طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه چمن‌بر (۵۳۲)

امین اله معصومی[۱] ، ندا حسن زاده[۲]

چکیده

قطعه‌کاری چمن یکی از روش‌های مهم احداث و ترمیم چمن می‌باشد. در تحقیق حاضر یک دستگاه چمن‌بر که توسط تراکتور دو چرخ کشیده می‌شود، طراحی، ساخته و ارزیابی گردید. به منظور طراحی اجزاء مختلف دستگاه، برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قطعه چمن اندازه‌گیری شدند. برای انتخاب نوع چرخ حامل ضریب اصطکاک خارجی قطعه چمن با دو سطح لاستیکی و فلزی تحت اعمال چهار بار عمودی در چهار سطح (صفر، ۹/۸، ۱۹/۶ و ۲۹/۴ نیوتن) با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی تعیین شد. به منظور محاسبه مقدار انرژی لازم برای برش قطعات چمن و همچنین تعیین میزان رطوبت خاک برای به حداقل رساندن این انرژی، آزمایش ضربه با استفاده از آونگ بر روی قطعات چمن انجام گرفت. آزمایش‌های ضربه در سه سطح رطوبتی (۳۳، ۳۷ و ۴۷ درصد برمبنای وزن تر خاک) انجام گردید. نتایج نشان داد ضریب اصطکاک چمن روی سطح آهنی کمتر از سطح لاستیکی بود و متناسب با افزایش بار عمودی افزایش یافت. در نتیجه جنس چرخ دستگاه آهنی انتخاب شد. مقدار انرژی لازم برای برش در طول کل تیغه برابر ۱۴۷/۷ ژول در رطوبت ۳۳٪ به‌دست آمد. قسمت‌های مختلف دستگاه چمن‌بر شامل تیغه زیربر، تیغه‌های کناربر، ساقه‌ها، قاب و چرخ حامل براساس اصول مهندسی طراحی و ساخته شد. بعد از به دست آوردن نیروهای وارد بر تیغه، قاب دستگاه توسط نرم‌افزار COSMOSWORKS تحلیل تنش شد. نمونه دستگاه ساخته شده مورد ارزیابی اولیه قرار گرفت و پس از رفع نواقص آن دستگاه ساخته و مونتاژ گردید. به‌منظور ارزیابی نهایی دستگاه، زاویه حمله تیغه در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۳ درجه) و عمق برش در سه سطح (کم، متوسط و زیاد) انتخاب گردید و مقدار لغزش چرخ‌های تراکتور و مقاومت کششی دستگاه اندازه‌گیری شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. نتایج ارزیابی دستگاه نشان داد تأثیر زاویه حمله تیغه و عمق برش چمن بر مقدار لغزش چرخ‌های تراکتور و مقاومت کششی دستگاه در سطح ۱ درصد معنی دار بود. با افزایش زاویه حمله و عمق برش مقدار لغزش چرخ‌ها افزایش یافت. متناسب با افزایش عمق برش چمن مقاومت کششی دستگاه افزایش یافت. مقاومت کششی در زاویه‌های حمله تیغه ۶ و ۱۳ درجه به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را داشت. بیشترین میزان لغزش چرخ و مقاومت کششی مربوط به زاویه حمله ۱۳ درجه و عمق زیاد بود. بنابراین دستگاه چمن‌بر طراحی شده با زاویه حمله ۶ درجه تیغه زیر بر و عمق برش حدود ۲/۵ سانتی‌متر عملکرد قابل قبولی از نظر مقاومت کششی و سرعت انجام کار داشت.

کلید واژه: چمن بر، زاویه حمله، مقاومت کششی، لغزش، انرژی برشی

[۱] – استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، پست الکترونیک: masoumi@cc.iut.ac.ir
[۲] – دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

قطعه‌کاری چمن به معنی کشت یا پوشش دادن سطح خاک به‌وسیله قطعات چمن رشد یافته، بالغ و آماده است. به این ترتیب که ابتدا چمن در مکان‌های مناسبی که قبلاً آماده شده‌اند کاشته می‌شود و پس از اینکه ریشه‌ها در هم تنیده و آماده برداشت شدند به‌صورت دستی یا ماشینی برداشت می‌گردند و به محل اصلی انتقال پیدا می‌کنند [۱ و ۵]. این روش پیشینه‌ای بالغ بر چندین قرن دارد از مزایا این روش می‌توان به سهولت نصب، پوشش خاک در زمن کوتاه، عدم نیاز به مراقبت زیاد در مرحله نصب و استقرار و امکان استفاده برای ترمیم بخش های آسیب دیده و کاشت در زمین های شیب دار اشاره کرد.

با افزایش سطح زیر کشت چمن‌های آماده نیاز به ماشین‌های برداشت افزایش پیدا کرد. اولین دستگاه برداشت چمن به‌صورت اتوماتیک توسط کمپانی بروئر[۱](۱۹۶۰) به ثبت رسید. این دستگاه تک ردیفه بود و می توانست نوارهایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر برداشت کرده و به طول‌های مشخص برش دهد[۷].

