دانشگاه سیستان و بلوچستان

پایان نامه کارشناسی ارشد سازه

عنوان:

بررسی مطالعاتی طرح بهینه اختلاط بتن با استفاده از شبکه های عصبی RBF و الگوریتم ژنتیک

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا قاسمی

دکتر محمدرضا سهرابی

تحقیق و نگارش:

غلامرضا آهنی

۸۷۰۰۶۵۴

مهرماه ۱۳۹۰

چکیده

مقاومت بتن به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای لازم برای طراحی، به عوامل بسیار زیادی از قبیل طرح اختلاط بتن، جنس مواد تشکیل دهندۀ بتن، شرایط آزمایشگاهی، مهارت های فرد آزمایش کننده، خطاهای آزمایشگاهی و..... بستگی دارد. از آنجا که بسیاری از این عوامل نامعلوم بوده و نمی توان به فرمولاسیون خاص و نسبتاً دقیقی برای مقاومت بتن دست یافت، لذا بکار بردن روشی که ورای فرمول های معمول ریاضی بتواند تا حد قابل قبولی مقاومت بتن را پیش بینی کند، حائز اهمیت خواهد بود. امروزه استفاده از شبکه های عصبی که الهام گرفته از رفتار مغز و نرون های عصبی است در مسائلی که ماهیتاً دارای مجهولات زیادی بوده ودر مواردی دسترسی به حل آنها ناممکن می نماید، رو به افزایش است. در بخش اول این تحقیق با در دست داشتن نتایج تعدادی نمونۀ آزمایشگاهی (شامل درصدهای اجزاء تشکیل دهنده نمونه و مقاومت نمونه مورد نظر)، یک شبکه عصبی، آموزش داده خواهد شد. پس از آزمایش، شبکه این قابلیت را خواهد داشت که با داشتن اوزان اجزاء تشکیل دهندۀ یک متر مکعب بتن، مقاومت فشاری آن را پیش بینی کند.

در بخش دوم این تحقیق با استفاده از الگوریتم های ژنتیک در یک فضای چند بعدی که هر بعد آن یکی از اجزاء تشکیل دهندۀ بتن می باشد، به جستجو پرداخته تا نقطه مورد نظر که دارای مقاومت بیشینه می باشد پیدا شود. این الگوریتم های ژنتیک، الگوریتم های جستجوی هستند که بر اساس ساز و کار انتخاب طبیعی بنا نهاده شده اند. این الگوریتم ها مناسب ترین رشته ها را از میان اطلاعات تصادفی سازماندهی شده، با روش جستجوی انسانی انتخاب می‌کنند. در هر نسل یک گروه جدید رشته ها با استفاده از بهترین قسمت های دنباله های قبلی و بخش جدید اتفاقی برای رسیدن یه یک جواب مناسب بوجود می آید. هنگام پیشامد سازی، الگوریتم های وراثتی عمل پیشامد سازی ساده را نمی پیمایند، بلکه آنها داده های پیشین را با تفکر انتخاب نقاط جستجوی جدید برای رسیدن به پیشرفت مورد نظر، توأم می کنند. تابع برازش مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک بکار رفته در این تحقیق، شبکۀ عصبی از نوع Radial Basis Function (RBF) می باشد که در بخش اول تحقیق آموزش داده شده است.

