

مروری بر پیش بینی اثر افزودنی‌ها بر عملکرد مخلوط آسفالتی با استفاده از

شبکه عصبی مصنوعی

مقاله پژوهشی

علی عبدی*، دانشیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین، قزوین، ایران
فرشاد قطب، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: aliabdi@eng.ikiu.ac.ir

دریافت: ۹۹/۰۱/۱۷ - پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۵

صفحه ۲۳-۱۵

چکیده

مقاومت پایین مخلوط‌های آسفالتی در برابر بارهای دینامیکی موجب بروز ترک‌های خستگی، شیارشدگی و در نهایت کاهش عمر سرویس دهی روسازی می‌شود. از این رو کشورهای پیشرفته به دنبال روش‌های جدید برای ساخت و نگهداری و تعمیر راه‌ها بوده و همچنین تلاش‌هایی را در زمینه استفاده از تکنولوژی‌های جدید جهت ارتقاء روسازی‌های قدیمی انجام داده‌اند که این امر نشان دهنده توجه این کشورها به حفظ وضعیت راه‌ها در حد مطلوب می‌باشد. یکی از روش‌های اصلاح خصوصیات قیر و مخلوط آسفالتی، استفاده از انواع افزودنی‌ها می‌باشد. افزودنی‌ها به این دلیل که قیر نمی‌تواند در همه آب و هواها و شرایط بارگذاری عملکردی مناسب داشته باشد، استفاده می‌شود. ایران نیز با داشتن اقلیم چهار فصل، تأثیرات آب و هوایی خاصی بر اغلب پروژه‌های عمرانی را تجربه می‌کند. روسازی راه‌ها نیز یکی از تأثیرپذیرترین پروژه‌ها از این حیث می‌باشند. در کنار آزمایش، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند یک راه حل مناسب در کاهش هزینه و زمان ارزیابی نتایج باشد. در این مقاله در کنار بررسی تأثیر انواع افزودنی‌ها بر خصوصیات عملکردی مخلوط آسفالتی به استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خصوصیات مختلف مخلوط آسفالتی نیز پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات عملکردی، افزودنی‌ها، شبکه عصبی مصنوعی

۱- مقدمه

نشان دهنده اهمیت حفظ وضعیت راه‌ها در حد مطلوب می‌باشد [بهبهانی، ۱۳۹۵]. خصوصیات قیر و مخلوط‌های قیری می‌تواند با استفاده از انواع افزودنی‌های بهبود پیدا کند. در سالهای اخیر، شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدل کردن خواص و رفتار مواد استفاده می‌شوند. این مدل‌ها علاقه زیادی به پیدا کردن روابط پیچیده بین خواص مختلف در بسیاری از رشته‌های مهندسی دارند. مغز انسان تقریباً شامل ۱۰ سلول عصبی و تعداد ۱۱ ارتباط است. سلول‌های عصبی با برقراری ارتباط بین خود در قالب شبکه عصبی به عنوان سیستم ارتباطات مغز عمل می‌کنند. شاخه‌هایی که اطلاعات را به بیرون سلول هدایت می‌کنند آکسون نامیده می‌شوند. شاخه‌هایی که اطلاعات را به سلول (محرك) هدایت

روسازی راه‌های انعطاف پذیر همواره در معرض خرابی‌های مختلف ناشی از عبور وسایل نقلیه و شرایط جوی هستند که نهایتاً این عوامل باعث به وجود آمدن خرابی‌هایی از جمله ترک، تغییر شکل و کاهش دوام مخلوط آسفالتی می‌گردد. با توجه به افزایش روز افزون حجم ترافیک و ساخت اغلب راه‌های کشور با روسازی آسفالتی، به کارگیری تمهیداتی به منظور بالا بردن دوام و عمر مفید روسازی، افزایش مقاومت و کاهش تغییر شکل روسازی بسیار مهم و ضروری می‌باشد. کشورهای پیشرفته دائماً به دنبال روش‌های جدید برای ساخت و نگهداری و تعمیرات راه‌ها بوده و همچنین تلاش‌هایی در زمینه‌ی استفاده از تکنولوژی جدید جهت ارتقاء روسازی‌های قدیم صورت گرفته است که این امر

۲- پیشینه تحقیق

بسیاری از محققان تاثیرات مثبتی را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پروسه پیش بینی خواص در مقالاتشان نشان دادند [Flood, 1990- Mirabdolazimi, 2017]. از این رو نموداری که در ذیل آورده شده است بخشی از پژوهش‌ها بر روی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خواص مخلوط‌های آسفالتی است.

