



Babol Noshirvani University of Technology
Faculty of Civil Engineering
May 7 - 8, 2014
Babol - Iran

پنجمین همایش

مهندسی عمران Civil Engineering

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
دانشکده مهندسی عمران
۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۳
بابل - ایران

گواهی ارائه مقاله

گواهی می‌شود مقاله با مشخصات ذیل در هشتمین کنفرانس ملی مهندسی عمران به صورت شفاهی ارائه شده و در مجموعه مقالات درج گردیده است.

نویسندگان: محمود فغفور مغربی، علیرضا منوریان و فروغ ترابی

عنوان مقاله: استهاده از اصل جمع آثار قواعد یافتن موقیت نشت در شبکه های آبرسانی

با آرزوی بهروزی و موفقیت مؤلفین در کشودن ناکشوده های دانش و فن کشور عزیزمان ایران.

دکتر مرتضی شیخ پور
فغفور
دبیر کنفرانس



استفاده از اصل جمع آثار قوا در یافتن موقعیت نشت در شبکه های آبرسانی

محمود فغفور مغربی^۱، علیرضا منوریان^۲، فروغ ترابی^۳

۱- استاد گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه های هیدرولیکی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - خاک و پی دانشگاه فردوسی مشهد

Maghrebi@um.ac.ir
A.Monavarian@yahoo.com
Forugh.Torabi@yahoo.com

چکیده

یافتن موقعیت نشت یکی از بزرگترین چالش‌ها و نگرانی‌ها برای مسئولان و سازمان‌های مرتبط با شبکه‌های آبرسانی محسوب می‌شود. روش‌های متعددی جهت یافتن موقعیت نشت مورد استفاده و آزمایش قرار گرفته‌اند، با این وجود هریک از این روش‌ها مشکلات و محدودیت‌های خاص خود را دارند. در مقاله‌ی حاضر، کاربرد اصل جمع آثار قوا در یک روش جدید نشت یابی مورد بررسی قرار گرفته است. این روش بر پایه‌ی محاسبه‌ی اختلاف فشارهای گرهی در دو حالت وجود و عدم وجود نشت‌های گرهی گسترش یافته است. در روش اول که به آن «روش آنالیز جداگانه» گفته می‌شود، اطلاعات مربوط به فشارهای گرهی برای دو تحلیل مجزا که به ازای وجود نشت‌های منفرد در گره‌های متفاوت و مشخص صورت گرفته است، استخراج شده و سپس نتایج این دو تحلیل با استفاده از اصل جمع آثار قوا با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در روش دوم که به آن «روش آنالیز همزمان» گفته می‌شود، اطلاعات مربوط به فشارهای گرهی در حالت وجود همزمان دو نشت در همان گره‌های فرض شده در روش اول، استخراج می‌شود. نتایج دو روش بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و نشان دهنده‌ی دقت مناسب اصل جمع آثار قوا می‌باشد. همچنین در این مطالعه بر روی عوامل موثر بر میزان اختلاف بین جواب‌های روش‌های آنالیز جداگانه و همزمان از جمله تاثیر دبی پایه‌ی برداشت گرهی، تاثیر فاصله‌ی گره‌های نشت دار از یکدیگر، تاثیر محل واقع شدن گره با نشت بیشتر و تاثیر فاصله‌ی گره‌های انتخابی از مخزن، مطالعه شده و حساسیت جواب‌ها نسبت به تغییر در دبی نشت و نیز محل وقوع کمترین اختلاف بین جواب‌های دو روش، مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نشت یابی، شبکه آبرسانی، برهم نهی، فشار گرهی



استفاده از اصل جمع آثار قوا در یافتن موقعیت نشت در شبکه های آبرسانی

محمود فغفور مغربی^۱، علیرضا منوریان^۲، فروغ ترابی^۳

۱- استاد گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه های هیدرولیکی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - خاک و پی دانشگاه فردوسی مشهد

Maghrebi@um.ac.ir
A.Monavarian@yahoo.com
Forugh.Torabi@yahoo.com

چکیده

یافتن موقعیت نشت یکی از بزرگترین چالش ها و نگرانی ها برای مسئولان و سازمان های مرتبط با شبکه های آبرسانی محسوب می شود. روش های متعددی جهت یافتن موقعیت نشت مورد استفاده و آزمایش قرار گرفته اند، با این وجود هریک از این روش ها مشکلات و محدودیت های خاص خود را دارند. در مقاله ی حاضر، کاربرد اصل جمع آثار قوا در یک روش جدید نشت یابی مورد بررسی قرار گرفته است. این روش بر پایه ی محاسبه ی اختلاف فشارهای گرهی در دو حالت وجود و عدم وجود نشت های گرهی گسترش یافته است. در روش اول که به آن «روش آنالیز جداگانه» گفته می شود، اطلاعات مربوط به فشارهای گرهی برای دو تحلیل مجزا که به ازای وجود نشت های منفرد در گره های متفاوت و مشخص صورت گرفته است، استخراج شده و سپس نتایج این دو تحلیل با استفاده از اصل جمع آثار قوا با یکدیگر ترکیب می شوند. در روش دوم که به آن «روش آنالیز همزمان» گفته می شود، اطلاعات مربوط به فشارهای گرهی در حالت وجود همزمان دو نشت در همان گره های فرض شده در روش اول، استخراج می شود. نتایج دو روش بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و نشان دهنده ی دقت مناسب اصل جمع آثار قوا می باشد. همچنین در این مطالعه بر روی عوامل موثر بر میزان اختلاف بین جواب های روش های آنالیز جداگانه و همزمان از جمله تاثیر دبی پایه ی برداشت گرهی، تاثیر فاصله ی گره های نشت دار از یکدیگر، تاثیر محل واقع شدن گره با نشت بیشتر و تاثیر فاصله ی گره های انتخابی از مخزن، مطالعه شده و حساسیت جواب ها نسبت به تغییر در دبی نشت و نیز محل وقوع کمترین اختلاف بین جواب های دو روش، مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نشت یابی، شبکه آبرسانی، برهم نهی، فشار گرهی

