سال اول، شماره ۲، شهریور ۱۳۹۳، صفحات ۳۷ تا ۴۵
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.2, Pages 37 to 45
Journal of Water and Sustainable Development

نگرش توصیفی آماری بر اتفاقات شبکه‌ی آب شرب روستایی

مطالعه‌ی موردی: شهرستان قاین

کاظم اسماعیلی[۱]، مهدی دری[۲*]

۱- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲- دانش آموخته کارشناس ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی.
*(نویسنده مسئول، E-Mail: mehdi.dorry@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲
تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱

چکیده

حوادث و اتفاقات، از جمله مواردی هستند که در آنها آب از دست رفته، باعث افزایش نرخ آب بدون درآمد در شبکه‌های توزیع آب شرب می‌شود. حوادث در شبکه علاوه بر اتلاف آب می‌تواند باعث وقوع خرابی، بوجود آمدن ترافیک، کاهش فشار آب، احتمال ورود آلودگی به شبکه و نیز مصرف هزینه‌های هنگفت بازسازی شود. هدف از این تحقیق ارزیابی آماری حوادث و ارائه‌ی روش و روابط تحلیلی برای پیش‌بینی توزیع وقوع حوادث در شبکه‌های آبرسانی ۵ بخش روستایی شهرستان قاینات (بخش‌های زهان، زیرکوه، نیمبلوک، سده و مرکزی) است. آمار نشان می‌دهد، بخش‌های مرکزی و زیرکوه به ترتیب با ۶۰۳ و ۱۷۰ حادثه در سال به‌طور متوسط طی ۵ سال آماری (۹۰- ۸۵) بیشترین و کمترین اتفاقات انشعاب را داشته‌اند. نتایج تحقیق نشانگر آن است که بیشترین حوادث شبکه مربوط به بخش مرکزی با رقمی معادل ۱۲۰۹ حادثه در سال به طور متوسط، و کمترین حوادث مربوط به بخش نیمبلوک با رقم ۵۴۷ حادثه در سال به طور متوسط از سال ۸۵ تا ۹۰ بوده است. تحلیل پیش‌بینی اتفاقات براساس مدل‌هایی مانند مدل هموار ساده در نواحی پنج‌گانه نشان می‌دهد که بخش‌های زیرکوه و مرکزی طی ۵ سال آینده به ترتیب با رقم ۲۰۷۳ و ۶۱۸ حادثه در سال بیشترین حوادث شبکه و انشعاب را خواهند داشت.

واژه‌های کلیدی: شبکه توزیع و انتقال، پیش بینی حوادث، مدل نمو هموار ساده، بازسازی شبکه.

Descriptive statistical approach to rural Potable networks events

Case study: Ghaen city

K. Esmaili [1*], M. Dorry [2*]

1-Associate Professor of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,Iran.
2-Graduated Student, of water Structures ,Islamic Azad University, Iran.
* (Corresponding author Email: mehdi.dorry@yahoo.com)
Received: 24-10-2013
Accepted: 22-06-2014

Abstract

Events and accidents in Potable distribution networks are among cases that lose water and increase the rate of non revenue water. Network events in addition to wasting water can cause destruction, traffic jam, pressure reduction, pollution and enormous reconstruction costs. The main focus of this study is to statistically evaluate these incidents and to develop an analytical method to predict the distribution of evens in five rural sectors of Ghaen city (sector Zohan, Zirkooh, Nimblook, Sadeh and Markazi). Data showed that Markazi and Zirkooh sectors during a five-year period (2008-2012) had the highest and lowest number of events for branches with 603 and 170 events, respectively. Also for this period, Markazi and Nimblook had the highest and lowest events in the networks with 1209 and 547 events, respectively. The analysis of events in the five areas based on models such as simple growth model showed that Zirkooh and Markazi sectores will be having the highest and lowest number of events within of the next 5 years with 2073 and 618 events, respectively.

Keywords: distribution and transmission network, event prediction, simple flat model, network reconstruction.

