طراحی، ساخت و ارزیابی مزرعه‌ای دستگاه کنترل خودکار درجه تراکم بسته های مکعبی علوفه

سجاد شکری[۱]، امین اله معصومی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان s.shokri@ag.iut.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

حدود ۹۰ درصد علوفه خشک در اکثر کشورهای جهان، بسته بندی می‌شود و در کشور ما عمدتاً بصورت بسته‌های مکعبی بوده که توسط دستگاه بسته‌بند علوفه تهیه می‌شود. از آنجاکه تراکم‌پذیری بسته‌های یونجه علاوه بربلوغ و چین برداشت به محتوای رطوبتی آن نیزوابسته است لازم است تراکم بسته‌ها متناسب با محتوای رطوبتی محصول توسط راننده دائما کنترل گردد. در غیر این‌صورت بسته‌ها یا بیش از حد فشرده می‌شوند که باعث ایجاد کپک‌زدگی می‌گردد و یا کمتر از حد متراکم شده‌اند که هزینه حمل و نقل و انبارداری را افزایش می‌دهد. بنابراین ساخت دستگاهی که بتواند دانسیته‌ی بسته‌ها را متناسب با محتوای رطوبت تنظیم کند، سودمند می‌باشد .هدف از تحقیق حاضر طراحی مجدد و ساخت سامانه‌ای است که بتواند با توجه به میزان رطوبت یونجه و شرایط مزرعه که شامل نوع و چین یونجه است، بسته‌هایی با تراکم مطلوب به‌وجود بیاورد. در این تحقیق برای اندازه گیری رطوبت از یک حسگر فراصوت از نوع انعکاسی و برای متراکم کردن بسته ها به صورت خودکار از یک سامانه هیدرولیکی استفاده گردید که توسط یک سامانه کنترل فرمان مدیریت می‌شدند. حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت و دما در شرایط دمایی مختلف و در دامنه رطوبتی ۱۳ تا ۲۵ درصد بر مبنای وزن تر با ضریب تبیین (R^2=0.98) واسنجی شدند. با استفاده از این سامانه بسته‌هایی با دانسیته مطلوب تشکیل شد و مقدار دانسیته بسته‌های تشکیل شده با بسته‌بند مجهز به این سامانه با دانسیته مورد انتظار مقایسه گردید که در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

کلمات کلیدی: بسته‌بند، حسگر رطوبت فراصوت، دانسیته بسته‌های علوفه.

مقدمه

یونجه از لحاظ ارزش علوفه‌ای به دلیل وجود مقدار زیادی مواد پروتئینی، معدنی و ویتامینهای A و C از نظر خوراک دام ارزش زیادی دارد. مقدار پروتئین یونجه بین ۱۵ تا ۲۲ درصد است(کریمی، ۱۳۵۹). اطلاعات در مورد خصوصیات فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های یونجه در طراحی و ساخت ماشین‌هایی مثل موور، بیلر و چاپر مهم می‌باشد(Nazari*et al.*, 1993). سطح زیر کشت یونجه در سال زراعی (۸۱-۱۳۸۰) در ایران ۵۳۷ هزار هکتار و میزان تولید آن ۴۰۶۸ هزار تن بود(زارع پور، ۱۳۸۲).

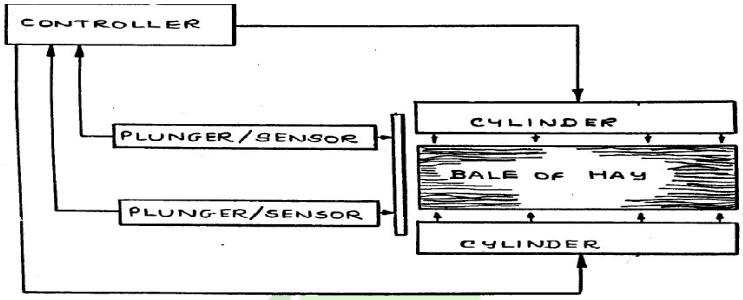
حدود ۹۰٪ علوفه خشک در اکثر کشورهای جهان، بسته بندی می‌شود و در ایران عمدتاً بصورت بسته‌های مکعبی موسوم به بیل بوده که توسط دستگاه بسته‌بندی علوفه تهیه می‌شود. در این روش علوفه‌های درو شده را تا رسیدن به یک رطوبت مطلوب که معمولاً ٪۲۰بر مبنای وزن تر است توسط دستگاه ردیف‌کن شانه ای زیر و رو و ردیف می‌کنند. و سپس توسط دستگاه بسته‌بند، علوفه را به بسته‌های مکعبی و استوانه‌ای بصورت فشرده در می‌آورند. بسته‌بندی یونجه در رطوبت‌های کمتر از ٪۲۰ منجر به ریزش بیشتر محصول می‌شود. در مدیریت برداشت در برخی مناطق برای به حداقل رسانیدن تلفات محصول معمولا عمل بسته-بندی یونجه در ساعات ابتدایی و انتهایی روز که درصد رطوبت یونجه به دلیل وجود شبنم و رطوبت نسبی هوا مناسب است انجام می‌شود(بهروزی‌لار و همکاران، ۱۳۸۶).

