بررسی خرد شدن خاک در تیلردوار ا استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (۴۸۶)

احسان الهی فرد[۱] ، محمد شکفته[۲] ، محمد رضا حجتی[۳] ، مهدی ژاله رخی[۴]

چکیده

بررسی پارامتر های تاثیر گذار بر کارکرد تیلر دوار یکی از مراحل مهم در طراحی و بهینه سازی کارکرد این ماشین می باشد، لذا افزایش دقت در تحلیل این پارامتر ها به میزان قابل توجهی مد نظر می باشد. کارکرد تیلر دو ر از منظرهای مختلف مانند میزان خرد شدن خاک، میزان هموواری سطح زمین پس از عملیات خاک ورزی و میزان برگرداندن بقایای گیاهی قابل بررسی می باشد. در این تحقیق میزان خرد شدن خاک تحت تاثیر عوامل سرعت پیشروی، سرعت دورانی روتور، وضعیت استقرار در پوش و محتوای رطوبتی خاک در قالب طرح کرت های خرد شده مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش بینی میزان خرد شدن خاک، داده های بدست آمده در آزمایشات با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی مورد تحلیل و مدل سازی قرار گرفت. نتایج حاصل از پیش بینی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی به میزان مطلوبی با مقادیر به دست آمده در آزمایش ها مطابقت می نمود. مقایسه نتایج پیش بینی شده در روش شبکه عصبی مصنوعی با مقادیر بدست آمده در آزمایشات، بیانگر دقت ۹۰٫۶۴ الی ۹۹,۱۴ درصد بود.

کلیدواژه: تیلر دوار، شبکه عصبی مصنوعی، سرعت پیشروی، سرعت دورانی، درپوش

۱- دستیار آموزشی، دانشگاه پیام نور سیرجان، پست الکترونیک: ehsan_elahifard@yahoo.com
۲- مدرس دانشگاه آزاد جیرفت
۳- مدرس آموزشکده فنی رضوان، کرمان
۴- کارشناسی ارشد مکانیک

مقدمه

کشاورزی امروز، با توجه به توسعه روزافزون صنعت بدون استفاده از قدرت موتور و ماشین نمی تواند جای خود را ثابت و استوار نگه دارد. به طوری که آمار کشورهای پیشرفته جهان نشان می دهد مزارعی که مجهز به قدرت موتوری و ماشین های کشاورزی می باشد گذشته از کیفیت و کمیت انجام کار و صرفه جویی انجام مراحل مختلف عملیات تهیه بستر بذر، کاشت ، داشت ، برداشت و ذخیره محصولات کشاورزی، نیاز کمتری به قدرت بدنی کارگر جهت انجام این عملیات دارند[۱]. خاکورزی، به عنوان فرآیند اعمال نیرو بر خاک جهت تغییر شرایط فیزیکی و به هم زدن سطح خاک برای حصول به برخی از اهداف مانند نرم کردن خاک جهت آماده سازی بستر بذر، تغییر توپولوژی خاک و یا مخلوط کردن خاک با سایر مواد تعریف می گردد [۵]. این فرآیند، به عنوان هزینه برترین مرحله در تولید محصولات به صورت مکانیزه محسوب می شود[۳]. امروزه، تحلیل های تئوری در کنار روش های آزمایشگاهی جهت بهبود فرآیند خاکورزی مورد استفاده قرار می گیرد[۶]. هدف عمده در بهبود عملیات خاکورزی، کاهش مصرف انرژی و در عین حال حصول شرایط مطلوب در خاک می باشد. هزینه بالای ادوات و مصرف بالای انرژی در عملیات خاکورزی لزوم بهبود در عملیات خاکورزی را نشان می دهد [۴]. استفاده از تیلر های دوار، به عنوان یکی از ادوات خاکورزی اولیه، همواره مد نظر بوده است. کاربرد این وسیله به واسطه آماده نمودن بستر بذر با یک بار عبور از روی زمین و در نتیجه کاهش میزان کل کشش مورد توجه قرارگرفته است، لیکن هزینه زیاد این ادوات و نیاز به توان بالا جهت انجام عملیات خاکورزی، محدودیتهایی را جهت کاربرد به وجود آورده است[۲]. لذا بهبود شرایط کارکرد دستگاه، اعم از نحوه طراحی و بهینه سازی ساختار فیزیکی دستگاه و نیز توجه به انتخاب شرایط مناسب زمین جهت استفاده از دستگاه منجر به بهبود کارکرد و نیز کاهش هزینه ها می گردد. عوامل مختلفی بر کارکرد تیلر دوار تاثیر گذار می باشند. سرعت پیشروی تراکتور، سرعت دورانی روتور، تعداد تیغه ها، آرایش تیغه ها، زاویه برش تیغه ها، شرایط فیزیکی خاک از عوامل تاثیر گذار بر کارکرد تیلر دوار می باشند[۷]. عموم بررسی های انجام شده در زمینه کارکرد تیلرهای دوار، تحقیقات کیفی بوده است که در آن، اثرات کلی برخی از عوامل مورد توجه قرار گرفته است. هر چند که این تحقیقات، منجر به کسب اطلاعات مفیدی در مورد میزان اثر هر عامل بر خروجی تعریف شده بر پایه هدف در تیلرهای دوار می شود، لیکن جهت وصول به شرایط بهینه، انجام بررسی های کمی، امری ضروری می باشد. در این مطالعه، فرآیند خردشدن خاک توسط تیلردوار، با استفاده از آزمایشاتی در قالب طرح کرتهای خردشده در 3 تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نرخ خرد شدن خاک تحت تاثیر پارامترهای سرعت پیشروی تراکتور، سرعت دورانی شافت حامل تیغه ها، وضعیت قرار گیری درپوش و محتوای رطوبتی خاک بررسی شد و نتایج حاصل مورد تحلیل قرار گرفت تا میزان اثر هر یک از این پارامترها بر نرخ خرد شدن خاک تعیین گردد. آنگاه، جهت بررسی عملیات آماده سازی زمین با استفاده از تیلر دوار، نرخ خرد شدن خاک با توجه به مقادیر موجود از عوامل موثر به وسیله روش شبکه عصبی مورد پیش بینی قرار گرفت . هدف از انجام این قسمت، امکان پیش بینی توسط کاربر جهت آگاهی از وضعیت نهایی زمین پس از استفاده از تیلر دوار در شرایط عملی بود. لذا این امکان برای کاربر به وجود می آید که پیش از انجام عملیات، از وضعیت نسبی زمین پس از اجرا آگاهی یابد و در صورت لزوم با تغییر پارامترهای مطرح شده، شرایط دلخواه را با توجه به اهداف مدنظر از اجرای عملیات خاکورزی تغییر دهد . هدف از انجام این تحقیق موارد زیر بود:

