

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده عمران و معماری

برآورد ضریب انتشارپذیری یون کلر در بتن‌های در معرض شرایط محیطی

خلیج فارس به کمک شبکه عصبی - فازی

دانشجو : جواد محمدی

استاد راهنما :

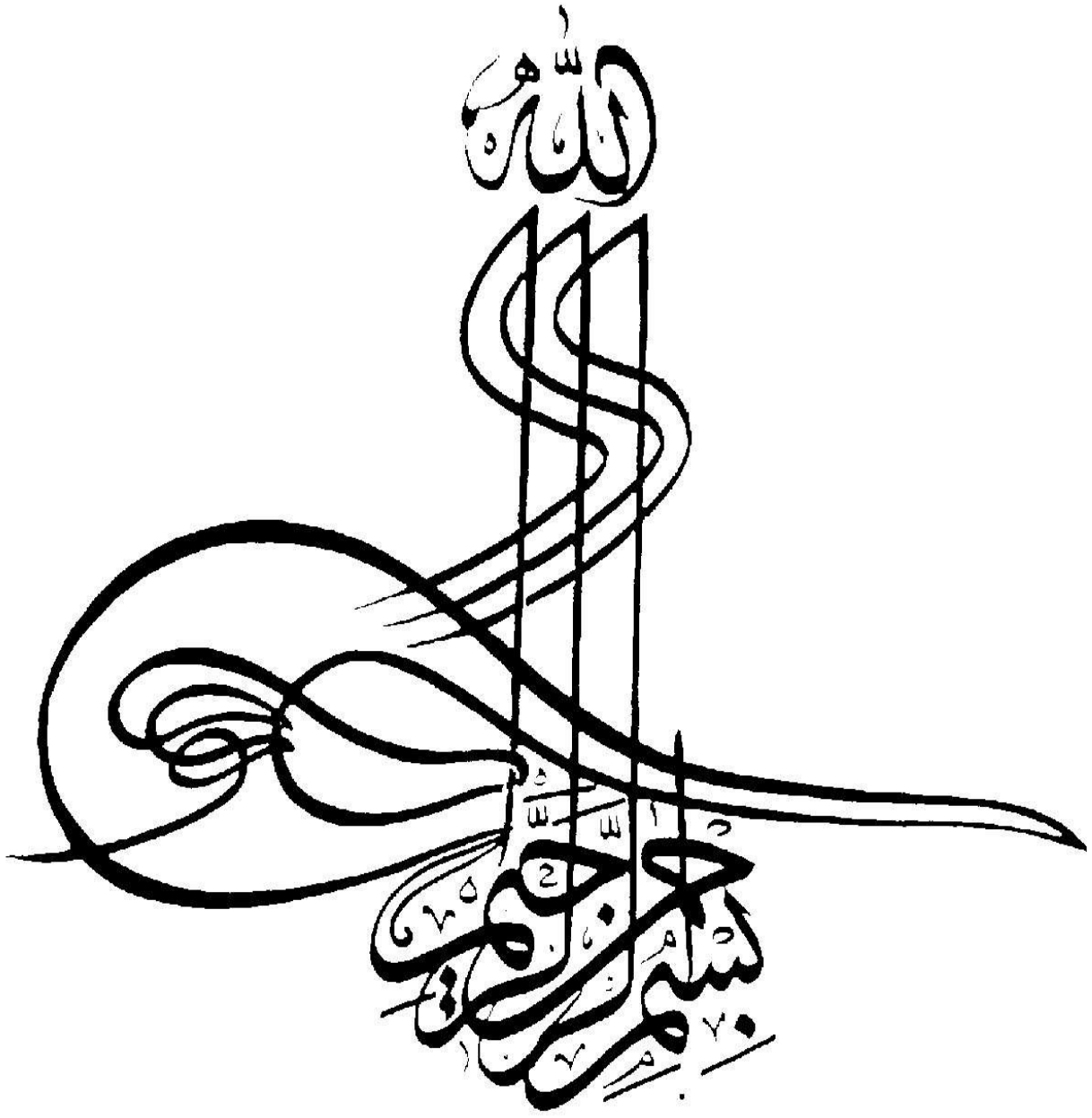
دکتر علی کیهانی

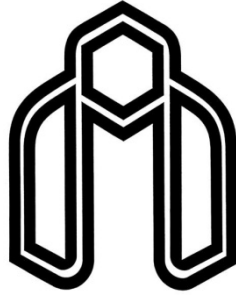
استاد مشاور

دکتر محمد شکرچی زاده

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه

اردیبهشت ۱۳۸۹





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده عمران و معماری

برآورد ضریب انتشارپذیری یون کلر در بتن‌های در معرض شرایط محیطی

خلیج فارس به کمک شبکه عصبی-فازی

دانشجو: جواد محمدی

استاد راهنما:

دکتر علی کیهانی

استاد مشاور

دکتر محمد شکرچی‌زاده

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه





اردیبهشت ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود
 دانشکده: عمران و معماری
 گروه: سازه
 پایان نامه کارشناسی ارشد آقای جواد محمدی
 تحت عنوان:

برآورد ضریب انتشارپذیری یون کلر در بتن‌های در معرض شرایط محیطی خلیج فارس به کمک شبکه عصبی - فازی

در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه

بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور:	امضاء	اساتید راهنما:
	نام و نام خانوادگی: دکتر محمد شکرچی زاده		نام و نام خانوادگی: دکتر علی کیهانی
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور:
	نام و نام خانوادگی: آقای مهندس محمدی		نام و نام خانوادگی: دکتر احمد احمدی
			نام و نام خانوادگی: دکتر وحیدرضا کلاتجاری
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:

تشکر و قدردانی

اکنون که به یاری خداوند نگارش این پایان‌نامه به پایان رسیده است، وظیفه خود می‌دانم از زحمات همه افرادی که مرا یاری و راهنمایی نمودند تشکر و قدردانی نمایم. در ابتدا از استاد عزیز و گرامی جناب آقای دکتر علی کیهانی که با توصیه‌ها و راهنمایی‌های دلسوزانه خویش در مراحل سخت و دشوار این تحقیق، راهگشا و روشنایی بخش ادامه مسیر بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین مراتب سپاسگذاری خود را از استاد گرامی جناب آقای دکتر محمد شکرچی‌زاده اعلام می‌دارم؛ بی‌شک راهنمایی این استاد بزرگوار، بسیار راهگشا و آموزنده و شاگردی این عزیز تجربه‌ای ارزشمند برای اینجانب بود.

