طراحی، ساخت و بررسی عملکرد یک سامانه خودکار الکترونیکی به منظور درجه‌بندی میوه بر اساس وزن

ابراهیم بخشی زاده[۱] ،امیرحسین افکاری‌سیاح[۲] ،یوسف عباسپورگیلانده[۲] ،منصور راسخ[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد – مکانیک ماشین های کشاورزی- دانشگاه محقق اردبیلی
۲- استادیار – گروه ماشین‌های کشاورزی – دانشگاه محقق اردبیلی
E.bakhshizadeh@gmail.com

چکیده

طی یک پژوهش، سامانه خودکار الکترونیکی درجه بندی میوه طراحی و ساخته شد و عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفت. دستگاه شامل دو بخش الکترونیکی و مکانیکی است که طی آن میوه ها بر اساس وزن و توسط یک حسگر بار ۳۰ نیوتنی و مدار کنترلی که اختصاصا بدین منظور طراحی شد توسط عملگرهای مکانیکی در سه دسته جداسازی می گردد. برای بررسی عملکرد دستگاه جداکننده از دو نوع میوه سیب و کیوی با ضریب کرویت متفاوت، در سه سطح شیب ورودی و پنج سطح زمان تنظیم شده برای حسگر استفاده شد. طی یک بررسی آماری مشخص شد که اثرات اصلی هر سه عامل شکل میوه، شیب ورودی و مدت زمان تنظیم شده برای حسگر بطور معنی دار بر عملکرد دستگاه موثر بودند. اما مهمترین عامل مدت زمان حسگر بود که اثرات متقابل آن نیز بطور معنی دار بر عملکرد دستگاه موثر بود. به‌طوری‌که می‌توان با تنظیم بهینه تایمرها در داخل برنامه پی.ال.سی و از طریق محاسبه دقیق زمان عبور میوه از روی مانع و عبور میوه از دریچه‌ها زمان لازم برای جداشدن هر میوه را کاهش ودر نهایت عملکرد دستگاه را افزایش داد. نتایج آزمایش نشان داد که بیشینه عملکرد دستگاه برای کیوی در شیب ورودی ۵۰ درجه و زمان ۱ ثانیه برابر با ۸۷۲/۴۰ (تعداد/ ساعت) می‌باشد.

کلید واژه: درجه‌بندی، میوه، سامانه‌الکترونیکی، حسگر بار، وزن

مقدمه

با افزایش تولید محصولات کشاورزی در کشور جداسازی کیفی محصولات و به ویژه میوه‌ها بر اساس شاخص‌های کیفی نظیر اندازه، وزن و رنگ از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود. امروزه این عمل در بین مرحله برداشت تا فروش محصول به صورت خرده‌فروشی عموما بوسیله نیروی انسانی انجام می‌پذیرد. صرفه نظر از دقت کم در جداسازی توسط انسان و نیز احتمال اعمال صدمات مکانیکی به محصول، هزینه قابل ملاحظه این فرآیند استفاده از سیستم‌های مکانیزه را موجه ساخته است. همچنین بسته‌بندی صحیح محصولات نیز منوط به دسته‌بندی محصول بر اساس اندازه می‌باشد، که یکی از روش‌های آن جداسازی بر اساس وزن است. ایران یکی از بزرگترین تولید کنندگان میوه و سبزیجات در خاورمیانه است به طوری‌که با تولید حدود ٤/٤ میلیون تن مرکبات در سال

