طراحی ، ساخت و ارزیابی سامانه کنترل اتوماتیک درجه تراکم بسته های مکعبی

سیدامین موسوی‌فر[1]، امین‌اله معصومی[2] و عباس همت[3]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان

2- استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان

3- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

Mousavifar.amin@gmail.com

چکیده

حدود 90 درصد علوفه خشک در اکثر کشورهای جهان، بسته بندی می شود، از آنجاکه تراکم پذیری بسته های یونجه به محتوای رطوبتی شدیداً وابسته است.بسته بندی معمولا در اوایل صبح که مقداری شب نم روی یونجه نشسته است صورت می گیرد و با بالا آمدن خورشید لازم است تراکم بسته ها متناسب با محتوای رطوبتی محصول توسط راننده بطور مداوم 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 انبار داری را افزایش می‌دهد. در این پژوهش سامانه‌ی جدیدی جهت تنظیم دانسیته بسته‌ها با تغییرات رطوبت طراحی و ساخته شد . این سامانه شامل حسگر رطوبت، سیستم هیدرولیک، سیستم کنترل، حسگر موقعیت‌سنج، حسگر دما و مکانیزم تغییر دهنده فاصله بین فک های محفظه بسته‌بندی بسته‌بند می‌باشد .پس از نصب این سامانه روی بسته بند با شروع عمل بسته بندی حسگر رطوبت، میزان رطوبت بسته را اندازه گیری می کند، این مقدار در سیستم کنترل ذخیره می‌شود سیستم کنترل داده‌های دریافتی از حسگر رطوبت را به مدت 10ثانیه دریافت کرده و بعد از حذف داده‌های پرت، میانگین داده‌ها را محاسبه می‌کند در این مدت داده‌ای از حسگر موقعیت‌سنج نیز دریافت می‌کند اگر مقدار رطوبت بسته‌ها در بازه مجاز قرار می گرفت سامانه کنترل جک هیدرولیکی را بکار انداخته و مکانیزمی فک‌های بالایی و زیرین را به حرکت در آورده، با جابه جا شدن این فک‌ها دانسیته بسته‌ها با توجه به میزان رطوبت تنظیم می‌شد. اگر میزان رطوبت علوفه خارج از محدوده مجاز قرار می گرفت چراغ هشداری که در اتاق راننده تعبیه شده روشن می شود و در این هنگام باید عمل بسته‌بندی متوقف شود. این سامانه در بازه رطوبتی 14 تا23درصد در مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان بکار گرفته شد و بین دانسیته بسته‌های تشکیل شده با بسته بند مجهز به این سامانه با دانسیته مورد انتظار در سطح احتمال 5درصد اختلاف معنی‌داریمشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی:یونجه، حسگر رطوبت ، دانسیته بسته‌های یونجه

مقدمه

گیاه یونجه چندساله است و در سال چندین چین می‌دهد. هر هکتار در سال با توجه به آب و هوای منطقه 4 تا 18 تن علوفه خشک می دهد. سطح زیر کشت یونجه در سال زراعی (81-1380) در ایران 537 هزار هکتار و میزان تولید آن 4068 هزار تن بود[5].

