

معیارهای قابلیت تحلیل شبکه‌های توزیع آب شهری

امیر تائبی هرنندی*

چکیده

شبکه‌های توزیع آب تحت فشار از نظر هیدرولیکی، در صورتی قابل تحلیل هستند که مقادیر پارامترهای مجهول آنها را بتوان با کمک مقادیر پارامترهای معلوم به دست آورد. معمولاً در هر شبکه، دبی لوله‌ها مجهول هستند و دیگر پارامترها یعنی هد هیدرولیکی، جریان (مصرف یا تغذیه) گره‌ها و ثابت مقاومت لوله‌ها برخی معلوم و بقیه مجهول هستند. برای آنکه تحلیل شبکه امکان پذیر باشد، تعداد پارامترهای مجهول و نحوه توزیع آنها در سراسر شبکه باید به گونه‌ای باشند که بتوان به تعداد کافی معادله مستقل برای آن شبکه تعریف نمود.

در این تحقیق، معیارهای پیشنهاد شده حاکم بر تعداد و توزیع پارامترهای مجهول شبکه‌های توزیع آب شهری مورد مطالعه قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. تدوین و معرفی معیارهای جامع و کلی جهت ارزیابی قابلیت تحلیل شبکه‌های توزیع آب شهری از نتایج این تحقیق می‌باشند.

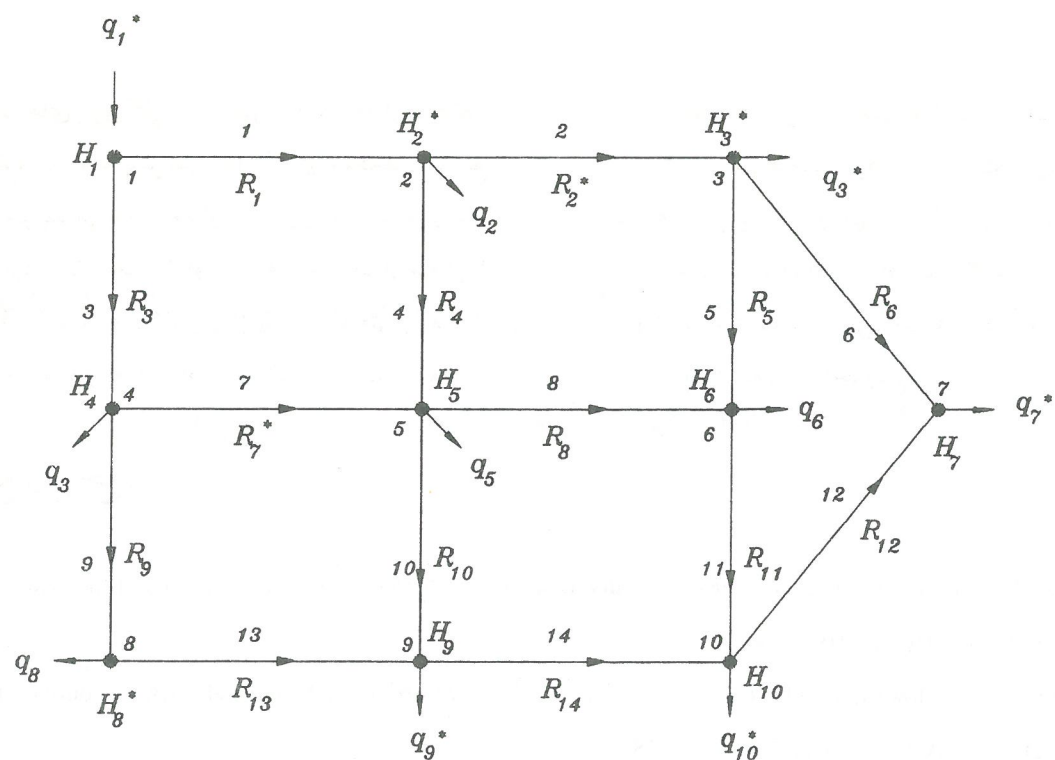
مقدمه

هد و جریان از گره‌ها و ثابت مقاومت لوله‌ها^۱ (R_x) مشخص شوند، دیگر پارامترهای مجهول از قبیل دبی لوله‌ها و قطر نامشخص لوله‌ها و ضریب هیزن - ویلیامز (یا فاکتور اصطکاک داریسی - ویسباخ) نامشخص لوله‌ها را می‌توان تعیین نمود. چنانچه پارامترهای مجهول در یک قسمت از شبکه و