آرنولد[۲](۱۹۸۵) با دو تکه‌ای کردن تیغه برش زیرین و حرکت رفت و برگشتی آن‌ها یک دستگاه جدید برش چمن به ثبت رساند [۸]. ون‌گرد[۳](۱۹۹۱) امکاناتی جهت تنظیم عمق کار دستگاه و نشان دادن آن به دستگاه اتوماتیک برش چمن اضافه کرد [۱۱].

ماشین‌های برداشت چمن قطعه‌ای را می‌توان به دو دسته کلی با عرض کارهای متفاوت تقسیم بندی کرد

ماشین‌های نوع اول معمولاً چمن را در عرض‌های ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر برش می‌دهند و ماشین‌های نوع دوم چمن را در عرض بیشتر از ۱/۵ متر برش می‌دهند که این نوع ماشین‌ها برای تولید و عرضه تجاری چمن‌های قطعه‌ای کاربرد دارند و چمن را به‌صورت رول برداشت می‌کنند [۹ و ۱۰].

هدف از این تحقق طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه چمن بر متصل به تراکتور دو چرخ است که بتواند چمن را در عرض ۵۰ سانتی متر و با عمق های مختلف در زوایای حمله مختلف برش دهد. به این منظور نیاز به تعین برخص خواص فیزیکی و مکانیکی قطعه چمن بود که انجام گردید.

مواد و روش ها

تعیین خواص مکانیکی قطعه چمن

به منظور طراحی و ساخت چمن بر ضمیمه تراکتور دو چرخ ابتدا آزمایش هایی برای تعین برخی خواص مکانیکی قطعه چمن انجام گردید. به منظور تعیین جنس مناسب برای چرخ دستگاه مقایسه ضریب اصطکاک خارجی بین سطح چمن با سطوح مختلف فاکتور مؤثری است. آزمایش بر روی دو سطح لاستیکی و آهنی در چهار سطح بار عمودی ۹/۸، ۱۹/۶ و ۲۹/۴ نیوتن انجام گردید. برای انجام این آزمایش ها از سطح شیب دار استفاده شد.

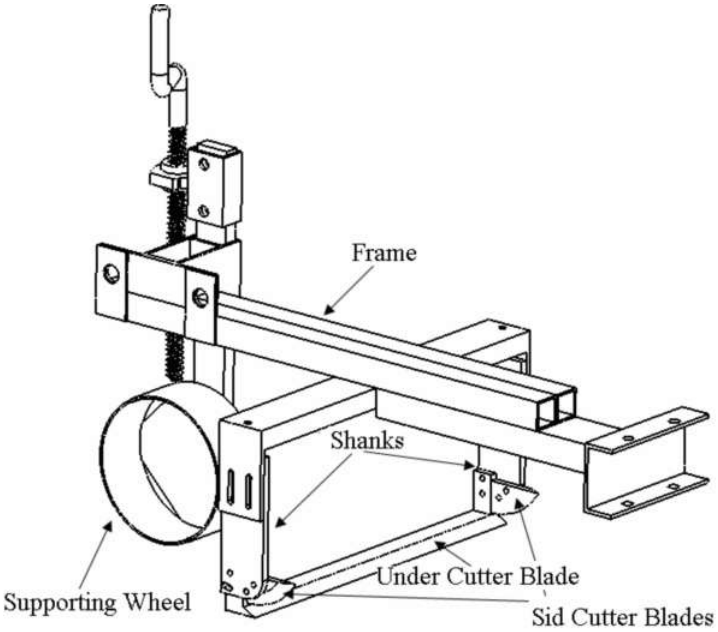
به منظور تعیین مناسبترین رطوبت چمن برای به حداقل رساندن انرژی مورد نیاز برش آن و در نتیجه کم کردن انرژی برشی مورد نیاز دستگاه، انرژی برشی قطعه چمن در رطوبت های مختلف اندازه گیری شد. برای انجام این آزمایش از دستگاه تست ضربه مدل PSW4J استفاده شد (شکل ۱). این آزمایش در سه سطح رطوبتی ۳۳، ۳۷ و ۴۷ درصد بر مبنای وزن تر خاک انجام گردید. برای انجام این آزمایش پاندول دستگاه از یک ارتفاع مشخص و در حالتی که نمونه داخل دستگاه قرار نداست رها شد و میزان بالا رفتن آن در سمت دیگر با استفاده از صفحه مدرج که بیانگر میزان مقاومت هوا در مقابل حرکت پاندول بود یادداشت شد. در این مرحله نمونه در داخل دستگاه و در محل مورد نظر قرار داده شد و مجدداً ازهمان ارتفاع رها شد. با کم کردن زاویه بالا رفتن آونگ در حالت بی نمونه و این حالت میزان انرژی برشی خواده شده دستگاه برای برش نمونه به دست آمد

