استفاده از سامانه بینایی ماشین برای درجه بندی بلادرنگ انجیر خشک بر اساس رنگ، اندازه و دهانه

احمد بناکار[۱*]، مهرداد بیگوند[۲]، سعید مینایی[۱]، جلال خدایی[۳]، ناصر بهروزی خزایی[۳]
۱ و ۲ – به ترتیب هیات علمی و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس
۳- هیات علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه سنندج، کردستان
ایمیل مکاتبه کننده: ah_banakar@modares.ac.ir

چکیده

انجیر یکی از تولیدات باغی است که برای ارائه به بازار نیاز به درجه‌بندی در مرحله‌ی پس از برداشت دارد. در بازار محلی، انجیر به دو روش درجه‌بندی می‌شود: روش مبتنی بر نظر شخص خبره که به صورت دستی و بر اساس مشخصاتی نظیر اندازه‌ی دهانه، رنگ و اندازه قطر انجیر خشک انجام می‌شود، و روش مکانیکی که از طریق غربال انجیر بر اساس قطر صورت می‌پذیرد. در این تحقیق یک سامانه مبتنی بر بینایی ماشین برای درجه‌بندی انجیر توسعه یافت. برای این منظور، یک برنامه کنترل در محیط نرم‌افزار LabVIEW تدوین شد که توسط آن می‌توان انجیر را بر اساس ویژگی‌های ظاهری در پنج سطح کیفی درجه‌بندی کرد. در سامانه توسعه یافته، ابتدا برخی ویژگی‌های بازار پسندی انجیر خشک شامل رنگ، اندازه و میزان دهان باز و بسته بودن با استفاده از پردازش تصویر استخراج شد. پس از محاسبه‌ی مشخصات ظاهری انجیر توسط الگوریتم پردازش تصویر و مقایسه آن با مقادیر از پیش تعیین شده در سامانه کنترل، درجه‌ی کیفی محصول در قالب یک سیگنال فرمان به نازل بادی بیرون‌انداز مربوط به درجه‌ی کیفی مورد نظر ارسال گردید و انجیر داخل سبد جمع‌آوری مربوط به آن درجه‌ی کیفی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که با استفاده از سامانه‌ی توسعه یافته می‌توان درجه‌ی کیفی انجیر را به طور میانگین با دقت ۹۵/۲ درصد نسبت به روش دستی تشخیص داد. میانگین سرعت پردازش و درجه‌بندی کیفیت انجیر در سامانه پیشنهادی برابر با ۹۰ کیلوگرم در ساعت بود.

واژه‌های کلیدی: بینایی ماشین، درجه‌بندی، انجیر خشک

مقدمه

انجیر خشک در ایران یکی از محصولات کشاورزی مهم و صادراتی محسوب می‌گردد. ایران از لحاظ میزان تولید انجیر در دنیا بعد از کشورهای ترکیه، مصر، الجزایر و مراکش در رتبهٔ پنجم قرار دارد. سطح زیر کشت محصول انجیر در ایران ٤٧٢٩٣/٦ هکتار است که به صورت آبی و دیم کشت می‌شود و میزان کل تولید آن در ایران ٧٦٤١٤ تن است (Fao, 2010). درجه‌بندی کیفی انجیر خشک به طور عمده به روش دستی و با استفاده از نیروی کارگری انجام می‌شود. از جمله مشکلاتی که به این روش وارد است این است که با گذشت زمان هم دقت کارگرها پایین می‌آید و هم شرایط محیطی به شدت بر روی درجه‌بندی اثر می‌گذارد. درجه‌بندی ناقص نیز باعث کاهش قدرت رقابت در بازارهای داخلی و صادرات این محصول می‌شود. بینایی ماشین استفاده‌ی گسترده‌ای در وارسی و درجه‌بندی میوه‌ها و محصولات کشاورزی دارد. این کار پتانسیلی را برای خودکارسازی عمل درجه‌بندی دستی ارائه می‌کند که در واقع استاندارد سازی روش دستی است و کار خسته کننده‌ی وارسی میوه‌ها را برطرف می‌نماید .(Brosnan and Sun, 2002)