مقدمه

مجموعه‌ی صنعت آب و فاضلاب کشور هم‌اکنون با تعداد ۳۰ شرکت آب و فاضلاب روستایی در یك مجموعه زیرنظر شرکت مادر تخصصی (آبفا) که نقش برنامه‌ریزی و راهبری آن را به عهده دارد، به روستاهای کشور خدمات‌رسانی می‌کند. طبق آمار ارائه شده از سوی شبکه‌ی اطلاع‌رسانی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سالانه نزدیک به یک میلیون حادثه در شبکه‌ی توزیع آب شهری ایران به وقوع می‌پیوندد که حدود ۲۰ درصد از کل درآمد شرکت‌های آب و فاضلاب، صرف ترمیم این حوادث می‌شود. به‌عنوان مثال در سال ۱۳۷۷ بیش از ۲۰۰ میلیارد ریال صرف ترمیم اتفاقات کل کشور شده است (بیگی، ۱۳۷۸). یونسلو (۱۳۸۵) با نگاهی اجمالی به حوادث آب در شرکت‌های تابعه‌ی آب و فاضلاب استان تهران با بررسی‌هایی در این زمینه به این نتیجه رسید که توان و انرژی زیادی از بخش‌های بهره‌بردار شرکت در تعمیرات و نگهداری صرف می‌شود. وی مشکلات عمده‌ی موجود در شبکه‌های توزیع آب و مشکلات موجود در انشعابات را بررسی نموده، اظهار داشت که حوادث شبکه در بدنه‌ی لوله‌ها، اتصالات، شیرهای شبکه، شیرهای فشارشکن و شیرهای خطوط واقع می‌شوند (یونسلو، ۱۳۸۵). مثنایی در تحقیقی ۵ ساله عملیات نشت‌یابی در شبکه‌ی توزیع آبفای تهران را بررسی کرده است. وی با اشاره به این مطلب که اکثر شرکت‌ها و سازمان‌ها به منافع مادی توجه خاصی دارند، شرکت‌های آب و فاضلاب را از این قضیه مستثنی ندانسته و بیان داشته: «باید دانست که انجام عملیات نشت‌یابی برای شرکت‌های تابعه، سودآور است یا زیان‌ده؟» (یونسلو، ۱۳۸۵). تابش(۱۳۸۸) در تحقیقی مدیریت سیستم‌های حوادث و اتفاقات در شبکه‌های توزیع آب شهری را با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) بررسی نمود. در این تحقیق، روشی برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به حوادث در شبکه‌های آبرسانی ارائه و با استفاده از امکانات ثبت، تلفیق و تحلیل داده‌های مکان مرجع در نرم‌افزار GIS و تحلیل‌های آماری مختلف به پردازش این اطلاعات اقدام شد. استفاده از روش ارائه شده در این تحقیق در یک شبکه‌ی آبرسانی واقعی، نتایج رضایت‌بخشی در افزایش کارایی سیستم و کاهش هزینه‌ها داشته است. کریمی (۱۳۸۲) در تحقیقی با عنوان «تعیین زمان نشت‌یابی و نوسازی شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از تحلیل اطلاعات حوادث» به این موضوع پرداخته است. اساس روش ارائه‌شده در مقاله مذکور بررسی تاریخچه‌ی نشت و آنالیز حوادث بوده است. در این روش با فرض خطی بودن تغییرات، نرخ حوادث برحسب زمان، هزینه‌های دوره‌ی بهره‌برداری برای سه روش مدیریت نشت در شبکه، شامل: رفع حوادث، عملیات نشت‌یابی و جایگزینی لوله‌ها، محاسبه و با مقایسه‌ی آن‌ها ابتدا زمان مناسب نشت‌یابی و سپس زمان نوسازی شبکه تعیین گردیده است (کریمی، ۱۳۸۲). دادبان‌شهامت و ناصری (۱۳۸۴) در تحقیقی، علل حوادث شبکه‌ی آب شرب شهر گرگان را بررسی کرده، دریافتند بیشترین حوادث در مدت ۱۵ ماه در تیرماه ۸۳ (۱۲٪) و کمترین حوادث در فروردین و اردیبهشت ۸۳ (۲٪) بوده است. نرخ شکست لوله‌های شبکه ۲۷/۲ در کیلومتر در سال بوده است که لوله‌های pvc با رقم ۲/۵۸ بیشترین و لوله‌های آزبست با رقم ۰/۲۸ کمترین نرخ شکست در کیلومتر در سال را داشته‌اند (دادبان شهامت و همکاران، ۱۳۸۵). باتوجه به اینکه متوسط نرخ شکست در کشور ۲ شکست در کیلومتر در سال است، در لوله‌های PVC، این نرخ بالا بوده است. میانگین حادثه‌پذیری نیز در لوله‌های شبکه‌ی آب ۹/۷ حادثه در کیلومتر در سال محاسبه گردیده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور دستیابی به اهداف تعیین‌شده برای تحقیق حاضر درمرحله‌ی اول با انجام پژوهش‌های کتابخانه‌ای و اینترنتی و استفاده از اسناد و مدارک مبتنی بر نتایج علمی و عملی و فضای مجازی سابقه‌ی موضوع و تجارب دیگر کشورها بررسی شد. سپس با برگزاری جلسات مشارکتی با کارشناسان مربوطه و مدیران بهره‌بردار به تعیین مشکلات و نارسایی‌های موجود در زمینه‌ی اتفاقات شبکه‌های آبرسانی و پیدا کردن راهکارهای مناسب برای جلب مشارکت مردمی مبادرت شد. نوع این تحقیق از حیث هدف، کاربردی قلمداد می‌شود؛ چرا که از طریق یافته‌های این پژوهش سعی خواهد شد راهکارهایی برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های آینده ارائه شده، مورد استفاده قرار گیرد. از نظر ماهیت و روش، تحقیق حاضر توصیفی است. (تحقیق توصیفی شامل مجموعه روش‌هایی با هدف توصیف شرایط و پدیده‌های مورد بررسی است). تحقیق توصیفی صرفاً برای شناخت بیشتر شرایط موجود یا کمک‌غودن به سهولت تصمیم‌گیری است. باتوجه‌به‌اینکه تحقیق حاضر به بررسی و ارزیابی آماری واقتصادی حوادث و اتفاقات مربوط به آب و فاضلاب روستایی شهرستان قاین و ارائه‌ی الگویی مناسب برای پیش‌بینی حوادث در آینده

می پردازد، تحقیقی توصیفی است. لازم به ذکر است که امور آب و فاضلاب روستایی شهرستان قاینات متشکل از ادارات خدمات مشترکین و تعمیر و نگهداری و کنترل کیفی را مجموعه‌ای از افراد به نام آبداران روستایی اداره می‌کنند که وظایف تعریف شده برای افراد این مجموعه به‌صورت جزءجزء طی قراردادهای انفرادی به آنها گزارش می‌شود و هر آبدار یک یا چند روستا یا یک مجتمع که شامل چند روستا است را اداره می‌کند (شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی، ۱۳۸۵).

شاخص‌های مقایسه‌ای حوادث:

به‌منظور حصول کمیت‌های نسبی برای مقایسه‌ی حوادث در محدوده‌های جغرافیایی و مقاطع زمانی مشخص و مقایسه‌ی آن با استانداردهای جهانی، شاخص‌های حوادث را در دو بخش شبکه‌ی توزیع و انشعاب طبق روابط (۱) تا (۴) تعریف می‌کنیم. در روابط (۳) و (۴) Kd و Kb ضرایب هستند.

$$\text{نسبت حوادث انشعاب} = \frac{\text{تعداد حوادث انشعاب}}{\text{تعداد کل انشعاب}}$$

$$\text{نسبت حوادث شبکه} = \frac{\text{تعداد حوادث شبکه}}{\text{طول کل شبکه مورد بهره برداری}}$$

$$\text{کل هزینه حوادث انشعاب (ریال)} = \text{تعداد کل حوادث انشعاب} \times kb \text{ (ضریب مقایسه)}$$

$$\text{کل هزینه حوادث شبکه} = \text{تعداد کل حوادث شبکه} \times kb$$

جامعه‌ی آماری:

اداره‌ی آب و فاضلاب روستایی شهرستان قاین در سال ۱۳۷۴ رسماً کار خود را شروع کرد که بعدها (در سال ۱۳۸۹) نام آن به «امور» تغییر یافت. اقدامات لازم در زمینه‌ی رفع اتفاقات به عهده‌ی واحد نگهداری و بهره‌برداری بوده است که تعدادی از کارکنان رسمی و قراردادی به انجام این امور می‌پردازند. گروه اتفاقات پس از آگاهی از موقعیت و نوع حادثه به‌صورت تلفنی، به محل اعزام شده، درصدد رفع مشکل برآمده، اقدامات لازم را انجام می‌دهند. در مورد تعداد اتفاقات طی سال‌های ۷۴ تا ۸۴ آمار و ارقام مستندی وجود ندارد و تشکیلات خاصی در خصوص ثبت اتفاقات، محل اتفاق، چگونگی وقوع و نوع آن وجود نداشته است، اما از زمان انتقال فعالیت‌های مربوط به حوادث و اتفاقات به بخش خصوصی امکان ثبت این اطلاعات به‌وجود آمده است. ولی با بررسی‌های صورت گرفته و مراجعه به سوابق و نامه‌های مرتبط با این موضوع در بایگانی امور، تعداد این اتفاقات طی سال‌های ۷۴ تا ۸۴ حدود ۳۲۰۰۰ مورد برآورد شده است که البته چون نوع اتفاق و سایز لوله یا شیرآلات دقیقاً مشخص نیست و آمار به‌دست‌آمده تا حدود زیادی تخمینی است، نمی‌توان از آن در پیش‌بینی این تحقیق استفاده کرد (شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی، ۱۳۸۵). باتوجه به قلمرو زمانی و مکانی انجام پروژه، جامعه‌ی آماری این پروژه، آمار اتفاقات و حوادث رخ‌داده از سال ۸۵ تا ابتدای سال ۹۰ در حوزه‌ی آب و فاضلاب روستایی شهرستان قاین که از نواحی پنج‌گانه‌ی شهرستان به‌دست آمده، از حدود ۸۰۰ صفحه صورت وضعیت، فرم‌های ثبت اطلاعات و گزارشات روزانه‌ی آبداران حاصل شده است. اسناد موجود آب و فاضلاب روستایی شهرستان قاین نشان می‌دهد که در مجموع حدود ۲۷۸۷۰ مشترک از خدمات اداره‌ی مذکور بهره‌مند شده‌اند. این تعداد در ۵ بخش مرکزی، سده، نیمبلوک، زیرکوه و زهان سکونت داشته و از خدمات امور آبفای شهرستان بهره‌مند شده‌اند.

مدل‌های کمی پیش‌بینی:

یکی از وظایف اصلی مدیران، تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری برای آینده‌ی سازمان خویش است. پس تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و پیش‌بینی پدیده‌ها می‌تواند ابزار بسیار مناسبی برای تصمیم‌گیری مدیران باشد. چنانچه تحلیلگر براساس رفتار مشاهده‌شده از سری زمانی و تجزیه و تحلیل اجزاء آن به این نتیجه می‌رسد که می‌توان مقادیر آینده (هزینه‌های احتمالی) را با استفاده از مبانی ریاضی پیش‌بینی کرد، از مدل‌های کمی برای پیش‌بینی در سری زمانی استفاده می‌شود (آذر و مؤمنی، ۱۳۸۵).

مدل‌های کمی پیش‌بینی بسیار زیاد و متنوع هستند و عبارتند از: مدل‌های ساده، مدل‌های میانگین متحرک، مدل‌های نمو هموار، مدل‌های هلت-وینترز[1]، مدل‌های باکس-جنکینز[2] و مدل‌های اقتصاد سنجی. در این پروژه سعی شده یکی از ساده‌ترین روش‌های پیش‌بینی که مبنایی برای دیگر مدل‌های پیش‌بینی است، استفاده شود. برای بررسی یک مدل پیش‌بینی و یا انتخاب بهترین مدل از بین مدل‌های مختلف برای سری زمانی به شاخص نیاز است تا به کمک آن بتوان در رابطه با قبول یا رد مدل پیش‌بینی تصمیم گرفت. به‌طور کلی هر چه مقدار واقعی سری (X_t) به مقدار پیش‌بینی‌شده‌ی آن (X_t) نزدیک باشد بر صحت بیشتر مدل پیش‌بینی دلالت دارد.

مدل نمو هموار ساده:

در این مدل به نوعی از تمامی مقادیر سری‌زمانی برای پیش‌بینی رفتار بعدی استفاده می‌شود. درواقع در زمان t به کلیه‌ی مشاهدات سری‌زمانی در گذشته ($X_1, X_2, \ldots, X_{n-1}, X_n$) توجه داریم تا بتوانیم مقادیر بعدی را پیش‌بینی کنیم. روش نموهموارساده، نوعی پیش‌بینی براساس میانگین موزون از مقادیر جاری و گذشته را ارائه می‌دهد (آذر و مومنی، ۱۳۸۵). در شکل‌گیری این میانگین، بیشترین وزن به جدیدترین مشاهده و وزن کمتر به مشاهده‌ی قبل از آن و الی آخر داده می‌شود؛ به‌طوری‌که کمترین وزن به قدیم‌ترین مشاهده از سری زمانی یعنی X_1 داده می‌شود. روش معمول برای تحقق این ایده برآورد مشاهده در زمان n با استفاده از $\overline{X_n}$ است (رابطه‌ی ۵).

$$\overline{X_n} = (1-\alpha)\, X_n + \alpha\,(1-\alpha)\, X_{n-1} + \alpha^2\,(1-\alpha)\, X_{n-2} + \ldots \overline{X_n} \qquad (۵)$$