۱- Broe
۲- Arnold
۳- Vanguard

شکل ۱- طرحواره دستگاه ندازه‌گیری ضربه

ط احی و ساخت

در طراحی دستگاه ابتدا یک طرح اولیه در نظر گرفته شد و بعد از ساخت و انجام ارزیابی های اولیه این طرح در چندین مرحله اصلاح شد. اجزاء دستگاه شامل قسمت‌های تیغه‌ی زیربر، تیغه‌های کناربر، ساقه‌ها، قاب دستگاه و چرخ متعادل کننده بود. مدل-سازی تمام قسمت‌های دستگاه با استفاده از نرم‌افزار Solidworks 2007 صورت گرفت و اجزاء آن مطابق اصول مهندسی طراحی گردید و در نهایت مطابق شکل ۲ طرح نهایی تهیه و ساخته شد.



شکل ۲- مدل دستگاه چمن‌بر مونتاژ شده مخصوص ضمیمه به تراکتور

برای ساخت تیغه زیربر و کناربر از یک تسمه با عرض ۳ سانتی‌متر از جنس CV_4 استفاده شد. بعد از انجام خم‌کاری و سوراخ‌کاری‌های لازم روی آن هر سه لبه زیری و کناری آن کاملاً تیز شدند.

ساقه‌ها از جنس CV_4 بر حسب استاندارد پلدی چک ساخته شد. مراحل اولیه ساخت ساقه‌ها در شرکت اکما صنعت انجام شده و سپس فرزکاری‌ها و سوراخ‌کاری‌های مورد نیاز بر روی آن به ترتیب در کارگاه‌های آموزشی و کارگاه ماشین‌های کشاورزی انجام گردید.

به‌منظور کنترل عمق و همچنین حمایت عمودی از دستگاه یک چرخ حامل برای آن طراحی شد. ارتفاع این چرخ به‌صورت عمودی می‌بایست قابل کنترل باشد. به این منظور مکانیزم عمودی اتصال دهنده این چرخ به قاب به حالت یک پیچ عمودی طراحی شد. به‌منظور محاسبه محل چرخ در ابتدا کل دستگاه شامل تراکتور و چمن‌بر به صورت یک جسم صلب در نظر گرفته شد. با توجه به آزمایش‌های انجام شده به منظور تعیین مقدار ضریب اصطکاک خارجی سطح چمن با سطوح مختلف و کمتر بودن آن با سطح آهنی نسبت به سطح لاستیکی، جنس چرخ آهنی انتخاب شد.

قاب دستگاه به‌منظور امکان تعبیه چرخ حامل و اتصال به ساقه‌های دستگاه از قوطی‌ها و نبشی‌های موجود ساخته شد. سوراخ‌کاری‌ها و فرزکاری‌های لازم در این قاب در کارگاه‌های آموزشی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. به علت دشوار بودن تعیین و تحلیل نیروهای وارد بر تیغه زیربر قبل از ساخت، این قاب ابتدا به صورت تجربی طراحی شد و بعد از ارزیابی دستگاه و تعیین نیروی وارد بر قاب با استفاده از نرم‌افزار COSMOSWorks 2007 تحلیل تنش، کرنش و جابه‌جایی آن انجام شد.

نیروی محرکه استفاده شده یک تراکتور دوچرخ با موتور ۸ اسب بخار بود که دستگاه بعد از ساخت به آن متصل شد (شکل ۳).

شکل ۳- دستگاه چمن‌بر متصل شده به تراکتور دو چرخ

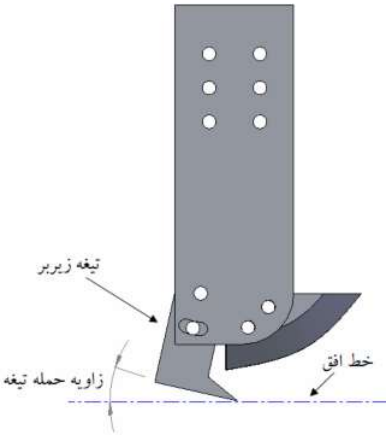
ارزیابی دستگاه

آزمایش های ارزیابی دستگاه در یک قطعه زمین چمن کاری شده در دانشگاه صنعتی اصفهان در رطوبت ۳۳ درصد انجام شد. عملیات چمن‌کاری مطابق با روش چمن‌کاری در فضای سبز دانشگاه انجام شد. به این ترتیب که ابتدا زمین تا حدودی تراز شده و سپس در دو جهت عمود برهم غلتک زده شد. در مرحله بعدی این قطعه زمین با تقریباً ۶ کیلوگرم بذر sport با تراکم ۳۵ گرم در مترمربع بذرپاشی شد. سپس روی بذرها به ضخامت ۳-۲ میلی‌متر خاک زراعی نرم داده شد و در نهایت روی آن‌ها با ضخامت ۳-۲ سانتی‌متر پوشش کمپوست پوسیده داده شد تا بذرها را گرم نگاه داشته و جوانه‌زنی بهتر انجام شود. بعد از کاشت، این قطعه به‌صورت روزانه و به روش دستی آبیاری گشت.

