تعیین تاثیر پارامترهای میوه و ماشین بر دقت دستگاه اتوماتیک جداساز گوجه فرنگی بر اساس رنگ

بهاره جمشیدی[۱]- سعید مینایی[۲]- محمد هادی خوش تقاضا[۳]

چکیده

یک دستگاه اتوماتیک جداساز محصول بر اساس رنگ می‌بایست علاوه بر سرعت عمل بالا و ظرفیت کاری زیاد، از دقت عمل بالا نیز برخوردار باشد. بنابراین، بررسی اثر پارامترهای موثر بر دقت دستگاه جداساز در دستیابی به دقت بالا قابل قبول می‌باشد.

هدف از این تحقیق، تعیین اثر پارامترهای میوه و ماشین بر دقت تشخیص و جداسازی دستگاه اپتوالکترونیک جداساز گوجه‌فرنگی بر اساس رنگ می‌باشد.

در این تحقیق، اثر ۳ متغیر مستقل بر دقت تشخیص و نیز دقت جداسازی دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. سطوح متغیرهای مستقل عبارت بودند از: درصد سبز بودن گوجه‌های غیر قرمز (در سه سطح ۳۰٪، ۶۰٪ و ۹۰٪)، اندازه میوه (در دو سطح ۶-۴ سانتی‌متر و ۸-۶ سانتی‌متر)، شکل گوجه‌فرنگی (در دو سطح کروی و بیضوی) و شیب سیستم انتقال محصول به قسمت تشخیص (در سه سطح ۲۰، ۳۵ و ۵۰).

نتایج بررسی عملکرد دستگاه نشان داد که این دستگاه قادر به تشخیص و جداسازی گوجه‌های قرمز از سبز، زرد یا سفید می‌باشد. داده‌های ارزیابی دستگاه نشان داد که اثر پارامترهای رنگ (درصد سبز بودن کامل گوجه‌ها در میان گوجه‌های غیر قرمز)، شیب سیستم انتقال و اندازه گوجه بر دقت تشخیص و نیز بر دقت جداسازی، اثر پارامتر شکل گوجه بر دقت جداسازی و اثر متقابل رنگ- اندازه بر دقت تشخیص رنگ دستگاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. بر این اساس، بالاترین دقت تشخیص رنگ دستگاه برای گوجه‌های غیر قرمز در شیبهای کمتر از ۵۰ درجه و ترکیب رنگ – اندازه ۹۰٪ سبز بودن و کوچکتر از $۶cm$ (بزرگترین بعد گوجه) به دست آمد. بالاترین دقت جداسازی سیستم در شیبهای کمتر از ۵۰ درجه، اندازه‌های کمتر از cm ۶، درصد سبز بودن بیشتر ۹۰٪ و شکل کروی گوجه حاصل گردید.

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲-استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

واژگان کلیدی

جداساز، گوجه‌فرنگی، ارزیابی، رنگ

مقدمه

گوجه‌فرنگی از جمله محصولات کشاورزی است که تولید و فرآوری آن گسترش زیادی یافته‌است. رنگ گوجه‌فرنگی بیانگر مرحله رسیدگی و شاخصی از کیفیت آن می‌باشد. بنابراین، جداسازی گوجه‌فرنگی‌های سبز، زرد یا سفید از قرمز که به هنگام برداشت (به ویژه برداشت مکانیکی) همراه محصول می‌شوند، امری ضروری است. انجام این عمل به وسیله دست، کاری وقت‌گیر و پرهزینه است. امروزه از دستگاههای جداساز خودکار برای این منظور استفاده می‌شود.

امتیاز جداسازی با این دستگاهها بر جداسازی دستی، سرعت عمل بالا و ظرفیت کاری زیاد است. ضمن این که کارآیی بیشتر این سیستمها در گرو داشتن دقت تشخیص و جداسازی بالا می‌باشد.

در این تحقیق، یک دستگاه جداساز اپتوالکترونیک[1] گوجه‌فرنگی بر اساس رنگ به منظور تعیین تاثیر برخی پارامترهای میوه و ماشین بر دقت تشخیص و جداسازی دستگاه، مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت تا بهترین شرایط برای دسترسی به دقت عمل بالا حاصل گردد. دستگاه مورد بررسی، پس از مطالعه تحقیقات انجام شده در زمینه روشهای جداسازی محصولات بر اساس رنگ (۲، ۵، ۷ و ۹) و بررسی مکانیزمهای مورد استفاده در دستگاههای ساخته شده (۳، ۴، ۶ و ۸)، برای اولین بار در کشور طراحی و ساخته شده است. طراحی این دستگاه بر پایه اصول بازتاب نور از محصول و ایجاد تصویری از آن است و با نمونه‌های خارجی تفاوتهای اساسی ونسبت به آنها مزایایی دارد (۱).