از آنجا که تراکم‌پذیری بسته‌های یونجه به محتوای رطوبتی، بلوغ و چین برداشت آن شدیدا وابسته است لازم است تراکم بسته‌ها متناسب با محتوای رطوبتی محصول توسط راننده دائما کنترل گردد. در غیر این‌صورت بسته‌ها با رطوبت زیاد بیش از حد فشرده می‌شوندکه باعث ایجاد کپک‌زدگی می‌گردد و یا اگر رطوبت کم باشد، ریزش علوفه زیاد می‌شود و نیز اگر کمتر از حد متراکم شده باشند، هزینه حمل و نقل و انبارداری را افزایش می‌دهد. در حین کار در اوایل صبح با بالا آمدن آفتاب و زایل شدن اثر شبنم رطوبت یونجه به مرور کاهش می‌یابد و راننده باید در دفعات متعدد اقدام به تنظیم مقدار فشردگی معین توسط دستگاه نماید. این-کار باعث توقف دستگاه و کاهش عملکرد ماشین می‌شود و از طرفی به مهارت و مسئولیت‌پذیری راننده بر می‌گردد(بهروزی‌لار و همکاران، ۱۳۸۶).

با خشک‌تر شدن علوفه بایستی خروجی محفظه تراکم تنگ‌تر گردد تا تراکم در حد معینی باقی بماند و از سبک شدن بسته‌ها جلوگیری شود. مناسب‌ترین دانسیته بسته‌های یونجه که کپک زدگی در آنها بروز نکند بین ۱۱۰ تا ۱۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب تشخیص داده شد(Afzalina*et al.*, 2009). خودکار نمودن این فرآیند می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصول، نقش به‌سزایی داشته باشد و باعث بالابردن بهره‌وری ماشین و کم کردن نقش مهارت راننده شود.

گوکنر و ویردن (۱۹۹۳) دستگاهی ساختند که بطور هوشمند دانسیته بسته‌های علوفه را تغییر می‌داد(Goecknerر*et al.*, 1993). دستگاه متشکل از یک حسگر نیرو، دو سیلندر هیدرولیک و یک شیر کنترل بود که حسگر ضربه با حس کردن نیروی ضربه سیلندر

و مقایسه آن با یک میزان از قبل تعیین شده توسط سیستم کنترل، با جابجا کردن صفحات جابه جا شونده انتهای محفظه بسته-بندی توسط سیلندرهای هیدرولیک دانسیته بسته‌ها تغییر داده می‌شد. این عمل بطور متناوب تکرار می‌شود و هر بار نیروی ضربه با نیروی حس شده در مرحله قبل مقایسه شده و فرمان تغییر دانسیته بسته‌ها با تغییر فاصله بین فک‌های بسته‌بند به سیستم هیدرولیک ارسال می‌شود. در شکل ۱ طرحواره این دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۱. طرحواره دستگاه ساخته شده توسط گوکنر و ویردن(Goeckneret al., 1993).

گوتلبر (۲۰۰۱) سامانه‌ای را جهت اندازه‌گیری دانسیته بسته‌های مکعبی و نمایش مقدار آن روی یک مانیتور پیشنهاد نمود(Gottloberet al., 2001). او با قرار دادن یک نیروسنج در خروجی بسته بند و توزین بسته‌ها و همچنین محاسبه حجم بسته‌ها با استفاده از اندازه گیری طول بسته‌ها و سطح مقطع دهانه بسته‌بند میزان دانسیته بسته‌ها را محاسبه نمود و خروجی آن بر روی یک رایانه جهت رویت کاربر نمایش داده می‌شد.

