری یک راهکار کارآمد در کاهش هدر رفت آب می باشد. اگر توزیع آب در یک شبکه مناسب باشد به نحوی که فشار آب در بیشتر مناطق در حد مطلوب قرار گیرد نشت آب که یکی از مهم ترین عوامل هدر رفت آب در شبکه های توزیع آب می باشد کاهش یافته و علاوه بر این موجب رضایت مندی استفاده کنندگان از نحوه توزیع آب می گردد [۲]. مدیریت فشار شبکه به عنوان کاراترین و ساده ترین روش در میان روش های کاهش نشت بشمار می رود. برای اجرای این روش، ابزارهایی وجود دارد که می توان به انتخاب صحیح محل احداث مخازن ذخیره، اجرای طرح ناحیه بندی فشار (زون فشار)، کنترل پمپاژ، کنترل سطح آب در مخازن ذخیره، احداث حوضچه های تعدیل فشار و استفاده از شیرهای کنترل جریان و فشار اشاره نمود [۳]. راهکارهای زیادی جهت بهبود وضعیت توزیع آب در شبکه های شهری پیشنهاد شده است که از آن

جمله می‌توان به اصلاح اسکلت اصلی شبکه، ایجاد لوپ‌بندی مناسب در شبکه‌های آب، طراحی شبکه‌های آب بر اساس روش‌های جدید مانند *DMA (District Meter Area)*، استفاده از شیرآلات کنترل‌کننده فشار و جریان آب در مناطق مختلف شبکه‌های توزیع آب و غیره نام برد. اما بکارگیری این روش‌ها بدون اینکه ارزیابی درستی از نحوه توزیع آب داشته باشیم نمی‌تواند مؤثر باشد و در صورت اجرای آنها میزان اثر بخشی آن قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد. بر اساس توصیه‌های انجمن *IWA* (انجمن بین‌المللی آب) ایجاد شبکه فشارسنجی شبکه‌های توزیع آب و استفاده از نرم افزارهای مدل هیدرولیکی از جمله راهکارهای مناسب در ارزیابی شبکه‌های توزیع آب می‌باشند [۴]. در برخی از مطالعات، کاربرد تلفیقی برنامه‌های توسعه‌ای *GIS* و *Water GEMS* در راستای مدیریت هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب شهری مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج خوبی حاصل شده است. آجری و همکاران (۱۳۸۷)، در تحقیقی به بررسی کاربرد تلفیقی نرم افزارهای *GIS* و *Water GEMS* در مدیریت هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب شهری پرداختند. نتایج نشان داد نرم افزار *ArcGIS* به عنوان یکی از قویترین و در عین حال ساده‌ترین پلات فرم‌های *GIS* است که در کنار نرم افزار *Water GEMS* یکی از بهترین گزینه‌ها جهت انجام محاسبات هیدرولیکی و کیفی شبکه می‌باشد. آنها در تحقیق خود با ارزیابی سیستم مدیریت دینامیک آب شهری به بررسی لزوم پیاده‌سازی، اهداف و مزایای سیستم مدیریت دینامیک آب شهری پرداختند و در نهایت یک روش پیاده‌سازی و مراحل انجام کار عملی را ارائه دادند [۵]. تابش و صابر (۱۳۸۷)، در تحقیقی با عنوان بهینه‌سازی شبکه‌های آبرسانی شهری با در نظر گرفتن قید قابلیت اطمینان و رابطه دبی-فشار در گره‌ها، روشی را جهت بهینه‌سازی شبکه‌های آبرسانی ارائه دادند که علاوه بر قیود رایج در بهینه‌سازی شبکه‌ها قابلیت اطمینان گره‌ها و شبکه در شرایط بحرانی مثل شکست لوله‌ها و افزایش تقاضا در گره‌ها و ... را نیز بعنوان یک قید مدنظر قرار دادند. نتایج نشان داد که متناسب با افزایش فاکتور قابلیت اطمینان، قیمت شبکه نیز افزایش می‌یابد [۶]. ستارزاده و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود به بررسی کاربرد نرم افزار مدل‌سازی *Water GEMS* در طرح‌های اصلاح و توسعه شبکه‌های توزیع آب به منظور کاهش هدر رفت واقعی و ارائه مدل هیدرولیکی پایلوت شهر نسیم شهر پرداخته‌اند [۷]. همچنین در تحقیق دیگر جهانگیر و همکاران (۱۳۸۹) به ارزیابی هیدرولیکی شبکه‌های آبرسانی و کاهش نشت با استفاده از تنظیم شیرآلات توسط نرم افزار *Water GEMS* پرداختند که نتایج آنها نشان داد مدیریت هوشمند فشار توسط شیرها روش مناسبی برای کاهش نشت آب در شبکه بوده بطوریکه کاهش ۲۳/۱۴ درصد میانگین فشار سبب کاهش ۴۴/۲۷ درصدی میزان نشت و صرفه جویی ۲۶۵۸۵ متر مکعب در سال ۷۵/۱۵ درصد از کل مصرف می‌گردد [۸]. تانیموه و همکاران (۲۰۰۱)، در تحقیقی دریافتند که جهت یافتن میزان واقعی دبی خروجی در گره‌ها و در نتیجه محاسبه دقیق فاکتور قابلیت اطمینان، استفاده از روش‌های رایج تحلیل هیدرولیکی شبکه که دبی خروجی از گره‌ها را صرف نظر از مقدار فشار در آنها ثابت فرض می‌کنند کارایی لازم را ندارند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که بهترین روش یافتن مقدار واقعی دبی‌های خروجی از گره‌ها استفاده از روش تحلیل شبکه مبتنی بر رابطه دبی-فشار در گره‌ها می‌باشد [۹]. تائو تانگ و جورجی از دانشگاه ایالتی بوفالو طی تحقیقی در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که استفاده از آنالیز فضایی (*Spatial Analysis*) در تعیین نیاز آبی مشترکین مناطق امهرست^۱ و کلارس^۲ شهر نیویورک بسیار مؤثر بوده و مدل هیدرولیکی

