مدلسازي شبكه توزيع آب به منظور يكسان سازي فشار

عليرضا شريفي، هادي لواساني، دكتر محمد علي رجبي
گروه مهندسي نقشه برداري، دانشكده فني، دانشگاه تهران
تلفن: ۸۸۳۳۴۳۴۱، دورنگار: ۸۸۰۰۸۸۳۷
sharifi_rs@yahoo.com, hadilavasani@yahoo.com, marajabi@ut.ac.ir

چكيده

يكي از بخشهاي مهم مدلسازي هيدرولوژي، مدلسازي شبكه هاي توزيع آب ميباشد. در شبكه هاي توزيع آب يكي از اساسي ترين مسائل پيش رو تنظيم شدت جريان آب در درون لوله ها بنحوي است كه تمامي مشتركين شبكه آب را بصورت هم فشار در اختيار داشته باشند. اين مساله در شهر تهران با استفاده از پمپهاي فشار درمحل انشعاب لوله ها تا حدودي حل شده است. در اين مقاله با استفاده از پارامترهاي قطر لوله، شيب لوله نسبت به محل انشعاب، تعداد مشتركين هر انشعاب و تنها در نظر گرفتن نيروي ثقل براي حركت آب در لوله ها، مسئله دسترسي هم فشار آب به مشتركين در محيط GIS حل گرديد. با استفاده از يک نقشه شبيه سازي شده و مدل طراحي شده براي حل مسئله، به راحتي ميزان قطر مجازي لوله ها محاسبه مي شود. اين قطر مجازي را مي توان بوسيله يک دريچه قابل تنظيم در محل انشعاب لوله اعمال نمود. با استفاده از اين مدل علاوه بر كاهش تعداد پمپهاي فشار كه براي افزايش فشار آب استفاده مي شود مي توان مسئله افت فشار را نيز مرتفع نمود.

واژگان كليدي: ارتفاع مجاز مشتركين، انشعاب، شبكه توزيع آب، شيب، سيستم اطلاعات مكاني، قطر لوله، كدگذاري نقشه، هم فشاري آب

۱- مقدمه

ايجاد يک مدل شبكه توزيع آب و نگهداري آن در طول زمان مي تواند يكي از زمانبرترين، پر هزينه ترين و خطادارترين مراحل يک پروژه مدلسازي هيدرولوژيكي باشد . قبل از گسترش و تكامل سيستم اطلاعات مكاني جهت مدلسازي شبكه توزيع آب، مهندسين بوسيله جمع آوري، تركيب و رقومي سازي داده ها از منابع مختلف همانند نقشه هاي شبكه توزيع آب، نقشه هاي مسطحاتي شهري و ساير نقشه هاي مورد نياز فايلهاي ورودي مدلها را ايجاد مي كردند. با توجه به رشد سريع شهرها و نياز به افزايش تعداد مشتركين و گسترش امكانات شبكه توزيع آب بايد اين مدلهاا به همان سرعت بهنگام مي گرديد كه با توجه به نبود يک سيستم جامع در اين زمينه معمولا مشكلات ايجاد شده براحتي قابل حل نبودند (Liong, 2004).

امروزه با استفاده از سيستمهاي اطلاعات مكاني مدلسازي شبكه هاي توزيع آب بگونه اي طراحي شده اند كه احداث، تعمير و نگهداري اين شبكه ها به بهينه ترين شكل ممكن صورت مي پذيرد. يكي از مشكلاتي كه در شبكه هاي توزيع آب رخ مي دهد كاهش فشار آب بر اثر افزايش طول لوله، افزايش انشعاب و تغيير شيب منطقه است (Lamsey, 2005). اين امر بدين معني است كه شبكه توزيع نمي تواند آب را بصورت هم فشار به مشتركين برساند. براي حل اين مشكل در انشعابها از پمپ فشار براي افزايش فشار حركت آب در لوله ها استفاده مي كنند. تعداد

پمپها و نحوه قرارگيري آنها به طول لوله، شيب منطقه و تعداد انشعابها بستگي دارد بگونه اي كه هر چه شيب كندتر، طول لوله بيشتر و تعداد انشعابها زيادتر باشد تعداد پمپهاي فشار افزايش مي يابد.