مواد و روشها

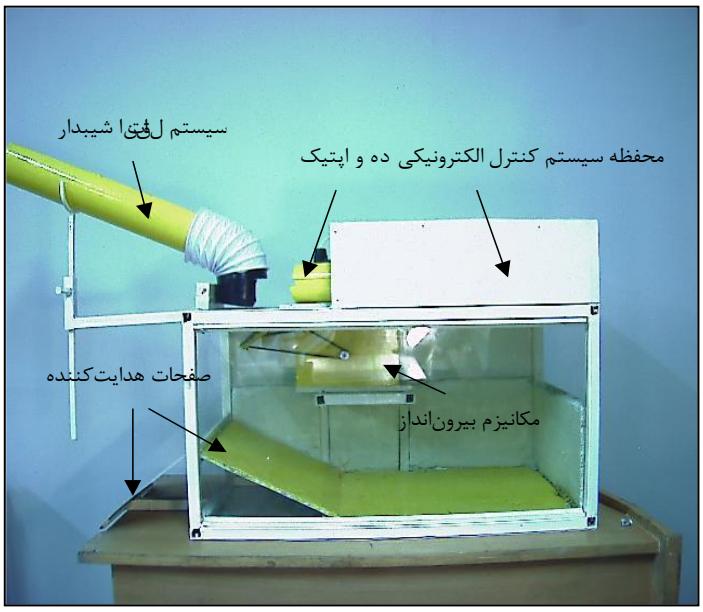
طرز کار دستگاه

در این دستگاه (شکل ۱)، گوجه‌فرنگی توسط سیستم انتقال شیبدار با مکانیزم تغییر شیب، به درون لوله سقوط هد
اپتیک رها می‌شود. در بالای لوله سقوط یک قسمت سرعتگیر به منظور کند کردن سرعت گوجه‌فرنگی در اثر برخورد با آن و لذا رها شدن از حالت سکون، نصب شده است.

یک طرف لوله سقوط به سمت هد اپتیک تشخیص رنگ، دارای شیاری است که از طریق آن گوجه‌فرنگی در حال سقوط، توسط هد اپتیک قابل مشاهده می‌باشد. خروجی هد اپتیک نوعی سیگنال الکتریکی است که به منظور تشخیص رنگ به یک قسمت مقایسه و کنترل الکترونیکی فرستاده می‌شود. سپس، متناسب با رنگ تشخیص داده شده، فرمانی مبنی بر حذف یا عدم حذف محصول به مکانیزم بیرون‌انداز الکترومکانیکی شامل موتور

1- Optoelectronic

الکتریکی DC و دریچه، محصول را از مسیر اصلی حرکت منحرف می‌سازد. به این ترتیب، دستگاه قادر به تفکیک گوجه‌ها به دو دسته رنگی است که با توجه به تنظیم اولیه مدار مقایسه‌گر قابل کنترل می‌باشد (۱).



شکل۱- نمای کلی دستگاه ساخته شده (۱)

آزمون دستگاه

دستگاه پس از راه‌اندازی، به وسیله تنظیم اولیه مدار مقایسه‌گر برای تفکیک گوجه‌فرنگی‌های قرمز از غیر قرمز (سبز، زرد و سفید) تنظیم شد. به گونه‌ای که در صورت قرمز بودن گوجه‌فرنگی، دریچه قسمت بیرون‌انداز به صورت عمودی قرار گرفته و محصول به طور مستقیم به مخزن مربوط به گوجه‌های قرمز منتقل گردد و به محض تشخیص رنگ غیر قرمز، دریچه بسته شده و محصول را از مسیر اصلی منحرف و از سمت دیگر دستگاه خارج سازد. به منظور باز ماندن دریچه در حالتی که هیچ میوه‌ای از مقابل هد عبور نمی‌کند، پس‌زمینه لوله سقوط هد به رنگ قرمز انتخاب شد تا مشابه حالتی باشد که گوجه قرمز از مقابل هد عبور می‌کند.

آزمون دستگاه برای گوجه‌فرنگی‌های کاملا قرمز نشان داد که دستگاه بدون هیچ خطایی گوجه‌های قرمز را به مخزن مربوط به آنها منتقل می‌کند (توانایی تشخیص و جداسازی ۱۰۰٪). بنابراین، تنها در مورد تشخیص و جداسازی گوجه‌های غیر قرمز و تاثیر برخی پارامترهای میوه و ماشین بر آن، آزمون دستگاه انجام گرفت.

