بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران- سازه

عنوان:

بهینه سازی طرح اختلاط بتن به وسیله سیستمهای فازی-عصبی و الگوریتم اجتماع مورچگان

اساتید راهنما:

دکتر محمدرضا سهرابی

دکتر محمدرضا قاسمی

تحقیق و نگارش:

ابوحمزه صائب

تابستان ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان **بهینه سازی طرح اختلاط بتن به وسیله سیستمهای فازی-عصبی و الگوریتم اجتماع مورچگان** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد **مهندسی عمران** توسط دانشجو **ابوحمزه صائب** با راهنمایی استاد پایان نامه **دکتر محمدرضا سهرابی و دکتر محمدرضا قاسمی** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

ابوحمزه صائب

این پایان نامه ...**۸**.... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ...**۱۳۹۰/۷/۱۲**... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..**عالی**... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	محمدرضا سهرابی		
استاد راهنما:	محمدرضا قاسمی		
استاد مشاور:			
داور ۱:	ناصر شابختی		
داور ۲:	غلامرضا عزیزیان		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	مرتضی زیودار		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب ابوحمزه صائب تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

ابوحمزه صائب

«کسی که در راه رضای خالق از رضایت خلق درگذرد هم خدا و هم خلق خدا از او راضی خواهند بود

اما کسی که در راه رضایت خلق، خداوند را به خشم آورد هم خدا و هم خلق او، از او ناراضی خواهند بود»

آخرین پیام بر

تقدیم به همه مهندسانی که جان در راه هدف دادند

در حداکثر سازی رضای خالق کوشیدند

و از تمام قیود دنیا گذشتند

بسم الله الرحمن الرحیم

حمد و ستایش خاص یکتا پروردگاری ست که به دست توانایش بندگان را از عدم به عرصه وجود رساند تا آنچه را شایسته ایشان است بدیشان عرضه نماید . ایشان را به زیور عقل بیاراست و رهنمایانی از خود ایشان برآنان بفرستاد تا از ظلمات جهل وغفلت خلاصی یافته و خود آنچه را شایسته آنند، به عین الیقین دریافته پس در دریای نور رحمانیت احدی معلق گردند. و درود بر ارواح پاک انبیای اولین و آخرین و بر چهارده ستاره پرفروغ که در آیینه وجود ایشان نور رحیمیت الهی بر بندگانش تابیده است و سلام بر روح خدا در این عصر تاریکی و خلف بر حقش.

شکر و سپاس خدای منان را که مرا در دامان پدر و مادری پرورش داد، که زبان و جسم و قلب و روح من هرگز توانا بر جبران بزرگی و مهربانی آنها نیست. و برادرانم که از ایشان برادری و فداکاری را آموختم و و خواهرم که محبت را معناست و سپاس از هدیه پرارزش الهی، همسرم، که هیچگاه لایق این لطف نبوده ام.

در اینجا از تمامی کسانی که در اتمام این پایان نامه به هر نحو کمکی کرده اند علی الخصوص جناب آقای دکتر قاسمی، جناب آقای دکتر سهرابی و دوست خوبم مهندس شایان اسفراینی، مهندس حسین نیکنام، مهندس بابک دیزنگیان، دکتر امین قربانی، مهندس محمد فرشچین، مهندس احسان ولیان، مهندس غلامرضا آهنی و تمامی دوستانم در دانشگاه سیستان و بلوچستان تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده:

هدف از این تحقیق نیمه تجربی، بهینه سازی طرح اختلاط بتن به منظور یافتن حداکثر مقاومت فشاری یا حداقل قیمت می باشد. برای این منظور از داده های آزمایشگاهی جمع آوری شده از منابع معتبر استفاده شده است و برای هر سری از داده ها عملیات بهینه یابی صورت گرفته است. محدودیت های طرح اختلاط بتن، شامل حجم کلی مخلوط ، نسبت های مصالح ، وزن هر ماده و مقاومت فشاری مورد نظر در بهینه سازی قیمت، برای هر مثال به سیستم اعمال گردیده است. محدودیت های آیین نامه ای برای این تحقیق در نظر گرفته نشده است بلکه منحصرا تکیه بر نتایج در آزمایش های تجربی شده است، گرچه طرح اختلاط در این آزمایش ها هرکدام بر مبنای آیین نامه خاصی رعایت شده است.