- بررسی امکان پیش بینی میزان خردشدن خاک تحت اثر سرعت پیشروی، سرعت دورانی روتور، وضعیت استقرار درپوش و محتوای رطوبتی خاک .
- تعیین میزان وابستگی خرد شدن خاک به هر یک از عوامل مطرح شده .

شبکه های عصبی مصنوعی

با شناخت توانایی های سلول های عصبی در مغز انسان و مشابه سازی این روند درسیستمهای کامپیوتری شبکه های عصبی هوشمند مصنوعی برای نخستین بار درسال ۱۹۴۳توسط مک کالوچ[۱] عصب شناس و پیتز[۲] ریاضیدان بوجود آمد . و از آنجا که مفاهیم پایه ای مطرح شده در آن از اساس ریاضی مستحکم و قابل اعتمادی برخوردار بود ، بعدها به طور گسترده ای مورد اقبال عموم محققان در مدل سازی تجربی فرایندهای شدیداً خطی قرار گرفت. نکته قابل توجه در مدل سازی یاد شده شبیه سازی عملکرد پیچیده سلول های عصبی با تعداد زیادی واحد با عملکرد ساده و ارتباط های موازی بود.

طبق تعریف شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم پردازش اطلاعات می باشدکه از تعدادی زیادی واحد غیر خطی به هم پیوسته پردازشگر اطلاعات (نرون ها یا گره ها) تشکیل شده است. شبکه های عصبی مصنوعی از دو جهت با مغز انسان شباهت دارند:

الف- کسب دا نش توسط شبکه طی فرایندی بنام یادگیری[۳] یا آموزش [۴] صورت می گیرد .

ب- عوامل مرتبط کننده نرونها که وزنهای سیناپتیک[۵] نامیده می شود, دانش کسب شده توسط شبکه را ذخیره می کنند.

