ادغام الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مقدار نشست چرخ محرک در اثر لغزش، بار و سرعت

حمید تقوی فر[1*]، عارف مردانی[2]

۱-دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم،دانشگاه ارومیه، hamid.taghavifar@gmail.com
۲- استادیارگروه مهندسی مکانیک بیوسیستم،دانشگاه ارومیه

چکیده

این مطالعه به بررسی اثر پارامترهای لغزش، بار و سرعت در مقدار نشست چرخ محرک درون خاک با استفاده از آزمونگر تک چرخ در محیط انباره‌ی خاک می‌پردازد. داده‌های بدست آمده با استفاده از تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش ادغام الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد مدلسازی و مقایسه قرار گرفتند. مشخص شد که با بکارگیری الگوریتم ژنتیک در شبکه عصبی نتایج بهتری نسبت به اجرای تنهای شبکه عصبی حاصل می‌شود. این امر به دلیل بهینه ساختن وزن‌های نورون ها در هر نسل جدید نسبت به نسل قبلی توسط جمعیت کروموزوم‌ها می‌باشد. همچنین در بین کلیه‌ی آرایش‌های شبکه‌های گسترش یافته در قالب دو الگوریتم آموزشی مورد استفاده، کمترین خطا در الگوریتم آموزشی trainlm با ۶ نورون در لایه‌ی مخفی با مقدار ۰/۶۷۵۵ بدست آمد. البته کمترین مقدار MSE برای الگوریتم آموزشی trainscg با ۷ نورون در لایه‌ی مخفی با مقدار ۰/۸۱۹ بدست آمد که از مقدار ۰/۶۷۵۵ بیشتر بوده و بنابر این شبکه‌ی عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک دارای ۶ نورون در لایه‌ی مخفی و با الگوریتم آموزشی trainlm به عنوان شبکه‌ی برتر انتخاب شد. مشخص شد که نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی به مقادیر واقعی دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۹۷۲۲ می‌باشد. نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک به مقادیر واقعی دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۹۹۰۵ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، انباره‌ی خاک، شبکه‌های عصبی مصنوعی، نشست چرخ

مقدمه

ماشین‌های کشاورزی به عنوان منبع اصلی قدرت در مزرعه، امروزه برای تولید در بخش کشاورزی به عنوان یک نهاد اساسی پذیرفته شده اند. بکارگیری ماشین‌های کشاورزی از این جهت در فرآیندهای خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت برای افزایش بهره‌وری از مزارع باعث تردد چشمگیر این ماشین‌ها در سالهای اخیر شده است. در اثر تقابل چرخ و خاک تغییراتی نیز در ساختار فیزیکی و مکانیکی خاک بوجود می آید که به فشردگی خاک منتج می‌شود که از عوامل ناخواسته در حوزه‌ی کشاورزی می‌باشد و باعث کاهش چشمگیر تولید محصول در مزرعه و ایجاد مشکلات عدیده‌ی بسیاری می‌شود.نتایج تحقیقات نشان می‌دهد

که که تمام انرژی انتقال یافته به محور چرخ‌های محرک به کار مفید تبدیل نمی‌شود بلکه در حدود ۵۵-۲۰ درصد انرژی تراکتورهای موجود در محل تلاقی تایر و خاک مستهلک می‌گردد و باعث سایش لاستیک‌ها و متراکم نمودن خاک به حدی می-شود.فشردگی بیش از حد خاک یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاه و عملکرد محصول است و تخریب و فشردگی بیش از حد خاک باعث کاهش توانایی آن برای ذخیره‌ی آب، مواد غذایی و رشد ریشه گیاه می‌گردد. به عبارت دیگر فشردگی خاک باعث کاهش نسبت تخلخل، مواد غذایی در دسترس، آب و اکسیژن مورد نیاز می‌شود. جلوگیری ازتراکم خاک مزرعه بر اثر رفت و آمد ماشین‌ها و تراکتورها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است از آن‌جایی که در دهه‌های اخیر متناسب با رشد جمعیت و نیاز روزافزون غذایی وزن این ماشین‌ها افزایش چشمگیری نشان می‌دهد و موجب تراکم شدید خاک در لایه‌های سطحی می‌شود، بررسی عوامل بروز این مسئله و راهکارهای پیشگیری از آن به منظور حفظ ساختار خاک مزرعه‌ای لازم و ضروری می‌نماید. برای اندازه گیری مقدار تراکم ایجاد شده در خاک می توان بصورت مستقیم شاخص هایی چون چگالی حجمی خاک، حجم ویژه خاک، درجه تخلخل را اندازه گیری نمود. در روش مستقیم فشردگی از طریق تعیین افزایش مقاومت خاک یا کاهش فضای خالی بین ذرات خاک تعیین می‌شود. با توجه به مشکل بودن نمونه برداری برای اندازه‌گیری به روش مستقیم، امروزه بیشتر تحقیقات معطوف به اندازه‌گیری به روش غیرمستقیمو داخل مزرعه شده است. روشهای مستقیم شامل بهره‌گیری از سنسورهای برای اندازه گیری تنش و یا اندازه‌گیری بلادرنگ مقاومت به نفوذ و یا نشست خاک می باشند.

