دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده عمران

**پایان نامه کارشناسی ارشد-گرایش آب - هیدرولیک**

# شناسایی نشت در خطوط لوله با استفاده از مدل سازی جریان گذرا و الگوریتم ژنتیک

استاد راهنما: آقای دکتر شاملو

گردآورنده: آناهیتا کیانفر

شماره دانشجویی:۸۶۰۲۱۹۴

زمستان ۸۸

# تقدیم به :

# پدر و مادرم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین

روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به

شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

# تقدیر و تشکر :

در آغاز بر خود لازم می دانم از زحمات بی دریغ و پشتیبانی و راهنمـایی هـای دلسـوزانه استاد گرانقدر و فرزانه **جناب آقای دکتر حمید شاملو** تشکر و قدردانی نمـایم کـه در طول مطالعات همواره راهنما و مشوق اینجانب بوده اند و سلامتی و سرافرازی ایشـان را در عرصه علم و دانش از خداوند منان خواستارم .

همچنین شایسته می دانم از آقای دکتر علی حقیقی که با راهنمایی های ارزنـده خـویش اینجانب را در مراحل مطالعه یاری رساندند تقدیر و تشکر نمایم.

ضمناً مراتب سپاس قلبی خویش را از هیأت محترم داوران آقایان دکتـر جبـاری و دکتـر وفایی که دقت نظر خاص در تصحیح پایان نامه اینجانب مبذول داشته اند، ابراز می دارم.

**چکیده**

**فصل اول – مقدمه ۱**

۱-۱ مقدمه : ۲

۱-۲- اتلاف آب ۳

۱-۲-۱- انواع تلفات ۴

۱-۲-۱-۱- نشت های بزرگ ۴

۱-۲-۱-۲- نشت های کوچک ۴

۱-۲-۱-۳- انشعابات غیر مجاز ۵

۱-۲-۲- علل تلفات آب در تأسیسات آبرسانی ۵

۱-۲-۳- عوامل مؤثر در تلفات آب ۷

۱-۲-۳-۱- فشار بالا ۷

۱-۲-۳-۲- خاک های خورنده ۷

۱-۲-۳-۳-آب های خورنده ۷

۱-۲-۳-۴- اتصالات نامرغوب / لوله کشی غیر استاندارد ۸

۱-۲-۳-۵- عمر خطوط اصلی و لوله های ارتباطی ۸

۱-۲-۳-۶- جابجایی خاک ۸

۱-۲-۳-۷- ضربه آبی ۸

۱-۲-۳-۸- اثرات ترافیک ۸

۱-۲-۳-۹- خسارات از سوی سایر مراکز خدماتی ۹

۱-۲-۳-۱۰- نشت از شیرفلکه ها ۹

۱-۲-۳-۱۱- نشت از لوله های فرعی متروکه ۹

۱-۲-۳-۱۲- نشست زمین ۹

۱-۲-۴- اثرات اقتصادی اتلاف آب ۹

۱-۳ هدف و ضرورت پایان نامه ۱۳

۱-۴ ساختار پایان نامه ۱۴

**فصل دوم – مروری بر روش های نشت یابی ۱۶**

۲-۱ – مقدمه ۱۷

۲-۲- روش تحلیل معکوس جریان گذرا ۱۷

۲-۳- روش استهلاک جریان گذرا ۱۹

۲-۴- روش های بر پایه انعکاس موج ناشی از نشت در حوزه زمان ۱۹

۲-۵- روش های بر پایه تحلیل پاسخ فرکانسی جریان گذرا ۲۰

۶-۲- نتیجه گیری ۲۲
**فصل سوم – مدل تحلیل جریان گذرا ۲۵**
۳-۱ مقدمه ۲۶
۳-۲-ضربه قوچ ۲۶
۳-۳- معادلات حاکم بر جریان گذرا ۳۰
۳-۴ معادلات مشخصه ۳۱
۳-۵- روش تفاضل محدود ۳۳
۳-۶ تنظیم روش عددی ۳۵
۳-۷ شرایط مرزی ۳۶
۳-۷-۱- شرایط مرزی مخزن ۳۶
۳-۷-۲-شیر در انتهای لوله ۳۷
۳-۷-۳-شرایط مرزی برای یافتن نشت ۳۸
۳-۸- شبیه سازی نشت ۳۹
**فصل چهارم – الگوریتم ژنتیک ۴۰**
۴-۱ مقدمه ۴۱
۴-۲ تکامل و الگوریتم ژنتیک ۴۱
۴-۳ الگوریتم ژنتیک ساده ۴۳
۴-۴ الگوریتم ژنتیک باینری ۴۷
۴-۵ اجزاء کلیدی ۴۸
۴-۵-۱ افراد ۴۸
۴-۵-۲- ژن ها ۴۹
۴-۶- انتخاب متغیرها و تابع هزینه ۴۹
۴-۷- برازندگی ۵۰
۴-۸-کد گذاری و کدبرداری ۵۰
۴-۹-جمعیت ۵۲
۴-۱۰- انتخاب ۵۳
۴-۱۰-۱ - انتخاب جمعیت هر نسل $N_{pop}$ ۵۴
۴-۱۰-۲- روش های انتخاب والدین ۵۵
۴-۱۰-۲-۱- جفت گیری ترتیبی ۵۶
۴-۱۰-۲-۲- جفت گیری تصادفی ۵۶
۴-۱۰-۲-۳- جفت گیری تصادفی وزنی ۵۶
۴-۱۰-۲-۳-۱- ترتیب وزنی ۵۷
۴-۱۰-۲-۳-۲ – هزینه وزنی ۵۷