مراحل ساخت یک مدل با شبکه عصبی مصنوعی

همانگونه که قبلا گفته شد یک شبکه عصبی مصنوعی از تعداد زیادی گره و پاره خط های جهت دار که گره ها را به هم مرتبط می کنند تشکیل شده است. گره هایی که در لایه ورودی هستند گره های حسی[۶] و گره های لایه خروجی گره های پاسخ دهنده[۷] نامیده می شود . بین نرون های ورودی و خروجی نیز نرون های پنهان[۸] قرار دارند. اطلاعات از طریق گره های ورودی به شبکه وارد شده و سپس از طریق لایه های پنهان منتقل می شوند و در نهایت خروجی شبکه از گره های لایه خروجی به دست می آیند. این مراحل دقیقا مشابه شبکه عصبی بیولوژیک انسان است. در ساخت یک مدل بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی اولین کار انتخاب نوع شبکه است. پس از آن پارامترهای ورودی که در خروجی تاثیر گذارند انتخاب می گردند . سپس معماری شبکه، یعنی تعداد لایه ها و تعداد گره ها در هر لایه و چگونگی اتصال آنها و نوع تابع محرکه مورد استفاده برای نرون ها و نهایتا پارامترهای موثر در آموزش شبکه تعیین می گردند.

بعد از تعیین نوع شبکه و معماری آن یک سری اطلاعات (آمار) ورودی و خروجی به شبکه اده می شود تا شبکه بر اساس این اطلاعات آموزش یابد. این مرحله را مرحله یادگیری[۹] یا آموزش[۱۰] شبکه می نامند. در مرحله آموزش با توجه به نوع الگوریتم آموزشی، وزنهای اتصالات شبکه تغییر می یابند. مناسب ترین مدل، با سعی و خطا به صورت تغییر تابع محرکه، تغییر تعداد لایه ها و تغییر تعداد گره ها در لایه های پنهان به دست می آید. بعد از آموزش شبکه با استفاده از مجموعه آزمایشی صحت ملکرد شبکه را امتحان می کنیم. به این صورت که بردار ورودی مجموعه آزمایشی[۱۱] را به شبکه معرفی کرده و خروجی حاصل از شبکه را با خروجی واقعی [۱۲] مقایسه می کنیم این مرحله، مرحله آزمایشی یا امتحان شبکه عصبی نامیده می شود. بعد از آزمایش شبکه عصبی و رسیدن به خطای قابل قبول، مدل شبکه عصبی قابل استفاده خواهد بود.

مواد و روش ها

---

[1] - Mcculloch
[2] - Pitts
[3] - Learning
[4]- Training
5- Synaptic weights
[6] - sensory
[7] - Responding
[8] - Hidden
[9] - learning
[10] - Training
[11] - Test set
[12]- Target

استفاده از شبکه عصبی، منوط به تعیین عوامل تاثیرگذار بر کارکرد یک سیستم می باشد. جهت تعیین برخی از عوامل موثر بر میزان خردشدن خاک در تیلر های دوار، طرح آماری کرتهای خرد شده با طرح پایه بلوک کامل تصادفی انجام گردید. عوامل انتخابی جهت بررسی به شرح زیر بود:

- سرعت پیشروی (در دو سطح ، 2/23 و 3/41 کیلومتر بر ساعت)
- سرعت دورانی روتور تیلر دوار (در دو سطح ، ۱۸۳ و ۲۵۱ دور بر دقیقه)
- وضعیت استقرار درپوش (در دو سطح ، حالت بسته و باز)
- میزان رطوبت خاک (در سه سطح با محدوده ۱۲-۱۰ ، ۱۴-۱۲ ۱۶- ۱۴ درصد)

کرت اصلی، درصد رطوبت خاک در نظر گرفته شد و سرعت پیشروی، سرعت دورانی روتور و وضعیت استقرار درپوش به عنوان کرت فرعی منظور گردید. جهت انجام عملیات خاکورزی به وسیله تیلر دوار ، از یک تراکتور گلدونی کمر شکن مدلOTM930 استفاده گردید. جهت محاسبه سرعت حرکت در وضعیت عملیاتی، از دنده های دو و سه تراکتور در دور موتور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه استفاده گردید. مسافتی معادل ۴۰ متر در امتداد کرت مشخص گردید و با اندازه گیری زمان تردد تراکتور در طول این مسیر ، سرعت حرکت تراکتور مشخص گردید. سرعتهای محاسبه شده در دنده های دو و سه تراکتور برابر با ۲/۲۳ و ۳/۴۱ کیلومتر بر ساعت بود. مقادیر سرعت دورانی شافت تیلر دوار در سرعت های نامی دوران شافت تواندهی تراکتور، معادل ۱۸۳ و ۲۵۱ دور بر دقیقه محاسبه گردید. درپوش تیلر دوار ، در طی انجام آزمایشات در دو وضعیت باز و بسته مورد بررسی قرار گرفت. تغییر موضع درپوش، به وسیله زنجیر تعبیه شده بر روی دریچه انجام می گرفت. جهت بررسی اثر رطوبت خاک بر میزان خرد شدن خاک ، سه محدوده رطوبتی انتخاب گردید. محدوده های رطوبتی انتخابی به شرح زیر بود:

- ۱۲- ۱۰ درصد
- ۱۴- ۱۲ درصد
- ۱۶- ۱۴ درصد

محتوای رطوبتی خاک بر پایه وزن خشک در محاسبات اعمال گردید. نمونه های خاک مورد نظر ، از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی متری خاک انتخاب گردید و وزن نمونه اولیه با استفاده از ترازو اندازه گیری گردید. سپس نمونه خاک به مدت ۲۴ ساعت توسط دستگاه گرم کن با درجه حرارت معادل ۱۰۰ درجه سانتی گراد تحت حرارت قرار گرفت. سپس وزن خاک خشک با استفاده از ترازو اندازه گیری گردید. جهت محاسبه درصد رطوبت خاک، از رابطه (۱) استفاده گردید [۱].

$$M.C = \frac{w_w - w_d}{w_d} \cdot 100 \qquad (۱)$$

$M.C$: درصد رطوبت خاک (بر پایه وزن خشک)

$w_w\,(gr)$: وزن خاک مرطوب

$w_d\,(gr)$: وزن خاک خشک

عوامل انتخابی در آزمایش در جدول(۱) ارائه شده است.

جدول (۱): عوامل مطرح شده در آزمایشات

پارامتر	برچسب(یکا)	سطح1	سطح 2	سطح 3
سرعت پیشروی	F.V(km/hr)	۲/۲۳	۳/۴۱	_
سرعت دورانی روتور	RPM(rpm)	۱۸۳	۲۵۱	_
وضعیت درپوش	S.P	پایین	بالا	_
میزان رطوبت خاک	M.C (%)	۱۰-۱۲	۱۲-۱۴	۱۴-۱۶

جهت بررسی میزان خرد شدن خاک، از روش قطر میانگین وزنی [1] استفاده گردید. این روش با استفاده از الک هایی با قطرهای متفاوت که به طور عمودی از بزرگترین قطر به کوچک ترین قطر روی هم قرار داشتند، صورت گرفت. محاسبه مقدار قطر میانگین وزنی با استفاده از رابطه (۲) انجام شد[۱].

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{w_t} D_i \qquad (۲)$$

$MWD(mm)$: قطر میانگین وزنی

$w_i(gr)$: وزن خاک باقیمانده بر روی غربال مورد نظر

$w_t(gr)$: وزن کل خاک خرد شده در هر نمونه مورد آزمایش

برای محاسبه قطر میانگین وزنی در هر کرت آزمایشی ، مقدار فوق در سه نقطه که به صورت تصادفی انتخاب گردید، به دست آمد و مقدار میانگین این مقادیر به عنوان نماینده قطر میانگین وزنی در هر کرت معرفی گردید. جهت نمونه برداری از یک قاب چوبی ۵۰ ۵۰۰ سانتی متری استفاده گردید. عمق نمونه برداری از خاک ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر بود.

الک های به کار رفته در این آزمایشات دارای ابعاد ۵۰ ۵۰۰ سانتی متر می بود. جنس بدنه الک ها از چوب و فلز می بود که بر روی یک شاسی اصلی فلزی قرار می گرفت. اندازه سوراخ الک های به کار رفته به ترتیب ۵۰ ، ۳۱/۵، ۲۰ و ۱۲/۵ میلی متر بود که به شکل مربع بودند. جهت اندازه گیری وزن خاک باقیمانده بر روی الک ها از یک ترازو با دقت ۱۰ گرم استفاده شد. سطح کرت های مورد استفاده در این آزمایشات دارای ابعاد ۴۰ ۳۰ متر می بود. جهت اطمینان از صحت سرعت های پیشروی مطرح ش ه ، فاصله ۲۰ متری میانی هر کرت به عنوان محدوده مورد بررسی در آزمایشات مد نظر قرار گرفت. تیلر دوار به کار رفته در این تحقیق ، از نوع سوار بود که به صورت آفست به تراکتور متصل می گردید. از این مدل تیلر جهت انجام عملیات خاکورزی در باغات پسته استفاده می گردد. این تیلر دارای ۶ فلانج و هر فلانج دارای ۴ تیغه از نوع تیغه های ال – شکل بود. فاصله بین دو فلانج ، ۱۸ سانتی متر و فاصله فلانج انتهایی تا بدنه ، ۱۰ سانتی متر بود. حداکثر عرض آفست بودن این مدل تیلر دو ر، ۹۰ سانتی متر بود. بافت خاک از نوع سیلت شنی بود. منطقه اجرای آزمایشات، شهرستان چترود بود. پس از انجام آزمایشات، داده های به دست آمده مورد تجزیه واریانش قرار گرفت. جهت پیش بینی میزان خرد شدن خاک تحت تاثیر عوامل مطرح شده ، ۵۴ سری از داده های به دست آمده در آزمایشات به عنوان داده های ورودی به مدل شبکه عصبی وارد گردید تا فرآیند آموزش در مدل انجام گیرد. سپس ، ۱۸ سری از داده ها که در هنگام آزمایشات اندازه گیری گردید، جهت بررسی صحت کاربرد روش شبکه عصبی استفاده شد. بدین ترتیب که مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشات وارد مدل شبکه عصبی گردید و خروجی برنامه پس از اجرای مدل، به دست آمد. مقدار خروجی با مقدار به دست آمده در آزمایشات مقایسه گردید و میزان خطای آزمایش محاسبه شد. جهت کار برد روش شبکه عصبی مصنوعی، از نرم افزار MATLAB استفاده شد. در این نرم افزار، یک نوار ابزاز تحت عنوان نوار ابزار شبکه