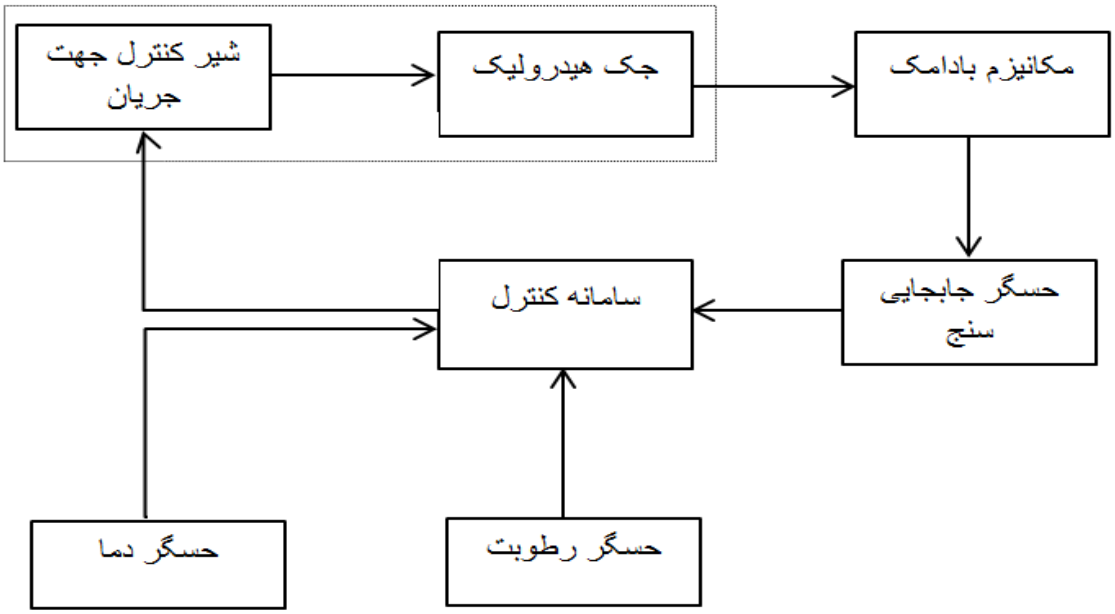
روش‌های مختلفی برای جمع آوری و نگهداری علوفه بکار می رود. حدود 90٪ علوفه خشک در اکثر کشورهای جهان، بسته بندی می شود و در ایران عمدتاً بصورت بسته های مکعبی موسوم به بیل بوده که توسط دستگاه بسته -

بندی علوفه تهیه می‌شود. در این روش علوفه‌های درو شده را تا رسیدن به یک رطوبت مطلوب که معمولاً 20٪ بر مبنای وزن تر است توسط دستگاه ردیف کن شانه ای زیر و رو می کنند و سپس توسط دستگاه بسته‌بند، علوفه را به بسته‌های مکعبی و استوانه‌ای بصورت فشرده در می‌آورند.

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. از آنجاکه تراکم پذیری بسته های یونجه به محتوای رطوبتی، بلوغ و چین برداشت آن شدیداً و ابسته است لازم است تراکم بسته ها متناسب با محتوی رطوبتی محصول توسط راننده دائما کنترل گردد . در غیر این صورت بسته‌ها یا بیش از حد فشرده می شوند که باعث ایجاد کپک زدگی می گردد و یا کمتر از حد متراکم شده اند که هزینه حمل و نقل و انبار داری را افزایش می دهد. در حین کار در اوایل صبح با بالا آمدن آفتاب و زایل شدن اثر شبنم رطوبت یونجه به مرور کاهش می یابد و راننده باید در دفعات متعدد اقدام به تنظیم مقدار فشردگی معین توسط دستگاه نماید. این کار باعث توقف دستگاه و صرف وقت زیادی می شود و از طرفی به مهارت و مسئولیت - پذیری راننده بر می گردد.

مواد و روشها

جهت طراحی و ساخت دستگاه کنترل اتوماتیک درجه تراکم بسته های مکعبی تصمیم گرفته شد دستگاهی ساخته شود که با تغییر محتوای رطوبت بسته های علوفه، دانسیته بسته ها را تنظیم کند . برای تنظیم دانسیته بسته‌های علوفه می بایستی فاصله بین فک های محفظه بسته بندی در دهانه خروجی تغییر کند . در شکل (1) روندنمای دستگاه ساخته شده نشان داده شده است.



شکل1-روندنمای دستگاه کنترل اتوماتیک تنظیم درجه تراکم بسته‌های مکعبی.