آخرین دستگاه ساخته شده جهت اندازه‌گیری رطوبت و تعیین دانسیته بسته‌های مکعبی توسط موسوی فر (۱۳۹۰) انجام شد که از حسگر فراصوت برای تعیین رطوبت و سیستم لنگ و بادامک برای فشرده سازی و از یک سامانه کنترل فرمان برای مدیریت آن استفاده شده بود، اما در یک نوع یونجه و برای یک چین و در یک رطوبت خاص وا سنجی شده بود و قابلیت کارکرد دستی نداشت(موسوی‌فر، ۱۳۹۰). تحقیق حاضر جهت بهینه سازی و کاربردی کردن سامانه ساخته شده قبلی صورت گرفت.

هدف از این پژوهش، ساخت دستگاهی است که بتواند میزان فشردگی در محفظه بسته‌بندی بسته‌بند را با توجه به مقدار رطوبت لحظه‌ای یونجه در چین معین بصورت هوشمند و برخط تغییر دهد.

برای دستیابی به اهداف مورد نظر مراحل زیر دنبال شد:

۱- طراحی مجدد حسگر برخط رطوبت‌سنج علوفه بسته‌بندی شده توسط موسوی فر (موسوی‌فر، ۱۳۹۰). در بازه رطوبتی ۱۳ الی ۲۵ درصد،

۲- واسنجی حسگر ساخته شده برای چند نوع یونجه در چین‌های مختلف،

۳- طراحی وساخت مجدد سامانه‌ای جهت تنظیم فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه،

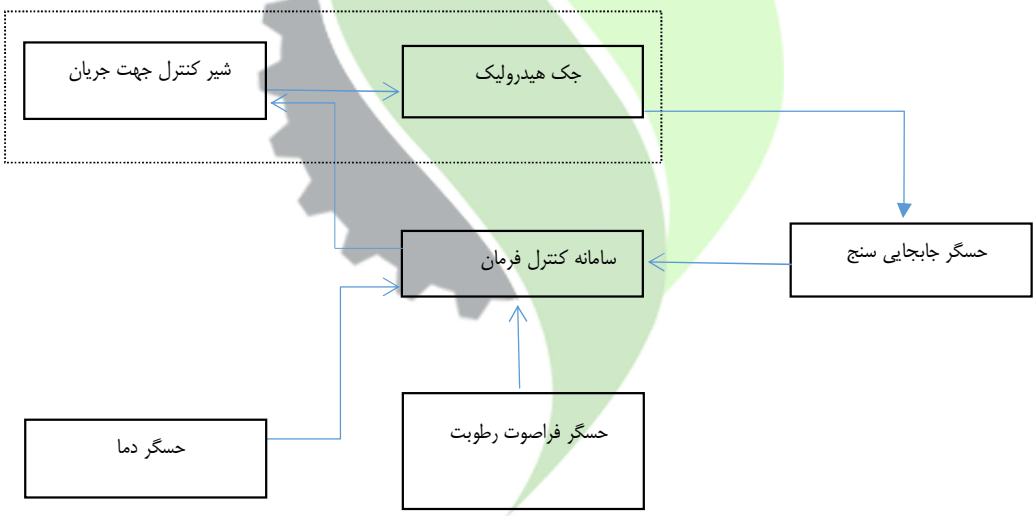
۴- طراحی مجدد و بهینه سازی سامانه کنترل فرمان خودکار تراکم بسته‌ها و

۵- نصب دستگاه ساخته شده بر روی بسته بند علوفه و ارزیابی آن در مزرعه.

مواد و روشها

به منظور ساخت دستگاه کنترل خودکار درجه تراکم بسته‌های مکعبی که متناسب با محتوای رطوبت لحظه‌ای علوفه عمل کند، می‌بایستی فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی در دهانه خروجی تغییر نماید. لذا جهت تراکم سازی از یک جک دوطرفه که به فنرهای دهانه خروجی دستگاه بسته‌بندکن نیرو وارد می‌کرد، استفاده شد.