واژگان کلیدی: طرح اختلاط بتن، مقاومت فشاری بتن، شبکه عصبی RBF، الگوریتم ژنتیک

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱- مقدمه کلی..... ۲

۱-۲- کاربرد روش های هوش محاسباتی در تکنولوژی بتن..... ۴

۱-۳- طرح مشکل و ضعف های موجود در روش های سنتی طرح اختلاط بتن..... ۵

۱-۴- معرفی و اهداف پایان نامه..... ۶

۱-۵- مروری بر مطالب فصول آینده..... ۷

فصل دوم : مقدمه ای بر شبکه های عصبی..... ۸

۲-۱- مقدمه..... ۹

۲-۲- انگیزه های بیولوژیکی..... ۱۰

۲-۳- ویژگی های شبکه های عصبی مصنوعی..... ۱۲

۲-۳-۱- قابلیت یادگیری..... ۱۲

۲-۳-۲- پراکندگی اطلاعات..... ۱۳

۲-۳-۳- قابلیت تعمیم..... ۱۳

۲-۳-۴- پردازش موازی..... ۱۳

۲-۳-۵- مقاوم بودن..... ۱۴

۲-۴- نرون مصنوعی..... ۱۴

۲-۵- تابع تحریک نرون..... ۱۵

۲-۶- شبکه های تک لایه..... ۱۷

۲-۷- شبکه های چند لایه..... ۱۸

۲-۸- آموزش شبکه..... ۲۰

۲-۸-۱- آموزش نظارت شده..... ۲۰

۲-۸-۲- آموزش نظارت نشده..... ۲۱

۲-۹- مشکلات آموزش..... ۲۲

۲-۱۰- مدهای عملکردی شبکه های عصبی..... ۲۲

فصل سوم: شبکه با تابع بنیادی شعاعی (RBF)..... ۲۴

۳-۱- مقدمه..... ۲۵

۳-۲- ساختار شبکه عصبی RBF..... ۲۵

۳-۳- الگوریتم آموزش شبکه عصبی RBF..... ۲۷

۳-۴- تعیین مراکز توابع شعاعی..... ۲۷

۳-۴-۱- انتخاب تصادفی مراکز..... ۲۸

۳-۴-۲- روش های انتخاب خود سازمان ده..... ۲۸

۳-۴-۳- روش های انتخاب نظارت شده..... ۲۹

۳-۵- محاسبه پهنای توابع شعاعی (σ)..... ۳۰

۳-۶- محاسبه وزن های لایه خروجی ۳۰
۳-۷- آموزش ماتریس وزن لایه خروجی ۳۱
۳-۸- نرمال سازی بردارهای آموزشی ۳۳
۳-۹- معرفی و بررسی ابزارهای ایجاد شبکه های RBF ۳۴
۳-۹-۱- مقدمه ۳۴
۳-۹-۲- ساختار شبکه تابع بنیادی شعاعی در نرم افزار MATLAB ۳۴
۳-۹-۳- توابع طراحی شبکه تابع بنیادی شعاعی در نرم افزار MATLAB ۳۷
۳-۹-۴- طراحی سریع ۳۷
۳-۹-۵- طراحی کارآمد ۳۹
۳-۹-۶- شبیه سازی خروجی های شبکه ۳۹
فصل چهارم: الگوریتم ژنتیک ۴۱
۴-۱- مقدمه ۴۲
۴-۲- الگوریتم ژنتیک ساده ۴۳
۴-۳- ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک ۴۴
۴-۴- مراحل عملکرد الگوریتم ژنتیک ۴۶
۴-۵- بدست آوردن طول رشته‌ها ۴۶
۴-۶- ایجاد جمعیت اولیه ۴۸
۴-۷- رمزگشایی ۴۹
۴-۷-۱- متغیرهای گسسته ۵۰
۴-۸- متغیرهای پیوسته ۵۱
۴-۹- تابع هدف ۵۲
۴-۹-۱- تابع هدف اصلاح شده ۵۲
۴-۹-۲- تبدیل مسائل مقید به مسائل نامقید ۵۳
۴-۹-۳- نامنفی کردن مقادیر تابع هدف ۵۳
۴-۹-۴- تبدیل مسئله کمینه‌سازی به بیشینه‌سازی ۵۴
۴-۱۰- معیارهای همگرایی ۵۷
۴-۱۱- انتخاب ۵۸
۴-۱۱-۱- انتخاب متناسب ۵۸
۴-۱۱-۲- انتخاب چرخ‌گردان ۵۹
۴-۱۱-۳- انتخاب مسابقه ای ۶۰
۴-۱۲- جفت‌سازی ۶۰
۴-۱۳- پیوند ۶۰
۴-۱۴- جهش ۶۱
فصل پنجم: پیش بینی مقاومت فشاری بتن با استفاده از شبکه های تابع بنیادی شعاعی (RBF)...۶۴
۵-۱- مقدمه ۶۵
۵-۲- نحوه ارائه زوجهای آموزشی به شبکه ۶۵
۵-۳- نرمالسازی زوجهای آموزشی ۶۶

۵-۴- سنجش میزان یادگیری و عملکرد شبکه ۶۷
۵-۵- مدل کردن مقاومت فشاری بتن با استفاده از شبکه عصبی RBF ۶۸
۵-۶- فرضیات مدلسازی شبکه‌های عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۱ ۶۸
۵-۷- فرضیات مدلسازی شبکه‌های عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۲ ۷۴
۵-۸- فرضیات مدلسازی شبکه‌های عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۳ ۸۰
فصل ششم: بهینه سازی طرح اختلاط بتن با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی ۸۵
۶-۱- مقدمه ۸۶
۶-۲- محاسبه طول کروموزوم های طراحی ۸۶
۶-۳- محاسبه برازندگی هر کروموزوم ۸۶
۶-۴- انتخاب روش های انتخاب، پیوند و جهش ۸۷
۶-۵- تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک ۸۷
۶-۶- بررسی مسئله بهینه سازی ۸۸
۶-۷- بهینه سازی طرح اختلاط بتن برای داده های نوع ۱ ۸۸
۶-۸- بهینه سازی طرح اختلاط بتن برای داده های نوع ۲ ۹۶
۶-۹- بهینه سازی طرح اختلاط بتن برای داده های نوع ۳ ۱۰۱
۶-۱۰-verification ۱۰۶
۶-۱۰-۱- verification طرح اختلاط نوع ۱ ۱۰۷
۶-۱۰-۲- verification طرح اختلاط نوع ۲ ۱۰۸
۶-۱۰-۳- verification طرح اختلاط نوع ۳ ۱۰۹
۶-۱۱- - بهینه سازی قیمت طرح اختلاط بتن ۱۱۰
فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۳
۷-۱- خلاصه ۱۱۴
۷-۲- نتیجه گیری ۱۱۴
۷-۳- پیشنهادات ۱۱۵
مراجع ۱۱۷

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۴-۱- مقادیر مجاز متغیرهای x_1,x_2 ..... ۴۶