در این تحقیق برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن، از سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی استفاده می شود. همچنین برای صحت سنجی روش کار از جداسازی داده ها و تفکیک داده ها به دو دسته جداگانه داده های آموزش و داده های ارزیابی استفاده شده است. از تکنیک خوشه بندی فازی برای کاهش حجم پایگاه قوانین که منجر به افزایش سرعت اجرای برنامه و بهبود نتایج آن می شود استفاده شده است.

به واسطه عدم ارائه یک تابع پیوسته به وسیله سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی، نمی توان از روش های مبتنی بر شیب به منظور به دست آوردن جواب بهینه استفاده کرد. در پژوهش حاضر از الگوریتم های اجتماع مورچگان، شامل سیستم مورچگان، سیستم مورچگان رتبه بندی شده و سیستم جامعه مورچگان برای بهینه سازی مقاومت و قیمت استفاده شده است.

نتایج نشان می دهند که سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی به همراه الگوریتم های اجتماع مورچگان نتایج نزدیک به بهینه ای را برای مقاومت و قیمت ارائه می‌کنند.

واژگان کلیدی: بهینه سازی، طرح اختلاط بتن، مقاومت فشاری، قیمت، منطق فازی، اجتماع مورچگان

فهرست

مقدمه و کلّیات ۱

۱-۱- مقدمه: ۲

۱-۲- پیشینه پژوهش: ۳

۱-۳- رئوس مطالب: ۵

مقدمه ای بر بهینه سازی ۷

۲-۱- مقدمه: ۸

۲-۲- معرفی مسئله بهینه سازی: ۹

۲-۲-۲.قیود طراحی: ۱۰

۲-۲-۳- رویه قید : ۱۱

۲-۲-۴- تابع هدف: ۱۳

۲-۳- تبدیل مسئله مقید به نامقید به روش تابع جریمه: ۱۴

۲-۴ – روشهای متعارف بهینه سازی: ۱۵

بهینه سازی به روش الگوریتم اجتماع مورچگان ۱۸

۳-۱- مقدمه بر الگوریتم مورچگان: ۱۹

۳-۲- الگوریتم سیستم مورچگان (AS): ۲۱

۳-۲-۱- تشکیل تور: ۲۲

۳-۲-۲- بهنگام سازی فرومون مسیرها: ۲۳

۳-۳- الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS): ۲۵

۳-۴- الگوریتم سیستم کلونی مورچگان (ACS): ۲۶

۳-۴-۱- روند تشکیل تور در الگوریتم ACS: ۲۷

۳-۴-۲- رابطه بهنگام سازی فرومون مسیرها در ACS: ۲۷

۳-۴-۲-۱- بهنگام سازی محلی: ۲۷

۳-۴-۲-۲- بهنگام سازی کلی: ۲۸

۶-۳-۵- مدلسازی طرح اختلاط بتن به روش الگوریتم مورچگان: ۲۸

منطق فازی و سیستم استنتاج فازی عصبی ۳۲

۴-۱- مقدمه: ۳۳

۴-۲- اصول بنیادی منطق فازی: ۳۴

۴-۲-۱- مجموعه‌های فازی: ۳۴

۴-۲-۲- تابع عضویت ۳۵
