دانشکده مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران – سازه های هیدرولیکی

عنوان

بهینه سازی خطوط انتقال آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک

نگارش:

جمشید محبی پور

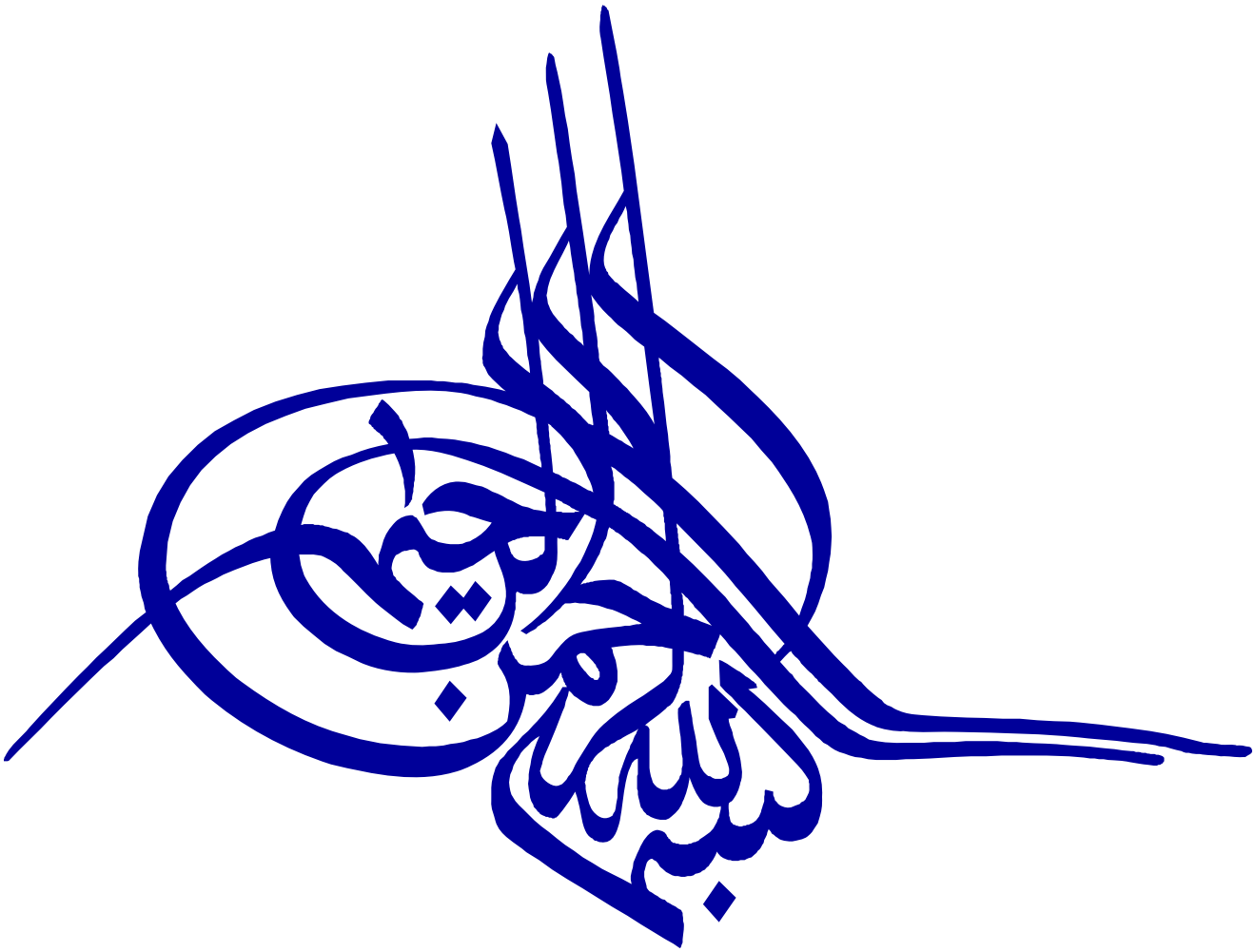
استاد راهنما :

دکتر حسین محمد ولی سامانی

استاد مشاور :

دکتر حمیدرضا غفوری

خرداد ۱۳۸۸


بسم الله الرحمن الرحيم

«چکیده پایان نامه»

نام خانوادگی دانشجو: **محبی پور** نام : **جمشید**

عنوان پایان نامه : **بهینه سازی خطوط انتقال آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک**

استاد راهنما : **دکتر حسین محمد ولی سامانی**

درجه تحصیلی : **کارشناسی ارشد** رشته : **مهندسی عمران گرایش سازه های هیدرولیکی**

محل تحصیل : **دانشگاه شهید چمران اهواز** دانشکده: **فنی و مهندسی**

تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۸/۳/۱۷ تعدادصفحه: ۲۴۹

کلید واژه ها :

سیستم انتقال آب ، جریان ماندگارو غیر ماندگار،ضربه قوچ ، مدل ریاضی ، هد،فشار، بهینه سازی ، الگوریتم ژنتیک ،شیر های کنترلی ، مخزن هوای تحت فشار ، مخزن موج گیر

چکیده :