[1] MWD (Median Weight Diameter)

عصبی[1] آماده گردیده تا کار بر به راحتی بتواند از متد شبکه عصبی استفاده نماید. نوع شبکه استفاده شده در این تحقیق جهت حصول به جوابهایی دقیق تر و کاهش خطا، Generalized Regression Networks بود.

نتایج و بحث

عوامل مطرح شده در آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است. برای بررسی آماری داده های به دست آمده ، تجزیه واریانس انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲): تجزیه واریانس داده های اندازه گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
rep	2	0/113	0/057	0/453
M.C	2	334/073	167/037	893/468*
E_{MC}	4	5739	1955	-
Main Plot	8	6073/186	-	-
F.V	1	175/375	175/375	1405/616*
F.V· M.C	2	16/249	8/125	65/118*
RPM	1	206/960	206/960	1658/760*
M.C· RPM	2	1/049	0/525	4/205*
M.C· RPM· F.V	2	2/166	1/083	8/680*
RPM· F.V	2	2/805	2/805	22/478*
S.P	1	87/230	87/230	669/140*
MC· S.P	2	2/234	1/117	8/953*
F.V· S.P	1	0/488	0/488	3/914*
RPM· S.P	1	7/151	7/151	57/311*
MC· S.P· F.V	2	0/498	0/498	2/931
MC· S.P· RPM	2	1/262	2/523	10/111*
MC· SP· RPM· FV	2	2/185	8/742	17/516*
$E_{Split\ Plot}$	24	5739	239/125	-
Split Plot	55	6252/740	-	-

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که سرعت پیشروی، سرعت دورانی روتور، وضعیت استقرار درپوش و محتوای رطوبتی خاک به صورت معنی داری بر میزان خرد شدن خاک تاثیر می گذارد. اثرات متقابل مابین سرعت پیشروی با سرعت دورانی، وضعیت استقرار درپوش و محتوای رطوبتی خاک، اثر متقابل سرعت دورانی با وضعیت استقرار درپوش و محتوای رطوبتی خاک، اثر متقابل سرعت پیشروی، سرعت دورانی روتور و محتوای رطوبتی خاک و اثر متقابل هر ۴ عامل بر یکدیگر، اختلاف معنی اری را بر میزان خرد شدن خاک در سطح ۵٪ نشان می دهد. با افزایش سرعت پیشروی، مقدار قطر میانگین وزنی افزایش یافته است. علت این امر، تشکیل لقمه های بزرگتر در زمان برش توسط خاک می باشد زیرا، با افزایش سرعت پیشروی، طول لقمه خاک افزایش می یابد. افزایش سرعت دورانی روتور منجر به کاهش مقدار قطر میانگین وزنی شده است. علت این امر، تشکیل لقمه های کوچکتر در زمان برش خاک می باشد. علاوه بر آن، با افزایش سرعت دورانی روتور، نیروی وارد بر خاک افزوده شده و لقمه خاک با شدت بیشتری به درپوش برخورد می کند. بالا بردن درپوش، منجر به افزایش فاصله تا محل جدا شدن لقمه خاک از تیغه می

[1] Neural Network toolbox (NNtool)

گردد. لذا، جسم با شدت کمتری نسبت به وضعیت پایین درپوش به صفحه درپوش برخورد می کند و در نتیجه نیروی عکس العمل بر لقمه خاک کاهش می یابد. این امر، منجر به کاهش خرد شدن خاک و افزاش مقدار قطر میانگین وزنی می شود. افزایش محتوای رطوبتی ، منجر به افزایش خرد شدن خاک و کاهش قطر میانگین وزنی شده است. علت این امر، کاهش نیروی همدوسی در بین ذرات خاک و ایجاد حالت تردی در خاک می باشد. افزایش محتوای رطوبتی تا حد پلاستیک خاک (Plastic Limit) منجر به این وضعیت می گردد. در جدول (۳) ، متغیرهای به کار رفته در جدول های بعدی معرفی شده است.