۴-۲-۳- عملیات بر روی مجموعه‌های فازی ۳۷
۴-۲-۴- متغیرهای زبانی و قواعد "اگر – آنگاه" فازی ۳۸
۴-۲-۵- غیرفازی کردن ۳۹
۴-۲-۶- سیستم استنتاج فازی (FIS) ۳۹
۴-۲-۶-۱- سیستم استنتاج فازی تاکاگی- سوگنو ۴۱
۴-۲-۷- سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS) ۴۲
۴-۲-۷-۱- شبکه‌های تطبیقی ۴۳
۴-۲-۷-۲- معماری مدل ANFIS ۴۴
۴-۲-۷-۳- تخمین پارامترها بهینه توابع عضویت در مدل ANFIS ۴۶
۴-۳- مفهوم خوشه بندی: ۴۶
۴-۳-۱- خوشه بندی فازی: ۴۷
۴-۳-۲- الگوریتم خوشه بندی c میانگین فازی: ۴۸
۴- ۳-۳- خوشه‌بندی کاهشی: ۴۸
۴-۴- مدل سازی ANFIS در MATLAB: ۴۹
۴-۴-۱- دستور genfis: ۴۹
۴-۴-۲- دستور genfis3: ۵۰
۴-۴-۳- دستور anfis: ۵۰
۴-۴-۴- دستور evalfis: ۵۱
۴-۵- شاخص های ارزیابی عملکرد: ۵۲
۴-۶- مشخصات مدل ANFIS بکار رفته در این تحقیق: ۵۲
طرح اختلاط بتن ۵۴
۵-۱- تعریف بتن: ۵۵
۵-۲- بتن مناسب: ۵۵
۵-۳- مواد متشکله بتن: ۵۵
۵-۴- تعیین نسبتهای اختلاط: ۵۶
۵-۵- پارامترهای طرح اختلاط بتن: ۵۶
۵-۵-۱- نسبت آب به سیمان: ۵۶
۵-۵-۲- منحنی سنگدانه: ۵۷

۵-۵-۳- حجم کلی مخلوط: ۵۸
۵-۶- مواد افزودنی بتن: ۵۸
۵-۶-۱- میکروسیلیس: ۵۹
۵-۶-۲- خاکستر بادی: ۶۰
۵-۶-۳- روباره آهنگدازی: ۶۱
بهینه سازی طرح اختلاط بتن و ارائه نتایج ۶۴
۶-۱- مقدمه ۶۵
۶-۲– روش حل مسائل ۶۵
۶-۲–۱– انتخاب داده های تجربی مناسب ۶۵
۶-۲–۲– انتخاب پارامترهای بهینه سیستم استنتاج فازی عصبی ۶۷
۶-۲-۳- یافتن پارامترهای مستقل بردار طراحی و نوشتن قیود مسئله: ۶۹
۶-۲-۴- راه اندازی الگوریتم مورچگان: ۷۱
۶-۲-۴-۱- جمعیت مورچه های به کار رفته، فرومون اولیه، محاسبه فرومون، پارامترهای تبخیر: ۷۱
۶-۲-۵- ارزیابی نتایج بهینه سازی: ۷۳
۶-۳- ارائه مثال ها: ۷۵
مثال شماره ۱: بهینه سازی مقاومت فشاری و قیمت بتن حاوی خرده لاستیک: ۷۵
مثال شماره ۲: بهینه سازی مقاومت بتن حاوی خاکستر بادی: ۹۰
مثال شماره ۳: بهینه سازی مقاومت بتن حاوی روباره آهن گدازی: ۹۷
نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۳
۷-۱- مقدمه ۱۰۴
۷-۲- نتیجه گیری ۱۰۵
۷-۳- پیشنهادات برای ادامه پژوهش ۱۰۷
پیوست ها ۱۰۸
منابع: ۱۲۰

فهرست شکل ها:

شکل ۲-۱: نمایش رویه های قید در یک فضای طراحی دو بعدی فرضی..... ۱۳

شکل ۳-۱: نمایش رفتار کلونی مورچگان در جستجوی کوتاهترین مسیر بین لانه و منبع غذایی..... ۲۰