جهت تنظیم دهانه خروجی محفظه بسته بندی بایستی فک های محفظه بسته‌بندی در بسته بند حول یک محور ثابت حرکت کنند برای دستیابی به این حرکت از یک مکانیزم بادامک روی هر کدام از فک های بالایی و پایینی استفاده شد. با توجه به اینکه بیشتر بسته بندهای مکعبی با استفاده از یک تراکتور بصورت کششی حمل می شوند

برای به حرکت در آوردن مکانیزم بادامک از سیستم هیدرولیک تراکتور استفاده شد . جهت تأمین حرکت بادامک یک جک هیدرولیکی دوطرفه بکار برده شد . شیر کنترل جهت جریان سولونوئیدی برای تعیین حرکت جهت و همچنین قطع و وصل کردن حرکت جک هیدرولیکی استفاده شد . یک حسگر جابجایی سنج برای تعیین م قدار چرخش بادامک در این سیستم بکار گرفته شد . از یک حسگر رطوبت فراصوت در حالت بازتابشی برای اندازه گیری محتوای رطوبت بسته های علوفه استفاده شد. همچنین یک حسگر دما برای از بین بردن اثر تغییر دما بر خروجی حسگر در این سیستم قرار داده شد . سامانه کنترل مدیریت دستگاه را انجام می دهد 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

با بررسی منابع و تحقیقاتی که در گذشته در این مورد انجام شد ه است دستگاه مورد نظر شامل بخش های زیر طراحی و ساخته شد:

1) حسگر اندازه‌گیری محتوای رطوبت و دمای بسته‌های علوفه
2)سیستم کنترل جهت تعیین مقدار دانسیته بسته‌ها
3) مکانیزم تغییر دهنده فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه
4)سیستم هیدرولیک

حسگر اندازه‌گیری محتوای رطوبت علوفه

با توجه به اینکه اساس کار دستگاه، تغییر دانسیته بسته‌ها با توجه به تغییر محتوای رطوبتی آنها می‌باشد، یک حسگر رطوبت که محتوای رطوبتی بسته‌ها را بطور پیوسته اندازه‌گیری می‌کرد با استفاده از امواج فراصوت طراحی شد.

حسگر رطوبتی فراصوت ساخته شده از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

1)منبع تغذیه
2)ترانسدیوسرهای فراصوت 40کیلوهرتز
3)مدار الکترونیکی
4)موجبر
5)حسگر دما
6)نمایشگر

در شکل(2) روندنمای حسگر ساخته‌شده نشان داده شده است.

سامانه کنترل جهت تعیین میزان دانسیته بسته‌ها

این مدار وظیفه کنترل جک هیدرولیک را بر عهده دارد به گونه ای که متناسب با میزان رطوبت علوفه، میزان فشردگی بسته های علوفه را کنترل می‌کند.

اجزای این سیستم کنترل به شرح زیر می‌باشند:

الف) مدارپردازشگر اصلی
ب) حسگر تعیین موقعیت بادامک (تعیین میزان فشردگی بسته ها)
ج) مدار تقویت کننده جهت اتصال کنترلر به شیرهای هیدرولیک
د) مدار ایزوله کردن کنترلر از شیر های هیدرولیک
ن) شیرهای هیدرولیک
و) مدار اعلام هشدار به راننده

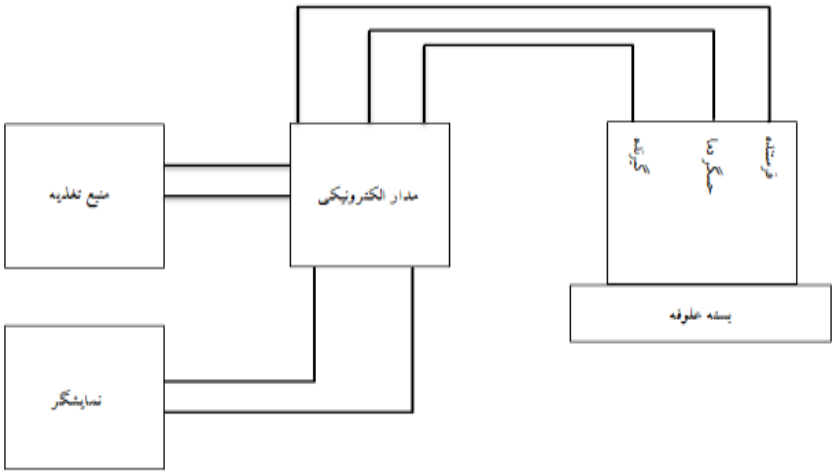
که در ادامه برخی از این مدارها توضیح داده خواهد شد.