۴-۲-۱۰-۴- انتخاب ترنومنت ۵۸
۴-۱۱- تقاطع (جفتگیری) ۵۹
۴-۱۱-۱- تقاطع یک نقطه ای ۶۰
۴-۱۱-۲- تقاطع دو نقطه ای ۶۰
۴-۱۱-۳- تقاطع یکنواخت ۶۱
۴-۱۲- جهش ۶۲
۴-۱۳- همگرایی ۶۶
۴-۱۴- مزایا و معایب الگوریتم ژنتیک ۶۸
**فصل پنجم – نشت یابی در خطوط انتقال ۷۰**
۵-۱- مقدمه ۷۱
۵-۲- عدم قطعیت ها در مدل گذرایی ۷۳
۵-۲-۱- تخمین افت اصطکاک ۷۴
۵-۲-۱-۱- مدل برونون ۷۵
۵-۲-۲- مدل کردن شیر ۷۶
۵-۲-۳- سرعت موج ۷۷
۵-۳- مدل جریان گذرا ۷۸
۵-۴- مدل معکوس ۸۱
۵-۴-۱-مدل الگوریتم ژنتیک ۸۲
۵-۵- صحت سنجی آزمایشگاهی ۸۴
۵-۶-بررسی اثر ضریب افت اصطکاک غیردائمی در روند بهینه سازی ۸۶
۵-۷-تحلیل حساسیت مدل نشت یابی نسبت به مکان نشت ۸۸
۵-۸-تحلیل حساسیت مدل نشت یابی نسبت به اندازه نشت ۹۰
۵-۹-تحلیل حساسیت پارامترهای الگوریتم ژنتیک در روند نشت یابی ۹۱
۵-۹-۱- جمعیت اولیه ۹۳
۵-۹-۲- جمعیت هر نسل ۹۴
۵-۹-۳- عملگر تقاطع ۹۵
۵-۹-۴- عملگر جهش ۹۶
**فصل ششم – نتایج شبیه سازی نشت ۹۸**
۶-۱- نشت یابی با روش برنامه ریزی غیرخطی ۹۹
۶-۱-۱- وجود یک نشت در خط لوله ۹۹
۶-۱-۲- وجود چندین نشت در خط لوله ۱۰۲
۶-۱-۲-۱ – وجود دو نشت در خط لوله ۱۰۲

۲-۲-۱-۶ – وجود سه نشت در خط لوله ۱۰۳
۳-۱-۶- نشت یابی به روش گام به گام ۱۰۴
۴-۱-۶-نشت یابی و کالیبراسیون ضریب اصطکاک ۱۰۶
**فصل هفتم – نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۸**
۱-۷- مقدمه ۱۰۹
۲-۷- نتیجه گیری ۱۰۹
۳-۷-پیشنهادات ۱۱۰
**منابع ۱۱۲**
منابع و مآخذ ۱۱۳
**پیوست ها ۱۱۶**
الف – مدل جریان گذرا ۱۱۷
ب- مدل الگوریتم ژنتیک ۱۲۳
**چکیده به زبان انگلیسی**

## فهرست اشکال فصل اول

شکل ۱-۱- میزان آب به حساب نیامده در استان تهران در سال ۱۳۸۴ برحسب تحقیقات ۳
شکل ۲-۱- تقسیم بندی آب به حساب نیامده در سیستم آبرسانی ۴
شکل ۳-۱- آب به حساب نیامده شبکه های شهری برخی کشورها[19] ۱۲
شکل ۴-۱- آب به حساب نیامده شبکه های شهری برخی استانهای کشور[17] ۱۳