استفاده از اصل جمع آثار قوا در یافتن موقعیت نشت در شبکه های آبرسانی

محمود فغفور مغربی^۱، علیرضا منوریان^۲، فروغ ترابی^۳

۱- استاد گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه های هیدرولیکی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - خاک و پی دانشگاه فردوسی مشهد

A.Monavarian@yahoo.com

خلاصه

یافتن موقعیت نشت در شبکه های توزیع یکی از مسائل و دغدغه های مهم کاربران و سازمان های مربوطه می باشد. کارهای زیادی در زمینه نشت یابی در شبکه های توزیع صورت گرفته که هر یک دارای محدودیت های خاص خود می باشد. در این مقاله کاربرد اصل برهم نهی در روش نوین نشت یابی در شبکه آبرسانی با استفاده از تحلیل اختلاف فشار های گرهی در حالت نشت دار و بدون نشت بررسی می شود. نتایج نشان می دهد که می توان با برداشت نتایج هیدرولیکی از نوع فشار ها به صورت مجزا و برهم نهی نتایج، با درصد خطای ناچیز، به جواب های حاصل از تحلیل همزمان دست یافت.

کلمات کلیدی: نشت یابی، شبکه آبرسانی، برهم نهی، فشار گرهی

۱. مقدمه

یکی از مشکلات شبکه های توزیع آب، مسئله نشت می باشد. همه ساله نشت در شبکه های آبرسانی شهری هزینه و نیروی زیادی را به دولت ها و سازمانهای مرتبط تحمیل می کند. یکی از عوامل موثر در بهبود کیفیت مدیریت شبکه های آبرسانی، کاهش آب به حساب نیامده است. بر طبق آمار اعلام شده آب و فاضلاب کشور، مقدار آب به حساب نیامده در شبکه های روستایی ۳۱/۹۶ درصد و در مناطق شهری ۲۸/۳ درصد می باشد. (شرکت آب و فاضلاب کشور، ۱۳۸۹). همچنین از آنجا که کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی متر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان) جز کشورهای کم آب جهان محسوب می شود (پراقی، ۱۳۷۹)، لذا نشت یابی در شبکه های توزیع آب از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار بوده و کنترل و کاهش نشت باید به طور جدی مد نظر قرار گیرد.

در یک نگاه کلی روش های نشت یابی را می توان به دو دسته کلی تقسیم نمود. ۱- روش نقطه ای: که شبکه شهری را قسمت به قسمت پیمایش نموده و با ابزار های مختلف نشت در شبکه را جست و جو می کنند (Walski et al., 2002). ۲- روش های سراسری: که با نصب ابزار های اندازه گیری مختلف بر روی شبکه و مانیتورینگ و مدل سازی شبکه، کل شبکه را همزمان مورد تحلیل قرار داده و موقعیت احتمالی نشت را پیدا می کند (Wu and Sage, 2006). این روش ها عموماً مبتنی بر مدل سازی شبکه و سپس کالیبراسیون بر اساس حداقل نمودن اختلاف مقادیر فشار و یا دبی اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده در مدل های کامپیوتری می باشد.

هدر رفت آب از شبکه مقدار ثابتی نداشته و نه تنها به فشار آب بلکه به پارامترهای مشخصه شبکه نیز بستگی دارد. یکی از روش های مطرح در امر نشت یابی، استفاده از کالیبراسیون شبکه توزیع آب می باشد، در این زمینه، Walski و همکاران با کمک روش الگوریتم ژنتیک به کالیبراسیون زبری و مصارف گرهی پرداختند که در نرم افزار WATERGEMS از آن استفاده می شود. Zhiqiang و همکاران نیز با تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک و بر اساس رابطه مانینگ، کالیبراسیون ضریب زبری لوله ها را از طریق این روش کارآمد تر کردند. Sage و Wu به کمک کالیبراسیون شبکه توزیع آب به روش بهینه یابی الگوریتم ژنتیک و داده های میدانی، توانستند نقاط حساس شبکه از لحاظ نشت را نیز پیدا کنند. Cheung و همکاران نیز با در نظر گرفتن حداقل جریان شبانه و فرایند کالیبراسیون با نرم افزار EPANET-Calibrator مقدار و موقعیت نشت در شبکه را تخمین زدند. در این تحقیق، نحوه ی برهم نهی نتایج دو تحلیل مجزا، میزان دقت نتایج برهم نهی شده نسبت به نتایج تحلیل همزمان و نیز فاکتورهای تاثیر گذار بر میزان این اختلاف مورد بررسی قرار می گیرند.

