پیش بینی رشد مقاومتی وافت وزن در بتن های ساخته شده با خاکسترزغال به عنوان مصالح جایگزین سیمان وتاثیر سولفات بر آنها با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی

بهمن سبحانی [۱]، عفت اسماعیل زاده شهری [۲]

۱- کارشناس ارشد سازه ،آموزشکده فنی ابن حسام بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه ، دانشگاه فردوسی مشهد

Email:vahidhamid92@yahoo.com

خلاصه

با رشد وتوسعه بکارگیری مصالح روشهای مختلف در علم بتن، دستیابی به یک مدل جهت پیش بینی وتخمین اثرات این تغییرات جهت صرفه جویی درانرژی وزمان می تواند اثر بخش باشد در همین راستا امروزه شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان یک کلید سودمند در زمینه های مختلف مهندسی عمران بکار گرفت.از طرفی توجه وتمرکز روی مصالح جایگزین سیمان مانند خاکسترزغال روز به روز فزونی یافته است.بر همین اساس دراین مقاله مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی در جهت تخمین مقاومت فشاری ۷و۲۸ روزه ومقدار افت وزن بتن های ساخته شده ونیز تاثیر سولفات ها روی بتن ساخته شده با سیمان معمولی وخاکستر زغال در در دوحالت عمل آوری بتن در آب آشامیدنی وآب با اسید سولفوریک ۵درصد بررسی کرد.متغیرهای طرح اختلاط در این تحقیق شامل سیمان ،خاکستر زغال،نسبت آب به سیمان،ریزدانه ودرشت دانه می باشد.ضمناجهت ساخت مدل شبکه عصبی ازنتایج آزمایشات محققان ومقالات علمی معتبر داخلی وخارجی ۳۰ طرح اختلاط با درصدهای مختلف خاکستر زغال جایگزین سیمان استفاده شده است. مدلسازی شبکه عصبی در نرم افزار مطلب(Matlab) انجام گرفته وبا بکارگیری مدل مناسبی از شبکه عصبی،ویژگی های سایر مواد سیمانی جایگزین سیمان ومقدار افت وزن واثر سولفات رابدون انجام نتایج آزمایشگاهی می توان تخمین زد.ضمنا بر اساس نتایج بدست آمده از نتایج آموزش وارزیابی شبکه می توان گفت که این نتایج بسیارنزدیک به نتایج آزمایشگاهی می باشد.

کلمات کلیدی: بتن ،خاکستر زغال ،شبکه عصبی مصنوعی

۱. مقدمه

سیمان پرتلند معمولی یکی از مصالح عمومی مورد استفاده در صنعت ساختمان در سراسردنیا است اگر چه نقش مصالح در گذشته و حال غیر قابل انکار است اما در دهه اخیر رویکرد به‌کارگیری مصالح تغییر یافته است. رویکرد امروز رویکردی سیستمی و جامع است، به این معنا که هم‌زمان به بسیاری از عوامل از جمله طراحی و اجرا، مواد و اجزای تشکیل دهنده مصالح و شرایط محیطی مورد توجه قرار می گیرد. امروزه بتن به عنوان یکی از پر مصرف-ترین مصالح در دنیا شناخته می‌شود و از این روست که محققین همواره در تلاشند تا در جهت بهبود کیفیت هرچه بیشتر این ماده در مورد سازه‌هایی که در محیط‌های با شرایط دشوار هستندگام بردارند.یک از این شریط حمله سولفاته به سازه های بتن مسلح می باشد.

کاهش وزن و نابودی بتن در رویارویی با چنین حمله ای نیاز به پژوهش و بررسی و ارائه راهکارهای‌مناسب دارد و دراین باره حفظ و بالا بردن استحکام بتن پایه فرضیات می باشد .دیر زمانی است که بشر پی به خسارات وارده به بتن از سوی‌سولفات ها به ویژه در محیطهای آب و نمک برده است همچنین مطالعات بیشماری روی حمله سولفات ها به سازه های بتنی که موجب‌تضعیف آنها می گردد شده است. در سالهای اخیر استفاده از بتن هایی که‌قسمتی از وزن سیمان آنها با مواد دیگر جایگزین شده است رواج یافته و به ویژه استفاده از بتن های با خاکستر زغال افزایش یافته است .تولید خاکستر به مقدار بسیار زیاد به عنوان یک محصول فرعی در نیروگاه های تولید برق و کوره های ذوب فلزات، مسائل و مشکلات بیشماری را بوجود آورده است به این