## فهرست اشکال فصل سوم

شکل ۱-۳- جریان دائمی از یک مخزن در غیاب اصطکاک ۲۷
شکل ۲-۳- روند موج فشار جریان گذرا در لوله ۲۸
شکل ۳-۳- نمودارتراز - زمان در سه موقعیت در لوله ۳۳
شکل ۴-۳- شکل پلان s-t برای جریان ساده[11] ۳۳
شکل ۵- ۳- شبکه مشخصه برای یک خط لوله انتقال[11] ۳۵
شکل ۶-۳- پیشروی آشفتگی در پلان s-t[11] ۳۵
شکل ۷-۳- خط های مشخصه در مرزها ۳۶
شکل ۸-۳-ارتباط زمان بسته شدن شیر ۳۸
شکل ۹-۳-مرز نشت ۳۸

## فهرست اشکال فصل چهارم

شکل ۱-۴- چرخه الگوریتم ژنتیک ۴۵
شکل ۲-۴- تشابه بین الگوریتم ژنتیک عددی و ژنتیک زیستی ۴۶
شکل ۳-۴- فلوچارت الگوریتم ژنتیک ۴۷
شکل ۴-۴- انتخاب ۵۴
شکل ۵-۴- نمونه ای از فرآیند تقاطع کلی ۵۹
شکل ۶-۴- تقاطع یک نقطه ای ۶۰
شکل ۷-۴- تقاطع در دو نقطه کروموزوم های والدین و فرزندان بوجود آمده ۶۱
شکل ۸-۴- تقاطع دو نقطه ای ۶۱
شکل ۹-۴- عملگر تقاطعی یکنواخت ۶۱
شکل ۱۰-۴- نمونه ای از عمل جهش ۶۳
شکل ۱۱-۴- روند تکامل تدریجی مقدار هزینه در طی تولید هر نسل برای مثال (۱-۴) ۶۳

## فهرست اشکال فصل پنجم

شکل ۱-۵- نحوه اتصال مدل های گذرایی و معکوس برای نشت یابی ۷۳

شکل ۲-۵- نوسانات فشار در دو حالت بدون نشت و با وجود نشت ۸۰
شکل ۳-۵- آزمایشگاه روبین[21] ۸۴
شکل ۴-۵- نوسانات فشار در حالت مدل آزمایشگاهی و مدل عددی ۸۵
شکل ۵-۵- روند بهینه سازی ۸۵
شکل ۶-۵- سیستم مخزن - لوله - شیر ۸۶
شکل ۷-۵- مقایسه نوسانات فشار در دو حالت مدل اصطکاک غیردائمی برنون و مدل اصطکاک شبه دائمی ۸۶
شکل ۸-۵- نوسانات فشار در صورت وجود نشت با۵۰۰،۲۰۰ و ۸۰۰ متری از مخزن بالادست ۸۹
شکل ۹-۵- نوسانات فشار در صورت وجود نشت با مقادیر ۰.۲۵، ۱،۲ ، ۵، ۱۵و ۲۵ درصد سطح مقطع لوله ۹۰
شکل ۱۰-۵- تأثیر جمعیت اولیه بر نشت یابی با برنامه ریزی غیرخطی برای جمعیت اولیه ۹۳
شکل ۱۱-۵- تأثیر جمعیت هر نسل در نشت یابی با برنامه ریزی غیر خطی در حالت ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ کروموزوم ۹۵
شکل ۱۲-۵- تأثیر عملگر تبادل ژنی در نشت یابی با برنامه ریزی غیر خطی با عملگر یکنواخت، عملگر تقاطع ۹۶
شکل ۱۳-۵- تأثیر عملگر جهش ژنی در نشت یابی با برنامه ریزی غیر خطی با عملگر جهش ۹۷

## فهرست اشکال فصل ششم

شکل ۱-۶- نوسانات فشار بعد از بستن شیر ۹۹
شکل ۲-۶- روند بهینه سازی تابع هدف ۱۰۰
شکل ۳-۶- سیستم مخزن – لوله – شیر با یک نشت فرضی ۱۰۰
شکل ۴-۶- روند بهینه سازی تابع هدف ۱۰۱
شکل ۵-۶- سیستم مخزن – لوله – شیر با یک نشت فرضی ۱۰۱
شکل ۶-۶- روند بهینه سازی ۱۰۲
شکل ۷-۶- سیستم مخزن -لوله - شیر ساده با وجود دو نشت فرضی ۱۰۲
شکل ۸-۶- روند بهینه سازی ۱۰۳
شکل ۹-۶- سیستم مخزن -لوله - شیر ساده با وجود سه نشت فرضی ۱۰۴
شکل ۱۰- ۶- روند بهینه سازی تابع هدف مثال ۳-۱-۶ در گام اول ۱۰۵
شکل ۱۱- ۶- نتایج فرایند نشت یابی در گام اول ۱۰۵
شکل ۱۲-۶- روند بهینه سازی تابع هدف در مثال ۳-۱-۶ ، گام ۲ ۱۰۶
شکل ۱۳-۶ نتایج فرایند نشت یابی در گام دوم ۱۰۶
شکل ۱۴-۶- روند بهینه سازی تابع هدف در مثال ۴-۱-۶ ۱۰۷
شکل ۱۵-۶- متغیرهای تصمیم گیری مثال ۴-۱-۶ ۱۰۷

