دانشکده مهندسی عمران
گروه مهندسی عمران - آب

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی آب

عنوان
کالیبراسیون زبری و شناسایی نشت بر مبنای بهینه یابی به روش کلونی مورچه ها در شبکه های توزیع آب

استادان راهنما :

دکتر یوسف حسن زاده (استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز)

دکتر محمود فغفور مغربی (استاد دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد مشاور :

دکتر محمد تقی اعلمی (دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز)

پژوهشگر:

سیاوش یزدانی

بهمن ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

نام خانوادگی : یزدانی **نام:** سیاوش

عنوان پایان نامه:

کالیبراسیون زبری و شناسایی نشت بر مبنای بهینه یابی به روش کلونی مورچه ها در شبکه های توزیع آب

استادان راهنما:

دکتر یوسف حسن زاده (استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز)

دکتر محمود فغفور مغربی (استاد دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد مشاور:

دکتر محمد تقی اعلمی (دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز)

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته :** عمران **گرایش :** مهندسی آب **دانشگاه :** تبریز

دانشکده : مهندسی عمران **تاریخ فارغ التحصیلی** : بهمن ۱۳۸۹ **تعداد صفحات** : ۱۸۹

کلید واژه ها:

کالیبراسیون فشار های گره ای ، شبکه توزیع آب، نشت یابی، بهینه سازی، کلونی مورچه ها

چکیده :

یکی از معضلات اصلی در شبکه های توزیع آب، نشت می باشد. نشت در شبکه های توزیع آب درصد قابل توجهی از تلفات آب به حساب نیامده فیزیکی را تشکیل می دهد. با توجه به محدودیت های موجود در منابع تامین آب و هزینه بالای آن، کاهش میزان نشت در شبکه های توزیع آب را می توان یکی از اهداف عمده سازمان های تامین کننده آب دانست.

یکی از روش های نشت یابی در شبکه توزیع آب استفاده از کالیبراسیون فشار های گره ای با برداشت فشار در چند نقطه از شبکه می باشد. فرآیند کالیبراسیون به صورت انجام بهینه سازی یک تابع هدف با قیودی مطرح می گردد. از اینرو علاوه بر تحلیل هیدرولیکی شبکه، نیاز به استفاده از الگوریتم های بهینه یابی می باشد.

در این پایان نامه، مکان یابی نشت و تعیین مقدار آن، بر اساس روشی بر پایه بهینه یابی از طریق کالیبراسیون مدل هیدرولیکی فشار های گره ای شبکه توزیع آب شهری به کمک نرم افزار EPANET2 و برنامه بهینه سازی نوشته شده در نرم افزار MATLAB صورت گرفته است. کالیبراسیون شبکه مدل برای کمینه کردن اختلاف میان داده های اندازه گیری شده (فشارهای گره ای) و داده های محاسباتی (توسط نرم افزار) به روش کلونی مورچه ها انجام می گیرد.

به منظور بررسی کارایی روش کلونی مورچه ها در زمینه کالیبراسیون، تحلیل ها روی شبکه واقعی با ایجاد نشت فرضی صورت گرفت که نتایج بدست آمده کارآمدی روش در شناسایی موقعیت و مقدار نشت درگره های شبکه را نشان می دهد.

همچنین به مقایسه دو روش بهینه یابی الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچه ها در کالیبراسیون فشار های گره ای و یافتن نشت پرداخته شده است. به منظور بررسی کارایی و نحوه عمل این دو روش در شناسایی نشت، تحلیل ها روی شبکه با ایجاد نشت فرضی صورت گرفت که نتایج بدست آمده کارآمدی روش بهینه یابی کلونی مورچه ها را در شناسایی موقعیت و مقدار نشت درگره های شبکه نشان می دهد.

عنوان

فهرست مطالب

صفحه

فصل ۱ - کـــــــــــلیـات

۱-۱- پیش گفتار ---------- ۱
۱-۲- نشت در شبکه‌های آبرسانی شهری در ایران ---------- ۱
۱-۳- مروری بر ساختار پایان نامه ---------- ۵