پارامترهای مورد بررسی عبارت بودند از: رنگ (درصد سبز بودن کامل گوجه‌ها)، اندازه گوجه‌فرنگی، شکل گوجه‌فرنگی و شیب سطح شیبدار سیستم انتقال محصول.

نحوه آزمون به این صورت بود که در هر مرتبه آزمایش تعداد ۱۰ عدد گوجه غیر قرمز انتخاب شد. رنگ گوجه‌ها یا درصد سبز بودن کامل آنها (منظور نسبت تعداد گوجه‌های کاملا سبز به گوجه‌های غیر قرمز دیگر ضربدر ۱۰۰ می‌باشد) در

ح ۳۰ درصد، ۶۰ درصد و ۹۰ درصد سبز بودن کامل، اندازه گوجه‌ها در دو سطح ۶-۴ سانتی‌متر و ۸-۶ سانتی‌متر (بزرگترین بعد گوجه) و شکل آن در دو سطح کروی و بیضوی شکل مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور تعیین سطوح شیب، کمترین شیب برابر شیبی که قادر به حرکت دادن گوجه‌ها در هر سطح شکل و اندازه باشد، بیشترین شیب برابر شیبی که باعث برخورد نکردن گوجه با سرعتگیر می‌گردد و شیب متوسط (حد واسط این دو شیب) در نظر گرفته شد. بنابراین، شیب سطح شیبدار در سه سطح ۲۰ درجه، ۳۵ درجه و ۵۰ درجه مورد بررسی قرار گرفت.

در هر آزمایش، دقت دستگاه در دو بخش "دقت تشخیص" و " دقت جداسازی" بر اساس رنگ اندازه‌گیری شد. منظور از این دو دقت به ترتیب تعداد گوجه‌های درست تشخیص داده شده از نظر رنگ و تعداد گوجه‌های درست جدا شده توسط مکانیزم بیرون‌انداز بر اساس رنگ نسبت به کل گوجه‌های مورد آزمون در هر آزمایش (ضربدر ۱۰۰) می‌باشد.

برای تفکیک عملیات تشخیص و جداسازی از یکدیگر، در مدار تشخیص رنگ الکترونیکی از یک زنگ اخبار[۲] استفاده شد که هنگام تشخیص گوجه سبز ایجاد صدا می‌کرد. عمل جداسازی نیز با مشاهده چگونگی قرار گرفتن دریچه در مسیر حرکت گوجه و بررسی محل ارسال نهایی گوجه با توجه به رنگ آن، مشخص می‌شد.

بنابراین، آزمایش‌ها به منظور تعیین تاثیر پارامترهای ذکر شده و اثر متقابل آنها بر متغیرهای وابسته، با سه تکرار و در قالب طرح فاکتوریل انجام گرفت. سپس به منظور تعیین معنی‌دار بودن یا نبودن اثر متقابل این پارامترها بر دقت تشخیص و جداسازی دستگاه و تعیین بهترین ترکیب پارامتری محصول و دستگاه برای بدست آوردن بالاترین دقت، داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری *SPSS (10)* تجزیه و تحلیل گشت.

نتایج

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر پارامترهای رنگ، شیب و اندازه در سطح احتمال ۵٪ بر هر دو دقت و اثر پارامتر شکل نیز بر دقت جداسازی معنی‌دار بوده در حالی که اثر شکل بر دقت تشخیص معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین، اثر متقابل پارامترهای رنگ- شیب، رنگ- شکل، شیب- اندازه، شیب- شکل و اندازه- شیب بر هر دو دقت و اثر متقابل پارامترهای رنگ- اندازه بر دقت جداسازی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نبوده ولی بر دقت تشخیص در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. اثرات متقابل سه‌گانه رنگ- شیب- اندازه، رنگ- اندازه- شکل، شیب- اندازه- شکل و اثر متقابل هر چهار پارامتر رنگ- اندازه- شیب- شکل بر هر دو دقت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

شکل ۲ تاثیر سه سطح رنگ را بر دقت جداسازی نشان می‌دهد که حالی از افزایش دقت جداسازی دستگاه با افزایش تعداد گوجه‌های کاملا سبز می‌باشد.