ضربه قوچ به عنوان یک پدیده هیدرولیکی ، در اثر هرگونه تغییر سرعت جریان وبه دنبال آن افزایش یا کاهش ناگهانی فشار در خط لوله پدید می آید. وقوع ناگهانی این پدیده یا در صورت عدم کنترل ،تکرار آن منجر به صدمات جبران ناپذیری به خط لوله خواهد شد .لذا در این تحقیق ، هدف تهیه مدل ریاضی جامعی برای بهینه سازی سیستم های انتقال پمپاژو ثقلی در محیط MATLAB می باشد ،به طوریکه که خط انتقال مدل شده توسط آن ، در اثر حوادث ناگهانی نظیرپدیده ضربه قوچ و خطرات ناشی از آن با ضریب اطمینان مناسبی مصون بماند.این مدل به روش خطوط مشخصه، یک سیستم خط لوله را در حالت ماندگار و غیر ماندگار با کلیه شرایط مرزی پیچیده، نظیر ایستگاههای پمپاژ،مخازن ذخیره،مخزن هوای تحت فشار و کلیه شیرهای کنترلی شبیه سازی نموده و مقادیر فشارپیزومتریک و دبی را در نقاط مختلف آن برای مدت زمان مشخص محاسبه می نماید. از طرفی جهت حفاظت خط لوله در زمان وقوع ضربه قوچ ،پیش بینی تجهیزات حفاظتی نظیر مخازن هوای تحت فشار ،شیر های کنترلی ،مخزن موج گیر و افزایش ممان اینرسی ایستگاه پمپاژ ضروری است.اما بدیهی است، گزینه مناسب در طرح خط لوله گزینه ای است که با حفظ اصول حاکم و استاندارد های بین المللی در طراحی خط لوله نظیر AWWA ، ANSI و غیره، کمترین هزینه را به خود اختصاص دهد.

لذا در ادامه این تحقیق ،مدل مذکور به روش الگوریتم ژنتیک در محیط MATLAB با معرفی تابع هزینه خط لوله به عنوان تابع هدف و توابع جریمه ای که در زمان اجرای مدل به تناسب تخلف از استاندارد های طراحی و شرایط حدی سیستم، به مقدارتابع هدف اضافه خواهد شد،تجهیز گشته تا طراح بتواند با ارائه تجهیزات پیشنهادی متنوع برای خط لوله ، بهترین گزینه را با حفظ اصول هیدرولیکی وحداقل هزینه انتخاب کند و همچنین در صورت نیاز به تجهیزات کنترلی ضربه قوچ در هر گزینه، مشخصات مربوط به آنها را با دقت بسیار بالایی تعیین و جهت طراحی و ساخت ارائه نماید.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

۱-۱- اهمیت موضوع ۱
۱-۲ -ارزیابی مطالعات قبلی موضوع نسبت به روش کار در این تحقیق ۳
۱-۳ - مروری برفصول پایان نامه ۴

فصل دوم : پیشینه موضوع

۲-۱- مقدمه ۶
۲-۱-۱- مفاهیم و مکانیسم ضربه قوچ در خطوط لوله ۶
۲-۲- تاریخچه بررسی جریان غیرماندگار در خطوط لوله ۹
۲-۳- مروری بر کارهای گذشته در مورد بهینه سازی سیستم انتقال آب ۴۳

فصل سوم : مفاهیم و معادلات حاکم بر جریان غیر ماندگار در خطوط لوله

۳-۱- تغییرات فشار بر اثر تغییرات ناگهانی سرعت ۴۹
۳-۲- محاسبه سرعت موج در مجرای بسته (لوله) صلب ۵۲
۳-۳- سرعت موج در مجرای بسته (لوله) غیرصلب ۵۳
۳-۴- سرعت موج در سایر مجاری بسته سنگی ۵۸
۳-۵- تأثیر هوا بر سرعت موج ضربه قوچ ۵۹
۳-۶- معادلات حاکم بر جریان غیرمانگار در مجاری بسته ۶۰
۳-۶-۱- مفروضات ۶۰
۳-۶-۲- روش محاسبه معادلات ۶۰
۳-۶-۲-۱-معادله پیوستگی ۶۰
۳-۶-۲-۲-معادله مومنتم ۶۴

فصل چهارم : روش خطوط مشخصه

۴-۱- مقدمه ۶۸
۴-۲- روش خطوط مشخصه ۶۸
۴-۳- شرط پایداری و همگرایی معادلات ۷۱

۴-۴- محاسبه دبی و ارتفاع پیزومتریک برای نقاط میانی خط لوله ۷۲
۴-۵- شرایط مرزی ۷۳
۴-۵-۱- مخزن با ارتفاع ثابت در بالا دست مجرا ۷۵
۴-۵-۲- مخزن با ارتفاع ثابت در پائین دست مجرا ۷۵
۴-۵-۳- شیر کنترل در پائین دست خط لوله ۷۵
۴-۵-۴- شیر واقع شده در خط لوله (شیر فلکه) ۷۷
۴-۵-۵- مصرف کننده در انتها ۷۹
۴-۵-۶- شیر فشار شکن ۸۰
۴-۵-۷- شیر یکطرفه ۸۰
۴-۵-۸-حل سیستمهای پیچیده انتقال سیال با روش مشخصه ۸۱
۴-۵-۹- مخزن هوای تحت فشار ۸۴
۴-۵-۱۰- محاسبه ضربه قوچ در پمپها ۸۹
۴-۵-۱۰-۱- نمایش ریاضی پمپ ۹۲
۴-۵-۱۰-۲- معادلات شرایط مرزی پمپها ۹۵
۴-۵-۱۰-۳-پمپها به صورت گروهی وتکی ۱۰۱
۴-۵-۱۰-۴- معادله دیفرانسیلی جرمهای در حال دوران ۱۰۱
۴-۵-۱۰-۵- معادله حاکم بر لوله مکش ۱۰۲
۴-۵-۱۱- مخازن موج گیر ۱۰۹
۴-۵-۱۲- شیر اطمینان یا رها کننده فشار ۱۱۲