همچنین از تمامی اعضاء انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب جواد محمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران دانشکده عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "برآورد ضریب انتشارپذیری یون کلر در بتن‌های در معرض شرایط محیطی خلیج فارس به کمک شبکه عصبی- فازی" تحت راهنمایی دکتر علی کیهانی به عنوان استاد راهنما متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه / رساله توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه / رساله تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرکی یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام >> دانشگاه صنعتی شاهرود<< و یا >>shahrood university of technology<< به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افراد که در به دست آوردن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ: ۱۳۸۹/۲/۲۸
امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق و نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحوی مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیرشده پایان نامه / رساله وجود داشته باشد.

چکیده:

استفاده روزافزون از سازه‌های بتنی و عدم توجه مطلوب به مسأله پایایی آنها در محیط خلیج فارس باعث شده است که سازه‌های بتنی اجرا شده در سواحل خلیج فارس عمر مفید بسیار کمتری نسبت به عمر طراحی شده داشته باشند. یکی از دلایل عمر کم این سازه‌ها خوردگی آرماتور بوده و عامل اصلی در خوردگی آرماتور، نفوذ یون کلر می‌باشد. نفوذ یون کلر در بتن از مکانیزم‌های متعددی تبعیت میکند. یکی از مکانیزم‌های رایج و مهم، مکانیزم انتشار می‌باشد که به صورت قانون (معادله) دوم فیک بیان می‌شود. در این معادله ضریب انتشارپذیری، ضریب تعیین‌کننده می‌باشد. این ضریب به عواملی همچون نسبت آب به مواد سیمانی، درصد میکروسیلیس و مدت زمان قرارگیری در شرایط محیطی بستگی دارد. برای این منظور نمونه‌های بتنی ساخته و به مدت ۳۶ ماه در شرایط محیطی خلیج فارس، در شرایط رویارویی جزر و مد نگهداری شدند. مسأله مورد نظر در این تحقیق پردازش داده‌های بدست آمده و بررسی اثر آنها بر روی ضریب انتشارپذیری با استفاده از سیستم استنباط فازی - عصبی تطبیقی می‌باشد.