## فهرست جداول فصل اول

جدول ۱-۱- **میزان تلفات فیزیکی و غیرفیزیکی آب به تفکیک در آب به حساب نیامده شهر اهواز** ..... ۱۰

## فهرست جداول فصل دوم

جدول ۱-۲- مرروری بر روش های نشت یابی ..... ۲۳

## فهرست جداول فصل چهارم

جدول ۱-۴- نمایش ژنوتیپ و فنوتیپ ..... ۴۸
جدول ۲-۴- نمایش یک کروموزوم ..... ۴۸
جدول ۳-۴- جمعیت اولیه و هزینه متناظر برای هر کروموزوم مثال ۱-۴ ..... ۵۳
جدول ۴-۴- فرآیند انتخاب طبیعی ..... ۵۵
جدول ۵-۴- انتخاب اتفاقی والدین به روش مرتب سازی وزنی برای مثال (۱-۴) ..... ۵۷
جدول ۶-۴- انتخاب اتفاقی والدین به روش هزینه های وزنی برای مثال (۱-۴) ..... ۵۸
جدول ۷-۴- روش انتخاب ترنومنت در مثال (۱-۴) ..... ۵۸
جدول ۸-۴- مثالی از عملکرد تقاطع یکنواخت ..... ۶۲
جدول ۹-۴- تقاطع یک نقطه ای در مثال ۱-۴ ..... ۶۲
جدول ۱۰-۴- نمونه ای از عمل جهش در نسل دوم مثال ۱-۴ ..... ۶۴
جدول ۱۱-۴- جمعیت نسل نوزدهم منتج از آمیزش و موتاسیون نسل هیجدهم ..... ۶۷
جدول ۱۲-۴- جمعیت نسل آخر منتج از آمیزش و موتاسیون نسل نوزدهم ..... ۶۷

## فهرست جداول فصل پنجم

جدول ۱-۵- مقایسه مقادیر نشت در گره های مشخصه و مقدار تابع هدف در دو حالت اصطکاک غیردائمی و اصطکاک شبه ..... ۸۷
جدول ۲-۵- نتایج فرآیند نشت یابی در سه موقعیت ۲۰۰ ،۵۰۰ و ۸۰۰ متری از مخزن ..... ۸۹
جدول ۳-۵- نتایج فرآیند نشت یابی در در صورت وجود نشت با مقادیر ۰.۲۵، ۱،۲ ، ۵، ۱۵و ۲۵ درصد سطح مقطع لوله ..... ۹۱
جدول ۴-۵- نتایج فرایند نشت یابی برای جمعیت اولیه ۴۰،۶۰،۸۰،۱۰۰،۱۲۰ کروموزوم ..... ۹۴

## فهرست جداول فصل ششم

جدول ۱-۶- موقعیت و مقدار نشت ..... ۱۰۰
جدول ۲-۶- نتایج فرایند نشت یابی ..... ۱۰۲
جدول ۳-۶- نتایج فرایند نشت یابی ..... ۱۰۳
جدول ۴-۶- نتایج فرایند نشت یابی ..... ۱۰۴

| | |
|---|---|
| سطح مقطع لوله | $A$ |
| ماکزیمم مساحت مؤثر نشت | $Ae_{max}$ |
| سطح مقطح ظاهری نشت | $A_L$ |
| سرعت موج | $a$ |
| مقدار تابع هدف | $C$ |
| ضریب دبی | $C_d$ |
| قطر لوله | $D$ |
| ضریب افت دارسی وایسباخ | $f$ |
| فرکانس نمونه برداری | $fr_s$ |
| شتاب ثقل | $g$ |
| هد پیزومتریک لحظه ای جریان | $H,H_A,H_B,H_p$ |
| هد پیزومتریک در محل نشت | $H_L$ |
| هد پیزومتریک محاسباتی مخزن | $H_r$ |
| هدپیزومتریک مشاهده ای مخزن | $H_r'$ |
| هد پیزومتریک محاسباتی در محل شیر | $H_v$ |
| هد پیزومتریک مشاهده ای در محل شیر | $H_v'$ |
| طول لوله | $L$ |
| طول گسسته زمان مدل سازی جریان گذرا | $n$ |
| دبی لحظه ای جریان | $Q,Q_A,Q_B,Q_p$ |
| دبی نشت | $Q_L$ |
| زمان | $t$ |
| مدت زمان بسته شدن شیر | $T_C$ |
| مدت زمان نمونه برداری از نوسانات فشار | $T_s$ |
| فاصله مکانی در طول لوله | $x$ |
| فاصله نشت نسبت به مخزن بالادست | $x_L$ |

| | |
|---|---|
| رقوم نقطه نشت نسبت به سطح مبنا | $Z_L$ |
| گام زمانی | $\Delta t$ |
| گام مکانی | $\Delta x$ |