شکل ۳-۲: فلوچارت الگوریتم سیستم مورچگان ۲۵

شکل ۳-۳: شکل کلی ایجاد تور کلونی مورچگان در تحقیق حاضر..... ۲۹

شکل ۴-۱: ارتباط بین پیچیدگی یک سیستم و دقت مدل [۳۷] ۳۳

شکل ۴-۲:مقایسه مجموعه‌های فازی و کلاسیک: (الف) مجموعه کلاسیک، (ب) مجموعه فازی [۳۷]..... ۳۵

شکل ۴-۳: انواع تابع عضویت [38]..... ۳۶

شکل ۴-۴: تابع عضویت گوسین بهمراه معادله‌ی بیانگر این تابع و دو پارامتر آن [۳۶]..... ۳۶

شکل ۴-۵: اعمال عملگرهای استاندارد اجتماع (AND)، اشتراک (OR) و متمم (NOT) فازی بر روی مجموعه‌های A و B در دو حالت (a) کلاسیک و (b) فازی [40]..... ۳۷

شکل ۴-۶: بخش‌های اصلی یک سیستم استنتاج فازی [38 و 42]..... ۴۰

شکل ۴-۸: نحوه عملکرد یک قانون در یک سیستم سوگنو [38] ۴۲

شکل ۴-۸: شمای کلی یک شبکه تطبیقی (Adaptive Network) [42]..... ۴۳

شکل ۴-۱۰: (a) سیستم استنتاج فازی سوگنو با دو ورودی، دو قانون و یک خروجی؛ (b) معماری مدل ANFIS معادل سیستم استنتاجی سوگنوی بخش a [42]..... ۴۴

شکل ۴-۱۱: خوشه بندی فازی، داده وسط متعلق به هر دو خوشه است..... ۴۷

شکل ۶-۱: مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط ANFIS برای داده های آموزش (مثال شماره یک)..... ۷۷

شکل ۶-۲: مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط ANFIS برای داده های ارزیابی..... ۷۸

شکل ۶-۳: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره یک)..... ۸۰

شکل ۶-۴: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره یک) ۸۰

شکل ۶-۵: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان (ACS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره یک)..... ۸۰

شکل ۶-۶: نمودار مقاومت – قیمت و پوش قیمت (مثال شماره ۱)..... ۸۱

شکل ۶-۷: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۲۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۳

شکل ۶-۸: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۲۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۳

شکل ۶-۹: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان (ACS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۲۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۳

شکل ۶-۱۰: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۳۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۵

شکل ۶-۱۱: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۳۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۵

شکل ۶-۱۲: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان (ACS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۳۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۵

شکل ۶-۱۳: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۵۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۷

شکل ۶-۱۴: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۵۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۷

شکل ۶-۱۵: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان (ACS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۵۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۷

شکل ۶-۱۶: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۷۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۹

شکل ۶-۱۷: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۷۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۹

شکل ۶-۱۸: نمودار همگرایی الگوریتم اجتماع سیستم مورچگان (ACS) برای بهینه سازی قیمت بتن با مقاومت ۷۰ MPa (مثال شماره یک) ۸۹

شکل ۶-۱۹: نمودار مقایسه جواب های بهینه الگوریتم های اجتماع مورچگان و پوش قیمت- مقاومت داده های تجربی مثال ۱ ..... ۹۰

شکل ۶-۲۰: مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط ANFIS برای داده های آموزش (مثال شماره ۲) ۹۴

شکل ۶-۲۱: مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط ANFIS برای داده های ارزیابی (مثال شماره ۲) ۹۴

شکل ۶-۲۲: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره ۲) ۹۶

شکل ۶-۲۳: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره ۲) ۹۶

شکل ۶-۲۴: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان (ACS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری (مثال شماره ۲) ۹۶