با استفاده ترکیبی از نیروی اعمالی جک و عکس‌العمل فنر که در این تحقیق مد نظر قرار گرفت ضمن ایمن شدن دستگاه، امکان تنظیم سامانه متناسب با نوع محصول و شرایط کار فراهم گردید. همچنین قابلیت وارد کردن فرمول مربوط به تراکم بر اساس رفتار یونجه در مزرعه که تابع واریته، سن، چین و منطقه می‌باشد به صورت آزمون و خطا مهیا گردد. ایمنی و کاربر پسندی دستگاه نیز مورد نظر قرار گرفت. در شکل ۲ روند نمای دستگاه ساخته شده نشان داده شده است.



شکل ۲. روند نمای دستگاه کنترل خودکار تنظیم درجه تراکم بسته‌های مکعبی در دستگاه بسته‌بند علوفه.

با توجه به اینکه بیشتر بسته‌بندهای مکعبی با استفاده از یک تراکتور بصورت کششی حمل می‌شوند برای به حرکت درآوردن جک از سامانه هیدرولیک تراکتور استفاده شد. شیر کنترل جهت جریان سولونوئیدی برای تعیین جهت حرکت و همچنین قطع و وصل کردن حرکت جک هیدرولیکی استفاده شد. یک حسگر جابجایی سنج خطی برای تعیین مقدار حرکت جک در این سامانه بکار

گرفته شد. از یک حسگر رطوبت فراصوت در حالت بازتابشی برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت بسته‌های علوفه استفاده شد. همچنین یک حسگر دما برای از بین بردن اثر تغییر دما بر خروجی حسگر در این سامانه قرار داده شد. سامانه کنترل، مدیریت دستگاه را انجام می‌دهد و داده‌های مختلف را از حسگر دما، حسگر رطوبت، حسگر جابجایی سنج دریافت کرده بعد از پردازش‌های مختلف فرمان لازم را صادر می‌کند.

طراحی سیستم کنترل اتوماتیک درجه تراکم بسته‌های مکعبی:

واحدهای مختلف دستگاه مورد نظر به شرح زیر، طراحی مجدد وساخته شد.

- حسگر اندازه‌گیری محتوای رطوبت و دمای بسته‌های علوفه
- سامانه کنترل جهت تعیین مقدار دانسیته بسته‌ها متناسب با محتوای رطوبتی علوفه
- مکانیزم تغییر دهنده فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه
- سیستم هیدرولیک

حسگر ساخته شده جهت تعیین رطوبت و نیز موج‌بر مورد استفاده در سامانه طراحی شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

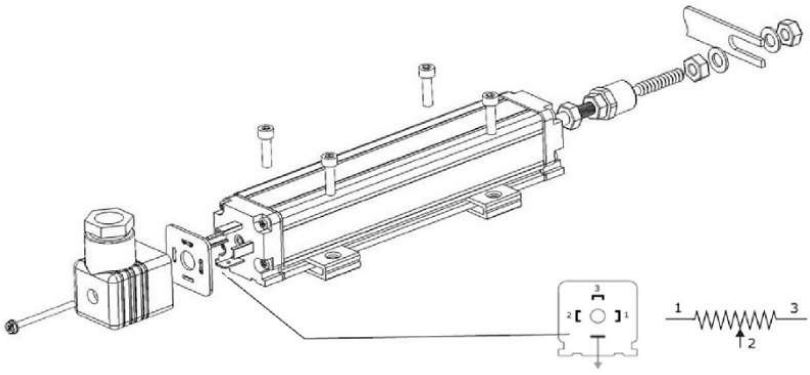
شکل ۳. حسگر اندازه‌گیری محتوای رطوبت و دمای بسته‌های علوفه.

حسگر رطوبت ساخته شده نسبت به تغییرات دما حساس بود. بنابراین یک حسگر دما (LM35) داخل موج‌بر قرار داده شد که دما را اندازه‌گیری می‌کرد. با بدست آوردن منحنی واسنجی و تعریف این منحنی برای میکروکنترلر، مقدار تغییر ولتاژ در خروجی حسگر که ناشی از تغییر دما بود حذف شد. پس از آن با از بین بردن اثر دما خروجی حسگر نسبت به تغییرات محتوای رطوبتی واسنجی شد.

سامانه کنترل فرمان طراحی شده جهت مدیریت بین قسمت‌های مختلف و نیز صدور فرامین مربوطه در شکل ۴ نشان داده شده است.