فصل پنجم : الگوریتم ژنتیک

۵-۱ مقدمه ۱۱۴
۵-۲- معرفی الگوریتم ژنتیک ۱۱۶
۵-۳- مولفه های الگوریتم ژنتیک باینری ۱۱۸
۵-۴- انتخاب پارامترها و تابع هزینه ۱۱۹
۵-۵- معرفی پارامترها به الگوریتم ژنتیک ۱۲۲
۵-۶- جمعیت اولیه ۱۲۴
۵-۷- انتخاب طبیعی ۱۲۷

۵-۷-۱- مرتب سازی ۱۲۷
۵-۷-۲- انتخاب جمعیت هر نسل N_{pop} ۱۲۷
۵-۸- جفت یابی ۱۳۰
۵-۸-۱- انتخاب ترتیبی ۱۳۱
۵-۸-۲- انتخاب اتفاقی ۱۳۱
۵-۸-۳- انتخاب اتفاقی وزنی ۱۳۲
۵-۸-۴- انتخاب ترنومنت ۱۳۶
۵-۹- آمیزش ۱۳۷
۵-۱۰- جهش ژنی ۱۳۸
۵-۱۱- همگرایی ۱۴۳
۵-۱۲- مزایا و معایب الگوریتم ژنتیک ۱۴۸
۵-۱۳- روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در نرم افزار Matlab ۱۴۸
۵-۱۳-۱ تابع هدف ۱۴۹
۵-۱۳-۲- تعداد متغیرهای تابع هدف(n) ۱۴۹
۵-۱۳-۳- شرایط مرزی تابع هدف ۱۴۹
۵-۱۳-۴- دستور العمل تنظیم تابع ga ۱۵۰
۵-۱۳-۵- ملاک های توقف برنامه ۱۵۱
۵-۱۳-۶- تکثیر نتایج مشابه ۱۵۲
۵-۱۳-۷- استفاده مستقیم از جعبه ابزار ga ۱۵۲
۵-۱۳-۸- حل مثال ۱۵۲

فصل ششم : معرفی تابع هزینه

۶-۱- مقدمه ۱۵۵
۶-۲- عوامل موثر در طراحی خطوط انتقال آب (مجرای بسته تحت فشار) ۱۵۵
۶-۲-۱- لوله ها ۱۵۵
۶-۲-۱-۱- لوله های فولادی ۱۵۷
۶-۲-۱-۲- لوله های چدنی ۱۶۱
۶-۲-۱-۳- لوله های آزبست سیمان ۱۶۲

۶-۲-۱-۳- لوله های آزبست سیمان ۱۶۳
۶-۲-۱-۴- لوله فایبر گلاس(GRP)..... ۱۶۵
۶-۲-۱-۴- لوله فایبر گلاس(GRP)..... ۱۶۶
۶-۲-۱-۵- لوله های پلی اتیلن (PE) ۱۶۸
۶-۲-۱-۵- لوله های پلی اتیلن (PE) ۱۶۹
۶-۲-۱-۶- لوله های UPVC و PVC..... ۱۷۳
۶-۲-۱-۷- روند محاسبه تابع هزینه لوله..... ۱۷۵
۶-۲-۱-۷- روند محاسبه تابع هزینه لوله..... ۱۷۶
۶-۲-۲- روش محاسبه هزینه ایستگاه پمپاژ ۱۷۷
۶-۲-۳- روش محاسبه هزینه مخازن موج گیر..... ۱۸۱
۶-۲-۳-۱- مخازن زمینی (بتنی یا فلزی) ۱۸۱
۶-۲-۳-۲- مخازن موج گیر پایه دار (هوایی) ۱۸۳
۶-۲-۴- تابع هزینه مخزن هوای تحت فشار..... ۱۸۵
۶-۲-۴-۱- کلیات مخزن هوایی تحت فشار..... ۱۸۵
۶-۲-۴-۲- طراحی یک مخزن هوای تحت فشار ۱۸۸
۶-۲-۵- تابع هزینه تأسیسات کنترل فشار..... ۱۹۲
۶-۳- محاسبه نهایی تابع هزینه..... ۱۹۲

فصل هفتم : معرفی مدل و حل چند مثال

۷-۱- مقدمه..... ۱۹۳
۷-۲- تابع جریان ماندگار در خط لوله..... ۱۹۳
۷-۳- تابع حل شرایط مرزی اولیه خط لوله..... ۱۹۴
۷-۴- تابع حل جریان غیر ماندگار..... ۱۹۵
۷-۵- تابع بهینه سازی الگوریتم ژنتیک..... ۱۹۵
۷-۶- معرفی متغیر های ورودی به مدل..... ۱۹۶
۷-۸-نتایج و آنالیزبرنامه بهینه سازی در چند مثال..... ۲۱۱
۷-۸-۱- مثال ۱..... ۲۱۱
۷-۸-۲- مثال ۲..... ۲۱۳

۷-۸-۳- بررسی صحت عملکرد قسمت بهینه سازی مدل ۲۱۵
۷-۸-۳- مدل خط انتقال طرح آبرسانی به شهرستان سامان در استان چهارمحال و بختیاری ۲۱۷
۷-۸-۴- بهینه سازی یک شبکه انتقال ثقلی ۲۲۹
فصل هشتم : نتیجه گیری وپیشنهادات
۸-۱- نتیجه گیری ۲۳۶
۸-۲- پیشنهادات ۲۳۸
واژه نامه
واژه نامه ۲۴۰
منابع
منابع ۲۴۲