## چکیده

خطوط انتقال آب اغلب دارای مقادیر قابل توجهی افت های ناشناخته است. مقدار افت ها بین ۱۰ تا ۵۰ درصد حجم آب پمپاژ شده برای انتقال است. این افت ها باعث آسیب های زیست محیطی در خطوط انتقال حاوی مواد سمی و خطرناک می شود. همچنین باعث کاهش آب موردنیاز و درنتیجه پمپاژ بیشتر برای تأمین آن می شود که هزینه اقتصادی بیشتری را به خطوط انتقال تحمیل می کند. افت در خطوط انتقال در بیشتر موارد ناشی از نشت و اصطکاک است. نشت بدلیل مدفون بودن خطوط انتقال به صورت آشکار قابل شناسایی نیست و نیاز به روش هایی برای شناسایی آن وجود دارد. هم چنین نشت علاوه بر آسیب های زیست محیطی و اقتصادی بدلیل مدفون بودن خطوط انتقال باعث آسیب به زیر ساخت های سازه ای از قبیل زیر سازی جاده ها و پی ساختمان های مجاور خطوط انتقال نیز می شود. افت ناشی از اصطکاک نیز بدلیل متغیر بودن اصطکاک در طول عمر سازه بوجود می آید . زیرا با بالا رفتن عمر خطوط انتقال رسوب بیشتر شده و لوله از حالت صاف و بدون زبری اولیه خارج می شود. به دلایل ذکر شده شناسایی نشت و کالیبراسیون ضریب اصطکاک در خطوط انتقال موضوع با اهمیتی در صنعت هیدرولیک محسوب می شود.

فرآیند نشت یابی و کالیبراسیون ضریب اصطکاک در این پایان نامه با استفاده از روش تحلیل گذرایی معکوس مدل سازی شده است. روش تحلیل جریان گذرای معکوس را به دلیل توانایی انجام همزمان کالیبراسیون ضریب اصطکاک و نشت‌یابی و همچنین بدلیل عدم‌نیاز به ایجاد جریان نوسانی که در روش‌های دیگر موردنیاز است، انتخاب شده است. در روش تحلیل جریان گذرا موج منتشرشده ناشی از ایجاد جریان گذرا بعنوان یک ردیاب برای یافتن نشت استفاده می‌شود. مدل گذرایی در خطوط انتقال با استفاده از روش مشخصه ها توسعه داده شده است.این روش دقیق ترین نتایج همهٔ حالت های تفاضل محدود برای معادلات دیفرانسیلی جزئی پیوستگی و مومنتمم توصیف کننده جریان در لوله را توصیف می کند. جریان گذرا با استفاده از مدل سازی عددی به زبان متلب و با استفاده از سیستم مخزن – خط لوله – شیر مدل شده است و با بستن شیر در مدت زمان مشخص جریان گذرا تولید شده است. سپس نوسانات فشار تنها در محل شیر انتهایی اندازه‌گیری می‌شوند. مجهولات پارامترهای نشت شامل تعداد، موقعیت و اندازه نشت می باشد. بدلیل بیشتر بودن مجهولات از معلومات، مسئله نشت یابی جزء مسائل معکوس محسوب می شود. و برای یافتن پارامترهای نشت از

یک تابع هدف استفاده شده است که هدف آن حداقل کردن اختلاف مربعات بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسباتی فشار در خط لوله است.

روش تحلیل گذرایی معکوس بدلیل نامعین بودن برای حل نیاز به روش‌های برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی دارد. برای حداقل کردن تابع هدف ذکر شده از الگوریتم ژنتیک باینری استفاده شده است . الگوریتم ژنتیک جزء روش های فراکاوشی محسوب می شود. در مدل سازی الگوریتم ژنتیک به زبان متلب[1] پارامترهای نشت تعیین شده است.

پارامترهای تأثیرگذار در الگوریتم ژنتیک تقاطع ، جهش ، جمعیت اولیه و جمعیت هر نسل است . در این پایان نامه تأثیر این پارامترها در نشت یابی بررسی شده است. کاربرد روش با چندین مثال در حالت های مختلف بررسی شده است.همچنین تاثیر پارامترهای مهم در الگوریتم ژنتیک در نشت یابی در خطوط انتقال با مثال هایی نشان داده شده است.نتایج نشان می دهد که روش توسعه یافته تحلیل معکوس جریان گذرا در این پایان نامه به خوبی می تواند نشت های موجود در خطوط انتقال را با دقت بالایی ارزیابی کند. و قابلیت توسعه در خطوط انتقال طولانی و در حالت واقعی را دارد.