در اين مقاله مسئله دسترسي هم فشار آب به مشتركين با استفاده از پارامترهاي قطر لوله، شيب لوله نسبت به محل انشعاب، تعداد مشتركين هر انشعاب و تنها در نظر گرفتن نيروي ثقل براي حركت آب در لوله ها، در محيط GIS حل گرديد. ميزان قطر مجازي لوله ها با استفاده از يک نقشه شبيه سازي شده و مدل طراحي شده محاسبه گرديد. در بخش دوم اين مقاله **الگوريتم مدل** مورد استفاده و در بخش سوم مراحل **پياده سازي** آن شرح داده مي شود. در بخش چهارم نيز **نتايج** بدست آمده مورد بررسي قرار مي گيرد و در نهايت در بخش پنجم نتيجه گيري و پيشنهادات مورد نظر ارائه شده است.

۲- الگوريتم مدل

در اين مرحله با استفاده از نرم افزار MatLab الگوريتمي براي فراخواني نقشه و اعمال فرمولهاي مربوطه جهت محاسبات مربوط به قطر دريچه ها نوشته شد. اعمال شيب لوله در مدل با استفاده از فرمول $(1+\sin\alpha)^{-1}$ كه در آن α شيب لوله است و انجام محاسبات براي تمامي مشتركين يک انشعاب، امكان پذير مي شود. الگوريتم برنامه در سه سطح بزرگراه، خيابان، كوچه و انشعاب مشترک نوشته شده است تا در نهايت بتوان قطر مجازي لوله ها را در هر انشعاب بدست آورد. اين الگوريتم قادر خواهد بود تمامي سطوح مذكور را براي هر مشترک محاسبه كند. براي اجراي هرچه بهتر مدل نياز به تعيين ارتفاعات مكانهاي مشتركين است تا اطمينان پيدا شود كه فشار آب در محدوده رضايت بخشي است. قرائت فشار بايد زماني رخ دهد كه سيستم جديد به سيستم موجود ارتباط يابد و بدين ترتيب HGL[1] عمومي مي تواند تعيين شود. HGL عبارتست از حداكثر اختلاف ارتفاع مجاز يک مشترک نسبت به مخزن اصلي آب كه بستگي به موقعيت مخزن، فشار آب و شتاب ثقل زمين دارد (Deagle, 2005). اگر اختلاف ارتفاع يک مشترک نسبت به مخزن اصلي آب بيش از HGL باشد بايد از يک مخزن ديگر به آن اشتراک داده شود. پس از تعيين HGL و با استفاده از فشار حداقل و حداكثر قابل قبول در شرايط عادي، تقريب ارتفاع بالاترين و پايين ترين مشترک كه مي تواند خدمات را دريافت كند از طريق معادلات زير امكانپذير مي باشد:

$$El_{min} = HGL_{max} - C_f P_{max}$$
$$El_{max} = HGL_{min} - C_f P_{min}$$

كه در آن El ارتفاع مجاز مشتركين در منطقه، HGL، HGL مطلوب در منطقه، P فشار قابل قبول و C_f فاكتور تبديل واحد مي باشد.

انتخاب ارتفاع سرريز مخزن يكي از اساسي ترين تصميمات در طراحي سيستم انتشار آب مي باشد. اين تصميم، محدوده هاي منطقه فشار را كه مي توان به آنها خدمات ارائه داد و طرح كلي انتشار سيستم را تنظيم مي كند. هنگاميكه مخزن ايجاد شد، محدوده هاي HGL در يک منطقه داراي فشار ثابت هستند. تنها راه تغيير محدوده هاي HGL، بالابردن يا پايين بردن مخزن مي باشد. قبل از تكميل و طراحي، لازم است وضعيت در ۲۰-۵۰ سال آينده پس از آن كه آن مكان كاملا ساخته شده است توسط مهندسين بررسي شود (Deagle, 2005).

از طرف ديگر لوله ها بايد توان حداقل ۲۵ متر و حداكثر ۶۰ متر فشار را داشته باشند. حال اگر در منطقه اختلاف ارتفاع بسيار زياد بود، مي توان نواحي را به گونه اي تقسيم نمود كه اين ميزان ارتفاع را برآورده سازد و با توجه به لايه ارتفاع اين تقسيم بندي صورت مي گيرد (Ishaaq, 2003). طراحان بايد ارتفاعات بالاترين و پايين

