طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه درجه‌بندی کننده سیب درختی با استفاده از ماشین بینایی

امین اله معصومی[۱]، محمد کلهر[۲] و سید مجتبی شفاعی[۲*]

۱و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
smshafaei@shirazu.ac.ir

چکیده

در این تحقیق دستگاهی به منظور درجه‌بندی خودکار سیب بر اساس اندازه با استفاده از ماشین بینایی طراحی و ساخته شد. این دستگاه شامل واحدهای اصلی تک کننده، جهت‌دهی و درجه بندی می‌باشد. یک مخزن استوانه‌ای با حفره دایره‌ای مجهز به همزن برای تک کردن سیب‌ها ساخته شد. سیب‌ها توسط واحد تک کننده بصورت مجزا از هم تحویل واحد جهت‌دهی می‌شوند. به منظور جهت دهی سیب‌ها در جهت خاص از دو ریل چوبی با شکل خاص که روی سطح شیبداری با شیب مناسب نصب شده بودند، استفاده گردید. سیب-ها در حین غلتیدن روی این ریل‌ها در جهت خاصی قرار می‌گرفتند. سیب‌های جهت‌دهی شده روی تسمه نقاله‌ای برای عکسبرداری زیر دوربین قرار می‌گیرند. تصویر گرفته شده جهت پردازش تصویر به رایانه منتقل شده تا اندازه و درجه آن‌ها مشخص گردد. سیب‌های درجه‌بندی شده توسط یک تسمه نقاله حمل شده و در مکان‌های خاصی توقف می‌کند. با استقرار سیب درجه بندی شده در مقابل افشانک باد مربوطه، شیر برقی افشانک باز شده و سیب درجه بندی شده به جعبه مشخص هدایت می‌شوند. به منظور ارزیابی دستگاه ساخته شد ۱۰ عدد سیب قرمز و زرد از هر گروه درجه بندی شده انتخاب و آزمایش‌هایی با طرح آزمایشی کاملا تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین مدت زمان صرف شده مربوط به پردازش تصویر توسط رایانه می‌باشد. در واحد جهت‌دهی مشخص گردید که تقریبا ۸۵٪ سیب‌ها بدرستی جهت‌دهی شدند. عملکرد واحدهای مختلف دستگاه مناسب بوده بطوری‌که می‌توان از این سامانه به منظور درجه‌بندی سیب، بصورت خودکار استفاده نمود.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، تک کننده، جهت‌دهی، کنترل خودکار.

مقدمه

با توجه به تولید بیش از۲۶۶۰۰۰۰ تن سیب در کشور، این محصول یکی از تولیدات عمده ی بخش کشاورزی و باغی ایران را تشکیل می‌دهد و از این لحاظ ایران در رتبه چهارم در سطح جهان قرار دارد. سطح زیر کشت سیب در ایران بر اساس آمار ارائه شده توسط فائو در سال ۲۰۰۸ در حدود ۲۰۲۰۰۰ هکتار بوده است (Fao, 2010). کشور جمهوری اسلامی ایران با صادرات ۵۶۶۰۶۶ تن

محصولات باغی رتبه پانزدهم را بین ۲۳۱ کشور جهان دارا بوده و در حال حاضر با صادرات ۳۱۷۸۹۰ تن انواع سیب درختی در بین صادر کنندگان سیب رتبه ششم را دارا می‌باشد (Tarehbar, 2010).

به‌علت اینکه تولید و برداشت سیب در کشور هنوز مکانیزه نشده است مقدار قابل ملاحظه‌ای از این محصول قبل از صادرات تلف می‌شود که بخش عمده‌ای از آن ناشی از عدم دسته بندی و درجه‌بندی مناسب می‌باشد. به منظور درجه‌بندی سیب در کشور هنوز از روش‌های سنتی استفاده می‌شود. به همین دلیل مقدار قابل ملاحظه‌ای از این محصول در حین بسته بندی و درجه‌بندی به علت خستگی کارگرها و نبودن شرایط مناسب برای کار از بین می‌رود. به علت اینکه هر کارگر در شرایط مختلف در درجه‌بندی سیب‌ها تصمیم‌های متفاوتی می‌گیرد، محصول بطور یکنواخت درجه‌بندی نمی‌شود که خود این امر باعث عدم فروش مناسب محصول می‌شود. به همین دلیل و برخی دلایل دیگر در سایر کشورهای جهان سعی بر این شده است تا درجه‌بندی و بسته‌بندی محصولات بصورت خودکار و توسط دستگاه انجام شود تا کیفیت درجه‌بندی و دسته بندی محصول بالا رود (Chen *et al*., 2002; Davies, 2005).