در ارزیابی نهایی اثر زاویه حمله تیغه و عمق برش بر مقاومت کششی مورد نیاز و مقدار لغزش چرخ‌های تراکتور بررسی گردید. زاویه حمله تیغه، زاویه بین لبه زیرین تیغه زیربر و خط افق در نظر گرفته شد و عمق برش چمن برابر عمق اندازه‌گیری شده بعد از برش از سطح خاک توسط کولیس اندازه گیری شد (شکل ۴). زاویه حمله تیغه در سه سطح صفر، ۶ و ۱۳ درجه و عمق برش در سه سطح کم، متوسط و زیاد با محدوده ذکر شده در جدول ۱، مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفتند. برای هر واحد آزمایشی مساحتی به ابعاد ۵/ ۰× ۵ متر و بین هر دو واحد ۲۵ سانتی‌متر لحاظ شد و در نتیجه برای کل آزمایش‌ها مساحت تقریبی ۱۱۰ مترمربع در نظر گرفته شد.

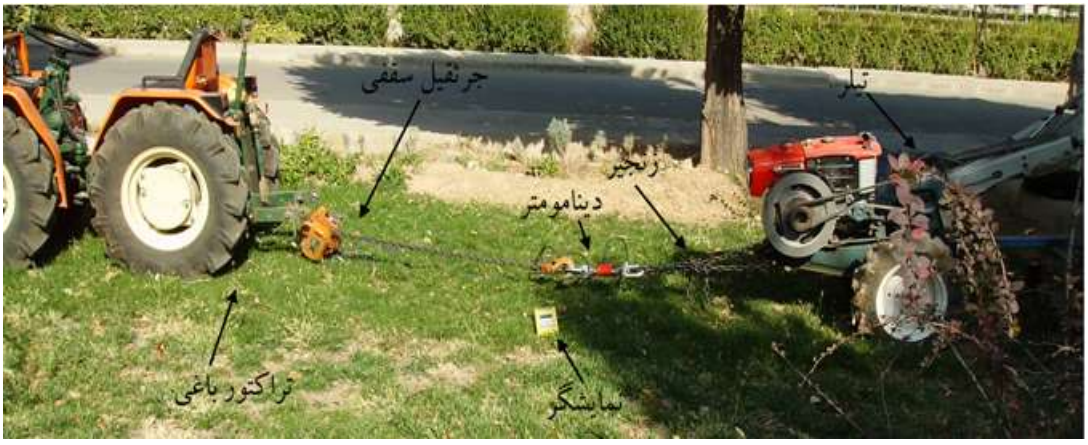
جدول۱- محدوده عمق کار دستگاه در حین ارزیابی

عمق کار دستگاه	محدوده عمق(سانتی‌متر)
کم	۲-۲/۸
متوسط	۲/۹-۳/۶
زیاد	۳/۷-۴/۴



شکل ۴ – وضعیت زاویه حمله تیغه نسبت به خط زمین

مقدار لغزش دستگاه به روش مقدار مسافت طی شده در تعداد دور مشخص اندازه‌گیری شد. مقاومت کششی دستگاه از روشی مشابه روش دو تراکتوری استفاده شد، با این تفاوت که به جای استفاده از تراکتور کشنده از یک تراکتور باغی به‌عنوان تکیه‌گاه و یک جرثقیل سقفی به‌عنوان عامل تأمین کننده حرکت قرار گرفت. علت این امر کافی بودن نیروی جرثقیل برای کشیدن دستگاه و درنتیجه امکان انجام آزمایش با سرعت پایین‌تر و حذف اثر چرخ‌های تراکتور بر روی چمن بود. آزمایش به این ترتیب بود که تراکتور باغی در جلو محوطه چمن‌کاری شده قرار داده شد. به جلوی این تراکتور جرثقیل سقفی متصل گردید. دینامومتر به وسیله یک قطعه زنجیر از یک سمت به جلوی تراکتور و از سمت دیگر به جرثقیل متصل شد (شکل ۵). نحوه اندازه‌گیری بدین صورت بود که ابتدا دستگاه در حالت بی‌باری (حالتی که دستگاه به تراکتور اتصال داشته باشد) و تراکتور در وضعیت خلاص قرار گرفت. در این حالت با استفاده از جرثقیل، تراکتور با سرعت تقریباً ثابت کشیده شده و مقادیر نشان داده شده از دینامومتر توسط یک دوربین ثبت گردید. این عمل در سه تکرار انجام شد و بدین ترتیب با میانگین‌گیری از اعداد به‌دست آمده مقاومت غلتشی چرخ‌های تراکتور حاصل شد. سپس در هر آزمایش به روش مشابه، مقادیر مقاومت کششی ثبت شد. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی خالص دستگاه، تفاضل میانگین مقاومت کششی به‌دست آمده از هر کرت و میانگین مقاومت غلتشی چرخ‌های تراکتور محاسبه گردید. در واقع مقادیر نیروی ثبت شده از دینامومتر در هر کرت بیانگر مقاومت کششی ناخالص است و مقاومت غلتشی چرخ‌های تراکتور را نیز در بر دارد [۶].