۱۳۸۵ مقام هشتم جهان را به خود اختصاص داده است (طباطبای‌کلور و هاشمی، ۱۳۸۷). با توجه به این میزان تولید، مدیریت بعد از برداشت این محصولات ارزشمند به ویژه جداسازی آنها بر اساس ویژگی‌های کیفی بسیار ضروری است. زیرا اغلب محصولات به طور طبیعی از لحاظ اندازه و عوامل مربوط به رسیدگی مانند رنگ و سفتی متفاوت می باشند. برداشت میوه ها خصوصا برداشت مکانیکی، ناخالصی و غیریکنواختی خواص فیزیکی (مانند اندازه و رنگ) محصول را افزایش می دهد، لذا درجه بندی میوه ها وسبزی ها بر اساس اندازه امری ضروری به نظر میرسد (فلوز[1] ، ۱۹۹۰). دستگاه‌های درجه‌بندی موجود در کشور از نوع مکانیکی و عمدتا از نوع غلطکی شیار دار هستند که فاصله شیارها به تدریج برای درجات مختلف افزایش می‌یابد و میوه‌ها را براساس اندازه آنها درجه-بندی می‌کند. اغلب دیده می‌شود که در این سیستم‌ها، میوه‌ها در بین غلطک‌ها له می‌شوند، درحالی‌که چندین کارگر بر کار آنها نظارت دارند. در ضمن در این دستگاه‌ها، به تعداد زیادی غلطک نیاز است که علاوه بر طول زیاد دستگاه، هزینه اولیه و نگهداری آن‌را نیز افزایش می‌دهد. (طباطبایی‌کلور و هاشمی، ۱۳۸۷).

با توجه به نیاز موجود به دستگاه‌های جداساز با مبنای الکترونیک که در آن بسیاری از معایب روش‌های مکانیکی حذف می‌گردد، به نظر می‌رسد که تحقیق در این زمینه به ویژه در داخل کشور ضروری است. بر این اساس پس از مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه روش‌های جداسازی محصولات (طباطبایی‌کلور و هاشمی، ۱۳۸۷; لرستانی و همکاران، ۱۳۸۵;Riyadi et al, 2007;jarimopas et al, 2007) و بررسی مکانیزم‌های مورد استفاده در دستگاه‌های ساخته شده (Hoover and Codding, 1976; Husome et al, 1978; Chamberlin and Irving, 1978) اقدام به طراحی و ساخت یک واحد جداسازی الکترونیکی شد. هدف از این تحقیق، طراحی وساخت یک دستگاه جداکننده میوه بر اساس وزن و سپس تعیین تاثیر برخی پارامترهای میوه و ماشین بر عملکرد دستگاه می باشد، تا بهترین شرایط برای دستیابی به عملکرد بالای دستگاه حاصل گردد.

مواد و روش ها

طراحی وساخت دستگاه

مبنای جداسازی در این دستگاه وزن میوه است و در آن از یک حسگر بار با ظرفیت ۳ kgf برای اندازه گیری وزن استفاده شده است. طراحی وساخت دستگاه جداساز بر اساس وزن شامل طراحی و ساخت اجزای اصلی آن می‌باشد. شکل (۱) نمودار جریانی مراحل تغذیه، انتقال، اندازه‌گیری و جداسازی را نشان می‌دهد. اجزا اصلی دستگاه عبارتند از سیستم انتقال، سیستم توزین،سیستم کنترل و مکانیزم جداکننده محصول.