به منظور درجه‌بندی محصولات کشاورزی با استفاده از ماشین بینایی وسایل گوناگونی طراحی و ساخته شده است. در هر کدام از این وسایل از روش‌های خاصی به منظور درجه‌بندی محصول استفاده شده است. اجزای تشکیل دهنده این گونه وسایل شامل واحدهای زیر می‌باشد.

۱- واحدها و یا بخش‌های تک‌کننده محصول، ۲- بخش جهت‌دهی محصول، ۳- واحد تصویر برداری دستگاه، ۴- بخش نرم افزار پردازش داده‌های تصویری، ۵- بخش جدا کننده و درجه‌بندی دستگاه و ۶- بخش کنترل دستگاه که برحسب نوع محصول دستگاه مورد نظر می‌تواند فاقد برخی از بخش‌ها باشد.

عده‌ای از محققین با طراحی و ساخت سامانه‌ای، قابلیت جهت‌دهی ارقام مختلفی از سیب‌ها را ممکن ساختند. یکی از سامانه‌ها شامل یک سطح صاف شیب‌دار بود که سیب‌ها روی آن قرار داده می‌شدند و توسط یک پارو که توسط یک موتور به حرکت در می‌آمد سیب‌ها را می‌غلتاند (Whitelock *et al*., 2006). در روش دیگری برای درجه‌بندی و جدا کردن سیب‌ها از یکدیگر از حرکت یک سیلندر بادی در زیر سیب‌ها استفاده شد. به منظور درجه‌بندی محصول ظرف حاوی سیب درون مجرای مخصوص به هر درجه، تخلیه می‌شد (Bennedsen *et al*., 2005). برخی محققین به منظور تصویر برداری از تمام سطح سیب محفظه نوری مخصوصی ساخته‌اند. آن‌ها به این منظور درون محفظه‌ی نور از آینه‌های محدب و مقعر استفاده کردند. طرز قرار گرفتن آینه‌ها درون محفظه به اشکال گوناگونی می‌باشد. آن‌ها به ترتیب از دو، چهار، و شش آینه استفاده کرده‌اند. به جهت حذف مناطق مشترک در تصاویر گرفته شده از سطح سیب، از یک نرم افزار رایانه‌ای استفاده نمودند (Reese *et al*., 2009).

هدف از تحقیق حاضر، طراحی و ساخت دستگاهی به منظور درجه‌بندی خودکار سیب براساس اندازه با استفاده از پردازش تصویر می‌باشد.

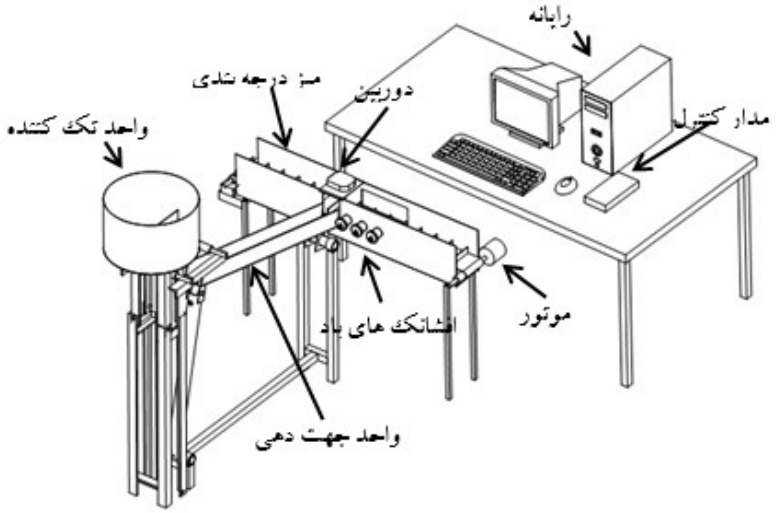
مواد و روش‌ها

در این تحقیق سامانه‌ای برای درجه بندی سیب مطابق طرح‌واره شکل (۱) که به صورت زیر عمل کند طراحی گردید:

۱- ابتدا سیب‌هایی که درون یک مخزن ریخته شده‌اند با استفاده از یک همزن و نقاله از یکدیگر جدا شده و تک تک می‌شوند.