نتایج تحقیقات انجام شده بیانگر این واقعیت است که جداسازی کیفی محصولات کشاورزی با استفاده از بینایی ماشین و روش‌های مبتنی بر پردازش تصویر نسبت به روش‌های سنتی و بصری که در آن‌ها اطلاعات باید به صورت چشمی و با تکرار به دست آورده شود، سریعتر بوده و در عین حال دارای خطای کمتری است (Brosnan and Sun, 2004).

در پژوهشی از بینایی ماشین برای درجه‌بندی کیفی توت فرنگی بر اساس مشخصاتی همچون رنگ، شکل و اندازه استفاده شد.اجزای تشکیل دهنده این سامانه عبارت بودند از یک نوار نقاله و دو عدد حسگر تشخیص شیء و یک دوربین. تحلیل مولفه‌های رنگ توت‌فرنگی در فضای رنگی L*a*b صورت پذیرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که خطای شناسایی توت-فرنگی کمتر از ۰/۵ درصد، دقت درجه‌بندی بر اساس رنگ ۸۸/۸ درصد و دقت درجه‌بندی بر اساس شکل بالای ۹۰ درصد بود در حالی که زمان متوسط برای درجه‌بندی یک توت فرنگی کمتر از ۳ ثانیه گزارش شد (Liming and Yanchao, 2010). یک سامانه بینایی ماشین برای درجه‌بندی کشمش ارائه گردید که شامل بخش‌های مکانیکی، الکترونیکی و پنوماتیکی بود. بخش سخت‌افزاری سامانه شامل تسمه نقاله، هشت عدد شیر پنوماتیکی، کمپرسور و واحد کنترل بود. بخش مرکزی واحد کنترل سامانه یک میکرو کنترلر بود که برای ارتباط آن با شیرهای پنوماتیکی از کابل RS232 استفاده شده بود. با استفاده از یک کارت تصویرگیر، تصاویر ثبت شده کشمش‌ها توسط دوربین به رایانه ارسال می‌گردید تا مورد تجزیه وتحلیل قرار بگیرد. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد که با وجود استفاده از چند شیر پنوماتیکی، فاصلهٔ بهینهٔ بین دو کشمش متوالی باید ۵ میلیمتر باشد و تغییر درصد ناپاکی، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کلی سامانه ندارد (Omid et al., 2010). در تحقیق دیگری، یک سامانه درجه‌بندی چند منظوره برای درجه‌بندی چهار نوع مرکبات شامل پرتقال، لیموترش، لیموشیرین و نارنگی از لحاظ رنگ و اندازه طراحی و ساخته شد. به منظور ارزیابی دقت سامانه مقادیر حجم مربوط به ۲۰۰ نمونه با مقادیر حاصل از روش جابجایی آب با استفاده از آزمون t و آزمون بلاند آلتمن مورد مقایسه قرار گرفت. مقدار ضریب تبیین (R^2) برای پرتقال، لیموترش، لیموشیرین و نارنگی به ترتیب برابر با ۰/۹۸۵، ۰/۹٦۱، ۰/۹۷ و ۰/۹٦ بدست آمد. برای تعیین دقت

تشخیص رنگ محصول از نظرات کارشناس خبره استفاده شد. دقت تشخیص سامانه یا میانگین نرخ جداسازی صحیح برای پرتقال، لیموترش و لیمو شیرین به ترتیب برابر با ۹٤/۰٤، ۸۸/۰۵ و ۸۸/۱۸ درصد بدست آمد (خجسته نژند، ۱۳۸۷).