در رابطه‌ی (۵) هر مقدار بین ۰ و ۱ است (ضریب هموارسازی). بنابراین یک نوع میانگین وزنی (با وزن‌های نزولی برای مشاهدات قدیم‌تر) برای محاسبه‌ی مقادیر پیش‌بینی به کار می‌رود. با قراردادن t در معادله‌ی فوق به‌جای n می‌توان داشت:

$$\overline{X_t} = (1-\alpha)\, X_t + \alpha\,(1-\alpha)\, X_{t-1} + \alpha^2\,(1-\alpha)\, X_{t-2} + \ldots \qquad (۶)$$

به‌طریق مشابه، مقدار پیش‌بینی در دوره‌ی $t-1$ را می‌توان محاسبه کرد.

$$\overline{X_{t-1}} = (1-\alpha)\, X_{t-1} + \alpha\,(1-\alpha)\, X_{t-2} + \alpha^2\,(1-\alpha)\, X_{t-3} + \ldots \qquad (۷)$$

با ضرب طرفین رابطه در و تفریق معادله‌ی حاصل از معادله‌ی فوق داریم:

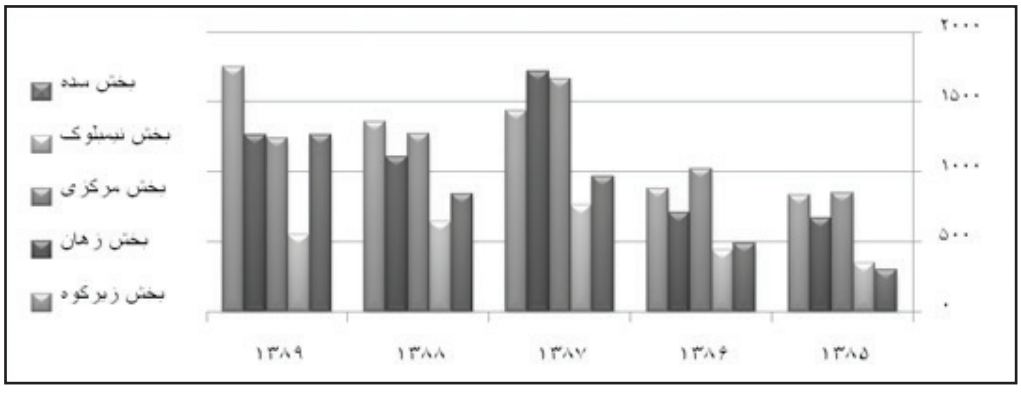
$$\overline{X_t} - \alpha\,\overline{X_{t-1}} = (1-\alpha)\, X_t \quad \text{یا} \quad \overline{X_t} = \alpha\,\overline{X_{t-1}} + (1-\alpha)\, X_t \quad (0<\alpha<1) \qquad (۸)$$

نتایج و بحث

بروز حوادث و اتفاقات شبکه‌های آبرسانی یکی از موارد شایع و همیشگی است که منجر به نشت آب به‌صورت‌های مرئی و نامرئی می‌گردد. آب هدررفته در این جریان دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی بوده و گذشته از لزوم قطع آب که نارضایتی شهروندان را به‌دنبال دارد، به‌جای مصرف بهینه و سودآوری، شرکت آب و فاضلاب استان را با ضرر و زیان مواجه کرده و باعث هزینه‌های اضافی برای تامین منابع جدید می‌گردد. لذا با تجزیه و تحلیل درست آمار حوادث و اتفاقات و بررسی صحیح کارشناسانه می‌توان به نقاط ضعف فنی شبکه‌ی انشعاب پی برد و از اتلاف بیشتر منابع مالی جلوگیری نمود. متوسط حوادث سالانه در مقطع زمانی ۵ ساله، ۹۷۵ حادثه‌ی شبکه (۱۳/۴ حادثه در روز) و ۱۳۳۰۱ حادثه‌ی انشعاب (۲ حادثه در روز) است. ارقام حاصل از اطلاعات به‌دست آمده در جدول (۱) منعکس شده است. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود در این ۵ سال بیشترین حوادث شبکه را بخش مرکزی با رقمی معادل ۱۲۰۹ حادثه و کمترین حوادث را بخش نیمبلوک بارقمی معادل ۵۴۷ حادثه داشته‌اند. شکل (۱) نیز مقایسه‌ای از تعداد حوادث، در پنج محدوده‌ی انتخاب شده را نشان می‌دهد.

جدول۱- تعداد حوادث سالانه‌ی شبکه‌ی آبرسانی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰

محدوده	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	متوسط حوادث سالانه
بخش سده	۲۹۷	۴۸۷	۹۶۵	۸۴۱	۱۲۶۳	۷۷۰
بخش نیمبلوک	۳۴۴	۴۳۹	۷۶۲	۶۴۴	۵۴۸	۵۴۷
بخش مرکزی	۸۴۶	۱۰۲۰	۱۶۶۷	۱۲۷۰	۱۲۳۸	۱۲۰۸
بخش زهان	۶۷۱	۷۰۴	۱۷۱۶	۱۱۰۸	۱۲۶۴	۱۰۹۲
بخش زیرکوه	۸۳۴	۸۷۸	۱۴۳۸	۱۳۵۸	۱۷۵۳	۱۲۵۲
جمع کل حوادث شبکه قاین	۲۹۹۲	۳۵۲۸	۶۵۴۸	۵۲۲۱	۶۰۶۶	۴۸۷۱
متوسط روزانه حوادث شبکه روستایی قاین	۸	۱۰	۱۸	۱۴	۱۷	۱۱