پارامترهای مجهول در تحلیل شبکه‌های توزیع آب تحت فشار معمولاً دبی لوله‌ها (Q_x)، هد گره‌های مصرف^۱ (H_j) و جریان ورودی به گره‌های چشمه^۲ (q_j) می‌باشند. گاهی در هنگام واسنجی^۳ یک شبکه موجود، ضریب هیزن - ویلیامز^۴ (C_{HWx}) یا ضریب اصطکاک داریسی - ویسباخ^۵ (f_x) تعدادی از لوله‌ها مجهول بوده و گاهی نیز هنگام طراحی یک شبکه جدید، برای تأمین یک الگوی جریان^۶ مطلوب، قطر تعدادی از لوله‌ها (D_x) مجهول می‌باشند. به طور کلی، چنانچه

* استاد یار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1- Demand nodal heads | 2- Source nodes |
| 3- Calibration | 4- Hazen - Williams coefficient |
| 5- Darcy - Weisbach friction factor | |
| 6- Flow pattern | 7- Pipe resistance constant |



شکل ۳- شبکه مثال نمایشی

می‌شود. با تعیین مقدار R_p^* ، از معادله H در گره ۵ مقدار H_p^* و سپس مقادیر q_1^* ، R_p^* و q_3^* از معادلات پیوستگی به ترتیب در گره‌های ۱، ۲ و ۳ به دست می‌آیند.

قابل توجه آن‌که در این شبکه، گره ۷ با جریان مجهول q_7^* به دو گره ۳ و ۱۰ با جریانهای مجهول q_3^* و q_{10}^* متصل است. بنابراین معیار ۳ شامیر و هووارد ارضاء نمی‌شود. به علاوه در زیر شبکه حاوی لوله ۲ با مقاومت مجهول R_p^* و دو گره انتهایی ۲ و ۳ آن، مقادیر H_p^* ، H_3^* و H_2^* مجهول هستند و بنابراین معیار ۴ شامیر و هووارد نیز نقض شده است. ملاحظه شد که با وجود ارضاء نشدن معیار ۳ و ۴ شامیر و هووارد، شبکه همچنان قابل حل است و این بدان معنی است که دو معیار ۳ و ۴ شامیر و هووارد نادرست و غیر ضروری هستند.

نتیجه گیری

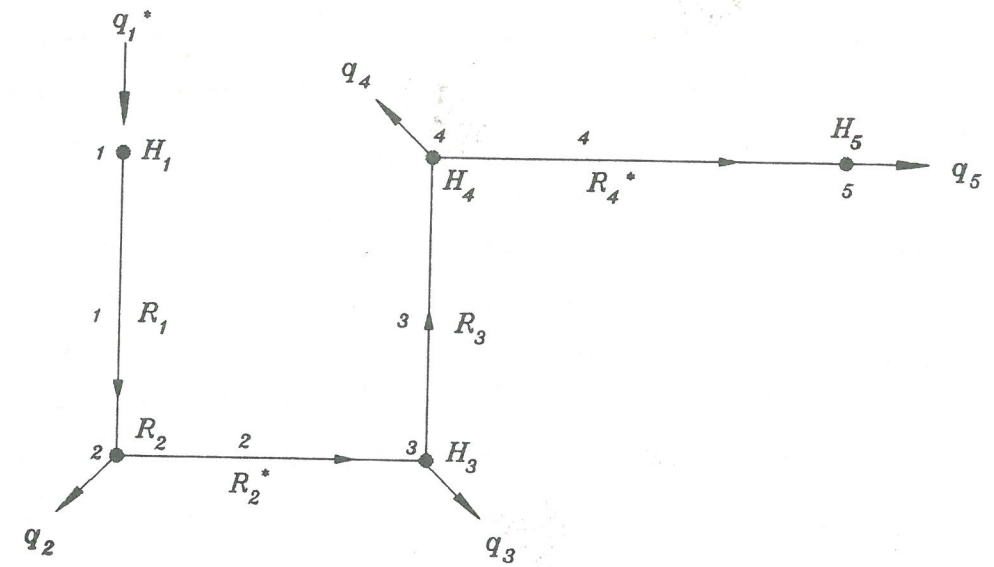
نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

- ۱- معیارهای گوفمن و رُده کلی و جامع نیستند و برای همه حالات شبکه‌های توزیع آب عمومیت ندارد.
- ۲- معیارهای ۳ و ۴ شامیر و هووارد نادرست و غیر ضروری هستند و معیار ۵ آن نیز ناقص است.