۲- بعد از تک تک شدن، سیب‌ها بر روی واحد جهت‌دهی قرار می‌گیرند. در این قسمت سیب‌ها با غلتش بر روی ریل‌های چوبی تعبیه شده در داخل ناودانی در جهت مورد نظر (محور دم و ته میوه عمود بر جهت غلتش قرار می‌گیرد) قرار می‌گیرند و آماده‌تصویر برداری می‌شوند.

۳- سیب‌ها بعد از اینکه در جهت مناسب قرار گرفتند، به صورت تک‌تک بر روی نقاله واحد درجه‌بندی قرار گرفته و در زیر دوربین لحظه‌ای متوقف می‌گردند تا از هر سیب بصورت جداگانه عکسبرداری شود. سپس تصویر سیب توسط نرم افزار پردازش تصویر تحلیل شده و اندازه‌ی آن مشخص می‌شود. با توجه به استانداردهای موجود، هر سیب بر حسب درجه (۱، ۲، ۳ و ۴) درجه‌بندی می‌شود. نقاله انتقال سیب‌ها به سمت مسیر خروجی حرکت می‌کند و متناسب به درجه هر سیب در نقطه خاصی برای لحظه‌ای متوقف می‌گردد تا توسط نیروی بادی که از افشانک‌های هوا می‌دمد، از روی نقاله به درون سبد مربوط به آن درجه غلتانده شود. شیر برقی مربوط به هر درجه‌ای از سیب که در زمان مناسب از مدار الکترونیکی کنترل دستگاه فرمان می‌گیرد باز شده که موجب دمیدن به سیب می‌شود.



شکل ۱. طرح‌واره کلیه‌ی اجزای دستگاه در حالت آماده به کار به همراه رایانه

طراحی و ساخت واحد تک‌کننده

به منظور تک کردن سیب‌ها از سامانه‌ای شبیه به سامانه تک کننده کارنده‌های سیب زمینی استفاده شد. با توجه به این نکته که در این عملیات هیچ گونه آسیبی به سیب‌ها نباید وارد شود، ابعاد و اندازه و جنس قطعات و لوازم این بخش مشخص شد. به جهت غلتاندن سیب‌های درون مخزن و انداختن آن‌ها درون حفره سقوط از یک همزن استفاده شد. ابعاد و اندازه همزن طوری انتخاب شد که براحتی تمامی سیب‌های قرار گرفته در روبروی خود را می‌غلتاند و به آن‌ها آسیبی نیز وارد نمی‌آورد. اندازه حفره سقوط سیب‌ها با توجه به حداکثر قطر سیب که ۸۵ میلی‌متر می‌باشد، ۹۰ میلی‌متر انتخاب شد تا از گرفتگی احتمالی حفره جلوگیری شود. ارتفاع لوله سقوط و نگهداری سیب‌ها نیز بر اساس حداکثر ارتفاع سقوط قابل تحمل برای یک سیب که حدوداً ۲۰ سانتی‌متر است ، ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (طباطبایی کلور و همکاران، ۱۳۸۴). به منظور جدا کردن سیب‌ها از یکدیگر، فاصله‌ای به اندازه ۹ سانتی‌متر بین لوله سقوط و نقاله در نظر گرفته شد. سیب‌هایی که درون لوله سقوط قرار گرفته‌اند بین چوب‌های جدا کننده‌ای که بر روی نقاله افقی قرار دارند جای می‌گیرند. دلیل استفاده از این چوب‌های نگهداری و حرکت کنترل شده نقاله افقی حامل سیب‌ها، قرار گیری تک‌تک آن‌ها روی واحد جهت‌دهی می‌باشد.