جدول (۳): معرفی متغیرهای به کار رفته

عنوان	برچسب	توضیحات
قطر میانگین وزنی به دست آمده در آزمایشات	MWDexp	_
قطر میانگین وزنی پیش بینی شده شبکه عصبی	MWDpre	_
خطا	Error	$Error = \frac{\left\|MWD_{\exp} - MWD_{pre}\right\|}{MWD_{\exp}} \cdot 100$

داده های ورودی به نوارابزار شبکه عصبی مصنوعی ، جهت انجام فرآیند آموزش شامل مقادیر ارائه شده در جدول (۴) بود . ۱۸ سری از ترکیب داده های ورودی جهت مقایسه با خروجی های شبکه عصبی به صورت تصادفی انتخاب شد. این اعداد به صورت توزیعی در ورودی شبکه عصبی گنجانده شد. مقادیر پیش بینی شده در روش شبکه عصبی مصنوعی در جدول (۵) مشاهده می شود. مقایسه نتایج محاسبه شده روش شبکه عصبی مصنوعی با مقادیر به دست آمده در آزمایشات، بیانگر وجود خطای ۰/۴۶درصد الی ۹/۸۶ درصد می باشد. جهت حصول به جوابهای دقیق تر، انجام آزمایشات بیشتر، مطلوب می باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، می توان بیان نمود که استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار مدلسازی غیر خطی توانایی پیش بینی در مورد میزان خرد شدن خاک را تحت اثر عوامل مطرح شده دارا می باشد.

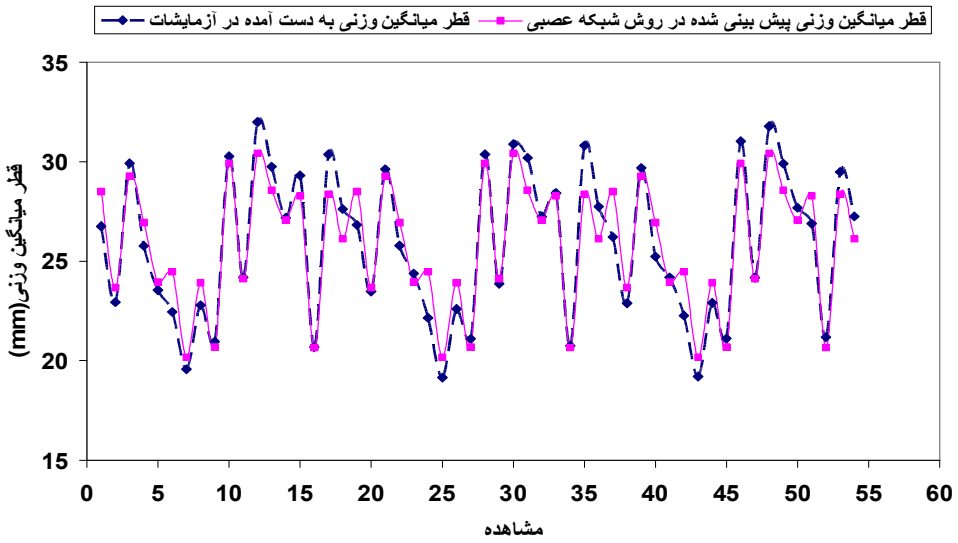
جدول (۴): داده های ورودی به نوارابزار شبکه عصبی مصنوعی جهت انجام فرآیند آموزش