انسوریج و گادوین[1] در سال ۲۰۰۷، اثر تایرهای لاستیکی دارای بار زیاد بر ایجاد فشردگی در خاک با استفاده از پنترومتر و تنش‌های برشی ایجاد شده در لحظه شروع حرکت را مورد آزمایش قرار دادند و اعلام کردند که در بارهای محوری زیاد بر روی چرخ با افزایش عمق، مقدار جابجایی خاک کاهش می‌یابد. همچنین مقدار مقاومت به نفوذ تا حدودی با دورتر شدن از محل تماس افزایش می یابد و مجدداً دچار کاهش می‌شود.در سال ۲۰۰۶ که توسط پیتکا و همکارانشترانسدیوسر های SST را در دو عمق هدف مدفون کرد و نیز از دو میله که در محل اتصالشان به پروژکتورها دارای اتصال لولایی بودند استفاده کرد. ترانسدیوسرها برای محاسبه تنش و پروژکتورها برای اندازه‌گیری مقادیر تغییر شکل خاک استفاده گردیدند. نور حاصل از این پروژکتورها بر روی صفحه‌ای ظاهر شدند و توسط دوربینی در پشت صفحه که نشانگر مقادیر تغییر شکل خاک بودند ضبط گردیدند. مطالعات دیگری برای بررسی فشردگی خاک با در نظر گرفتن شاخص‌های متنوع برای بررسی مقدار فشردگی خاک با استفاده از روش‌های غیر مستقیم شامل (چگالی حجمی و شاخص مخروطی) پرداختند (پاتل و مانی، ۲۰۱۱: چارمن، ۲۰۰۲: راپر، ۲۰۰۵).تقوی‌فر و مردانی در سال ۲۰۱۳ به بررسی مقدار نشست خاک در اثر پارامترهای مختلف چرخ را با قرار دادن یک صفحه‌ی پلکسی گلس بر روی رد تایر به اندازه‌گیری مقدار نشست خاک درون محیط انباره‌ی خاک پرداختند.

هدف کلی از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات به وجود آمده در خاک در اثر پارامترهای لغزش، بار و سرعت در مقدار نشست چرخ محرک درون خاک با استفاده از آزمونگر تک چرخ در محیط انباره‌ی خاکدر قالب تغییر فرم خاک و همچنین

[1] Ansorage & Godwin, 2007

تنش‌های تراکمی خاک مورد توجه قرار می‌گیرد. تغییر فرم خاک در قالب پروفیل نشست خاک مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به دلیل توانایی روش‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی روابط غیر خطی و پیچیده روابط چرخ و خاک، از روش ادغام الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مقدار نشست چرخ محرک در اثر لغزش، بار و سرعت استفاده می‌شود.