فهرست اشکال

شکل ۲-۱-محاسبه کاهش فشار در محل نصب پمپ در روش پارمکیان ۱۵
شکل ۲-۲- محاسبه کاهش فشار در نقطه میانی خط لوله در روش پارمکیان ۱۵
شکل ۲-۳-محاسبه افزایش فشار در محل نصب پمپ در روش پارمکیان ۱۶
شکل ۲-۴-محاسبه افزایش فشار در نقطه میانی خط لوله درروش پارمکیان ۱۶
شکل ۲-۵-محاسبه حداکثر سرعت معکوس پمپ در روش پارمکیان ۱۷
شکل ۲-۶-محاسبه زمان معکوس شدن جریان درداخل پمپ در روش پارمکیان ۱۷
شکل ۲-۷-زمان ایست پمپ در روش پارمکیان ۱۸
شکل ۲-۸-زمانی که پمپ به حداکثر سرعت معکوس خود می رسد ۱۸
شکل ۲-۹-شمای کلی وبدون مقیاس مدل آزمایشگاهی برنون ۲۶
شکل ۲-۱۰-مقایسه نتایج مدل عددی و آزمایشگاهی با در نظر گرفتن ضریب اصطکاک غیر
ماندگاربرنون ۲۶
شکل ۲-۱۱-حالات محتمل کاویتاسیون در پدیده ضربه قوچ در خط لوله ۳۳
شکل ۲-۱۲- جانمایی بدون مقیاس مدل آزمایشگاهی برگانت و همکاران در کاربرد اصطکاک غیر ماندگار در
مدل DVCM ۳۶

شکل ۲-۱۳- مقایسه هد در محل شیر (HV) و وسط لوله (Hmp) در سرعت 0.3 m/s و هد ۳۶
شکل ۲-۱۴-مقایسه هد در محل شیر (HV)ودر وسط لوله (Hmp)در سرعت 1.4 m/s و هد مخزن دوم برابر ۲۲ متردر تحقیق برگانت و همکاران..... ۳۷
شکل ۲-۱۵-تغییرات فشار بعد از تشکیل فشار منفی در حالت $\frac{p_0}{p_s} = 0.46$ ۴۰
شکل ۲-۱۶-تغییرات فشار بعد از تشکیل فشار منفی در حالت $\frac{p_0}{p_s} = 0.31$ ۴۰
شکل ۲-۱۷-مقایسه سه فاز افزایش فشار ناشی از تشکیل موج منفی ۴۱
شکل ۳-۱- جریان غیرماندگار یا ناپایدار ۵۰
شکل ۳-۲- جریان ناپایدار مبدل شده به جریان پایدار با افزایش سرعت موج ۵۰
شکل ۳-۳- حالتهای مختلف تکیه گاهی لوله ها ۵۴
شکل ۳-۴- نیروهای وارده بر مقطع لوله ۵۶
شکل ۳-۵- دیاگرام حجم کنترل..... ۶۱
شکل ۳-۶- دیاگرام نیروها در حجم کنترل..... ۶۵
شکل ۴-۱- نمونه ای از نقاط خط لوله که از آنها خطوط مشخصه عبور می نماید ۷۴
شکل ۴-۲- شرط مرزی ابتدایی..... ۷۴
شکل ۴-۳- شرط مرزی انتهایی..... ۷۴
شکل ۴-۴- مخزن واقع در بالا دست جریان..... ۷۶
شکل ۴-۵- مخزن واقع در پائین دست جریان ۷۶
شکل ۴-۶- شیر واقع در انتها..... ۷۸
شکل ۴-۷- شیر فلکه ۷۸
شکل ۴-۸- اتصال چند لوله ۸۳
شکل ۴-۹- اتصال چند لوله به همراه مخزن ۸۳
شکل ۴-۱۰- اتصال چند لوله به همراه مصرف کننده ۸۴
شکل ۴-۱۲- شرایط ناپایدار بعد از توقف ناگهانی پمپ [20]..... ۹۰
شکل ۴-۱۳- منحنی مشخصه پمپ با سرعت مخصوص25..... ۹۶
شکل ۴-۱۴- منحنی مشخصه پمپ با سرعت مخصوص147 ..... ۹۷
شکل ۴-۱۵- منحنی مشخصه پمپ با سرعت مخصوص261 ..... ۹۸

شکل ۴-۱۶- تقریب منحنی مشخصه پمپ توسط خط مستقیم ۱۰۰
شکل ۴-۱۷- پمپ با لوله مکش کوتاه..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۸- پمپ با لوله مکش طولانی..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۹- موج گیر روزنه ای ۱۱۰
شکل ۴-۲۰- موج گیر ساده..... ۱۱۰
شکل ۴-۲۱- موج گیر یک طرفه ۱۱۰
شکل ۴-۲۲- موج گیر تفاوتی..... ۱۱۰
شکل ۴-۲۳- موج گیر نقبی ۱۱۰
شکل۴-۲۴- موج گیر بسته..... ۱۱۰
شکل ۴-۲۵- دیاگرام ساده مخزن موج گیر با لوله قائم..... ۱۱۱
شکل ۴-۲۶- نمایش یک شیر رها کننده فشار (شیر اطمینان)..... ۱۱۲
شکل ۵-۱- مقایسه تکامل بیولوژیک و الگوریتم ژنتیک..... ۱۱۸
شکل ۵-۲-مراحل بهینه سازی در الگوریتم ژنتیک ۱۱۹
شکل ۶-۱- مخزن هوای تحت فشار و تجهیزات آن..... ۱۸۵
شکل ۶-۲- نمای یک مخزن هوای تحت فشار با اتصال غیر مستقیم به خط لوله..... ۱۸۷
شکل ۶-۳- عدسی بیضوی..... ۱۸۹
شکل ۷-۱- نمونه کلی خط انتقال ثقلی(مثال(A))..... ۱۹۹
شکل ۷-۲- نمونه کلی خط انتقال پمپاژ..... ۲۰۵
شکل ۷-۳- طرح کلی مدل مخزن ، لوله ، شیر [11] ۲۱۱
شکل ۷-۴- طرح خط انتقال پمپاژ در [11]..... ۲۱۴
شکل ۷-۵- پروفیل خط انتقال پمپاژ شهر سامان ۲۱۸
شکل ۷-۶- خط انتقال ثقلی ومنحنی عملکرد شیر کنترل در مثال ۷-۸-۴..... ۲۳۰