همچنین دستگاه مکانیکی جداسازی انجیر که بر اساس محتوای رطوبتی انجیر خشک را از انجیر تر جدا می‌کند، ساخته شد. از آنجایی که میزان محتوای رطوبتی بر ضریب اصطکاک استاتیکی و مقاومت غلتشی انجیرها تاثیر می‌گذارد، این دو پارامتر به عنوان مشخصه جداسازی معرفی شدند (Zare et al., 2011). یک سامانه مبتنی بر بینایی ماشین برای درجه‌بندی انجیر خشک ارائه شد که در آن از مشخصات رنگ پوست، به عنوان یک پارامتر کیفی در تعیین درجه کیفی محصول استفاده شده است. با استفاده از این سامانه انجیر خشک به سه درجه با کیفیت خوب (به رنگ زرد مایل به قهوه ای)، کیفیت متوسط (به رنگ سیاه) و کیفیت پایین درجه‌بندی شد (Benalia et al., 2013).

انجیر در مرحله فرآوری برای ارائه به بازار نیاز به درجه بندی دارد. با توجه معایب روش درجه بندی سنتی و محدودیت‌های ماشین-های مکانیکی ارائه روشی بر مبنای بینایی ماشین با توجه به مزایای آن ضروری می باشد. هدف از تحقیق حاضر، توسعه یک سامانه بینایی ماشین برای درجه‌بندی انجیر خشک بر اساس مشخصاتی نظیر رنگ، اندازه، و میزان دهان باز و بسته بودن محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انجیر منطقه مورد بررسی (نی ریز و استهبان در استان فارس)، دیر رس، رنگ میوه زرد مایل به سبز، خشکباری و بیشتر بصورت دیم کشت می شود. علاوه بر دهانه دار بودن، رنگ و اندازه (قطر متوسط) این میوه در بین باغداران به عنوان یک صفت مطلوب تلقی می‌شود و ملاک درجه بندی انجیر است. با توجه به نظر افراد خبره پنج درجه مطابق شکل ۱ برای انجیر انتخاب گردید. قبل از تصویر برداری انجیرها به صورت دستی از هم جداسازی شدند و بر اساس استاندارد تهیه شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران توسط فرد خبره به پنج کلاس درجه‌بندی شدند (استاندارد ملی ایران، ۱٦۵۳۹). این کلاس‌ها عبارتند از انجیر درجه یک؛ متمایل به رنگ روشن با اندازه قطر متوسط حداقل ۲٤ mm و مساحت دهانه بیشتر از ۱۱۱ mm^2 ، انجیر درجه دو؛ متمایل به رنگ روشن با اندازه قطر متوسط بین ۲۰ mm تا ۲٤ و مساحت دهانه بین ۵۵ mm^2 تا ۱۱۱ ، انجیر درجه سه ؛ متمایل به رنگ روشن با مساحت دهانه کمتر از ۵۵ mm^2 و اندازه قطر بزرگ حداقل ۲۲ mm انجیر درجه چهار؛ متمایل به رنگ تیره با دهانه بسته و اندازه قطر متوسط بین ۱٦ mm تا ۲۲ با مساحت دهانه کمتر از 55 mm^2 ، انجیر درجه پنج؛ متمایل به رنگ تیره با دهانه بسته و اندازه قطر متوسط کمتر از mm ۱٦ با مساحت دهانه کمتر از ۵۵ mm^2 می‌باشد که تصویر آن‌ها در شکل ۱ مشاهده می‌شود. برای ارزیابی سامانه بینایی ماشین در تعیین هر کدام از درجه‌بندیهای تعریف شده از هر درجه ۵۰ انجیر توسط شخص خبره انتخاب می‌گردد. تعداد درست تشخیص داده شده توسط سامانه به‌عنوان دقت سامانه بینایی ماشین در درجه‌بندی انجیر خشک در نظر گرفته می‌شود.

