دانشکده مهندسی
گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی مخازن ضربه گیر تحت فشار در خطوط انتقال آب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

جواد خاموشی ارخودی

آذر ماه ۹۰

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی مخازن ضربه گیر تحت فشار در خطوط انتقال آب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

جواد خاموشی ارخودی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا جعفرزاده

استاد مشاور

دکتر محمود فغفور مغربی

آذر ماه ۹۰

تصویب نامه

این پایان نامه با موضوع طراحی مخازن ضربه گیر تحت فشار در خطوط انتقال آب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی توسط جواد خاموشی ارخودی در تاریخ با نمره و درجه ارزشیابی در حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد.

تاریخ دفاع نمره و درجه ارزشیابی

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیئت	امضاء
۱	محمد رضا جعفرزاده	استاد	استاد راهنما	
۲	محمود فغفور مغربی	استاد	استاد مشاور	
۳	محمد باقر شریفی	دانشیار	استاد مدعو	
۴	احسان حسینی	استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: طراحی مخازن ضربه گیر تحت فشار در خطوط انتقال آب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

اینجانب جواد خاموشی ارخودی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-گرایش سازه های هیدرولیکی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر محمدرضا جعفرزاده متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مراجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت های آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتیج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

چکیده

در این پایان نامه پدیده ضربه قوچ به عنوان یک پدیده زودگذر، میرا و مخرب در سیستم های انتقال سیالات و خطوط لوله جریان معرفی می گردد. تجهیزات مختلفی برای کنترل و مهار این پدیده وجود دارد. در میان تجهیزات مقابله با ضربه قوچ مخزن ضربه گیر تحت فشار بیشترین و ایده آل ترین امکانات را در مقابل پدیده ضربه قوچ فراهم می کند. این وسیله هم در فاز فشار منفی و هم در فاز فشار مثبت عمل می کند بدین معنی که هم از گسیختگی ستون آب جلوگیری می کند و هم افزایش فشار را جذب می کند. هیدرولیک ضربه قوچ خطوط انتقال آبی که توسط مخازن ضربه گیر تحت فشار محافظت شده اند از دهه ۱۹۳۰ مورد توجه محققین بوده است. محققین مختلف روشها و پارامترهای متفاوتی مثل استفاده از تئوری جریان تراکم ناپذیر، در نظر نگرفتن اصطکاک خط لوله، استفاده از رابطه پلی تروپیک و همچنین نسبت افت هد ورودی به خروجی مخزن را برای طراحی این مخازن در نظر گرفته اند و نمودارهای تجربی زیادی تولید کرده اند. از روش الگوریتم ژنتیک برای یافتن مکان بهینه نصب مخزن ضربه گیر تحت فشار استفاده شده است. در تحقیقات گذشته از روش شبکه عصبی مصنوعی با ۸ پارامتر ورودی برای تعیین ابعاد مخازن تحت فشار در خطوط انتقال آب و ۳۲ پارامتر ورودی در شبکه های توزیع استفاده شده است. در این پایان نامه از روش شبکه عصبی مصنوعی با ۹ پارامتر ورودی برای تعیین ابعاد بهینه مخازن ضربه گیر تحت فشار در خطوط انتقال آب استفاده شد. به منظور آموزش شبکه عصبی از یک سری مجموعه داده ورودی استفاده شد. برای تولید این داده ها از نرم افزار Hammer کمک گرفته شد. در نهایت نیز به عنوان یک نمونه موردی ابعاد بهینه مخزن ضربه گیر تحت فشار موجود در خط انتقال طرقبه با استفاده از روش شبکه عصبی بدست آمد.

کلید واژه ها: پدیده ضربه قوچ، شبکه عصبی مصنوعی، مخزن ضربه گیر تحت فشار، نرم افزار Hammer

تقدیم به

ساحت مقدس امام رضا (ع) که خدمت در جوار بارگاهش بزرگترین افتخار است

تقدیم به

پدر و مادر گرامیم که توکل، خودباوری و تلاش را به من آموختند.

تقدیم به

همسر مهربان و فداکارم به پاس زحمات و صف ناپذیرش

سپاسگذاری

اینک که به یاری خداوند یگانه، این نوشته به پایان رسیده است، برخود لازم می دانم از زحمات دلسوزانه و بی دریغ استاد ارجمند، جناب آقای دکتر محمدرضا جعفرزاده و راهنماییهای ارزنده ایشان در زمینه انتخاب موضوع، تهیه منابع، پیگیری کار و تدوین پایان نامه سپاسگذاری نمایم. همچنین از سایر اساتید محترم گروه عمران و دیگر آموزگاران گرامی که در طول دوره های مختلف تحصیلی از حضورشان بهره گرفته ام، صمیمانه قدردانی می نمایم.