فهرست جداول

جدول ۴-۱- نواحی عملکرد پمپ از قطع نیروی محرکه تا سکون کامل ۹۵
جدول ۵-۱- جمعیت اولیه و هزینه متناظر هر کرومزوم برای مثال (۵-۱) ۱۲۷
جدول ۵-۲- مراحل انتخاب طبیعی از بین جمعیت اولیه برای مثال(۵-۱) ۱۳۰
جدول ۵-۳- کرومزمهای خوب انتخابی برای مثال (۵-۳) در حوضه آمیزش ۱۳۱
جدول ۵-۴-انتخاب اتفاقی کرومزومهای والدین برای مثال (۵-۱) ۱۳۳
جدول۵-۵: انتخاب اتفاقی والدین به روش مرتب سازی برای مثال (۵-۱) ۱۳۳
جدول ۵-۶-انتخاب اتفاقی والدین به روش هزینه های وزنی برای مثال (۵-۱) ۱۳۵
جدول ۵-۷-انتخاب والدین به روش ترنومنت برای مثال (۵-۱) ۱۳۶
جدول ۵-۸- مراحل آمیزش و تولید نسل مربوط به مثال (۵-۱) نقطه تقاطع (Crossover point) بصورت اتفاقی بین کدها انتخاب می شود. $c.p = random \times 10$ ۱۳۸
جدول ۵-۹- جمعیت حاصل بعد از آمیزش و تولید نسل مربوط به مثال (۵-۱) ۱۴۰
جدول ۵-۱۰- جمعیت نسل دوم منتج از آمیزش و موتاسیون نسل اول پس از مرتب سازی مربوط به مثال (۵-۱) ۱۴۳
جدول ۵-۱۱-جمعیت نسل سوم منتج از آمیزش و موتاسیون نسل دوم پس از مرتب سازی مربوط به مثال (۵-۱) ۱۴۵
جدول ۵-۱۲- جمعیت نسل چهارم منتج از آمیزش و موتاسیون نسل سوم پس از مرتب سازی مربوط به مثال (۵-۱) ۱۴۶
جدول ۵-۱۳-جمعیت نسل پانزدهم منتج از آمیزش و موتاسیون نسل چهاردهم پس از مرتب سازی مربوط به مثال (۵-۱) ۱۴۸
جدول ۶-۱-محدودیت انتخاب فشار کاری لوله های PE63 با توجه به معیار دمای محیط (C°) ۱۷۱
جدول ۶-۲-محدودیت انتخاب فشار کاری لوله هایPE80 با توجه به معیار دمای محیط (C°) ۱۷۱
جدول ۶-۳-محدودیت انتخاب فشار کاری لوله هایPE100 با توجه به معیار دمای محیط (C°) ۱۷۲
جدول ۶-۴-ضرایب تعدیل فشار اسمی لوله بر حسب دمای محیط(c°) ۱۷۵
جدول ۶-۵-نتایج آنالیز بهاء کل در چند ایستگاه پمپاژ ۱۸۱
جدول ۶-۶-متوسط هزینه سرمایه گذاری اولیه برحسب توان ایستگاه پمپاژ ۱۸۲
جدول ۷-۱- ماتریس propnode در مثال(A) ۱۹۸

جدول ۷-۲- ماتریس Eng1 در مثال(A) ۲۰۰
جدول ۷-۳- ماتریس diammat در مثال(A) ۲۰۰
جدول ۷-۴- ماتریس lengthmat در مثال(A) ۲۰۰
جدول ۷-۵- ماتریس dischmat در مثال(A) ۲۰۱
جدول ۷-۶- ماتریس propertimat در مثال(A) ۲۰۱
جدول ۷-۷- ماتریس juncmat در مثال(A) ۲۰۱
جدول ۷-۸- ماتریس elastimat در مثال(A) ۲۰۲
جدول ۷-۹- ماتریس evmat در مثال(A) ۲۰۲
جدول ۷-۱۰- ماتریس airchamat در مثال(A) ۲۰۲
جدول ۷-۱۱ ماتریس resmat در مثال(A) ۲۰۳
جدول ۷-۱۲ ماتریس redmat در مثال(A) ۲۰۳
جدول ۷-۱۳ plimat در مثال(A) ۲۰۴
جدول ۷-۱۴ ماتریس plinode در مثال(A) ۲۰۴
جدول ۷-۱۵- ماتریس difxpipe در مثال(A) ۲۰۵
جدول ۷-۲۱- ماتریس elasimat در مثال (B) ۲۰۷
جدول ۷-۲۲- ماتریس lenghtmat در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۳- ماتریس dischmat در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۴- ماتریس resmat در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۵- ماتریس revmat در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۶- ماتریس plimat در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۷- ماتریس palinode در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۸- ماتریس difxpipe در مثال (B) ۲۰۸
جدول ۷-۲۹- ماتریس propnode اصلاح شده در مثال (B) ۲۰۹
جدول ۷-۳۰- ماتریس stankmat در مثال (B) ۲۰۹
جدول ۷-۳۱- نتایج مدل بهینه طرح انتقال آب شهر سامان ۲۲۸
جدول ۷-۳۲- مقادیر نظیرمدل بهینه در طرح موجود ۲۲۹
جدول ۷-۳۳- نتایج مدل بهینه مثال ۷-۸-۴ ..... ۲۳۶

