



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: آب

عنوان:

سامانه بهینه تشخیص آلاینده در مطالعات پدافند غیرعامل شبکه توزیع آب
شهری

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا بازرگان لاری

استاد مشاور:

دکتر محمدرضا نیکو

پژوهشگر:

فراز مدیری

زمستان ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: آب

عنوان:

سامانه بهینه تشخیص آلاینده در مطالعات پدافند غیرعامل شبکه توزیع آب
شهری

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا بازرگان لاری

استاد مشاور:

دکتر محمدرضا نیکو

پژوهشگر:

فراز مدیری

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

به نام مادر،

بوسه‌ای باید زد

دست‌هایی را

که می‌شویند غبار خستگی روزگار را

و سیراب می‌کنند روح تشنه را؛

به نام پدر،

بوسه‌ای باید زد

دست‌هایی را

که می‌تابانند

نیرو را

و محکم می‌کنند

استواری پایه‌های زیستن را.

سپاس و قدردانی:

خداوند متعال را بی‌وقفه شاکرم که بار دیگر الطاف بی‌کران و واسعه خود را به این بنده ارزانی نمود تا کماکان، این مرحله از زندگی را نیز با موفقیت پشت سر بگذارم. بی‌شک پیمودن این راه ممکن نبود مگر با راهنمایی‌ها و رهنمودهای ارزشمند آقای دکتر محمدرضا بازرگان لاری که با صبر و جدیت بی‌بدیل خود در دو سال گذشته به معنای واقعی راهنمایم بوده‌اند و همواره علیرغم مشغله فراوان، گشاده‌رو پذیرایم شده‌اند و مرا در پیشبرد اهدافم یاری نموده‌اند، و همچنین مشاوره‌های به موقع و گرانقدر آقای دکتر محمدرضا نیکو. لذا وظیفه خود می‌دانم تا به این طریق از زحمات بی‌شائبه ایشان تشکر و قدردانی نمایم و تداوم فعالیت‌های درخشان علمی ایشان در جامعه علمی کشورم را، از خداوند متعال خواستارم. مسلماً ایشان یکی از بهترین الگوهای علمی و اخلاقی من در دوران زندگی‌ام خواهند بود. برای رابطه‌ای که با ایشان دارم بسیار ارزش قائل هستم.

می‌دانم که نمی‌توانم از خانواده مهربانم به خاطر تحمّل همه مشقّاتی که در تمام این سال‌های تحصیل بر آنها تحمیل کرده‌ام، آن اندازه که شایسته و بایسته است تشکر کنم. آنچه در توانم است، طلب سلامت و سعادتشان از ایزد مَنان است.

در ادامه از همسر عزیزم که همواره یاری‌رسان و مشوق اصلی من بوده و در این راستا در کمال صبر و تحمل، زحمات زیادی کشیده، نهایت تشکر و امتنان را دارم و برایش بهترین موفقیت‌ها را آرزو می‌کنم.

ضمناً از مسئولین محترم شرکت مهندسی آب و فاضلاب استان فارس، خصوصاً جناب آقای مهندس محسن قائدی به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز شبکه آب شهر لامرد و راهنمایی در تحلیل کیفی شبکه، و همین‌طور از آقای مهندس مهدی نامقی که در همه امور این پایان‌نامه همیشه کمک حال من بودند سپاسگزارم.

در پایان فرصت را مغتنم شمرده و بر خود لازم می‌دانم از تمامی استادان محترم و معلمان گرامی خود در طول دوران تحصیلم تا کنون، تقدیر و تشکر کنم و برای ایشان توفیقات روزافزون را از خداوند مَنان مسألت نمایم.



باسمه تعالی

در تاریخ: ۱۳۹۰/۱۰/۱۳

دانشجوی کارشناسی ارشد آقای فراز مدیری از پایان نامه خود دفاع نموده و با
نمره به حروف و با درجه مورد تصویب قرار گرفت.