۲. مدل سازی و کالیبراسیون شبکه

شبکه توزیع به منظور طراحی، بهره برداری و توسعه نیاز به مدل سازی کامپیوتری دارند. معمولاً در مدل سازی شبکه ها مقادیر فشار و دبی و به طور کلی پارامترهای شبکه با مقادیر محاسباتی متفاوت است. این امر ناشی از تفاوت پارامترهای طراحی با مقادیر واقعی می باشد. از مهمترین پارامترها می توان به زبری، تخمین مصارف نظیر برآورد جمعیت و مصرف سرانه، قطر و طول لوله ها، شیرآلات و خطای تحلیل اشاره نمود. از طرفی اعتبار یک مدل هیدرولیکی نه تنها به دقت اطلاعات فیزیکی و هندسی، بلکه به دقت پارامترهایی چون ضریب اصطکاک لوله و مصارف گرهی بستگی دارد. لذا به منظور استفاده مفید از مدل ها باید آنها را کالیبره کرد (Soares et al., 2003). کالیبراسیون فرایند مقایسه نتایج مدل با نتایج میدانی برداشت شده و در صورت نیاز تنظیم پارامترهای شبکه تا رسیدن به هماهنگی مناسب بین نتایج مدل با نتایج میدانی در بازه گسترده ای از شرایط مختلف عملکردی سیستم می باشد.

۳. کاربرد روش در یک مدل

ایده به کار رفته در این تحقیق بر مبنای محاسبه اختلاف فشار گرهی در دو حالت ۱- شبکه بدون وجود نشت گرهی و ۲- شبکه با ایجاد دو نشت فرضی گرهی پایه ریزی شده، که این ایده اولین بار توسط فغفور مغربی گزارش گردیده است (فغفور مغربی و همکاران ۱۳۹۱). نکته مهم در این روش این است که جهت انجام مدل سازی شبکه با نرم افزار، بایستی تمامی مشخصات شبکه موجود بوده و نیز عملیات کالیبراسیون بر روی آن انجام شده باشد. برای این منظور ابتدا شبکه مورد بررسی را که در شکل (۱) نشان داده شده است و شامل ۲۰ حلقه، ۳۰ گره، ۵۰ لوله و یک مخزن می باشد، (شبکه (Poulakis et al. (2003) در نرم افزار EPANET2.0 مدل کرده و مشخصات شبکه به طور کامل به نرم افزار داده می شود. آنگاه شبکه با فرض عدم وجود نشت مورد تحلیل قرار گرفته و مقادیر فشارهای گرهی برداشت می شوند. سپس نشت های فرضی در دو حالت به شبکه اعمال می شوند، یک بار شبکه با دو نشت در دو گره مشخص و با مقادیر مشخص دبی نشت، به صورت هم زمان تحلیل شده و مقادیر فشارهای گرهی برای این حالت برداشت می شوند. بار دیگر شبکه به صورت مجزا و در دو مرحله، با مقادیری از دبی نشت که در گام قبل مورد استفاده قرار گرفت، تحلیل شده و مقادیر فشارهای گرهی برای هر دو مرتبه تحلیل، از نرم افزار استخراج می گردند.

حال برای تحلیل حساسیت شبکه نسبت به موقعیت نشت و چگونگی تغییر فشارها، از رابطه زیر استفاده می گردد (فغفور مغربی و همکاران، ۱۳۹۱):

$$LI_i^r = \frac{(H_{not}^i - H_i^i)}{(H_{not}^j - H_i^j)_{max}} \times 100 \quad (1)$$

که H_{not}^i هد فشار در حالت بدون نشت در گره i ، H_i^i هد فشار در حالت نشت دار در گره i ، H_{not}^j هد فشار در حالت بدون نشت در گره j ، H_i^j هد فشار در حالت نشت دار در گره j و LI_i^r در صد اختلاف فشار در دو حالت نشت دار و بدون نشت در گره i به دلیل وجود نشت در گره r بوده و به آن "اندیس نشت" گفته می شود. در ادامه، عملکرد این روش بر روی شبکه (Poulakis et al. (2003) مورد بررسی قرار می گیرد.

۴. تعمیم روش

در اینجا به منظور بررسی کارایی روش سعی شده است تا با استفاده از رابطه (۱) و افزودن چندگام محاسباتی، با انجام دو تحلیل مجزا و استفاده از اصل برهم نهی (Superposition) و نرمالیزه کردن نتایج، و سپس مقایسه ی نتایج با نتایج حاصل از تحلیل همزمان شبکه، درصد اختلاف بین نتایج تحلیل های همزمان و مجزا حاصل شود.