شکل ۱: انجیر خشک با درجه‌های مختلف

توسعه سامانه درجه‌بندی بلادرنگ انجیر خشک

در این تحقیق یک سامانه مبتنی بر بینایی ماشین برای درجه‌بندی و جداسازی انجیر توسعه یافت. برای این منظور، یک برنامه کنترل در محیط نرم‌افزار LabVIEW تدوین شد که توسط آن می‌توان انجیر را بر اساس ویژگی‌های ظاهری در پنج سطح کیفی درجه‌بندی کرد. طرح کلی سامانه توسعه یافته برای درجه‌بندی انجیر در شکل ۲ ارائه شده است. این سامانه شامل واحد تغذیه، واحد تصویر برداری، واحد پردازش تصویر و واحد جداسازی می‌باشد که هریک در ادامه توضیح داده خواهد شد. واحد تغذیه انجیر قبل از محفظه نورپردازی قرار می‌گیرد و انجیرها به صورت دانه‌ای روی تسمه نقاله قرار می‌گیرند. این واحد شامل: موزع شیاردار، موتور DC، تسمه نقاله و مخزن می‌باشد.

محفظه نور پردازی به ابعاد cm^2 ٤٠*٤٠ و ارتفاع cm ٤٠ ساخته شد از منبع نور LED نواری استفاده گردید از ٤ متر LED نواری (٢٤٠ عدد LED) استفاده شد که نوارهای LED به فواصل طولی هر چهار سانتی متر کنار هم چیده شدند. داخل محفظه نورپردازی با پوشش سفید رنگ پوشانده شد. برای ایجاد نورپردازی یکنواخت بر روی ledها نیز از پوشش استفاده گردید. برای تهیه تصاویر مناسب از یک دوربین آنالوگ مجهز به حسگر CCD محصول شرکت Hi-PEAK مدل HPK-6308/4 استفاده شد که قادر به برداشت تصویر با کیفیت ٥٣٥ TVL می‌باشد. از لنز CCTV با فاصله کانونی ٨-٣/٥ mm استفاده گردید.

کارت تصویر گر با مارک تجاری PINNACLE مدل 510-USB Rev:2.0 برای سامانه انتخاب شد. این کارت سیگنال‌های آنالوگی که از دوربین دریافت می‌کند را به تصاویر دیجیتال تبدیل می‌کند؛ سپس آنها را برای مراحل بعدی پردازش تصویر،

توسط پورت USB به رایانه ارسال می‌کند. دوربین بر روی محفظه نورپردازی و درست بالای تسمه نقاله نصب شد. زاویه بین راستای لنز دوربین و محور نورپردازی ۹۰ درجه می‌باشد.

الگوریتم بینایی ماشین به منظور استخراج مشخصه‌های انجیر در نرم‌افزار Matlab R2009a نوشته شد. پس از فراخوانی دوربین، تصاویر به صورت بلادرنگ و پیوسته از دوربین دریافت شدند و مشخصه‌های مورد نیاز از تصاویر استخراج گردید. متناسب با سرعت تسمه نقاله برنامه درجه‌بندی که در نرم افزار LabVIEW نوشته شده است، درجه‌ی انجیر بر اساس میانگین شدت رنگ، اندازه‌ی دهانه و میانگین قطر متوسط تشخیص داده شد.

شکل ۲: الف: سامانه طراحی شده ب: سامانه ساخته شده درجه‌بندی انجیر خشک

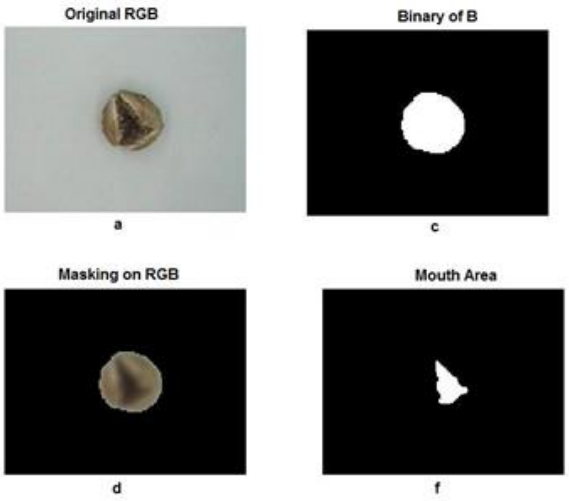
میانگین شدت رنگ، دهانه باز و دهانه بسته بودن و اندازه مهمترین مشخصه برای درجه‌بندی انجیر می‌باشد؛ بنابراین سامانه بینایی ماشین براساس میانگین شدت رنگ، دهانه باز و دهانه بسته بودن و اندازه طراحی و ساخته شد. همانطوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود انجیرها توسط واحد تغذیه به صورت تک دانه‌ای روی تسمه قرار داده شد و از زیر محفظه نورپردازی عبور گردید و دوربین در بالای محفظه قرار داده شده و تصاویر اخذ شده توسط کابل به رایانه منتقل شد.