از زحمات آقایان نوری و فلاح که در مراحل مختلف انجام پایان نامه مرا راهنمایی نموده اند، کمال تشکر و تقدیر را دارم.

جواد خاموشی

پاییز ۱۳۹۰

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱
فصل دوم: ضربه قوچ و مکانیسم تولید آن ۶
۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲-آشنایی با پدیده ضربه قوچ ۸
۲-۳- نظریه های ضربه قوچ ۱۲
۲-۳-۱- نظریه رفتار صلب ستون آب ۱۲
۲-۳-۲- نظریه رفتار الاستیک یا کشسانی ۱۵
۲-۳-۲-۱-معادله هد فشار ۱۶
۲-۳-۲-۲-سرعت موج ۱۸
۲-۳-۳- معادلات جریان ناماندگار ۲۲
۲-۳-۳-۱- معادله کلی اندازه حرکت در جریان ناماندگار ۲۳
۲-۳-۳-۲- معادله پیوستگی ۲۵
۲-۳-۴- روش حل عددی معادلات کلاسیک ضربهٔ قوچ ۲۷
۲-۳-۴-۱- روش معادلات مشخصه ۲۹
۲-۳-۴-۲- ویرایشی از معادله مشخصه ۳۱
۲-۴-جدایی ستون آب ۳۳
۲-۵-علل بوجود آمدن پدیده ضربه قوچ ۳۴
۲-۵-۱- بسته شدن سریع شیرهای قطع و وصل ۳۵
۲-۵-۲- شیرهای یکطرفه نامناسب ۳۷
۲-۵-۳- از کار افتادن ناگهانی پمپ ۳۷
۲-۵-۴- پر کردن غیر اصولی خط لوله ۳۸
۲-۵-۵- راه اندازی پمپهای توربینی ۳۹
۲-۶-خلاصه ۴۰
فصل سوم: مخازن ضربه گیر تحت فشار ۴۲
۳-۱- مقدمه ۴۳
۳-۲-تاثیر مخزن ضربه گیر تحت فشار در مهار ضربه قوچ و انواع اتصال آن به خط لوله ۴۴
۳-۳- مروری بر سوابق مطالعاتی در زمینه طراحی بهینه مخازن ضربه گیر تحت فشار ۵۱
۳-۴- تحلیل هیدرولیکی مخزن ضربه گیر تحت فشار ۵۶
۳-۵- خلاصه ۶۲
فصل چهارم: تعیین ابعاد تقریبی مخازن ضربه گیر تحت فشار ۶۵
۴-۱- مقدمه ۶۶
۴-۲- رابطه اویلر ۶۷

۴-۳- تعیین ابعاد مخازن ضربه گیر تحت فشار ۷۲
۴-۳-۱- مخازن ضربه گیر تحت فشار بزرگ ۷۹
۴-۳-۲- مخازن ضربه گیر تحت فشار کوچک ۸۱
۴-۴- اندازه لوله های ورودی و خروجی ۸۲
۴-۴-۱- خروجی ۸۲
۴-۴-۲- ورودی ۸۴
۴-۵- خلاصه ۸۹
فصل پنجم: برخی از نرم افزارهای تحلیل ضربه قوچ ۹۱
۵-۱- مقدمه ۹۲
۵-۲- معرفی نرم افزارهای معتبر ۹۳
۵-۳- نرم افزار Haestad Hammer ۹۴
۵-۳-۱- قابلیت های Hammer ۹۴
۵-۳-۲- جزئیات نرم افزار Hammer ۹۵
۵-۳-۲-۱- روش مشخصه ها ۹۵
۵-۳-۲- ۲- مدل سازی مولفه های هیدرولیکی ۹۶
۵-۳-۲- ۳- مدل نمودن ناپایداری های هیدرولیکی ۹۶
۵-۳-۲- ۴- ساخت و مدیریت مدل ۹۷
۵-۳-۲- ۵- ساخت مدل های یکنواخت و پایدار هیدرولیکی ۹۸
۵-۳-۲- ۶- محاسبات نیروهای ناشی از ناپایداری های هیدرولیکی ۹۹
۵-۳-۲- ۷- مدل نمودن توربین؛ پذیرش و عدم پذیرش بار ۹۹
۵-۳-۲- ۸- ارائهی نتایج و گزارش ها ۱۰۰
۵-۳-۲- ۹- سازگاری با نرم افزارهای WaterCAD و WaterGEMS ۱۰۰
۵-۷- نرم افزار WaterGEMS ۱۰۲
۵-۸- خلاصه ۱۰۳
فصل ششم: شبکه عصبی مصنوعی و کاربرد آن در طراحی مخازن ضربه گیر تحت فشار ۱۰۵
۶-۱- مقدمه ۱۰۶
۶-۲- معرفی شبکه های عصبی مصنوعی ۱۰۷
۶-۲-۱- مدل نرون ۱۰۷
۶-۲-۲- توابع محرک ۱۰۷
۶-۲-۲-۱- تابع محرک خطی (همانی) ۱۰۸
۶-۲-۲-۲- تابع محرک آستانهای دو مقداره حدی ۱۰۸
۶-۲-۲-۳- تابع محرک سیگموئید ۱۰۹
۶-۲-۲-۳-تابع تانژانت هیپربولیک ۱۱۰
۶-۲-۳-پرسپترون ۱۱۰
۶-۲-۳-۱- شبکه های پرسپترون چند لایه ۱۱۰