جهت همپایه کردن نتایج دو تحلیل مجزا، از رابطه ی هیدرولیکی بنیادین زیر استفاده می شود:

$$V \propto \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (2)$$
$$\Delta p \propto Q^2$$

حال جهت برهم نهی نتایج، ابتدا الگوهای بدون بعد فشار (اندیس نشت) برای هریک از نشت های Q_i^r در گره r و Q_i^s در گره s ، به صورت مجزا تعیین می شوند. با توجه به رابطه ی (۲)، ضریب وزنی به صورت رابطه ی (۳) محاسبه می شود:

$$w(s, r) = \left(\frac{Q_i^s}{Q_i^r} \right)^2 \quad (3)$$

سپس ضریب وزنی در کنتورهای نظیر Q_i^s ضرب و با کنتورهای نظیر Q_i^r جمع شده و اندیس نشت در حالت برهم نهی شده در گره دلخواه i مطابق رابطه ی (۴) محاسبه میشود:

$$LI_i^{r+s} = LI_i^r + w(s, r) \times LI_i^s \quad (4)$$

که در این رابطه LI_i^{r+s} مقدار اندیس نشت در حالت برهم نهی شده در گره دلخواه i می باشد. سپس اندیس نشت نرمالیزه شده مطابق رابطه ی (۵) محاسبه می شود:

$$n LI_i^{r+s} = \frac{LI_i^{r+s}}{(LI_j^{r+s})_{max}}, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

که در این رابطه، $n LI_i^{r+s}$ مقدار اندیس نشت در حالت نرمالیزه شده در گره دلخواه i و N تعداد گره های شبکه می باشد. در پایان قدرمطلق درصد اختلاف بین جواب های تحلیل های همزمان و مجزا از رابطه ی (۶) بدست می آید:

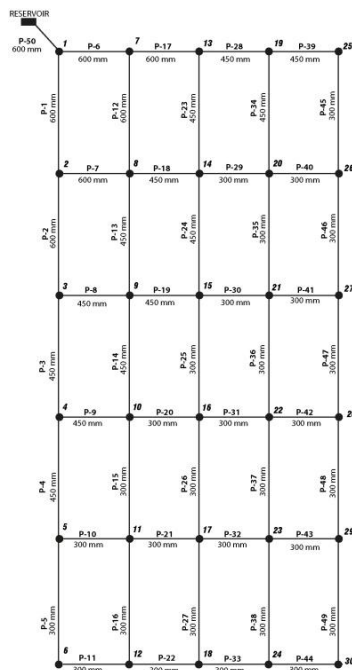
$$Error(\%) = \left| \frac{LI_i^{r,s} - n LI_i^{r+s}}{LI_i^{r,s}} \right| \times 100 \quad (6)$$

که در این رابطه، $LI_i^{r,s}$ مقدار اندیس نشت در حالت تحلیل همزمان می باشد.

البته باید به این نکته توجه شود که رابطه ی اساسی این روش جهت محاسبه ی مقدار اندیس نشت، یک رابطه ی غیرخطی می باشد و این در حالی است که اساساً استفاده از اصل برهم نهی برای روابط خطی معتبر می باشد.

مسئله نمونه

به عنوان یک مسئله نمونه، از شبکه Poulakis et al.(2003) استفاده می شود. این شبکه شامل ۲۰ حلقه، ۳۰ گره، ۵۰ لوله و یک مخزن می باشد. طول لوله های افقی و عمودی به ترتیب ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متر، متوسط زبری مطلق (e) کلیه لوله ها برابر با ۰/۲۶ میلیمتر، مصرف گرهی در تمامی لوله ها ۵۰ لیتر بر ثانیه بوده و قطر لوله ها و شماره گره ها و لوله ها نیز در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- شبکه نمونه Poulakis et al.(2003)

ابتدا بر روی شبکه شکل (۱) با اعمال دو نشت همزمان ۲۰ لیتر بر ثانیه در دو گره ثابت ۱۱ و ۱۹ و تحلیل شبکه با نرم افزار EPANET 2.0، و نیز استفاده از رابطه ی (۱) ماتریس اندیس نشت تحلیل همزمان به صورت ستون دوم جدول (۱) حاصل می شود. در مرحله ی بعد و با اعمال دو نشت به

صورت مجزا، یکبار به میزان ۲۰ لیتر بر ثانیه در گره ۱۱ و بار دیگر به میزان ۲۰ لیتر بر ثانیه در گره ۱۹، و نیز استفاده از روابط (۱) تا (۵)، ماتریس اندیس نشت نرمالیزه شده برای تحلیل مجزا به صورت ستون ششم جدول (۱) حاصل می گردد. در نهایت درصد اختلاف جوابها در دو حالت ذکر شده با استفاده از رابطه ی (۶) در ستون آخر محاسبه شده است. مشاهده می شود که حداکثر اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل همزمان و مجزا، ۶/۴۶٪ است. کنتورهای درصد اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا را می توان با نرم افزار Surfer ترسیم نمود.