بعد از فراخوانی دوربین، تصویر برداری با سرعت ۲۵ fps صورت گرفت. از آنجایی که تصویر گرفته شده در فضای رنگی yC_bC_r بود به فضای RGB تبدیل گردید (شکل ۳a). سپس تصویر به باینری تبدیل گردید و با توجه به اینکه پس زمینه

سفید انتخاب شده بود تصویر نگاتیو گردید. اغتشاشات تصویر با استفاده از تابع bwareaopen حذف شد با این روش فقط تصویر باینری شده انجیر در تصویر باقی ماند (شکل ۳c).

از تصویر باینری شده مشخصه‌های انجیر شامل مرکز ثقل انجیر، میانگین قطر متوسط و مساحت کل انجیر استخراج گردید. مرکز ثقل انجیر، میانگین قطر متوسط و مساحت کل انجیر به میلیمتر کالیبره گردید. همچنین از این تصویر برای ماسک گذاری بر روی تصویر RGB استفاده شد (شکل ۳d). از این تصویر برای استخراج ویژگی های رنگی استفاده شد. همچنین با استفاده از تابع roicolor دهانه انجیر بر اساس شدت رنگ‌های قرمز، سبز و آبی از پوسته انجیر جدا شد (شکل ۳f). برای تصویر مولفه‌ی قرمز و سبز و آبی به ترتیب شدت روشنایی ۸۷، ۹۰ و ٤۹ به عنوان آستانه تبدیل تصویر به باینری انتخاب گردید سپس در تصویر حاصل فقط ناحیه دهانه از تصویر جدا شد.

واحد جداسازی از نوع نیوماتیکی می‌باشد که شامل شیرهای یکطرفه برقی ۲۲۰ ولتی با حداکثر فشار باد ۸ بار، نازل هوا، لوله و اتصالات و کمپرسور هوا با ظرفیت تانک ۵۰ لیتر و ماکزیمم فشار ٦ بار می‌باشد. در این پژوهش، تسمه نقاله با طول مفید ۲/۵ متر و عرض ۳۰ سانتیمتر از جنس pvc انتخاب شد، تسمه نقاله توسط تسمه و پولی به موتور سه فاز متصل گردید و سرعت آن با استفاده از اینورتر روی 15cm/s تنظیم شد. موتور سه فاز (توان ۰,۷۵ کیلو وات و سرعت دورانی (1400 rpm) و مبدل سرعت (LS,IC5,0.75kW) انتخاب شد. تسمه نقاله با سرعت خطی 15 cm/s حرکت می‌کند و شیرهای برقی در کنار تسمه نقاله روی صفحه فلزی نصب شده و نازل هوا روی تسمه نقاله قرار داده شد.



شکل ۳: بخش بندی تصویر

برنامه کنترلی دستگاه در نرم افزار LabVIEW2010 نوشته شد که این نرم‌افزار کاملا گرافیکی می‌باشد و قابلیت پشتیبانی از کدهای نوشته شده در محیط متلب را دارد. با استفاده از ساختار متنی MatlabScript برنامه پردازش تصویر نوشته شده در محیط متلب در این ساختار وارد گردید. سپس مشخصه‌های انجیر شامل میانگین شدت رنگ، مساحت دهانه و میانگین قطر متوسط از این منو استخراج گردید. برنامه درجه‌بندی انجیر با استفاده از عملگرهای منطقی or و and و حلقه‌های شرطی

Case Structure، if Loop و While Loop در نرم‌افزار LabVIEW نوشته شد و نتیجه نهایی درجه‌بندی به کارت داده فرستاده شد تا خروجی دیجیتال آن فعال گردید.