شکل۱- نمودار جریانی کار دستگاه از مرحله تغذیه تا جداسازی

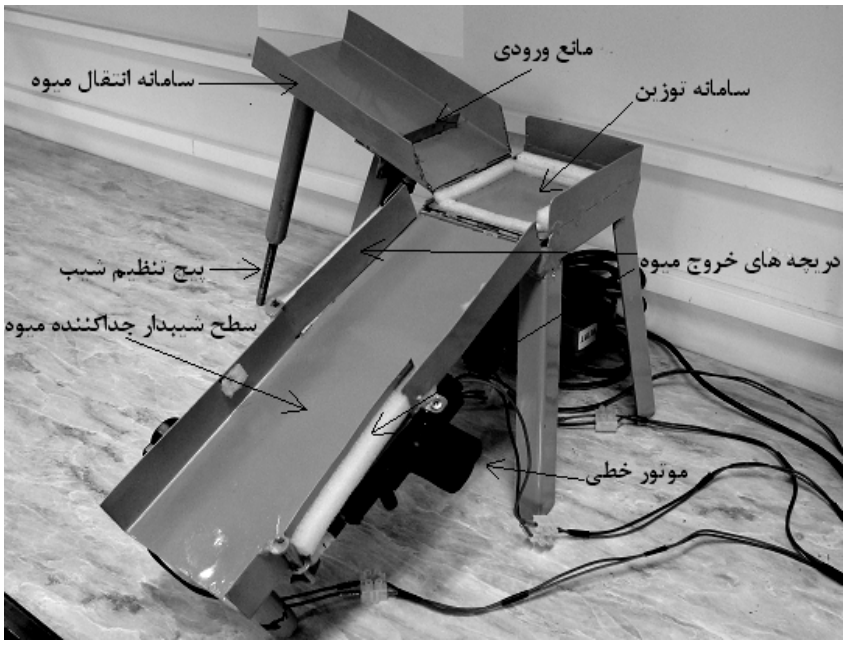
1 - Fellows

سامانه انتقال محصول

سامانه انتقال محصول به صورت یک سطح شیب دار با لبه‌هایی در طرفین آن به شکل ناودانی طراحی شد. عرض و ارتفاع لبه ناودانی با بررسی تحقیقاتی که روی سیب و پرتقال صورت گرفته بود (شفیعی، ۱۳۸٦و اسماعیلی جوکندان، ۱۳۸۸)، به ترتیب۱۱و ۳ سانتی متر در نظر گرفته شد. برای اینکه میوه‌ها به صورت تک‌دانه و در زمان مشخصی که سامانه کنترل آن‌را تعیین می‌کند وارد قسمت توزین شود یک شیار با عرض۹ cm و ضخامت ۲ mm در فاصله ۳ سانتی متری تا نقطه انتهای سطح شیبدار در نظر گرفته شد، که یک ورق با ابعاد ۵×۹ cm و ضخامت ۱میلیمتر در داخل این شیار توسط یک موتور خطی بالا و پایین می‌رود که بیشینه ارتفاع لبه بالای این ورق از کف ناودانی با توجه به کورس رفت و برگشتی موتور ۲ cm است. لذا این ناودانی به صورت یک مانع حرکت آن جلوگیری می‌کند و در زمان لازم توسط سامانه کنترل به سمت پایین حرکت کرده و میوه روی سطح شیب دار به قسمت توزین می‌غلتد. ضمنا در زیر این ناودانی یک پایه از جنس لوله توخالی که در انتهای آن یک پیچ و مهره قرارگرفته است، استفاده شد تا امکان تنظیم شیب ورودی فراهم گردد (شکل ۲).

سامانه توزین

برای طراحی قسمت توزین ابتدا یک قاب فلزی با استفاده از نبشی فولادی۲۰×۳۰ با طول ۱۳و عرض ۱۱ سانتی متر ساخته شد. حسگر وزنی در راستای طول این قاب به نحوی قرار گرفت که یک سر آن به نقطه وسط ضلع کوچک قاب توسط دو پیچ ثابت شد. برای انتقال وزن میوه به روی سر دیگر حسگر بار از دو صفحه استفاده شد که این دو صفحه با ابعاد ۱۰/۵cm×۱۲/۵روی هم قرار گرفته و در امتداد ضلع کوچکتر به یکدیگر لولا شدند. صفحه زیرین به سر دیگر حسگر متصل شد و صفحه رویی به طور آزاد می‌تواند با نیرویی که از طرف موتور خطی به آن وارد می‌شود به سمت سطح شیب دار خروجی و مکانیزم جداکننده شیب پیدا کند و میوه را به آن قسمت هدایت کند. موتور به نحوی در زیر صفحه قرار گرفت که محور آن در فاصله ۲سانتیمتری نسبت به نقطه‌ای که دو صفحه به هم لولا شده‌اند، به صفحه رویی نیرو وارد میکند که با توجه به کورس ۲سانتیمتری موتور صفحه می‌تواند در حالت بیشینه ٤٥ درجه شیب پیدا کند.