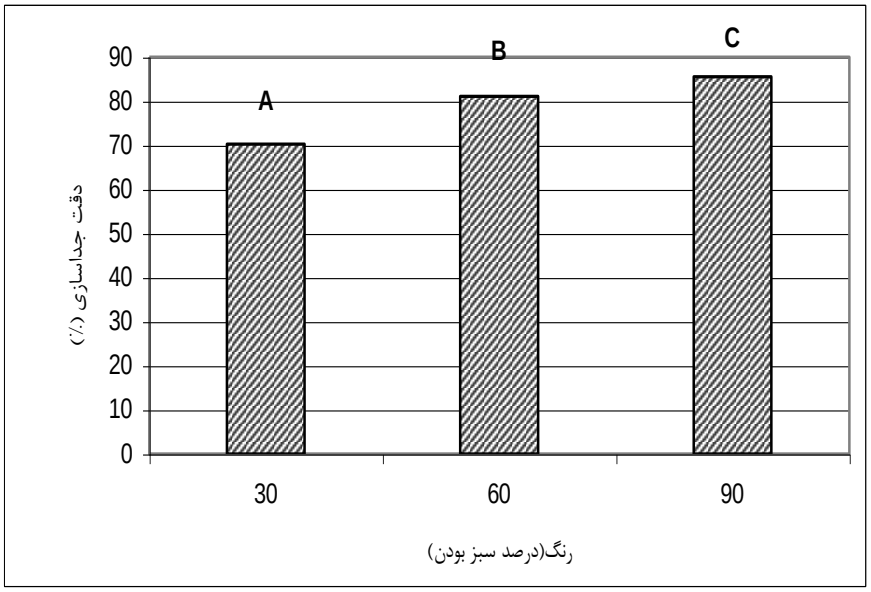
1- Buzzer

جدول۱- نتایج آنالیز واریانس

منابع متغیر متغیر وابسته	میانگین مربعات	احتمال
رنگ	۳۸۰۸/۳۳۳*	۰/۰۰۰
دقت تشخیص	۴۲۳۹/۸۱۵*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی		
شیب	۱۶۹/۴۴۴*	۰/۰۰۷
دقت تشخیص	۱۳۵۲۸/۷۰۴*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی		
اندازه	۲۶۷/۵۹۳*	۰/۰۰۵
دقت تشخیص	۴۸۹/۸۱۵*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی		
شکل	۰/۹۲۶	۰/۸۶۴
دقت تشخیص	۴۰۸/۳۳۳*	۰/۰۰۱
دقت جداسازی		
رنگ- شیب	۱۹/۴۴۴	۰/۶۵۱
دقت تشخیص	۴۲/۵۹۳	۰/۳۰۰
دقت جداسازی		
رنگ- اندازه	۱۲۳/۱۴۸*	۰/۰۲۴
دقت تشخیص	۶/۴۸۱	۰/۸۲۸
دقت جداسازی		
رنگ- شکل	۰/۹۲۶	۰/۹۷۱
دقت تشخیص	۸/۳۳۳	۰/۷۸۵
دقت جداسازی		
شیب- اندازه	۲۸/۷۰۴	۰/۴۰۶

دقت تشخیص	۸۴/۲۵۹	۰/۰۹۳
دقت جداسازی		
شیب- شکل	۰/۹۲۶	۰/۹۷۱
دقت تشخیص	۲/۷۷۸	۰/۹۲۲
دقت جداسازی		
اندازه- شکل	۰/۹۲۶	۰/۸۶۴
دقت تشخیص	۰/۹۲۶	۰/۸۷۰
دقت جداسازی		
رنگ- شیب- اندا زه	۰/۹۲۶	۰/۹۹۸
دقت تشخیص	۹/۲۵۹	۰/۸۹۶
دقت جداسازی		
رنگ- اندازه- شکل	۰/۹۲۶	۰/۹۷۱
دقت تشخیص	۰/۹۲۶	۰/۹۷۳
دقت جداسازی		
شیب- اندازه- شکل	۰/۹۲۶	۰/۹۷۱
دقت تشخیص	۱۷/۵۹۳	۰/۶۰۱
دقت جداسازی		
رنگ- شیب- اندازه- شکل	۰/۹۲۶	۱/۰۰۰
دقت تشخیص	۱۰/۱۸۵	۰/۹۶۵
دقت جداسازی		
خطا	۳۱/۴۸۱	
دقت تشخیص	۳۴/۲۵۹	
دقت جداسازی		