فصل ۲- نـشـت‌یـابـی شـبـکـه‌هـای آبـرسـانی شهری با کالیبراسیون فشارهای گره‌ای

۲-۱-پیش‌گفتار ---------- ۸
۲-۲-مدل‌سازی ریاضی شبکه‌های آب شهری ----------۸
۲-۳-کالیبراسیون شبکه‌های آبرسانی شهری ----------۹
۲-۳-۱-مفهوم فرآیند کالیبراسیون ----------۹۰
۲-۳-۲-عوامل خطا در مدل‌سازی و کالیبراسیون شبکه‌های آبرسانی شهری ---------- ۱۰
۲-۳-۳-مشاهدات میدانی و داده‌های مورد نیاز مدل‌سازی ---------- ۱۴
۲-۳-۴-پارامترهای تنظیمی ---------- ۱۴
۲-۳-۴-۱-ضرایب زبری لوله‌ها ----------۱۵
۲-۳-۴-۲-مصرف تخصیص یافته گره‌ای ----------۱۹
۲-۳-۵-پارامترهای مدل در فرآیند کالیبراسیون ---------- ۱۹
۲-۳-۶-تقسیم‌بندی مدل‌های کالیبراسیون شبکه‌های توزیع آب شهری ---------- ۲۰
۲-۳-۶-۱-مدل‌های کالیبراسیون با استفاده از حالت دائمی ----------۲۰
۲-۳-۶-۲-مدل‌های کالیبراسیون با استفاده از حالت غیرماندگاری هیدرولیکی ----------۲۶
۲-۳-۷-انجام فرآیند کالیبراسیون ----------۲۸
۲-۴-روش نشت‌یابی با کالیبراسیون فشارهای اندازه‌گیری شده میدانی ---------- ۳۰

۲-۴-۱-تئوری روش نشت‌یابی با کالیبراسیون فشارهای گره‌ای ---------- ۳۱

فصل ۳ - معرفی روش های بهینه یابی فرا اکتشافی مبتنی بر جمعیت

۳-۱- پیش گفتار ---------- ۳۸
۳-۲- بهینه یابی ---------- ۳۸
۳-۳-تکنیک‌های جستجو ---------- ۳۸
۳-۴- الگوریتمهای تکاملی ---------- ۴۱
۳-۴-۱ مقدمه ای برالگوریتم ژنتیک ---------- ۴۳
۳-۴-۲- اصول الگوریتم ژنتیک ---------- ۴۴
۳-۴-۳- ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک ---------- ۴۵
۳-۴-۴- کدگذاری یا نمایش رشته‌ها در الگوریتم ژنتیک ---------- ۴۵
۳-۴-۵-جمعیت اولیه ---------- ۴۶
۳-۴-۶- برازندگی ---------- ۴۶
۳-۴-۷- عملگرهای الگوریتم ژنتیک ---------- ۴۶
۳-۴-۷-۱-انتخاب ---------- ۴۶
۳-۴-۷-۲- پیوند ---------- ۴۷
۲-۴-۷-۳- جهش ---------- ۴۷
۳-۴-۸- معیار همگرایی ---------- ۴۸
۳-۴-۹- انتخاب نخبه‌گرا ---------- ۴۸
۳-۴-۱۰-الگوریتم ژنتیک در هم ریخته ---------- ۴۹
۳-۴-۱۰-۱-رشته‌های با طول متغیر ---------- ۵۰
۳-۴-۱۰-۲- فیلتر کردن بلوک‌های سازنده ----------۵۱
۳-۴-۱۰-۳-انتخاب آستانه‌ای ---------- ۵۲
۳-۴-۱۰-۴-عملگرهای الگوریتم ژنتیک درهم ریخته ---------- ۵۲

۳-۴-۱۱ - نقاط ضعف الگوریتم ژنتیک ---------- ۵۳
۳-۵- الگوریتم های مبتنی بر هوش جمعی ---------- ۵۳
۳-۶- بهینه سازی توده ذرات (PSO) ---------- ۵۴
۳-۶-۱-روابط الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات (PSO) ---------- ۵۶
۳-۶-۲- پارامترهای بهینه سازی انبوه ذرات ---------- ۵۹
۳-۶-۳- برخی از نسخه های تغییر یافته PSO ---------- ۶۱
۳-۶-۳-۱- الگوریتم PSO باینری ---------- ۶۱
۳-۶-۳-۲- الگوریتم PSO فازی ---------- ۶۲
۳-۶-۴- کاربردها ---------- ۶۲
۳-۷- بهینه سازی کلونی مورچه ها (ACO) ---------- ۶۳
۳-۷-۱- روابط الگوریتم کلونی مورچه ها ---------- ۶۳
۳-۷-۲- به هنگام سازی فرومون ---------- ۷۰
۳-۷-۳- مزایا و معایب روش کلونی مورچه ها ---------- ۷۱
۳-۷-۴- گام های حل یک مسئله بوسیله ACO ---------- ۷۱
۳-۷-۵- نمونه هایی از کاربرد ACO ---------- ۷۳
۳-۷-۶- معرفی انواع مختلف الگوریتم کلونی مورچه ها ---------- ۷۳
۳-۷-۶-۱- سیستم مورچه ای (AS: Ant System) ---------- ۷۴
۳-۷-۶-۲- سیستم مورچه ای کمینه – بیشینه (MMAS: Max-Min Ant System) ---------- ۷۶
۳-۷-۶-۳- سیستم کلونی مورچه ها (ACS: Ant Colony System) ---------- ۷۷