مشاهده	F/V [km/hr]	RPM [rpm]	S/P	M.C [%]	MWD_{exp} [mm]	MWD_{pre} [mm]	Error [%]
۱	2/23	183	پایین	10_12	26/76	28/50	6/50
۲	2/23	183	پایین	14_ 16	22/95	23/68	3/18
۳	2/23	183	بالا	10_12	29/93	29/28	2/17
۴	2/23	183	بالا	12_ 14	25/77	26/95	4/58
۵	2/23	183	بالا	14_ 16	23/55	23/94	1/66
۶	2/23	251	پایین	10_12	22/46	24/47	8/95
۷	2/23	251	پایین	14_ 16	19/58	20/18	3/06
۸	2/23	251	بالا	12_ 14	22/79	23/92	4/96
۹	2/23	251	بالا	14_ 16	20/96	20/69	1/29
۱۰	3/41	183	پایین	10_12	30/27	29/92	1/16
۱۱	3/41	183	پایین	14_ 16	24/20	24/13	0/29
۱۲	3/41	183	بالا	10_12	31/99	30/42	4/91
۱۳	3/41	183	بالا	12_ 14	29/75	28/57	3/97
۱۴	3/41	251	پایین	10_12	27/18	27/07	0/40
۱۵	3/41	183	پایین	12_ 14	29/31	28/29	3/48
۱۶	3/41	251	پایین	14_ 16	20/68	20/66	0/10
۱۷	3/41	251	بالا	10_12	30/37	28/37	6/59
۱۸	3/41	251	بالا	12_ 14	27/62	26/13	5/39
۱۹	2/23	183	پایین	10_12	26/83	28/50	6/22
۲۰	2/23	183	پایین	14_ 16	23/48	23/68	0/85
۲۱	2/23	183	بالا	10_12	29/62	29/28	1/15
۲۲	2/23	183	بالا	12_ 14	25/78	26/95	4/54
۲۳	2/23	183	بالا	14_ 16	24/39	23/94	1/85
۲۴	2/23	251	پایین	10_12	22/15	24/47	10/47
۲۵	2/23	251	پایین	14_ 16	19/16	20/18	5/32
۲۶	2/23	251	بالا	12_ 14	22/60	23/92	5/84
۲۷	2/23	251	بالا	14_ 16	21/10	20/69	1/94
28	3/41	183	پایین	10_12	30/38	29/92	1/51
29	3/41	183	پایین	14_ 16	23/87	24/13	1/09
30	3/41	183	بالا	10_12	30/89	30/42	1/52
31	3/41	183	بالا	12_ 14	30/20	28/57	5/40
32	3/41	251	پایین	10_12	27/24	27/07	0/62
33	3/41	183	پایین	12_ 14	28/42	28/29	0/46
34	3/41	251	پایین	14_ 16	20/75	20/66	0/43
35	3/41	251	بالا	10_12	30/81	28/37	7/92
36	3/41	251	بالا	12_ 14	27/75	26/13	5/84
37	2/23	183	پایین	10_12	26/21	28/50	8/74
38	2/23	183	پایین	14_ 16	22/89	23/68	3/45
39	2/23	183	بالا	10_12	29/69	29/28	1/38
40	2/23	183	بالا	12_ 14	25/23	26/95	6/82
41	2/23	183	بالا	14_ 16	24/19	23/94	1/03
42	2/23	251	پایین	10_12	22/27	24/47	9/88
43	2/23	251	پایین	14_ 16	19/21	20/18	5/05
44	2/23	251	بالا	12_ 14	22/91	23/92	4/41

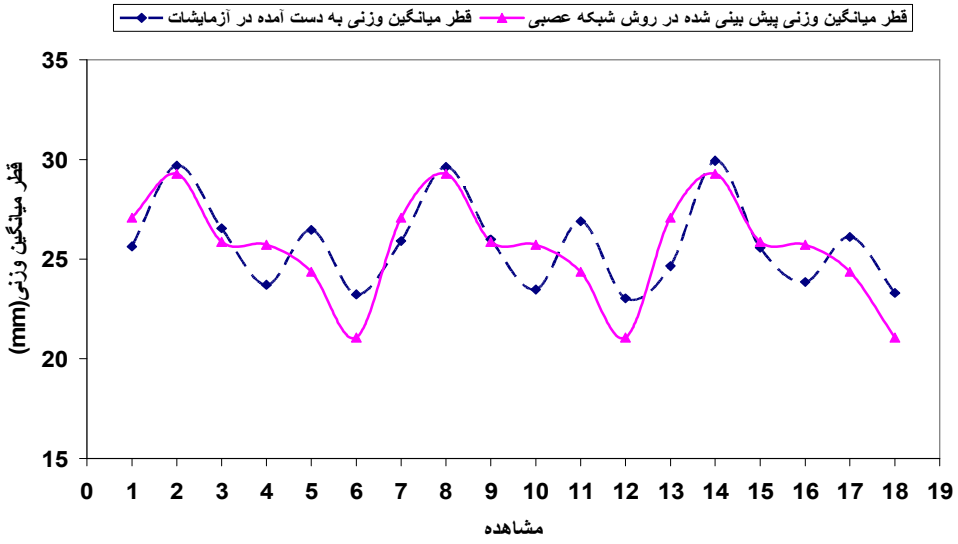
45	2/23	251	بالا	14_ 16	21/12	20/69	2/04
46	3/41	183	پایین	10_12	31/03	29/92	3/58
47	3/41	183	پایین	14_ 16	24/18	24/13	0/21
48	3/41	183	بالا	10_12	31/78	30/42	4/28
49	3/41	183	بالا	12_ 14	29/91	28/57	4/48
50	3/41	251	پایین	10_12	27/68	27/07	2/20
51	3/41	183	پایین	12_ 14	26/89	28/29	5/21
52	3/41	251	پایین	14_ 16	21/18	20/66	2/46
53	3/41	251	بالا	10_12	29/49	28/37	3/80
54	3/41	251	بالا	12_ 14	27/26	26/13	4/15