[1] *MATLAB*

# فصل اول – مقدمه

**۱-۱ مقدمه :**

آب اساس حیات زندگی بشر و یک منبع بسیار مهم طبیعی است و برای محیط‌زیست ، اقتصاد و سلامتی بشر ضروری است. خطوط لوله، سیال را از منبع به محل مورد نیاز انتقال می دهند. سالیانه هزینه اقتصادی بسیاری برای طراحی و ساخت و نگهداری خطوط انتقال در نظر گرفته می شود. تعمیر و نگهداری خطوط انتقال یک کار مشکل و با اهمیت بسیار است و اغلب جز در موارد اضطراری به این موضوع توجه کافی نمی‌شود.

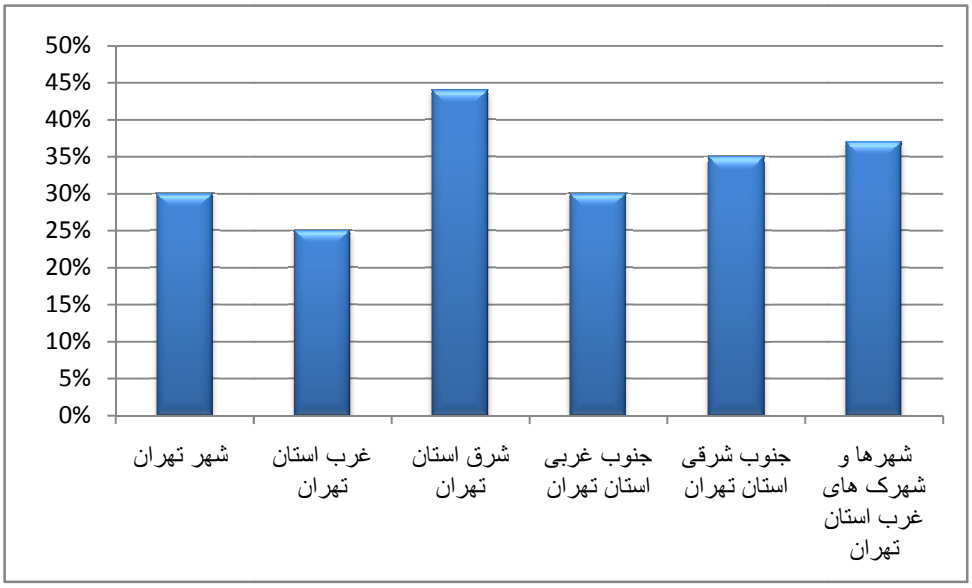
خطوط انتقال اغلب در زیرزمین دفن شده‌اند و بنابراین یافتن مکان نقص در خطوط لوله دشوار است.نشت‌ها یکی از موارد نقص در خطوط لوله است. نشت در سیستم‌های توزیع به علل مختلفی از جمله استهلاک اجزا شبکه، خوردگی لوله‌ها، قطع اتصالات، ایجاد انشعابات غیر مجاز بدست افراد غیر-فنی، ضربه ناشی از ساخت‌وسازها و وقوع پدیده ضربه قوچ، رانش‌ها و نشست‌های زمین و غیره بوقوع می‌پیوندد. وقوع شکستگی‌ها و نشت آب از خطوط لوله به محیط از یک سو سبب هدر رفتن بخش عظیمی از سرمایه‌های ملی و مالی کشور شده و از سوی دیگر نشت باعث ورود آلودگی از محل شکستگی‌ها به درون خطوط لوله در مواقع افت فشار می شود، که خطرات بهداشتی و زیست محیطی قابل توجهی را در پی خواهد داشت. همچنین با توجه به اینکه تأسیسات آبرسانی در سطح شهرها عمدتاً از دل خاک عبور می‌کنند، نشت از لوله‌ها سبب آب‌شستگی در محیط پیرامون آنها می‌گردد تا جایی‌که ممکن است علاوه بر گسترش خرابی در خطوط لوله، به تأسیسات زیرزمینی دیگر مانند خطوط فاضلاب و گاز، زیرسازی جاده‌ها، پی ساختمان‌ها و غیره نیز صدمه جدی وارد نماید.

بنابراین توسعه روش‌های نشت‌یابی در سال‌های اخیر مورد توجه خاصی از طرف شرکت‌های بهره-برداری و همچنین مهندسان هیدرولیک قرار گرفته‌است. تاکنون چندین روش بر پایه مدل‌سازی و حل معکوس جریان گذرا در خطوط لوله توسعه داده شده‌است. الگوریتم‌های بهینه‌سازی به عنوان جزء لاینفک روش‌های حل معکوس محسوب می‌شوند که انتخاب و تنظیم الگوریتم مناسب، از اهمیت قابل توجهی در مدت زمان اجرای روش نشت‌یابی و قابلیت اطمینان هر یک برخوردار است. در تحقیق حاضر هدف بسط یک الگوریتم بهینه‌سازی سازگار و کارآمد بر اساس الگوریتم‌های ژنتیک در خصوص حل مسئله معکوس نشت‌یابی در خطوط لوله می‌باشد.