شکل ۵- نحوه اتصال دینامومتر برای ازه‌گیری مقاومت کششی حین ارزیابی دستگاه

دستگاه دینامومتر مورد استفاده از نوع محوری بوده و از یک مبدل بر پایه کرنش سنج با ظرفیت ۵۰ کیلونیوتن و یک واحد نمایش‌گر دیجیتال از نوع TR-200 تشکیل شده بود. این دینامومتر محصول کارخانه ابزار آلات اندازه‌گیری نواتک[۱] بود. قبل از آزمایش دینامومتر واسنجی گردید.

کلیه آزمایش ها ی مربوط به تعین خواص مکانیکی قطعه چمن در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش های مربوط به ارزیابی دستگاه با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تجزیه آماری برای مقایسه اثر تیمارهای آزمایش ها توسط نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح ۵ درصد توسط نرم افزار MSTATC و SAS انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها نیز نرم‌افزار EXCEL استفاده شد [۳].

نتایج و بحث

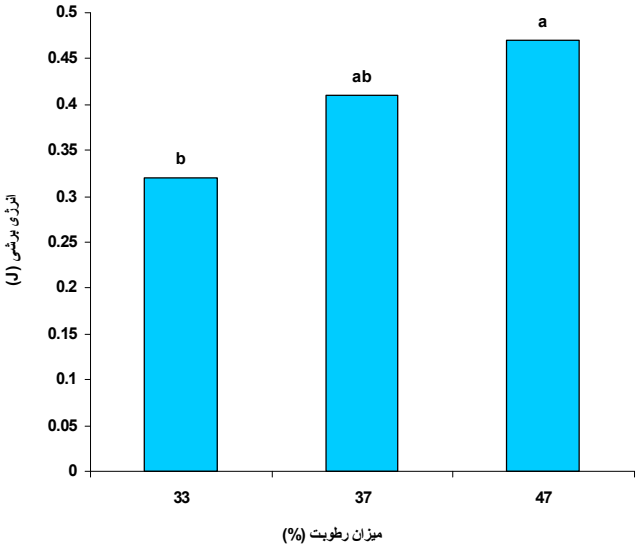
اصطکاک و انرژی برشی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد رطوبت وزنی قطعه چمن در سطح احتمال ۵ درصد، تأثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی برشی مورد نیاز داشته است. رابطه بین انرژی برشی و مقدار رطوبت وزنی، در سه رطوبتی ۳۳، ۳۷ و ۴۷ صد، در شکل ۶ آورده شده است. انرژی برشی با افزایش درصد رطوبت وزنی قطعه چمن، به صورت خطی افزایش یافت. این امر احتمالاً به دلیل افزایش لایه‌های رطوبتی بین ذرات خاک و ریشه چمن و در نتیجه چسبندگی بیشتر بین آن‌ها در رطوبت بیشتر بود.

به دلیل کمتر بودن مقدار انرژی برشی در رطوبت ۳۳ درصد، مناسب است که چمن با این مقدار رطوبت بریده شود تا انرژی مورد نیاز برای برش به حداقل برسد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش در تعیین مقدار انرژی برشی مورد نیاز دستگاه استفاده شد.

برای محاسبه نیروی وارده از طرف خاک به تیغه از مقاومت کششی به‌دست آمده که حاصل از آزمایش با کمک دینامومتر است، استفاده شد. نیرویی که دینامومتر بر اثر کشیدن دستگاه نشان می‌دهد برابر مقاومت کششی ناخالص دستگاه می‌باشد که در جهت حرکت آن (جهت افقی) اندازه‌گیری می‌شود. این نیرو شامل نیروی وارد بر تیغه از طرف خاک و همچنین مقاومت غلتشی چرخ‌های تراکتور می‌باشد. در نتیجه به‌منظور یافتن نیروی وارد بر تیغه می‌بایست ابتدا مقاومت غلتشی چرخ‌های تراکتور را از مقدار مقاومت کششی ناخالص به‌دست آمده کم کرد. مقاومت غلتشی چرخ‌های تراکتور برابر عدد نشان داده شده توسط دینامومتر در حالت بی‌باری در نظر گرفته شد. حدکثر مقاومت کششی اندازه‌گیری شده توسط دینامومتر در طی آزمایش‌ها برابر ۳۱۰۰ نیوتن به‌دست آمد. مقاومت غلتشی چرخ‌ها نیز برابر ۶۰۰ نیوتن محاسبه شد. در نتیجه با کسر این مقدار از مقدار حداکثر مقاومت کششی برابر ۲۵۰۰ نیوتون بدست آمد.