طراحی و ساخت واحد جهت‌دهی

این وسیله در واقع سطح شیب داری است که درون آن دو ریل چوبی قرار دارد. سطح مقطع و ابعاد و اندازه این ریل‌ها بر اساس تحقیق انجام شده توسط نارایانان و همکاران در نظر گرفته شد (Narayanan *et al.*, 2008). زاویه ریل‌ها با سطح افق در دو مقدار ۱۲ و ۱۹ درجه قابل تنظیم بود. جنس ریل‌ها به گونه‌ای انتخاب گردید که ضمن داشتن انعطاف لازم، استحکام بالایی نیز در برابر بارهای وارده داشته باشد. به همین دلیل از چوب راش به منظور ساخت ریل‌ها استفاده شده است. این ریل‌ها درون یک ناودانی قرار گرفتند و بر روی یک شاسی سوار شدند. یک طرف این شاسی ثابت و طرف دیگر به منظور تنظیم درجه شیب متحرک و قابل تنظیم است. به جهت تنظیم زاویه شیب از دو لوله که بصورت تلسکوپی درون هم قرار دارند استفاده شده است. بر روی یکی از لوله‌ها دو سوراخ و بر روی دیگری یک سوراخ وجود دارد که با قرار دادن آنها روبروی هم می‌توان زاویه را به مقدار مورد نظر تنظیم نمود. ابعاد و اندازه شاسی طوری در نظر گرفته شده است که با واحدهای تک کننده، درجه‌بندی و تصویر برداری هماهنگی کاملی داشته باشد. مخزن، واحد تک کننده، واحد جهت دهی و نقاله ساخته شده در شکل (۲) نمایش داده شده است.

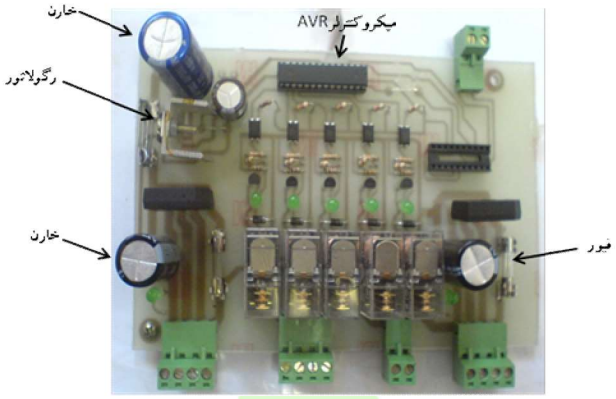
شکل ۲. دستگاه ساخته شده

طراحی و ساخت واحد درجه‌بندی

بعد از تک شدن و جهت‌دهی، سیب‌ها بر روی نقاله درجه‌بندی قرار می‌گیرند. ارتفاع شاسی نقاله طوری در نظر گرفته شده است که با واحد جهت‌دهی هماهنگ است. بر روی نقاله، دوربین تصویر برداری قرار می‌گیرد. جنس این نقاله لاستیک صنعتی مورد استفاده در صنایع غذایی است. رنگ این نقاله مشکی انتخاب شد تا با وجود رنگ سیاه در پس زمینه تصویر، نرم افزار پردازش تصویر براحتی بتواند سایه و دم سیب را ازعکس حذف نماید.. هر سیب بطور مجزا بین چوب‌های جدا کننده روی تسمه نقاله قرار می‌گیرد تا به تنهایی زیر دوربین قرار گیرند. محل نصب دوربین بالای این نقاله می‌باشد.

به جهت انتقال سیب‌های درجه‌بندی شده از روی نقاله به سبد مربوط به هر درجه از نیروی باد استفاده شد. زمانی که درجه هر سیب مشخص شد، نقاله حرکت می‌کند و روبروی شیر برقی مربوط به همان درجه سیب قرار می‌گیرد. سپس با فعال شدن شیر برقی که از مدار الکترونیکی فرمان می‌گیرد، باد به سیب وزیده می‌شود و سیب از روی نقاله غلتانده می‌شود. فشار باد در حد مناسب که باعث صدمه دیدن سیب‌ها نشود (حدود ۵ بار) تنظیم می‌شود. البته سیب‌هایی با درجه ۴، از انتهای دستگاه به درون سبد مربوط به خود می-افتند.