مواد و روشها

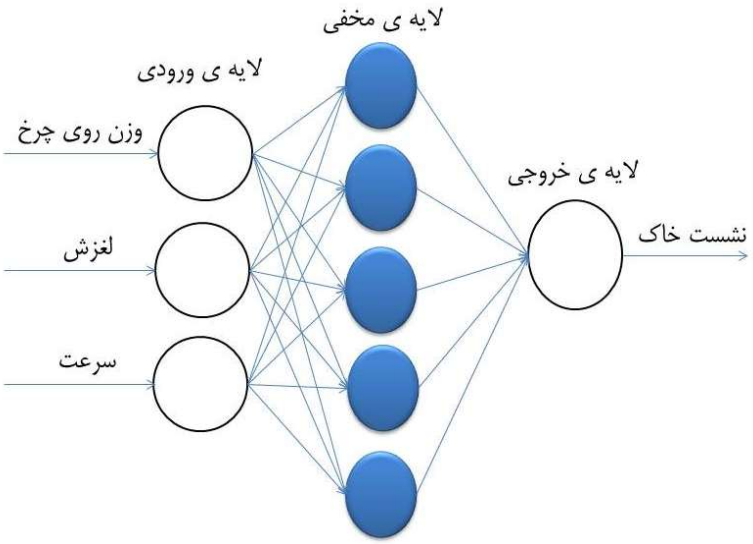
ویژگی‌های انباره‌ی خاک استفاده شده در آزمایشات بصورت تفصیلی در (تقوی‌فر و مردانی، ۲۰۱۳) بیان شده‌اند. به منظور تعیین اثر نشست خاک در اثر ورودی‌های مختلف، ماژول شیب‌سنج دو محوره مدل ZCT245AN مورد استفاده قرار گرفت (روزبهانی، ۲۰۱۳). این شیب‌سنج قابلیت اندازه‌گیری زاویه در محدوده ± 45 درجه و در دو محور X و Y با دقت ۰/۱ درجه را دارا می‌باشد. این شیب‌سنج با استفاده از دو خروجیTTLو RS-232می‌تواند با میکروکنترلر مرتبط است. برای انجام آزمایشات این تحقیق از بالاترین فرکانس داده‌برداری (۱۴ هرتز) استفاده شد، که تعداد داده ثبت شده در هر آزمایش با توجه به زمان داده برداری تعیین می‌شود. مدار دستگاه شیب‌سنج در محیط نرم‌افزار Proteus طراحی گردید و برای این سیستم دو نوع درگاه خروجی USB و RS232 در نظر گرفته شد تا از طریق یکی از این دو پورت بتواند اطلاعات ثبت شده را جهت ذخیره‌سازی به سیستم رایانه منتقل کند. این دستگاه به یک نمایشگر LCD 2×16که یک نمایشگر دو خطه می‌باشد، مجهز شده و قادر است اطلاعات در حال ثبت را به صورت بلادرنگ نمایش دهد. منبع تغذیه ولتاژ این دستگاه یک آداپتور ۱۲ ولت می‌باشد که با اتصال سوکتی ولتاژ دستگاه را تامین می‌کند. یک عدد لامپ LED وضعیت آماده به‌کاری دستگاه را با روشن بودن خود نشان می‌دهد. پردازنده این مدار یک میکروکنترلر ATMega32 می‌باشد که به راحتی و با قابل برنامه‌ریزی می‌باشد. به منظور محافظت از دستگاه در محیط آزمایشات سیستم در درون یک جعبه آلومینیمی مخصوص به صورت کشویی وارد شد و نمایشگرو پورت‌های اتصال از بیرون قابل دسترسی بودند. این سامانه بر روی یکی از بازوهای چهارگانه اتصال دهنده‌ی آزمونگر به حامل چرخ متصل شد. شکل ۱ شماتیکی از سیستم داده‌برداری و سامانه‌ی اندازه‌گیری نشست بصورت بلادرنگ را نشان می‌دهد.

شکل ۱. شماتیکی از سیستم داده‌برداری و سامانه‌ی اندازه‌گیری نشست بصورت بلادرنگ

شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی از رهیافت‌های مدلسازی با الهام از ویژگی‌های سیستم عصبی انسان می‌باشد که در حوزه‌های مختلف علم و مهندسی برای پیش بینی پدیده‌های پیچیده و غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساختار شبکه‌های عصبی حداقل با داشتن سه لایه شامل لایه‌ی ورودی، حداقل یک لایه‌ی مخفی و یک لایه‌ی خروجی قابل تعریف می‌باشد. هر ورودی به شبکه‌ی عصبی به یک وزنسیناپسی ضرب شده و با یک بایاس جمع می‌شود. از الگوریتم‌های مختلف شبکه برای آموزش الگوی موجود بین داده‌ها استفاده می‌شود و از سه قسمت آموزش شبکه، اعتبارسنجی و تست شبکه چگونگی مدل دریافت شده قابل ارزیابی می‌باشد. الگوریتم پس انتشار به عنوان کارآمد ترین الگوریتم برای شبکه‌های چند لایه پرسپترون پیش‌خوران شناخته می‌شود و برای بهینه سازی وزن‌ها و بایاس شبکه استفاده می‌شود که باعث بهبود عملکرد شبکه بعد از هر اپوک می‌شود. اکثر روش‌های مورد استفاده برای کاهش خطای شبکه عصبی از توابع گرادیان بر حسب الگوریتم پس انتشار تبعیت می‌کنند. الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی بر مبنای جمعیت ذرات نیز می‌توانند با شبکه عصبی ادغام شده و عملکرد شبکه را بهبود ببخشند (تقوی‌فر و مردانی، ۲۰۱۳).