جدول (۵) : داده های ورودی به نوارابزار شبکه عصبی مصنوعی جهت انجام فرآیند تصدیق

مشاهده	F/V [km/hr]	RPM [rpm]	S/P	M.C [%]	MWD_{exp} [mm]	MWD_{pre} [mm]	Error [%]
۱	2/23	183	پایین	12_ 14	25/64	27/08	5/62
۲	2/23	183	بالا	10_12	29/69	29/28	1/38
۳	2/23	251	بالا	10_12	26/54	25/87	2/52
۴	3/41	251	پایین	12_ 14	23/71	25/72	8/48
۵	3/41	183	بالا	14_ 16	26/46	24/36	7/94
۶	3/41	251	بالا	14_ 16	23/23	21/07	9/30
۷	2/23	183	پایین	12_ 14	25/91	27/08	4/52
۸	2/23	183	بالا	10_12	29/62	29/28	1/15
۹	2/23	251	بالا	10_12	25/99	25/87	0/46
۱۰	3/41	251	پایین	12_ 14	23/48	25/72	9/54
۱۱	3/41	183	بالا	14_ 16	26/90	24/36	9/44
۱۲	3/41	251	بالا	14_ 16	23/04	21/07	8/55
۱۳	2/23	183	پایین	12_ 14	24/65	27/08	9/86
۱۴	2/23	183	بالا	10_12	29/93	29/28	2/17
۱۵	2/23	251	بالا	10_12	25/57	25/87	1/17
۱۶	3/41	251	پایین	12_ 14	23/85	25/72	7/84
۱۷	3/41	183	بالا	14_ 16	26/12	24/36	6/74
۱۸	3/41	251	بالا	14_ 16	23/31	21/07	9/61



شکل(۱): مقایسه مقادیر قطر میانگین وزنی پیش بینی شده در روش شبکه عصبی و مقادیر به دست آمده در آزمایشات(داده های تعریف شده جهت فرآیند آموزش)



شکل(۲): مقایسه مقادیر قطر میانگین وزنی پیش بینی شده در روش شبکه عصبی و مقادیر به دست آمده درآزمایشات(داده های تعریف شده جهت فرآیند تصدیق)

مراجع

۱- به آیین، م. شیخ داودی، م، ج (۱۳۸۱). اثر سرعت پیشروی تراکتور و وضعیت استقرار درپوش بر عملکرد تراکتور، مجله علمی کشاورزی. جلد ۲۵- شماره ۲.

۲- منصوری راد، داود.(۱۳۷۲). تراکتورها و ماشینهای کشاورزی. جلد اول. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۶۸۸ صفحه

3- Kushwaha R L. and F. W. Bigsby. (1989). Tillage practices In Handbook on Conservation Agriculture, eds. J. A. Gillies and R. L. Kushwaha. University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada.

4- Kustic, S. Filipovic, D and Gospodaric, Z. (1996). Rotary cultivator energy by different constructional characteristics, velocity and requirement influenced Zanstvena- Somatra, vol 61, nos 3-4, 1996, P239. depth oftillage. Poljoprivredna-

5- Nidal H. Abu-Hamdeh, Randall C. (2003). A nonlinear 3D finite element analysis of on a disk plow. Soil and Tillage Research 74- page 115-124. the soil forces

6- Schafer, R. L., and C. E. Johnson. (1982). Changing soil condition-The soil dynamic of tillage . p. 14-15. In tillage effects on soi2 physical properties and processes. Special publication number 44, Madison. Agronomy. American Society of

7- Yatsuk, E. P. Panov, I. M. Efimov, D.N.(1981). Rotary Soil Working Machine, Amerined Publishing. Co. PVT.Ltd.