مدارپردازشگر اصلی

شامل یک میکرو کنترلر **AVR** سری **ATMEGA32** می باشد . این کنترلر داده ها را دریافت و متناسب با آن‌ها جک هیدرولیک را تنظیم می‌کند. داده‌هایی که کنترلر دریافت می‌کند شامل موقعیت بادامک و همچنین مقدار رطوبت علوفه است.

حسگر تعیین موقعیت بادامک (تعیین میزان فشردگی بسته ها)

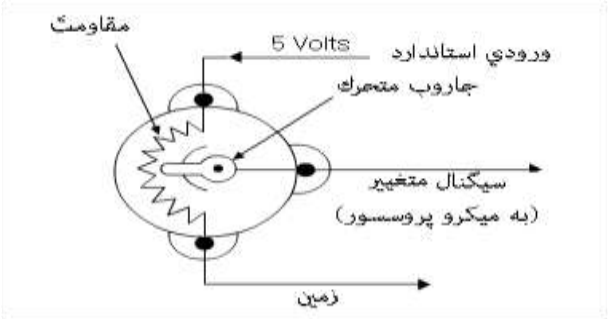
از یک پتانسیومتر که در محور انتهایی بادامک نصب شده جهت تعیین موقعیت بادامک استفاده شد (شکل 3-22) . جک هیدرولیک با عقب و جلو رفتن باعث چرخش محور بادامک می شود، این دوران به پتانسیومتر منتقل شده و باعث تغییر در سیگنال خروجی آن می‌شود (شکل3). این سیگنال توسط میکروکنترلر خوانده شده و بعد از پردازش زاویه بادامک تعیین می‌گردد



شکل2-روندنمای حسگر رطوبت فراصوتی در حالت بازتابشی.

.

.



شکل3- طرحواره حسگر تعیین موقعیت (پتانسیومتر).

شیر هیدرولیک

این شیر دارای دو بوبین است که توسط برق 12 ولت جریان مستقیم (**DC**) تغذیه می‌شود.هر یک از بوبین ها جریانی در حدود 2/5 آمپر نیاز دارد تا بتواند شیر را باز یا بسته نگه دارد.

مدار اعلام هشدار به راننده

این مدار شامل یک چراغ چشمک زن می‌باشد که با ولتاژ 12 ولت تغذیه می‌شود . در صورتی که رطوبت علوفه از حد

تعیین شده کمتر یا بیشتر باشد ، میکرو کنترلر به این مدار سیگنال هشدار را ارسال می‌کند.این چراغ کنار راننده نصب می‌شود.

سیستم هیدرولیک

در این طرح از سیستم هیدرولیک تراکتور به عنوان منبع توان استفاده شد.سیستم هیدرولیک استفاده شده در این طرح از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

الف) جک هیدرولیک

از این جک جهت به حرکت درآوردن بادامک خارج از مرکز برای فشرده کردن بسته‌های علوفه استفاده شد.

با توجه به محاسبات انجام شده ، جک هیدرولیک با قطر سیلندر و دسته‌ی پیستون به ترتیب 30 و 15میلی متر انتخاب و استفاده شد.