شکل ۶-۲۵: مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط ANFIS برای داده های آموزش (مثال شماره ۳) ۱۰۰

شکل ۶-۲۶: مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط ANFIS برای داده های ارزیابی (مثال شماره ۳) ۱۰۰

شکل ۶-۲۷: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان (AS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره ۳)....۱۰۲

شکل ۶-۲۸: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم مورچگان رتبه بندی شده (RBAS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره ۳)..... ۱۰۲

شکل ۶-۲۹: نمودار همگرایی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان (ACS) برای بهینه سازی مقاومت فشاری(مثال شماره ۳) ۱۰۲

فهرست جدول ها:

جدول ۵-۱: چگالی ظاهری و حدود استفاده از مواد مختلف در طرح اختلاط مثال ۱ ..... ۵۹

جدول ۵-۲: چگالی ظاهری مصالح مثال شماره ۲ ..... ۶۱

جدول ۵-۳:چگالی ظاهری مصالح مثال شماره ۳ ..... ۶۲

جدول ۵-۴: ترکیبات عمده شیمایی مواد پوزولانی مورد استفاده در مثال های این پژوهش[49] ، [48] و [46] ۶۳

جدول ۶-۱: حدود متغیرها و گام افزایش (مثال ۱) ۷۶

جدول ۶-۲: پارامترهای بهینه ANFIS در مثال ۱ ..... ۷۶

جدول ۶-۳: پارامترهای عملکرد ANFIS در مثال ۱ ..... ۷۷

جدول ۶-۴: نتایج ۱۰۰ تکرار بهینه سازی مقاومت فشاری برای الگوریتم های اجتماع مورچگان مثال شماره ۱ ..... ۷۸

جدول ۶-۵: قیمت های استفاده شده برای بهینه سازی قیمت مثال یک ۸۱

جدول ۶-۶: نتایج بهینه سازی قیمت برای الگوریتم های اجتماع مورچگان برای مقاومت هدف ۲۰ MPa ۸۲

جدول ۶-۷: نتایج بهینه سازی قیمت برای الگوریتم های اجتماع مورچگان برای مقاومت هدف ۳۰ MPa ۸۴

جدول ۶-۸: نتایج بهینه سازی قیمت برای الگوریتم های اجتماع مورچگان برای مقاومت هدف ۵۰ MPa ۸۶

جدول ۶-۹: نتایج بهینه سازی قیمت برای الگوریتم های اجتماع مورچگان برای مقاومت هدف ۷۰ MPa ۸۸

جدول ۶-۱۰: مقادیر حداقل و حداکثر و گام افزایش متغییر های بهینه سازی مثال شماره ۲ ..... ۹۲

جدول ۶-۱۱: پارامترهای بهینه ANFIS برای مثال شماره ۲ ..... ۹۳

جدول ۶-۱۲: پارامترهای عملکرد ANFIS در مثال ۲ ..... ۹۳

جدول ۶-۱۳: نتایج ۱۰۰ تکرار بهینه سازی مقاومت فشاری برای الگوریتم های اجتماع مورچگان مثال شماره ۲ ..... ۹۵

جدول ۶-۱۴: مقادیر حداقل و حداکثر و گام افزایش برای گسسته سازی مثال شماره ۳ ..... ۹۹

جدول ۶-۱۵: پارامترهای بهینه ANFIS مثال شماره ۳ ..... ۹۹

جدول ۶-۱۶: پارامترهای عملکرد ANFIS در مثال ۳.....۹۹

جدول ۶-۱۷: نتایج ۱۰۰ تکرار بهینه سازی مقاومت فشاری برای الگوریتم های اجتماع مورچگان مثال شماره ۳.....۱۰۱

فهرست علامت ها:

$\tilde{A}$	مجموعه فازی
A	مجموعه کلاسیک
Add.	مواد جایگزین سیمان
A_i	تعداد نقطه های قابل انتخاب برای متغیر پیوسته i ام
C	سیمان
c	پارامتر مرکزی تابع گوسین
CA	مقدار مصالح درشت دانه در طرح اختلاط (Kg/m^3)
C^{nn}	تور تشکیل شده از نزدیکترین شهرها (TSP)
CR	مقدار مصالح خرده لاستیک در طرح اختلاط (Kg/m3)
d_{ij}	فاصله بین i و j
FA	مقدار مصالح ریزدانه در طرح اختلاط (Kg/m^3)
Fly Ash	مقدار خاکستر بادی در طرح اختلاط (Kg/m^3)
g_i	قید نامساوی i ام
GGBFS	مقدار مصالح روباره آهنگدازی در طرح اختلاط (Kg/m^3)
L_i	قید مساوی i ام
L_k	طول تور k امین مورچه
m	تعداد مورچه ها
MRE	حداکثر خطای نسبی
MSE	میانگین مربعات خطا
OP_i^j	خروجی i ام از لایه j ام (ANFIS)
q	پارامتر احتمالاتی در ACS
R^2	ضریب همبستگی
RMSE	ریشه میانگین خطای مربعات
SF	مقدار مصالح میکروسیلیس در طرح اختلاط (Kg/m^3)
SP	مقدار مصالح فوق روان کننده در طرح اختلاط (Kg/m^3)
t	شماره تکرار تور
TC	مقدار مصالح تکه تایر در طرح اختلاط (Kg/m^3)
T_k	تور k امین مورچه
V	حجم
V_a	حجم هوای محبوس
w	تعداد مورچه های برتر (RBAS)
X	بردار طراحی
x	متغیر طراحی n ام
x_b	مقدار مرزی متغیر
x_o	خروجی (مشاهده شده) تجربی
x_p	خروجی پیش بینی شده
α	اهمیت (توان) فرومون
β	اهمیت (توان) بصیرت
$\Delta\tau^k_{ij}$	فرومون محاسبه شده برای مورچه k ام روی مسیر i و j
η_{ij}	بصیرت بین مسیر i و j
μ	رتبه مورچه (RBAS)
μ_{Ai}	درجه عضویت متغیر i ام در مجموعه فازی A
ξ	ضریب تبخیر محلی فرومون (ACS)
ρ	ضریب تبخیر فرومون
ρ	جرم مخصوص (gr/cm^3)
σ	عرض تابع گوسین
τ_{ij}	فرومون روی مسیر بین i و j

فصل اول

مقدمه و کلّیات

۱-۱- مقدمه:

استفاده از بتن نه تنها امری رایج در جهان امروز است بلکه حجم تولید آن یکی از مشخصات توسعه یافتگی کشورهاست. بتن که پس از آب پرمصرف ترین ماده در دنیاست، به واسطه در دسترس بودن مواد تشکیل دهنده آن، هماهنگی با محیط زیست و مشخصات فنی مطلوب در تمامی پروژه های بزرگ و کوچک استفاده می شود. با این حال به خاطر پیچیدگی بافت بتن و به تبع آن طرح اختلاط آن، تولید صحیح این ماده ارزشمند هنوز با استفاده از روندهای آزمایشی هزینه بر و وقت گیر صورت می گیرد و باعث کندی روند اجرای آن و افزایش هزینه ها می گردد.

انگیزه این تحقیق بررسی کارایی استفاده از دانش تجربی موجود برای تولید طرح های بهینه بدون حضور در آزمایشگاه است. برای این منظور بایستی به سیستم هایی که توانایی آموزش پذیری توسط داده های تجربی را دارند، متوسل شد. شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی و ... ابزار مناسبی برای این امر به نظر می آیند.