[1] . Hydraulic Grade Level

ترين مشترک را بررسي کنند. اگر مشترکين تقريبا اختلاف ارتفاع ۳۷ متر از يکديگر داشته باشند، يک منطقه فشار مي تواند خدمات را به آنها برساند اما وقتي اختلاف ارتفاع بيش از اين باشد، مناطق فشار بيشتري مورد نياز است. عموما ارتفاع بالاترين و پايين ترين مشترک در منطقه براي محاسبه محدوده هاي قابل قبول فشار براي تعيين HGL در يک منطقه فشار به کار مي رود (Deagle, 2005). دو معادله زير براي انتخاب HGL مفيد مي باشند:

$HGL_{min} > (\text{Elevation of highest customer}) + C_f P_{min}$
$HGL_{max} > (\text{Elevation of lowest customer}) + C_f P_{max}$

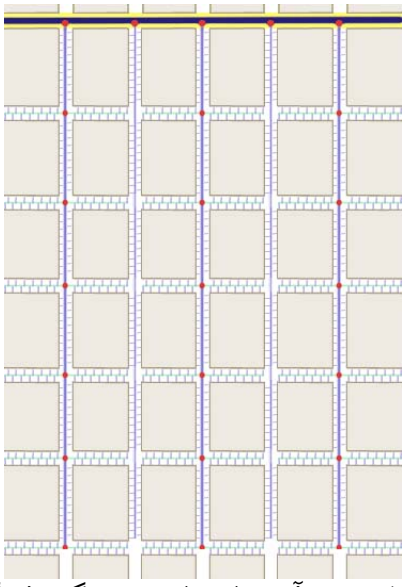
معيار اول اطمينان مي دهد که بالاترين مشترک، حداقل فشار را خواهد داشت و دومي، اطمينان داده که پايين ترين مشترک فشاري غير مجاز را نخواهد داشت. در مناطق مسطح، باندي از مقادير HGL هاي ممکن که مي توانند هر دو معيار را داشته باشند، وجود دارد. در مناطق تپه اي که اختلاف ارتفاع زياد است، يافتن يک HGL که هر دو معيار را برآورده سازد امکان ندارد. اين اختلاف زياد بدين معني است که بيشتر از دو منطقه فشار بايد انتخاب شود.

۳- پياده سازي

پس از طراحي الگوريتم براي آزمايش عملي آن از يک نقشه شبکه توزيع آب استفاده شده است. بدليل مشکلات موجود براي استفاده از نقشه هاي شبکه توزيع آب از جمله عدم دسترسي عموم به اين نقشه ها، براي پياده سازي مجبور به استفاده از فرمت گرافيکي اين نقشه شده ايم. به همين جهت مدلي براي کدگذاري نقشه طراحي شد تا بتوان هر نقشه با هر نوع فرمتي را کدگذاري کرده و اطلاعات مورد نظر را استخراج نمايد. در اينجا تنها اطلاعات شيب لوله ها و قطر آنها از نقشه اصلي استخراج شده است.

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

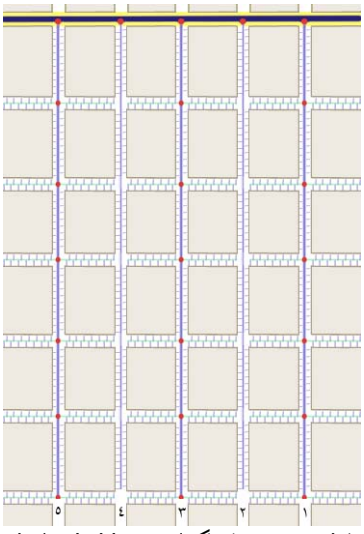
منطقه مورد مطالعه در منطقه چهار شهرداري قرار دارد که از شمال به بزرگراه شهيد زين الدين، از شرق به خيابان سازمان آب، از جنوب به خيابان جشنواره و از غرب به خيابان ۱۳۹ محدود مي شود که در مجموع شامل پنج خيابان است که از بزرگراه منشعب مي شوند. هر خيابان داراي ۱۲ کوچه است. شبکه توزيع آب منطقه بگونه اي طراحي شده است که خيابانهاي اول، سوم و پنجم علاوه بر مشترکين همان خيابان به مشترکين ساکن کوچه ها نيز انشعاب مي دهند. اما خيابانهاي دوم و چهارم تنها به مشترکين همان خيابان انشعاب مي دهند. در شکل ۱ نماي گرافيکي از موقعيت لوله هاي آب در نقشه نشان داده شده است.



شكل ۱: سيستم شبكه توزيع آب منطقه. دايره قرمز رنگ نمايشگر انشعاب است.