می‌کنند دندریت نامیده می‌شوند. سیگنالهای ساطع شده دارای فرکانس، مدت زمان و دامنه متفاوت هستند. تعامل بین سلول‌های عصبی در نقاط اتصال خاص به نام سیناپس اتفاق می‌افتد [McCulloch, 2012].

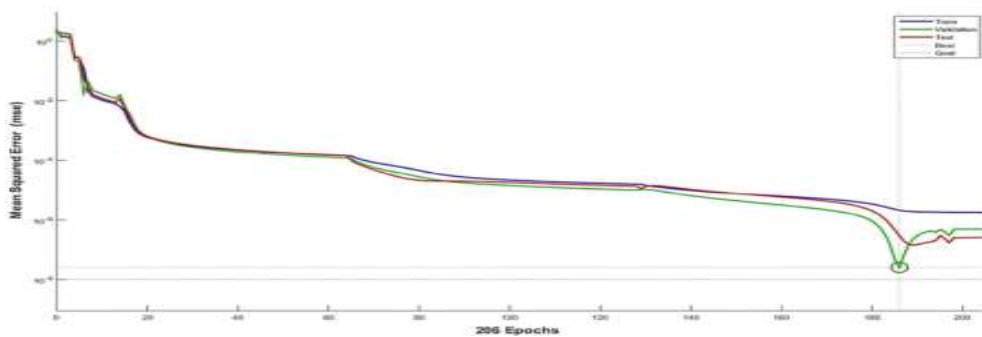


براساس روش BS DD226 قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده با افزایش از ۱۵۰ به ۳۵۰ کیلوپاسکال مقدار تغییر شکل نیز افزایش یافته است همچنین با افزایش دما نیز مقدار تغییر شکل افزایش پیدا کرده است. اما، با افزودن الیاف فورتا مقاومت نمونه‌ها در برابر شیارشدگی افزایش یافته است. نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی همپوشانی خوبی را با نتایج تجربی به دست آمده از آزمایش نشان می‌دهد. همچنین مدل برنامه نویسی ژنتیک خطای کمتری

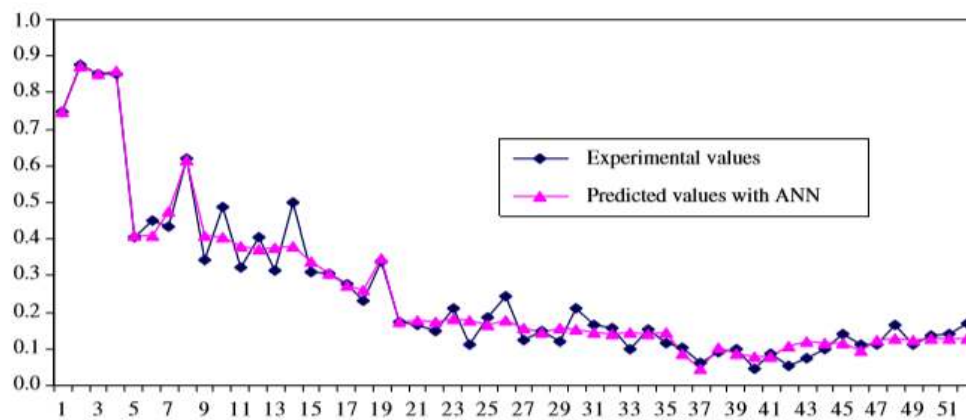
در سال ۲۰۱۷ میرعبدلعظیمی و همکاران به پیش بینی عمق شیار از مخلوط‌های آسفالتی داغ اصلاح شده با الیاف فورتا با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی و برنامه نویسی ژنتیک پرداخته است. در این پژوهش بعد از ساخت نمونه‌ها از طریق روش مارشال و پیدا کردن درصد فیر بهینه و بهترین درصد الیاف فورتا، نمونه‌ها را تحت آزمایش خزش دینامیکی در دماهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد و همچنین تحت تنش‌های ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوپاسکال

نسبت به مدل برگرز در پیش بینی عمق شیار از خود نشان می‌دهد. اما از طرف دیگر با افزایش حساسیت حرارتی نمونه‌ها، عملکرد مدل برگرز بهتر است. در نمودار زیر نیز نشان می‌دهد بعد از ۱۸۰ تکرار میزان مجموع مربعات خطا به کمترین مقدار خود رسیده است و بعد از آن تغییری در مقادیر تعلیم، اعتبار سنجی و آزمایش رخ نداده است [Mirabdolazimi, 2017]. در سال ۲۰۱۱ ازگان، مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی مقاومت مارشال بتن آسفالتی را ارایه داد. او در این مطالعه ۶۵ نمونه ساخت که ۵ نمونه از آنها را بطور رندم در ۱۷ درجه سانتی گراد محیط آزمایشگاه نگه داشت تا به عنوان نمونه‌های مرجع با دیگر نمونه‌ها از نظر استحکام در دماها و دوره‌های متفاوت مقایسه شود. نتایج نشان می‌دهد که استحکام نمونه‌ها در دمای ۱۷ درجه سانتی گراد در مقایسه با نمونه‌ها در دمای

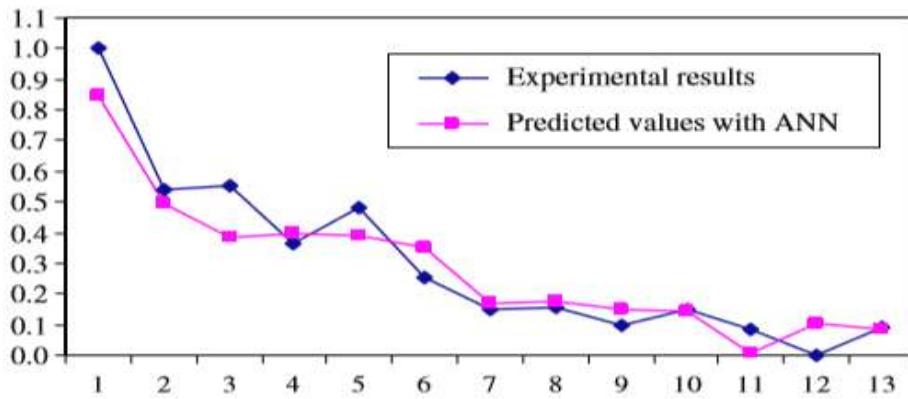
۳۰ درجه سانتی گراد با دوره بارگذاری ۱،۵ ساعت، ۴۰،۱۶ درصد و با دوره ۶ ساعته، ۶۲،۳۹ درصد کاهش می‌یابد. در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد بعد از ۱،۵ ساعت مقاومت به ۷۴،۳۱ درصد و بعد از ۶ ساعت، ۷۸،۱ درصد در مقایسه با نمونه مرجع کاهش یافته است و در آخر در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد با دوره ۱،۵ ساعت استحکام نمونه در حدود ۸۳،۲۲ درصد و با دوره ۶ ساعته، ۸۸،۶۶ درصد کاهش یافته است. در مدل شبکه عصبی مصنوعی ۸۰ درصد داده‌ها برای تعلیم و ۲۰ درصد داده‌ها برای آزمایش استفاده شد که نتایج بدست آمده از این مدل ارتباط خوبی با نتایج آزمایشگاهی در هر دو حالت تعلیم و آزمایش دارد که در نمودارهای ۱ و ۲ نتایج بدست آمده از آزمایش و نتایج بدست آمده از شبکه عصبی مصنوعی در این دو حالت باهم مقایسه شده است [Ozgan, 2011].