جدول ۴-۲-مقادیر تابع هدف برای طرح‌های مختلف ۵۲

جدول ۴-۳- نامنفی کردن تابع هدف ۵۴

جدول ۴-۴- مقادیر تابع برازندگی برای طرح‌های مثال مورد بحث ۵۶

جدول ۵-۱- مشخصات هر یک از اجزای طرح اختلاط بتن ۶۸

جدول ۵-۲- مقادیر مینیمم و ماکزیمم بردارهای ورودی شبکه عصبی ۷۰

جدول ۵-۳- جزئیات طرح اختلاط بتن همراه با مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه و شبکه RBF برای زوج های آموزشی ۷۰

جدول ۵-۴- جزئیات طرح اختلاط بتن همراه با مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه و شبکه RBF برای زوج های آزمایشی ۷۲

جدول ۵-۵-پارامترهای آموزش شبکه عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۷۳

جدول ۵-۶- نتایج آموزش و آزمایش شبکه عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۷۳

جدول ۵-۷-مشخصات هر یک از اجزای طرح اختلاط بتن ۷۴

جدول ۵-۸- مقادیر مینیمم و ماکزیمم بردارهای ورودی شبکه عصبی ۷۵

جدول ۵-۹- جزئیات طرح اختلاط بتن همراه با مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه و شبکه RBF برای زوج های آموزش ۷۶

جدول ۵-۱۰- جزئیات طرح اختلاط بتن همراه با مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه و شبکه RBF برای زوج های آزمایشی ۷۷

جدول ۵-۱۱- پارامترهای آموزش شبکه عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۷۸

جدول ۵-۱۲- نتایج آموزش و آزمایش شبکه عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۷۸

جدول ۵-۱۳- مشخصات هر یک از اجزای طرح اختلاط بتن ۸۰

جدول ۵-۱۴- مقادیر مینیمم و ماکزیمم بردارهای ورودی شبکه عصبی ۸۱

جدول ۵-۱۵- جزئیات طرح اختلاط بتن همراه با مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه و شبکه RBF برای زوج های آموزشی ۸۱
جدول ۵-۱۶- جزئیات طرح اختلاط بتن همراه با مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه و شبکه RBF برای زوج های آزمایشی ۸۳
جدول ۵-۱۷- پارامترهای آموزش شبکه عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۳ ..... ۸۳
جدول ۵-۱۸- نتایج آموزش و آزمایش شبکه عصبی RBF برای طرح اختلاط نوع ۳ ..... ۸۳
جدول ۶-۱- طول هر ژن یا متغیر طراحی یرای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۸۹
جدول ۶-۲- مقادیر مختلف متغیرهای طرح اختلاط بتن با رشته های ۵ بیتی ۸۹
جدول ۶-۳-مقاومت فشاری بدست آمده بر حسب MPa با پارامترهای مختلف ۹۰
جدول ۶-۴- مقدار سیمان متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۱
جدول ۶-۵- مقدار میکروسیلیس متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۲
جدول ۶-۶- مقدار آب متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۲
جدول ۶-۷- مقدار فوق روان کننده متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ... ۹۳
جدول ۶-۸- مقدار درشت دانه متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۴
جدول ۶-۹- مقدار ریزدانه متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۴
جدول ۶-۱۰- مقدار crumb متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۵
جدول ۶-۱۱- مقدار tire متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۵
جدول ۶-۱۲-طول هر ژن یا متغیر طراحی یرای طرح اختلاط نوع۲ ..... ۹۶
جدول ۶-۱۳- مقادیر مختلف متغیرهای طرح اختلاط بتن با رشته های ۵ بیتی ۹۶
جدول ۶-۱۴- مقاومت فشاری بدست آمده بر حسب Mpa با پارامترهای مختلف ۹۷
جدول ۶-۱۵- مقدار آب به سیمان متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب درصد ۹۸
جدول ۶-۱۶- مقدار آب متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۹۸
جدول ۶-۱۷- مقدار ریزدانه به سنگدانه متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب درصد ۹۹
جدول ۶-۱۸- مقدار Flay Ash متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب درصد ۹۹
جدول ۶-۱۹- مقدار هوا متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۱۰۰