[۱] مدرس هنرستان وآموزشکده های فنی وحرفه ای

[۲] استاد یار دانشگاه

معنی که‌خاکستر یک تهدید زیست محیطی بزرگ به شمار آمده و اثرات مخرب و زیان آور آن باید زیرکنترل قرار گیرد . اکنون خاکستر به عنوان یک ماده تکمیل کننده سیمان مورد استفاده قرار گرفته‌است .برای بدست آوردن حداکثر مقدار جایگزین سیمان در بتن صفر تا ۴۰ درصد وزن سیمان در برای آزمایش فاصله های ۱۰ درصدی انجام شده است . به این منظور مصالحی مانند مصالح درشت دانه ,مصالح ریزدانه , خاکستر ذغال و سیمان پرتلند تاثیر سولفاتها بر روی بتن از محلول اسیدسولفوریک با غلظت ۵ درصد استفاده شده است . شن استفاده شده در اینجاحداکثر اندازه آن ۲۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است و در این مقاله به پیش بینی وتخمین اثرات حمله سولفاتها به بتن های ساخته شده با خاکستر زغال به عنوان جایگزین سیمان بر مقاومت بتن ۷و۲۸ روزه وافت مقدار وزن بتن تحت شرایط محیطی مختلف را با استفاده از مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی که شبیه سازی نتایج آزمایشات را مورد بررسی قرار داده است.ودر نهایت نتایج آزمایشات با نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی مورد بحث وبررسی قرار می گیرد. این مطالعه در نشان دادن امکانات شبکه عصبی تطبیقی در توسعه از شبیه ساز و سیستم هوشمند و پیش بینی مشخصات با هدف آموزش و تست شبکه آغاز خواهد شددراین مقاله از نتایج تعداد ۱۱۰ نمونه آزمایشگاهی تهیه شده استفاده گردیده است که از این تعدادنمونه ۶۰٪ نمونه ها برای آموزش شبکه و۴۰٪ آنها برای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت که از این تعداد ۲۰٪به تست شبکه و۲۰٪ به صحت شبکه اختصاص یافت. استفاده از هوش مصنوعی در زمینه مخلوط بتن دارای کارایی بسیار مناسب است.

۲. ساختارشبکه عصبی مصنوعی

مدلهای شبکه های عصبی مصنوعی الهام گرفته از سلولهای عصبی بیولوژیکی مغز انسان می باشد .البته این به آن معنی نیست که شبیه سازی از سلولهای مغز انسان(نرون) صورت گرفته بلکه از رفتار آنها الگوبرداری شده ودر مدلسازی مسائل پیچیده از آن استفاده می گردد.در شبکه های عصبی مصنوعی نیز بلوکهای ساختاری و یا نرون ها، دستگاههای محاسباتی خیلی ساده ای هستند و ارتباط بین نرونها عملکردشبکه را تعیین می کند وهدف از آموزش شبکه های عصبی مصنوعی تعیین ارتباط مناسب ، جهت حل مسائل مختلف است. در واقع شبکه های عصبی مصنوعی نیز با ایده گرفتن از رفتار شبکه عصبی بیولوژیکی شکل یافته است.

در این شبکه ها نیز عموما لایه های موازی نرون ها را می بینیم که نرون های هر لایه نقش خاصی را ایفا می کنند . معمولا ورودی هایی که از خارج به شبکه عصبی داده می شوند، به دسته ای از نرون ها که در یک لایه مرتب شده اند، اعمال می شود . این ورودی ها با وزنهای خاص جمع شده به تابع تحریک هر نرون فرستاده می شوند که این اقدام به پردازش جمع وزن دار ورودیهای اعمال شده به نرون می کند و خروجی نرون را به لایه های بعدی و نهایتاً به لایه خروجی می فرستد که جواب شبکه نسبت به ورودیهای اعمال شده به آن است.شبکه های عصبی مصنوعی با وجود اینکه با سیستم عصبی طبیعی قابل مقایسه نیستند، ویژگیهایی دارند که آنها را در بعضی از کاربرد ها مانند تفکیک الگو ، رباتیک ، کنترل و به طور کلی در هر جا که نیاز به یادگیری یک نگاشت خطی و یا غیر خطی باشد ممتاز می نماید.