دکتر محمدرضا بازرگان لاری

استاد راهنما

چکیده

تزریق یک آلاینده خارجی سمی در شبکه توزیع آب شهری در مسیر انتقال آب به مصرف‌کننده، به عنوان یک تهدید تروریستی بالقوه همواره مطرح بوده و تاریخ گواه رخداد نمونه‌هایی از آن است. در شبکه توزیع آب با توجه به خسارات جبران ناپذیر وقوع این حادثه در تهدید جان تعداد کثیری از مصرف‌کنندگان تشخیص سریع وقوع حادثه از اهمیت بسیاری برخوردار است. بنابراین طراحی سامانه‌ای جهت تشخیص و اعلام رخداد این حادثه در مطالعات پدافند غیرعامل، از اهداف مهمی است که مستلزم تشخیص نقاط پتانسیل تزریق آلودگی تعمدی است. این سامانه بهینه اعلام خطر متشکل از تعدادی ایستگاه پایش با هدف گزارش‌دهی وقوع نفوذ مواد سمی در مجاورت گره‌های شبکه توزیع آب است که انتخاب محل و تعداد بهینه آن‌ها با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در میزان و محل تزریق آلاینده بسیار پیچیده و چالش برانگیز است. در تحقیق حاضر، از تلفیق دو مدل شبیه‌سازی (مدل EPANET) و بهینه‌سازی چندهدفه (NSGA-II) ابزاری برای طراحی سامانه بهینه تشخیص ارائه گردیده است که مبتنی بر تأمین اهدافی نظیر کمینه نمودن تعداد ایستگاه‌های پایش مورد نیاز، تعداد جمعیت تحت تأثیر در لحظه تشخیص آلودگی و تعداد حالت‌های عدم تشخیص در یک تحلیل مونت کارلو است. نتایج حاصل از کاربرد روش پیشنهادی در شبکه توزیع آب شهر لامرد، مبین توانایی آن در طراحی سامانه بهینه اعلام خطر نفوذ تعمدی آلاینده در شبکه توزیع آب شهری است.

کلمات کلیدی: پدافند غیر عامل، سامانه اعلام خطر، بهینه‌یابی چندهدفه NSGA-II، شبکه توزیع آب، مدل شبیه‌سازی EPANET

فهرست عناوین

صفحه

عنوان

۱	فصل اول: مقدمه
۱-۱	مقدمه و تعاریف
۲	
۲-۱	هدف تحقیق
۴	
۳-۱	سؤال اصلی تحقیق
۵	
۴-۱	فرضیات تحقیق
۵	
۵-۱	ساختار پایان نامه
۶	
۸	فصل دوم: پدافند غیر عامل، مروری بر سابقه تهدیدات و تحقیقات انجام شده
۱-۲	پدافند غیر عامل در شبکه‌های توزیع آب شهری
۹	
۱-۱-۲	مقدمه
۹	
۲-۱-۲	روند مطالعات پدافند غیر عامل برای پروژه‌های عمرانی و صنعتی
۱۰	
۳-۱-۲	تنوع تهدیدات در تأسیسات
۱۳	
۲-۲	اقدامات لازم برای حفاظت از تأسیسات آبرسانی
۲۲	
۱-۲-۲	مقدمه
۲۲	
۲-۲-۲	مدل کیفی آب‌های سطحی
۲۳	
۳-۲-۲	مدل سازی تصفیه خانه
۲۳	
۴-۲-۲	مدل کیفی شبکه
۲۵	
۵-۲-۲	مدل مفهومی متشکل از مدل‌های کیفی آب‌های سطحی، تصفیه خانه و شبکه آب
۲۶	
۳-۲	پایش آب
۲۸	
۱-۳-۲	مقدمه
۲۸	
۲-۳-۲	طراحی سیستم‌های مانیتورینگ اعلام خطر
۲۹	
۳-۳-۲	بیومانیتورینگ
۳۱	