شکل ۲- دستگاه درجه‌بندی میوه و اجزای آن

مکانیزم جداکننده

برای طراحی مکانیزم جداکننده نیز از یک ناودانی که از لحاظ عرض و ارتفاع لبه شبیه ناودانی ورودی است، به طول ۳۰ سانتی متر استفاده شد. این ناودانی به قاب قسمت توزین لولا شده و توسط پایه‌ای با طول متغییر که در زیر آن است می‌توان شیب آنرا تغییر داد. با توجه به اینکه هدف دسته بندی میوه در سه گروه وزنی است لذا بدین منظور دو دریچه در امتداد یکدیگر با فاصله ۳ سانتیمتری روی دو لبه ناودانی در نظر گرفته شد. که گروه سوم نیز از مسیر مستقیم ناودانی خارج می‌شود. اندازه طول دهنه دریچه ها cm ۱۱ انتخاب شد. برای انحراف میوه از مسیر مستقیم ناودانی به سمت دریچه ها از یه ورق فولادی با ضخامت mm ۱با طول cm ۱۳ و عرض cm ٤ استفاده شد. که با توجه به مکانیزم لولایی که برای این صفحات فولادی استفاده شد. این صفحات با حرکتی که از موتورهای الکتریکی می گیرند در مواقع لزوم باز شده و با زاویه ٦٠درجه نسبت به امتداد لبه ناودانی قرار می گیرند.و بدین طریق میوه ها به یکی از این دریچه ها وارد می شوند.

سامانه کنترل الکترونیکی

در این دستگا برای سامانه کنترل از پی ال سی مدل گلوفا[1] که دارای ٤ورودی و ۸ خروجی است، استفاده شد. سینگال خروجی از حسگر بار در یک ترانسدیوسر[2] تبدیل به سیگنال استاندارد ٤ تا ۲۰ میلی آمپر تبدیل شد. این سیگنال استاندارد در کارت آنالوگ به دیجیتال تبدیل به سیگنال دیجیتال شد. و در نهایت توسط پی.ال .سی دریافت شد. با توجه به مراحلی که میوه باید طی کند تا از دریچه‌های خروجی مکانیزم جداکننده عبور کند برنامه‌ای در نرم

1 -PLC (Programmable logic controller) Model: GLOFA
2 -Transducer

افزار GMWIN4 برای پی.ال .سی نوشته شد. در این برنامه برای مدت زمان بین بالا و پایین رفتن مانعی که روی سطح شیب دار انتقال میوه قرارگرفته است، مدت زمانی که دریچه ها باید باز بمانند تا میوه از ان عبور کند و همچنین مدت زمانی که میوه باید روی حسگر بار بماند تا از تلاطم بایستد و وزن واقعی آن خوانده شود تایمر هایی تعریف شد.

با توجه به اینکه هدف جداسازی میوه در سه گروه وزنی است لذا در برنامه از سه بلوک مقایسه گر استفاده شد که با توجه به شرایط وزنی هر نوع میوه در هر بلوک یک بازه وزنی در برنامه تعریف شد. با شروع برنامه که توسط یک کلید فشاری آغاز می‌شود مانع در سطح شیب دار انتقال، پایین رفته میوه بر روی صفحه حسگر می‌غلتد درحالی که مانع به جای اولیه باز می‌گردد. بعد از گذشت زمانی که در تایمر تعریف شده است وزن میوه توسط حسگر بار تعیین می‌شود. سپس خروجی حسگر بار طی مراحلی که قبلا اشاره شد به سیگنال دیجیتال تبدیل شده و وارد هر سه بلوک مقایسه گر می شود. در صورتی که سیگنال خروجی در هر کدام از بازه‌ها قرار گیرد خروجی آن یک سینگال دیجیتال جریان مستقیم را به رله مخصوص دریچه ارسال می‌کند. بنابراین رله، منبع تغذیه جریان مستقیم را با بستن کلیدهایی که در حالت عادی باز هستند به موتور مربوطه وصل کرده دریچه باز می‌شود. این جریان تا پایان زمانی که برای تایمر آن درچه تعریف شده است برقرار است و دریچه باز است به محض اتمام زمان با اختلاف زمانی ۵۰۰ میلی ثانیه سیگنال فرمان به رله دومی که برای هر موتور در نظر گرفته شده است ارسال شده و رله منبع تغذیه را به نحوی که جهت جریان آن مخالف حالت قبلی است به موتور خطی وصل کرده و دریچه بسته می‌شود. در این مدار با توجه به ٤ عدد موتور خطی که باید در دستگاه کنترل شوند از ۸ رله الکتریکی استفاده شد. همچنین از دو ترانس ۲۲۰ به ۲٤ Vو ۲۲۰ به ۱۲ به ترتیب برای تغذیه رله‌های الکتریکی و موتورهای خطی و از یک ترانس ۲۲۰ به ۱۲ V با شدت جریان ۵۰۰ میلی آمپر برای تغذیه حسگر بار استفاده شد. با توجه به اینکه خروجی ترانس‌ها جریان الکتریکی متناوب است و برای راه اندازی موتورهای خطی و رله‌ها به جریان مستقیم نیاز است در مسیر خروجی هر دو ترانس از پل دیود برای تبدیل جریان و از خازن برای گرفتن نوسانات جریان استفاده شد.