*** = معنی‌دار بودن در سطح احتمال ٪۵**



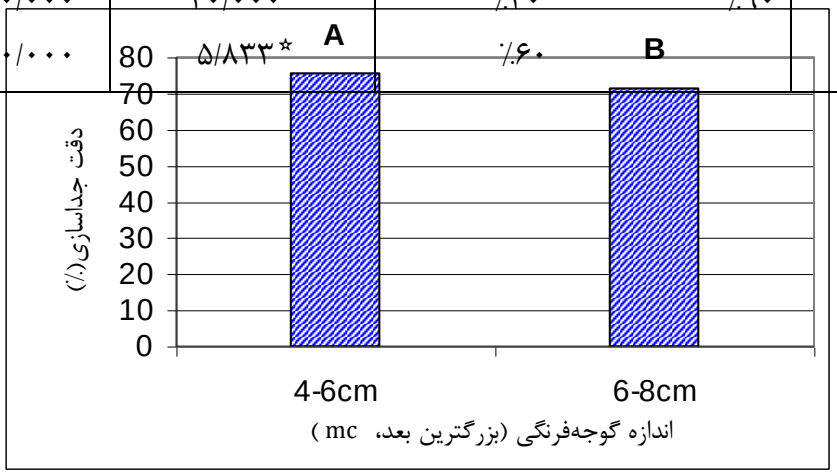
شکل ۲- نمودار تاثیر درصد سبز بودن گوجه‌های غیر قرمز بر دقت جداسازی دستگاه

جدول مقایسه میانگین‌ها برای سه سطح رنگ حاصل از آزمون LSD (جدول ۲) نشان می‌دهد کـه بـین هـر دو سطح رنگ (۳۰٪ -۶۰ ٪)، (۳۰٪ -۹۰ ٪) و (۶۰٪ - ۹۰٪) اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول۲- مقایسه میانگین‌ها برای سه سطح رنگ با استفاده از آزمون LSD.

متغیر وابسته	رنگ۱	رنگ۲	میانگین تفاوتها (۱و۲)	احتمال
دقت تشخیص	٪۳۰	٪۶۰	-۱۴/۱۶۷*	۰/۰۰۰
		٪۹۰	-۲۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰
دقت تشخیص	٪ ۶۰	٪۳۰	۱۴/۱۶۷*	۰/۰۰۰
		٪۹۰	-۵/۸۳۳*	۰/۰۰۰

دقت تشخیص	٪۹۰	٪۳۰	۲۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰
	٪۶۰		۵/۸۳۳*	۰/۰۰۰



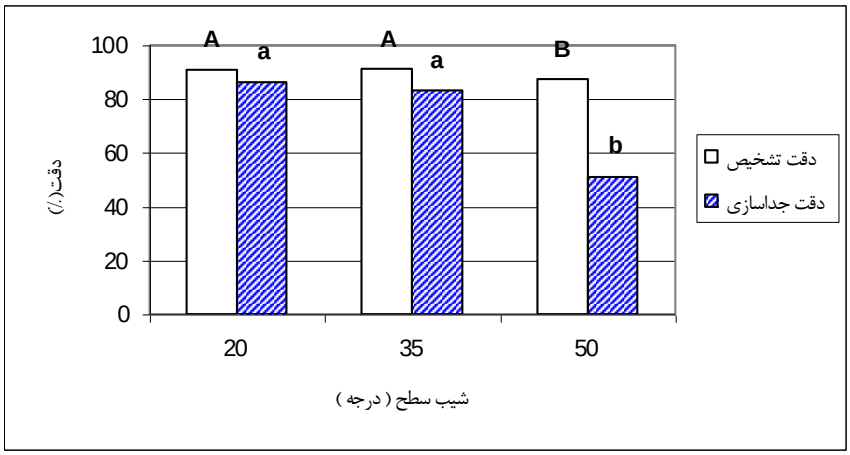
دقت جداسازی	٪۳۰	٪۶۰	-۱۱/۹۴۴*	۰/۰۰۰
		٪۹۰	-۲۱/۶۶۷*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی	٪ ۶۰	٪۳۰	۱۱/۹۴۴*	۰/۰۰۰
		٪۹۰	-۹/۷۲۲*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی	٪۹۰	٪۳۰	۲۱/۶۶۷*	۰/۰۰۰
		٪۶۰	۹/۷۲۲*	۰/۰۰۰

ستون میانگین تفاوتها نشان می‌دهد که بیشترین تفاوت به ترتیب بین سطوح رنگ ٪۳۰ - ٪۹۰، ٪۳۰ - ٪۶۰ و ٪۶۰ - ٪۹۰ می‌باشد که این موضوع از نمودار ستونی شکل ۲ نیز قابل مشاهده است. به این ترتیب، دقت دستگاه در جداسازی به منظور تفکیک گوجه‌های کاملا سبز از قرمز بیشتر از دقت تفکیک سایر گوجه‌های غیر قرمز از قرمز می‌باشد. البته این تفاوت در مقدار دقتها برای این سه سطح رنگ خیلی زیاد نیست و این مطابق انتظار می‌باشد.