فصل ۴- متدلوژی نشت یابی بر اساس روش بهینه یابی کلونی مورچه ها

۴-۱- مقدمه ---------- ۸۰
۴-۲- معرفی نرم افزار EPANET2 ---------- ۸۰
۴-۲-۱- اجزاء شبکه در EPANET ---------- ۸۱
۴-۲-۱-۱- لوله ها ---------- ۸۲

۴-۲-۱-۲- پمپ ها ---------- ۸۴
۴-۲-۱-۳- شیر ها ---------- ۸۵
۴-۲-۱-۴- گره ها ---------- ۸۸
۴-۳- معرفی نرم افزار MATLAB ---------- ۸۹
۴-۴- ارتباط پویا بین دو نرم افزار EPANET2 و MATLAB ---------- ۹۱
۴-۵- تشریح الگوریتم برنامه نوشته شده بر اساس روش بهینه یابی کلونی مورچه ها ---------- ۹۷
۴-۵-۱- کالیبراسیون مصارف گره ای ---------- ۹۷
۴-۵-۲- کالیبراسیون ضریب زبری لوله ها ---------- ۱۰۱
۴-۶- فعالیت های انجام شده در زمینه نشت یابی به روش کالیبراسیون ---------- ۱۰۳
۴-۷- خلاصه و نتیجه گیری ---------- ۱۰۴

فصل ۵- نشت یابی شبکه های آبرسانی به روش کلونی مورچه ها

۵-۱- مقدمه ---------- ۱۰۶
۵-۲- مطالعه موردی ---------- ۱۰۶
۵-۲-۱- شبکه نمونه ۱ ---------- ۱۰۶
۵-۲-۲- شبکه گلبهار ---------- ۱۱۱
۵-۲-۲-۱- کالیبراسیون زبری ---------- ۱۱۳
۵-۳- مدل‌سازی و کالیبراسیون شبکه در نرم‌افزارWATERGEMS ---------- ۱۱۵
۵-۳-۱- معرفی نرم‌افزار WaterGEMS ---------- ۱۱۶
۵-۳-۲- واسنجی‌گر داروین ---------- ۱۱۶
۵-۳-۲-۱-تابع هدف در واسنجی‌گر داروین ---------- ۱۱۷
۵-۳-۲-۲-قیدهای کالیبراسیون در واسنجی‌گر داروین ---------- ۱۱۸
۵-۳-۲-۳- الگوریتم ژنتیک در محیط WaterGEMS ---------- ۱۱۹
۵-۳-۳- کالیبراسیون با استفاده از واسنجی‌گر داروین ---------- ۱۲۲

۵-۳-۳-۱-انتخاب تابع هدف ---------- ۱۲۳
۵-۴- مقایسه نتایج حاصل از تحلیل به دو روش الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچه ها ---------- ۱۲۳
۵- ۴- ۱- بررسی حساسیت روش ها به مقدار نشت ---------- ۱۲۶
۵-۵- بهینه سازی موقعیتهای فشارسنجی در شبکه توزیع آب به منظور به کارگیری در کالیبراسیون ------ ۱۳۰
۵-۵-۱- متدولوژی ---------- ۱۳۱
۵-۵-۲- مطالعه موردی ---------- ۱۳۴
۵-۵-۲-۱- شبکه "Anytown" ---------- ۱۳۴
۵-۵-۲-۲- شبکه تایباد ---------- ۱۳۷
۵-۶- نتیجه گیری ---------- ۱۴۰

فصل ۶- جمع بندی و نتیجه گیری

۶-۱-جمع‌بندی و مروری بر مطالب ارائه شده ---------- ۱۴۳
۶-۲-ارائه پیشنهادات ---------- ۱۴۶

عنوان

فهرست پیوست ها

صفحه

۱- پیوست ۱ : کد ارتباط بین نرم افزار MATLAB و EPANET ---------- ۱۵۴

۲- پیوست ۲: کد برنامه بهینه یابی کلونی مورچه ها در کالیبراسیون مصارف گره ای به زبان MATLAB ------- ۱۶۳

۳- پیوست ۳ : کد برنامه بهینه یابی کلونی مورچه ها در کالیبراسیون ضریب زبری لوله ها به زبان MATLAB ---- ۱۷۵

۴- پیوست ۴: اطلاعات کنتور های مشترکین گلبهار ---------- ۱۸۵

کلیات

۱–۱– پیش‌گفتار

آب و رقابت جهت سیطره بر منابع محدود آن، یکی از مهم‌ترین حوزه های چالش برانگیز هزاره سوم خواهد بود. رشد جمعیت، توسعه صنعتی و اجتماعی و تغییرات آب و هوایی هریک از سویی منابع محدود آب سالم را تحت فشار قرار داده‌اند.