## ۲-۱- اتلاف آب

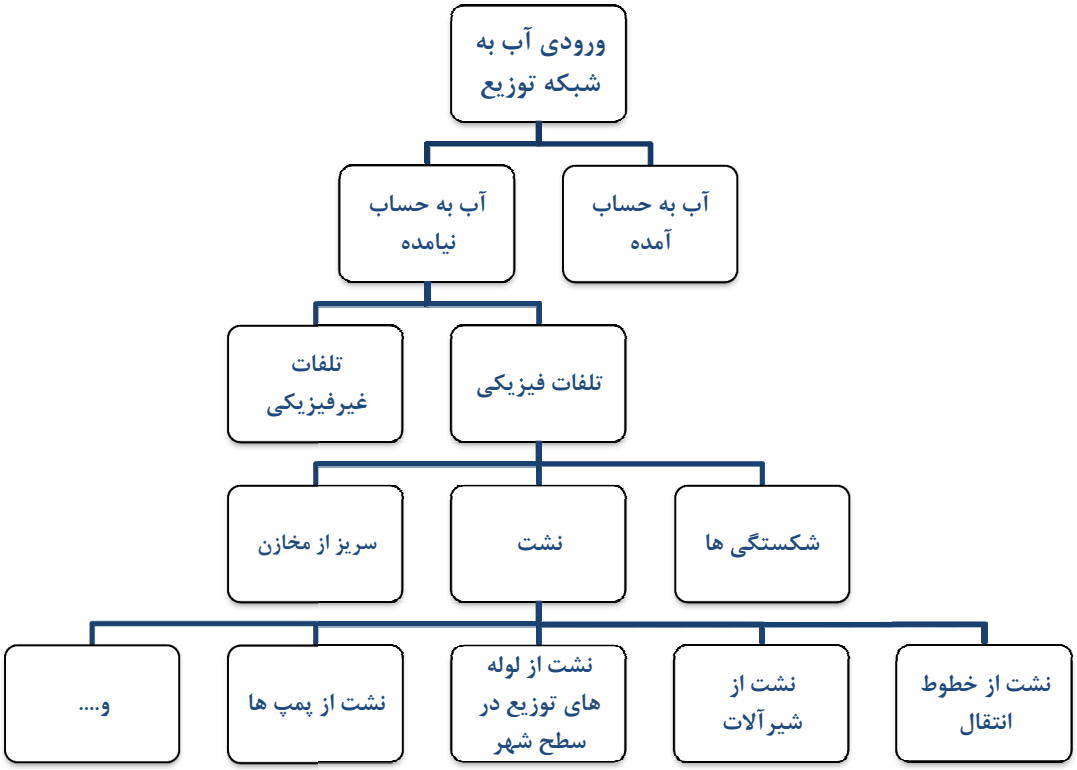
منظور از تلفات آن قسمت از کل تولید آب است که مورد استفاده مفید مصرف کنندگان قرار نمی گیرد ، در بهره برداری از تأسیسات آبرسانی به کار نمی رود و یا به طور نا معقول و افراط آمیزی مورد مصرف واقع می شود .

آب به حساب نیامده به صورت مابه التفاوت حجم آب کل ورودی به شبکه و حجم آب اندازه گیری شده از طریق کنتور مشتریان بیان می گردد و در برگیرنده تلفات فیزیکی (نشت ) و تلفات غیرفیزیکی می باشد. تلفات فیزیکی به آن قسمت از آب تولیدی گفته می شود که به صورت نشت ناشی از شکستگی لوله ها و خرابی اتصالات ، شیرآلات و پمپ ها، سرریز و نشت از مخازن ، از شبکه توزیع آب خارج شده و امکان مصرف آن به وسیله مصرف کننده سلب می شود و از نظر تولیدکنندگان آب نیز هزینه آن جبران نمی گردد. در تلفات غیرفیزیکی ، آب در حقیقت توسط مصرف کننده مورد مصرف قرار می گیرد ولی به دلیل عدم اندازه گیری آن و خطای ناشی از اندازه گیری ، قرائت و ثبت قرائت ، مقدار واقعی مصرف مشخص نمی باشد. به عنوان نمونه میزان آب به حساب نیامده در استان تهران طی تحقیقات انجام گرفته در سال ۱۳۸۴ در نمودار شماره ۱ آمده است.