هدف از این تحقیق ، بهینه‌سازی طرح اختلاط بتن به منظور یافتن حداکثر مقاومت فشاری یا حداقل هزینه تولید می‌باشد. برای این منظور، از داده‌های آزمایشگاهی جمع‌آوری شده از منابع معتبر استفاده شده‌است و برای هر سری از داده‌ها عملیات بهینه‌یابی صورت گرفته‌است. محدودیت‌های طرح اختلاط بتن، شامل حجم کلی مخلوط ، نسبت‌های مصالح، وزن هر ماده و مقاومت فشاری موردنظر در بهینه‌سازی قیمت، برای هر مثال به سیستم اعمال گردیده‌است. محدودیت‌های آیین نامه‌ای برای این تحقیق در نظر گرفته نشده، بلکه منحصراً تکیه بر نتایج به دست آمده تجربی شده است. گرچه طرح اختلاط در این آزمایش‌ها هرکدام بر مبنای آیین-نامه‌ی خاصی صورت گرفته است.

به این منظور به‌دست آوردن معادله‌هایی برای محاسبه مقاومت و قیمت ضروری است. به دست آوردن معادله-ای برای محاسبه‌ی قیمت طرح آسان است، ولی تاکنون معادله‌ای تحلیلی برای به دست‌آوردن مقاومت فشاری بتن ارائه نگردیده است و تمام تلاش‌ها به وسیله روش‌های آماری و عددی صورت گرفته‌است. استفاده از سیستم‌های هوشمند مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های استنتاج فازی، گزینه‌ی مناسبی برای پیش‌بینی مقاومت فشاری بتن به نظر می‌رسند. در این پژوهش، برای پیش‌بینی مقاومت فشاری بتن، از سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی استفاده می‌شود. داده‌های تجربی برای هر مثال نرمال‌سازی شده و پس

از آن برای آموزش شبکه به‌کار می‌روند. در این پژوهش، برای صحت‌سنجی روش کار، از جداسازی داده‌ها و تفکیک داده‌ها به دو دسته جداگانه‌ی، داده‌های آموزش و داده‌های ارزیابی استفاده شده‌است. گرچه در پایان با یافتن پارامترهای بهینه‌ی سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی از کل داده‌ها به عنوان منبع دانش تجربی در آموزش استفاده می‌شود. همچنین، از تکنیک خوشه‌بندی فازی برای کاهش حجم پایگاه قوانین فازی که منجر به افزایش سرعت اجرای برنامه و بهبود نتایج آن می‌شود، استفاده شده‌است.

به واسطه‌ی عدم ارائه‌ی یک تابع پیوسته به وسیله سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی، نمی‌توان از روش‌های مبتنی بر شیب به منظور به‌دست‌آوردن جواب بهینه‌ی مقاومت استفاده کرد. بهترین گزینه برای بهینه‌سازی در چنین مواردی، استفاده از الگوریتم‌های فرااکتشافی است. زیرا این روش ها، مبتنی بر مقدار تابع هدف و نه مشتق آن، هستند. در پژوهش حاضر از الگوریتم‌های اجتماع مورچگان، شامل سیستم مورچگان، سیستم مورچگان رتبه‌بندی شده و سیستم جامعه‌ی مورچگان برای بهینه‌سازی مقاومت و قیمت استفاده شده است.

۱-۲- پیشینه پژوهش:

در چند سال اخیر، تحقیقات متعددی بر روی بهینه‌سازی و تعیین نسبت‌های اختلاط بتن صورت گرفته است، که اغلب آنها بر مبنای نتایج آزمایشگاهی و به وسیله‌ی ابزارهای مختلف، روشی برای یافتن نسبت‌های اختلاط بتن های مختلف را ارائه کرده‌اند[12-1] . در ادامه به بررسی مهمترین پژوهش ها در زمینه بهینه سازی طرح اختلاط بتن می پردازیم.