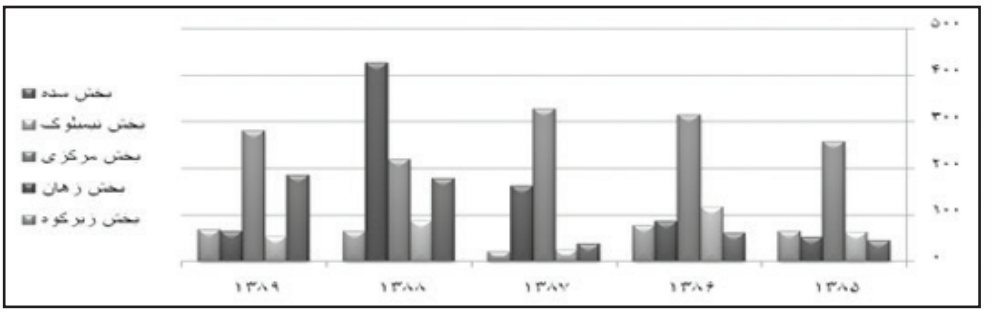


شکل۱- تعداد حوادث سالانه‌ی شبکه‌ی آبرسانی در بخش‌های پنج‌گانه

همان‌گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود بیشترین حوادث انشعاب، مربوط به بخش مرکزی با رقمی معادل ۶۰۳ حادثه و کمترین آن، مربوط به بخش زیرکوه با ۱۷۰ حادثه در مقطع زمانی ۵ ساله، بوده است. می‌توان مهم‌ترین علت کاهش تعداد اتفاقات انشعاب در بخش زیرکوه را ترمیم و تعویض مقدار زیادی از لوله‌ها و کنتورهای فرسوده، بعد از سرمای شدید و برف سنگین سال ۱۳۸۶ دانست.

جدول۲- تعداد حوادث سالانه‌ی انشعابات از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰

محدوده	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	متوسط پنج ساله حوادث
بخش سده	۲۴۰	۲۸۳	۲۸۷	۲۹۹	۶۱۰	۳۴۳/۸
بخش نیمبلوک	۳۰۷	۴۴۳	۳۶۹	۳۲۹	۱۳۰	۳۱۵/۶
بخش مرکزی	۵۱۰	۶۸۵	۷۳۰	۵۵۹	۵۳۲	۶۰۳/۲
بخش زهان	۲۳۲	۲۲۶	۳۵۵	۴۸۸	۱۴۴	۲۸۹
بخش زیرکوه	۱۴۹	۱۷۵	۱۲۳	۱۶۳	۲۴۲	۱۷۰/۴
جمع کل حوادث شبکه قاین	۱۴۳۸	۱۸۱۲	۱۸۶۴	۱۸۳۸	۱۶۵۸	۱۷۲۲
متوسط روزانه حوادث شبکه روستایی قاین	۲۸۷/۶	۳۶۲/۴	۳۷۲/۸	۳۶۷/۶	۳۳۱/۶	۳۴۴/۴



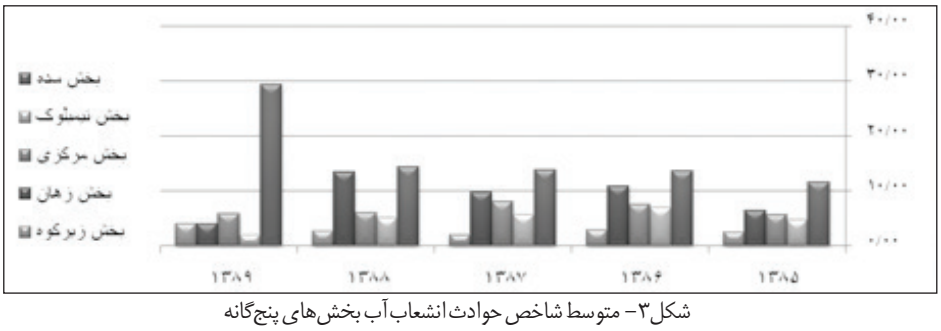
شکل۲- تعداد حوادث سالانه‌ی انشعابات در بخش‌های پنج‌گانه

شاخص حوادث انشعاب آب

باتوجه به جدول (۳) متوسط حوادث انشعابات، ۹۶/۷ مورد در هر ۱۰۰ انشعاب است که این شاخص در مقایسه با معیارهای جهانی حدود ۸ برابر، بیشتر است (یونسلو، ۱۳۸۵). دراین میان، بخش سده با میانگین شاخص سالانه ۱۶/۵۴، بیشترین سهم و بخش زیرکوه با میانگین شاخص سالانه ۲/۸۴، کمترین سهم را داشته است. شکل (۳) نیز این مقایسه را به خوبی نشان می‌دهد.

جدول۳- شاخص متوسط حوادث انشعاب آب به ازای هر ۱۰۰ انشعاب

محدوده	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	میانگین شاخص سالانه
بخش سده	۱۱/۵۵	۱۶/۶۲	۱۳/۱۸	۱۴/۳۹	۲۹/۳۶	۱۶/۵۴
بخش نیمبلوک	۴/۷۹	۶/۹۱	۵/۷۶	۵/۱۴	۲/۰۳	۴/۹۳
بخش مرکزی	۵/۵۹	۷/۵۱	۸/۰۱	۶/۱۳	۵/۸۴	۶/۶۲
بخش زهان	۶/۳۷	۱۰/۸۸	۷/۷۵	۱۳/۴	۳/۹۵	۸/۸۷
بخش زیرکوه	۲/۴۸	۲/۹۲	۲/۰۵	۲/۷۲	۴/۰۳	۲/۸۴
شاخص متوسط حوادث انشعاب شهرستان	۶/۱۶	۸/۳۷	۷/۸۷	۸/۳۵	۹/۰۴	۷/۹۶



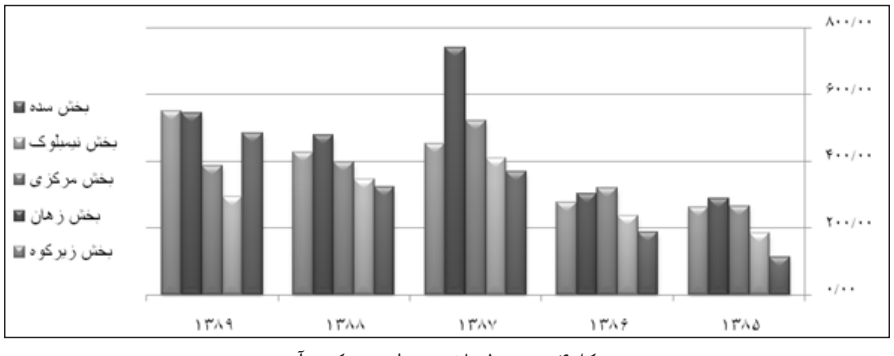
شکل۳- متوسط شاخص حوادث انشعاب آب بخش‌های پنج‌گانه