جدول ۶-۲۰- مقدار فوق روان کننده متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۱۰۰
جدول ۶-۲۱- طول هر ژن یا متغیر طراحی یرای طرح اختلاط نوع ۳ ..... ۱۰۱
جدول ۶-۲۲- مقادیر مختلف متغیرهای طرح اختلاط بتن با رشته های ۵ بیتی ۱۰۱
جدول ۶-۲۳- مقاومت فشاری بدست آمده بر حسب Mpa با پارامترهای مختلف ۱۰۲
جدول ۶-۲۴- مقدار سیمان متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۱۰۳
جدول ۶-۲۵- مقدار ماسه متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۱۰۳
جدول ۶-۲۶- مقدار شن متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۱۰۴
جدول ۶-۲۷- مقدار خرده لاستیک متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب.. ۱۰۴
جدول ۶-۲۸- مقدار پودرلاستیک متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب..... ۱۰۵
جدول ۶-۲۹- مقدار میکروسیلیس متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب... ۱۰۵
جدول ۶-۳۰- مقدار نانوسیلیس متناظر با مقاومت های بتن در جدول ۶-۳ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ۱۰۶
جدول ۶-۳۱- اجزای طرح اختلاط نو ع ۱ که بیشترین مقاومت فشاری را دارند ۱۰۷
جدول ۶-۳۲- اجزای طرح اختلاط حاصل از الگوریتم ژنتیک که دارای بیشترین مقاومت فشاری است برای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۱۰۷
جدول ۶-۳۳- اجزای طرح اختلاط نو ع ۲ که بیشترین مقاومت فشاری را دارند ۱۰۸
جدول ۶-۳۴- اجزای طرح اختلاط حاصل از الگوریتم ژنتیک که دارای بیشترین مقاومت فشاری است برای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۱۰۸
جدول ۶-۳۵- اجزای طرح اختلاط نو ع ۳ که بیشترین مقاومت فشاری را دارند ۱۰۹
جدول ۶-۳۶- اجزای طرح اختلاط حاصل از الگوریتم ژنتیک که دارای بیشترین مقاومت فشاری است برای طرح اختلاط نوع ۳ ..... ۱۰۹
جدول ۶-۳۷- قیمت هر یک از اجزای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۱۱۱
جدول ۶-۳۸- نتایج حاصل از بهینه سازی قیمت برای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۱۱۱
جدول ۶-۳۹- قیمت هر یک از اجزای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۱۱۲
جدول ۶-۴۰- نتایج حاصل از بهینه سازی قیمت برای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۱۱۲

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۲-۱. نواحی اصلی سلول عصبی بیولوژیکی ۱۱

شکل ۲-۲. ساختار یک نرون مصنوعی ۱۵

شکل ۲-۳. نرون مصنوعی با تابع تحریک ۱۶

شکل ۲-۴. شبکه عصبی تک لایه با تمام ارتباطات ممکن ۱۸

شکل ۲-۵. شبکه عصبی دو لایه با تمام ارتباطات ممکن ۱۹

شکل ۳-۱. ساختار کلی یک شبکه عصبی مصنوعی RBF ۲۶

شکل ۳-۲. نمودار تابع گوسین ۲۶

شکل ۳-۳. الگوریتم روش دسته بندی k-means ۲۹

شکل ۳-۴. نمایش پراکندگی داده ها در صفحه Y-X ۳۳

شکل ۳-۵. ساختار یک شبکه عصبی تابع بنیادی شعاعی در نرم افزار MATLAB ۳۵

شکل ۳-۶. یک بردار ورودی به شبکه RBF ۳۵

شکل ۳-۷. لایه پنهان شبکه RBF در نرم افزار MATLAB ۳۵

شکل ۳-۸. منحنی نمایش تابع بنیادی شعاعی ۳۶

شکل ۳-۹. لایه خروجی شبکه RBF در نرم افزار MATLAB ۳۷

شکل ۴-۱. دیسک گردان ۵۹

شکل ۴-۲. پیوند نقطه‌ای ۶۱

شکل ۴-۳. عملگر جهش ۶۲

شکل ۴-۴. فلوچارت الگوریتم ژنتیک ساده ۶۳

شکل ۵-۱. توپولوژی شبکه آموزش داده شده برای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۶۹

شکل ۵-۲. مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه و مقاومت فشاری حاصل ازآزمایشگاه برای داده ای آموزش ۷۴

شکل ۵-۳. همبستگی بین نتایج مقاومت فشاری حاصل ازشبکه ومقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه برای داده های آموزش ۷۴
شکل ۵-۴. مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل ازشبکه و مقاومت فشاری حاصل ازآزمایشگاه برای داده های آزمایشی ۷۴
شکل ۵-۵. همبستگی بین نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه ومقاومت فشاری حاصل ازآزمایشگاه برای داده های آزمایش ۷۴
شکل ۵-۶. توپولوژی شبکه آموزش داده شده برای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۷۵
شکل ۵-۷. مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه و مقاومت فشاری واقعی برای داده ای آموزش ۷۹
شکل ۵-۸. مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل ازشبکه و مقاومت فشاری واقعی برای داده های آزمایشی ۷۹
شکل ۵-۹. همبستگی بین نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه ومقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه برای داده های آموزش ۷۹
شکل ۵-۱۰. همبستگی بین نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه و مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه برای داده های آزمایش ۷۹
شکل ۵-۱۱. توپولوژی شبکه آموزش داده شده برای طرح اختلاط نوع ۳ ..... ۸۰
شکل ۵-۱۲. مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه و مقاومت فشاری واقعی برای داده ای آموزش ۸۴
شکل ۵-۱۳. مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل ازشبکه و مقاومت فشاری واقعی برای داده های آزمایشی ۸۴
شکل ۵-۱۴. همبستگی بین نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه و مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه برای داده های آموزش ۸۴
شکل ۵-۱۵. همبستگی بین نتایج مقاومت فشاری حاصل از شبکه و مقاومت فشاری حاصل از آزمایشگاه برای داده های آزمایش ۸۴
شکل ۶-۱- تغییرات هرینه در روند بهینه سازی قیمت با الگوریتم ژنتیک برای طرح اختلاط نوع ۱ ..... ۱۱۱
شکل ۶-۲- تغییرات هرینه در روند بهینه سازی قیمت با الگوریتم ژنتیک برای طرح اختلاط نوع ۲ ..... ۱۱۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه کلی