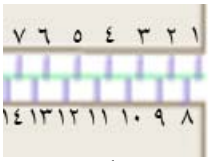
۲-۳- كدگذاري نقشه

در ابتدا جهت خوانا شدن نقشه براي مدل طراحي شده عمل كدگذاري نقشه به ترتيب زيرانجام مي گيرد. خيابانهاي منشعب شده از بزرگراه همانند شكل ۲ به ترتيب با شماره هاي ۱ تا ۵، كوچه ها نيز همانند شكل ۳ از عدد ۱ تا ۱۲ كدگذاري مي شوند. بدين ترتيب كه از سمت چپ به پايين شماره ۱ تا ۶ و از سمت راست به پايين شماره ۷ تا ۱۲ به كوچه ها داده شد. همانطور كه در شكل ۴ نيز ديده مي شود عمل كدگذاري تا انشعابهاي مشتركين در كوچه ادامه پيدا مي كند.



شكل ۲: نحوه كدگذاري خيابانهاي اصلي

شكل ۳: نحوه كد گذاري كوچه ها



شكل ۴: نحوه كدگذاري مشتركين

در نهايت نقشه منطقه با در نظر گرفتن تمامي مشتركين بصورت يک ماتريس ۴×۱۱۳۱ در مي آيد. براي مثال مشتركي كه در خيابان سوم- كوچه ششم- پلاک ۷ قرار دارد بصورت ۱۳۶۷ كد مي شود. با اضافه كردن شيب لوله ها به ستون پنجم و قطر لوله ها به ستون ششم نقشه كد شده به شكل ماتريس ۶×۱۱۳۱ آماده ورود به مدل مي گردد. ذكر اين نكته ضروري است كه با توجه به عدم درج شيب براي انشعاب مشتركين، شيب تمامي آنها صفر در نظر گرفته شده است. نمونه اي از ماتريس نهايي در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: نمونه ۶×۶ از ماتريس ورودي به مدل. ستون اول معرف انشعاب از لوله اصلي، ستون دوم شماره انشعاب اصلي، ستون سوم شماره انشعاب كوچه، ستون چهارم شماره انشعاب مشترک، ستون پنجم شيب لوله نسبت به انشعاب اصلي و ستون ششم قطر لوله ها (برحسب ميليمتر) است.

۵۰۰	۷	۰	۰	۰	۱
۲۰۰	-۸	۰	۰	۱	۱
۲۰۰	-۷	۰	۰	۲	۱
۳۰۰	-۸	۰	۰	۳	۱
۱۵۰	-٦	۰	۰	٤	۱
۱۵۰	-۷	۰	۰	۵	۱

طبق جدول ۱ ، قطر لوله اي كه در بزرگراه قرار دارد ۵۰۰ ميليمتر، قطر لوله هايي كه در خيابان اول و دوم قرار دارند ۲۰۰ ميليمتر، قطر لوله خيابان سوم ۳۰۰ ميليمتر و قطر لوله خيابانهاي چهارم وپنجم ۱۵۰ ميليمتر در نظر گرفته شده است. لازم به ذكر است قطر تمامي لوله هايي كه در كوچه ها قرار گرفته اند ۱۵۰ ميليمتر مي باشد.

۴- بررسي نتايج

پس از توليد نقشه كد شده و اجراي مدل شبكه، نتايج مورد نظر در خصوص قطر مجازي لوله ها و ميزان افت فشار در هر لوله حاصل مي شود. جدول ۲ نتايج حاصل از ورود مقادير جدول ۱ به مدل را نمايش مي دهد.

جدول ۲ : نمونه ۸×۶ ماتريس خروجي از مدل. ستون اول معرف انشعاب از لوله اصلي، ستون دوم شماره انشعاب اصلي، ستون سوم شماره انشعاب كوچه، ستون چهارم شماره انشعاب مشترک، ستون پنجم شيب لوله نسبت به انشعاب اصلي و ستون ششم قطر لوله برحسب ميليمتر است. ستون هفتم قطر مجازي لوله ها (بر حسب ميليمتر) و ستون هشتم درصد افت فشار در هر لوله است.