شبکه‌ی عصبی از طریق الگوریتم‌های آموزش به درک رابطه‌ی بین پارامترهای ورودی و خروجی می‌پردازند. بدین منظور در این تحقیق از ۲ الگوریتم برجسته‌تر و کارآمدتر (الگوریتم لونبرگ–مارکوارت (trainlm) و الگوریتم گرادیان توأم (trainscg) استفاده شد (گروپ، ۲۰۰۷). ۸۱ داده‌ی تجربی حاصل شده به نسبت های ۷۵٪، ۱۵٪ و ۱۰٪ به ترتیب برای آموزش، تست و اعتبارسنجی شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. شماتیکی از آرایش شبکه‌ی عصبی مورد استفاده در مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.



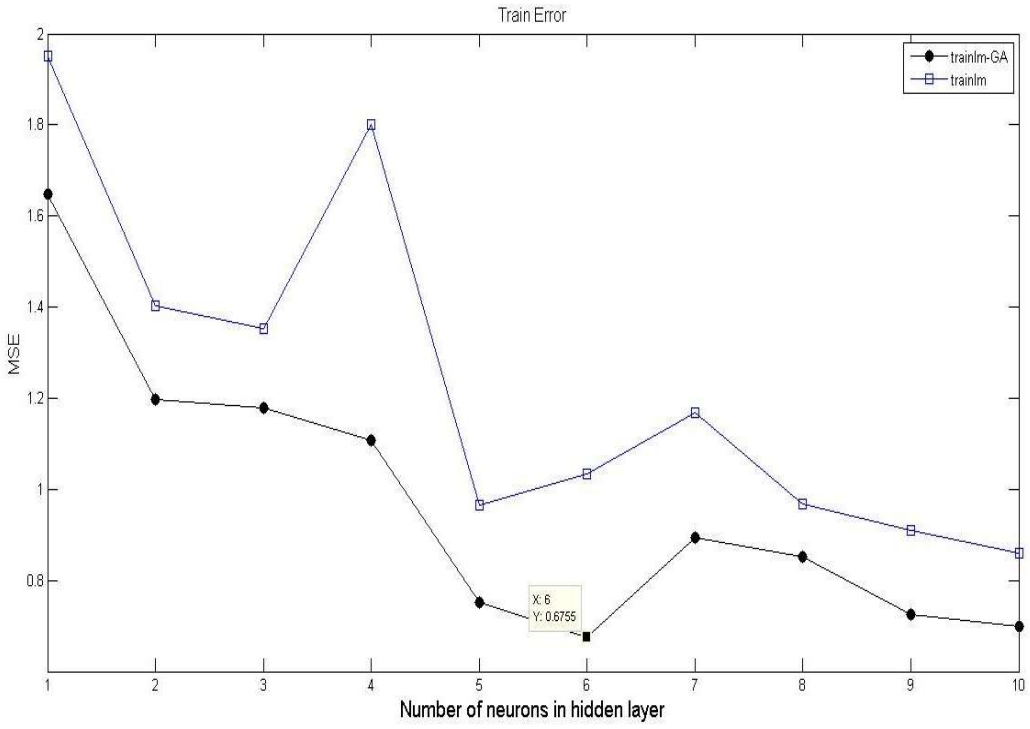
شکل ۲. شماتیکی از آرایش شبکه‌ی عصبی مورد استفاده در مطالعه

تعیین ساختار شبکه از قدم‌های تاثیرگذار بر روی نحوه‌ی آموزش شبکه می‌باشد البته تعداد نورون بالا در شبکه پیچیدگی آن را افزایش می‌دهد و ممکن است شبکه دچار بیش برازش شود که قابلیت پیش‌بینی شبکه را تحت تاثیر قرار خواهد داد. به این جهت برای هر کدام از الگوریتم‌های آموزشی تعداد نورون‌ها از یک تا ۱۰ افزایش یافتند. داده‌ها در رنج ۱- تا ۱ نرمالیزه شدند و از تابع انتقالی تانژانتی-سیگموییدی (tansig) استفاده شد. از دو شاخص ارزیابی عملکرد شبکه خطای میانگین مربعات (MSE) و ضریب تبیین (R^2) بهره گرفته شد.