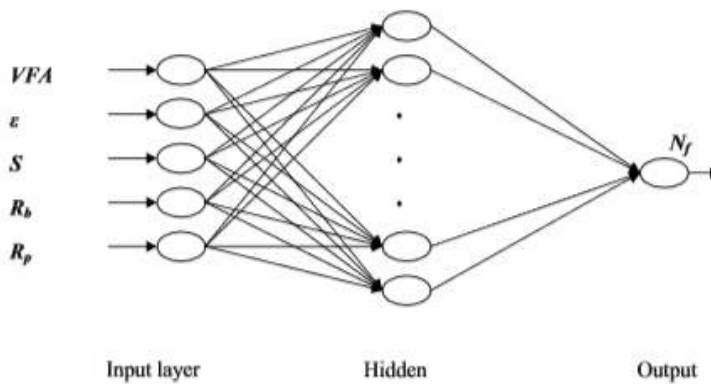
نمودار ۱. مقادیر مجموع مربعات خطا در مدل شبکه عصبی مصنوعی [Mirabdolazimi, 2017]



نمودار ۲. مقایسه مقادیر مدل شبکه عصبی مصنوعی با نتایج آزمایش برای مجموعه تعلیم [Ozgan, 2011]



نمودار ۳. مقایسه مقادیر مدل شبکه عصبی مصنوعی با نتایج آزمایش برای مجموعه آزمایش [Ozgan, 2011]



نمودار ۴. مدل شبکه عصبی مصنوعی [Xiao, 2009]

درصد افزودنی نانو تاثیر بر کاهش تغییر شکل دائمی مخلوط آسفالتی تحت بارگذاری دینامیکی نخواهد گذاشت [Shafabakhsh, 2015]. ژیاوو در سال ۲۰۰۹ در مقاله ای به پیش بینی عمر خستگی بتن آسفالتی اصلاح شده با پودر لاستیک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخت. در این مطالعه بیش از ۱۹۰ نمونه با دو نوع پودر لاستیک، دو دانه بندی مختلف، چهار درصد مختلف پودر لاستیک و در دو دمای ۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد ساخته شد. روش آماری سنتی برای پیش بینی عمر خستگی در این نمونه ها استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بیشتر از روش آماری سنتی در پیش بینی عمر خستگی تاثیر گذار است. مدل شبکه عصبی مصنوعی این گروه نیز در زیر نمایش داده شده است [Xiao, 2009].

در سال ۲۰۱۵ شفاابخش و همکاران به ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی تغییر شکل های پایدار از مخلوط های آسفالتی اصلاح شده با مواد نانو پرداختند. در این آزمایش ۲۷۰ نمونه آسفالتی با دو منبع مختلف سنگدانه و اصلاح شده با دو نوع افزودنی میکرو سیلیکا و نانو ساخته شد. همه نمونه ها در سه دمای مختلف ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد و پنج سطح تنش که شامل ۱۰۰ تا ۵۰۰ کیلو پاسکال می شد، تحت آزمایش قرار گرفتند. مدل شبکه عصبی مصنوعی ساخته شده شامل پنج پارامتر: منبع سنگدانه، نوع افزودنی، درصد افزودنی، دما و تنش می باشد. نتایج این پژوهش نشان می دهد که مدل پیشنهادی می تواند در پیش بینی کرنش نهایی مخلوط آسفالتی موثر باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که با افزایش درصد افزودنی نانو، کرنش نهایی مخلوط آسفالتی کاهش می یابد و افزایش بیش از ۸،۵