در سال ۱۹۹۹ چنگ یه [1] با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و برنامه ریزی غیرخطی به مدل سازی و بهینه سازی مخلوط های بتن با عملکرد بالا[1] پرداخت. هدف وی رسیدن به مقاومت فشاری مشخصه و اسلامپ معینی حداقل سازی قیمت مخلوط بود. وی از داده های چند تجربه آزمایشگاهی مجزا برای آموزش شبکه عصبی بهره برده است. ایراد عمده بر این پژوهش ضریب همبستگی پایین داده های تجربی و مدل ساخته شده است. لیم و همکاران [4] در سال ۲۰۰۴ از رگرسیون خطی و الگوریتم ژنتیک برای یافتن طرح مناسبی برای بتن با عملکرد بالا بهره بردند. ایشان با استفاده از داده های تجربی موجود در منابع توانستند روشی سریع تر و با تعداد سعی خطای کمتر برای یافتن اختلاط مطلوب بتن با عملکرد بالا ارائه کنند. تجزیه فضای آموزش و

[1] High performance concrete

ارائه دو تابع هدف مدل سازی برای مقاومت و همچنین اسلامپ نتوانسته است همبسگی مناسبی را بین مدل و نتایج تجربی ایجاد کند.

امیرجانوف و همکاران در سال ۲۰۰۶ [5] به بهینه سازی قیمت مخلوط های بتنی حاوی میکروسیلیس بهمراه دو ماده خاکستر بادی و روباره آهنگدازی پرداخته است. ایشان از یک تابع درونیاب درجه دو برای مدل سازی رفتار بتن بهره برده و درپایان برای رسیدن به مقاومت و اسلامپی مشخص و کمترین قیمت از الگوریتم ژنتیک بهمراه تعدادی قید استفاده کرده است. بار دیگر چنگ یه در سال ۲۰۰۷ [9] با بهره بردن از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی غیرخطی به بهینه سازی قیمت مخلوط های حاوی خاکستر بادی و روباره آهنگدازی پرداخته است. وی از رویکرد تابع جریمه برای رسیدن به کارایی و مقاومت مشخص استفاده کرده است.

در سایر پژوهش ها از روش های مختلفی مانند شبکه های عصبی مصنوعی[2,10,11]، منطق فازی و سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی[7,11] و روش های آماری نظیر رگرسیون و دیگر روش‌ها برای به‌دست آوردن رابطه‌ای برای بکاربردن در بهینه‌سازی استفاده شده‌است. همچنین از روش‌های متفاوتی نظیر برنامه‌ریزی غیرخطی [1] تا الگوریتم ژنتیک [4,5] و دیگر روش‌ها در بهینه‌سازی مشخصات بتن نظیر مقاومت فشاری-1] [4,6-11، قیمت[5] و ... استفاده شده‌است.

استفاده از منطق فازی در پیش‌بینی رفتار بتن نیز در این سال‌ها کاربرد زیادی داشته‌است و مقالات متعددی در این زمینه ارائه شده‌است[22-13]. نتایج این مقالات نشان از قابلیت بالای منطق فازی در پیش‌بینی رفتار و خواص مختلف بتن که تا حد زیادی دستخوش عدم اطمینان می‌باشد، دارد. همچنین استفاده از سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی، به عنوان روشی که به راحتی همانند شبکه‌های عصبی مصنوعی داده‌های تجربی را تبدیل به دانش می‌نماید، استفاده قابل توجهی در سال‌های اخیر داشته است[7,13,19].

استفاده الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا اکتشافی نظیر الگوریتم اجتماع مورچگان در حل مسایلی با ماهیت گسسته گسترش زیادی در حل مسایل مختلف مهندسی عمران، نظیر تحقیقات کمپ در بهینه‌سازی خرپاهای فضایی [23]، تحقیقات کاوه و همکاران در بهینه‌سازی سازه‌ها [27-24] سال‌های اخیر داشته است، لکن تاکنون پژوهشی با استفاده از الگوریتم اجتماع مورچگان برای بهینه‌سازی طرح اختلاط بتن انجام نگرفته‌است.