^۱ Amherst

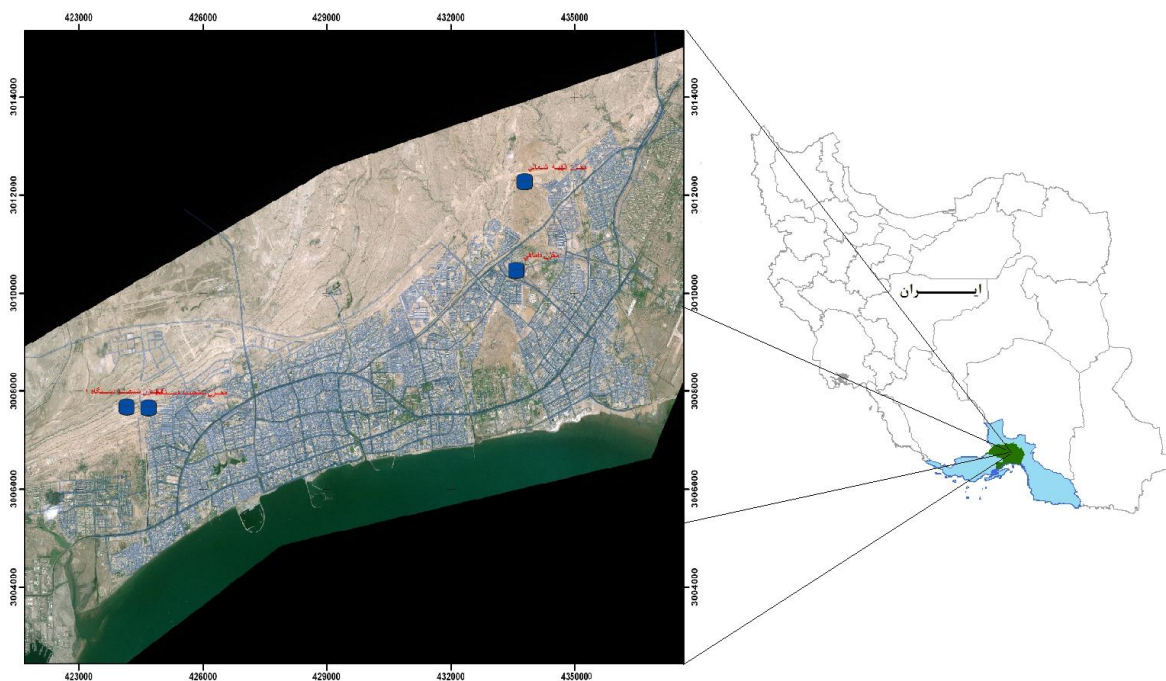
که بر اساس این مصارف تهیه شده مطابقت مناسبی با واقعیت داشته است [۱۰]. قدیانی و اوغازی در سال ۱۳۹۰ طی تحقیقی نشان دادند که با تلفیق مدل هیدرولیکی مدل‌های کیفی شبکه آب و قابلیت‌های GIS می‌توان شاخص‌های مدیریتی مربوط به شبکه‌های آب از قبیل استخراج الگوی مصرف، تعیین مناطق کم فشار و پر فشار، میزان پرت شبانه و... را بهتر تخمین زد [۱۱].

در این تحقیق سعی شده است با توجه به نتایج حاصل از فشار سنجی در مناطق مختلف شبکه توزیع آب شهر بندرعباس طی سالهای ۸۹ الی ۹۳ و نرم افزار مدل هیدرولیکی و برنامه توسعه ای موجود در محیط GIS توزیع در شبکه توزیع آب شهر بندر عباس مورد ارزیابی قرار گیرد.