موج مربعی تولید شده توسط این سامانه بعد از ارسال و دریافت توسط ترنسدیوسرها، پردازش گردیده و با توجه به رطوبت به دست آمده با دستور صادر شده به شیر هیدرولیکی و حرکت جک، میزان تراکم بسته‌ها اعمال می‌گردد.

شکل ۴. سامانه کنترل جهت تعیین مقدار دانسیته بسته‌ها متناسب با محتوای رطوبتی علوفه: (۱) ورودی منبع تغذیه و اعلام هشدار، (۲) ورودی حسگر دما و رطوبت،(۳) ورودی پتانسیومتر خطی و شیر هیدرولیکی، (۴) صفحه کلید، (۵) صفحه نمایش



شکل ۵. طرحواره حسگرتعیین موقعیت (پتانسیومتر خطی).

از یک حسگر موقعیت که به صورت یک پتانسیومتر خطی بود نیز برای تعیین موقعیت جک و تعیین میزان بالا و پایین رفتن جک و متناسب با آن مقدار فشردگی بسته‌ها، استفاده شد که در شکل ۵ آورده شده است.

سامانه فشردگی و تراکم که متشکل از جک و فنر بود نیز در شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل ۶. سامانه جک و فنر برای تراکم سازی.

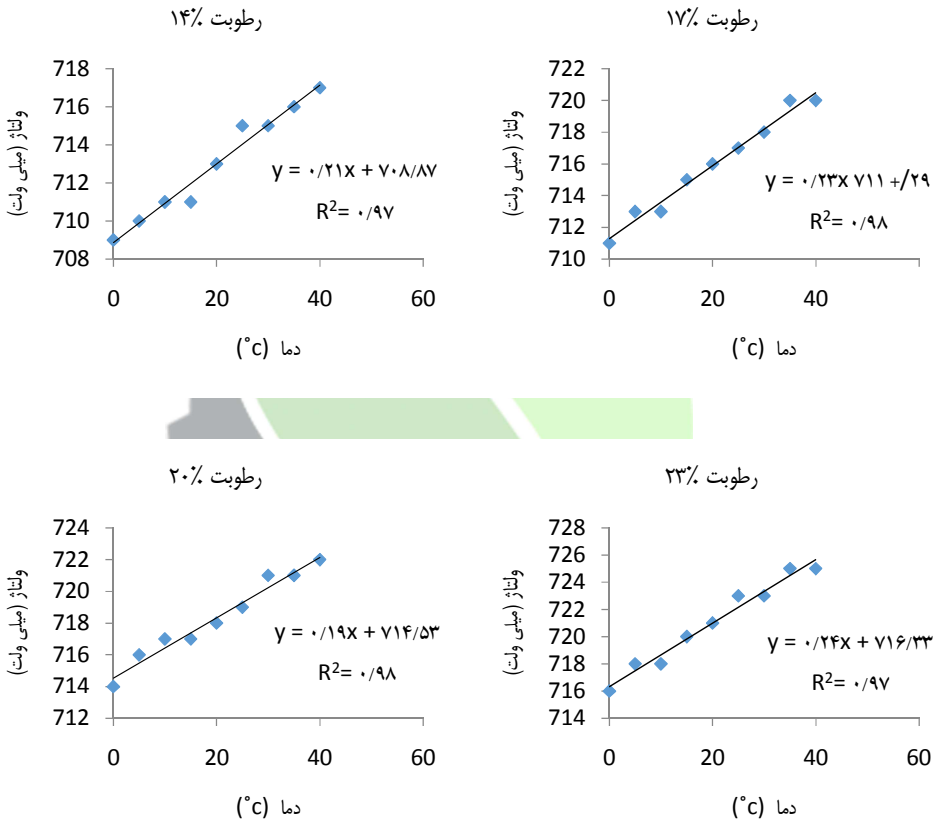
قسمتهای مختلف **سامانه** ساخته شده که روی بسته‌بند ولگر مدل ۵۳ نصب گردیده **است** و در حال کار می‌باشد در شکل۷آمده است.

شکل ۷. نصب دستگاه روی بسته‌بند و اجزای مختلف آن: (۱) شیر **کنترل جهت جریان**، (۲) محل قرارگیری برد،(۳) خط کش الکترونیک، (۴) **شیلنگ**‌های هیدرولیک، (۵) جک دو طرفه هیدرولیک، (۶) **شاسی طراحی شده حسگر رطوبت** و (۷) حسگر رطوبت.