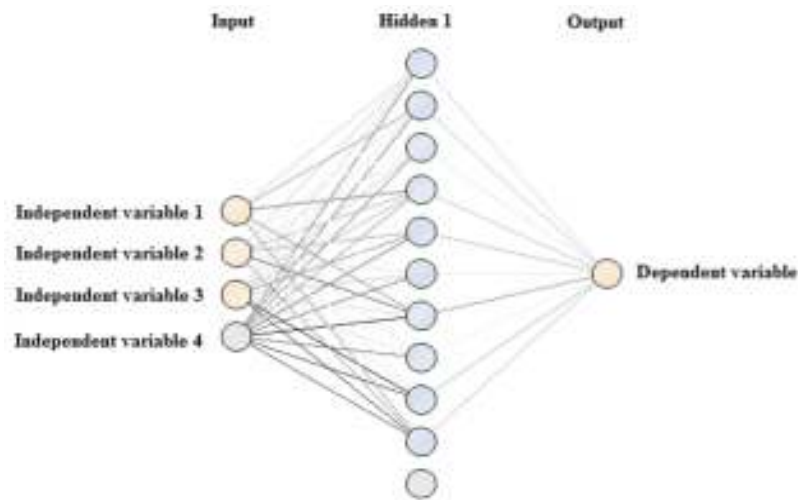
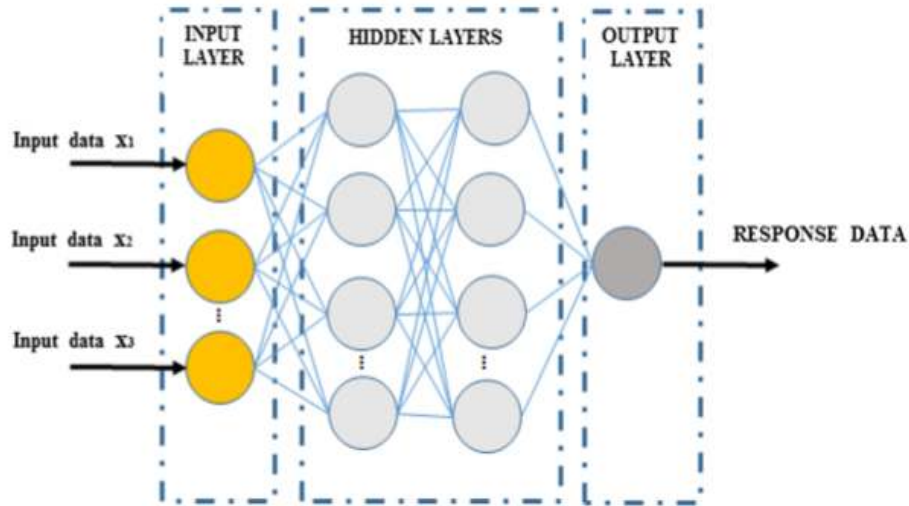
یعنی پرسپترون چند لایه و تابع رادیکال پایه، نتایج نشان می‌دهد که روش چند لایه مدل دقیق تری نسبت به بقیه می‌باشد [Firouzinia, 2018]. در سال ۲۰۱۰ تاپکین و همکاران به پیش بینی نتایج آزمایش مارشال مخلوط‌های آسفالتی اصلاح شده با پلی پروپیلن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. متغیرهای مورد استفاده در مدل شبکه عصبی مصنوعی شامل: نوع پروپیلن، درصد پروپیلن، فضای خالی پر شده با قیر و فضای خالی برای پیش بینی استحکام و روانی نمونه‌ها می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش درصد پروپیلن، استحکام و روانی مارشال افزایش یافته است. همچنین مدل پیشنهادی شبکه عصبی مصنوعی برای استحکام و روانی مارشال، همبستگی خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارد [Tapkin, 2010]. سیلان در سال در سال ۲۰۰۵ مقاله‌ای ارائه نمود. در این مقاله استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزار آنالیز ساختمان روسازی برای پیش‌بینی دقیق از واکنش‌ها و تغییر شکلهای بحرانی از روسازی انعطاف پذیر تحت بارهای معمولی در بزرگراه را توصیف می‌کند. نتایج بدست آمده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی کرنش‌های کششی آسفالت تحت تنش‌های فشاری نشان می‌دهد که میانگین خطای کمی با آن دسته از داده‌های که بصورت مستقیم از آزمایش بدست آمده است، وجود دارد [Ceylan, 2005]. در پژوهشی دیگر الدین در سال ۱۹۹۵ استفاده از یک الگوریتم را برای سنجش شرایط روسازی جاده ارائه کرد. آنها گزارش کردند که این روش دارای میانگین خطای پایینی در مقایسه با تخصص بشر در تعیین شرایط دارد [Eldin, 1995]. مقاله‌ای نیز در سال ۲۰۱۸ با عنوان مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی انرژی مصرفی در تولید مخلوط آسفالتی داغ به چاپ رسید که در آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش بینی گاز طبیعی مصرف شده در این پروسه تولید مخلوط آسفالتی داغ پرداخته شده است. در این پژوهش ۲۰۱۴ نمونه ساخته شد که برای پروسه مدلسازی به ۴ گروه متغیر وابسته که شامل: اساس، رویه، بیندر و مخلوط آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه ای می‌باشد و ۴ گروه متغیر غیر وابسته که شامل: درصد رطوبت، ظرفیت ساعتی، نوع تولید مخلوط آسفالتی و دمای تولید آسفالتی می‌باشد، تقسیم شدند. تاثیر متغیرهای غیر وابسته بر روی گاز طبیعی مصرفی