در این تحقیق نشان داده شد که سیستم استنباط فازی - عصبی تطبیقی می‌تواند تاثیر پارامترهای نسبت آب به مواد سیمانی، درصد میکروسیلیس و مدت زمان قرارگیری در شرایط محیطی را در حیطه مشخصی از تغییرات این پارامترها بر روی ضریب انتشارپذیری بتن به خوبی فراگیرد. و در پایان از مجموعه قوانین و نتایج به دست آمده در بررسی اثر این پارامترها بر ضریب انتشارپذیری بتن استفاده گردید.

کلید واژه‌ها: ضریب انتشارپذیری بتن، سیستم عصبی-فازی، خلیج فارس، نسبت آب به مواد

سیمانی، درصد میکروسیلیس، مدت زمان قرارگیری

فهرست مطالب

فصل اول	۱
۱-۱ هدف از تحقیق	۲
فصل دوم	۵
۱-۲ منطق فازی	۶
۱-۱-۲ مقدمه	۶
۲-۱-۲ مجموعه‌های فازی	۷
۳-۱-۲ متغیرهای زبانی، مقادیر، عبارات و برچسب‌های زبانی	۹
۴-۱-۲ عملگرهای منطقی	۱۰
۵-۱-۲ رابطه ایجاب، قوانین اگر-آنگاه	۱۱
۶-۱-۲ استدلال فازی	۱۳
۷-۱-۲ خارج کردن از حالت فازی	۱۷
۸-۱-۲ سیستم‌های استنباط فازی	۱۸
۲-۲ شبکه‌های عصبی	۲۱
۱-۲-۲ مقدمه	۲۱
۲-۲-۲ عملکرد شبکه‌های عصبی	۲۲

۲۳	..... مدل عصب ۳-۲-۲
۲۳	..... شبکه چند لایه‌ای از عصب‌ها ۴-۲-۲
۲۴	..... یادگیری و یافتن وزن‌های مناسب ۵-۲-۲
۲۵	..... سیستم‌های عصبی- فازی ۳-۲-۳
۲۵	..... مقدمه ۱-۳-۲
۲۵	..... ترکیب شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی ۲-۳-۲
۲۷	..... ساختار شبکه ANFIS ۳-۳-۲
۳۴	..... فصل سوم
۳۵	..... ۱- عوامل تخریب سازه‌های بتنی در محیط‌های دریایی ۱-۳
۳۵	..... ۱-۱-۳ عوامل فیزیکی و شیمیایی تخریب بتن
۳۸	..... ۲-۱-۳ موجودات دریایی
۳۸	..... ۳-۱-۳ دما و رطوبت نسبی
۴۰	..... ۴-۱-۳ باد
۴۰	..... ۵-۱-۳ موج
۴۱	..... ۶-۱-۳ فشار هیدرواستاتیک
۴۱	..... ۲-۳ محیط دریا- خیلج فارس مهاجم‌ترین محیط
۴۱	..... ۱-۲-۳ عوامل مخرب موجود در آب دریا

- ۴۳ ۲-۲-۳ دما و رطوبت نسبی
- ۴۵ ۳-۲-۳ باد
- ۴۶ ۳-۳ ساز و کارهای انتقال یون کلر به بتن
- ۴۷ ۱-۳-۳ انتشار یونی
- ۴۷ ۲-۳-۳ مکش موئینه
- ۴۷ ۳-۳-۳ نفوذ
- ۴۷ ۴-۳-۳ مهاجرت
- ۴۷ ۵-۳-۳ جذب
- ۴۷ ۶-۳-۳ انتقال ترکیبی
- ۴۹ ۴-۳ معادلات حاکم بر انتقال یون کلر
- ۴۹ ۱-۴-۳ تابع انتشار و تعریف ضریب انتشارپذیری
- ۵۱ ۲-۴-۳ حالت پایدار انتشار و بعد ضریب انتشارپذیری
- ۵۴ ۳-۴-۳ حالت انتشارپذیری ناپایدار
- ۵۶ ۵-۳ روش اندازه‌گیری مقاومت بتن در برابر یون کلر
- ۵۶ ۱-۵-۳ آزمایش AASHTO T259
- ۵۷ ۲-۵-۳ آزمایش NT Build 443
- ۵۸ ۳-۵-۳ آزمایش AASH TO T277