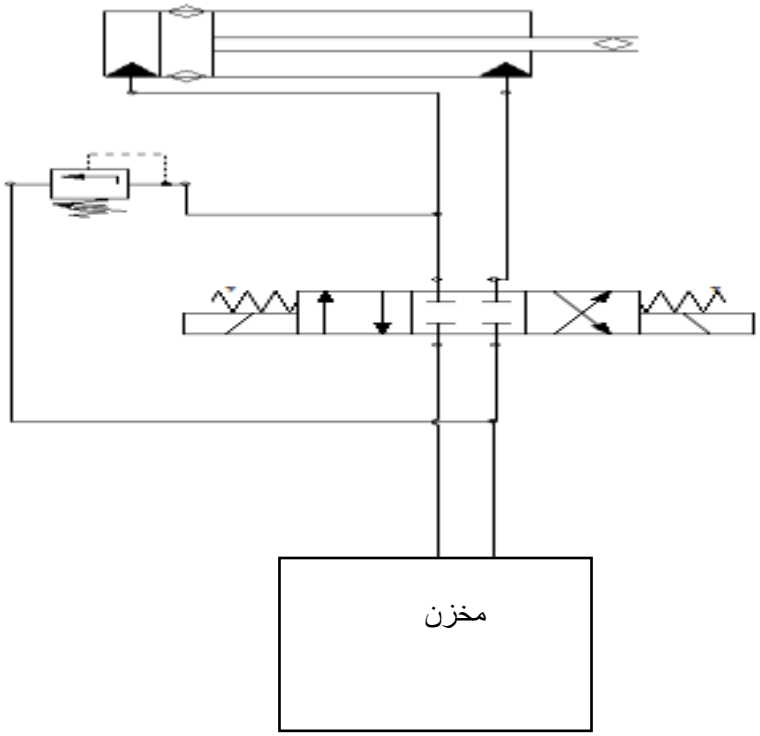
ب) شیر کنترل جهت جریان

از آنجا که کنترل دقیق مکان پیستون فشار وفک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه در طرح حاضر مدنظر است برای تعیین جهت حرکت جک هیدرولیکی، شیر کنترل جهت سولونوئیدی سه وضعیته میان بسته استفاده شد .

بیشنه فشار و دبی این شیر به ترتیب 31/5 مگاپاسکال و 120 لیتر بر دقیقه می‌باشد، این شیر با جریان 12ولت مستقیم(**DC**) کار می‌کند.

ج) شیر فشار شکن

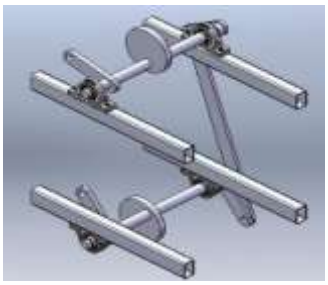
با توجه به اینکه هنگام خروج بسته تشکیل شده از بسته‌بند فشار زیادی به فک‌های محفظه بسته‌بند وارد می شود از یک شیر فشار شکن استفاده شد تا موقعی که فشاری بیش از فشار مورد نظر به فک‌ها وارد شد این شیر بکار افتاده و برای لحظه‌ای فک‌ها باز شده و بسته خارج شود.



شکل4-مدار هیدرولیک طراحی شده جهت راه‌اندازی مکانیزم بادامک.

مکانیزم تغییر دهنده فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه

از آنجا که فک‌های بالا وپایینی محفظه‌بسته‌بندی برای تغییر دانسیته بسته‌های علوفه بایستی یا بهم نزدیک شوند یا از هم دور شوند (جهت حرکت آنها عکس هم می‌باشد) برای طراحی دستگاه مکانیزمی انتخاب شد که امکان ایجاد این حرکت تأمین شود. این مکانیزم شامل دو مکانیزم بادامک خارج از مرکز و مکانیزم لنگ ساده می باشد که در شکل 5 نشان داده شده است.



شکل5- مکانیزم تغییر دهنده فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه.

طراحی اجزاء قسمت‌های مختلفمکانیزم تغییر دهنده فاصله بین فک‌های محفظه بسته‌بندی علوفه که بر اساس اصول طراحی اجزاء ماشین و همچنین هندسه شکل صورت گرفت و سپس در نرم‌افزار**CATIA V5 R18**مدل شد.

ارزیابی دستگاه ساخته شده

جهت ارزیابی عملکرد دستگاه فوق مقداری یونجه که با رطوبت‌های مختلف مشابه حالت مزرعه به‌صورت ردیفی روی زمین قرار گرفته بود توسط دستگاه بسته‌بند مجهز به سامانه کنترلی ساخته شده بسته بندی گردید. در هر آزمایش محتوای رطوبت یونجه‌ها قبل از بسته‌بندی اندازه‌گیری شد.