شکل۳ میانگین دقت جداسازی دستگاه را نسبت به تغییر اندازه گوجه نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، افزایش اندازه گوجه از حد $۶cm$ (بزرگترین بعد گوجه) موجب کاهش دقت جداسازی می‌شود. به عبارت دیگر، دستگاه گوجه‌های کوچکتر از $۶\ cm$ را بهتر جدا می‌کند.

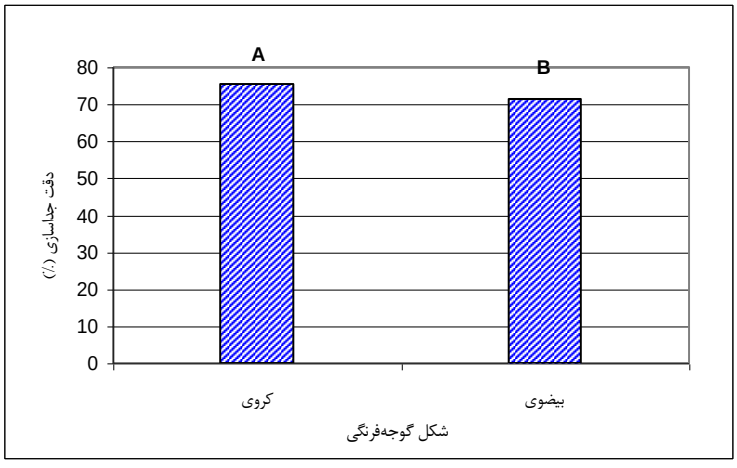
شکل ۳- نمودار میانگین دقت جداسازی دستگاه نسبت به اندازه گوجه‌فرنگی

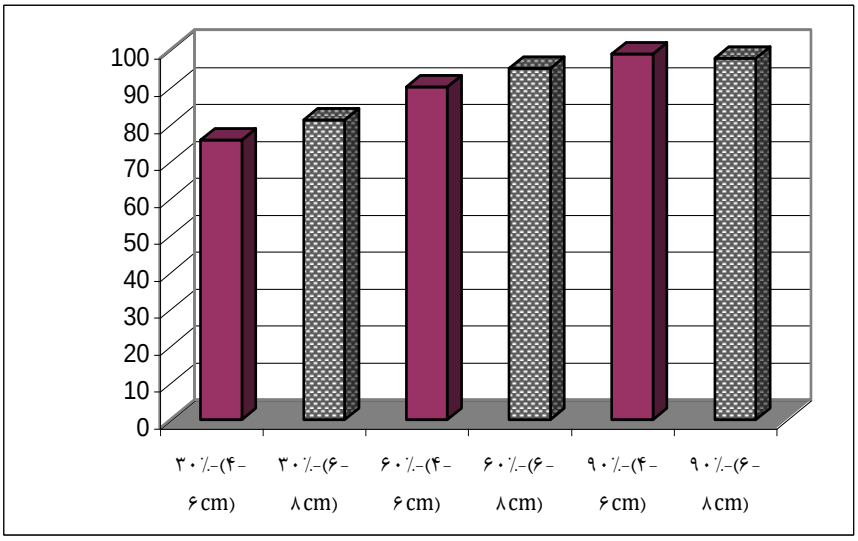
شکل ۴ میانگین‌های دقت تشخیص و جداسازی را نسبت به تغییرات شیب سیستم انتقال (۲۰ درجه، ۳۵ درجه و ۵۰ درجه) نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش شیب تا قبل از ۵۰ درجه تغییری چشمگیر در مقدار دقتها به وجود نمی‌آید. اما افزایش شیب به ۵۰ درجه (و بیشتر) باعث کاهش مقدار هر دو دقت می‌شود که این کاهش تنها در مورد دقت جداسازی چشمگیر می‌باشد.