به بیان دیگر شبکه های عصبی مصنوعی، در واقع نوعی سیستم پردازش اطلاعات هستند که از تعمیم یافتن مدلهای ریاضی شبکه های عصبی انسان بر مبنای فرضیات زیر توسعه یافته اند:

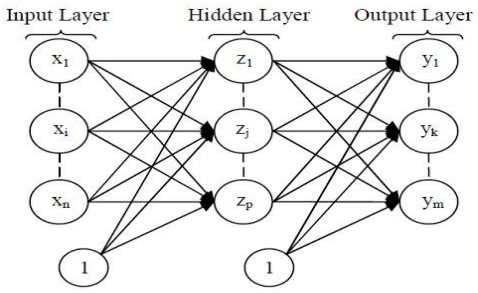
۱- داده پردازی در اجزای ساده ای به نام نرون صورت می گیرد.

۲- اطلاعات از طریق ارتباط بین نرون ها منتقل می شود.

۳- .هر ارتباط دارای وزن مخصوص به خویش است.

۴- هر نرون برای محاسبه خروجی اش ، یک تابع تحریک دارد که به مجموع وزن دار ورودیهایش اعمال می شود.

یک نوع از مدلهای شبکه عصبی مصنوعی در شکل ۱ نشان داده شده است:



شکل ۱ -نمونه ای از ساختار شبکه عصبی مصنوعی

۳. مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین وپیش بینی وزن و مقاومت فشاری در بتن ساخته شده با خاکستر زغال

مدلهای متفاوتی از شبکه های عصبی دردسترس است که هرکدام برای اهداف خاصی بکار می روند در این تحقیق با توجه به مطالعات وتحقیقات قبلی در زمینه بتن صورت گرفته، برای رسیدن به هدف این تحقیق از شبکه های عصبی پیشخور پس انتشار خطا (بازگشتی) استفاده می شود.در یک شبکه عصبی پیش خور تمامی نرونهای یک لایه با لایه بعدی در ارتباط هستند این شبکه ها از عناصر به شدت مرتبط تشکیل شده اند که با شرایط دینامیکی خود به ورودی خارجی پاسخ می دهند واغلب دارای یک یا چند لایه مخفی از نرونها هستند واز یک لایه با یک تابع خطی واز چند لایه با تابع غیر خطی استفاده می کنند ودر چند لایه امکان هر نوع یادگیری را فرآهم می آورند .دریک نرون در شبکه دارای دومتغییر وزن وتابع انتقال می باشد .علاوه بر وزن w تابع دیگری به نام بایاس وجود دارد که سبب حرکت به چپ وراست می شودایده اصلی شبکه های عصبی مصنوعی این است که با تغییر وزن و بایاس یک تصمیم اتخاذ کند.تابع انتقال در شبکه می توان از توابع تانژانت سیگموئید(TAN-Sig) ، لگاریتم سیگموئید (Log-sig) و پرلین (Purelin) انتخاب کرد،که توابع با همدیگر مقایسه گردد ونتایج مقایسه در جدول۱ ذکر شده است.

جدول ۱ – مدلهای مختلف توابع انتقال وتعداد نرون ها درلایه های شبکه عصبی مصنوعی

مدل لایه ها			مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل ۵	مدل ۶	مدل ۷	مدل ۸
ساختار شبکه عصبی مصنوعی	تعداد نرونها در لایه های مختلف	لایه ورودی	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
		لایه پنهان ۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۶	۶	۷	۶
		لایه پنهان ۲	–	–	–	–	۵	۶	۶	۷
		لایه خروجی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
	تابع انتقال	لایه پنهان ۱	Log-sig	Log-sig	Log-sig	Log-sig	Log-sig	Log-sig	Log-sig	Log-sig
		لایه پنهان ۲	-	-	-	-	Tan-sig	Tan-sig	Tan-sig	Tan-sig
		لایه خروجی	Purelin	Purelin	Purelin	Purelin	Purelin	Purelin	Purelin	Purelin

دراین تحقیق با توجه به ویژگیهای اشاره شده از شبکه های عصبی پس انتشار خطا استفاده شد ونرم افزار استفاده شده در مدل سازی شبکه عصبی برای داده های طرح اختلاط بتن،نرم افزار مطلب می باشد.