هوش محاسباتی یا CI به معنای استخراج هوش، دانش، الگوریتم یا نگاشت از دل محاسبات عددی بر اساس ارائه به روز داده های عددی می باشد. سیستم های هوش محاسباتی، دراصل سیستم های دینامیکی مدل آزاد را برای تقریب توابع و نگاشت ها ارائه می کنند. در کنار این ویژگی بسیار مهم، بایستی از ویژگی های مهم دیگری در ارتباط با خصوصیات محاسباتی سیستم های هوش محاسباتی نام برد که در کنار دقت قابل توجه، مقاوم بودن، انعطاف پذیری و سهولت بکار گیری این سیستم ها از اهمیت زیادی برخوردار است.

مؤلفه های مهم و اساسی هوش محاسباتی، شبکه های عصبی (محاسبات نرونی)، منطق فازی (محاسبات تقریبی) و الگوریتم های ژنتیک (محاسبات ژنتیکی) می باشند. شبکه های عصبی ارتباطات سیناپسی و ساختار نرونی، منطق فازی استنتاجات تقریبی و محاسبات ژنتیکی محاسبات موتاسیونی جانوران را مدل می کنند.

قابلیت های ذکر شده برای روش های هوش محاسباتی سبب شده است که استفاد از این روش ها در رشته های مختلف مهندسی روز به روز افزایش یابد. با وجودیکه کاربرد این روش ها در مهندسی عمران نسبت به سایر رشته های مهندسی از قیبل برق یا شیمی اندکی دیرتر آغاز گردیده است، لیکن امروزه تحقیقات بسیار زیادی در شاخه های مختلف مهندسی عمران با استفاده از روش های هوش محاسباتی انجام می شود.

در سال۱۹۹۳، عادلی[1] و چنگ[2] با استفاده از الگوریتم ژنتیک ساده اقدام به بهینه سازی سه نوع خرپای فضائی ۱۲ عضوی، ۲۵ عضوی و۷۲ عضوی کردند. تابع هدف مسئله بهینه سازی آنها وزن خرپا در نظر گرفته شده بود که باید کمینه می شد. نتایج حاصل از این بهینه سازی با نتایج حاصل از روش های کلاسیک بهینه سازی مقایسه ونتایج بدست آمده تأیید گردید. همچنین برتری روش ژنتیک نسبت به روش های کلاسیک بهینه سازی، اطمینان از توقف نکردن الگوریتم در نقاط بهینهٔ محلی ذکر شده است.[2]

در سال ۱۹۹۹، نوشین وهمکاران با استفاده از الگوریتم ژنتیک اقدام به بهینه سازی پیکربندی سازه نمودند. در این تحقیق با ثابت در نظر گرفتن نقاط تکیه گاهی وتعداد اعضا و گره ها، پیکربندی سیستم به گونه ای تغییر داده شدکه اختلاف طول اعضا کمینه شود. این تحقیق با حل یک مثال ساده آغاز ونتایج بدست آمده بصورت موردی در زمینهٔ یک گنبد فضا کار بکار گرفته شد. لازم به ذکر است که سازه های فضا کار که از تعداد زیادی عضو تشکیل شده اند؛ نزدیک بودن طول اعضا به یکدیگر هزینه های سازه را تاحد زیادی کاهش خواهد داد.[3]

1-H.Adeli 2-S.L.Cheng

در سال ۲۰۰۰ ، سناد[1] و ساکا[2] مقاومت نهائی برشی تیر عمیق بتنی را با استفاده از شبکهٔ عصبی تعیین کردند. در این تحقیق ورودی شبکهٔ عصبی ، یک بردار ۱۰ عضوی شامل پارامتر های مربوط به هندسهٔ تیر وخواص بتن بوده وخروجی شبکه، مقاومت برشی نهائی تیر عمیق می باشد. برای آموزش شبکه عصبی از ۱۱۱ نمونهٔ آزمایشگاهی استفاده گردیده ، ونهایتاً نتایج شبکهٔ عصبی با سه روش تئوری موجود دراین زمینه مقایسه شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که شبکهٔ عصبی نسبت به روش های تئوری موجود از دقت قابل توجهی برخوردار می باشد.[4]

در سال ۲۰۰۰، هانگ[3] و کائو[4] یک سیستم کنترل فعال را برای کاهش پاسخ سازه به بارهای دینامیکی با استفاده از شبکه های عصبی طراحی کردند. این کنترل کننده فعال که به ANSAP موسوم است، پاسخ سازه را نسبت به بارهای دینامیکی وارده در طول زلزله به کمترین مقدار ممکن کاهش می دهد. سرعت محاسبهٔ نیروئی که باید توسط کنترل کنندهٔ فعال به سازه وارد شود ، نسبت به دیگر روش های تحلیل سازه بسیار بیشتر بوده و این نکته در طراحی کنترل کننده های فعال از اهمیت ویژه ای برخورداراست[5]

تحقیقات فوق، نمونه هایی از کاربرد روش های هوش محاسباتی در مهندسی سازه می باشند که نشانگر توانایی شبکه های عصبی و الگوریتم ژنتیک در تجزیه، تحلیل و بهینه سازی طرح ها و سازه ها با دقت کافی و سهولت بکارگیری آنها در فضاهای چندین متغیره می باشد.