پس از نصب دستگاه بر روی بسته‌بند و انجام تمهیدات لازم همچون تعیین سرعت مناسب پیشروی تراکتور شبیه سازی عملکرد دستگاه در مزرعه صورت گرفت. با توجه به میزان محتوای رطوبتی در عمل بسته بندی سه سطح رطوبتی 14-17، 17-20 و 20-23 درصد بر مبنای وزن تر انتخاب شد و طبق طراحی و پیش بینی های مورد نظر انتظار می‌رود دانسیته بسته‌های تشکیل شده بین 140 تا 150 کیلوگرم بر متر مکعب باشد. بنابراین در پایان هر آزمایش همه بسته‌ها وزن شده و ابعاد آنها اندازه‌گیری‌شد. آزمایش در سه تکرار انجام گردید.

با توجه به اینکه بسته‌بند بطور تصادفی بین سطوح مختلف رطوبتی حرکت کرده و عمل بسته‌بندی را انجام می داد طرح کاملاً تصادفی انتخاب شد. از آزمون **T** جهت مقایسه داده‌ها با دانسیته مورد انتظار استفاده شد.

نتایج و بحث

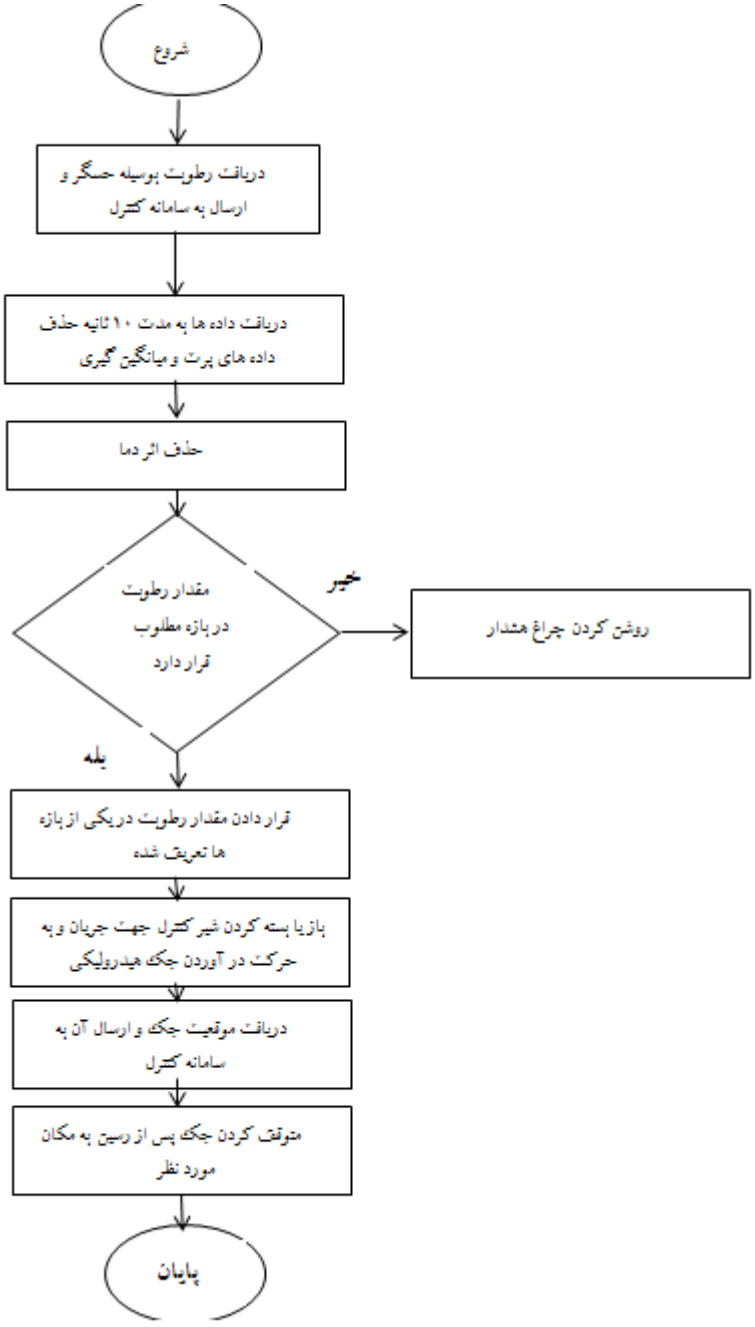
در شکل 6دستگاه ساخته شده که بر روی بسته‌بند نصب شده نشان داده شده است.