مدلسازی شبکه عصبی مورد نظر با تعداد۴ لایه بوده که شامل یک لایه ورودی دو لایه پنهان ویک لایه خروجی می باشد. تعدادلایه های ورودی همان تعداد متغییر های ورودی است که در این مقاله ۵ لایه بوده که هرلایه معرف یک داده ورودی است که شامل وزن سنگدانه ریز ودرشت، وزن سیمان، نسبت آب به موادسیمانی و وزن خاکستر زغال می باشد. تعدادلایه های خروجی برابر تعداد خروجی های مطلوب است که شامل ۲ خروجی به صورت مقدار افت وزن در محلول اسیدی (محلول دارای سولفات) ومقدار افت یا افزایش مقاومت فشاری می باشد.تعداد لایه های پنهان ۲ تا می باشد در اثر مقایسه وآزمون وخطا براساس جدول ۱ بهترین حالت گزینه ای است که شامل ۱۳ نرون عصبی است که ۶ نرون در لایه پنهان اول و۷ نرون در لایه دوم می باشد که این تعداد بر اساس آزمون وخطا بدست آمده است.

در نهایت بهترین جواب برای مدل شبکه ۱۳ نرون بوده که بر اساس این تعداد نرون در لایه ها مقدار خطا را به حداقل رسیده است وجزییات بیشتر در جدول ۱ آورده شده است.

۴. بحث وبررسی در خصوص نتایج آزمایشگاهی وداده های به کار رفته در این تحقیق

تاثیر سولفات ها بر روی سیمان های پرتلند معمولی موجب انبساط , ترک خوردن و خرد شدن سازه های بتنی می شوند که با افت وزن وکاهش‌مقاومت آنها همراه است . مطالعات متعددی برای کاهش این تاثیر و طولانی کردن عمر سازه های بتنی که در معرض محیط های‌سولفاتی هستند انجام شده است همه این پژوهش ها نشان دهنده این واقعییت هستند که حمله سولفاتها نتیجه مجموعه پیچیده فرایندهای‌شیمیایی است و هنوز مباحث فراوانی درباره مکانیزم چنین حمله ای قابل طرح خواهد بود. بررسی انجام شده در این مقاله مشخص می کندکه نمونه های کنترل واکنش های گوناگونی نسبت به تاثیر یون سولفات از خود نشان می دهند . همچنین نتایج آزمایشگاهی نشان دهنده‌درجه بالای تخریب در بتن های مورد بررسی است . افت وزن پدیده ای است که بستگی به نفوذ یون اسیدی به درون بتن دارد . برای‌جلوگیری از نفوذ یون های اسیدی به درون بتن خاکستر توصیه شده است . نتایج این تحقیق نشان می دهد که در بتن هایی که خاکسترجایگزین درصدی از وزن سیمان شده است درصد افت وزن کاهش پیدا کرده و این حقیقت حتی برای بتن های دارای ۴۰ درصد خاکستر هم‌درست است . همچنین نتایج نشان دهنده افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه ها رانشان می دهد . افت وزن بتن های گروه گواه مستغرق در محلول اسید سولفوریک با غلظت ۵ درصد حدود ۲/۸۴ درصد است و این در حالتی است که افت وزن بتن های گروه کنترل بادرصد خاکستر جایگزین شده در حدود ۱/۸۶ درصد پس از ۲۸ روز می باشد نتایج آزمایشگاهی به صورت خلاصه به شکل زیر است که در پایان این مقاله با نتایج مدلسازی شبکه عصبی مقایسه خواهد شد.

۱- در مراحل آغازین گیرش بتن ها (۷ روز نخست)، افت وزن در نمونه ها همچنانکه درصد خاکستر در آنها افزایش پیدا کرده است کاهش می یابد.

۲- پس از یک دوره ۲۸روزه که از قراردادن نمونه های گروه کنترل درمحلول اسید سولفوریک ۵درصد میگذرد بتن های با ۴۰ درصد خاکستر جایگزین سیمان نتایج بهتری نسبت به سایر نمونه ها از خود نشان می دهند

۳- با توجه به مقاومت های فشاری بدست آمده در هر دو گروه گواه و کنترل یک بهبود کیفیت کلی در بتن های دارای‌خاکسترجایگزینی سیمان با خاکستر زغال در محیطهای سولفاتی توصیه می گردد.