بحران آب زودتر از اغلب کشورهای جهان دامنگیر کشور خشک ایران شده است. کم‌آبی چند ساله اخیر اگرچه در نگاه بسیاری امری گذرا تلقی می‌شود، ولی در حقیقت می‌توان آن را پیش‌زمینه بحران گسترده آب دانست که در صورت عدم برنامه‌ریزی منسجم بدون‌شک لطمات جبران‌ناپذیری را بر پیکره آسیب‌پذیر اقتصاد کشور وارد خواهد ساخت. اگرچه نقش کلیدی آب در فرآیند توسعه اقتصادی- اجتماعی ایران بر کسی پوشیده نیست، ولی عمده اقدامات صورت گرفته در جهت پاسخگویی به نیازهای آبی کشور از طریق مدیریت تولید و تأمین آب بوده و کمتر به وجه سوی دیگر این برابری که همانا مدیریت توزیع و مصرف صحیح آب می‌باشد، توجه گردیده است. در صورتی‌که برنامه‌های مدیریت جامع توزیع- مصرف نقش اساسی خود را به‌عنوان یک راه‌حل موازی و گاه جایگزین برای پاسخگویی به نیازهای آبی نشان داده‌اند.

به منظور مقابله با چالش‌های ناشی از محدودیت منابع آب در مسیر توسعه اقتصادی و اجتماعی، مدیریت ترکیبی تولید و مصرف در جهان طرح گردیده و توسعه یافته است. مدیریت ترکیبی دو سیاست کلی و یک هدف دارد. سیاست‌های مدیریت ترکیبی عبارتند از:

- با آب به عنوان یک کالای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برخورد شود.
- مدیریت منابع آب باید در چارچوبی یکپارچه در هر دو سوی مدیریت بهره‌برداری و توزیع آب و مدیریت مصرف آب تحلیل شود.

حفاظت جامع آب[1] به عنوان مجموعه راهکارهای مؤثر بر بهره‌برداری و استفاده بهینه آب به خصوص در حوزه‌های شهری اینک در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته است. حفاظت جامع آب را می‌توان به دو طبقه عمومی تقسیم نمود:

- مدیریت بهره‌برداری و توزیع آب (در محدوده سیستم آبرسانی، شبکه توزیع و خطوط انتقال)
- مدیریت مصرف آب (در محدوده مشترکین و مصرف‌کنندگان)

۱–۲– نشت در شبکه‌های آبرسانی شهری در ایران

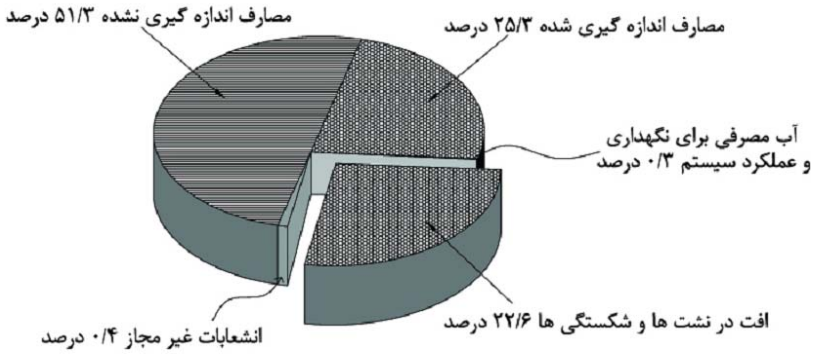
عوامل مختلف، اعم ازاستراتژیک، سیاسی، اجتماعی و بهداشتی در ارزش آب مصرفی بخش شرب شهری، به‌ویژه در کشورهایی که در قسمت‌های خشک و نیمه خشک کره زمین واقع‌اند و

[1] Water Conservation

درتامین منابع آب دارای مشکل می‌باشند، دخیل بوده و بایستی در حفظ و بهره‌وری مصرف آن کوشید. لازم به ذکر است کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان) جزء کشورهای کم آب و خشک جهان محسوب می‌شود[۱].

تامین، تصفیه، انتقال و توزیع آب آشامیدنی در شبکه‌های توزیع آب شهری، مستلزم صرف هزینه های مختلفی است که باعث می گردد آب در شبکه‌های توزیع آب شهری نه تنها به عنوان یک ماده حیاتی بلکه به عنوان یک کالای اقتصادی در نظر گرفته شود. به همین دلیل در چند دهه اخیر، مفهوم آب به حساب نیامده[1] که در برگیرنده مفاهیم مربوط به تلفات آب از دو دیدگاه، اقتصادی و حیاتی می‌باشد مورد توجه کارشناسان قرار گرفته است. بر این اساس تاکنون تعاریف مختلفی برای آب به حساب نیامده ارائه گردیده است که در فصل بعد مورد بررسی بیشتر قرار گرفته‌اند.