پس از نصب دستگاه روی بسته‌بند، سیستم هیدرولیک دستگاه نیز به خروجی هیدرولیک تراکتور جاندیر 3140 متصل شد.. در شکل7فلوچارت کاری دستگاه در یک سیکل کاری نشان داده شده است.

شکل6 -نصب دستگاه روی بسته‌بند و اجزای مختلف آن: (1) شیر کنترل جهت جریان، (2) شیر فشارشکن ،(3) حسگر رطوبت، (4) مکانیزم لنگ ساده، (5) مکانیزم بادامک جهت باز و بسته کردن فک‌های محفظه بسته‌بندی، (6) جک هیدرولیکی

ارزیابی دستگاه ساخته‌شده

نتایج مقایسه داده‌ها با آزمون **T** برای بررسی اختلاف مقدار دانسیته بس‌ته‌های تشکیل شده و دانسیته مورد انتظار در رطوبت های 14-17، 17-20 و 20-23 درصد در جدول 4-1 آورده شده است. این نتایج نشان داد اختلاف دانسیته بسته‌ها در این بازه‌های رطوبتی در سطح احتمال 5 درصد معنی دار نیست و اختلاف چندانی در مقدار دانسیته بسته‌های تشکیل شده و دانسیته مورد انتظار مشاهده نشد.



شکل 8-فلوچارت عملکرد دستگاه در یک سیکل کاری.

جدول1- نتایج مقایسه داده‌ها با آزمون T ،اختلاف بین دانسیته بسته‌ها تشکیل شده و دانسیته مورد انتظار.

رطوبت (درصد)	میانگین دانسیته بسته‌ها	انحراف معیار	خطای استاندارد	مقدار P
14-17	146/9	0/4	0/23	0/57 NS
17-20	145/8	0/76	0/43	0/61 NS
20-23	147/4	0/28	0/16	0/29 NS

NS نشانگر معنی‌دار نبودن اثر عامل آزمایش در سطح احتمال 5 ٪ می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس برای بررسی اختلاف مقدار دانسیته بسته‌های تشکیل شده در سه سطح رطوبتی 14-17، 17-20 و 20-23 درصد در جدول 4-2 آورده شده است. این نتایج نشان داد اختلاف دانسیته بسته‌ها در این سه بازه رطوبتی در سطح احتمال 5٪ معنی‌دار نیست و اختلاف چندانی در مقدار دانسیته بسته‌ها تشکیل شده در سه سطح رطوبتی مشاهده نشد.

در طراحی دستگاه با توجه به گزارش پژوهشگران قبلی برای بازه رطوبتی 23-20 درصد حداکثر مقدار دانسیته که در زمان انبار داری بسته دچار کپک‌زدگی نمی‌شود (140-150کیلوگرم بر متر مکعب) انتخاب شد [6]. در این بازه رطوبتی می‌بایست بسته‌هایی با دانسیته بیشتر از 150 کیلوگرم بر متر مکعب تشکیل نشود. با کم شدن محتوای رطوبت، دستگاه طوری طراحی شده بود که با فشرده کردن بسته‌ها، دانسیته بسته در بازه مطلوب (140-150 کیلوگرم بر متر مکعب) قرار گیرد. به این ترتیب بسته‌های با رطوبت بالا در مدت انبارداری دچار کپک‌زدگی نمی‌شوند و بسته‌های با رطوبت کمتر دانسیته مطلوبی دارند و بخوبی فشرده می‌شوند. علیرغم اینکه بسته های تشکیل شده دارای وزن تقریباً یکسانی می‌باشند اما با گذشت زمان بسته‌های تشکیل شده با رطوبت بیشتر بر اثر خشک شدن نسبت به بسته‌های تشکیل شده با رطوبت کمتر سبکتر شدند.