همچنین این گروه مطالعه‌ای دیگر بر روی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی رفتار سختی مخلوط‌های آسفالتی اصلاح شده با پودر لاستیک پرداخته‌اند. که در این تحقیق نتایج بدست آمده از مدل شبکه عصبی مصنوعی با مدل پیش‌بینی رگرسیونی مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی رفتار سختی مخلوط‌های آسفالتی اصلاح شده با پودر لاستیک موثرتر از مدل‌های پیش‌بینی رگرسیونی می‌باشد [Xiao, 2015].

در سال ۲۰۱۸ فیروزی نیا، مقاله‌ای با عنوان بررسی تاثیر نانو سیلکا بر روی حساسیت حرارتی مخلوط‌های آسفالتی داغ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ارائه نمود. در این مقاله تاثیر نانو سیلکا بر روی خواص حساسیت حرارتی قیر و مخلوط آسفالتی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، سعی بر کاهش هزینه و افزایش سرعت ارزیابی آزمایش داشتند. این آزمایش بر روی دو نوع قیر ۶۰/۷۰ و ۸۵/۱۰۰ و چهار درصد مختلف افزودنی نانو سیلکا (۰،۲، ۰،۴، ۰،۷، ۰،۹ درصد) و سه درصد فضای خالی (۴، ۵ و ۶ درصد) انجام شد. نتایج رئولوژی قیر ۶۰/۷۰ و ۸۵/۱۰۰ نشان می‌دهد که افزایش درصد نانو سیلکا باعث افزایش نقطه نرمی شده است و در نتیجه قیر با نقطه نرمی بالا، حساسیت دمایی کمتری دارد و مخلوط آسفالتی ساخته شده با این نوع قیر مقاومت بیشتری در برابر تغییر شکل و شیارشدگی در دماهای بالا دارد. همچنین نتایج آزمایش مدول سختی نشان می‌دهد مدول سختی با افزایش درصد فضای خالی و افزایش دما، کاهش می‌یابد. از طرف دیگر نمونه‌های اصلاح شده با نانو سیلکا، مدول سختی بیشتری نسبت به نمونه‌های اصلاح نشده دارند. با توجه به استفاده از دو نوع قیر در این آزمایش، نتایج حاکی از آن است که نمونه‌های ساخته شده با قیر ۶۰/۷۰ مدول سختی بیشتری نسبت به نمونه‌های ساخته شده با قیر ۸۵/۱۰۰ دارند. و در آخر ماکزیمم مدول سختی مربوط به نمونه ساخته شده با قیر ۶۰/۷۰ اصلاح شده با نانو سیلکا و ۴ درصد فضای خالی می‌باشد. در مدل شبکه عصبی مصنوعی ۷۰ درصد داده‌ها به تعلیم، ۱۵ درصد به اعتبار سنجی و ۱۵ درصد باقی مانده به آزمایش اختصاص یافت. با استفاده از این مدل و مقایسه آن با دو مدل دیگر

می‌باشد. ضعیف‌ترین نتایج پیش‌بینی نیز مربوط به بیندر و استخوانبندی سنگدانه‌ای می‌باشد. در شکل زیر مدل شبکه عصبی مصنوعی این پژوهش ارائه شده است [Androjić, 2018].

در هر تن تولید مخلوط آسفالتی آنالیز شد. بالاترین مقدار ضریب همبستگی بین مقادیر گاز مصرفی بدست آمده از آزمایش و پیش‌بینی شده برای ترکیب فازهای ۳ و ۵ به دست آمده است. ترکیب ۳، گروهی از نمونه‌های آسفالتی بیندر هستند و ترکیب ۵ تنها داده‌های مربوط به تولید اساس



نمودار ۵. مدل شبکه عصبی مصنوعی [Androjić, 2018]

پیش‌بینی شد [Golzar, 2012]. شی و همکاران در سال ۲۰۱۱ به پیش‌بینی انرژی شکست و مقاومت کششی غیر مستقیم مخلوط‌های آسفالتی اصلاح شده توسط ضد یخ جهت جلوگیری از یخ زدگی و نانو رس و میکرو الیاف کربنی جهت افزایش مقاومت پرداختند. ورودی شبکه آنها