۶-۲-۴- آموزش شبکه های عصبی ۱۱۲
۶-۲-۵- انتخاب روشهای آموزش شبکه ۱۱۳
۶-۲-۵-۱- آموزش نظارت شده ۱۱۳
۶-۲-۵-۲- آموزش نظارت نشده ۱۱۴
۶-۲-۵-۳- آموزش ترکیبی ۱۱۴
۶-۲-۷- روش پس انتشار خطا ۱۱۴
۶-۳- معماری کلی شبکه عصبی MLP ۱۱۷
۶-۴-پارامترهای ورودی شبکه عصبی جهت طراحی مخازن ضربه گیر تحت فشار ۱۱۹
۶-۵- خلاصه ۱۲۲
فصل هفتم: تعیین ابعاد بهینه مخازن ضربه گیر تحت فشار با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۲۳
۷-۱- مقدمه ۱۲۴
۷-۲- تولید داده ها ۱۲۵
۷-۳- داده های آموزشی و تست ۱۳۵
۷-۴- مدلهای شبکه عصبی ارائه شده جهت تخمین احجام ۱۳۶
۷-۴-۱- افزایش داده های ورودی ۱۳۹
۷-۵- معیارهای سنجش خطا و نکویی برازش ۱۴۵
۷-۵-۱-ضریب همبستگی ۱۴۵
۷-۵-۲- درصد خطا ۱۴۵
۷-۵-۳- میانگین خطا ۱۴۶
۷-۵-۴- انحراف معیار خطا ۱۴۶
۷-۶- مقایسه نتایج ۱۴۶
۷-۷- مخزن تحت فشار در خط انتقال طرقبه ۱۴۸
۷-۷-۱- خط انتقال طرقبه ۱۴۸
۷-۷-۲- ایستگاه پمپاژ حسین آباد ۱۴۸
۷-۷-۳- بدست آوردن ابعاد بهینه مخزن تحت فشار در ایستگاه پمپاژ حسین آباد ۱۴۹
۷-۸- خلاصه ۱۵۳
فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۵۶
۸-۱- نتیجه گیری ۱۵۷
۸-۲-پیشنهادات ۱۵۸
منابع ۱۶۰