۴-۲- تاریخچه تهدیدات.....	۳۳
۵-۲- مرور تحقیقات انجام شده.....	۴۰
۶-۲- جمع‌بندی.....	۴۹
فصل سوم: ساختار مدل پیشنهادی و ابزارکارهای مورد استفاده.....	۵۲
۱-۳- مقدمه.....	۵۳
۲-۳- الگوریتم روش مدل‌سازی پیشنهادی.....	۵۴
۳-۳- معرفی ابزارکارهای موجود در الگوریتم پیشنهادی.....	۵۷
۱-۳-۳- آنالیز مونت کارلو.....	۵۷
۲-۳-۳- مدل شبیه‌سازی کمی و کیفی EPANET.....	۵۸
۱-۲-۳-۳- مقدمه.....	۵۸
۲-۲-۳-۳- مبانی شبیه‌سازی کمی و کیفی به کمک EPANET.....	۵۹
۳-۲-۳-۳- نحوه کار با برنامه EPANET و فضای کاری آن.....	۶۶
۴-۲-۳-۳- آنالیز شبکه و مشاهده نتایج.....	۷۰
۳-۳-۳- مدل بهینه‌سازی NSGA-II.....	۷۷
۱-۳-۳-۳- مقدمه.....	۷۷
۲-۳-۳-۳- الگوریتم ژنتیک و تشریح مدل NSGA-II.....	۷۸
۴-۳-۳- تئوری چانه‌زنی نش برای انتخاب بهترین نقطه منحنی تبادل.....	۸۷
۴-۳- جمع‌بندی.....	۸۸
فصل چهارم: مطالعه موردی و نتایج حاصل از اعمال مدل پیشنهادی بر منطقه مورد مطالعه.....	۸۹
۱-۴- معرفی منطقه مورد مطالعه و طراحی شبکه توزیع آب آن.....	۹۰
۲-۴- معرفی مسأله، توابع هدف و متغیرهای تصمیم در منطقه مورد مطالعه.....	۹۶
۱-۲-۴- روش حل مسئله در مدل پیشنهادی در منطقه مورد مطالعه.....	۹۷
۲-۲-۴- تحلیل مونت کارلو.....	۱۰۱

عنوان

صفحه

۳-۲-۴- تلفیق مدل شبیه‌سازی و مدل بهینه‌سازی	۱۰۲
۳-۴- نتایج و جمع‌بندی	۱۰۹
فصل پنجم: خلاصه و جمع‌بندی، پیشنهادات	۱۱۱
۱-۵- خلاصه و جمع‌بندی	۱۱۲
۲-۵- پیشنهادات	۱۱۳
منابع و مأخذ	۱۱۶

فهرست تصاویر

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: شمای اجزاء متداول سیستم تأمین آب	۱۴
شکل ۲-۲: ترتیب فرآیندهای تصفیه متداول آب	۱۷
شکل ۳-۲: مدل پیشنهادی برای ساخت مدل کیفی در شبکه‌های توزیع آب شهری	۲۶
شکل ۴-۲: شمایی از شبکه توزیع آب North Marin	۴۳
شکل ۵-۲: نتایج بدست آمده تحقیقات Krause و همکاران در بهینه‌سازی جانمایی موثر حس‌گرها	۴۷
شکل ۱-۳: نمایی کلی از روش پیشنهادی برای تعیین سامانه بهینه تشخیص آلاینده در شبکه	۵۵
شکل ۲-۳: نمایش قطعه-گره یک شبکه	۵۹
شکل ۳-۳: تأثیر منحنی مبنا روی (n) سرعت پمپ	۶۳
شکل ۴-۳: الگوی زمان مصرف آب	۶۶
شکل ۵-۳: پنجره پیش‌فرض‌های مربوط به پروژه	۶۷
شکل ۶-۳: پنجره نمایشگر نتایج شبیه‌سازی شبکه	۶۸
شکل ۷-۳: فضای کاری در EPANET	۶۹
شکل ۸-۳: پنجره نمایشگر تحلیل و بررسی نتایج	۷۲
شکل ۹-۳: پنجره‌های نمایشگر نمودارهای تولید شده توسط نرم‌افزار	۷۴
شکل ۱۰-۳: نمای عمومی از یک مسأله بهینه‌سازی دو هدفه	۸۰
شکل ۱۱-۳: مثالی از رتبه‌بندی نقاط غیرپست در یک مسأله بهینه‌سازی دو هدفه	۸۱
شکل ۱۲-۳: نمایی کلی از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II	۸۲
شکل ۱۳-۳: نمایی از الگوریتم بهینه‌سازی NSGA-II	۸۴
شکل ۱۴-۳: نحوه محاسبه فاصله شلوغی	۸۵
شکل ۱-۴: نمایش موقعیت شهر لامرد	۹۱
شکل ۲-۴: نمایش هزینه اقتصادی یک خط انتقال آب و برای دبی ثابت	۹۴
شکل ۳-۴: شمای کلی شبکه توزیع آب شهر لامرد	۹۹