گلزار و همکاران در سال ۲۰۱۲ با توجه به نتایج آزمایشات گذشته در بررسی رفتار قیرهای اصلاح شده پلیمری به ارایه مدل جهت پیش‌بینی رفتار قیرهای پلیمری در دمای پایین پرداختند. در این تحقیق رفتار قیر از نقطه شکست، نرخ خزش و سختی خزشی تحت تاثیر شش پلیمر اصلاح کننده

ژنتیک، کلونی مورچگان و . . . ، در پیش بینی خواص مخلوط‌های آسفالتی استفاده نمود.

۴- مراجع

-بهبهانی، ح.، ایازی، م. ج.، و شجاعی، م. ح.، (۱۳۹۵)، "ارزیابی آزمایشگاهی حساسیت رطوبتی و پتانسیل شیار شدگی مخلوط‌های آسفالتی نیمه گرم"، مهندسی حمل و نقل، سال هفتم، بهار، ص. ۴۱۸-۴۰۵.

- McCulloch, D. and K, Vukadinovic, (2012), "Traffic Control and Transport Planning: A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach", Vol. 13, Springer Science & Business Media.

-M. Lazarevska, M. Knezevic, M. Cvetkovska, A.G. Trombeva, (2014), "Application of artificial neural networks in civil engineering", Tech. Gazette 21 (6), pp. 1353-1359.

-I. Flood, (1990), "Simulating the construction process using neural networks, in: Proceedings of the 7th ISARC – International Association for Automation and Robotics in Construction/Bristol", pp. 374-382.

-D.S. Jeng, D.H. Cha, m. Blumenstein, (2003), "Application of neural networks in civil engineering problems, in: Proceeding of the International Conference on Advance in the Internet, Processing, Systems and Interdisciplinary Research".

-S.M. Mirabdolazimi, Gh.Shafabakhsh, (2017), "Rutting depth prediction of hot mix asphalts modified with forta fiber using artificial neural networks and genetic programming technique, Construction and Building Materials, Vol. 148, 1 September, pp. 666-674.

-E. Ozgan, (2011), "Artificial neural network based modelling of the Marshall Stability of asphalt concrete, Expert Systems with Applications", 38(2011), pp.6025-6030.

-Gh.Shafabakhsh, O. Jafari Ani, M. Talebsafa, (2015), "artificial neural network modeling (ANN) for predicring rutting

نوع ضد یخ، غلظت ضد یخ، درصد میکرو الیاف کربنی و درصد نانو و نتایج بدست آمده جهت پیش بینی انرژی شکست و مقاومت کششی غیر مستقیم با خطای میانگین مربعات (SMSE) به ترتیب ۰,۰۳۶ و ۰,۰۱۱ در مرحله آموزش و ۰,۰۶۵ و ۰,۰۴۹ در مرحله آزمایش، شرایط قابل قبولی را در بین نتایج محاسبه شده و نتایج پیش بینی شده برقرار کردند [Shi, 2011].

۳- نتیجه گیری

یکی از مسائل مهم پیش روی مهندسان راه، تدوین الگوی ساخت بهینه مخلوط‌های آسفالتی از نظر مشخصات عملکردی می‌باشد. در این راستا تخمین پارامترهای موثر بر کمیت و کیفیت مخلوط‌های آسفالتی به عنوان یکی از مولفه‌های حائز اهمیت در پیشرفت و توسعه کیفیت و عمر سرویس دهی جاده‌ها امری ضروری است. در این مطالعه از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خواص عملکردی مخلوط‌های آسفالتی و همچنین عوامل موثر بر کیفیت مخلوط‌های آسفالتی بهره گرفته شده است. در این مطالعه به بررسی مقالات انجام شده در خصوص استفاده از انواع افزودنی و تاثیر آنها بر خواص عملکردی مخلوط آسفالتی پرداخته شد. همچنین از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی این خواص و مقایسه آن با نتایج به دست آمده از آزمایش نیز صورت گرفت. جمع‌بندی مطالب ارائه شده به شرح زیر است:

۱- بیشتر افزودنی‌های بررسی شده در این مطالعه باعث بهبود ویژگی‌های فنی و عملکردی مخلوط‌های آسفالتی شده است و در نهایت باعث افزایش هم سرویس‌دهی مخلوط‌های آسفالتی می‌شود.