ارزیابی دستگاه

برای ارزیابی دستگاه ابتدا زمان لازم برای رسیدن میوه به دریچه های خروجی و همچنین زمان لازم برای عبور میوه از مانع ورودی با استفاده از معادلات سقوط آزاد اجسام محاسبه و بر اساس آن تایمرهای مربوط به مانع ورودی و دریچه‌ها در داخل برنامه پی.ال.سی تنظیم شدند. ارزیابی دستگاه براساس عملکرد دستگاه و برحسب تعداد میوه‌های جدا شده در واحد زمان و با بررسی تاثیر عوامل شکل میوه در دوسطح (سیب و کیوی)، زمان داده شده به حسگر بار در پنج سطح (۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳ ثانیه) و شیب سیستم انتقال محصول در سه سطح (۳۰، ٤۰، ۵۰ درجه) انجام شد. برای انجام آزمایشات تعداد ۱۵۰عدد از هر یک از نمونه های سیب و کیوی بصورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه ها ابتدا با ترازوی رقومی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد و سپس نمودار فراونی وزنی برای هر یک از دو نوع میوه رسم شد و بر اساس این دو نمودار بازه‌های وزنی برای هر یک از دو نوع میوه انتخاب شد. در ادامه کار نمونه‌های مربوط به هر نوع میوه به ۱۵ دسته ۱۰ تایی به نحوی تقسیم شد که در هر دسته توزیع فراوانی وزنی مناسب وجود داشته باشد و در نهایت برای بدست آوردن عملکرد دستگاه بر حسب تعداد در ساعت،

زمان صرف شده برای هر میوه از نقطه شروع (پایین آمدن مانع روی سیستم انتقال محصول) تا لحظه‌ای که میوه از دریچه‌ها خارج می‌شد با استفاده از یک زمان سنج با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت شد. برای تجزیه تحلیل داده‌های بدست آمده، از طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و برای مقایسه میانگین اثرات اصلی از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار ام استات سی[1] صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از مقادیر میانگین عملکرد نشان میدهد که این دستگاه از کمینه ۵۲۳/۰۲ میوه بر ساعت تا بیشینه ۸۷۲/٤۰ میوه بر ساعت دارای ظرفیت کاری است. همچنین با در نظر گرفتن ۸ ساعت کار روزانه برای یک واحد جداساز می‌توان بیشینه ظرفیتی معادل ۱/۳٤ (تن/روز) را برای این دستگاه (برای یک واحد) در نظر گرفت. هر چند این میزان عملکرد در مقایسه با دستگاه‌های مکانیکی موجود تا حدی پایین باشد اما با توجه به مزایای که برای آن ذکر شد همچون دقت بیشتر درجداسازی و عدم نیاز به نیروی انسانی (طباطبائی، ۱۳۸۷) مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. ضمن اینکه با افزایش تعداد واحدها می توان عملکرد مناسب برای یک واحد تجاری جداسازی میوه را فراهم نمود. به منظور بررسی دقیقتر عوامل موثر بر عملکرد دستگاه می‌توان عملکرد دستگاه‌را در کل ناشی از سه عامل طراحی واحد مکانیکی، طراحی واحد الکترونیکی، و پراکندگی در ویژگی‌های فیزیکی محصولات دانست. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مربوط به آزمون دستگاه در جدول شماره ۱ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات اصلی بر میزان عملکرد دستگاه در جدول ۲ آورده شده است.