جدول2- نتایج تجزیه واریانس اختلاف بین دانسیته بسته‌ها تشکیل شده در سه سطح رطوبتی 14-17، 17-20، 20-23درصد

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
رطوبت	2	16/50	8/52	1/86 NS
خطا	27	119/57	4/43	
خطای‌نمونه برداری	6	6/5	1/1	0/24 NS
کل	27	142/6		

NS نشانگر معنی‌دار نبودن اثر عامل آزمایش در سطح احتمال 5 ٪ می‌باشد

منابع

30 mm

[1] بهروزی‌لار، م و ح، مبلی. 1386. اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی. انتشارات معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی .

[2] بی‌نام.1382. سالنامه آماری کشور.سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. مرکز آمار ایران.

[3] جابری معز، م. 1380.طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه نمونه پرس علوفه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شیراز.

[4] خورسندی، آ. 1386. طراحی، ساخت و ارزیابی حسگرهای اندازه‌گیر مقاومت مکانیکی و رطوبت خاک به صورت بلادرنگ، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحات 2-6.

[5] زارع پور، غ.1382 طراحی اجزاء ماشین (ترجمه). انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.

[6] 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. 2009 .

[7] BECHAR, A., A. MIZRACH, P. BARREIRO, AND S. LANDAHL. 2005. DETERMINATION OF MEALI-NESS IN APPLES USING ULTRASONIC MEASUREMENTS. BIOSYSTEMS ENGINEERING. 91: 329-334.

[8] BEYER, R. T.,AND S. V. LETCHER. 1969. PHYSICAL ULTRASONIC. ACADEMIC PRESS, INC. PP. 1-12, 361.

[9] BLANCO, S. F., E. R. F SARABIA, V. M., A. APARICIO, A. B. BLANCO, AND J. A. G. JUAREZ. 2006. FOOD DRYING PROCESS BY POWER ULTRASOUND. ULTRASONICS 44: E523-E527.

[10] BLITZ, J., AND G. SIMPSON 1996. ULTRASONIC METHODS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING. CHAPMAN AND HALL, PP. 1-18.

[11] CARULLO, A., PARVIS. M, AND A. VALLAN, 1997. WATER CONTENT MEASUREMENT IN GRANULAR MATERIALS USING ULTRASONIC WAVES. IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE OTTAWA, CANADA, PP. 1246-1251.

[12] GOECKNER, V. D, AND I. VIRDEN. 1993. BALER WITH LOAD SENSOR. U.S.PATENT. NO.859, 235.

[13] GOTTLOBER, D. 2001. BALER-DENSITY MEASURING SYSYEM FOR BALER. U. S. PATENT. NO. 6,248,963 B1.

[14] JEON, Y. H., H. ZHU., R. DERKSEN., E. OZKAN AND C. KRAISE. 2011. EVALUATION OF ULTRASONIC SENSOR FOR VARIABLE-RATE SPARAY APPLICATION, *COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE*. 75: 213-221.

[15] KIM, K. B., S. LEE, M. S. KIM, AND B. Y. K. CHO. 2009. DETERMINATION OF APPLE FIRMNESS BY NONDESTRUCTIVE ULTRASONIC MEASUREMENT, *POSTHARVEST BOIL. TECHNOL*. 52: 44-48.

[16] KOCIS, S. AND Z. FIGURA. 1996. ULTRASONIC MEASUREMENT AND TECHNOLOGIES.CHAPMAN AND HALL.PP. 1-5, 29.

[17] LAWRENCE, K. C., FUNK, D. B. AND W. R, WINDHAM. 1999. PARALLEL-PLATE MOISTURE SENSOR FOR YELLOW-DENT FIELD CORN. ASAE, 42(5): 1353-1357.

[18] LESTER, W, AND JR. SCHMERR. 1984., ULTRASONIC NONDESTRUCTIVE EVALUATION SYSTEMS: MODELS AND MEASUREMENTS. *SPRINGER SCIENCE BUSINESS MEDICA, LLC*. PP. 18.