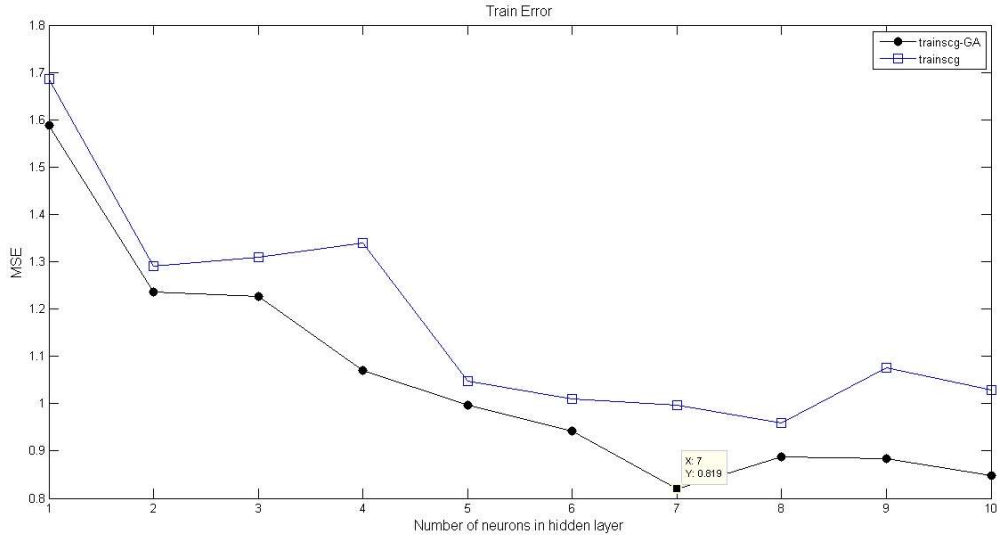
از رایج‌ترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی که بر اساس دگرگونی بیولوژیکی بوجود آمده است، الگوریتم ژنتیک می‌باشد. جمعیت در الگوریتم ژنتیک شامل پاسخ‌های ممکن در فرم آرایه‌ای از کروموزوم‌ها باشد. وزن‌های شبکه درصورتی که توسط الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی می‌شوند بنابراین هر یک از جمعیت‌ها به صورت تصادفی به عنوان وزن شبکه معرفی شدند. تابع MSE به عنوان تابع هزینه معرفی شد و کروموزوم‌های جمعیت سپس برای رسیدن به کمترین تابع هزینه مرتب می‌شوند. تعداد مشخصی از اعضای بهتر بر اساس کمترین هزینه به نسل بعدی منتقل می‌شوند. در این مرحله سه اپراتور الگوریتم ژنتیک (انتخاب، تقاطع و دگرگونی) برای تولید جمعیت نسل بعدی فعال می‌شوند. این سیکل تا رسیدن به جواب مطلوب ادامه یافته تا وزن‌های مطلوب شبکه حاصل شوند.

نتایج و بحث

شکل‌های ۴ و ۵ نتایج خطای آموزش شبکه با MSE در اثر افزایش تعداد نورون در لایه‌ی مخفی را برای الگوریتم آموزش trainlm و trainscg را بدون بکارگیری و با بکارگیری الگوریتم ژنتیک نشان می‌دهد. همانطور که از این شکلها مشخص می‌باشد، روند کلی MSE با افزایش تعداد نورون در لایه‌ی مخفی در همه‌ی مدلها کاهش می‌یابد. همچنین قابل توجه است که با بکارگیری الگوریتم ژنتیک در شبکه عصبی نتایج بهتری نسبت به اجرای تنهای شبکه عصبی حاصل می‌شود. این امر به دلیل بهینه ساختن وزن‌های نورون ها در هر نسل جدید نسبت به نسل قبلی توسط جمعیت کروموزوم‌ها می‌باشد. همچنین در بین کلیه‌ی آرایش‌های شبکه‌های گسترش یافته در قالب دو الگوریتم آموزشی مورد استفاده، کمترین خطا در الگوریتم آموزشی trainlm با ۶ نورون در لایه‌ی مخفی با مقدار ۰/۶۷۵۵ بدست آمد. البته کمترین مقدار MSE برای الگوریتم آموزشی trainscg با ۷ نورون در لایه‌ی مخفی با مقدار ۰/۸۱۹ بدست آمد که از مقدار ۰/۶۷۵۵ بیشتر بوده و بنابر این شبکه‌ی عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک دارای ۶ نورون در لایه‌ی مخفی و با الگوریتم آموزشی trainlm به عنوان شبکه‌ی برتر انتخاب شد.