۵. آموزش ،صحت سنجی وتست شبکه عصبی مصنوعی ونتایج خطای شبکه از لحاظ خطای مجموع مربعات(MSE)

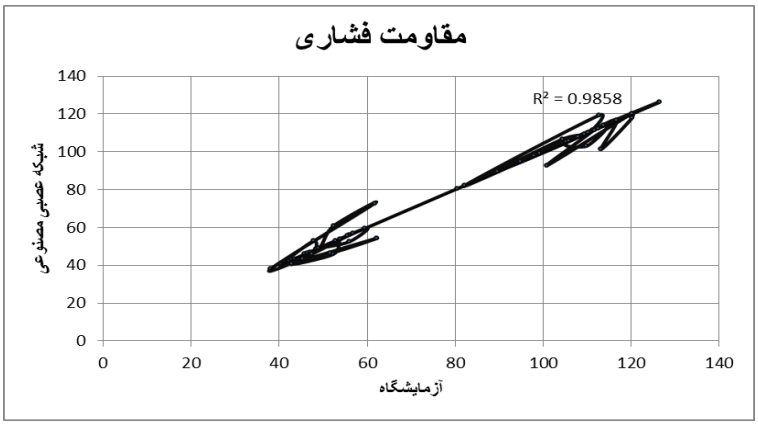
برای آموزش شبکه الگوریتم های مختلفی مانند گاوس –نیوتن لونبرگ مارکوت ،گرادیان نزولی و...وجود دارد ومزایا ومعایب هر کدام از روشها در کتب هوش مصنوعی وریاضیات ذکر شده است. اما از بین این روشها آموزش الگوریتم لونبرگ – مارکوت(Levenberg-Marqurte) استفاده شده است به دلیل اینکه یک الگوریتم تکرار پذیر است و کمینه تابع چند متغیره را بر اساس مجموع مربعات تابع غیر خطی بیان می کند. البته خود این الگوریتم ترکیبی ازروش های بیشترین شیب وگاوس- نیوتن است .بعد از اینکه شبکه آنالیز گردید نتایج نمودار رگرسیون (ضریب همبستگی) برای شبکه در چهار حالت یعنی آموزش، صحت سنجی، تست وهمه حالات به صورت نمودارشکل۲تا ۵ نشان داده شده است.که مدل شماره ۸ در شکل در این حالت بهترین نمونه از مدل شبکه عصبی بوده که دارای کمترین خطا ی مجموع مربعات (MSE) می باشد که این نتایج جدول ۲ مشهود می باشد.

جدول ۲- نتایج آموزش وصحت سنجی داده ها مدلهای مختلف درشبکه عصبی مصنوعی ساخته شده برای داده ها

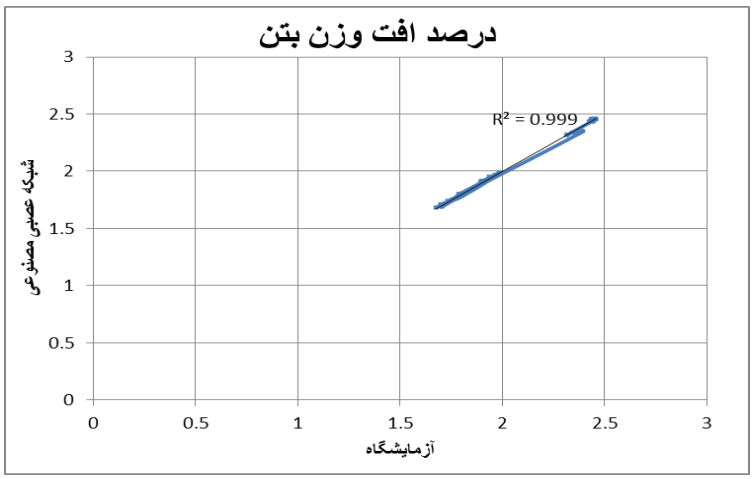
Mode		Training Set		Validation Set		
		No. of Data	Mean Square Error(MSE)	No. of data	Correlation Coefficient((R2)	Mean Square Error(MSE)
Model	1	66	0.00072	22	0.9876	0.08861
Model	2	66	0.000403	22	0.99309	0.00494
Model	3	66	0.000186	22	0.99626	0.00274
Model	4	66	0.00011	22	0.99846	0.00146
Model	5	66	0.000277	22	0.99523	0.00339
Model	6	66	0.000249	22	0.9957	0.00306
Model	7	66	0.0001	22	0.99828	0.00124
Model	8	66	0.0001	22	0.99828	0.00122

۱۲. مقایسه نتایج داده های آزمایشگاهی با نتایج خروجی شبکه عصبی مصنوعی با نرم افزار

نتایج داده های آزمایشگاهی با داده های بدست آمده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی مقادیر مقاومت فشاری وافت وزن بتن در حالتی که از خاکستر زغال جایگزین سیمان در محیطی که دارای اسید سولفوریک می باشد. به صورت نمودار مقایسه ای در شکل ۲و۳ آورده شده است.