جدول ۱- میزان اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل همزمان و مجزا

شماره گره	$LI_i^{11,19}$	LI_i^{11}	LI_i^{19}	$w(19,11)$	${}_n LI_i^{11+19}$	Error(%)
1	58.88	46.14	64.71	1	61.51	4.47
2	69.51	55.63	75.23	1	72.62	4.48
3	74.41	61.59	77.40	1	77.13	3.67
4	82.66	73.29	78.64	1	84.31	2.01
5	90.07	84.77	79.57	1	91.20	1.26
6	93.71	89.85	80.19	1	94.36	0.70
7	68.25	52.76	75.85	1	71.38	4.58
8	70.07	55.63	75.85	1	72.97	4.14
9	75.38	62.47	78.33	1	78.14	3.66
10	82.80	73.51	78.95	1	84.61	2.19
11	100.00	100.00	80.19	1	100.00	0.00
12	94.27	90.73	80.19	1	94.85	0.62
13	72.17	54.75	82.04	1	75.91	5.19
14	72.87	56.95	80.19	1	76.11	4.45
15	75.66	62.25	78.95	1	78.36	3.56
16	85.17	76.16	80.80	1	87.11	2.27
17	93.85	89.62	80.80	1	94.58	0.79
18	93.43	89.18	80.50	1	94.17	0.79
19	81.82	56.95	100.00	1	87.10	6.46
20	80.28	58.50	94.43	1	84.87	5.72
21	80.84	65.78	85.45	1	83.93	3.82
22	86.15	76.60	82.35	1	88.21	2.39
23	91.61	86.09	81.11	1	92.79	1.30
24	92.73	87.86	81.11	1	93.78	1.13
25	81.96	57.40	99.69	1	87.18	6.37
26	81.12	60.04	94.12	1	85.56	5.47
27	82.10	66.89	87.00	1	85.40	4.02
28	86.57	76.82	82.97	1	88.68	2.43
29	91.19	85.21	81.42	1	92.48	1.41
30	92.31	87.20	81.11	1	93.41	1.19

۵. بررسی تأثیر فاکتورهای مختلف بر دقت روش برهم نهی تحلیل های مجزا

دقت نتایج حاصل از روش برهم نهی و میزان اختلاف بین جواب های این روش و جواب های روش همزمان می تواند با تغییر شرایط تحلیل، تحت تاثیر قرار گیرد. اصل برهم نهی و کاربرد آن را از زوایای گوناگونی می توان بررسی نمود که در زیر به این موارد اشاره شده است:

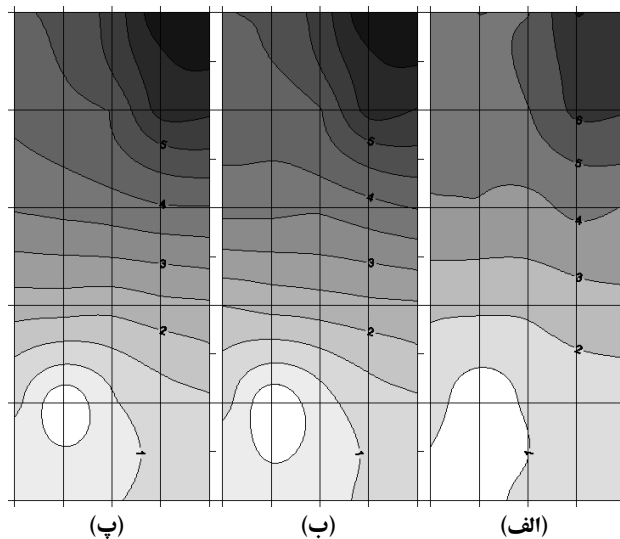
- الف) بررسی تاثیر مقدار دبی پایه ی برداشت گرهی بر دقت جواب برهم نهی شده
- ب) بررسی تاثیر فاصله ی دو گره نشت دار از یکدیگر بر دقت جواب برهم نهی شده
- پ) بررسی تاثیر محل واقع شدن گره دارای نشت بیشتر بر دقت جواب برهم نهی شده
- ت) بررسی تاثیر فاصله ی دو گره انتخابی از مخزن بر دقت جواب های برهم نهی شده
- ث) بررسی حساسیت جواب های برهم نهی شده نسبت به دامنه ی تفاوت دبی های نشت
- ج) بررسی محل وقوع کمترین اختلاف بین جواب های برهم نهی شده و جواب های تحلیل همزمان

الف) بررسی تاثیر مقدار دبی پایه ی برداشت گرهی بر دقت جواب برهم نهی شده

یکی از عواملی که می تواند بر روی نتایج برهم نهی و انحراف جواب های این روش نسبت به جواب های روش تحلیل همزمان گردد، تغییر در دبی برداشت گرهی می باشد. با توجه به مقادیر جدول (۲) و شکل (۲) مشاهده می شود که تغییر در دبی پایه برداشت گرهی، تاثیر چندانی بر میزان اختلاف بین نتایج تحلیل های همزمان و مجزا ندارد، اما به هر حال افزایش دبی پایه برداشت گرهی، منجر به کاهش اختلاف بین جواب ها خواهد شد.