نتایج و بحث

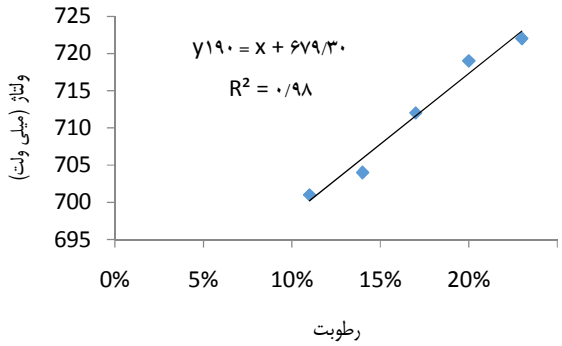
با توجه به اینکه حسگر ساخته شده بایستی محتوای رطوبت بسته‌های علوفه را اندازه‌گیری کند، بسته‌های علوفه با رطوبت‌های مختلف جهت واسنجی حسگر رطوبت بکار گرفته شد. به این منظور بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها و با قرار دادن موجبر روی بسته‌ها تغییرات خروجی حسگر با تغییرات محتوای رطوبت واسنجی شد.

در شکل ۸نمودار واسنجی حسگر نسبت به تغییرات دما در چهار بازه رطوبتی که شامل رطوبت های ۱۴، ۱۷، ۲۰ و ۲۳ درصد است نشان داده شده است.



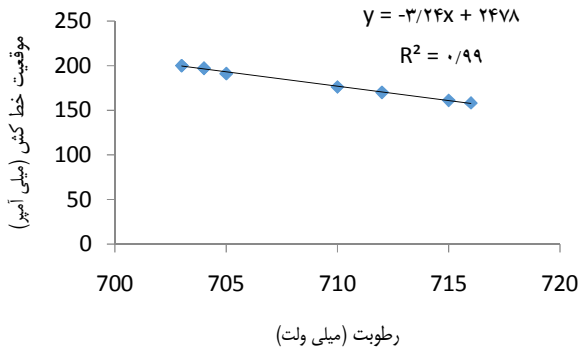
شکل ۸. واسنجی حسگر رطوبت نسبت به دما در رطوبت های ۱۴، ۱۷، ۲۰ و ۲۳ درصد (بر پایه تر).

پس از حذف اثر دما و بعد از تهیه بسته‌های علوفه با رطوبت‌های مختلف و ثبت تغییرات خروجی حسگر با تغییر رطوبت بسته‌های علوفه، حسگر در آزمایشگاه واسنجی شد. در شکل ۹ منحنی واسنجی حسگر نسبت به تغییرات محتوای رطوبتی بسته‌ها در آزمایشگاه نشان داده شده است.



شکل ۹. واسنجی حسگر رطوبت نسبت به محتوای رطوبت بسته‌ها در آزمایشگاه.

نمودار مربوط به داده‌های رطوبت و تراکم بسته‌های تشکیل شده در مزرعه در شکل ۱۰ آمده است.



شکل ۱۰. نمودار مربوط به رابطه بین رطوبت و تراکم.

همانطور که از شکل ۱۰ بر می‌آید رابطه بین رطوبت و تراکم یک رابطه خطی می‌باشد که این رابطه در سامانه توسط صفحه کلید وارد می‌گردد، البته در سامانه، رابطه به صورت معادله درجه ۲ هم در نظر گرفته شده تا حتی اگر رابطه بدست آمده از نوع درجه ۲ بود یا نوع علوفه و شرایط تغییر کرد باز بتوان عمل فشرده سازی را انجام داد.

نتایج مقایسه داده‌ها با آزمون t برای بررسی اختلاف مقدار دانسیته بسته‌های تشکیل شده بعد از یک روز و دانسیته مورد انتظار در رطوبت های ۱۳–۱۶، ۱۶–۱۹، ۱۹–۲۲، ۲۲–۲۵ درصد در جدول ۱ آورده شده است. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار صورت گرفته است. این نتایج نشان داد اختلاف دانسیته بسته‌ها در این بازه‌های رطوبتی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست و اختلاف چندانی در مقدار دانسیته بسته‌های تشکیل شده و دانسیته مورد انتظار مشاهده نشد.