T تاخیر زمانی عملکرد رله برابر است با:

$T=t_1+t_2-t_3$

t_1 برابر با زمانی است که انجیر از ناحیه تصویربرداری خارج می‌شود و به روبروی نازل هوای درجه‌ی مورد نظر می‌رسد و t_2 برابر با فاصله مکانی نازل هوای درجه مربوطه تا انتهای ناحیه تصویربرداری تقسیم بر سرعت خطی تسمه نقاله می‌باشد. t_3 برابر با فاصله طولی مرکز ثقل انجیر تا انتهای تصویر تقسیم بر سرعت خطی تسمه نقاله و زمان مورد نیاز برای پردازش یک تصویر و درجه‌بندی آن می‌باشد.

بخش الکترونیکی دستگاه شامل کارت داده‌برداری ساخت شرکت Advantech مدل USB-4716 با مشخصات 200KS/S و 16 bit بود. در این پژوهش از یک خروجی آنالوگ آن برای کنترل سرعت تسمه نقاله و ۷ خروجی دیجیتال آن برای عملگرهای نیوماتیکی استفاده شد. کارت با استفاده از یک پورت usb2 به رایانه متصل گردید و با دریافت سیگنال از رایانه خروجی مورد نظر را فعال می‌کرد. با توجه به اینکه ولتاژ خروجی دیجیتال ۳ ولت می‌باشد از دو برد رله اولیه و ثانویه استفاده گردید. ولتاژ تحریک برد رله اولیه که ۳ ولت بود از کارت داده دریافت می‌شد و ولتاژ ۱۲ ولت را قطع و وصل می‌کرد. سپس توسط برد رله ثانویه که ولتاژ تحریک آن خروجی برد رله اولیه یعنی ۱۲ ولت بود ولتاژ ۲۲۰ ولت قطع و وصل می‌گردید و در نهایت عملگرهای نیوماتیکی را فعال می‌گردید و انجیر توسط باد به داخل سبد مورد نظر ارسال می گردید.

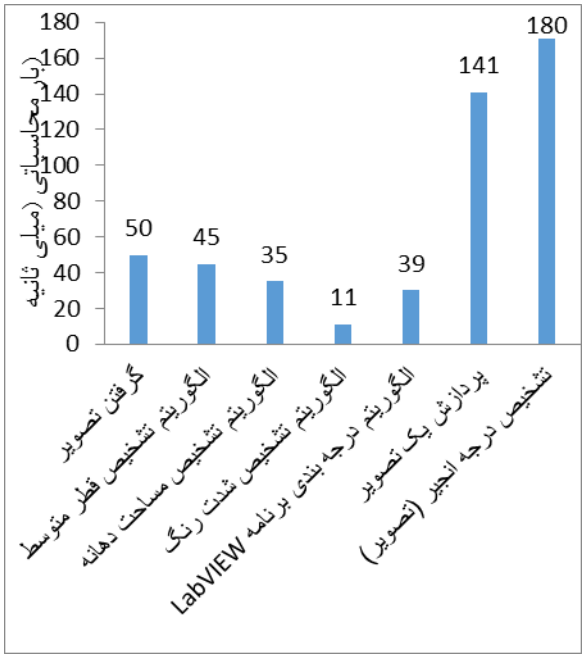
نتایج و بحث

نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم پردازش تصویر و برنامه درجه‌بندی نشان داد میانگین دقت درجه‌بندی ۹۵,۲ درصد می‌باشد که دقت درجه‌بندی برای انجیر درجه ۱، انجیر درجه ۲، انجیر درجه ۳، انجیر درجه ٤ و انجیر درجه ۵ به ترتیب برابر با ۹۲ درصد، ۹٤ درصد، ۹۸ درصد و ۹٦ درصد و ۹۸ درصد می‌باشد. این نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