۶۰	نتیجه‌گیری ۴-۵-۳
۶۱	فصل چهارم
۶۲	مقدمه ۱-۴
۶۲	ساخت آزمون‌ها ۲-۴
۶۳	قرارگیری در محیط ۳-۴
۶۳	آماده‌سازی آزمون‌ها برای قرارگیری در محیط ۱-۳-۴
۶۳	قرارگیری در محیط ۲-۳-۴
۶۵	نمونه‌برداری از آزمون‌ها ۳-۳-۴
۶۶	پودرگیری از آزمون‌ها ۴-۳-۴
۶۷	تعیین میزان یون کلر در پودرهای تهیه شده ۴-۴
۶۹	محاسبه ضریب انتشارپذیری ۵-۴
۷۱	فصل پنجم
۷۲	مقدمه ۱-۵
۷۲	بررسی و پالایش داده‌ها ۲-۵
۷۳	نکات در نظر گرفته شده ۳-۵
۷۳	فرایند یادگیری و معتبرسازی ۱-۳-۵
۷۶	برآورد ضریب انتشارپذیری ۴-۵

۷۶..... ۱-۴-۵ مدل سوگنو درجه یک

۸۶..... ۲-۴-۵ مدل سوگنو درجه صفر

۱۰۴..... ۳-۴-۵ مدل پیشنهادی و بررسی آن

۱۰۹..... فصل ششم

۱۱۲..... مراجع

۱۱۶..... ضمیمه ۱- تصویرها

۱۲۲..... ضمیمه ۲- داده‌ها

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) اشکال مختلف تابع عضویت ۸
- شکل (۲-۲) تقسیم‌بندی مجموعه مرجع به چند تابع عضویت در حالت یک بعدی و دوبعدی. ۹
- شکل (۳-۲) بیان قیاس عمومی با تفسیر ممدانی و عملگر نرم ۱۴
- شکل (۴-۲) استدلال فازی با یک قانون دارای چند شرط ۱۵
- شکل (۵-۲) استدلال فازی با چند قانون و چند شرط برای هر قانون ۱۶
- شکل (۶-۲) سیستم استنباط فازی ممدانی با دو قانون برای ورودی‌های کریسپ و تابع \min برای عملگر and ۱۹
- شکل (۷-۲) سیستم استنباط فازی سوگنو با دو قانون برای ورودی‌های کریسپ ۲۱
- شکل (۸-۲) عملکرد شبکه‌های عصبی ۲۲
- شکل (۹-۲) یک نورون ساده ۲۳
- شکل (۱۰-۲) شبکه چند لایه از نورون‌ها ۲۴
- شکل (۱۱-۲) مکانیزم عملکرد مدل سوگنو درجه یک با دو ورودی، یک خروجی و دو قانون فازی ۲۷
- شکل (۱۲-۲) ساختار سیستم استنباط فازی - عصبی تطبیقی ۲۸
- شکل (۱-۳) دلایل فیزیکی و شیمیایی تخریب بتن ۳۵
- شکل (۲-۳) عوامل فیزیکی تخریب بتن ۳۶