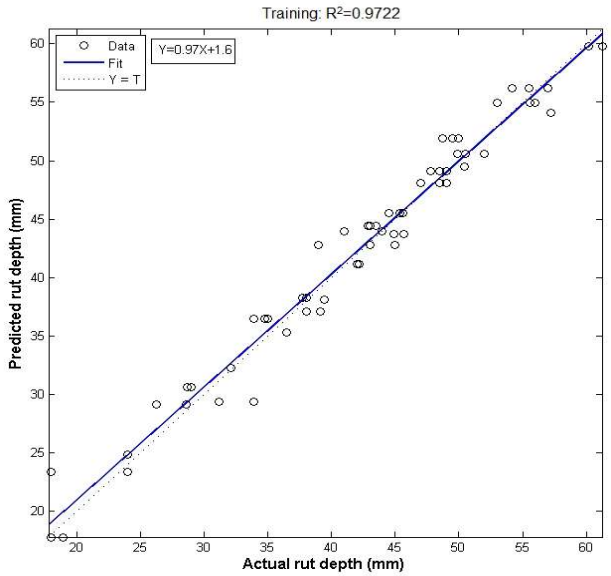


شکل ۳. نتایج خطای آموزش شبکه با MSEدر اثر افزایش تعداد نورون در لایه‌ی مخفی برای الگوریتم آموزش trainlm

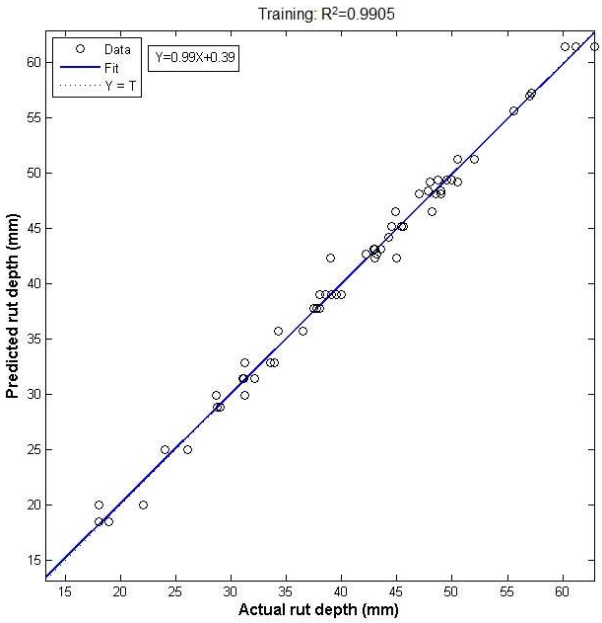


شکل ۴. نتایج خطای آموزش شبکه با MSE در اثر افزایش تعداد نورون در لایه‌ی مخفی برای الگوریتم آموزش trainscg

همچنین مقدار ضریب تبیین نیز به عنوان شاخص دیگری از عملکرد شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۵ نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی به مقادیر واقعی را نشان می‌دهد که دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۹۷۲۲ می‌باشد. شکل ۶ نیز نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک به مقادیر واقعی را نشان می‌دهد که دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۹۹۰۵ می‌باشد. این شاخص عملکردی نیز حاکی از دقت بالاتر روش شبکه عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک نسبت به روش شبکه‌ی عصبی می‌باشد.