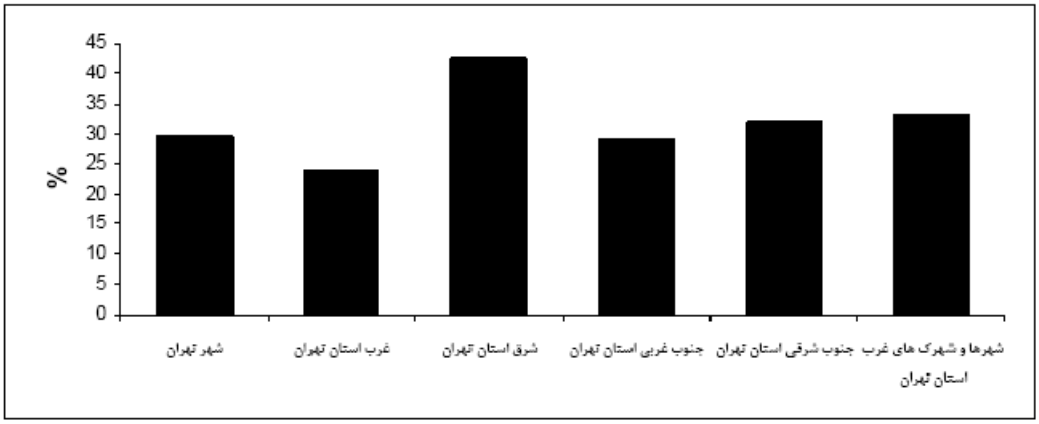
نتایج مطالعاتی که در چند ساله اخیر در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است، نشان‌دهنده حجم بالای آب به حساب نیامده در اکثر شبکه‌های توزیع آب شهری است. به عنوان مثال نتایج بررسی‌های انجام شده در ۱۷ کشور مختلف جهان نشان می‌دهد که درصد آب به حساب نیامده نسبت به ورودی کل شبکه از حدود ۹٪ در آلمان تا حدود ۴۳٪ در مالزی متغیر بوده و در اکثر این کشورها درصد آب به حساب نیامده در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد[۲]. بر طبق تحقیقاتی که در ۳۱ شرکت توزیع آب در انگلستان انجام شده است، در این کشور تقریبا ۵۰ درصد آب تولیدی، مصرف شده اما اندازه‌گیری نمی‌شود، ۲۵ درصد آن مصرف و اندازه‌گیری می‌شود، و تقریبا ۲۳ درصد در اثر نشت‌ها و شکستگی‌ها در شبکه تلف می‌شود. شکل (۱-۱) حجم آب توزیع شده و تلف شده در شبکه را نشان می‌دهد[۲].



شکل(۱-۱) حجم آب توزیعی و تلف شده در شبکه لوله در انگلستان [۲]

[1] Unaccounted for Water

نتایج بررسی‌های اولیه در چند پایلوت مطالعاتی در نقاط مختلف کشورمان درصد تلفات ناشی از آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری را به طور متوسط حدود ۳۵٪ آب ورودی به شبکه نشان می‌دهد[۳]. شهرهای جدید التاسیس که قبلا روستا بوده‌اند دارای شبکه آبرسانی فرسوده و قدیمی هستند. رقم تلفات آب دراین شهرهای جدید ۳۰ تا ۴۵ درصد می‌باشد[۳]. شکل (۱-۲) درصد آب به حساب نیامده در نقاط مختلف استان تهران را بر اساس تحقیقات سال ۱۳۸۴ و جدول (۱-۱) درصد آب به حساب نیامده در سطح کشور در سال ۱۳۷۵را نشان می‌دهد.



شکل(۱-۲) درصد آب به حساب نیامده در استان تهران بر اساس تحقیقات سال۱۳۸۴[۴]

در بخش تاسیسات شهری علی‌رغم تمام محدودیت‌های موجود، میزان آب به حساب نیامده سالانه بیش از یک میلیارد مترمکعب بوده و این میزان صرف‌نظر از جنبه‌های راهبردی، دارای ارزش اقتصادی حداقل معادل سه هزار میلیارد ریال سرمایه‌گذاری اولیه و پانصد میلیارد ریال هزینه‌های سالانه است[۵]. طبق استانداردهای جهانی برای کشورهای خشک و نیمه خشک و کم‌آب، آب به حساب نیامده در یک شبکه توزیع حدود ۱۵٪ و برای کشورهای پر آب حدود ۲۵٪ توصیه شده است. طبق این استاندارد برای شرایط ایران، چنانچه آب به حساب نیامده از میزان ۱۵٪ تجاوز نماید، ضرورت سرمایه گذاری برای بازیافت الزامی است. در سال ۱۳۷۱ آب تصفیه شده ورودی به شهر تهران ۶۸۳ میلیون متر مکعب و آب فروخته شده ۳۷۷ میلیون متر مکعب و بالطبع، آب به حساب نیامده ۳۰۶ میلیون متر مکعب یا حدود ۴۵٪ به دست می‌آید. از این مقدار ۱۶۳ میلیون متر مکعب آب، یعنی حدود ۲۴٪ مربوط به تلفات شبکه و توزیع آن و ۳۷ میلیون متر مکعب آن یعنی حدود ۵٪ مربوط به استفاده غیر مجاز می‌باشد. حدود ۴۵٪ آبی که با سرمایه‌گذاری‌های کلان در زمینه‌های تامین، انتقال، تصفیه و توزیع تولید می‌شود نه تنها اتلاف می‌شود که ضایعاتی را نیز به‌وجود می‌آورد[۶].