به منظور کنترل مدت زمان حرکت موتورهای محرک تسمه نقاله‌ها، توقف‌ها، عکسبرداری و فعال‌سازی شیرهای برقی دستگاه در زمان مناسب برای درجه‌بندی و جداسازی سیب‌ها، یک مدار کنترل الکترونیکی طراحی و ساخته شد. این مدار متشکل از یک میکروکنترلر اصلی (AVR-atmega16) بود که بر حسب درجه سیب، حرکت و توقف موتورهای محرک نقاله‌ها و باز وبسته شدن شیر-های برقی را در زمان مناسب فعال می‌سازد. شکل (۳) مدار کنترل ساخته شده این دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۳. مدار الکترونیکی کنترل دستگاه

دوربین تصویر برداری

به منظور تصویر برداری از سیب‌ها، از یک دوربین دیجیتال کانن مدل پاورشات A70 استفاده شده است. این دوربین توانایی تصویر برداری با وضوح ۱۵۳۶×۲۰۴۸ نقطه در قالب رنگی RGB (۲۴ بیت) را داشت. به‌دلیل اینکه در این پروژه تنها اندازه‌گیری ابعاد سیب اهمیت دارد نیازی به کنترل نور در زمان تصویر برداری نمی‌باشد. لذا در این پروژه از نور محیط در هنگام تصویر برداری استفاده شد.

نرم افزار پردازش تصویر

ابتدا مسیر پوشه‌ای که بایستی تصاویرگرفته شده توسط دوربین در آن ضبط شوند برای نرم افزار مشخص می‌گردد. سپس با فشردن دکمه پردازش خودکار تصاویر به ترتیب از شماره ۱ به بعد به نوبت پردازش می‌شوند. بعد از پردازش هر تصویر نرم افزار به مدت ۳۰ ثانیه عملیات را متوقف نموده و سپس به پردازش تصویر بعدی مبادرت می‌نماید. در این فاصله زمانی دوربین عکس گرفته و تصویر به پوشه مورد نظر منتقل شده است. اگر که تصویر دیگری در این فاصله زمانی گرفته نشود نرم افزار بصورت خودکار بسته می‌شود.

در جدول (۱) معیار درجه‌بندی سیب و قرار دادن هر کدام از سیب‌ها در درجه مخصوص به خود آورده شده است (مقاره‌عابد، ۱۳۸۳). قطر اصلی و فرعی در دید از بالا بترتیب بزرگترین و کوچکترین بعد سیب می‌باشند. قطر کمینه یا ارتفاع، بعدی از سیب است که بیشترین اندازه را در سطح مقطع پهلویی دارد.

جدول ۱. استاندارد وزارت کشاورزی آمریکا برای درجه‌بندی سیب

درجه کلاس	قطر کمینه بر حسب میلی متر
۱	۷۰/۴
۲	۶۷/۲
۳	۶۴/۳
۴	۶۰/۸

به منظور ارزیابی دستگاه ۴۰ عدد سیب (۱۰ عدد از هر درجه) تهیه شد و هر سه قطر آن‌ها با استفاده از یک کولیس اندازه‌گیری شدند. در هر آزمایش سیب‌ها در سه حالت مختلف بر روی ریل‌های چوبی قرار داده شدند و هر آزمایش برای هر کدام از سیب‌ها ده بار تکرار شد. این سه حالت عبارت بودند از: الف) حالت ایستاده و یا به تعبیر دیگر عمود بر ریل ب) حالت افقی، که در این حالت محور دم و انتهای سیب عمود بر جهت حرکت قرار دارد و ج) حالت زاویه‌دار که در این حالت محور دم وانتهای سیب تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به ریل‌ها قرار دارد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که سیب‌هایی با شکل ناهمگون نسبت به سیب‌هایی که دارای شکل متقارن و یکنواختی هستند بدتر جهت‌دهی می‌شوند. همچنین یک رابطه نسبی بین ارتفاع و اندازه سیب‌ها با قابلیت جهت‌دهی آنها مشاهده شد بطوریکه سیب‌هایی با اندازه ارتفاع بزرگتر نسبت به سیب‌هایی با ارتفاع کوچکتر بهتر جهت‌دهی شدند. احتمالا دلیل این اتفاق این بود که مرکز ثقل سیب‌های بزرگتر بالاتر قرار دارد و به همین دلیل سیب به نحوی حرکت می‌کند و جابجا می‌شود که مرکز ثقل آن به حالت افقی قرار گیرد که این امر باعث جهت‌دهی آن‌ها می‌شود.