شکل ۴- نمودار تاثیر شیب بر دقتهای تشخیص و جداسازی بر اساس رنگ

جدول مقایسه میانگین‌ها برای سه سطح شیب حاصل از آزمون LSD (جدول ۳) نیز این موضوع را تایید می‌کند که بین شیب‌های ۲۰ درجه و ۳۵ درجه از نظر دقت تشخیص اختلاف معنی‌دار نیست ولی بین شیب‌های ۵۰-۲۰ و ۵۰-۳۵ درجه اختلاف معنی‌دار می‌باشد. ستون میانگین تفاوتها نشان می‌دهد که این اختلافها چشمگیر نمی‌باشد. در مورد دقت جداسازی بین هر سه سطح شیب اختلاف معنی‌دار بوده و تفاوت میانگین‌ها نشان می‌دهد که این تفاوتها بین شیب‌های ۵۰-۲۰ و ۵۰-۳۵ درجه قابل توجه است ولی بین شیب ۳۵-۲۰ درجه چشمگیر نمی‌باشد. بنابراین، افزایش شیب تا حد ۵۰ درجه مجاز بوده ولی بیش از این جایز نمی‌باشد، چون امکان کاهش دقت به ویژه دقت جداسازی در شیب زیاد وجود دارد.





متغیر وابسته	شیب۱	شیب۲	میانگین تفاوتها (۱و۲)	احتمال
دقت تشخیص	۲۰	۳۵	-۰/۲۷۸	۰/۸۳۴
		۵۰	۳/۶۱۱*	۰/۰۰۸
دقت تشخیص	۳۵	۲۰	۰/۲۷۸	۰/۸۳۴
		۵۰	۳/۸۸۹*	۰/۰۰۴
دقت تشخیص	۵۰	۲۰	-۳/۶۱۱*	۰/۰۰۸
		۳۵	-۳/۸۸۹*	۰/۰۰۴
دقت جداسازی	۲۰	۳۵	۳/۰۵۶	۰/۰۳۰
		۵۰	۳۵/۰۰۰*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی	۳۵	۲۰	-۳/۰۵۶	۰/۰۳۰
		۵۰	۳۱/۹۴۴*	۰/۰۰۰
دقت جداسازی	۵۰	۲۰	-۳۵/۰۰۰*	۰/۰۰۰
		۳۵	-۳۱/۹۴۴*	۰/۰۰۰

جدول۳- جدول مقایسه میانگین‌ها برای سه سطح شیب با استفاده ازآزمون *LSD*.

شکل ۵ نشان می‌دهد که تغییر شکل گوجه از حالت گرد به بیضی باعث کاهش دقت جداسازی می‌شود.

شکل ۵- نمودار تاثیر پارامتر شکل گوجه فرنگی بر دقت جداسازی دستگاه

شکل ۶ نیز اثر ترکیب رنگ و اندازه را بر دقت دستگاه نشان می‌دهد. افزایش تعداد گوجه‌های کاملا سبز در هر دو مقدار اندازه گوجه باعث افزایش دقت تشخیص می‌شود. همچنین، در هر درصد رنگ با افزایش اندازه گوجه، دقت تشخیص افزایش می‌یابد.

شکل ۶- اثر متقابل رنگ – اندازه بر دقت تشخیص دستگاه

بحث

افزایش دقت جداسازی دستگاه با افزایش درصد سبز بودن کامل گوجه‌ها، متاثر از افزایش دقت تشخیص در این حالت است که با توجه به اختلاف بیشتر ولتاژ خروجی مدار پردازش سیگنال هد برای رنگ سبز و قرمز نسبت به سایر رنگها (معیار طراحی مدار تشخیص و مقایسه رنگ) قابل توجیه می‌باشد.

بزرگتر شدن گوجه باعث می‌شود که گوجه سنگین‌تر شده و دریچه قدرت لازم جهت انتقال آن به مسیر مورد نظر را نداشته و مسیر گوجه تا حدی به طرفین متمایل گردد که علت اصلی کاهش دقت جداسازی است.

با افزایش بیش از حد شیب، سرعتگیر نصب شده در بالای لوله سقوط به درستی عمل نکرده و گوجه با یک مولفه سرعت رو به پایین به داخل لوله سقوط منتقل می‌شود. با توجه به تنظیم زمانی مدار بیرون‌انداز بر اساس سقوط گوجه تقریبا" از حالت سکون، امکان این که در شیب زیاد گوجه سریعتر از زمان بسته شدن دریچه از منطقه بیرون‌انداز خارج شود بسیار زیاد است و این علت اصلی کاهش دقت جداسازی است.

علت کاهش دقت جداسازی دستگاه با تغییر شکل گوجه از حالت گرد به بیضی آن است که اگر گوجه از طرف قسمت بیضی شکل خود با دریچه برخورد کند، کندتر از حالتی که یک گوجه گرد با دریچه برخورد کند از مسیر خارج می‌شود. این تاخیر خروج به دلیل برگشت سریع دریچه به وضعیت اولیه خود، باعث نامنظم شدن عمل جداسازی و حرکت گوجه‌ها در مسیرهای مربوط به خود با توجه به رنگشان می‌گردد.