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): سیستم ساده مخزن-لوله-شیر بدون افت اصطکاک [۱] ۸
شکل (۲-۲): تغییرات سرعت و هد فشار دراثر بستن ناگهانی شیر.(الف) $0 < t < L/a$، (ب) $L/a < t < 2L/a$ ، (ج) $2L/a < t < 3L/a$، (د) $3L/a < t < 4L/a$ [۱] ۱۱
شکل (۲-۳): تبدیل حالت ناماندگار به حالت ماندگار، (الف) دستگاه مختصات اویلری، (ب) دستگاه مختصات لاگرانژی[۱] ۱۷
شکل(۲-۴): موقعیت سیستم بعد از گذشت زمان $t=L/a$.[۱] ۱۹
شکل(۲-۵): حجم کنترل ونیروهای وارد برآن [۱] ۲۳
شکل(۲-۶): حجم کنترل برای قانون پیوستگی ۲۵
شکل(۲-۷): منحنی های مشخصه اطلاعات(سرعت، هد)نقاط A,Bرادرصفحه $x-t$ به نقطه P منتقل می کنند. [۱] ۳۰
شکل (۲-۱۰): نمایش دبی ورودی (Q_{p_u})و خروجی(Q_p) به گره P [۱] ۳۲
شکل(۲-۱۱): لحظه ایجاد جدایی ستون آب در اثر بستن ناگهانی شیر[۵] ۳۳
شکل(۲-۱۲): تاثیر بسته شدن ناگهانی شیر فلکه در خطوط لوله ثقلی ۳۶
شکل(۲-۱۳) : بسته شدن ناگهانی شیر و ایجاد موج فشار در بالادست و پایین دست آن ۳۶
شکل (۲-۱۴) : گسیختگی ممتد به هنگام از کار افتادن ناگهانی پمپ[۲] ۳۸
شکل(۲-۱۵): گسیختگی ستون آب (در قسمتهایی از شکل که هاشور زده شده است امکان گسیختگی ستون آب وجود دارد.) [۲] ۳۸
شکل(۲-۱۶): کاهش ناگهانی سرعت آب بعد از خروج کامل هوا از شیر و وقوع ضربه قوچ[۵] ۳۹
شکل (۲-۱۷): روش نصب پمپ توربینی و ملحقات آن ۴۰
شکل(۳-۱) : انتشار موج منفی حاصل از کار افتادن پمپ در سیستم بدون مخزن ضربه گیر تحت فشار[۵] ۴۵
شکل (۳-۲): کنترل انتشار موج منفی حاصل از کار افتادن پمپ بوسیله یک مخزن ضربه گیر تحت فشار[۵] ۴۵
شکل (۳-۳): انتشار امواج منفی در موقع از کار افتادن پمپ در خط لوله مجهز به مخزن ضربه گیر تحت فشار و مخزن ضربه گیر یکطرفه [۵] ۴۷
شکل (۳-۴): تانک ضربه گیر تحت فشار با اتصال مستقیم[۷] ۴۹
شکل(۳-۵): تانک ضربه گیر تحت فشار با اتصال کنار گذر[۷] ۴۹
شکل (۳-۶) : شمایی از مخزن ضربه گیر تحت فشار با ورودی دودکشی[۹] ۵۰
شکل (۳-۷): نمونه ای از مخزن ضربه گیر تحت فشار تجهیزات وابسته به آن[۵] ۵۷
شکل (۴-۱): یک المان سیال استوانه ای و کلیه نیروهای وارد بر آن [۵] ۶۸
شکل (۴-۲): مخزن با هد ثابت و یک شیر در انتهای یک لوله افقی [۵] ۷۱
شکل (۴-۳): محل مقاطع مختلف در یک خط انتقال بالارونده [۱۷] ۷۴
شکل (۴-۴): نمودار های پوش حداقل و حداکثر فشار ایجاد شده در مخزن برای حالت های مختلف p [۱۸] ۷۵
شکل (۴-۵) :شکل شماتیکی از خط لوله بالارونده ۷۶
شکل (۴-۶) :پروفیل خط لوله[۹] ۷۷
شکل (۴-۷): نمودار پوش ماکزیمم و مینیمم با استفاده از تئوری جریان تراکم ناپذیر[۹] ۷۷
شکل (۴-۸) : حجم مخزن و حجم هوا[۹] ۷۹
شکل (۴-۹) : هد های موجود در مخزن و خط لوله اصلی پس از از کار افتادن پمپ[۹] ۸۲