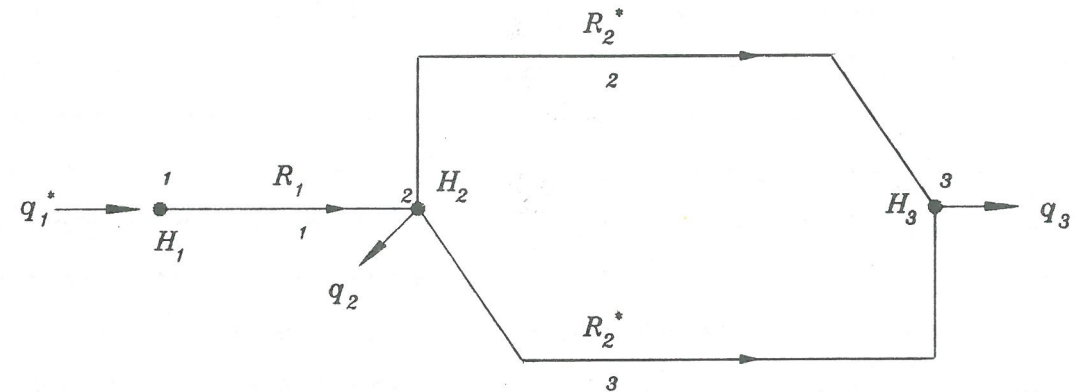
شبکه، معیار تخصیص به طور منحصر به فرد ارضاء می‌شود، در صورتی که ممکن است در بعضی از شبکه‌ها این معیار به چندین حالت ارضاء شود.

لوله ۷ با مقاومت مجهول R_p^* روی مسیری واقع است که گره‌های ۴ و ۵ را به هم متصل می‌کند. لوله ۲ با مقاومت مجهول R_p^* روی مسیری واقع است که گره‌های ۱، ۲، ۳ و ۶ را به هم متصل می‌کند. برای لوله ۲، مسیر بدیل مسیری است که گره‌های ۵، ۲، ۳ و ۶ را به هم وصل می‌کند. به علاوه این دو مسیر مستقل توأماً شکل شاخه‌ای دارند و هیچ حلقه‌ای را تشکیل نمی‌دهند. بنابراین، معیار مسیر (معیار ۴ باوی) نیز ارضاء گردید.

چون تمام معیارهای پیشنهادی باوی ارضاء شدند، شبکه باید حل منحصر به فرد داشته باشد. صحت این مطلب را می‌توان با نوشتن معادلات H برای تمام گره‌ها بررسی نمود. مقادیر H_p^* ، H_8^* و q_{10}^* به طور مستقیم و به ترتیب از معادلات H برای گره‌های ۶، ۸ و ۱۰ به دست می‌آیند. با استفاده از مقدار به دست آمده H_p^* ، مقدار q_7^* از معادله H در گره ۷ به دست می‌آید. به طور مشابه، با مقدار به دست آمده H_8^* ، مقدار R_p^* از معادله H در گره ۴ و مقدار q_4^* از معادله H در گره ۹ تعیین



شکل ۱- شبکه غیر حلقوی برای بررسی معیار مسیر



شکل ۲- شبکه حلقوی برای بررسی معیار مسیر

H_p^* ، q_3^* ، R_p^* ، q_7^* ، H_8^* و q_{10}^* در آن مجهول هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. این شبکه ۱۰ گره و ۱۰ مجهول دارد. بنابراین معیار تعداد مجهولها (معیار اول باوی) در آن ارضاء می‌شود. هدی گره ۱ (و تعداد دیگری از گره‌ها) معلوم و نیز جریان در گره ۱ (و تعداد دیگری از گره‌ها) مجهول هستند و بنابراین معیار حداقلها (معیار ۲ باوی) نیز در آن ارضاء می‌شود. معیار تخصیص (معیار ۳ باوی) با اختصاص دادن q_1^* به گره ۱، q_3^* به گره ۳، q_7^* به گره ۷، q_4^* به گره ۹ و q_{10}^* به گره ۱۰، R_p^* به گره ۲، H_p^* به گره ۵، H_3^* به گره ۶ و R_p^* به گره ۴ و H_8^* به گره ۸ ارضاء می‌شود. ملاحظه می‌شود که در این