1-A.Sanad
2-M.P.Saka
3-S.L.Hung
4-C.Y.Kao

۱-۲- کاربرد روش های هوش محاسباتی در تکنولوژی بتن

در سال ۱۹۹۵، کاسپرکیوویچ[1] و همکاران بوسیلهٔ شبکه های عصبی وبا استفاده ازالگوریتم آموزش $fuzzy - ARTMAP$ مدلی ارائه کردند که قادر به پیش بینی مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ بتنی با عملکرد بالا می باشد. در این مدل شش پارامتر مقدار سیمان، آب، فوق روان کننده،میکروسیلیس، ریزدانه ودرشت دانه در یک متر مکعب بتن بعنوان ورودی های شبکهٔ عصبی در نظر گرفته شده بود.

برای آموزش وآزمایش شبکه ،اطلاعات مربوط به ۳۴۰ نمونهٔ آزمایشگاهی جمع آوری شده واز میان آنها ۲۰۰ نمونه برای آموزش شبکه و۱۴۰ نمونه برای آزمایش شبکهٔ عصبی یکار گرفته شد. نهایتاً نتایج تحقیق بصورت نموداری ترسیم گردیده که محور افقی آن بیانگر مقدار صحیح مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ نمونه های آزمایشی ومحور قائم آن بیانگر مقاومت فشاری پیش بینی شده توسط شبکه عصبی بود. بر روی نقاط مشخص شده در نمودار، خطی برازش شده و مقدارپارامتر آماری R^2=۰/۶۱۵ محاسبه شده بود. پارامترR^2 براساس رابطهٔ (۱-۱) محاسبه می گردد؛ هر قدر این پارامتر به عدد یک نزدیک تر باشد، نقاط مشخص شده به نیمساز بین محورها نزدیکتر خواهند بود؛ به بیان دیگر مقاومت فشاری پیش بینی شده توسط شبکهٔ عصبی به مقاومت فشاری واقعی نزدیکتر می باشد. همچنین در این تحقیق ذکر شده است که چون ۲۰۰ نمونه آموزش شبکه، بصورت تصادفی از میان ۳۴۰ نمونه انتخاب شده است، با انتخاب تصادفی مجدد۲۰۰ نمونه آموزشی متفاوت، مقدار R^2 را می توان تا ۰/۷۶ افزایش داد. [6]

$$R^2 = \left(\frac{n \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} (x_i \cdot y_i) \right) - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} y_i \right)}{\sqrt{\left[n \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i \right)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i \right)^2 \right]}} \right)^2 \qquad (۱-۱)$$

در رابطه (۱-۱) R^2: مجذور مربعات خطاها، n: تعداد نقطه های بررسی شده x_i مقاومت فشاری واقعی نقطهٔ i ام وy_i مقاومت فشاری پیش بینی شده توسط شبکه عصبی نتطهٔ i ام می باشد.

در سال ۱۹۹۸، چنگ یه با استفاده از نوع خاص از شبکهٔ عصبی با نرون های افزایشی مدلی ارائه کرد که قادر

1-J.Kasperkiewicz

به پیش بینی مقاومت فشاری بتن معمولی باشد. در این مدل هفت پارامتر نسبت آب به سیمان، مقدار آب، مقدار سیمان، مقدار ریزدانه، مقدار درشت دانه، بزرگترین اندازۀ درشت دانه ها وسن بتن بعنوان اعضای بردار ورودی به شبکۀ عصبی در نظر گرفته شده بود. برای آموزش وآزمایش این شبکۀ عصبی، اطلاعات مربوط به ۲۰۰ نمونه بتن جمع آوری شده، سپس از میان این ۲۰۰ نمونه ، ۱۰۰ نمونه برای آموزش شبکه بطور کاملاً تصادفی انتخاب شده و ۱۰۰ نمونه باقیمانده برای آزمایش شبکه در نظر گرفته شد.همچنین در این تحقیق پس از پیش بینی مقاومت بتن با استفاده از شبکه عصبی، روشی برای بهینه سازی طرح اختلاط بتن نیز ارائه گردید.[7]

۱-۳- طرح مشکل و ضعف های موجود در روش های سنتی طرح اختلاط بتن

بتن معمولی به عنوان یکی از رایج ترین مصالح ساختمانی از موادی چون سیمان، آب، درشت دانه و ریزدانه تشکیل شده است. با این وجود پیش بینی خواص بتن، با استفاده از روش های تحلیلی و دقیق قابل بررسی نمی‌باشد. بیشتر روش های استفاده شده در پیش بینی خواص بتن، بر این اساس بدست آمده اند که بر مبنای آزمایش های انجام گرفته، فرمول های تجربی، نمودارها، نموگرام ها، و جداولی بدست آمده وترسیم می شوند سپس این جداول و نمودارها و ... در موارد جدید تعمیم داده شده و نتیجه گیری های لازم در مورد آنها انجام می گیرد.