فهرست نمودار

نمودار ۶-۱-هزینه اجرای واحد طول لوله فولادی بر حسب قطر لوله با اتصال فلنجی ۱۵۹
نمودار ۶-۲-هزینه اجرای لوله فولادی بر حسب خط لوله با اتصال جوشی ۱۶۰
نمودار ۶-۳-هزینه اجرای لوله های چدن داکتیل با اتصال فشاری بر حسب قطر لوله ۱۶۲
نمودار ۶-۴-هزینه اجرای لوله آزبست سیمان بر حسب قطر لوله در کلاس C ۱۶۴
نمودار ۶-۵-هزینه اجرای لوله آزبست سیمان بر حسب قطر لوله در کلاس D ۱۶۵
نمودار ۶-۶-هزینه های اجرای لوله GRP بر حسب قطر لوله ۱۶۸
نمودار ۶-۷- هزینه اجرای واحد طول لوله PE بر حسب قطر لوله ۱۷۲
نمودار ۶-۸-هزینه اجرای لوله UPVCبر حسب قطر لوله ۱۷۵
نمودار ۶-۹-فرم کلی نمودارهای چند بخشی هزینه های ایستگاههای پمپاژ ۱۸۰
نمودار۶-۱۰-هزینه ساخت مخازن بتنی و فلزی زمینی نسبت به حجم مخزن ۱۸۳
نمودار۶-۱۱-هزینه نهایی ساخت مخازن هوایی فلزی بر حسب حجم مفروض آنها ۱۸۵
نمودار ۷-۱- تابع توزیع بسته شدن شیر در مدت ۶ ثانیه ۲۱۲
نمودار ۷-۲- پوش هد ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در مدل و [11] ۲۱۲
نمودار۷-۳- تغییرات هد و دبی در محل شیر کنترل در مدل و [11] ۲۱۳
نمودار ۷-۴- پوش هد ماکزیمم و مینیمم ناشی از ضربه قوچ در مدل و [11] ۲۱۴
نمودار ۷-۵- پوش بهینه هد و فشار ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در محدوده سرعتهای حدی معرفی شده برای گزینه اول ۲۲۰
نمودار۷-۶- پوش بهینه هد و فشار ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در محدوده سرعتهای حدی معرفی شده برای گزینه دوم ۲۲۲
نمودار ۷-۷- پوش بهینه هد و فشار ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در خط با اعمال ضریب اطمینان 1.2 برای گزینه سوم ۲۲۴
نمودار ۷-۸- پوش بهینه هد و فشار و ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ با اعمال ضریب اطمینان 1.2برای گزینه چهارم ۲۲۶
نمودار ۷-۹- پوش بهینه فشار و هد ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در مسیر اول از منبع یک برای گزینه الف ۲۳۲

نمودار ۷-۱۰- پوش بهینه فشار و هد ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در مسیر دوم از منبع دو برای گزینه الف ۲۳۲
نمودار ۷-۱۱- پوش بهینه فشار و هد ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در مسیر اول از منبع یک برای گزینه ب ۲۳۳
نمودار۷-۱۲- پوش بهینه فشار و هد ماکزیمم و مینیمم ضربه قوچ در مسیر دوم از منبع دوبرای گزینه ب ۲۳۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- اهمیت موضوع

کشور ما ایران، به دلیل نازل بودن ریزش های جوی [1] و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن ، جزء کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و در این شرایط به دلیل رشد جمعیت ، گسترش شهر نشینی و توسعه بخش های اقتصادی (کشاورزی و صنعت) تقاضا برای آب روز به روز افزایش می یابد. نظری به گذشته وتاریخ کهن کشور نشان می دهد، که برای تعدیل مشکلات ناشی از محدودیت منابع آب ابتکارات و ابداعات متنوعی در زمینه بهره برداری از منابع سطحی و زیر زمینی در ابعاد سازه ای و مدیریتی انجام شده است. با توجه به کم بودن متوسط بارندگی سالانه کشور در حدود 250 میلیمتر[1]، همچنین با در نظر گرفتن محدودیت منابع آب قابل تجدید (حدود 130 میلیارد متر مکعب که از کل آن حدود 105 میلیارد متر مکعب را جریان های سطحی[2] و 25 میلیارد متر مکعب را جریان های نفوذی[3] به منابع زیرزمینی تشکیل می دهد)، در مقابل افزایش جمعیت ،طبق آمار، ظرفیت منابع در طول چهار دهه به شدت کاهش یافته است . بطوریکه اگر متوسط منابع آب قابل تجدید کشور در سال ۱۳۴۰ حدود 5500 متر مکعب بود، در سال ۱۳۵۷ به حدود 3400 و در سال ۱۳۶۵ به حدود 2700 متر مکعب و در سال ۱۳۸۵ طبق آمار ارائه شده از سرشماری و آمار برداری، به حدود1900 متر مکعب رسیده است[1] . لذا با ادامه این روند، در آینده نه چندان دور کشور با بحران آب مواجه خواهد شد.