۱- Novatech



شکل ۶- تأثیر درصد رطوبت وزنی قطعه چمن بر مقدار انرژی برشی موردنیاز

آزمایش ضریب اصطکاک با نمونه هایی با رطوبت ۳۳ درصد انجام گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع سطح و مقدار وزن عمودی بر ضریب اصطکاک در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی اری داشت. ضریب اصطکاک قطعه چمن بر روی دو سطح لاستیکی و آهنی و در تمامی سطوح وزن‌های اعمالی، اختلاف معنی داری داشت. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد ($P<۰/۰۵$). ارقام مربوطه در جدول ۲ ارائه گردیده است.

مقدار ضریب اصطکاک بر روی هر دو نوع سطح با افزایش وزن عمودی، سیر صعودی دارد. اما نرخ این صعود برای سطح لاستیکی بیشتر است. بنابراین با افزایش مقدار وزن عمودی بر روی چمن، مقدار اصطکاک آن با سطح لاستیکی افزایش بیشتری داشته است. دلیل این امر احتمالاً ایجاد رطوبت بیشتر در سطح تماس چمن و سطح مورد آزمایش، بعد از اعمال وزن‌های عمودی بالاتر است که موجب افزایش چسبندگی بین این سطوح گشته و در نتیجه مقدار ضریب اصطکاک را افزایش داده است. بر خلاف نتیجه به دست آمده، شهریان(۱۳۸۳) گزارش کرد که با افزایش نیروی عمودی بر روی بسته‌های یونجه و کاه ضریب اصطکاک آن‌ها با سطوح آهنی و گالوانیزه به دلیل از بین رفتن بیشتر پرزهای آن‌ها کاهش پیدا کرد [۴].

جدول ۲- مقایسه میانگین ضریب زاویه اصطکاک استاتیکی چمن بر روی سطوح لاستیکی و آهنی در چهار سطح بار عمودی

وزن عمودی(نیوتن)	ضریب زاویه اصطکاک	
	آهن	لاستیک
صفر	۰/۵۰۳±۰/۰۰۶^{c}	۰/۶۰۲±۰/۰۱۰^{f}
۹/۸۱	۰/۵۵۰±۰/۰۱۶^{b}	۰/۶۲۳±۰/۰۱۳^{e}
۱۹/۶۲	۰/۵۷۸±۰/۰۱۰^{a}	۰/۶۴۷±۰/۰۰۱۰^{d}
۲۹/۴۳	۰/۶۱۵±۰/۰۰۴^{a}	۰/۶۵۱±۰/۰۱۱^{bc}

میانگین‌ها در هر عامل آزمایشی و در هر ستون که حداقل در یک حرف، مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی ری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، می‌باشند.

ارزیابی دستگاه

لغزش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر عمق برش، زاویه حمله و اثر متقابل آنها بر مقدار لغزش چرخ بسیار معنی دار است($P<۰/۰۱$). همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، بیشترین مقدار لغزش چرخ مربوط به عمق زیاد بوده و هر چه عمق افزایش یابد، لغزش چرخ هم افزایش می‌یابد. این امر احتمالاً به دلیل وزن لایه بالایی در هنگام برش قطعات چمن با عمق-های بیشتر است که موجب افزایش نیروی اصطکاک بین تیغه و خاک و در نتیجه ایجاد مقاومت و لغزش بیشتر می‌شود. همچنین وجود سنگریزه‌ها و خاک نامناسب در عمق‌های بیشتر نیز ممکن است موجب این افزایش در لغزش شده باشد.

بر اساس اطلاعات نشان داده شده در جدول ۴ مشاهده می‌شود که کمترین مقدار لغزش چرخ مربوط به زاویه صفر درجه است، که دلیل این امر می‌تواند قرار گرفتن سطح مقطع بیشتری از تیغه زیربر در راستای عمود بر جهت حرکت و در نتیجه ایجاد مقاومت بیشتر باشد. به‌طور کی می‌توان گفت هرچه زاویه حمله بیشتر باشد، مقدار لغزش چرخ نیز بیشتر بود. رجبی(۱۳۸۳) نیز گزارش کرد که اثر زاویه حمله بر لغزش چرخ در یک چغندرکن ارتعاشی بسیار معنی‌دار بود[۲]. نتایج نشان داد که با افزایش زاویه حمله و عمق برش، مقدار لغزش چرخ افزایش یافته است. بیشترین مقدار لغزش چرخ مربوط به زاویه ۱۳ درجه و عمق زیاد است. البته تأثیر زاویه حمله بر مقدار لغزش بیشتر است (شکل ۷).

مقدار لغزش به‌دست آمده برای دستگاه در برخی زوایای حمله و عمق‌های بالا، بیشتر از مقدار مورد قبول برای کار دستگاه بود که دلیل این امر نامناسب بودن زمین چمن تهیه شده شناسایی شد. دلیل این امر احتمالاً تسطیح قطعه زمین در سال‌های قبل و متفاوت بودن ارتفاع خاکریزی در نقاط مختلف آن و نشست سطح خاک نرم زراعی داده شده بر روی آن و همچنین وجود سنگ-ها و سنگریزه‌ها در داخل خاک بود.