اما نکته قابل توجه در این گونه طراحی ها این است که، هر یک از مواد تشکیل دهنده بتن به صورت یک پارامتر در نظر گرفته می شود حال آنکه هر یک از این مواددارای ابعاد گوناگونی می باشند. بطور مثال سیمان ها، دارای مقاومت، نرمی و ترکیبات شیمیایی متفاوتی هستند. ریزدانه اندازه های مختلف و جنس های متفاوتی دارند. درشت دانه های مصرفی در بتن ممکن است از معادن متفاوتی به دست آمده باشند، همچنین ممکن است شکسته یا طبیعی باشند [16].

در سال های اخیر، مواد جدید و فن آوری های ساخت نوینی در بتن به وجود آمده که تعداد پارامترهای موثر در طرح اختلاط بتن را تا دو برابر افزایش می دهد. مثلا در ترکیب بتن های با عملکرد بالا، افزودنی های شیمیایی مانند روان کننده ها، سرباره کوره های آهن گدازی، خاکستر بادی، میکروسیلیس و الیاف مختلف وجود دارد که هرکدام به صورت یک یا چند پارامتر در طرح اختلاط بتن وارد می شوند. جدا از مواد تشکیل دهنده بتن، خواص بتن به نسبت مخلوط کردن اجزای بتن و روش اختلاط بتن نیز بستگی خواهد داشت.

نتیجتا مسئله تعیین طرح بهینه اختلاط بتن، به یک مسئله جستجو در یک فضای ۱۰ الی ۲۰ بعدی یا حتی بیشتر تبدیل خواهد شد [16].

قابل ذکر است که در مراجع موجود، اطلاعات بسیار زیادی راجع به نمونه های متعدد آزمایش شده وجود دارد، اما در هیچکدام روش تحلیلی و دقیق برای پیش بینی خواص بتن ارائه نشده است. همچنین هیچ روش و راه حلی برای تعیین خواص بتن ارائه نشده، که تمام جزئیات مهم اجزای آن را شامل باشد. بدین ترتیب با توجه به مطالب گفته شده در بالا، تعیین مقاومت بتن به عنوان یکی از خواص مهم آن، با استفاده ازروش های تحلیلی، عملا دشوار و غیر قابل اعتماد به نظر می رسد

۱-۴- معرفی و اهداف پایان نامه

در این پایان نامه سعی بر آن بوده است که با استفاده از شبکه های عصبی و الگوریتم های ژنتیک، گام مؤثری در راستای حل مسئله ای برداشته شود که روش هائی که تاکنون برای حل آن ارائه شده اند، عمدتاً تجربی و مبتنی بر روشهای آماری رایج بوده واز دقت کافی برخوردار نمی باشند.

ارائه مدلی جهت پیش بینی مقاومت فشاری بتن برای یک طرح اختلاط مشخص و همچنین بهینه سازی این طرح اختلاط برای رسیدن به بیشینهٔ مقاومت فشاری با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مهمترین اهدافی می باشد که در این پایان نامه تعقیب شده است. برای رسیدن به این مهم از روشی نوین در تلفیق شبکه های عصبی و الگوریتم های ژنتیک استفاده شده است.

نتایج بدست آمده از الگوریتم ژنتیک، طرح اختلاطی را معرفی می کند که دارای مقاومتی بیشینه در محدوده های تعیین شده برای متغیرها باشد.

۱-۵- مروری بر مطالب فصول آینده

مطالب ارائه شده در این پایان نامه در شش فصل تنظیم گردیده که بطور خلاصه عبارتند از:

فصل دوم: در این فصل به معرفی اجمالی شبکه های عصبی و نکاتی که برای استفاده از یک شبکه عصبی باید در نظر گرفت پرداخته می شود.

فصل سوم: شبکه عصبی RBF و نحوه مدلسازی آن در نرم افزار MATLAB معرفی شده است.

فصل چهارم: معرفی اجمالی الگوریتم ژنتیک و روش های مختلفی که برای ساخت یک الگوریتم می توان بکار برد در این فصل ارائه شده است.

فصل پنجم: در این فصل براساس مطالب ارائه شده در فصل های دوم و سوم، شبکه عصبی RBF مدلسازی شده و با استفاده از این شبکه به پیش بینی مقاومت فشاری طرح اختلاط بتن پرداخته می شود.

فصل ششم: در این فصل، با استفاده از نتایج بدست آمده در فصل پنجم و در نظر گرفتن شبکه عصبی آموزش داده شده، به عنوان تابع برازش برای الگوریتم ژنتیک، به بهینه سازی طرح اختلاط بتن برای رسیدن به بیشترین مقاومت فشاری پرداخته شده است.

فصل هفتم: خلاصه ای از پایان نامه به همراه نتیجه گیری و پیشنهادات مورد نظر نگارنده در این فصل ارائه شده است.

فصل دوم

مقدمه ای بر شبکه های عصبی

۲-۱- مقدمه

شبکه های عصبی مصنوعی چه در بعد آنالیز و توسعه ساختاری و چه در بعد پیاده سازی سخت افزاری، از نظر کمی، کیفی و توانایی در حال رشد و پیشرفت می باشد و تکنیک های مختلف محاسبات عصبی از لحاظ تعداد همچنان در حال افزایش است. با توجه به این مسائل، به معنای شبکه های عصبی مصنوعی، حدود انتظارات از این شبکه ها و شباهت های آن ها با شبکه های عصبی بیولوژیک می پردازیم[1].