روش تحقیق

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر بندر عباس در جنوب کشور ایران و در مختصات طول جغرافیایی $54^{\circ} 21' 7''$ و عرض جغرافیایی $11^{\circ} 53'$ قرار دارد و ارتفاع مناطق مختلف بین ۰ الی ۶۰ متر متغیر می‌باشد. میزان آب مصرفی شهر بندرعباس حدود ۵۵ میلیون متر مکعب در سال است که از طریق منابع مختلفی شامل سد استقلال میناب که حدود ۳۱ میلیون متر مکعب از مصرف شهر بندرعباس را تأمین می‌نماید و مابقی نیاز آبی شهر از چاه‌های آب واقع در دشت میناب، شمیل و سرخون تأمین می‌گردد [۱۲]. همچنین جمعیت شهر بندرعباس طبق آمار سرشماری سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۴۴۰ هزار نفر می‌باشد.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه شهری مورد مطالعه

مراحل انجام تحقیق

ورود اطلاعات شبکه آب به نرم افزار مدل هیدرولیکی

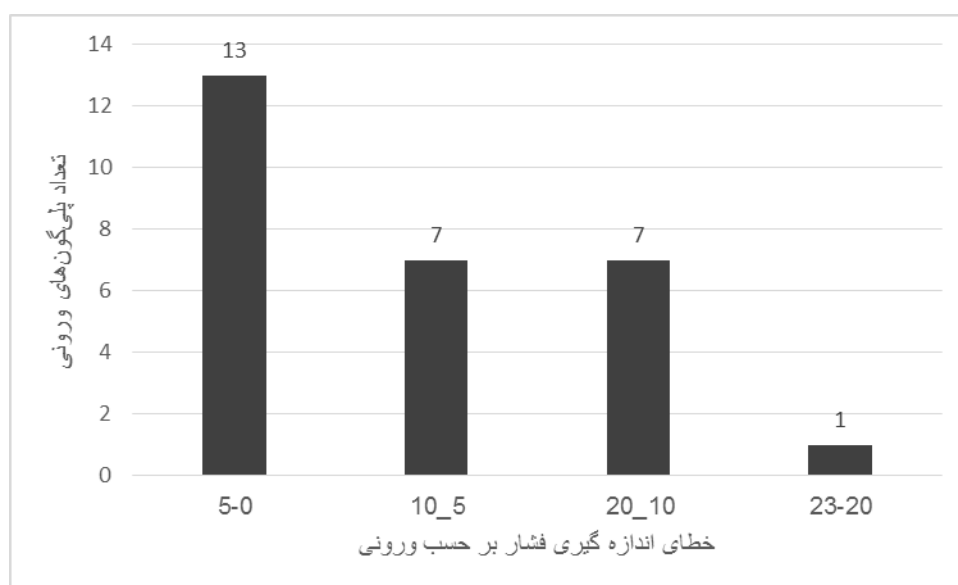
به منظور ارزیابی شبکه آب شهر بندرعباس و همچنین شناسایی نقاط دارای کمبود فشار و ارائه راهکارهای مناسب جهت اصلاح آن ها از نرم افزار مدل سازی شبکه *Water GEMS* استفاده گردیده است. جهت مقایسه میزان تغییرات فشار در شبکه توزیع آب بندرعباس ابتدا نقشه شبکه توزیع آب شهر بندرعباس برای سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳ در محیط نرم افزاری *ArcGIS* تهیه شد. برای تهیه این نقشه از تجهیزات سخت افزاری *GPS*، دستگاه *GPR*، فشارسنج روغنی، دبی سنج و نرم افزارهای *AutoCAD*، *Water GEMS*، *GPS Pathfinder*، *Ekko mapper* استفاده شد. سپس با استفاده از نقشه های بدست آمده، مدل هیدرولیکی شبکه توزیع آب با استفاده از نرم افزار *Water GEMS* در سال های مذکور برای کل منطقه مورد مطالعه ایجاد گردید. برای انجام این کار، ابتدا اجزای شبکه از قبیل لوله ها، گره ها، اطلاعات مربوط به مخازن، ایستگاه های پمپاژ، شیرهای کنترل جریان و فشار به مدل معرفی شد. سپس با استفاده از روش تیسن، پلی گون های مربوط به گره ها ساخته و از طریق آن مشترکین هر گره مشخص گردید. پس از دادن اطلاعات مربوط به مصرف هر گره، مدل هیدرولیکی اجرا شد. علاوه بر آن، جهت افزایش دقت مدل با استفاده از نتایج فشارسنجی در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳ مدل های هیدرولیکی بدست آمده با استفاده از الگوریتم ژنتیک، کالیبره شدند. برای این کار اطلاعات فشارسنجی و سایر پارامترهای شبکه را در زمانی که شبکه حالت پایدار هیدرولیکی دارد، یعنی در حالت تنش کم آبی، خرابی ایستگاه های پمپاژ و یا خالی بودن مخازن، نبود به مدل داده شد تا بر اساس آن مدل هیدرولیکی کالیبره شود. هریک از فشارسنج های موجود در شبکه بیان کننده مقدار فشار در پلی گون های ورونویی متناظر با آن است. با استفاده از نرم افزار مدل هیدرولیکی می توان مقدار