- شکل ۴-۴: نمایش محل نقاط پتانسیل تزریق آلاینده در شبکه آب شهر لامرد..... ۱۰۰
- شکل ۴-۵: مدل مفهومی تلفیق مدل شبیه‌سازی و مدل بهینه‌سازی ۱۰۲
- شکل ۴-۶: متوسط زمان طی شده از تزریق تا تشخیص (دقیقه) نسبت به تعداد ایستگاه‌های پایش ۱۰۷
- شکل ۴-۷: متوسط جمعیت تحت تأثیر در زمان تشخیص نسبت به تعداد ایستگاه‌های پایش ۱۰۸
- شکل ۴-۸: تعداد حالت‌های عدم تشخیص نسبت به تعداد ایستگاه‌های پایش ۱۰۸
- شکل ۴-۷: نمایش بهترین موقعیت ایستگاه‌های پایش ۱۰۹

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۲: مقدار مواد آلاینده برای آلوده ساختن منابع آب در صورتیکه ۵۰٪ افراد بالغ با نوشیدن یک لیتر آب آلوده در معرض خطر مرگ قرار گیرند.....	۱۵
جدول ۲-۲: تأثیر فرآیندهای تصفیه در جداسازی آلاینده‌ها.....	۲۴
جدول ۱-۳: فرمول‌های افت ارتفاع لوله.....	۶۱
جدول ۲-۳: ضریب زبری برای لوله.....	۶۲
جدول ۱-۴: جواب‌های بهینه مدل بهینه‌سازی.....	۱۰۱
جدول ۲-۴: نتایج حاصل از مدل بهینه‌یابی در منطقه مورد مطالعه.....	۱۰۵
جدول ۲-۴: تصویر اعمال تئوری NASH بر جواب‌های بهینه.....	۱۰۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه و تعاریف

حفظ و بقای زیرساخت‌های مهم کشور در شرایط وقوع بحران، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بلایای طبیعی، جنگ‌ها، اقدامات خرابکارانه و تروریستی، مشکلات ناشی از عملکرد نادرست و مشکلات موجود در بهره‌برداری، از جمله این بحران‌ها به شمار می‌روند. از آنجاکه سامانه‌های آبرسانی مستقیماً با آحاد مردم در ارتباط هستند و نیازهای اولیه از جمله آشامیدن و بهداشت، متأثر از آن‌ها می‌باشند، ضروری است که حفاظت این تأسیسات در مقابله با بحران‌های گوناگون بیشتر مورد توجه قرارگیرد و باید انواع تهدیدات با استفاده از تکنولوژی برتر، در عرصه‌های مختلف شناسایی گردد تا بتوان در برابر آن، دفاع مؤثری اتخاذ کرد و یا آسیب‌پذیری را به حداقل رساند. با توجه به اینکه تأسیسات انتقال آب اهداف مناسبی برای مهاجمان محسوب می‌گردند، ارتقاء و افزایش قابلیت بقا و مقاومت در برابر تهاجمات، امری ضروری تلقی می‌گردد. به همین منظور اقداماتی برای تأسیسات در دست مطالعه و همچنین تأسیسات موجود، باید صورت گیرد تا الزامات بیان شده، تأمین شود. اقداماتی مهندسی و معمارانه برای افزایش قابلیت بقا در حین بحران و کاهش آسیب‌پذیری، در زمان‌هایی غیر از وقوع بحران صورت می‌پذیرد که در اصطلاح، مجموعه این اقدامات تحت عنوان پدافند غیرعامل شناخته می‌شوند.