همانگونه که از جدول ۱ ملاحظه می‌گردد اثر تمامی عوامل به استثنای اثر سه گانه و اثر متقابل نوع محصول × شیب بر میزان عملکرد موثر بوده است. با توجه به مبانی بررسی آماری بررسی را ابتدا از اثرات دوگانه آغاز می‌کنیم. بر این اساس به نظر می‌رسد که اثر دوگانه نوع محصول × زمان تنظیم شده برای حسگر مهمترین عوامل موثر بر عملکرد می‌باشند. بطوریکه بر اساس شکل ۳ که نمودار عملکرد دستگاه بر حسب زمان حسگر را نشان می‌دهد، با افزایش زمان حسگر بار، عملکرددستگاه بطور معنی داری برای هردو رقم سیب و کیوی کاهش پیدا کرده است که این به دلیل افزایش زمان مورد نیاز برای درجه بندی هر میوه است که در نهایت منجر به کاهش عملکرد دستگاه می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که عملکرد دستگاه بطور معنی داری برای محصول کیوی بیشتر از سیب است. بر این اساس به نظر می‌رسد که عملکرد دستگاه در وهله اول به زمان حسگر بار و سپس شکل میوه بستگی دارد.

---

[1] MSTATC-

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین متغیرهای مستقل موثر بر عملکرد دستگاه درجه بندی میوه

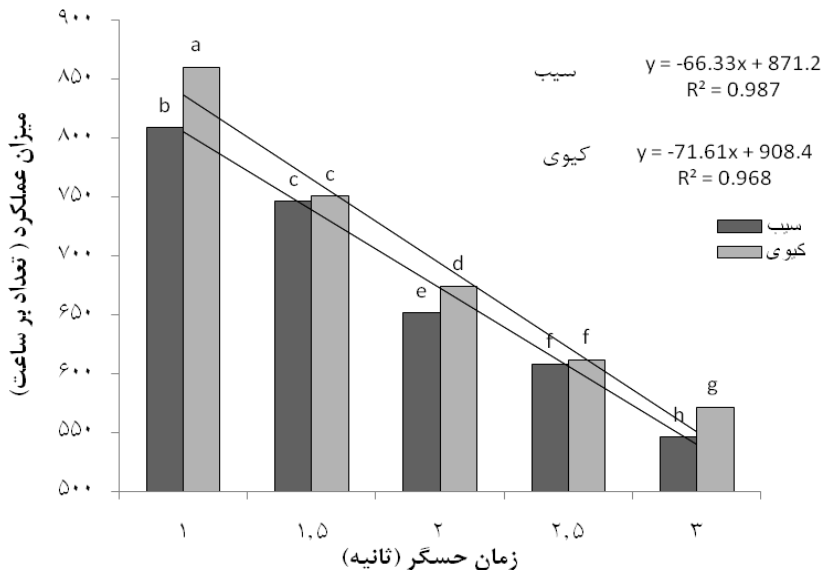
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
نوع محصول	۱	۲۸۹۷۳/۲۳۲**	۲۸/۱۵
شیب ورودی	۲	۱۸۱۱۸/۶۷۳**	۱۷/۶۰
زمان سنسور	۴	۷۲۵۸۳۲/۳۸۴**	۷۰۵/۱۹
نوع محصول × شیب	۲	۱۳۰۴/۶۴۹ ns	۱/ ۲۷
نوع محصول × زمان	۴	۷۰۱۴/ ۳۶۱**	۶/۸۱
شیب × زمان	۸	۲۵۹۲/۵۰۱*	۲/۵۲
اثرات سه‌گانه	۸	۱۶۲۶/۹۸۸ ns	۱/۵۸
خطا	۲۶۱	۱۰۲۹/۲۷۳ ns	

** معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱، *معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵و ns عدم اثر معنی دار

جدول ۲- نتایج آزمون LSD برای مقایسه مقادیر میانگین عملکرد دستگاه (تعداد/دقیقه) بر اساس نوع (شکل) میوه، شیب خروجی و زمان تنظیم شده برای حسگر