شاخص حوادث شبکه آب

متوسط شاخص حوادث شبکه در جدول (۴) و مقایسه‌ی آن‌ها در شکل (۴) آمده است. بیشترین مقدار، مربوط به بخش زهان با رقمی معادل ۴/۷۱ حادثه در هر کیلومتر و کمترین مقدار، مربوط به بخش نیمبلوک با رقمی معادل ۲/۹۴ حادثه در هر کیلومتر است (شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی، ۱۳۸۵). اعداد جدول (۴) و شکل (۴) نشان می‌دهد شبکه‌ی توزیع آب روستایی شهرستان قاین نسبت به استاندارد جهانی تعداد حوادث بیشتری را داشته است (تابش، ۱۳۸۸).

جدول۴- شاخص متوسط حوادث شبکه‌های آب به‌ازای هر کیلومتر شبکه

محدوده	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	میانگین شاخص سالانه
بخش سده	۱/۱۴	۱/۸۷	۳/۷	۳/۲۲	۴/۸۴	۲/۹۵
بخش نیمبلوک	۱/۸۵	۲/۳۶	۴/۱	۳/۴۶	۲/۹۵	۲/۹۴
بخش مرکزی	۲/۶۴	۳/۱۹	۵/۲۱	۳/۹۷	۳/۸۷	۳/۷۸
بخش زهان	۲/۸۹	۳/۰۳	۷/۴	۴/۷۸	۵/۴۵	۴/۷۱
بخش زیرکوه	۲/۶۲	۲/۷۶	۴/۵۲	۴/۲۷	۵/۵۱	۳/۹۴
شاخص متوسط حوادث شبکه آب	۲/۲۳	۲/۶۴	۴/۹۸	۳/۹۴	۴/۵۲	۳/۶۶



شکل۴- متوسط شاخص حوادث شبکه‌ی آب

شاخص حوادث انشعاب آب

برای محاسبه‌ی هزینه‌ی کل خسارت ناشی از حوادث، باید هزینه‌ی تامین آب هدررفته، هزینه‌ی تخریب زمین، هزینه‌ی کارگری، هزینه‌ی مواد مصرفی، هزینه‌ی ماشین‌آلات و غیره را در نظر گرفت. به‌منظور ساده‌سازی محاسبات، باتوجه به هزینه‌ی صورت گرفته قبلی و لیست هزینه‌ی کارگری آبداران، از اوزان زیر استفاده می‌شود.

درخصوص انشعابات آب

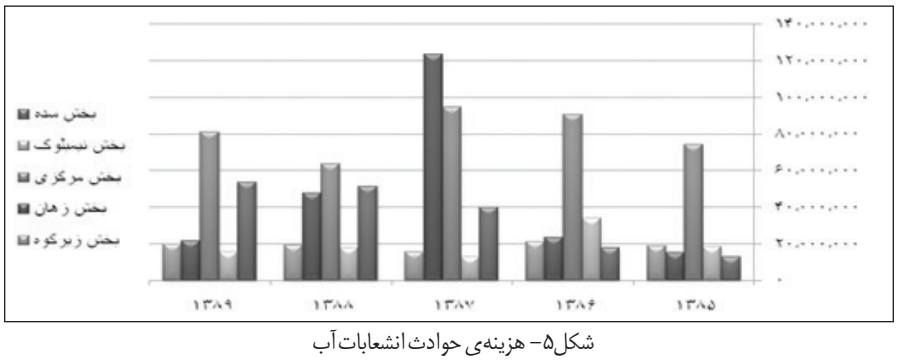
هفتاد درصد نواقص انشعاب، هزینه‌ای حدود ۲۵۰۰۰۰ ریال دارند. بیست درصد نواقص انشعاب، هزینه‌ای حدود ۳۵۰۰۰۰ ریال دارند. ده درصد نواقص انشعاب، هزینه‌ای حدود ۴۵۰۰۰۰ ریال دارند. باتوجه‌به این ارقام و رابطه (۳) برای برآورد میزان هزینه‌ها برای بخش‌های موردنظر داریم:

$$kb=450000\times0.1+350000\times0.2+250000\times0.7=290000$$

جدول (۵) میزان هزینه‌ها را برای بخش‌های مورد نظر نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل (۵) ملاحظه می‌شود هزینه‌ی اتفاقات مربوط به انشعابات در سال ۱۳۸۷ سیر صعودی داشته که این افزایش هزینه در بخش زهان با شدت بیشتری بوده است. همان‌طور که قبلا گفته شد، می‌توان مهمترین علت افزایش هزینه را قدیمی بودن این انشعابات و تخریب آن‌ها در اثر سرمای شدید سال ۱۳۸۶ دانست.