جدول ۲- تاثیر مقدار دبی پایه برداشت گرهی بر میزان اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا

نشت گرهی مقدار دبی پایه	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$
۲۰ لیتر بر ثانیه	٪۷/۰۸
۵۰ لیتر بر ثانیه	٪۶/۴۶
۱۰۰ لیتر بر ثانیه	٪۶/۴۳



شکل ۲- کنتور اختلاف اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا

الف) دبی نشت پایه ۲۰ لیتر بر ثانیه، ب) دبی نشت پایه ۵۰ لیتر بر ثانیه، پ) دبی نشت پایه ۱۰۰ لیتر بر ثانیه

ب) بررسی تاثیر فاصله ی دو گره نشت دار از یکدیگر بر دقت جواب برهم نهی شده

نحوه ی انتخاب دو گره برای انجام محاسبات می تواند بر جواب های روش تحلیل های مجزا و در نتیجه بر دقت جواب های روش برهم نهی نتایج، تاثیر گذار باشد. با توجه به جدول (۳) مشاهده می شود که کاهش فاصله ی دو گره نشت دار، باعث افزایش دقت روش برهم نهی نتایج تحلیل های مجزا می شود.

جدول ۳- تاثیر فاصله ی دو گره نشت دار از یکدیگر بر میزان اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا

نشت گرهی مقدار دبی پایه	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$	$Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{20} = 20 \text{ l/s}$
۲۰ لیتر بر ثانیه	٪۷/۰۸	٪۰/۹۸
۵۰ لیتر بر ثانیه	٪۶/۴۶	٪۰/۳۰
۱۰۰ لیتر بر ثانیه	٪۶/۴۳	٪۰/۱۲

پ) بررسی تاثیر محل واقع شدن گره دارای نشت بیشتر بر دقت جواب برهم نهی شده

میزان فاصله ی گره دارای نشت بیشتر تا مخزن، یکی از عواملی است که بر جواب های روش برهم نهی، تاثیر گذار می باشد. با توجه به جدول (۴) مشاهده می شود که هرچه گرهی که دارای دبی نشت بیشتری است از مخزن دورتر باشد، افزایش دقت روش برهم نهی نتایج تحلیل های مجزا را به همراه خواهد داشت.

جدول ۴- تاثیر محل گره دارای نشت بیشتر بر میزان اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا

نشت گرهی / مقدار دبی پایه	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 50 \text{ l/s}$	$Q_i^{11} = 50 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$
۲۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۱۲/۵۳	٪ ۷/۸۱
۵۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۱۲/۰۴	٪ ۷/۴۲
۱۰۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۱۱/۹۷	٪ ۷/۱۵

ت) بررسی تاثیر فاصله ی دو گره انتخابی از مخزن بر دقت جواب برهم نهی شده

با فاصله گرفتن گره های انتخابی از مخزن، جواب های روش برهم نهی تغییر خواهد کرد. با توجه به جدول (۵) مشاهده می شود که افزایش فاصله ی دو گره انتخابی از مخزن، باعث افزایش دقت روش برهم نهی نتایج تحلیل های مجزا می شود.

جدول ۵- تاثیر فاصله ی دو گره انتخابی از مخزن بر میزان اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا

نشت گرهی / مقدار دبی پایه	$Q_i^{15} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{16} = 50 \text{ l/s}$	$Q_i^{29} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{30} = 50 \text{ l/s}$
۲۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۴/۸۸	٪ ۵/۳۱
۵۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۴/۳۸	٪ ۳/۹۰
۱۰۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۴/۱۵	٪ ۳/۳۴

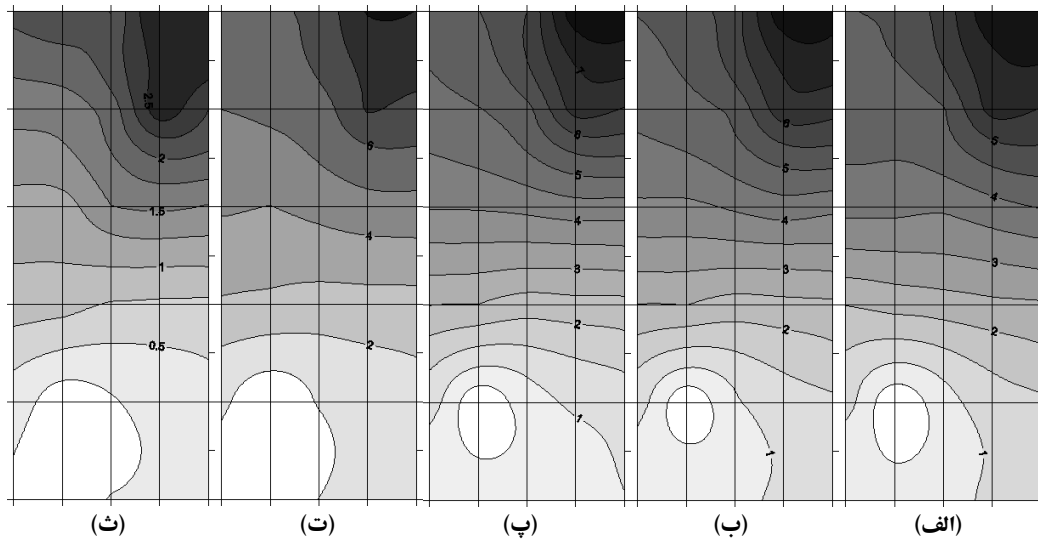
ث) بررسی حساسیت جواب های برهم نهی شده نسبت به دامنه ی تفاوت دبی های نشت

با توجه به جداول و اشکال زیر این نتیجه گرفته می شود که با افزایش اختلاف بین دو دبی، دقت روش برهم نهی کاهش می یابد. همچنین این نکته مشخص می شود که حساسیت روش برهم نهی به دبی های نشت ناچیز (مانند دبی ۱ لیتر بر ثانیه)، کم بوده و در چنین حالاتی جواب روش برهم نهی، بسیار شبیه به جوابی است که از یک تحلیل با دبی بزرگتر حاصل می شود.