از دیدگاه دیگر، مطابق آمار ارائه شده از نشریات داخلی [2] تعداد چاه عمیق[4] و نیمه عمیق[5] در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۷۰ در کشور حدود 70351 ، 158930 و در سال ۱۳۸۳ و۱۳۸۴ این ارقام به141820 و 373272 عدد رسیده است.این روند افزایشی در تعداد چاههای عمیق و نیمه عمیق خود دلیلی مبرم بر افزایش مصرف ، نزول سطح سفره های آب زیر زمینی [6] و تلاش جهت احداث چاههای عمیق تر می باشد. مسلماً این حادثه در یک دوره زمانی مشخص در کنار محدودیت منابع ، باعث دور شدن منابع آب قابل استحصال از محل مصرف خواهد شد[2] .

---

[1] Precipitation
[2] Surface Flow
[3] Percolation
[4] Deep Hole
[5] Medium Hole
[6] Ground Water

با توجه به توضیحات فوق جهت حفظ و نگهداری این مایه حیات باید هر چه بیشتر به لزوم انتقال آب باراندمان بالا ضمن تثبیت کیفیت ، اندیشیده شود.چرا که در آینده نه چندان دوراین بحران جلوه روشن تری به خود می گیرد . از طرفی بهترین روش جهت انتقال با حفظ کیفیت و کمیت آب، فرم انتقال تحت فشار سیال که جدا از تاثیر عوامل محیطی دیگرمثل منابع آلوده کننده و ضایعاتی نظیر تبخیر و هدر رفتگی می باشد ، شناخته شده است. بنابراین اصول حاکم بر خطوط انتقال آب و عوامل موثر بر آن از اهم موضوعاتی است که طراحان سازه های هیدرولیکی در افق نه چندان دور با آن مواجه خواهند شد.

یکی از عوامل مخرب که گاهاًمنجر به وقوع خسارت و تخریب یک سیستم انتقال آب می شود، پدیده ضربه قوچ[۱] و جدایی ستون مایع[۲] در خط لوله می باشد. لذا مطالعه ضربه قوچ به عنوان یک پدیده مخرب جریان میرایی[۳] در تمامی زمینه های طراحی خطوط لوله مثل خطوط انتقال ثقلی یا اجباری[۴] یا شبکه های توزیع آب شهری ، لوله هادی آب سدها[۵] ، نیروگاههای اتمی و حتی کارهای مربوط به انتقال نفت و گاز اجتناب ناپذیر است.

گرچه پژوهش در مورد جریان های میرا مستلزم دانش هیدرولیک ، مکانیک سیالات[۶] و گاهاً ریاضیات پیشرفته [۷] است ، لیکن تحصیل این نوع جریان ها مطابق آنچه بیان گردید ، کاملاً کاربردی و از نظر اقتصادی اهمیت فوق العاده ای دارد. در سابق معمولاً مهندس طراح خط لوله و ایستگاههای پمپاژ با استفاده از تجربه شخصی ضریب اطمینانی [۸] در محاسبات ، برای کنترل فشارهای ناشی از پدیده ضربه قوچ آب منظور می کرد. این ضریب که معمولاً بزرگ در نظر گرفته می شد، باعث افزایش ضخامت خطوط لوله وهزینه تجهیزات مربوطه می گردید. اما در حال حاضر با افزایش روز افزون قیمت فولاد یا سایر مواد لازم جهت ساخت لوله های تجاری ، این راه حل به هیچ وجه اقتصادی نبوده و مقرون به صرفه نیست. اگرچه برخی مقادیر حدی دررابطه با کنترل ضربه قوچ در اکثر استانداردهای بین المللی مثل ANSI [۹] و AWWA [۱۰] وجود دارد، ولی به علت ضریب اطمینان کاری بالادر آنها استفاده مستقیم از آنها هزینه خط انتقال را بی شک زیادو در بعضی موارد غیر قابل قبول خواهد نمود.

---

[1] Water Hammer
[2] Column Separation
[3] Hydraulic Transient
[4] Forced Pipeline
[5] Penstock
[6] Fluid Mechanice
[7] Advanced Mathematical
[8] Safety Factor
[9] American National System Industrial
[10] American Water Works Association

لذا امروزه با توجه به پیشرفت های علمی درحل معادلات دیفرانسیل [1] ، رشد علوم ریاضیات مهندسی پیشرفته و اختراع رایانه های پر سرعت، استفاده مستقیم از معیارهای کلیدی یا استانداردهای بین المللی نظیر AWWA ، دور از انتظار است. چراکه با توجه به مطالب ارائه شده در ابتدای بحث ، مهندسان طراح باید در ارائه پروژه های مطمئن و مقرون به صرفه و حتی با نازل ترین قیمت ها به منظور مقابله با بحران هایی نظیر کم آبی،اقدام نمایند. پس لزوم بررسی هر چه دقیق تر عوامل هیدرولیکی خصوصاً ضربه قوچ و آثار همراه آن در خطوط لوله ، به عنوان یکی از راه حل های حفظ کمیت و کیفیت آب در آینده ، امری اجتناب ناپذیر می باشد.

۱-۲ -ارزیابی مطالعات قبلی موضوع نسبت به روش کار در این تحقیق

مبحث بهینه سازی و دسترسی به سیستم های بهینه از دیر باز مورد توجه محققان در جوامع علمی بوده است . سیستم های انتقال آب نیز به عنوان یکی از سازه های هیدرولیکی از این بحث خارج نبوده و دسترسی به روش های حل عددی مربوط به محاسبات هیدرولیک لوله ها و مقالات مختلفی که در کنفرانس ها و مجلات علمی خارجی و داخلی ارائه شده ،خود دلیلی محکم بر تصدیق موضوع فوق می باشد.از جمله این تحقیقات می توان به مطالعات گوپتا[2]،مارتین[3]،افشار،سامانی و همکارانش در ارائه مدلهای مختلف جهت بهینه سازی شبکه توزیع یا خطوط انتقال آب اشاره کرد.