بنابراین سرمایه‌گذاری لازم برای بازیافت ۲۰۰ میلیون متر مکعب آب در سال (برای شهر تهران) در حال حاضر ضروری می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان مقدار آب به حساب نیامده را به حدود استانداردهای جهانی رساند و درآمد بیشتری برای شرکت آب و فاضلاب تهران ایجاد نمود، بلکه می توان آب مناسب و بهداشتی بیشتری برای شهروندان در حال حاضر و در آینده فراهم نمود. با معیار قیمت واقعی تمام شده و با توجه به قیمت فروش، سالانه ۱۲۰ میلیارد ریال به درآمدهای ملی کشور و درآمدهای شرکت آب و فاضلاب تهران اضافه می‌گردد. این افزایش درآمد به معنای ارتقا توان اجرایی این شرکت است. مقدار آب به حساب نیامده شامل تلفات آب از شبکه‌های توزیع، استفاده غیر مجاز از شبکه‌های توزیع آب و عدم دقت کنتورهای مشترکین و سایر اندازه‌گیری‌ها می‌باشد[۷].

جدول(۱-۱) درصد آب به حساب نیامده در سطح کشور در سال ۱۳۷۵ [۸]

شرکت‌های آبفای کشور	آب به حساب نیامده	شرکت‌های آبفای کشور	آب به حساب نیامده
ایلام	۴۹	خوزستان	۴۵
سیستان و بلوچستان	۴۲	کرمانشاه	۴۴
لرستان	۴۲	چهارمحال و بختیاری	۳۷
مرکزی	۲۳	فارس	۳۳
قزوین	۳۲	گیلان	۳۳
زنجان	۳۰	کردستان	۲۹
یزد	۳۱	سمنان	۳۱
هرمزگان	۳۲	مشهد	۳۲
آذربایجان شرقی	۳۲	آذربایجان غربی	۳۲
مازندران	۳۱	همدان	۲۷
کرمان	۲۹	خراسان	۲۹
بوشهر	۲۴	کاشان	۲۵
قم	۲۵	کهکیلویه و بویراحمد	۲۸

درصد قابل توجه آب به حساب نیامده، کمبود منابع و هزینه‌های سنگین تامین مجدد آب از دست رفته، نشان‌دهنده لزوم به‌کارگیری روش‌های مناسب جهت کنترل و کاهش آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری است.

چگونگی انجام این امر مهم در گام اول، مستلزم آگاهی از میزان تلفات، مولفه‌های آن، علل بروز آن ها، روش‌های مقابله با هر جزء و اولویت مبارزه با هر مولفه است. در گام بعد، در گرو مکان‌یابی و تعیین موقعیت نقاط پر خطر از لحاظ نشت، تعمیر، بازسازی و نوسازی شبکه، تجهیزات و تاسیسات آن می‌باشد. در آخرین گام نیز کاهش تلفات، منوط به ارزیابی مجدد وضعیت نشت و تلفات آب در شبکه، پس از اقدامات صورت گرفته و آگاهی از میزان کارایی روش‌ها و شیوه‌های به‌کار گرفته شده برای این منظور و در نهایت اعمال مدیریت صحیح و اصولی همراه با استفاده از فن‌آوری‌های جدید به منظور جلوگیری از وقوع مجدد آن‌ها می‌باشد[۲].

در این زمینه در برخی از کشورها فعالیت‌های مناسبی انجام گرفته و توانسته‌اند میزان تلفات ناشی از آب به‌حساب نیامده را تا حدود ۱۰٪ کاهش دهند. کاهش آب به حساب نیامده نه تنها از نظر حیاتی حائز اهمیت است بلکه از نظر اقتصادی نیز تاثیر قابل توجهی در کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمدها به دنبال خواهد داشت. به عنوان مثال، میزان سود خالص حاصل از یک برنامه کنترل نشت در انگلستان حدود ۳۰ میلیون دلار برآورد گردیده است[۹].

خوشبختانه این مقوله مهم چند سالی است که درکشور ما نیز مورد اقبال قرار گرفته و در قالب طرح ملی تحقیق،توسعه وبهسازی تاسیسات توزیع آب شهری و دفاتر آب به حساب نیامده در شرکت های آبفای کشور به امر مطالعه وکاهش تلفات وآب به حساب نیامده پرداخته شده است[۵].