جدول (۲) درصد کل سیب‌های جهت‌دهی شده در هر درجه بعد از انجام آزمایش در تمامی حالت‌ها نشان داده شده است. نتایج نشان داد که سیب‌هایی با شکل ناهمگون نسبت به سیب‌هایی که دارای شکل متقارن و یکنواختی هستند بدتر جهت‌دهی می‌شوند. همچنین یک رابطه نسبی بین ارتفاع و اندازه سیب‌ها با قابلیت جهت‌دهی آنها مشاهده شد بطوریکه سیب‌هایی با اندازه ارتفاع بزرگتر نسبت به سیب‌هایی با ارتفاع کوچکتر بهتر جهت‌دهی شدند. احتمالا دلیل این اتفاق این بود که مرکز ثقل سیب‌های بزرگتر بالاتر قرار دارد و به همین دلیل سیب به نحوی حرکت می‌کند و جابجا می‌شود که مرکز ثقل آن به حالت افقی قرار گیرد که این امر باعث جهت‌دهی آن‌ها می‌شود.

جدول ۲. درصد سیب‌های جهت‌دهی شده در تمامی حالت‌ها برای هر درجه

درجه	درصد سیب‌های جهت‌دهی شده
۱	٪۹۰
۲	٪۸۵
۳	٪۸۹
۴	٪۷۷
میانگین	٪۸۵

با بررسی داده‌ها مشخص شد که سیب‌هایی با مقدار کرویت حدود ۰/۹۵ نسبت به سیب‌هایی با کرویت نزدیک به ۱ و کمتر از ۰/۹۵ قابلیت جهت‌دهی بیشتر و بهتری دارند. همچنین این نتیجه بدست آمد که نحوه قرار گیری سیب‌هایی که مقدار کرویت بالایی دارند (برای مثال۰/۹۸) در زیر دروبین بی اهمیت می‌شود که به علت اختلاف کم بین قطر اصلی و ارتفاعشان می باشد.

با تحلیل و بررسی نتایج مشخص شد که ۸۵٪ سیب‌ها بدرستی جهت‌دهی می‌شوند. همانطور که از داده‌های جدول (۲) مشخص است سیب‌های درجه ۱و ۳ نسبت به درجات ۲ و ۴ بهتر جهت‌دهی شده‌اند. همچنین سیب‌های درجه ۴ بسیار کمتر از سایر درجات جهت‌دهی شده‌اند. با بررسی داده‌ها و مقایسه بین ابعاد اصلی نمونه‌ها این نتیجه حاصل گردید که سیب‌های درجه ۲ و ۳ در حد ۱۳٪ بدرستی جهت‌دهی نشده‌اند و به این علت امکان ایجاد خطا در دسته‌بندی آنها وجود داشت.

یکی از عواملی که منجر به عدم جهت‌دهی مناسب سیب‌ها می‌شود شکل ناهمگون غیر یکنواخت سیب است. منظور از ناهمگونی و نایکنواختی این است که سیب در قسمتی بزرگتر و در قسمتی دیگر کوچکتر است. نمونه‌ای از یک سیب با شکل نا همگن در شکل (۴) نشان داده شده است. غیر یکنواختی در شکل سیب باعث می‌شود که سیب بر روی سطح شیب‌دار و بر روی ریل‌ها بدرستی و در جهت مناسب غلت نخورد که این امر منجر به عدم جهت‌دهی سیب می‌شود.

در مجموع با توجه به اینکه سامانه ساخته شده به منظور درجه‌بندی سیب‌ها بدرستی کار می‌کرد می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از چنین سامانه‌ای می‌توان درجه‌بندی سیب‌ها را کاملا خودکار انجام داد.

در جدول (۳) مدت زمان مورد نیاز برای انجام عملیات بر روی سیب به تفکیک بخش‌های دستگاه آورده شده است. کل مدت زمان مورد نیاز برای درجه‌بندی حدوداً ۵ دقیقه می‌باشد. بیشترین مدت زمانی که برای درجه‌بندی لازم بود مربوط به پردازش تصویر توسط رایانه می‌باشد.