شکل (۴-۱۰): نمونه ای از مخزن ضربه گیر تحت فشار و اتصال خروجی آن [۱۹] ۸۴
شکل (۴-۱۱) : قطر لوله ورودی مخزن ضربه گیر تحت فشار به صورت تابعی از افزایش هد جریان اولیه[۹] ۸۷
شکل(۵-۱): نمونهی مدل شده در نرم افزار Hammer[۲۰] ۹۷
شکل(۵-۲) نمونه ای از جداول در نرم افزارHammer [۲۰] ۹۸
شکل(۵-۳) محاسبات جریان در حالت یکنواخت و دائمی[۲۰] ۹۸
شکل(۵-۴) نمونه ای از نیروهای ناشی از ناپایداری در نرم افزار Hammer [۲۰] ۹۹
شکل(۵-۵) نمونه ای از گراف های خروجی در Hammer [۲۰] ۱۰۱
شکل (۵-۶) تشابه محیط WaterGEMS و Hammer [۲۰] ۱۰۱
شکل (۶-۱): مدل نرون [۲۳] ۱۰۷
شکل (۶-۲): تابع محرک همانی [۲۳] ۱۰۸
شکل (۶-۳): تابع محرک محدودکنندهٔ سخت متقارن [۲۳] ۱۰۹
شکل (۶-۴) تابع محرک سیگموئید [۲۳] ۱۰۹
شکل (۶-۵) تابع محرک تانژانت هیپربولیک [۲۳] ۱۱۰
شکل (۶-۶) شبکهٔ عصبی MLP سه لایه با سه مقدار ورودی و چهار مقدار خروجی [۲۲] ۱۱۳
شکل (۶-۷): شبکه عصبی با لایه های پنهان آن [۲۵] ۱۱۷
شکل (۶-۸): پروفیل خط لوله [۲۲] ۱۱۹
شکل (۷-۱) :پروفیل خط لوله ۱۲۷
شکل (۷-۲): الگوریتم محاسبه حجم بهینه مخزن با استفاده از روش D. Stephenson و استفاده از نرم افزار Hammer ۱۲۸
شکل (۷-۳): نمودار پوش ماکزیمم و مینیمم با استفاده از تئوری جریان تراکم ناپذیر[۹] ۱۳۰
شکل (۷-۴): حجم مخزن و حجم هوا[۹] ۱۳۱
شکل (۷-۵): نمودار پوش $H_{\max}$ (خط قرمزرنگ پر)و نمودار پوش $H_{\min}$ (خط و نقطه آبی رنگ) در طول خط لوله در حالت نصب مخزن ضربه گیر تحت فشار ۱۳۳
شکل (۷-۶): شکل شماتیک از خط انتقال ایستگاه پمپاژ حسین آباد طرقبه ۱۴۹
شکل (۷-۷): شماتیک و تصویر نحوه اتصال مخزن ضربه گیر تحت فشار ایستگاه پمپاژ حسین آباد به خط رانش[۲۶] ۱۵۲
شکل (۷-۸): نمودار پوش حداقل و حداکثر فشار در خط لوله با وجود مخزن ضربه گیر تحت فشار با حجم $3m^3$ ۱۵۲
شکل (۷-۹): نمودار پوش حداقل و حداکثر فشار در خط لوله با وجود مخزن ضربه گیر تحت فشار با حجم $9.8m^3$ ۱۵۳

فهرست جداول

جدول (۶-۱): ۳۲ پارامتر ورودی جهت آموزش شبکه عصبی برای تعیین ابعاد مخزن تحت فشار نصب شده در یک شبکه توزیع آب..... ۱۲۰
جدول (۷-۱): ۸ پارامتر ورودی و ۲ پارامتر خروجی شبکه عصبی ۱۲۶
جدول (۷-۲): فرضیات اولیه جهت تولید داده ها برای یک مدل نمونه ۱۲۹
جدول (۷-۳): ۸ پارامتر ورودی و ۲ پارامتر خروجی شبکه عصبی برای مدل نمونه ۱۳۴
جدول (۷-۴): دامنه تغییرات پارامترها..... ۱۳۵
جدول (۷-۵): ۱۰ پارامتر ورودی و ۲ پارامتر خروجی شبکه عصبی ۱۴۰
جدول (۷-۶): معیارهای سنجش خطا برای ۳ حالت ورودی..... ۱۴۷
جدول (۷-۷): ۹ پارامتر ورودی و ۲ پارامتر خروجی شبکه عصبی برای بدست آوردن ابعاد بهینه مخزن تحت فشار در ایستگاه پمپاژ حسین آباد ۱۵۰