جدول۳- تأثیر عمق برش چمن بر لغزش چرخ‌های تراکتور

عمق	لغزش(٪)
کم	۲۱/۷۸[c]
متوسط	۲۷/۴۴[b]
زیاد	۳۳/۵۵[a]

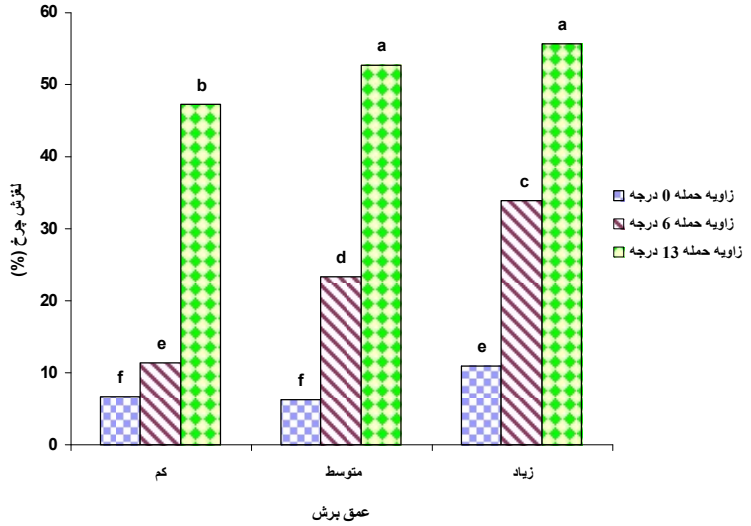
میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ رصد می‌باشند.

جدول۴- تأثیر زاویه حمله تیغه زیربر بر لغزش چرخ‌های تراکتور

زاویه حمله(درجه)	لغزش(٪)
۰	۸[c]
۶	۲۲/۹[b]
۱۳	۵۱/۹[a]

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر عمق و زاویه حمله بر مقاومت کششی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. کمترین مقاومت کششی مربوط به عمق کم است (جدول ۵) که متناسب با افزایش عمق افزایش یافته است. دلیل این امر نیز احتمالاً وزن لایه بالایی در هنگام برش قطعات چمن با عمق‌های بیشتر و همچنین وجود سنگریزه‌های موجود در عمق‌های بیشتر بود که موجب افزایش نیروی مورد نیاز برای برش شد. تغییرات مقاومت کششی دستگاه و لغزش چرخ با تغییر عمق مشابه بودند (جدول های ۳ و ۵).



شکل ۷- اثر متقابل عمق برش چمن و زاویه حمله بر مقدار لغزش چرخ

جدول۵- تأثیر عمق برش چمن بر مقاومت کششی دستگاه

عمق	مقاومت کششی(N)
کم	۱۵۳۰^{c}
متوسط	۲۰۴۶/۷^{b}
زیاد	۲۲۹۸/۳^{a}

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ رصد می‌باشند.

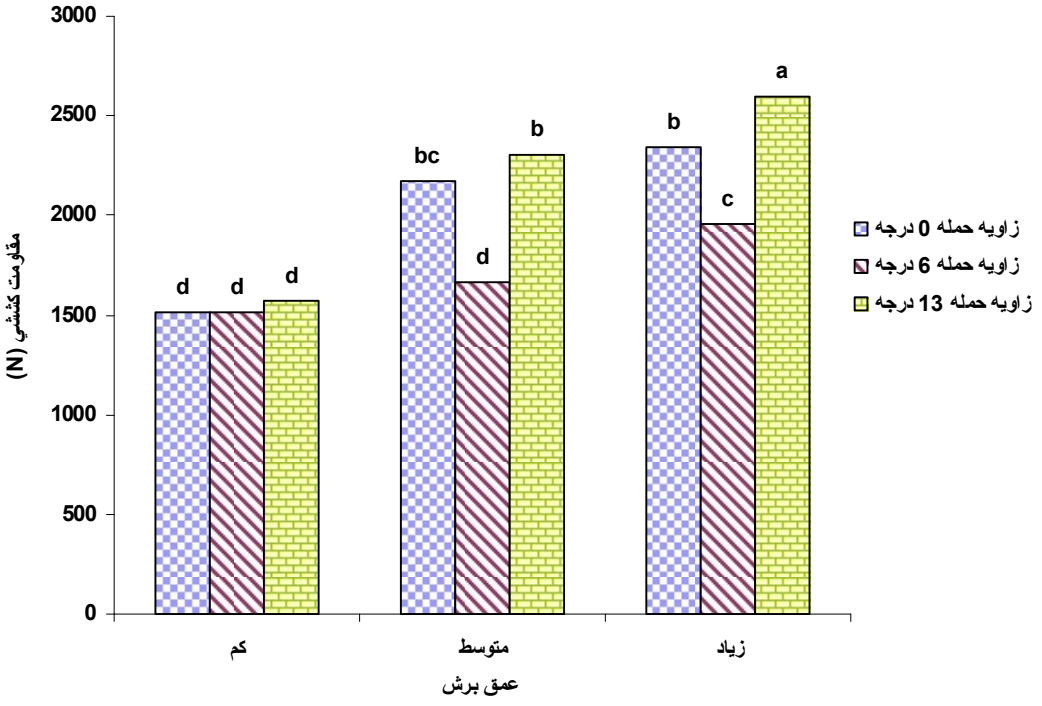
مطابق جدول ۶، مشاهده می شود بیشترین تأثیر مربوط به زاویه حمله ۱۳ درجه و کمترین آن نیز مربوط به زاویه حمله ۶ درجه است، که این دو زاویه تفاوت معنی داری نسبت به یکدیگر دارند. رجبی(۱۳۸۳) نیز گزارش کرد که اثر زاویه حمله تیغه بر مقاومت کششی یک چغندرکن ارتعاشی، بسیار معنی‌دار بود [۲].