شکل۴. تصویر یک سیب با شکل ناهمگون و غیر یکنواخت

جدول ۳. مدت زمان لازم برای انجام درجه بندی به تفکیک بخش‌های دستگاه

بخش	مدت زمان (ثانیه)
تک کننده	۵
جهت‌دهی	۱
تصویر برداری	۶- ۸
پردازش تصویر	۲۶۰- ۳۰۰
درجه‌بندی	۶- ۱۸

پردازش تصویر بر روی رایانه دارای پردازشگر Corei5 حدودا ۳۰ ثانیه می‌باشد. بنابراین با انتخاب رایانه‌ای با سرعت پردازش بیشتر می‌توان مدت زمان لازم جهت درجه‌بندی را کاهش داد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق عبارتند از:

۱- سیب‌هایی با شکل ناهمگون نسبت به سیب‌هایی که دارای شکل متقارن و یکنواختی هستند بدتر جهت‌دهی می‌شدند.

۲- ۸۵٪ سیب‌ها بدرستی جهت‌دهی می‌شوند.

۳- بیشترین مدت زمانی که برای درجه‌بندی لازم است مربوط به پردازش تصویر توسط رایانه می‌باشد.

۴- سامانه طراحی و ساخته شده به منظور درجه‌بندی سیب بدرستی عمل می‌نماید.

منابع

۱-طباطبایی کلور، ر.، ز. شم آبادی و ع. نجات لرستانی، ۱۳۸۴. اصول ماشین‌های کشاورزی، جلد دوم، موسسه فرهنگی انتشاراتی نشر آیه.

۲-مقاره عابد، م.، ۱۳۸۳. درجه‌بندی پیوسته سیب‌های زرد و قرمز لبنانی بر اساس رنگ واندازه با استفاده از ماشین بینایی، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

3-Bennedsen. B. S., D. L. Peterson, and A. Tab. 2005. Identifying defects in images of rotating apples. Computers and Electronics in Agriculture. 48: 92-102.

4-Chen, Y. R., K. Chao, and M. S. Kim. 2002. Machine vision technology for agricultural applications. Computers and Electronics in Agriculture. 36:173-191.

5-Davies. E. R. 2005. Machine vision, Third edition, Morgan Kaufman Publishers. San Francisco.

6-http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor., available at 30/12/2010.

7-http://www.tarehbar.com/modules/news/article.php?storyid=59. available at 30/12/2010.

8-Narayanan, P., A. M. Lefcourt, U. Tasch, R. Rostamian, and M. S. Kim. 2008. Orientation of apples using their inertial properties. Transactions of the ASABE. 51(6): 2073-2081.

9-Reese. D., A.M. Lefcourt, M. S. Kim, and Y. M. Lo. 2009. Using parabolic mirrors for complete imaging of apple surfaces. Bioresource Technology. 100:4499-4506.

10-Whitelock. P. B., G. H. Brusewitz, and M. L. Stone. 2006. Apple shape and rolling orientation. Applied Engineering in Agriculture. 22(1): 87-94.

Design, Fabrication and Evaluation a Grading Machine for Apple using Machine Vision

A. A. Masoumi[1], M. Kalhor[2] and S. M. Shafaei[2,*]

1, 2- Assistant Professor and Former M. Sc. Student respectively, Department of Farm Machinery, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
smshafaei@shirazu.ac.ir

Abstract

In this project a machine was designed and fabricated to grade apples automatically base on their size using machine vision. The device included unites to single out, orient and grade app . A cylinder container with circular hole in bottom was equipped with agitator was built to single out the apples. This mechanism delivered apples to orientation unit one by one. Two wooden rails with a specific form were located on the ramp with adequate slope was used to orient the apples dur rolling on it. After the orientation, apples were placed below the camera to take its photo. The photos were transferred to computer for image processing to determine the size and grade of apples. A belt conveyor carries the apples and set them in appropriate place regards to their grade. Then the wind spray valve is opened and the apple is pushed to the marked box. In order to evaluate the constructed system, 10 red and golden delicious apples of each grade were chosen and the completely randomized design test was conducted. The results showed the most time consumed related to image processing. Almost 85% of apples were properly oriented in the orientation unit and the overall system performance was appropriate so, the system can be used to grade apples automatically.

Keywords: Image processing, Single out, Orientation, Automatic control