فهرست نمودارها

نمودار (۷-۱): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم هوای اولیه داخل مخزن S_0 با استفاده از تابع سیگموئید.....۱۳۷
نمودار (۷-۲): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم آب اولیه داخل مخزن S_w با استفاده از تابع سیگموئید.....۱۳۷
نمودار (۷-۳): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم هوای اولیه داخل مخزن S_0 با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک.....۱۳۸
نمودار (۷-۴): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم آب اولیه داخل مخزن S_w با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک.....۱۳۸
نمودار (۷-۵): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم هوای اولیه داخل مخزن S_0 با استفاده از تابع سیگموئید با ۹ پارامتر ورودی.....۱۴۱
نمودار (۷-۶): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم آب اولیه داخل مخزن S_w با استفاده از تابع سیگموئید با ۹ پارامتر ورودی.....۱۴۱
نمودار (۷-۷): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم هوای اولیه داخل مخزن S_0 با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک با ۹ پارامتر ورودی.....۱۴۲
نمودار (۷-۸): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم آب اولیه داخل مخزن S_w با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک با ۹ پارامتر ورودی.....۱۴۲
نمودار (۷-۹): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم هوای اولیه داخل مخزن S_0 با استفاده از تابع سیگموئید با ۱۰ پارامتر ورودی.....۱۴۳
نمودار (۷-۱۰): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم آب اولیه داخل مخزن S_w با استفاده از تابع سیگموئید با ۱۰ پارامتر ورودی.....۱۴۳
نمودار (۷-۱۱): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم هوای اولیه داخل مخزن S_0 با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک با ۱۰ پارامتر ورودی.....۱۴۴
نمودار (۷-۱۲): نتایج گرافیکی تحلیل رگرسیونی برای حجم آب اولیه داخل مخزن S_w با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک با ۱۰ پارامتر ورودی.....۱۴۴

فصل اول

کلیات

بدون هیچ شک و تردیدی، امروزه زندگی جوامع انسانی در گرو احداث سیستم های انتقال سیالاتی نظیر آب، نفت و سایر سیالات می باشد. از این رو تصور امکان زندگی بدون شبکه های انتقال خطوط لوله جریان تحت فشار مشکل می باشد. سرزمین ما نیز از این امر مستثنی نیست و تهیه و تامین آب در پاره ای از نواحی کشور و انتقال آن به شهر های بزرگ، مزارع کشاورزی و کارخانجات صنعتی موجب گردیده که روز به روز سیستم های انتقال تحت فشار گسترش یابد. در سیستم های انتقال، عوامل هیدرولیکی خطوط لوله جریان از اهم مسائلی است که طراحان با آن روبرو می باشند و یکی از عوامل مخرب در چنین شبکه هایی، پدیده ضربه قوچ است که وقوع آن سبب تخریب لوله ها و پمپ ها می گردد. نظیر چنین حادثه ای در توربین های برقابی نیز مشکل آفرین می باشد.

از اوایل قرن گذشته میلادی به پدیده ضربه قوچ و رفتار آن در خطوط لوله پی برده و در طی ۱۰۰ سال گذشته با تحقیقات گسترده ای که به انجام رسیده ابعاد فرآیند ضربه قوچ شناخته شده است. در ابتدا حل مسایل ضربه قوچ به علت پیچیدگی معادلات و شرایط مرزی به سهولت امکان پذیر نبود، اما امروزه با کمک ماشین های حسابگر و نرم افزارهای آماده، حل مسایل پیچیده ضربه قوچ به سادگی امکان پذیر گشته است.

ضربه قوچ پدیده ای است که می توان اثرات آن را در سیستم های تحت فشار به موج های الکتریکی و مکانیکی تشبیه نمود و از اینرو گاهی اوقات از این واقعه به عنوان یک پدیده گذرا[1] نام می برند. این وضعیت یک نوع آشفتگی موقتی است که در بین دو وضعیت پایدار جریان اتفاق می افتد. در واقع مکانیزم ضربه قوچ، حساسیت یک سیستم انتقال سیال را در مقابل هر نوع تغییر وضعیت دبی، سرعت و فشار جریان نشان می دهد و چون پدیده ضربه قوچ یک حالت گذرا است، لذا پس از آن که این موج مستهلک گردید، جریان دوباره به حالت پایدار و دائمی دیگری که متفاوت از حالت پایدار اولیه است می رسد.

انتشار انرژی حاصل از وقوع ضربه قوچ شبیه امواج صوت است که در فیزیک از آن به عنوان موجی که موجب تغییر شکل کشسانی[2] محیط می گردد، نام برده شده است. در واقع جریان تحت فشار حاوی مومنتومی است که از حاصلضرب سرعت در جرم سیال بدست می آید. حال با کاهش یا افزایش دبی که همراه با کاهش یا افزایش سرعت می باشد، مومنتوم سیستم جریان نیز تغییر می کند. این تغییرات مومنتوم به تغییرات فشار تبدیل می شود و بصورت موج فشار حرکت می کند و نام ضربه قوچ را به خود می گیرد.