جدول ۶- تاثیر دبی های نشت متفاوت با یکدیگر بر میزان اختلاف مقادیر اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا

نشت گرهی / مقدار دبی پایه	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$	$Q_i^{11} = 50 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$	$Q_i^{11} = 100 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$
۲۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۷/۰۸	٪ ۷/۸۱	٪ ۸/۳۷
۵۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۶/۴۶	٪ ۷/۴۲	٪ ۷/۹۱
۱۰۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۶/۴۳	٪ ۷/۱۵	٪ ۷/۶۸

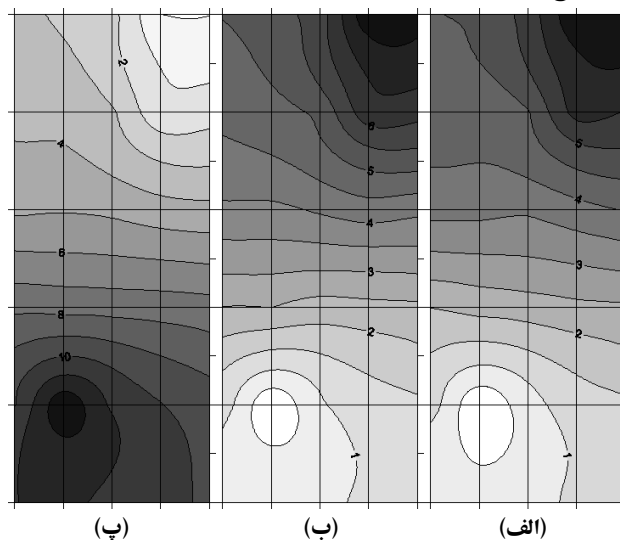
نشت گرهی / مقدار دبی پایه	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 20 \text{ l/s}$	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 5 \text{ l/s}$	$Q_i^{11} = 20 \text{ l/s}$ $Q_i^{19} = 1 \text{ l/s}$
۲۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۷/۰۸	٪ ۸/۷۷	٪ ۳/۰۴
۵۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۶/۴۶	٪ ۸/۰۹	٪ ۲/۸۴
۱۰۰ لیتر بر ثانیه	٪ ۶/۴۳	٪ ۷/۸۷	٪ ۲/۹۰



شکل ۳- کنتور اختلاف اندیس نشت بین تحلیل های همزمان و مجزا با دبی پایه ۵۰ لیتر بر ثانیه
الف) $Q_{i^{19}} = 20 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 20 \text{ l/s}$ (ب) $Q_{i^{19}} = 20 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 50 \text{ l/s}$ (پ) $Q_{i^{19}} = 20 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 100 \text{ l/s}$ (ت) $Q_{i^{19}} = 5 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 20 \text{ l/s}$ (ث) $Q_{i^{19}} = 1 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 20 \text{ l/s}$

ج) بررسی محل وقوع کمترین اختلاف بین جواب های برهم نهی شده و جواب های تحلیل همزمان

همواره کمترین اختلاف بین جواب های برهم نهی شده و جواب همزمان، در گره نشت داری رخ می دهد که دبی نشت بیشتری دارد و در صورت برابری دبی های نشت، در گره نشت داری رخ می دهد که از مخزن دورتر می باشد.



شکل ۴- بررسی محل کمترین اختلاف بین جواب تحلیل های مجزا و همزمان
الف) $Q_{i^{19}} = 20 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 20 \text{ l/s}$ (ب) $Q_{i^{19}} = 20 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 50 \text{ l/s}$ (پ) $Q_{i^{19}} = 20 \text{ l/s}$ و $Q_{i^{11}} = 5 \text{ l/s}$

۶. نتیجه گیری

با بررسی شکل ها و نمودارها می توان گفت که اگرچه افزایش دبی پایه برداشت گرهی منجر به کاهش اختلاف بین نتایج تحلیل های همزمان و مجزا میشود، اما به دلیل تاثیر ناچیز، می توان از تاثیر آن صرف نظر نمود. کاهش فاصله ی گره های نشت دار از یکدیگر، افزایش فاصله ی دو گره انتخابی از مخزن و نیز دورتر بودن گره دارای نشت بیشتر از مخزن، عواملی هستند که باعث کاهش اختلاف بین نتایج تحلیل های همزمان و مجزا و در نتیجه افزایش دقت روش برهم نهی می شود. در صورتی که اختلاف بین دبی های نشت افزایش یابد، اختلاف بین نتایج تحلیل های همزمان و مجزا بیشتر شده

و در نتیجه دقت روش برهم نهی کاهش می یابد. همچنین حساسیت روش برهم نهی به دبی های نشت ناچیز، کم بوده و در چنین حالاتی جواب روش برهم نهی، بسیار شبیه به جوابی است که از یک تحلیل با دبی بزرگتر حاصل می شود. بررسی روش نشان می دهد که همواره کمترین میزان اختلاف بین جواب های تحلیل های همزمان و مجزا، در گره نشت داری رخ می دهد که دبی نشت بیشتری دارد و در صورت برابری دبی های نشت، در گره نشت داری رخ می دهد که از مخزن دورتر است.