شبکه حلقوی شکل ۲، شرط ضرورت عدم تشکیل حلقه توسط مسیرهای مستقل را در معیار مسیر نشان می‌دهد. در شبکه شکل ۲، با وجود اینکه برای هر لوله با مقاومت مجهول یک مسیر مستقل وجود دارد، لیکن برای شبکه حل منحصر به فردی وجود ندارد، زیرا دو مسیر یک حلقه را تشکیل می‌دهند. به بیان دیگر، در هر دو مسیر از دو هدی معلوم H_p^* و H_3^* برای تعیین مقدار R_p^* و q_3^* استفاده شده است.

مثال نمایشی

حل پذیری شبکه شکل ۳ که پارامترهای q_1^* ، H_p^* ، R_p^*

۳- معیارهای باوی کلی و جامعتر از دیگر معیارها به نظر می‌رسند و ظاهراً قادر به پیش‌بینی حل‌پذیری شبکه‌های توزیع آب در کلیه شرایط می‌باشند. معیار اول باوی همانند معیار اول شامیر و هووارد است. معیار ۲ باوی شبیه و جامعتر از معیار ۲ شامیر و هووارد است. معیار ۳ باوی نیز شبیه و جامعتر از معیار ۵ شامیر و هووارد بوده و معیار ۴ باوی عملاً نقص و کمبود معیار ۵

شامیر و هووارد را بر طرف نموده است.
۴- پیشنهاد می‌شود که جهت بررسی حل‌پذیری شبکه‌های توزیع آب از چهار معیار باوی شامل: (۱) معیار تعداد مجهول، (۲) معیار حداقل‌ها، (۳) معیار تخصیص و (۴) معیار مسیر استفاده شود. این معیارها از درجه اطمینان بیشتری نسبت به دیگر معیارها برخوردار هستند.

منابع و مراجع:

- 1- Shamir, U., and Howard, C.D.D., (1968). " *Water Distribution Systems Analysis* ", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 94 (Hy1) : 219 - 234.
- 2- Shamir, U., and Howard, C.D.D., (1970). Closure to " *Water Distribution Systems Analysis* ", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 96 (Hy2) : 577 - 578.
- 3- Shamir, U., and Howard, C.D.D., (1977). " *Engineering Analysis of Water-Distribution Systems* ", Journal of American Water Works Association, 69 (9) : 510 - 514.
- 4- Gofman, E., and Rodeh, M., (1981). " *Loop Equations with Unknown Pipe Characteristics* ", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 107 (Hy9) : 1047 - 1060.
- 5- Bhavé, P.R., (1990). " *Rules for Solvability of Pipe Networks* ", Journal of Indian Water Works Association, 22 (1) : 7 - 10
- 6- Bhavé, P.R., (1991). " *Analysis of Flow in Water Distribution Networks* ", Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A.
- 7- Jeppson, R.W., (1977). " *Analysis of Flow in Pipe Networks* ", Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, U.S.A.

جوابهای زیر مربوط به سئوالات صفحه ۴۹ می‌باشد.

- ج ۱- یک واحد پیش ساخته‌ی هواده‌ی ممتد ممکن است دو یا سه قسمت داشته باشد. هدف از هر قسمت عبارت است از:
 - ۱- هواده‌ی: هواده‌ی و اختلاط فاضلاب مورد نظر: جهت تصفیه بالجن فعال.
 - ۲- زلال سازی و ته نشینی: به منظور جدا سازی لجن فعال از فاضلاب تصفیه شده، پس از حاصل از تصفیه از تصفیه خانه خارج شده و لجن ته نشین شده مجدداً به استخر هواده‌ی برای تصفیه فاضلاب ورودی برگشت داده می‌شود.
 - ۳- هضم هوازی (در صورت نیاز): برای تصفیه لجن فعال.
- ج ۲- مشخصات معمول تصفیه با هواده‌ی عبارت است از: زمان ماند طولانی جامدات، غلظت بالای جامدات مایع مخلوط و نسبت پائین غذا به میکروارگانیسم.