در بعضی از سیستم های هیدرولیکی تحت فشار، نظیر خطوط انتقال آب، نفت یا شبکه های توزیع و لوله های آب بر منتهی به توربین ها، تونل های آبی، سیستم های پمپاژ و جریان های ثقلی، پدیده ضربه قوچ با ایجاد موج های سریع، زودگذر و میرا موجب خطرات گوناگونی می شود.گاهی اوقات قدرت تخریبی این موج های فشار به حدی است که نتایج وخیمی به بار می آورد.

1. Transient Flow
2. Elastic

در واقع امروزه در کلیه طرح های انتقال آب یا سیستم های انتقال سیالات دیگر، بررسی و مطالعه دقیق ضربه قوچ به عنوان یک امر ضروری می باشد تا با شناخت کامل اثر آن، برای کنترل اثرات سوء این فرآیند، تمهیداتی مناسب اتخاذ گردد و سیستم انتقال از خطرات این پدیده مصون بماند.

باید اذعان نمود که مسایل مربوط به ضربه قوچ به دلایل عمده وگوناگونی، پیچیده بوده و به همین دلیل حل معادلات و فرمول های آن از طریق استفاده از برنامه های کامپیوتری انجام می شود. در بسیاری از موارد مانند سیستم‌های انتقال آب، نفت و خطوط لوله انتقال سیالات تحت فشار، تصور حل مسائل مربوط به ضربه قوچ بدون ماشین‌های حسابگر ناممکن بنظر می رسد.

با وجود اینکه در حال حاضر مکانیزم تشکیل موج ضربه قوچ کاملا شناخته شده، اما به علت وسعت و گستردگی ابعاد مسئله ضربه قوچ و وجود شرایط گوناگون مکانی و زمانی در این فرآیند، دامنه تحقیقات در این زمینه ادامه داشته و هنوز دنیای وسیعی از مجهولات و مشکلات ناشی از ضربه قوچ در برابر محققین قرار دارد که کوشش برای حل و فصل آنها می تواند زمینه مناسبی را برای تحقیقات ایجاد نماید.

مطالب این تحقیق در راستای رسیدن به روشی برای طراحی بهینه یک مخزن ضربه گیر تحت فشار گردآوری شده است تا بدین وسیله با حداقل هزینه از بروز خسارات ناشی از ایجاد پدیده ضربه قوچ در خطوط انتقال آب جلوگیری گردد.

به منظور شناخت بیشتر پدیده ضربه قوچ در فصل دوم به بررسی اجمالی این پدیده، شناخت رفتار فیزیکی آن، نظریه های مربوط به ضربه قوچ، معادلات دیفرانسیل حاکم بر آن و در نهایت به علل بوجود آمدن آن می پردازیم. در فصل سوم به ارائه توضیحاتی در مورد مخازن ضربه گیر تحت فشار و انواع آن پرداخته شده و در

مورد تاریخچه طراحی این مخازن نیز بحث شده است. علاوه بر این به تحلیل هیدرولیکی مخازن در حین ایجاد پدیده ضربه قوچ پرداخته شده است. در فصل چهارم با استفاده از روش ستون صلب آب به تخمین ابعاد اولیه مخزن شامل آب و هوای موجود در آن پرداختیم. به منظور استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و ایجاد داده های مورد نیاز برای شبکه عصبی، نیاز به استفاده از یک نرم افزار مناسب تحلیل ضربه قوچ می باشد. در فصل پنجم چند نرم افزار تحلیل ضربه قوچ معرفی شده است. شبکه عصبی مصنوعی در فصل ششم به صورت مفصل توضیح داده شده است. در این فصل به معرفی انواع توابع محرک و انواع روش های انتخاب داده های ورودی نیز پرداخته شده است. در فصل هفتم داده های مورد نیاز برای آموزش شبکه عصبی، تقسیم آنها به داده های آموزش و تست، استفاده از توابع محرک مختلف و همچنین امکان افزایش پارامترهای ورودی، ارائه شده است. در پایان این فصل نیز مخزن ضربه گیر تحت فشار نصب شده در خط انتقال شهر طرقبه بازنگری شده است. در فصل هشتم مطالب جمع بندی شده و پیشنهادات جهت ادامه تحقیق ارائه می شود.

فصل دوم

ضربه قوچ و مکانیسم تولید آن