فشار در هر پلی گون ورونویی و همچنین مقدار فشار در فشارسنج متناظر با آن را به دست آورد. اختلاف این دو عدد خطای فشارسنجی در هر پلی گون ورونویی می‌باشد. همچنین صحت سنجی داده‌های خروجی مدل با استفاده از مقایسه فشار قرائت شده از فشارسنجی میدانی و مدل انجام گرفت. به منظور آنالیز میزان فشار آب در مناطق مختلف شهر بندرعباس با استفاده از درون یابی فایل رستر، میزان فشار برای هر یک از سال‌های مذکور تهیه گردید. در انتها با مقایسه فایل‌های رستری بدست آمده با استفاده از *Raster calculator* فایل رستر تفاضلی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳ بدست آمد که نتیجه آن که نشان‌دهنده تغییرات فشار شبکه طی سال‌های ۸۹ الی ۹۳ می‌باشد. همچنین از انطباق آن با نقشه مشترکین، درصد مشترکین برخوردار از وضعیت فشار مناسب در مناطق مختلف شهر بندرعباس محاسبه گردید.

نتایج

بررسی وضعیت شبکه فشارسنجی شبکه توزیع آب

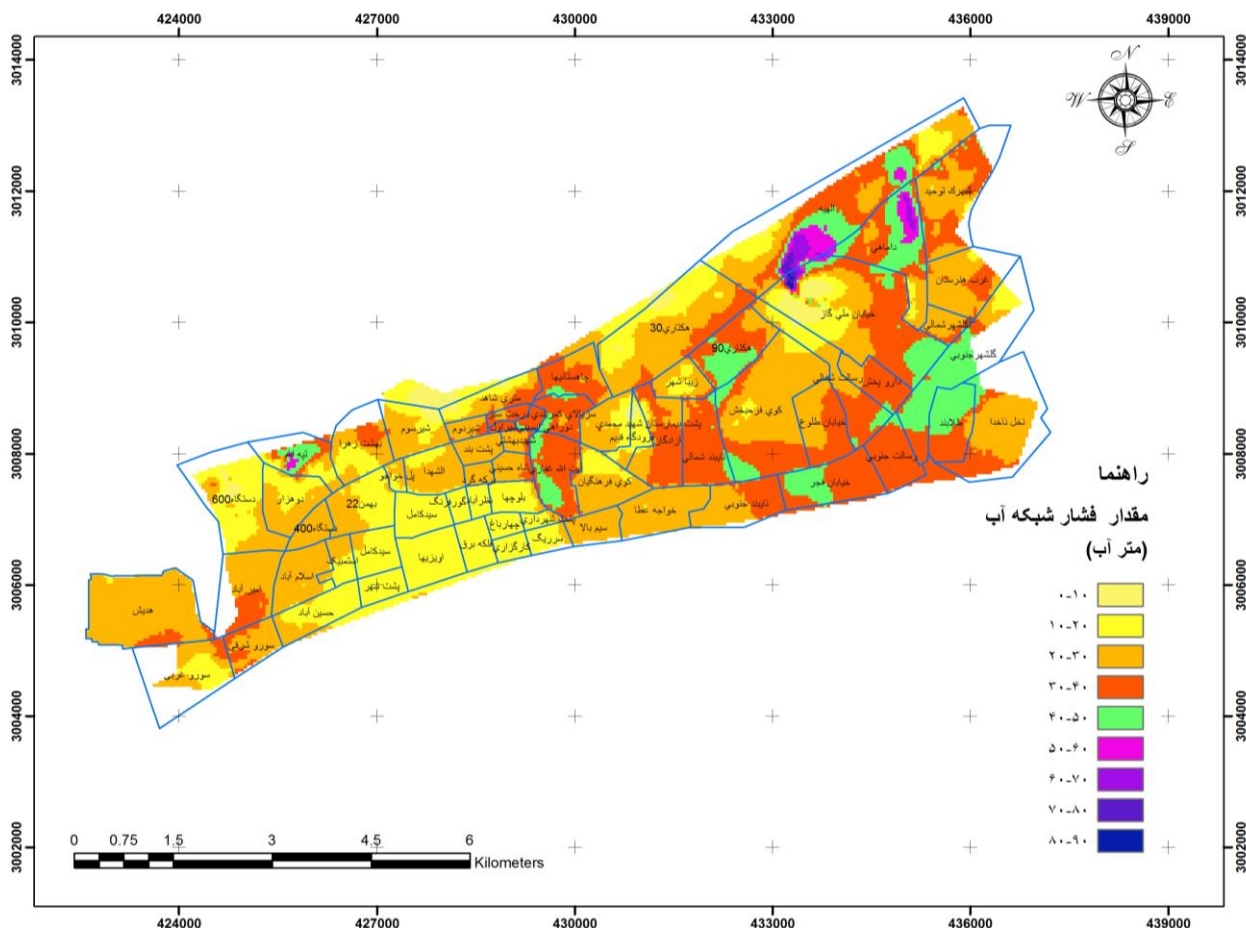
مقدار خطاهای فشارسنجی در نمودار شماره (۱) نشان داده شده است. مقدار متوسط خطای فشار سنجی برابر با ۶/۴ متر می‌باشد. از آنجائیکه براساس یافته‌های تجربی تخمین فشار با خطای بیش از ۵ متر نمی‌تواند در ارزیابی فشار شبکه توزیع آب موثر باشد لذا به نظر می‌رسد سیستم فشارسنجی شبکه توزیع آب بندر عباس جهت ارزیابی فشار آب شبکه بندر عباس مناسب نیست. همچنین می‌توان مشاهده نمود که فقط تعداد ۱۳ پلی گون ورونویی دارای خطای بین ۰ الی ۵ متر هستند و می‌توان در آن محدوده مقدار متوسط فشار را با دقت مناسبی اندازه‌گیری کرد. در مورد سایر پلی‌گون‌ها می‌توان با افزایش تعداد فشار سنج‌ها و یا به عبارت دیگر کوچک کردن مساحت این پلی‌گون‌ها مقدار خطا را کاهش داد.