باتوجه به اینکه رنگ پوسته انجیر با رنگ دهانه انجیر متفاوت می‌باشد از این خاصیت برای تمایز دهانه از پوسته استفاده شد و برای تصویر مولفه‌ی قرمز و سبز و آبی به ترتیب شدت روشنایی ۸۷، ۹۰ و ٤۹ به عنوان آستانه تبدیل تصویر به باینری انتخاب گردید. سپس در تصویر حاصل فقط ناحیه دهانه از تصویر جدا شد. نمودار بار محاسباتی مربوط به هر الگوریتم پردازش تصویر در شکل ٤ نشان داده شده است. تصویربرداری و پردازش یک تصویر یا استخراج ویژگی‌های یک انجیر ۱٤۱ میلی ثانیه طول می‌کشد. ۳۹ میلی ثانیه طول می‌کشد تا الگوریتم درجه‌بندی برنامه LabVIEW درجه‌ی انجیر را تشخیص دهد، یعنی زمان کلی مورد نیاز برای درجه‌بندی هر انجیر ۱۸۰ میلی‌ثانیه می‌باشد. با شمردن تعداد انجیر در یک ساعت میانگین تولید این سامانه ۹۰ کیلوگرم در ساعت می باشد.

جدول ۱: مقایسه نتایج درجه‌بندی حاصل از الگوریتم بینایی ماشین و نظر کارشناس خبره

میزان دقت (درصد)	کارشناس خبره	درجه ۵	درجه ٤	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۱	تعداد	
	۹۰	–	–	۲	۸	۹۰	۱۰۰	درجه ۱
	۹٤	–	–	٤	۹٤	۲	۱۰۰	درجه ۲
۹۵/۲	۹۸	–	–	۹۸	۲	–	۱۰۰	درجه ۳
	۹٦		۹٦	–	–	–	۱۰۰	درجه ٤
	۹۸	۹۸	۲	–	–	–	۱۰۰	درجه ۵



شکل ٤: بار محاسباتی مربوط به هر الگوریتم

بیشترین میانگین بار محاسباتی اندازه‌گیری شده مربوط به گرفتن تصویر می‌باشد که یکی از دلایل اصلی آن می‌تواند مربوط به استفاده از دوربین آنالوگ و کارت کپچر باشد. به دلیل اینکه ابتدا تصویر توسط کارت کپچر دیجیتالیزه می‌شود سپس به رایانه منتقل می‌گردد و عملیات پردازش تصویر روی تصاویر انجام می‌گیرد که برای کاهش بار محاسباتی تصویر برداری، توصیه می‌شود از دوربین دیجیتال استفاده گردد که نیاز به کارت کپچر ندارد و سرعت تصویربرداری افزایش پیدا می‌کند.