طرح مدیریت و کاهش هدررفت آب در کشور، به‌ویژه در شهرهایی که میزان هدررفت آب در شبکه آبرسانی آن‌ها بیش از ۲۵ درصد اعلام شده است، در دست اجرا قراردارد.

نشت[1] مولفه اصلی و حاکم در آب به حساب نیامده است. لازم به توضیح است که آب به حساب نیامده دارای مفهومی فراگیرتر از مفهوم سنتی تلفات در شبکه‌های توزیع آب شهری می‌باشد[۱۰].

۱–۳– مروری بر ساختار پایان نامه

نشت آب در تمام سیستم‌های توزیع آب، واقعیتی انکار ناپذیر است که در دو دهه اخیر در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته و با برنامه ریزی مدون علمی، تجارب خوبی نیز حاصل شده است. نشت آب در شبکه‌های آبرسانی شامل نشت از خطوط لوله اصلی و فرعی، اتصالات و شیرآلات، مخازن و ... می‌شود. دست‌یابی به وضعیتی که در یک سیستم آبرسانی هیچ‌گونه نشتی رخ ندهد، عملاً غیر ممکن، بسیار پر هزینه و غیر اقتصادی است.

توجه به این مسأله که ظرفیت سازی جدید آن هم درصورت وجود منابع، به مراتب پرهزینه‌تر و مشکل‌تر از کاهش هدرروی آن است، می‌تواند افزایش راندمان و عملکرد شبکه‌های توزیع آب شهری را به عنوان یک هدف اساسی و تلاش جهت کاهش نشت در شبکه را به عنوان یکی از

[1] Leakage

اهرم های کلیدی این هدف نمایان سازد. تا کنون روش‌های تئوری زیادی در زمینه نشت‌یابی ارائه گردیده است. اکثر این روش‌ها در شبکه‌های حقیقی آبرسانی جنبه کاربردی نداشته‌اند. هدف از انجام این پایان‌نامه ارائه روشی کاربردی برای نشت‌یابی شبکه‌های آبرسانی در ابعاد واقعی سیستم می‌باشد.

برای رسیدن به این هدف پایان‌نامه حاضر در ۶ فصل ارائه می‌گردد. با توجه به استفاده از روش کالیبراسیون برای نشت‌یابی شبکه آبرسانی در این پایان نامه، در فصل دوم ابتدا مفاهیم مربوط به کالیبراسیون شبکه بیان می‌گردد و در ادامه روش نشت‌یابی با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی، به عنوان روشی کاربردی توضیح داده می‌شود. در این تحقیق از روش بهینه یابی کلونی مورچه ها که یکی از روش های بهینه یابی مبتنی بر جمعیت می باشد، جهت انجام فرآیند کالیبراسیون هیدرولیکی استفاده گردیده است. با توجه به این موضوع، در فصل سوم روش های بهینه یابی فرا اکتشافی مبتنی بر جمعیت معرفی گردیده و در فصل چهارم متدلوژی نشت یابی بر اساس روش بهینه یابی کلونی مورچه ها و نحوه انجام فرآیند کالیبراسیون ارائه می‌شود. در فصل پنجم، به منظور بررسی کارآمدی روش نشت‌یابی به روش کلونی مورچه ها، تحلیل ها بر روی دو شبکه صورت گرفته و به کمک نمودار ها و جداول ارائه شده نحوه بهینه یابی شرح داده شده است. سپس با معرفی مختصری از نرم افزار WaterGEMS و جعبه ابزار مربوط به کالیبراسیون در این نرم افزار، توضیحاتی درمورد نحوه بهینه یابی به روش الگوریتم ژنتیک در این نرم افزار داده شده است. در نهایت نتایج حاصل از مقایسه بین تحلیل به روش کلونی مورچه ها و الگوریتم ژنتیک ارائه گردیده است.

در فصل پایانی نتایج کلی به دست آمده از این تحقیق و پیشنهاداتی به منظور توسعه روش در آینده ارائه شده است.

نشت‌یابی شبکه‌های آبرسانی شهری

با کالیبراسیون فشارهای گره‌ای

۲-۱-پیش‌گفتار

با توجه به گسترش روزافزون نیاز جوامع بشری به آب، مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح منابع موجود امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. بر همین اساس، لزوم استفاده مؤثر و دقیق از مدل‌های تحلیل هیدرولیکی به منظور طراحی و تحلیل و نشت‌یابی صحیح و کارآمد سیستم‌های توزیع و انتقال آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در این فصل روش جدیدی برای نشت‌یابی شبکه‌های آبرسانی شهری با استفاده از مدل‌سازی شبکه و کالیبراسیون آن معرفی گردیده است. در ابتدا توضیحاتی درباره مدل‌سازی شبکه‌های آبرسانی شهری ارائه می‌گردد. در ادامه فرآیند کالیبراسیون در شبکه و پارامترهای مرتبط با آن بررسی می شوند. در پایان این فصل روش نشت‌یابی شبکه‌های آبرسانی شهری با کالیبراسیون فشارهای گره ای، شرح داده می‌شود.