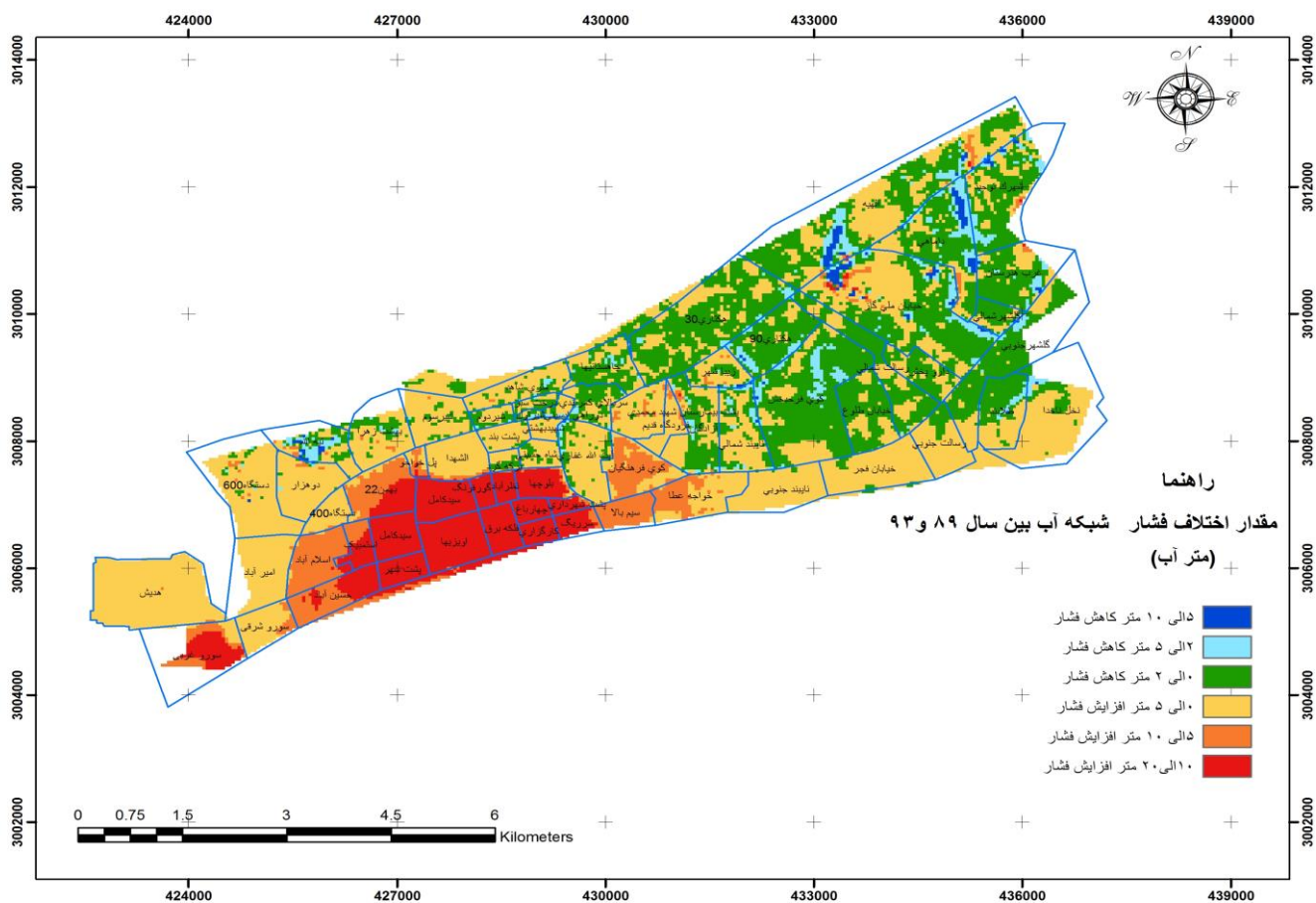
نمودار ۱- نمودار مقدار خطای اندازه گیری پلی گونهای ورنون