در نهایت می توان به این نتیجه رسید که در یک شبکه آبرسانی، جواب های دو تحلیل مجزا پس از برهم نهی، با تقریب ناچیز و قابل قبولی، می تواند جایگزین نتایج تحلیل همزمان گردد.

۷. مراجع

- ۱- شرکت آب و فاضلاب کشور. (۱۳۸۹). "آمار و اطلاعات شرکتهای آب و فاضلاب روستایی". گزارش پایان سال ۸۹.
- ۲- فغفور مغربی، م.، حسن زاده، ی. و یزدانی، س. (۱۳۹۱). "کالیبراسیون مدل های شبکه توزیع آب شهری با استفاده از روش بهینه یابی کلونی مورچه ها". فصل نامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب اصفهان، ش. ۸۵ (پذیرفته شده).
- ۳- یراقی، پ. (۱۳۷۹). "آنالیز آب به حساب نیامده". پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- 4-Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F., Cabrera Jr. E. and Cobacho, R. (2005), "Leakage assessment through water distribution network simulation", J. Water Resour. Plan. Manage., 131(6), 458-466.
- 5-ASCE Committee on Pipeline Planning. (1992), "Pressure pipeline design for water and wastewater". ASCE, Reston, Virginia.
- 6-Bouls, P. F. and Wood, D. J. (1990), "Explicit calculation of pipe-network parameters", J. Hydraulic Engineering, 116(11), 1329-1344.
- 7-Colombo, A. F. and Karney, B. W. (2002), "Energy and costs of leaky pipes, Towards a comprehensive picture." J. Water Resour. Plann. Manage., 128(6), 441-450.
- 8-Lansey, K. E., and Basnet, C. (1991), "Parameter estimation for water distribution network" J. Water Resour. Plan. Manage., 117(1), 126-144.
- 9-Ormsbee, L. E. (1989), "Implicit network calibration" J. Water Resour. Plan. Manage., ASCE, 115(2), PP.243-257.
- 10-Ormsbee, L. E. and Wood, D. J. (1986), "Explicit pipe network calibration" J. Resour. Plan. Manage., ASCE, 112(2), pp. 166-182.
- 11-Poulakis, Z., Valougeorgis, D. and Papadimitriou, C. (2003), "Leakage detection in water pipe networks using a Bayesian probabilistic framework." Probabilistic Engineering Mechanics. 18: pp. 315-327.
- 12-Soares, A. K., Reis, L.F.R. and Carrijo, I.B., (2003), "Head driven simulation model (HSDM) for water distribution system calibration", Advances in Water Supply Management, Maksimovic, C.; Butler, D.; Memon, F. A. (eds.), Swets and Zeillinger, Lisse, 1, pp. 197-207.
- 13-Tucciarelli, T. Criminisi, A. and Termini, D. (1999), "Leak analysis in pipeline systems by means of optimal valve regulation", J. Hydr. Eng., ASCE, 125(3), pp.277-285.
- 14-Walski, T. M. (1983), "Technique for calibrating network models", J. Water Resour. Plan. Manage., ASCE, 109(4), PP. 360-372.
- 15-Walski, T. M. (2000), "Model calibration data: the good, the bad, and the useless", J. The American Water works Association, 92(1), pp.94-99.
- 16-Walski, T. M. (2007), "Introduction to calibration for water distribution system modeling", AWWA Information Management and Technology, MARCH 4-7, 2007.
- 17-Walski, T. M., Chase D. V. and Savic, D. A., (2001), "Water distribution modeling", Haestad Methods, Inc.
- 18-Walski, T. M., Chase D. V. Savic, D. A., Grayman, W. and Beckwith, S. (2002), "Advanced water distribution modeling and management", Haested Press, Waterbury, CT USA.
- 19-The New Zealand Water and Waste Association Wairoa Aotearoa (2009), "Modeling special interest group", national modeling guidelines, "Water Distribution Network Modeling". Draft version 01 revision 04, April 2009.
- 20-Williams, G.S., and Hazen, A. (1920), "Hydraulic tables". John Wiley & Sons, New York.
- 21-Wu, I. P., Gitlin, H. M. Solomon, K. H. and Saruwatari, C. A. (1986), "Trickle irrigation for crop production". Amsterdam, the Netherlands, Elsevier Science Publishers, BV, pp. 53-92.
- 22-Wu, Z. Y., and Sage P. (2006), "Water loss detection via genetic algorithm optimization-based model calibration" ASCE 8th Annual Int. Symp. On Water Distribution Systems Analysis, ASCE, Restion, Va.