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل زاویه حمله و عمق برش بر مقاومت کششی دستگاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، با افزایش عمق برش، مقاومت کششی دستگاه افزایش یافته است. بیشترین مقاومت کششی مربوط به زاویه حمله ۱۳ درجه و عمق زیاد می‌باشد.

جدول۶- تأثیر زاویه حمله تیغه زیربر بر مقاومت کششی دستگاه

زاویه حمله(درجه)	مقاومت کششی(N)
۰	۲۰۱۰/۵۶^{c}
۶	۱۷۱۰^{b}
۱۳	۲۱۵۴/۴^{a}

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.



شکل ۸- اثر متقابل عمق برش چمن و زاویه حمله بر مقاومت کششی دستگاه

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزیش عمق برش، هر دو پارامتر لغزش چرخ و مقاومت کششی دستگاه افزایش می‌یابند. با افزایش زاویه حمله مقدار لغزش چرخ‌ها افزایش می‌یابد، اما مقدار مقاومت کششی دستگاه در زاویه حمله ۶ درجه و ۱۳ درجه به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را داشت. با توجه به نتایج به دست آمده، دستگاه چمن‌بر طراحی شده با زاویه حمله ۶ درجه تیغه زیربر و عمق برش حدود ۲/۵ سانتی‌متر عملکرد قابل قبولی از نظر مقاومت کششی و سرعت انجام کار داشت.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج به دست آمده، دستگاه چمن‌بر طراحی شده با زاویه حمله ۶ درجه تیغه زیربر و عمق برش حدود ۲/۵ سانتی‌متر عملکرد قابل قبولی از نظر مقاومت کششی و سرعت انجام کار داشت. برای کاهش مقاومت کششی دستگاه توصیه می شود از سیستم ارتعا شی برای حرکت تیغه زیر بر استفاده گردد. همچنین پیشنهاد می گردد روی قاب دستگاه صندلی برای نشستن کاربر (راننده) در محل مناسب تعبیه گردد.

منابع

[۱] ارغوانی، م. ۱۳۸۲. بررسی و شناسایی بهترین روش ترمیم چمن‌های ورزشی از طریق SOD در شرایط اگرواکولوژیک مناطق مرکزی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

[۲] رجبی وندچانی، م. ۱۳۸۴. اثر فرکانس ارتعاشی و زاویه حمله تیغه در یک چغندرکن ارتعاشی بر مقاومت کششی دستگاه و صدمات وارده بر ریشه‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۳] سلطانی، ا. ۱۳۷۷. کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری (بر رشته‌های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی.

[۴] شهریان، ع. ۱۳۸۴. تعیین برخی خواص رئولوژیکی یونجه و کاه و طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه فشرده ساز مضاعف بسته-های علوفه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۵] کافی، م. و ص. رضوانیان، ۱۳۸۰. چمن‌های قطعه‌ای: معرفی، تولید و کاربرد. سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران.

[۶] لغوی، م. و س. بهنام، ۱۳۷۷. تأثیر رطوبت خاک عمق شخم بر عملکرد گاوآهن بشقابی در یک خاک لوم رسی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۲: ۱۰۵-۱۱۷.

[7] Anonymous. 1997. History of turf production. http://floridaturf. com.

[8] Arnold, W. T. 1985. Sod cutting machine having spilt under cutting blade. U.S. Patent, No. 4,553,606.

[9] Beard, J. 1973. *Turfgrass science and culture*. Prentice Hall Englewood Cliffs. U.S.A. 101-105.

[10] Haydu, J. J., L. N. Sutterthwaite and J. L. Cisar. 1998. *An Economic Information Report(EIR)*.

[11] Vanguard, K. S. 1991. Earth working machine with single handel for adjusting and locking blade depth. U.S. Patent, No. 5,009,270.