جدول ۱. نتایج اختلاف بین دانسیته بسته‌ها تشکیل شده بعد از یک روز و دانسیته مورد انتظار با آزمون t.

رطوبت (درصد)	میانگین دانسیته بسته‌ها	انحراف معیار	خطای استاندارد	مقدار p
۱۳–۱۶	۱۱۳/۸۳	۱/۰۲	۰/۳۰	۰/۶۷^{ns}
۱۶–۱۹	۱۱۴/۷۹	۰/۴۸	۰/۱۴	۰/۱۶^{ns}
۱۹–۲۲	۱۱۵/۲۸	۲/۰۷	۰/۶	۰/۷۱^{ns}
۲۲–۲۵	۱۱۶/۰۶	۲/۰۴	۰/۵۹	۰/۱۶^{ns}

^{ns} نشانگر معنی‌دار نبودن اثر عامل آزمایش در سطح احتمال ٪ ۵ می‌باشد.

بین میانگین دانسیته بسته‌های تشکیل شده در لحظه بسته‌بندی اختلاف وجود دارد. البته این اختلاف در بازه مجاز (۱۱۰ – ۱۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب) قرار داشت تا نه کپک زدگی به وجود آید و نه هزینه‌ها بالا رود (Afzalina*et al*, 2010).

نتایج مقایسه داده‌های رطوبت در آزمایشگاه و مزرعه نیز با آزمون t برای بررسی اختلاف مقدار، بین میانگین ولتاژ قرائت شده (یا همان رطوبت) در آزمایشگاه و مزرعه نیز در زیر در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. نتایج مقایسه داده‌ها با آزمون t، اختلاف بین میانگین ولتاژهای قرائت شده در مزرعه و آزمایشگاه

داده‌ها	میانگین ولتاژ قرائت شده	انحراف معیار	خطای استاندارد	مقدار p
مزرعه	۷۱۱/۴۰	۸/۱۴	۳/۶۰	۰/۹۷^{ns}
آزمایشگاه	۷۱۱/۶۰	۹/۱۳	۴/۱۰	

^{ns} نشانگر معنی‌دار نبودن اثر عامل آزمایش در سطح احتمال ٪ ۵ می‌باشد

همان‌طور که مشاهده می‌شود بین میانگین ولتاژ قرائت شده (که نماینده مقدار رطوبت است) در مزرعه و آزمایشگاه اختلاف معنی-داری مشاهده نشد.

یک نمونه از داده‌های بدست آمده در ارزیابی مزرعه‌ای در جدول ۳ آمده است.

جدول۳. داده‌های مربوط به ارزیابی دستگاه حین بسته‌بندی در مزرعه.

زمان(دقیقه:ساعت)	خروجی حسگر رطوبت(میلی-ولت)	موقعیت خط کش(میلی‌آمپر)	وزن بسته (کیلوگرم)	دما محیط(سانتی-گراد)	ابعاد بسته (سانتی-متر)	دانسیته بسته (کیلوگرم بر متر مکعب)
۷:۰۰	۷۱۶	۱۵۸	۲۱	۶	۸۵×۴۵×۴۰	۱۳۷/۲
۷:۱۵	۷۱۵	۱۶۱	۲۰	۶	۸۵×۴۵×۴۰	۱۳۰/۰
۷:۳۰	۷۱۲	۱۷۰	۱۹	۶	۸۵×۴۵×۳۹/۵	۱۲۵/۷
۷:۴۵	۷۱۰	۱۷۶	۱۹	۷	۸۵×۴۵×۳۹/۵	۱۲۵/۷
۸:۰۰	۷۰۵	۱۹۱	۱۸	۸	۸۵×۴۵×۳۸/۵	۱۲۲/۲
۸:۱۵	۷۰۴	۱۹۷	۱۸	۹	۸۵×۴۵×۳۸/۵	۱۲۲/۲
۸:۳۰	۷۰۴	۱۹۷	۱۷/۵	۱۱	۸۵×۴۵×۳۸/۵	۱۱۸/۸
۸:۴۵	۷۰۳	۲۰۰	۱۷	۱۲	۸۵×۴۵×۳۸	۱۱۶/۹
۹:۰۰	۷۰۳	۲۰۰	۱۷	۱۵	۸۵×۴۵×۳۸	۱۱۶/۹

موقعیت خط کش در واقع موقعیت جک می‌باشد که نشان دهنده مقدار تراکم است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت تنظیم دانسیته بسته‌های علوفه با تغییر محتوای رطوبت آن سامانه‌ی کنترل اتوماتیک تنظیم درجه تراکم بسته-های مکعبی طراحی و ساخته شد.