هنگامی که این جملات را مطالعه می کنید در عمل از یک سیستم شبکه های عصبی بیولوژیک پیچیده، جهت فهم مطالب استفاده می نمایید. از مغز به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات با ساختار موازی و کاملاً پیچیده که دو درصد وزن بدن را تشکیل می دهد و بیش از بیست درصد کل اکسیژن بدن را صرف می کند برای خواندن، نفس کشیدن، حرکت، تفکر و تفحص و کلیه اعمال آگاهانه و بسیاری از رفتارهای ناخودآگاه استفاده می شود. جهت واضح شدن توانایی مغز، یک بازی تنیس را در نظر بگیرید. بازیکن اول به توپ ضربه می زند و توپ با سرعتی بیش از ۱۳۰ کیلومتر در ساعت به زمین حریف می رسد. حریف مقابل نیز با سرعتی معادل ۶۰ کیلومتر در ساعت به توپ ارسالی پاسخ می دهد. تصور نمایید که چه حجم عظیمی از اطلاعات و سیگنال ها جهت این کار و در طی زمانی کمتر از چند صدم ثانیه بایستی جمع آوری و محاسبه شود. این که چگونه مغز این کارها را انجام می دهد، از زمانی مطرح شد که دریافتند مغز برای محاسبات خود از ساختاری کاملاً مغایر با ساختار کامپیوترهای متداول استفاده می کند. هر نرون بیولوژیکی به عنوان اجتماعی از مواد آلی، اگرچه دارای پیچیدگی یک ریزپردازنده می باشد، ولی دارای سرعت محاسباتی برابر با یک ریزپردازنده نیست. بعضی از ساختارهای نرونی در هنگام تولد ساخته می شوند و قسمت های دیگر در طول مسیر حیات به وجود می آیند و قوام می گیرند. دانشمندان علم بیولوژی به تازگی دریافته اند که عملکرد نرون های بیولوژیکی از قبیل ذخیره سازی و حفظ اطلاعات، در خود نرون ها و ارتباط بین نرون ها نهفته است. به عبارت فنی تر، یادگیری به عنوان ایجاد ارتباطات جدید بین نرون ها و تنظیم مجدد ارتباطات موجود استنباط می شود. اگر چه دانش کمی از عملکرد نرون ها داریم، لیکن سؤال اینجاست که آیا می توان یک شبکه کوچک از نرون های مصنوعی ساده ساخت به طوری که جهت حل مسائل پیچیده آموزش پذیر باشد؟ پاسخ مثبت است. نرون هایی که در علم شبکه های عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار می گیرند، نرون های بیولوژیکی نیستند بلکه شکل بسیار ساده ای از نرون های بیولوژیکی می باشند که می توان آنهارا به عنوان عناصری از یک برنامه کامپیوتری در

نظر گرفت. باید توجه کرد که شبکه های عصبی تشکیل دهنده این نرون ها اگرچه در مقابل نرون های بیولوژیکی از سرعت بالایی (در حدود 10^6 برابر) برخوردارند، ولی تنها کسری از توانایی بالای نرون های بیولوژیکی را دارند [1].

۲-۲- انگیزه های بیولوژیکی

تحقیقات و علاقه مندی به شبکه های عصبی از زمانی شروع شد که مغز به عنوان یک سیستم دینامیکی با ساختار موازی و پردازشگری کاملاً مغایر با پردازشگرهای متداول شناخته شد. نگرش نوین در مورد کارکرد مغز، نتیجه تفکراتی بود که در اوایل قرن بیستم توسط سگال[1] در مورد ساختار مغز به عنوان اجتماعی از اجزای محاسباتی کوچک به نام نرون شکل گرفت. در این بخش، هدف آن است که به طور مختصر آن دسته از ویژگی ها، کارکرد و ساختار مغز، که انگیزه ای جهت توسعه شبکه های عصبی مصنوعی به حساب می آیند، تشریح شوند.

مغز به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات با ساختار موازی از 10^{11} نرون به هم مرتبط با تعداد10^{16} ارتباط تشکیل شده است. نرون ها ساده ترین واحد ساختاری سیستم های عصبی هستند. بافت هایی که عصب نامیده می شوند، اجتماعی از نرون ها هستند که اطلاعات و پیام ها را از یک قسمت بدن به قسمت دیگر منتقل می کنند. این پیام ها از نوع ایمپالس های الکتروشیمیایی هستند.

میلیون ها نرون در بدن انسان وجود دارند، حتی ساده ترین کارهای روزمره انسان از قبیل پلک زدن، تنها از طریق همکاری همه جانبه این نرون ها میسر است. بیشترین تعداد نرون ها در مغز و مابقی در نخاع و سیستم های عصبی جانبی تمرکز یافته اند. گرچه همه نرون ها کارکرد یکسانی دارند، ولی اندازه و شکل آن ها بستگی به محل استقرارشان در سیستم عصبی دارد. شکل ۲-۱ ساختمان سلول عصبی را نشان می دهد.

1- Segal