شکل ۵. نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی به مقادیر واقعی



شکل ۶. نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک به مقادیر واقعی

نتایج نشان دهنده‌ی توانایی بالای روش‌های هموش مصنوعی در پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده مانند روابط بین چرخ و خاک به دلیل ماهیت الاستیک–پلاستیک خاک و دینامیک پیچیده‌ی چرخ در حال حرکت و اندرکنش بین آن‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی اثر پارامترهای لغزش، بار و سرعت در مقدار نشست چرخ محرک درون خاک با استفاده از آزمونگر تک چرخ در محیط انباره‌ی خاک می‌پردازد. داده‌های بدست آمده با استفاده از تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش ادغام الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد مدلسازی و مقایسه قرار گرفتند. مشخص شد که با بکارگیری الگوریتم ژنتیک در شبکه عصبی نتایج بهتری نسبت به اجرای تنهای شبکه عصبی حاصل می‌شود. این امر به دلیل بهینه ساختن وزن‌های نورون ها در هر نسل جدید نسبت به نسل قبلی توسط جمعیت کروموزوم‌ها می‌باشد. همچنین در بین کلیه‌ی آرایش‌های شبکه‌های گسترش یافته در قالب دو الگوریتم آموزشی مورد استفاده، کمترین خطا در الگوریتم آموزشی trainlm با ۶ نورون در لایه‌ی مخفی با مقدار ۰/۶۷۵۵ بدست آمد. البته کمترین مقدار MSE برای الگوریتم آموزشی trainscg با ۷ نورون در لایه‌ی مخفی با مقدار ۰/۸۱۹ بدست آمد که از مقدار ۰/۶۷۵۵ بیشتر بوده و بنابر این شبکه‌ی عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک دارای ۶ نورون در لایه‌ی مخفی و با الگوریتم آموزشی trainlm به عنوان شبکه‌ی برتر انتخاب شد. مشخص شد که نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی به مقادیر واقعی دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۹۷۲۲ می‌باشد. نزدیکی مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی ادغام شده با الگوریتم ژنتیک به مقادیر واقعی دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۹۹۰۵ می‌باشد.

منابع

1. Ansorge, D., & Godwin, R. J. (2007). The effect of tyres and a rubber track at high axle loads on soil compaction, Part 1: Single axle-studies. Biosystems Engineering, 98(1), 115-126.

2. Pytka, J., Dąbrowski, J., Zając, M., & Tarkowski, P. (2006). Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state. Journal of Terramechanics, 43(4), 469-485.

3.Patel, S. K., & Mani, I. (2011). Effect of multiple passes of tractor with varying normal load on subsoil compaction. *Journal of Terramechanics*, *48*(4), 277-284.

4.Carman, K. (2008). Prediction of soil compaction under pneumatic tires a using fuzzy logic approach. *Journal of Terramechanics*, *45*(4), 103-108.

5.Raper, R. L. (2005). Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics*, *42*(3), 259-280.

6. Taghavifar, H., Mardani, A., & Taghavifar, L. (2013). A hybridized artificial neural network and imperialist competitive algorithm optimization approach for prediction of soil compaction in soil bin facility. Measurement. 46(8), 2288-2299

7. Graupe D, 2007. Principles of artificial neural networks. P. 303. In: Circuits and

systems. 2nd ed. USA: World Scientific. Advanced Series.

8. Roozbahani, A., 2013. Investigation of rut tire profile and normal stresses under driving wheel caused by variable dynamic load using a soil bin single wheel tester. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.

Fusion of genetic algorithm and artificial neural network for prediction of tire rut depth as affected by slippage, wheel load and velocity

Hamid Taghavifar[1*], Aref Mardani[1]

1- Ph.D. Candidate, Department of Mechanical Engineering of Biosystems,Urmia University, Iran
Hamid.taghavifar@gmail.com
2- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Iran

Abstract

This study is aimed at investigating the effect of slippage, wheel load and velocity on tire rut depth of driven wheel utilizing single wheel tester in a soil bin facility. The obtained results were used to develop ANN and ANN-GA approaches for the modeling. It was found that ANN-GA approach outperformed ANN technique. This was attributed to the optimization of the neuron weights in new generation when compared to the older generation by chromosome population. Furthermore, among all ANN architectures, the lowest MSE corresponded to trainlm with 6 neurons in the hidden layer with MSE equal to 0.6755. The lowest MSE for trainscg with 7 neurons in the hidden layer was obtained to be 0.819. Hence fused ANN-GA with 6 neurons in the hidden layer was selected as the superior model. Coefficient of determination equal to 0.9722 was obtained for trainlm training algorithm where for ANN-GA approach, this criterion was obtained to be 0.9905.

Keywords: Artificial neural networks, Genetic algorithm, Soil bin, Tire rut depth