مقایسه نقشه‌های متوسط فشار در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳

با توجه به مقایسه نقشه‌های متوسط فشار در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳ مشاهده می‌شود که محلات سر ریگ، پشت شهر، چهارباغ، نظرآباد، حسین‌آباد، بلوچها، کارگزاری، گور فرنگ، فلکه برق، سید کامل، اوزیها، ۲۲ بهمن که در محدوده کم فشار (نامناسب از نظر فشار) قرار داشته‌اند، اکنون در محدوده مناسب فشار قرار دارند. از آن جایی که هدف اولیه شرکت آب و فاضلاب در مدیریت فشار شبکه توزیع آب بندرعباس انتقال آب از شرق به غرب بندرعباس و تأمین فشار در منطقه غرب می‌باشد، مشاهده می‌شود که اقدامات اجرایی صورت گرفته موجب افزایش و بهبود فشار آب در منطقه جنوب غرب بندرعباس شده است. ولی متأسفانه این افزایش و بهبود فشار در محلات شمالی و شمال غربی ایجاد نشده و علاوه بر آن، محدوده جنوب شرق بندرعباس که قبلاً در محدوده پرفشار شبکه قرار داشته (محلات رسالت جنوبی، خیابان فجر، نایبند جنوبی) هنوز در محدوده پرفشار قرار دارند و میزان فشار آن‌ها مطلوب نگردیده است.



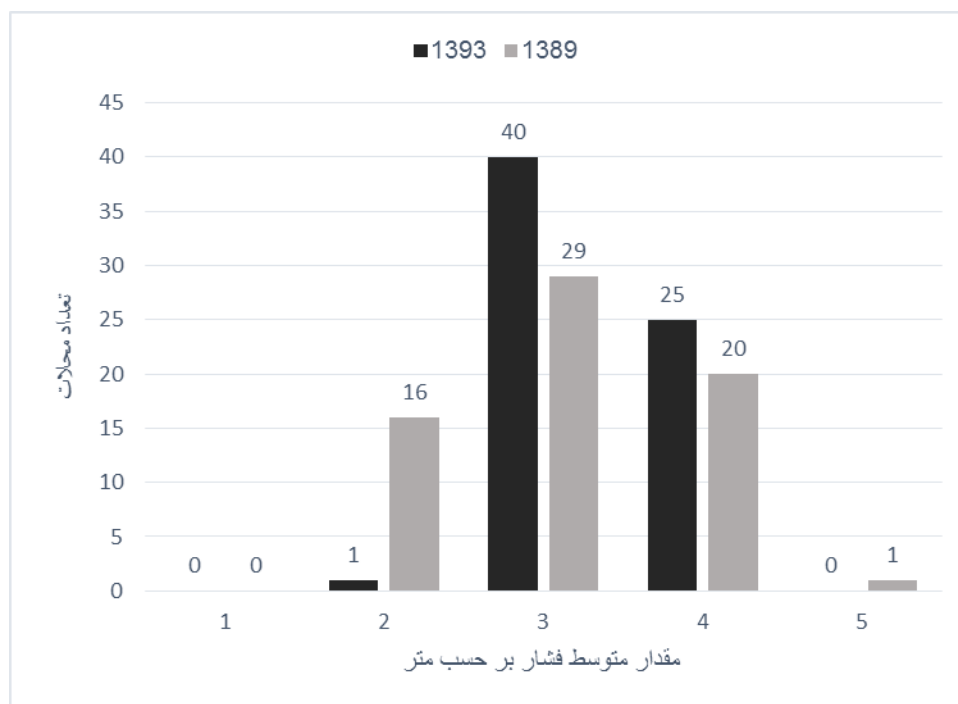
شکل ۲- نقشه متوسط فشار شبکه آب بندرعباس در سال ۱۳۸۹



شکل ۴- نقشه متوسط فشار شبکه آب بندرعباس در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳

بررسی نمودار فشار در محلات مختلف شهر بندرعباس

شهر بندرعباس را می‌توان به ۶۵ محله و منطقه تقسیم‌بندی کرد. تعداد زیادی از مناطق از آغاز ایجاد شبکه آب شرب شهر بندرعباس جهت منطقه‌بندی و یا نوبت‌بندی آب مورد استفاده قرار گرفته است. نمودار (۲) نشان‌دهنده مقدار متوسط فشار در محلات مختلف شهر بندرعباس است.