نتایج کلی عبارتند از:

واسنجی حسگر رطوبت فراصوت در آزمایشگاه نشان داد که این حسگر، رطوبت بسته‌های علوفه را به ترتیب با ضریب همبستگی بالایی (R^2=0.98) تعیین نمود.

با ارزیابی سامانه کنترل اتوماتیک درجه تراکم بسته‌های مکعبی مشخص شد که بین دانسیته بسته‌های تشکیل شده در حین عملیات بسته‌بندی اختلاف در بازه مجاز مشاهده گردید (۱۱۰–۱۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب) ولی پس ازگذشت یک‌روز، بین دانسیته بسته‌های و دانسیته مورد انتظار در هر چهار سطح رطوبتی (۱۳–۱۶، ۱۶–۱۹، ۱۹–۲۲، ۲۲–۲۵ درصد) اختلافی مشاهده نشد.

سامانه طراحی شده مشکلات سامانه قبلی را نشان نداد (پاسخ تاخیری و عدم تنظیم دستی) و بهینه گردید.

منابع

۱- بهروزی‌لار، م و ح، مبلی.، ۱۳۸۶. اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی. انتشارات معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی.

۲- زارع پور، غ.، ۱۳۸۲. *طراحی اجزاء ماشین* (ترجمه). انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.

۳- کریمی،ه.، ۱۳۵۹. *زراعتواصلاح گیاهان علوفه‌ای*.انشارات دانشگاه تهران.

۴- موسوی‌فر، ا.، ۱۳۹۰. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه کنترل خودکار درجه تراکم بسته‌های مکعبی علوفه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

5- Afzalina, S., A. A. Masomi, A. Karimi and D. Mohammadi. 2009. Effect of bale density and moisture content on the losses of baled alfalfa. *International Congress on Mechanization and Energy in agriculture*. Rousse, Bulgaria, 01-03.10.

6- Afzalinia, S., A. Masumi, D. Mohammadi and M. Alavimanesh. 2010. Effect of bale density and moisture content on the losses, nutrient values and storability of baled alfalfa *International Congress on Mechanization and Energy in agriculture*. turkiye.

7- Goeckner, V. D and I. Virden. 1993. Baler with load sensor. U.S.Patent. No.859, 235

8- Gottlober, d. 2001. Baler-density measuring sysyem for baler. *U. S.* Patent. No. 6, 248, 963 B1.

9- Nazari Galedar, M., A. Jafari, S. Mohtasebi, A. Tabatabaeefar, A. Sharifi, M. O'Dogherty, S. Rafiee and G. Richard. 2008. Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfalfa stems. Biosystems Eng. 101: 199-208

Desig , Development and Evaluation of Automatic Degree of Density Controller Rectangular Bales

Sajjad Shokri[1] Amin Allah Masoumi[2]

1- MSc Student, Department of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology

s.shokri@ag.iut.ac.ir

2- Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology

Abstract

About 90 percent of dry hay is packed in the most countries which is provided as rectangular cubic bales by baler in Iran. The compression of alfalfa bales strongly depends on the yield maturity, cutting time and its moisture content. Therefore, the driver should continually control the value of bales density proportional to its moisture content. Otherwise, the bales with high density and moisture content cause mould growe, while the unusual light bales will increase the transportation and storing expense. Therefore, construction the system for adjusting the density of bales proportional to amount of their moisture content will be useful. In this regard Mousavifar designed and fabricated a device for a special verity of alfalfa at certain range of moisture content. In the present study,redesign and fabricating the same system for several kinds of variety, different cut and various moisture content range was considered. In the present study the moisture sensor was designed using ultrasonic wave which was consisted of an ultra-sound transducer and for compression used mechanism for changing the pressure of these springs to achieve a certain density with hydraulic system that was managed with a control system. The moisture sensor was calibrated with coefficient of determination 0.98 (R^2=0.98) in range of 13 to 25 percent (w. b) moisture content of alfalfa. The results showed no significant difference ($p<5\%$) between bales density which provided by automatic control system and desired density.

Keyword: Hay density, moistureUltra-sound sensor, baler