۲-۲-مدل‌سازی ریاضی شبکه‌های آب شهری

در اعمال مدیریت در شبکه‌های توزیع آب شهری، ابتدا بایستی مدل واقعی شبکه را به دست آورد. هدف اصلی از مدل‌سازی شبکه‌های توزیع آب، به دست آوردن درک کامل از عملکرد سیستم توزیع در وضعیت موجود است به طوری‌که بتوان با آشکار نمودن رفتار هیدرولیکی شبکه، ضمن پیشگویی و پیش‌بینی مشخصه‌های کمی و کیفی آب، عملیات اصلاح و بهسازی را به نحو احسن و موفقیت آمیز به مرحله اجرا در آورد. از ویژگی‌های بارز این گونه مدل‌سازی آن است که می‌توان حالات مختلفی را روی مدل آزمایش نموده و راه‌حل‌های منطقی در مواجه با مشکلات سیستم توزیع آب شهری با کمترین ریسک ممکن را انتخاب نمود.

در مدل‌سازی ریاضی شبکه‌های موجود عملیات زیر باید انجام شود:

۱- مطالعات شبکه[1]

۲- مطالعات نیازآبی[2]

۳- ساده سازی و ساخت مدل هیدرولیکی شبکه

۴- اندازه‌گیری‌های میدانی[3]

۵- کالیبره نمودن مدل[4]

[1] Network Study
[2] Demand Study
[3] Field Test
[4] Model Calibration

با انجام مراحل مطالعات شبکه‌های توزیع آب شهری و مطالعات نیاز آبی، مدل هیدرولیکی این شبکه‌ها به دست می‌آید که می‌توان از آن در موارد عملی استفاده نمود. برای سازگار نمودن مدل با شرایط واقعی شبکه توزیع آب شهری بایستی آن را کالیبره کرد. با توجه به این موضوع اجرای مرحله چهارم در شبکه‌ها ضرورت پیدا کرده و این مرحله صرفاً به منظور کالیبراسیون مدل‌های ایجاد شده از شبکه انجام می‌گیرد. پس از مقایسه اطلاعات اندازه‌گیری شده در شبکه واقعی توزیع آب شهری و نتایج به دست آمده از مدل ریاضی تحلیل آن شبکه در شرایط اجرایی یکسان، اهداف زیر حاصل می شود:

- به دست آوردن مشخصات جدید برای اجزای شبکه از قبیل زبری، قطر معادل لوله‌ها، نشت و ... که به مرور و با گذشت زمان از شروع طرح دستخوش تغییرات می‌گردند.
- مشخص نمودن هرگونه خطای اطلاعاتی ناشی از طراحی شبکه و مطالعات نیاز آبی
- مشخص نمودن هرگونه بی‌نظمی و امر خلاف قاعده[1] در سیستم توزیع آب نظیر کشف شیرهای بسته و یا باز موجود در شبکه و هم‌چنین نشت زیاد از شبکه. هدف از مدل‌سازی شبکه آبرسانی شهری در این تحقیق، شناسایی موقعیت نشت‌ها و مقدار آن‌ها در شبکه می باشد.

۲-۳-کالیبراسیون شبکه‌های آبرسانی شهری

امروزه مدل‌های تحلیل هیدرولیکی شبکه‌ها توسط طراحان، مشاوران در زمینه‌های تحلیل، طراحی اجرا و نگهداری شبکه‌های توزیع آب شهری و کارمندان شرکت‌های شبکه توزیع آب کاربرد وسیعی دارند. از این رو به منظور موثر نمودن رفتار این مدل‌های تولید شده، قبل از هرگونه اقدامی بایستی آن ها را کالیبره نمود[۱۰].

۲-۳-۱-مفهوم فرآیند کالیبراسیون

برای کالیبراسیون شبکه‌های توزیع آب شهری در مقالاتی در همین زمینه، تعاریف مختلف به کاررفته است که همگی این تعاریف در نکاتی یکسان بوده که این نکات ما را در ارائه تعریف جامعی از کالیبراسیون یاری می‌کنند.

برخی از این تعاریف عبارتند از[۱۲]:

Shamir در سال ۱۹۶۸ کالیبراسیون شبکه‌های توزیع آب شهری را شامل معین کردن مشخصه‌های فیزیکی و اجرایی شبکه‌های توزیع آب موجود معرفی می‌کند، که این عمل توسط انطباق معقول بین

[1] Anomalies