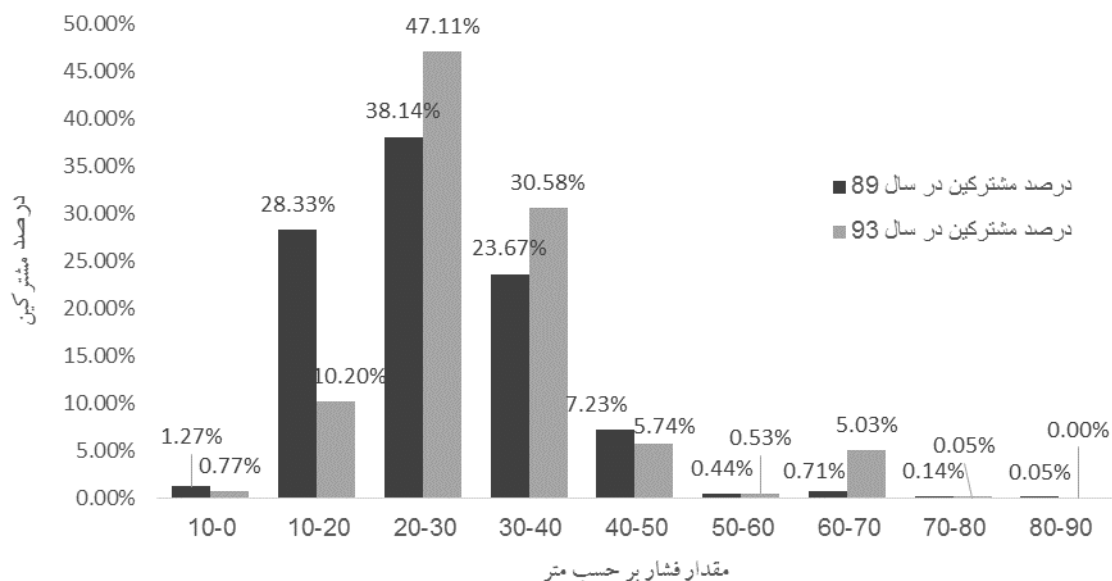


نمودار ۲- نمودار مقدار متوسط فشار شبکه آب در محلات شهر بندر عباس

با توجه به نمودار فوق می‌توان نتیجه گرفت در سال ۱۳۸۹ متوسط فشار در ۲۹ محله در محدوده مناسب قرار داشته است ولی در سال ۱۳۹۳ تعداد محلاتی که متوسط فشار آنها در محدوده مناسب (۲۰ الی ۳۰) قرار دارد به ۴۰ محله افزایش یافته است.

بررسی تعداد و درصد مشترکین در محدوده‌های مختلف فشار

از آن جایی که محلات شهر بندر عباس دارای مساحتی برابر و تعداد مشترکین آب برابر نمی‌باشد، لذا معیار مناسبی برای مقایسه فشار در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳ نمی‌باشد. بهترین شاخص برای مقایسه وضعیت فشار، مشخص نمودن تعداد مشترکینی است که در هر بازه فشاری قرار می‌گیرند، به کمک نقشه مشترکین و همچنین برنامه توسعه‌ای *Spatial Analyst* می‌باشد.



نمودار ۳- درصد مشترکین در بازه های مختلف فشار شبکه آب

با توجه به نمودار (۳) ۳۸/۱۴ درصد آحاد در سال ۱۳۸۹ در محدوده مناسب فشار قرار داشته‌اند، در صورتی که در سال ۱۳۹۳ به ۴۷/۱۱ درصد رسیده است که این مسئله نشان‌دهنده بهبود وضعیت فشار شبکه طی سال‌های اخیر می‌باشد، ولی با توجه به این که هنوز ۱۱/۹۷ درصد از مشترکین در محدوده فشار پایین و ۴۰/۹۲ درصد از مشترکین در محدوده بالای فشار قرار دارند، بایستی پروژه مدیریت فشار به منظور بهبود وضعیت فشار ادامه یابد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مقایسه میزان فشار شبکه می‌توان نتیجه گرفت که اقدامات صورت گرفته در خصوص اصلاح و بهبود شبکه آب طی سال‌های ۸۹ الی ۹۳ مؤثر بوده و مشکل کمبود فشار آب در منطقه جنوب غربی شهر بندرعباس را تا حدود زیادی حل نموده است، گرچه هنوز نگرانی‌هایی در خصوص کم بودن فشار آب در مناطق شمال و شمال غرب بندرعباس، همچنین زیاد بودن فشار در محدوده جنوب شرق شهر بندرعباس وجود دارد.

با توجه به بررسی شبکه فشارسنجی موجود و بررسی پلی گون‌های مربوط به فشارسنج‌ها می‌توان نتیجه گرفت که تنها ۱۳ ناحیه فشار سنجی از بین ۲۸ ناحیه جهت فشارسنجی شبکه مناسب بوده و ۱۵ ناحیه بدلیل اختلاف بیش از ۵ متر بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر متوسط فشار جهت فشارسنجی مناسب نبوده و علاوه بر آن متوسط خطا در هر ۲۸ ناحیه مقدار ۶,۰۴ بدست آمده که از حداکثر خطای مجاز (۵ متر) بیشتر است. لذا بایستی با افزایش تعداد فشار سنجها و یا جانمایی بهتر آنها مقدار دقت فشار سنجی افزایش یابد.