پدافند (یا دفاع) به معنای هرگونه عکس‌العمل‌کننده و یا مختل‌کننده فعالیت تهاجمی دشمن است و بر اساس شیوه به‌کارگیری نیروی انسانی در حین دفاع، به دو گونه متمایز تحت عنوان دفاع عامل و دفاع غیرعامل دسته‌بندی می‌شود. بنابراین دفاع عامل عبارت است از دفاع با دخالت مستقیم نیروی انسانی و دفاع غیرعامل (پدافند غیرعامل) عبارت است از دفاع بدون دخالت مستقیم نیروی انسانی. به بیانی دیگر پدافند غیرعامل یعنی دفاع به وسیله عوامل و شرایط، به گونه‌ای که در حین تهاجم، ساختار عوامل و شرایط مذکور، مستقل از نیروی انسانی دارای تأثیر دفاعی باشد. (قاضی‌زاده، ۱۳۸۷)

به عبارت دیگر پدافند غیرعامل مجموعه تمهیداتی است که با اجرای آن شبکه‌ای جامع و یکپارچه در زمینه دفاع غیرعامل شکل می‌گیرد و به عنوان مکمل دفاع عامل ایفای نقش می‌کند. مراحل مختلف

تهاجم دشمن به روش‌های گوناگون و از طریق انواع تمهیدات و مباحث دفاع غیرعامل بایستی پاسخ داده شود.

پدافند غیرعامل در واقع تعمیم سیاست‌های دفاعی در حوزه‌های غیرنظامی با استفاده از راهکارهای غیرنظامی است، که می‌توان دفاع بدون سلاح را نیز معادل عبارت پدافند غیرعامل دانست که عبارت است از مجموعه اقداماتی که موجب کاهش آسیب‌پذیری و افزایش پایداری در برابر تهدیدات خارجی می‌شود. در صورتیکه بتوان سیستم دریافت اطلاعات محیط توسط دشمن را (در مرحله قبل از تهاجم) شناسایی کرد، طراحی شیوه‌های مقابله با سیستم مذکور (و مکانیزم دفاع غیرعامل) نیز امکان‌پذیر خواهد بود. حتی در صورت عدم دستیابی به سیستم دقیق بازشناسی توسط دشمن، ارائه تمهیدات دفاعی بر اساس شیوه‌های احتمالی و متداول می‌تواند به طور نسبی قابل قبول باشد. از اهداف پدافند غیرعامل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش قابلیت و توانایی سامانه‌های شناسایی، هدف‌یابی و دقت هدف‌گیری.
 - بالا بردن قابلیت بقا، استمرار عملیات حیاتی و خدمات‌رسانی مراکز حیاتی و حساس و مهم نظامی و غیرنظامی در شرایط وقوع تهدید و بحران و جنگ.
 - تقلیل آسیب‌پذیری و کاهش خسارت و صدمات تأسیسات، تجهیزات و نیروی انسانی مراکز حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیرنظامی کشور در برابر تهدیدات و عملیات دشمن.
 - سلب آزادی و ابتکار عمل از دشمن.
 - صرفه‌جویی در هزینه‌های تسلیحاتی و نیروی انسانی.
 - فریب و تحمیل هزینه بیشتر به دشمن و تقویت بازدارندگی.
 - افزایش آستانه مقاومت مردم و نیروهای خودی در برابر تهاجمات دشمن.
 - حفظ روحیه و وحدت ملی و حفظ سرمایه‌های ملی کشور.
 - حفظ تمامیت ارضی، امنیت ملی و استقلال کشور. (قاضی‌زاده، و جلیلی قاضی‌زاده، ۱۳۸۷)
- که تحقیق حاضر با بند سوم انطباق داشته و به کاهش خسارات و صدمات تأسیسات، تجهیزات و نیروی انسانی خواهد پرداخته است.