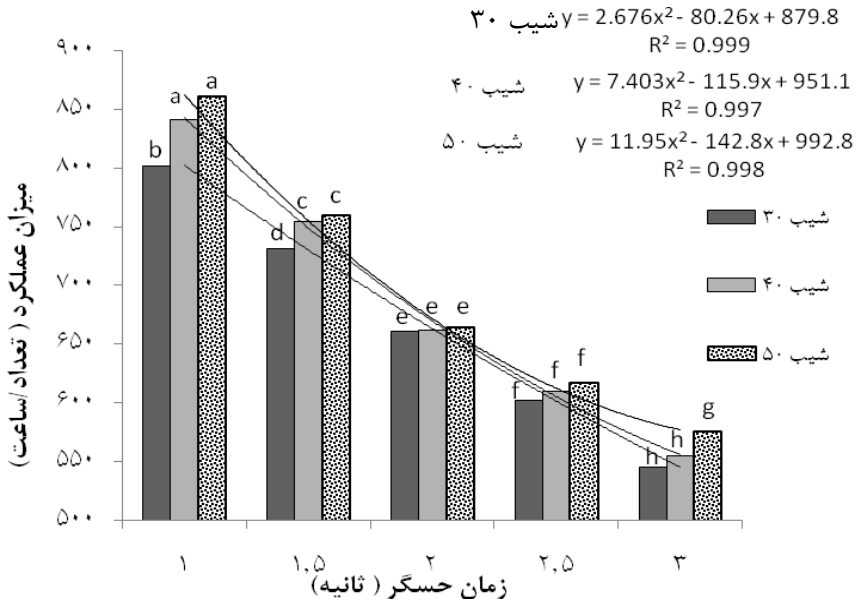
شکل میوه		شیب ورودی(درجه)		زمان حسگر (ثانیه)	
سیب	۶۷۳/۱۱۹b	۳۰	۶۶۸/۴۸۷c	۱	۸۳۴/۵۷۲a
کیوی	۶۹۲/۷۷۴a	۴۰	۶۸۵/۲۳۹b	۱/۵	۷۴۸/۴۰۰b
		۵۰	۶۹۵/۱۱۴a	۲	۶۶۲/۸۸۵c
				۲/۵	۶۰۹/۹۷۰d
				۳	۵۵۸/۹۰۵e

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی دار (در سطح احتمال ۵٪) می‌باشد.



شکل ۳- نحوه تغییرات عملکرد دستگاه درجه بندی بر اساس شکل میوه در زمان های تنظیم شده برای حسگر بار

در عین حال عامل شیب ورودی نیز تا حدی بر عملکرد موثر است به طوری‌که با افزایش شیب عملکرد دستگاه بطور معنی داری افزایش پیدا کرده است که این می‌تواند به دلیل رابطه مستقیم افزایش شیب با سرعت انتقال میوه از پشت مانع ورودی به قسمت توزین باشد که در نهایت منجر به کم شدن زمان مورد نیاز برای درجه بندی هر دانه میوه می‌شود. در این ارتباط شیب ورودی در هر سه سطح ۳۰، ٤۰، ۵۰ درجه اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند و می‌توان تاثیر متقابل شیب ورودی و زمان حسگر بار را در شکل ٤ مشاهده نمود.



شکل٤- نحوه تغییرات عملکرد دستگاه درجه بندی بر اساس شیب ورودی در زمان های تنظیم شده برای حسگر بار

همانگونه که ملاحظه می‌گردد عامل زمان مهمترین پارامتر تاثیر گذار بر عملکرد دستگاه بوده است. لذا در بررسی عملکرد دستگاه جداکننده میوه می توان به طور خلاصه به موارد زیر اشاره نمود:

- آنچه در ساخت قسمت مکانیکی این دستگاه مد نظر قرار گرفت این بود که دستگاه به گونه‌ای طراحی شود که میوه کمترین توقف را در کل زمان سیکل جداگنندگی داشته باشد و همچنین بیشترین استفاده از نیروی ثقل برای جابجایی میوه بین قسمتهای مختلف به عمل آید. در مورد سامانه کنترل نیز با توجه به اینکه سرعت عمل و دقت آن می‌تواند بر میزان عملکرد و دقت جداسازی دستگاه تاثیر داشته باشد لذا از پی.ال.سی که در حال حاضر از سرعت و دقت بالایی در بین کنترل کننده‌های موجود در بازار برخوردار است، استفاده شد.