با توجه به نقشه فشار شبکه آب بندرعباس در سال ۹۳ مشاهده می‌شود که مشکل فشار کم شبکه در محدوده جنوب غرب بندرعباس حل شده است، ولی این مشکل هنوز در محدوده شمال شبکه آب بندرعباس حل نشده است، لذا مناطقی در شمال و جنوب غرب بندرعباس وجود دارند که با فشار آب بسیار کم مواجه هستند.

پیشنهادهای پژوهشی

از آنجائیکه تجهیزات جدید پایش و مونیتورینگ شبکه اطلاعات مربوط به فشار، دبی و پارامترهای کیفی آب مانند کلر باقی مانده و عناصر سمی را اندازه گیری می نمایند لذا پیشنهاد می‌گردد طی تحقیقی با استفاده از نرم افزار مدل هیدرولیکی و GIS جانمایی مناسب جهت ایجاد شبکه مونیتورینگ با کلیه پارامترها صورت پذیرد.

Spatial Evaluation of water urban distribution Networks by using Water GEMS and Spatial Analyst

Rasool Mahdavi-Assistant of Natural Resources Engineering Group- Hormozgan University

Mohammad Zareei- Msc student of GIS and remote sensing- Gheshm Pardis

Hamid Gholami- Assistant of Natural Resources Engineering Group- Hormozgan University

Abstract

In this research, water network of Bandar Abbas city was evaluated by Water GEMS and Spatial Analyst Extension to identify pressure situation of different parishes. For this purpose, the water network map of Bandar Abbas city was prepared and water consumption nodes was given to the model by using water Customer Statistics of Department of Water and Wastewater Bandar Abbas. For increasing the accuracy of the model, the model was calibrated by genetic algorithm. Also, the verification of output data of model was done by comparing the pressure of the model and the field barometer. The results showed that in 2010, 29 of districts of Bandar Abbas city have been put in the proper range, but in 2014, the number of districts with proper range is reached to 40 in the southwest of Bandar Abbas city. This suggests that the pressure of the water network is improved. Also, the results illustrated that the number of subscribers who have placed in the proper pressure have increased from 34.14 to 47.11 percent from 2010 to 2014. Therefore the measures taken nearly to improve water pressure in the districts of low pressure has been effective.

Keywords: GIS, Hydraulic Model, Genetic Algorithm and distribution of water urban

References

۱. Jahangeer, M., Barani, G. A., and Jahangeer, A. (2013). "Intelligent management of pressure and leakage reduction in water supply network by WaterGEMS; Case study: integrated water supply in South Khorasan Duhsaran". *Irrigation and Water Engineering*. 4(13):45-55.
۲. Chung, W., Yu, M., and Lee, HD. (2004). "Prediction of corrosion rates of water distribution pipelines according to aggressive corrosive water in Korea". *Water Science and Technology*. 2004; 49(2): 19-26.
۳. Energy ministry. (2007). "Instructions on how to identify and study factors in water and its reduction strategies". 308(1):13-20.
۴. Gholami, M., Avaz Pour, M. (2008). "Survey of corosivity and scaling potential in Drinking water of Ilam Province .Proceedings of the 11th National of Environmental Health Congress; Nov 7-8; Ilam, Iran.
۵. Ajeri, A., Mehrani, V., and Blouri, S. (2008). "The combined application of GIS software and Water GEMS in the management of water distribution hydraulic network". *The 2nd National Conference on Water and Wastewater operation approach*. Tehran. Iran.
۶. Tabesh, M., and Saber, H. (2008). "The conceptual model of reform and modernization of municipal water network using GIS and Water GEMS in water distribution network hydraulic management using GIS". *The 2nd National Conference on Water and Wastewater operation approach*. Tehran. Iran.
۷. Satar Zadeh, A., Zakeri, M., Khezri, S. M., and Fazeli, M. R. (2013)." WATER GEMS modeling software used in the design of the reform and development of water distribution networks in order to reduce losses and provide real-hydraulic model city pilot of Nasim Shahr ".*The 2nd National Conference on Water crisis (climate change, water and the environment)*. Shahr Kord. Iran.
۸. Jahangeer, M., Barani, G. A., Tayari, O., and Gehangeer. A. R. (2010)." Hydraulic assessment of water networks and reduce leaks using a software adjustable valves Water GEMS". *National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development*. Stahban. Iran.
۹. Tanyimboh, T. T., Tabesh, M., and Burrows, R. (2001). "An appraisal of the source head method for calculating the reliability of water distribution networks". *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE*. 127(4): 206-213.
۱۰. Tang, T., keyser, G. (2007). *Spatial Analysis Of Household Water Supply And Demand In A Distributed Geographic Network In The Towns Of Amherst And Clarence , New york "*, *Middle States Geographer*. 40:133-141.
۱۱. Ghadyani, M., and Oghani, J. (2011). "Integrated water distribution network hydraulic models and qualitative models with GIS (Case study water distribution network in Yazd)". *Application of GIS in planning a national seminar on Economic, Social and Urban*. Tehran. Iran.
- ۱۲.