اجرای پدافند غیرعامل برای یک پروژه یا یک منطقه مسکونی یا اداری، یک شهر و غیره می‌تواند تأثیرات مثبت بر مجموعه‌های مذکور ایجاد نماید. که بر اساس مطالعات انجام گرفته توسط (قاضی‌زاده و جلیلی قاضی‌زاده، ۱۳۸۷)

به شرح زیر خلاصه می‌گردد:

- کاهش تعداد نیروی انسانی در مدیریت دفاع
- کاهش ضایعات نیروی انسانی در حین دفاع
- کاهش هزینه‌های نیروی انسانی در امر دفاع
- ایجاد امنیت روانی در نیروی انسانی مدافع
- افزایش بهره‌وری نیروی انسانی
- ایجاد نظم در ساختار رزم (بسیاری از ساز و کارهای دفاع به لحاظ نوع محیط از فرمول‌های معینی تبعیت می‌نمایند).
- ایجاد زمینه مناسب‌تری برای آمادگی دفاعی در دراز مدت
- ایجاد زمینه مشارکت نیروهای فنی غیرنظامی در امر دفاع
- ایجاد زمینه انعکاس فن‌آوری غیرنظامی در امر دفاع
- ایجاد فرصت زمانی برای نیروهای مدافع
- تحلیل و کاهش انرژی تهاجم کننده

۱-۲- هدف

بیان ضرورت ایمنی و حفاظت از تأسیسات آبرسانی با توجه به اصول پدافند غیرعامل و ارائه یک روش علمی و اجرایی و منطقی برای امنیت شبکه توزیع آب شهری در اثر یک حمله تروریستی از طریق تزریق مواد سمی به شبکه، هدف اصلی در این تحقیق است که با اعمال سناریوهای مختلف تزریق آلاینده به طراحی مکان ایستگاه‌های پایش کیفی در یک شبکه توزیع آب خواهیم پرداخت به گونه‌ای که در کنار کاهش هزینه‌های پایش، قابلیت اطمینان شبکه در تشخیص، پیشینه گردد. مشهود است که در مدل‌سازی پخش آلودگی در شبکه‌های توزیع آب، متغیرهای تصادفی زیادی وجود دارد

مثل مقدار نشت، طول مدت نشت آلودگی به شبکه توزیع و محل نشت آلودگی (برای نمونه، درمحل شیرهای آتش‌نشانی، با اتصال ماشین مجهز به پمپ به شیر آتش‌نشانی و پمپ کردن مواد سمی به شبکه، امکان آلوده کردن قسمت قابل توجهی از شبکه وجود دارد.) با قراردادن تعدادی ایستگاه پایش مناسب، می‌توان در صورت تزریق آلودگی در شبکه، ضمن تشخیص به‌هنگام خسارات را به حداقل ممکن رسانید. در این پایان‌نامه، به تعیین موقعیت بهینه ایستگاه‌های پایش در شبکه پرداخته شده به گونه‌ای که تعداد ایستگاه‌های پایش مورد نیاز و جمعیت تحت تأثیر در لحظه تشخیص حداقل گردد و احتمال تشخیص بیشینه شود. کارایی روش پیشنهادی در مورد آلاینده شاخص که مبین شرایط بحرانی زمان وقوع حادثه در شبکه توزیع آب است برای شهر لامرد استان فارس، ارزیابی گردید که جزئیات آن در فصل‌های آتی ارائه خواهد شد.

۱-۳- سوال اصلی تحقیق

مهمترین سؤال مطرح در این تحقیق، تعیین تعداد نقاط پایش لازم و بهترین نحوه توزیع نقاط پایش از بین نقاط محتمل در یک شبکه توزیع آب شهری است به گونه‌ای که ۱- هزینه‌های پایش کمینه شود ۲- احتمال تشخیص در صورت تزریق مواد آلاینده (سمی) مثلاً در پی یک عملیات تروریستی بیشینه گردد ۳- جمعیت تحت تأثیر در زمان تشخیص کمینه گردد ۴- زمان سپری شده از لحظه تزریق آلاینده تا لحظه تشخیص آلودگی کمینه گردد.