**شکل ۱- ۱- میزان آب به حساب نیامده در استان تهران در سال ۱۳۸۴ برحسب تحقیقات**

در این تحقیق منظور از نشت همان تلفات فیزیکی آب و یا خروج آب از شکاف ها، ترک ها، ترکیدگی ها و یا نشت از اتصالات است .در نمودار شماره ۲-۱ جایگاه نشت در یکی از انواع تقسیم بندی های آب به حساب نیامده آمده است.




شکل ۲- ۱-تقسیم بندی آب به حساب نیامده در سیستم آبرسانی

## ۱-۲-۱- انواع تلفات

### ۱-۱-۲-۱- نشت های بزرگ

نشت های بزرگ اغلب در تأسیسات آبرسانی بوقوع می پیوندند ، این قبیل نشت ها معمولاً به علت شکستگی عمده در خطوط اصلی پدیدار می شوند . این نوع نشت ها معمولاً همراه افت فشار در سیستم آبرسانی و بصورت خروج آب از سطح زمین و در مواردی فرسایش خاک و نشست زمین آشکار می شوند. این گونه نشت ها در اولین فرصت باید تعمیر گردند زیرا سیستم آبرسانی بایستی همواره دایر باشد . با وجود این که تعداد این گونه نشت ها زیاد است ، ولی مقدار آبی که بر اثر این نوع نشت هدر می رود به نسبت کم است.

### ۲-۱-۲-۱- نشت های کوچک

مهم‌تر از نشت‌های بزرگ نشت‌های کوچکی هستند که ممکن است سال ها و یا هرگز شناسایی نشده و باعث تلفات تجمعی آب شوند . دلایل زیادی همچون سوراخ شدن لوله ها در اثر خوردگی ، اتصالات غلط ، مصالح نامرغوب ، اجرای بد ، بستر ناسالم لوله ، شیرهای نصب شده ، انشعابات پوسیده و یا شیرهای آتش نشانی معیوب می توانند باعث ایجاد این نشت ها شوند . اغلب این نشت ها به علت

صدمات تصادفی که در مواقع ساختمان سازی ها ، جاده سازی ها و یا کندن ترانشه برای احداث سایر تأسیسات شهری به تأسیسات آبرسانی وارد می شود .

این گونه نشت ها به آسانی قابل درک نیست و باید با یک برنامه سیستماتیک بلند مدت ، با استفاده از ابزار اندازه گیری جریان آب ، وسایل شنود و تکنیک های خاص شناسایی گردند.

**۳-۱-۲-۱- انشعابات غیر مجاز**

انشعابات غیر مجاز شامل انشعاب غیر قانونی از شبکه ، انشعاب از انشعاب قانونی مشتری دیگر ، انشعاب از لوله اصلی زیرزمینی و یا نصب یک لوله و شلنگ به شیرهای عمومی می باشد که مصرف کننده بدلیل نپرداختن هزینه مصرف ، خود را موظف به رعایت صرفه جویی و جلوگیری از اتلاف آب نمی دانند .

با توجه به تلفات ذکر شده و اهمیت آنها در سیستم های آبرسانی ، شناسایی نشت های کوچک در سیستم های آبرسانی ضروری است زیرا نشت های بزرگ و انشعابات غیر مجاز با بازرسی روتین قابل شناسایی است ولی نشت های کوچک بدلیل آشکار نشدن در سیستم های آبرسانی باعث اتلاف آب در دراز مدت و خسارات مالی بسیار می شود در نتیجه در این تحقیق روشی برای شناسایی نشت های کوچک تا متوسط بررسی می شود.

## ۲-۲-۱- علل تلفات آب در تأسیسات آبرسانی

۱-نشت از مخازن ، خطوط اصلی انتقال آب و سایر تأسیسات آبرسانی و همچنین انشعابات و متعلقات از طریق منافذ بوجود آمده بر اثر کاربرد مصالح نامرغوب ، اجرای بد ، خوردگی و یا فرسودگی شکستگی ها در خطوط و ساختمانهای آبی (مخازن، واحدهای تصفیه و...) به خاطر نشست زمین، تورم خاک(بویژه رس)، ارتعاش، ضربه قوچ، تغییرات درجه حرارت (بویژه یخبندان) و ترافیک سنگین در روی خطوط اصلی در جاده ها، اتصالات ناقص و واشرهای ناقص و نامناسب می تواند باعث اتلاف قابل توجه آب شوند.

۲- طراحی غلط : نظیر کنار هم قرار دادن لوله آب سرد و گرم در طول زیاد ، استفاده از مواد و مصالح نامناسب و رنگ دهنده به آب در لوله ها . در چنین شرایطی ممکن است مصرف کننده مقادیر قابل توجهی از آب را به هدر دهد تا آب خارج شده از شیر به قدر کافی گرم ، سرد و یا صاف شود.

۳- کوتاهی در بستن شیر فلکه ها پس از هر بار برداشت آب، چه به طور تصادفی از روی بی توجهی و چه به طور عمد.