شکل ۲ -نمودار مقایسه ای نتایج داده های آزمایشگاهی با نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۳ –نمودار مقایسه ای نتایج داده های آزمایشگاهی با نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی

۶. نتیجه گیری

دراین تحقیق بر اساس مکانیزم های یادگیری شبکه های مصنوعی سعی می شود با تهیه یک بانک اطلاعاتی ازنتایج آزمایشگاهی ومقالات وگزارشات معتبر داخلی وخارجی روشی برایتخمین میزان اسلامپ بتنهای با مقاومت بالا ارائه نمود.پیش بینی نتایج براساس مدل شبکه عصبی مصنوعی برای علوم مهندسی از لحاظ وقت وانرژی وهزینه مقرون به صرفه است ومی توان با داده های دیگر در آینده مجدد شبکه را بهبود بخشید.

– عملکرد مناسب هنگام تحلیل اجزای اصلی ونرمال کردن داده ها کاملا مشهود است که نتایج مقایسه نمودار ها حاکی از این مطلب است.

–دقت بالای شبکه در حالیکه همواره مقادیر هدف وخروجی ها به هم خیلی نزدیک ومقدار خطا در حدود ۰تا ۳ در صد بوده است.

۱۲. مراجع

1. Y.C. Yeh, Y.H.Kuo and D.H.Hsu, Building KBES for diagnostic PC Pile with ANN, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE 7, 71-93 (1993).

2. Patodi SC and Purani VS, Modeling Flexural Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams Using Neural Network, Journal of New Building materials and Construction World, Vol. 4, Issue-VI, 28-35, 1998.

3. Patodi SC and Sushantasingh T, An Artificial neural network for Fixed Thin Plate Subjected to patch Loading, Advances in Structural Engineering, Proceeding of the International Conference on Structural Engineering, Ghaziabad, 704-710, 1999.

4. Mehmet Saltan, Mesult Tigdemir, Mustafa Karasahin, Artificial Neural Network for Flexible Pavement Thickness Modeling, Turkish Journal of Engineering Environmental Science, 26 (2002), 243-24.

5. Rafiqul Alam Tarefdar, Luther White and Musharraf Zaman, Neural Network Model for Asphalt concrete Permeability, Journal of Materials in Civil Engineering, 19-27, 2005.

6. J.A. Stagemann and N.R. Buenfeld, Mining of existing Data for cement-solidified Wastes Using Neural Network, Journal of Environmental Engineering ASCE, 2004. 508-515.

7. Jung, H.C & Jamshid, G. 2001. Genetic Algorithm in Structural Damage Detection, Computers & Structures 30 (6): 1335-1353.

8. Bigus, J.P (1996), Data Mining With Neural Networks: Solving Business Problems - From Application Development to Decision Support, McGraw Hill, New York

9 . Hwang, C. L., Lee L. S. and Lin, F. Y., "Densified mixture design algorithm and early properties of high performance concrete." Journal of the Chinese Institute of Civil Engineering and Hydraulic Engineering, V.8, No.2, pp.217-229 (1996.

۱۰.صادقی مرزاله، خسرو ،"کاربرد شبکه های عصبی در طرح اختلاط بتن غلتکی،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۱۱.سماعی نژاد، علی،" کاربردی شبکه های عصبی و الگوریتم های ژنتیک در تعیین طرح اختلاط بتن با مقاومت بالا،"پایان نامه(کارشناسی ارشد) ، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۲. بهشتی نژاد،حسین،" طرح اختلاط بهینه بتن تحت شرایط محیطی مخرب به کمک الگوریتم ژنتیک،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان.

۱۳.حقانی، مریم ،"مدل برآورد مشخصات بتن حجیم و بهینه سازی طرح اختلاط آن در سدهای بتنی مبتنی بر استفاده از شبکه های عصبی،" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۴.طاهری زاده،نوید،آرین نمازی،محمد علی"بررسی تاثیر سولفات بر بتن های ساخته شده با خاکستر زغال،"مقاله در مجله عمران ومقاوم سازی