۱-۴- فرضیات تحقیق

در این تحقیق با توجه به قیمت، در دسترس بودن، سرعت و نحوه انحلال در آب، یک ماده سمی به عنوان شاخص کیفی در نظر گرفته شد. از آنجاکه شیرهای آتش‌نشانی موجود در شبکه نسبت به بقیه گره‌ها در دسترس‌تر هستند و با توجه به تجهیزات لازم برای تزریق ماده آلاینده در گره‌های یک شبکه، بیشترین احتمال تزریق در این نقاط وجود دارد. بنابراین این نقاط به عنوان نقاط پتانسیل تزریق فرض شد. پس از فرض ماده آلاینده و نقاط پتانسیل تزریق، زمان تزریق و مدت زمان عملیات تزریق با توجه به اولین زمان تأثیر حمله تروریستی و فاصله زمانی تردد گشت‌های بازرسی

شهری در نظر گرفته شد. به طوری که بازه زمانی ساعات ۱۸ هر روز تا ۶ صبح روز بعد را ساعات محتمل تزریق و حداکثر مدت زمان عملیات تزریق یک ساعت در نظر گرفته شد. در پایان با توجه به موقعیت تمام گره‌ها در شبکه توزیع، نقاطی در مجاورت برخی گره‌ها نیز به عنوان نقاط پتانسیل برای ایستگاه‌های پایش فرض گردید.

۱-۵- ساختار پایان‌نامه

در این پایان‌نامه با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، موضوع پدافند غیرعامل معرفی شد. در مطالعه مقالات چند سال اخیر مجامع علمی معتبر، روند پیشرفت طراحی پدافند غیرعامل در زمینه تأسیسات آبرسانی در سطح دنیا بررسی شد و با مطالعه تحقیقات داخلی، مقاله‌ها و پایان‌نامه‌های موجود سال‌های اخیر دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی، کلیه مراحل طراحی پدافند غیرعامل در تأسیسات آبرسانی مورد بررسی قرار گرفت.

در فصل اول این پایان‌نامه علاوه بر تعریف پدافند غیرعامل، به بیان ضرورت، هدف، فرضیات این تحقیق و ساختار پایان‌نامه پرداخته شده است. در فصل دوم وقایع آلوده‌سازی سیستم‌های آبرسانی و مطالعاتی در زمینه مدل‌سازی تأسیسات آبرسانی در نقاط مختلف دنیا، همچنین تشریح پدافند غیرعامل در شبکه‌های توزیع آب مرور شده است. پس از بررسی ساختار مدل پیشنهادی این تحقیق به همراه تشریح جزئیات آن در فصل سوم، در فصل چهارم مطالعه موردی مدل‌سازی بهینه‌یابی شبکه آب شهر لامرد ارائه و نتایج حاصل بررسی شد. در انتها در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای مطالعات آتی آورده شده است.

مهمترین گام‌های انجام این پروژه عبارتند از:

- مرور پیشینه مطالعات در زمینه پایش شبکه توزیع آب شهری.
- جمع‌آوری اطلاعات پایه لازم برای شبیه‌سازی مدل کمی و کیفی شبکه در محدوده منطقه مورد مطالعه.
- تعیین عدم قطعیت‌های مهم و انتخاب روش مناسب برای ملحوظ نمودن آن‌ها.
- تدوین مدل شبیه‌سازی کمی و کیفی شبکه توزیع آب با استفاده از مدل‌های EPANET.

- تدوین مدل بهینه‌سازی چند هدفه مکانیابی ایستگاه‌های پایش برای تامین اهداف مذکور در قسمت‌های قبل.
- تلفیق مدل‌های شبیه‌سازی با مدل بهینه‌سازی تدوین شده برای رسیدن به بهترین چیدمان نقاط پایش برای تعداد نقاط پایش متفاوت.
- کاربرد تئوری چانه‌زنی نش¹ برای انتخاب تعداد نقاط لازم با در نظر گرفتن کلیه توابع هدف مورد توجه.
- کاربرد متدولوژی پیشنهادی برای طراحی سیستم پایش نشت در محدوده شهر لامرد استان فارس به عنوان مطالعه موردی برای نشان دادن کارایی روش پیشنهادی

¹ Nash Bargaining Theory