جدول۵- هزینه‌ی حوادث انشعابات آب(مبالغ به هزار ریال است)

محدوده	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	متوسط ۵ ساله‌ی هزینه
بخش سده	۱۲۷۶۰	۱۷۶۹۰	۳۹۳۷۰	۵۱۳۳۰	۵۳۳۶۰	۳۴۹۷۴
بخش نیمبلوک	۱۸۲۷۰	۳۳۹۳۰	۱۳۰۵۰	۱۷۹۸۰	۱۵۶۶۰	۱۹۷۷۸
بخش مرکزی	۷۴۲۴۰	۹۰۷۷۰	۹۴۵۴۰	۶۳۵۱۰	۸۱۲۰۰	۸۰۸۵۲
بخش زهان	۱۵۰۸۰	۲۳۴۹۰	۱۲۳۵۴۰	۴۷۸۵۰	۲۱۷۵۰	۴۶۳۴۲
بخش زیرکوه	۱۸۸۵۰	۲۱۱۷۰	۱۵۶۶۰	۱۹۱۴۰	۱۹۷۲۰	۱۸۹۰۸
شاخص متوسط حوادث انشعاب	۱۳۹،۲۰۰	۱۸۷،۰۵۰	۲۸۶،۵۲۰	۱۹۹،۸۱۰	۱۹۱،۶۹۰	۲۰۰،۸۵۴



شکل۵- هزینه‌ی حوادث انشعابات آب

در خصوص حوادث شبکه‌ی آب

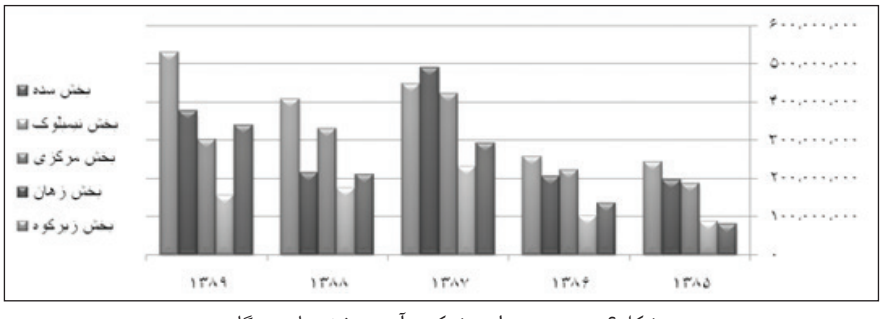
به‌طریق مشابه، داریم: ۷۰ درصد حوادث شبکه، توزیع هزینه‌ای حدود۲۵۰۰۰۰ ریال دارند. ۲۰ درصد حوادث شبکه، توزیع هزینه‌ای حدود۴۰۰۰۰۰ ریال دارند. ۱۰ درصد حوادث شبکه، توزیع هزینه‌ای حدود ۶۰۰۰۰۰ ریال دارند. باتوجه‌به این ارقام و رابطه (۴) برای برآورد میزان هزینه‌ها برای بخش‌های موردنظر داریم:

$$kd=60000\times0.1+40000\times0.2+250000\times0.7=315000$$

با توجه به جدول (۶) و شکل (۶)، بخش زیرکوه بیشترین هزینه‌ی حوادث شبکه را داشته که این مقدار، حدود۲۰ برابر مبلغ هزینه‌شده در همین بخش در زمینه‌ی انشعابات بوده است. بخش نیمبلوک نیز با هزینه‌ی بالغ بر ۱۵۰۶۳۳۰۰۰ریال کمترین هزینه‌ی حوادث شبکه را در بین بخش‌های ۵ گانه داشته که این مورد دررابطه‌با هزینه‌های انشعاب در بخش نیمبلوک نیز صدق می‌کند.

جدول۶- هزینه‌ی حوادث شبکه در بخش‌های پنج‌گانه (مبالغ به هزار ریال است)

محدوده	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	متوسط ۵ ساله‌ی هزینه
بخش سده	۷۹۶۹۵	۱۳۴۱۹۰	۲۹۲۳۲۰	۲۰۹۱۶۰	۳۳۹۸۸۵	۲۱۱۰۵۰
بخش نیمبلوک	۸۸۵۱۵	۱۰۱۴۳۰	۲۳۲۱۵۵	۱۷۵۴۵۵	۱۵۵۶۱۰	۱۵۰۶۳۳
بخش مرکزی	۱۸۵۸۵۰	۲۲۲۷۰۵	۴۴۲۴۱۵	۳۳۱۰۶۵	۳۰۱۷۷۰	۲۹۲۷۶۱
بخش زهان	۱۹۴۹۸۵	۲۰۵۳۸۰	۴۸۹۸۲۵	۲۱۴۸۳۰	۳۷۷۳۷۰	۲۹۶۴۷۸
بخش زیرکوه	۲۴۲۲۳۵	۲۵۶۰۹۵	۴۴۶۳۵۵	۴۰۷۲۹۵	۵۳۰۷۷۵	۳۷۵۵۵۱
شاخص متوسط حوادث انشعاب شهرستان	۷۹۱۲۸۰	۹۱۹۸۰۰	۱۸۸۳۰۷۰	۱۳۳۷۸۰۵	۱۷۰۵۴۱۰	۱۳۲۷۴۷۳



شکل۶- هزینه‌ی حوادث شبکه‌ی آب در بخش‌های پنج‌گانه

شاخص حوادث انشعاب آب

با بررسی‌های به‌عمل‌آمده و تجزیه و تحلیل آمار گذشته، گاهاً تغییراتی در تعداد اتفاقات سال‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود. برای تفسیر یا پیش‌بینی حوادث آینده (مثلا ۵ سال آینده) از روش‌های کیفی و تلفیقی مانند روش گروه اسمی می‌توان کمک گرفت. با نگاهی به وضعیت موجود شبکه‌های آب روستایی که حدود ۴۰ درصد آن‌ها فرسوده است و نیز هدررفت حدود ۳۶ درصد آب شبکه و نهایتاً براساس استدلال دسته جمعی گروهی از کارشناسان و مدیران با تجربه در این زمینه، نتایج ذیل حاصل می‌شود:

اکثریت حاضرین (آنهایی که در نظرسنجی شرکت کرده‌اند یعنی کارشناسان و مدیران)، شبکه‌های روستایی قاین را فرسوده و قدیمی دانسته و بر احیاء و ترمیم آن تاکید داشته‌اند. آنها آمار اتفاقات شبکه را تا سال ۱۳۸۷ صعودی می‌دانند. این، در حالی است که در سال‌های بعد عمدتاً سیر نزولی آمار به دلیل سیاست‌های اتخاذ شده بعد از زمستان ۱۳۸۶، مشهود است. ولی این موضوع، موقتی بوده و مجدداً افزایش آمار اتفاقات به چشم می‌خورد. در مورد اتفاقات انشعابات مشترکین، گفته می‌شود که با تعویض حدود ۱۵۰۰ فقره کنتور طی ۵ سال گذشته، جریان حوادث ناشی از ترکیدگی کنتورهای مشترکین رو به کاهش بوده و یا تقریباً ثابت مانده است (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۸). با توجه به افزایش دستمزد کارگران و سیر صعودی آمار اتفاقات، هزینه‌های مورد نیاز برای تعمیرات افزایش یافته است؛ ولی به دلیل کمبود بودجه در این زمینه، احتمال عقد قرارداد با پیمانکار اتفاقات کم بوده است. با توجه به نتایج فوق و بررسی مدل پیش‌بینی نمو هموار ساده و با تلفیق این دو روش (تعویض کنتورها و افزایش دستمزدها) با هم، می‌توان نتایج حاصل از پیش‌بینی با مدل نمو هموار ساده را با درنظرگرفتن ضریب یا درصدی که حاصل از مشاهده، تجربه و استدلال است، مطابق جدول‌های (۷) تا (۱۰)، تصحیح و به واقعیت نزدیک‌تر نمود.

جدول۷- تعداد حوادث پیش‌بینی شده شبکه در پنج سال آینده

بخش زیرکوه	بخش زهان	بخش مرکزی	بخش نیمبلوک	بخش سده
۲۰۷۳	۱۴۴۲	۱۲۴۵	۵۵۹	۱۸۱۴

جدول۸- تعداد حوادث پیش‌بینی شده انشعاب در پنج‌سال آینده

بخش زیرکوه	بخش زهان	بخش مرکزی	بخش نیمبلوک	بخش سده
۳۲۸	۲۳۰	۶۱۸	۱۵۱	۶۰۲

جدول۹- هزینه‌ی پیش‌بینی شده تعمیر انشعاب در پنج سال آینده (ریال)

بخش زیرکوه	بخش زهان	بخش مرکزی	بخش نیمبلوک	بخش سده
۲۱۹۵۹۵۷۲۶	۲۵۰۱۶۰۰۹	۹۷۲۷۷۷۶۹	۱۶۴۹۶۴۹۵	۶۸۳۹۳۸۲۲

جدول۱۰- هزینه‌ی پیش‌بینی شده تعمیرات شبکه در پنج سال آینده (ریال)

بخش زیرکوه	بخش زهان	بخش مرکزی	بخش نیمبلوک	بخش سده
۵۱۸۶۲۶۰۵۴	۳۶۳۵۸۰۵۰۵	۳۰۵۴۰۹۶۰۵	۱۵۸۰۲۹۴۸۴	۳۲۷۴۸۰۵۲۱

نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه گفته شد مسائل مربوط به اتفاقات، قسمت قابل توجهی از منابع مالی شرکت آب و فاضلاب کشور را به لحاظ اقتصادی، فنی و نیروی انسانی تحت تاثیر قرار می‌دهد. آمار و ارقام در محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد که تعداد اتفاقات شبکه‌های توزیع و انتقال، تقریباً ۷ برابر اتفاقات مربوط به انشعابات و لوله‌های با قطر کوچک است. دادن بودجه‌ی بیشتر به بخش مرکزی شهرستان، برای اصلاح شبکه‌های توزیع و انتقال و نیز انشعابات مشترکین ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت که بخش مرکزی بیشترین زمینه‌ی آسیب‌پذیری را در مواقع بحران و حوادث طبیعی در بین بخش‌های پنج‌گانه داشته است و بیشترین بار مالی را بخش‌های مرکزی و زیرکوه به ترتیب در زمینه‌ی انشعابات و شبکه دارند که لزوم توجه بیشتر و بازنگری سیاست‌های اتخاذ شده در این مورد ضروری است. براساس پیش‌بینی‌های انجام‌شده در بازه‌ی زمانی ۵ ساله، بخش زیرکوه با ۲۰۷۳ اتفاق، بیشترین اتفاقات را نشان می‌دهد و این در حالی است که پیش‌بینی انجام‌شده درباره‌ی حوادث انشعاب در دو بخش مرکزی و زهان نتایج یکسانی را ارائه می‌دهد.

پی نوشت

1- Holt-Winters

2- Box-Jenkins

منابع

آذر، ع. و مؤمنی م. ۱۳۸۵. آمار و کاربرد آن در مدیریت (تحلیل آماری)، جلد دوم، انتشارات سمت.

بیگی، ف. ۱۳۷۸. آسیب‌شناسی شبکه‌های توزیع آب شهری. فصلنامه آب و محیط زیست، ۳۷: ۱۷-۲۵.

تابش، م. ۱۳۸۸. مدل مدیریت حوادث شبکه‌های توزیع آب با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). آب و فاضلاب، ۲۰ (۷۰): ۲-۱۵.

دادبان شهامت، ی.، کارگر، م.، رحیم‌زاده برزکی، م. ۱۳۸۵. بررسی علل حوادث شبکه آب شرب شهرگرگان. دهمین همایش ملی بهداشت محیط. همدان، ایران.

دادبان شهامت، ی. و ناصری، س. ۱۳۸۴. بررسی علل حوادث شبکه‌ی آب شرب شهر گرگان در سال ۸۴-۱۳۸۳. فصلنامه‌ی آب و محیط زیست، ۶۸: ۱۳-۲۱.

شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی، ۱۳۸۵. گزارش روابط عمومی.

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. ۱۳۷۸. طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی آب کشور. دستورالعمل حوادث و اتفاقات شبکه آبرسانی. تهران.

کریمی، ک. ۱۳۸۲. تعیین زمان بهینه‌ی نشت‌یابی و نوسازی شبکه‌های آبرسانی شهری. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی آب، مهندسی عمران، دانشکده‌ی فنی، دانشگاه تهران.

یونسلو، ص. ۱۳۸۵. حوادث آب در شرکت‌های تابعه‌ی آب و فاضلاب استان تهران . مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهره‌برداری در بخش آب و فاضلاب. جلد دوم.