۱	۰	۰	۰	۷	۵۰۰	٤۸۳	۰,۹۷
۱	۱	۰	۰	-۸	۲۰۰	۱٤٤	۰,۷۲
۱	۲	۰	۰	-۷	۲۰۰	۱٤۸	۰,۷٤
۱	۳	۰	۰	-۸	۳۰۰	۱٤۳	۰,٤۸
۱	٤	۰	۰	-٦	۱۵۰	۱۱٤	۰,۷٦
۱	۵	۰	۰	-۷	۱۵۰	۱۱۳	۰,۷۵

در جدول ۳ نيز نمونه اي از قطر محاسبه شده براي لوله هاي واقع كوچه هاي شماره ۵ و ۱۱ خيابان شماره ۱ نشان داده شده است. همانطور كه ملاحظه مي شود با اينكه كوچه هاي شماره ۵ و ۱۱ از يک محل انشعاب مي گيرند و تعداد مشتركين هر دو يكسان است ولي مقادير خروجي براي قطر لوله ها يكسان نيست. اين امر بدليل شيب متفاوت دو لوله است. به نحوي كه لوله اي كه داراي شيب منفي (شماره ۱۱) نسبت به محل انشعاب است داراي قطر مجازي كمتر (براي كاهش فشار آب ورودي به لوله) و لوله اي كه داراي شيب مثبت (شماره ۵) نسبت به محل انشعاب است داراي قطر مجازي بيشتر (براي افزايش فشار آب ورودي به لوله) است.

جدول ۳ : نمونه ۸×۲ ماتريس خروجي از مدل. ستون اول معرف انشعاب از لوله اصلي، ستون دوم شماره انشعاب اصلي، ستون سوم شماره انشعاب كوچه، ستون چهارم شماره انشعاب مشترک، ستون پنجم شيب لوله نسبت به انشعاب اصلي و ستون ششم قطر لوله برحسب ميليمتر است. ستون هفتم قطر مجازي لوله ها (بر حسب ميليمتر) و ستون هشتم درصد افت فشار در هر لوله است. با وجود يكسان بودن قطر لوله ها، تعداد مشتركين و محل انشعاب نتايج حاصله متفاوت است. اين امر بدليل اختلاف در شيب لوله براي ايجاد فشار لازم جهت حركت آب است. بگونه اي كه در شيبهاي مثبت افزايش فشار و در شيبهاي منفي افت فشار خواهيم داشت.

۱	۱	۵	۰	۳	۱۵۰	۱۵	۰,۱
۱	۱	۱۱	۰	-۲,۵	۱۵۰	۱۳	۰,۰۹

۵- نتيجه گيري و پيشنهادات

در اين مقاله نشان داده شد كه با استفاده از پارامترهاي شيب و قطر لوله مـي تـوان مسـئله هـم فشـاري در شبكه توزيع آب را بگونه اي حل كرد كه استفاده از پمپهاي آب به حداقل برسد تا تنها از نيروي ثقل بـراي حركـت آب در لوله ها و دسترسي هم فشار مشتركين به آب استفاده شود. خروجي نهايي مدل طراحـي شـده قطـر مجـازي لوله بود كه مي توان با تعبيه يک دريچه در محل انشعاب آنرا ايجاد كرد. البته بايد اين دريچه قابل تنظـيم باشـد تـا درصورت هر گونه تغيير در شبكه توزيع آب بتوان با بهنگام سازي مدل مقادير محاسبه شده جديد را به دريچـه هـا اعمال كرد. با توجه به اينكه اطلاعات مورد استفاده در اين مقاله محدود به مواردي مي شود كه اجازه استفاده از آنها داده شده است لذا مدل شبكه توزيع آب بگونه اي طراحي شد كه بتوان پارامترهاي جديد مورد نياز مساله را به مدل وارد كرد. مسلما" وجود نقشه كامل و استخراج دقيق اطلاعات مورد نيـاز مـي توانـد نتـايج مـدل را بهبـود بخشـد. استفاده از ديگر پارامترهاي موثر در مدل جهت هرچه بهتر كردن مدل براي تحقيقات آتي توصيه مي شود.

منابع:

1. Kevin Lansey, (2005), Uncertainty In Water Distribution Network Modeling, Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics, University of Arizona

2. Deagle, G., and Ancel, S., (2005), Development and maintenance of Hydraulic Models, Haestad Methods Solution Center

3. Shie-Yui Liong, (2004), Optimal Design of Water Distribution Network Using Shuffled Complex Evolution, Journal of The Institution of Engineers, Singapore

4. Hussain Jama Ismail Bait-Ishaaq, (2003), Ministry of Water Resources, Sultanate of Oman

5. Andrew Romanek, (1998), Surface Water Modeling for the Marcus Hook Refinery, University of Texas