۲- استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش بینی خواص فنی و عملکردی مخلوط‌های آسفالتی نشان می‌دهد همبستگی بسیار بالایی بین نتایج بدست آمده از مدل عصبی و نتایج آزمایشگاهی وجود دارد.

به عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی می‌توان به از استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی ویژگی‌های روسازی بتنی و نیز استفاده از روش‌های فرا ابتکاری نظیر الگوریتم

- Halil Ceylan , Alper Guclu , Erol Tutumluer & Marshall R. Thompson, (2005), “Back calculation of full-depth asphalt pavement layer moduli considering nonlinear stress-dependent subgrade behaviour”, *International Journal of Pavement Engineering*, 6:3, pp.171-182.
- Eldin, N. N., & Senouci, A. B., (1995), “A pavement condition rating model using back propagation neural network. *Microcomputers in Civil Engineering*, 10(6), pp.433-441.
- Ivica Androjic, Zlata Dolac`ek-Alduk, (2018), “Artificial neural network model for forecasting energy consumption in hot mix asphalt (HMA) production”, *Construction and Building Materials* 170, pp.424–43.
- Golzar, K., A. Jalali.arami, and M., (2012), “Nematollahi, Statistical investigation on physical-mechanical properties of base and polymer modified bitumen using Artificial Neural Network”, *Construction and Building Materials*, 37, pp. 822-831.
- Shi, X., et al., (2011), “Exploring the interactions of chloride deicer solutions with nanomodified and micromodified asphalt mixtures using artificial neural networks”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 24(7): pp. 805-815.
- performance of nano-modified hot-mix asphalt mixtures containing Steel slag aggregates, *Construction and Building Materials*”, pp.136-143.
- F. Xiao, S. Amirkhanian, C. Hsein, (2009), “prediction of fatigue life of rubberized asphalt concrete mixtures containing reclaimed asphalt pavement using artificial neural network, *J. Master. Civ. Eng.* 21 (6), pp.253-261.
- F. Xiao, S., (2015), “Amirkhanian, artificial neural network approach to estimating stiffness behaviour of rubberized asphalt concrete mixtures containing reclaimed asphalt pavement,, *J. Transp. Eng.* 59 (3), pp. 249-264.
- M. Firouzinia, Gh. Shafabakhsh, (2018), “Investigation of the effect of nano-silica on thermal sensitivity of HMA using artificial neural network, *Construction and Building Materials* 170, pp.527–53.
- Serkan Tapkın, Abdulkadir Çevik, Ün Usar, (2010), “Prediction of Marshall test results for polypropylene modified dense bituminous mixtures using neural networks, *Expert Systems with Applications* 37, pp. 4660–4670

A Predictive Effect of Additives on Asphalt Mixture Performance by Using Artificial Neural Network

*Ali Abdi, Associate Professor, Department of Transportation Engineering and Planning,
Technical and Engineering Faculty, Imam Khomeini International University,
Qazvin, Iran.*

*Farshad Ghotb, M.Sc., Grad., Engineering Faculty, Kermanshah Razi University,
Kermanshah, Iran.*

E-mail: aliabdi@eng.ikiu.ac.ir

Received: March 2020-Accepted: September 2020

ABSTRACT

The low resistance of asphalt mixtures to dynamic loads results in fatigue cracks, rutting, and ultimately reduced service life of the pavement. Hence, advanced countries are looking for new ways to build and maintain roads, as well as efforts to use new technologies to upgrade old pavements, indicating the attention of these countries to maintaining the status of roads at the optimum level. One of the methods for modifying bituminous and asphalt mixtures is the use of a variety of additives. The additives are used because bitumen cannot be used in all Weather and loading conditions. Iran, with its four season climate, experiences special weather effects on most of the development projects. Road pavement is one of the most influential projects in this regard. In addition to testing, using an artificial neural network can be a good solution to reduce costs and time to results evaluation. In this paper, along with the study of the effects of various additives on the functional properties of asphalt mixtures, the use of artificial neural network to predict the different properties of asphalt mix is also discussed.

Keywords: Performance Characteristics, Additives, Artificial Neural Network