در تحقیقی که از یک دستگاه درجه‌بندی مکانیکی برای درجه بندی انجیر خشک بر اساس اندازه استفاده کردند حداکثر دقت ۸۰ درصد با ظرفیت ۱۵/۷ کیلوگرم در ساعت بدست آمد (Zare et al., 2011). از روش بینایی ماشین برای درجه‌بندی انجیر خشک تنها یک مورد گزارش شده است (Benalia et al., 2013). در تحقیق مذکور انجیر خشک با استفاده از بینایی ماشین بر اساس مشخصه رنگ به صورت خودکار درجه‌بندی کردند. نتایج این درجه‌بندی برای انجیر خشک با پوسته معیوب ۹۹/۵ درصد و برای درجه انجیر خشک با کیفیت خوب ۸۹ درصد به دست آمد. در تحقیق دیگری که از ماشین بینایی برای درجه بندی توت فرنگی استفاده شده است برای درجه بندی بر اساس رنگ دقت ۸۸/۸ و بر اساس اندازه ۹۵ درصد بدست آوردند. آنها سرعت درجه بندی هر میوه را ۳ ثانیه گزارش کردند (Liming and Yanchao, 2010). در تحقیق دیگری نیز دقت نرم‌افزار توسعه داده شده برای درجه بندی توت فرنگی را بر اساس اندازه ۹۸ درصد در زمان ۱/۱۸ ثانیه گزارش کردند (Bato et al., 2000).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک سامانه مبتنی بر بینایی ماشین برای درجه‌بندی و جداسازی انجیر توسعه یافت. از آنجا که از شاخص‌های مشتری پسندی انجیر خشک در ایران میزان دهانه، میزان روشنایی و ابعاد آن می‌باشد. لذا طراحی و ساخت دستگاه درجه-بندی انجیر خشک به صورت آزمایشگاهی ضروری بود. نتایج نشان داد سامانه ماشین بینایی توانایی جداسازی انجیر خشک بر اساس رنگ، اندازه و مساحت دهانه بصورت جداگانه و چه بطور همزمان بر اساس سفارش از بازار را داراست.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور برای حمایت مالی از این تحقیق تشکر و قدردانی می کند.

منابع و مآخذ

۱. خجسته نژند، م. ۱۳۸۷. طراحی و روش ساخت دستگاه سورتینگ چند منظوره برای درجه بندی مرکبات از لحاظ رنگ و اندازه. پایان نامه کارشناسی ارشد, تهران, دانشکده بیوسیستم.

2. Bato, P. M. Nagata, M. Cao, Q. Hiyoshi, K. and Kitahara, T. 2000. Study on Sorting System for Strawberry Using Machine Vision (Part 2). Journal of JSAM, Vol. 62, No. 2, pp. 101-110.
3. Benalia, S. Zimbalatti, G. Cubero, S. Prats-Montalban, J. Bernardi, B. Alegre, S. Chanona-Perez, J. and Blasco, J. 2013. Automatic sorting of dried figs based on computer vision system. VII Congresso Ibérico de Agroengenharia e Ciências Hortícolas, Madrid.
4. Brosnan, T. and Sun, D. W. 2002. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems—a review", Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 36, No. 2, pp. 193-213.
5. Brosnan, T. and Sun, D. W. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision—a review", Journal of Food Engineering, Vol. 61, No. 1, pp. 3-16.
6. Fao. 2010. www.fao.org.

7. Liming, X. and Yanchao, Z. 2010. Automated strawberry grading system based on image processing. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 71, pp. S32-S39.
8. Omid, M. Sharouzi, M. and Keyhani, A. 2010. Development of an Automated Machine for Grading Raisins based on Color and Size. Journal of Modelling and Simulation of Systems.
9. Zare, D. Souri, S. Loghavi, M. and Khorsandi, F. 2011. Desiegn, Fabrication and Evaluation of a mosture-based Fig sorter. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Vol. 14, No. 14.

A machine vision system for grading of dried figs based on Color, Size and Open-Mouth

Abstract

Fig is one of the horticultural products which require sorting at the postharvest stage in order to present to the market. In local market, fig is grading in two ways; by carried out manually based on the product important quality indices such as color, diameter size and open-mouthed size and by mechanical method based on their diameters. In this study, a grading system based on machine vision is developed for grading of figs. For this reason, a grading algorithm was written in Lab-VIEW software which in that the fig can be sorted based on visual characteristics qualitatively in five grades. In the developed system, the figs based on marketing features, including color, size and opened mouth value were extracted using image processing algorithm. After calculating fig-external features by image processing algorithms and comparing them with the predetermined product quality values, the grade was transfer by a command signal to pneumatic nozzle ejector of a specified quality grade, and the baskets of figs were collected on the grade of quality. Results of this study showed that by using the developed system the sorting accuracy for all classes reached to 95.2%. The average processing speed and quality grading of the figs in proposed system was 90kg/h.

Keywords: machine vision, grading, dried figs, image processing