- یکی دیگر از عوامل موثر بر عملکرد دستگاه تنظیم بهینه تایمرها در داخل برنامه پی.ال.سی است که باید با محاسبه دقیق زمان عبور میوه از روی مانع و همچنین زمان لازم برای عبور میوه از دریچه‌ها تا حد امکان کاهش یابد. این شرایط منجر به کاهش زمان لازم برای جداشدن هر میوه ودر نهایت افزایش عملکرد دستگاه می‌شود.

- طراحی مناسب قسمت مکانیکی در کنار استفاده از یک سیستم کنترل با سرعت ودقت بالا می‌تواند منجر به دسترسی به دقت و عملکرد بالا در جداسازی شود. نتایج آزمایش و ارزیابی دستگاه درجه بندی الکترونیکی میوه بر اساس وزن نشان داد که سه متغییر مستقل نوع میوه، شیب بخش ورودی انتقال میوه و زمان داده شده به حسگر بار بر عملکرد دستگاه تاثیر معنی‌داری دارند. در این ارتباط بیشینه عملکرد برای کیوی در شیب ورودی ۵۰ درجه و در زمان ۱ ثانیه معادل ۸۷۲/۳۹٦ (تعداد/ ساعت) بدست آمد.

منابع

۱. اسماعیلی جوکندان، م. ۱۳۸۸ تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی میوه پرتقال در دو رقم متداول منطقه شمال. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی.

۲. شفیعی، س. ۱۳۸٦. تعیین خواص مکانیکی سیب و تحلیل کوفتگی آن در اثر ضربه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه

۳. طبا طبایی کلور، ر.، هاشمی، ج. ۱۳۸۷. درجه بندی مرکبات با استفاده از نیروی گریز از مرکزو ثقل. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد

٤. لرستانی، ع.، امید، م.، باقری شورکی، س.، برقعی، ع . م.، طباطبایی فر، ا. ۱۳۸۵. طراحی و ارزیابی یک سیستم فازی درجه بند سیب گلدن دلیشز بر اساس رنگ و اندازه. مجموعه مقالات چهارمین کنگره ماشین‌های کشاورزی. تبریز

5. Chamberlin, D.W. and Irving, D.W. (1978). Apparatus for Mechanically Sorting Fruit. U.S. Patent, No 4081362. Available at : http://www.uspto.gov/.

6. Fellows, P.J. 1990. Food Processing Technology, Principles and Practice. Ellis Horwood Limited. A divisoin of simon & Schuster International Group , N . W.

7. Hoover, M. C. and Codding, E. M. (1976). Color Sorting Apparatus. U. S Patent, No 3980181. Available at : http://www.uspto.gov/.
8. Husome, R. G., Fleming, R. J. and Swanson, R. E. (1978). Color Sorting System. U. S. Patent, No 4131540. Available at : http://www.uspto.gov/.
9. Jarimopas, B.; Toomsaengtong, S. and Inprasit, C. 2007. Design and testing of a mangosteen fruit sizing machine. Journal of Food Engineering.79:745- 751.
10. Riyadi, S.; Marzuki Mustafa, M.; Hussain, A. and Hamzah, A. 2007. Papaya fruit grading based on size using image analysis. Proceeding of the international conference on electrical engineering and informatics. institute Teknologi bandung, Indonesia.

Design, fabrication and performance evaluation of an electronically automatic system for grading of fruits based on their weights

Abstract

An electronically automated system for grading fruits was designed and then its performance was evaluated. The machine include two electronic and mechanical parts in which the fruits were passed through and then graded according their weight using a 30 N load cell and its supported control circuit in three different classes. Two types of fruit (apple and kiwi fruit) according to their spherical parameters, in three levels of entrance slopes and five levels of time of load cell were used in the investigation. Based on a statistical survey the following results were achieved. The effects of all three main factors were statistically significant on the machine performance. However, it was found that the most important factor was the time of load cell which, its interaction effects was significant on machine performance too. In this relation, the optimum corrections of timers (in internal programs of PLC's) through calculation of time of fruits which passed the obstacles and gates finally caused to increase the performance of the machine. According to the results, the maximum rate of performance was related to kiwi fruit, in input slope of 50 degree and 1 second of time of load cell equal to 872.4 fruits/hrs.

Keywords : Grading, fruit, electronically system, loadcell, weights