- شکل (۳-۳) دلایل شیمیایی تخریب بتن ۳۷
- شکل (۴-۳) موقعیت‌های قرارگیری هر ناحیه سازه بتنی در معرض آب دریا ۳۹
- شکل (۵-۳) تغییرات دمای آب خلیج فارس طی گرمترین و سردترین ماه سال ۴۳
- شکل (۶-۳) تغییرات درصد رطوبت شهر بندر عباس طی خشک‌ترین و مرطوب‌ترین ماه‌های سال ۴۵
- شکل (۷-۳) - تبخیر/ باران روزانه در منطقه خلیج فارس ۴۶
- شکل (۸-۳) شکل شماتیک انتشار یون‌های کلر در یک سیستم محلول خالص ۵۱
- شکل (۹-۳) انتشار یون‌های کلر در یک سیستم بتن - مایع ۵۲
- شکل (۱۰-۳) آزمایش AASHTO T259 ۵۷
- شکل (۱۱-۳) آزمایش AASHTO T259 ۵۸
- شکل (۱۲-۳) آزمایش AASHTO T277 ۵۹
- شکل (۱-۴) شمای آزمون‌های منشوری پس از اجرای پوشش ۶۳
- شکل (۲-۴) پروفیل‌گیری از آزمون‌های پایگاه بندرعباس ۶۷
- شکل (۳-۴) پروفیل یون کلر در بتن و عبور منحنی مربوط به قانون دوم فیک ۷۰
- شکل (۱-۵) خطای آزمون مدل ۱-۱-۴-۵ ۷۷
- شکل (۲-۵) توابع عضویت پارامترهای ورودی در مدل ۲-۱-۴-۵ ۷۸
- شکل (۳-۵) رابطه بین مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف

آب به مواد سیمانی و $SF=12.5\%$ ۷۹

شکل (۴-۵) رابطه مدت زمان قرارگیری و نسبت آب به مواد سیمانی با ضریب انتشارپذیری. ۸۰

شکل (۵-۵) توابع عضویت برای پارامترهای ورودی مدل ۳-۱-۴-۵ ۸۱

شکل (۶-۵) رابطه بین درصد میکروسیلیس و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به

مواد سیمانی برای نمونه ۳۶ ماهه ۸۲

شکل (۷-۵) رابطه درصد میکروسیلیس و نسبت آب به مواد سیمانی با ضریب انتشارپذیری برای

نمونه ۳۶ ماهه ۸۳

شکل (۸-۵) رابطه نسبت آب به مواد سیمانی و مدت زمان قرارگیری با ضریب انتشارپذیری ۸۴.

شکل (۹-۵) رابطه بین مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به

مواد سیمانی و $SF=0\%$ ۸۵

شکل (۱۰-۵) رابطه بین مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب

به مواد سیمانی و $SF=12.5\%$ ۸۵

شکل (۱۱-۵) رابطه مدت زمان قرارگیری و درصد میکروسیلیس با ضریب انتشارپذیری ۸۷

شکل (۱۲-۵) رابطه بین مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب

به مواد سیمانی و $SF=0\%$ ۸۸

شکل (۱۳-۵) رابطه بین مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب

به مواد سیمانی و $SF=12.5\%$ ۸۸

شکل (۱۴-۵) توابع عضویت برای پارامترهای ورودی در مدل ۴-۲-۴-۵ ۹۰

- شکل (۵-۱۵) رابطه نسبت آب به مواد سیمانی و ضریب انتشارپذیری در مدت زمان‌های
 قرارگیری مختلف و $SF=0\%$ ۹۱
- شکل (۵-۱۶) رابطه نسبت آب به مواد سیمانی و ضریب انتشارپذیری در مدت زمان‌های
 قرارگیری مختلف و $SF=7.5\%$ ۹۲
- شکل (۵-۱۷) رابطه نسبت آب به مواد سیمانی و ضریب انتشارپذیری در مدت زمان‌های
 قرارگیری مختلف و $SF=12.5\%$ ۹۲
- شکل (۵-۱۸) رابطه درصد میکروسیلیس و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به
 مواد سیمانی برای نمونه ۳ ماهه ۹۳
- شکل (۵-۱۹) رابطه درصد میکروسیلیس و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به
 مواد سیمانی برای نمونه ۹ ماهه ۹۳
- شکل (۵-۲۰) رابطه درصد میکروسیلیس و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به
 مواد سیمانی برای نمونه ۳ ساله ۹۴
- شکل (۵-۲۱) رابطه مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به
 مواد سیمانی و $SF=0\%$ ۹۴
- شکل (۵-۲۲) رابطه مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به
 مواد سیمانی و $SF=7.5\%$ ۹۵
- شکل (۵-۲۳) رابطه مدت زمان قرارگیری و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به
 مواد سیمانی و $SF=12.5\%$ ۹۵
- شکل (۵-۲۴) توابع عضویت برای پارامترهای ورودی در مدل ۵-۴-۲-۳ ۹۷