در اکثر تحقیقات ارائه شده قبلی در زمینه بهینه سازی، مدل فقط قادر به بهینه سازی قطر و ضخامت لوله به عنوان عامل تعیین کننده در مبحث شبکه های توزیع آب به علت فشار کم بوده است.ولی در خطوط انتقال، طراحی و نصب تجهیزات حفاظتی ضربه قوچ از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. مدلهای بهینه سازی حاصل از تحقیقات محققین قبلی قادر به طرح و بهینه نمودن این تاسیسات نبوده است.اما در این تحقیق سعی شده با افزایش دامنه عملکرد مدل هیدرولیکی و همچنین تکنیکی تر کردن روش بهینه سازی آن ،کلیه تجهیزات مورد نیاز وپارامترهای طراحی آنها نظیرهد تنظیمی شیر های اطمینان ،زمان بسته شدن شیر های یکطرفه ترمز دار،حجم بهینه و تعداد مخازن هوا ، حجم بهینه مخازن موج گیرو توان بهینه ایستگاه پمپاژ محاسبه شود.زیرا پیچیدگی روش تلفیق پارامتر های

[1] Differential Equation
[2] Gupta
[3] Martin

تاسیسات بایکدیگرضمن حل هیدرولیک طرح، معظلی است که اکثر کاربران و کارشناسان خط لوله با آن مواجه هستند.

۱-۳ - مروری برفصول پایان نامه

این پایان نامه با هدف توسعه و گسترش دانش هیدرولیک جریان های غیر ماندگار در خط لوله و تلفیق آن با متدهای بهینه سازی به عنوان دانش روز دنیا انجام شده است.لذا در ابتدا شرایط هیدرولیکی حاکم بر خطوط لوله انتقال آب بررسی و سپس سعی بر آن بوده که مدلی تحت عنوان بهینه سازی خطوط انتقال آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک[1]، به عنوان یکی از بهترین روش های بهینه سازی که امروزه کاربرد فراوانی در علوم مهندسی دارد، ارائه شود.

به عبارتی، این تحقیق شامل دو بخش است. بخش اول ، طراحی خطوط انتقال آب در حالت جریان ماندگار و غیر ماندگار و بخش دوم، شامل تعیین تابع هزینه و بهینه سازی آن به روش الگوریتم ژنتیک است. زیرا همیشه پس از طراحی یک سیستم انتقال آب در حالت ماندگار، باید شرایط میرایی برای آن چک شود، بطوریکه با پیش بینی و نصب تاسیسات هیدرومکانیکال لازم ، خط لوله از هر گونه آسیب ناشی از ضربه قوچ مصون بماند. قسمت اول مدل ارائه شده در این تحقیق که جهت تحلیل جریان ماندگار و غیرماندگار به کار می رود، به صورت کدهای پیوسته ای در محیط برنامه نویسی MATLAB نوشته شده است. در این مدل با اعمال شرایط مرزی خاص یک ضربه به سیستم خط لوله پمپ دار وارد می شود و جهت کنترل اثر آن، از تاسیسات هیدرومکانیکال خاصی منطبق با توپوگرافی خط لوله استفاده می گردد. در نهایت بااستفاده جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک در نرم افزار MATLAB و مینیمم کردن تابع هزینه ،مشخصات خط و تاسیسات حفاظتی آن بادسترسی به یک ضریب اطمینان مناسب، بدست خواهند آمد .بنابراین روند کلی مراحل مدل کامپیوتری در این تحقیق مطابق ذیل خواهد بود.

۱- جانمایی کلیه تاسیسات خط لوله (تاسیسات عمومی و محافظ ضربه قوچ)

[1] Genetic Algorithm

۲- حل جریان ماندگار در خط لوله

۳- حل جریان غیر ماندگار در خط لوله

۴- محاسبه هزینه خط لوله(هزینه سرمایه گذاری اولیه و هزینه جاری سالانه)

۵- بهینه سازی سیستم با حداقل کردن هزینه به روش الگوریتم ژنتیک درنرم افزار **MATLAB** و رسیدن به ضریب اطمینان مطلوب

گزارش تحقیق فوق در 8 فصل و پیوست مراجع به شرح ذیل خلاصه می شود. در شروع گزارش مقدمه و اهمیت موضوع ارائه شده و به دنبال آن جهت بررسی سابقه موضوع در مجامع علمی به مروری بر تحقیقات گذشته در فصل دوم پرداخته می شود. در فصل سوم معادلات حاکم بر جریان غیرماندگار خطوط لوله و عوامل موثر در حل آنها بررسی خواهند شد. در فصل چهارم جهت آشنایی با روش حل جریان غیرماندگار با روش خطوط مشخصه[1] و شرایط مرزی پیچیده به طور کامل آشنا شده و نحوه اعمال شرایط مرزی بر معادلات یک سیستم خط لوله توضیح داده شده است.

جهت آشنایی با متد بهینه سازی الگوریتم ژنتیک، در فصل پنجم با کلیات و مفاهیم این روش آشنا شده و در فصل ششم ، جزئیات معرفی تابع هدف مدل بهینه سازی که همان تابع هزینه است، بااعمال شرایط حدی مربوط ارائه خواهد شد. در فصل هفتم مدل بهینه سازی و مقادیر ورودی و خروجی آن مشخص و نتایج حل چند مثال به همراه بررسی دقت مدل درادامه فصل ارائه خواهد شد. در پایان (فصل هشتم) نیز به بحث ، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات لازم پرداخته شده است.

[1] Method Of Characteristic