- شکل (۲۵-۵) رابطه بین درصد میکروسیلیس و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به مواد سیمانی برای نمونه ۳۶ ماهه..... ۹۸
- شکل (۲۶-۵) توابع عضویت برای پارامترهای ورودی در مدل ۴-۲-۴-۵..... ۹۹
- شکل (۲۷-۵) رابطه بین نسبت آب به مواد سیمانی و ضریب انتشارپذیری در مدت زمان‌های قرارگیری مختلف و $SF=0$ ۱۰۱
- شکل (۲۸-۵) توابع عضویت بدست آمده برای پارامترهای ورودی برای مدل ۵-۲-۴-۵..... ۱۰۲
- شکل (۲۹-۵) رابطه بین درصد میکروسیلیس و ضریب انتشارپذیری در نسبت‌های مختلف آب به مواد سیمانی برای نمونه ۳۶ ماهه..... ۱۰۴
- شکل (۳۰-۵) مقایسه مقادیر ضریب انتشارپذیری اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده مدل ۲-۲-۴-۵..... ۱۰۵
- شکل (۳۱-۵) رابطه درصد میکروسیلیس و نسبت آب به مواد سیمانی با ضریب انتشارپذیری..... ۱۰۶
- شکل (۳۲-۵) رابطه درصد میکروسیلیس و مدت زمان قرارگیری با ضریب انتشارپذیری..... ۱۰۷
- شکل (۳۳-۵) رابطه نسبت آب به مواد سیمانی و مدت زمان قرارگیری با ضریب انتشارپذیری..... ۱۰۸

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) الگوریتم آموزش ترکیبی در مدل ANFIS ۳۳
- جدول (۱-۳) تجزیه شیمیایی آب خلیج فارس در مقایسه با سایر دریاها (میلیگرم در لیتر) ... ۴۲
- جدول (۲-۳) دمای هوا در شهر بندر عباس ۴۴
- جدول (۳-۳) نفوذپذیری یون کلر در بتن مطابق با استاندارد ASTM C1202 ۵۹
- جدول (۱-۵) اطلاعات مدل ۱-۱-۴-۵ ۷۶
- جدول (۲-۵) اطلاعات مدل ۲-۱-۴-۵ ۷۷
- جدول (۳-۵) خطاها برای مدل ۲-۱-۴-۵ ۷۹
- جدول (۴-۵) اطلاعات مدل ۳-۱-۴-۵ ۸۰
- جدول (۵-۵) خطاها برای مدل ۳-۱-۴-۵ ۸۱
- جدول (۶-۵) اطلاعات مدل ۴-۱-۴-۵ ۸۳
- جدول (۷-۵) خطاهای مدل ۴-۱-۴-۵ ۸۴
- جدول (۸-۵) اطلاعات مدل ۱-۲-۴-۵ ۸۶
- جدول (۹-۵) خطاهای مدل ۱-۲-۴-۵ ۸۷
- جدول (۱۰-۵) اطلاعات مدل ۲-۲-۴-۵ ۸۹
- جدول (۱۱-۵) خطاها برای مدل ۲-۲-۴-۵ ۸۹

جدول (۱۲-۵) اطلاعات مدل در حالت ۳-۲-۴-۵..... ۹۶

جدول (۱۳-۵) خطاها برای مدل ۳-۲-۴-۵..... ۹۶

جدول (۱۴-۵) اطلاعات مدل ۴-۲-۴-۵..... ۹۹

جدول (۱۵-۵) خطاها برای مدل ۴-۲-۴-۵..... ۱۰۰

جدول (۱۶-۵) اطلاعات مدل ۵-۲-۴-۵..... ۱۰۱

جدول (۱۷-۵) خطاها برای مدل ۵-۲-۴-۵..... ۱۰۲

فصل اول

مقدمه