بزرگتر شدن گوجه باعث می‌گردد که تقریبا تمام سطح دهانه دید توسط گوجه پوشانده شده و امکان دریافت پرتوهای نور منعکس شده از دیواره‌های لوله سقوط به وسیله هد اپتیک کاهش یابد. بنابراین دقت تشخیص بیشتر می‌شود. علت کاهش جزئی دقت تشخیص در سطح ۹۰٪ سبز بودن با افزایش اندازه، می‌تواند به دلیل ایجاد سایه بیشتر که بر روی پس‌زمینه لوله سقوط ایجاد می‌گردد، بوده که ممکن است در تشخیص رنگ واقعی اختلال به وجود آورد.

با توجه به شکل ۶، بهترین حالت دسترسی به بالاترین دقت تشخیص دستگاه، حالت ۹۰٪ سبز بودن و اندازه کوچکتر از $۶cm$ است. این حالت با توجه به شکلهای ۲ و ۳ برای دقت جداسازی نیز صادق می‌باشد.

به طور کلی ارزیابی دستگاه حاکی از آن است که کمترین دقت دستگاه در ترکیب حالتهایی است که شیب سیستم انتقال در آن ۵۰ درجه یا بیشتر باشد. بدترین حالت ممکن زمانی است که شیب ۵۰ درجه یا بیشتر، اندازه گوجه در محدوده ۸-۶ سانتی‌متر، درصد سبز بودن گوجه‌ها کمتر و شکل گوجه بیضوی باشد. در سایر حالات، عملکرد دستگاه از نظر دقت تشخیص و جداسازی بالاتر از ۸۰ درصد بوده و دارای کارآیی قابل قبول می‌باشد. در حالت شیب کمتر سیستم انتقال (کمتر از ۵۰ درجه)، اندازه گوجه در محدوده ۶-۴ سانتی‌متر، درصد سبز بودن بیشتر و شکل کروی گوجه، دقت‌های دستگاه بالای ۹۰٪ است. با افزایش زمان تاخیر در باز یا بسته بودن دریچه (تنظیم مدار زمانبندی کنترل بیرون‌انداز)، می‌توان از کاهش دقت جداسازی دستگاه در حالتهای اندازه بزرگ گوجه ($۸-۶cm$) و شکل بیضی آن که باعث تاخیر در خروج گوجه می‌شوند، جلوگیری کرد.

فهرست منابع

۱. **جمشیدی، ب، مینایی، س و صرامی، ش** (۱۳۸۱). دستگاه اپتوالکترونیک تشخیص و جداسازی میوه‌ها بر اساس رنگ. اختراع ثبت شده به شماره ۲۸۴۲۱ در اداره ثبت شرکتها و مالکیت‌های صنعتی.

2. ***Heron, J. R, and Zachariah, G. L.*** *(1974). Automatic sorting of processing tomatoes. TRANSACTIONS of the ASAE, 5(17):987- 92.*

3. ***Hoover, M. C. and Codding, E. M.*** *(1976). Color sorting apparatus. U. S. Patent, No 3980181. http://www.uspto.gov/.*

4. **Husome, R. G., Fleming, R. J. and Swanson, R. E.** *(1978). Color sorting system. U. S. Patent, No 4131540. http://www.uspto.gov/.*

5. **Moini, S. and O`Brien, M.** *(1978). Tomato color measurement versus maturity. TRANSACTIONS of the ASAE,* **4***(21): 797-800.*

6. **Perkins, J. R.** *(1976). Optical system to optimize field of view uniformity in a multi – color produce sorter. U. S. Patent, No 3981590. http://www.uspto.gov/.*

7. **Sarkar, S. C. and O`Brien, M.** *(1975). Measurement of power spectra for optoelectronic sorting of tomatoes. TRANSACTIONS of the ASAE,* **1***(18): 177-80.*

8. **Sherwood, J. R.** *(1976). Produce grader. U. S. Patent, No 3944819. http://www.uspto.gov/.*

9. **Stephenson, K. Q.** *(1974). Color sorting system for tomatoes. TRANSACTIONS of the ASAE,* **6***(17): 1185-86.*

Effects of fruit and machine parameters on accuracy of an automatic tomato color sorting system

Abstract:

An automatic fruit color sorting system should have high operation accuracy as well as high speed and capacity. In order to improve the accuracy, it is useful to investigate the effect of important parameters on system performance.

The objective of this research is thus to determine the effects of fruit and machine parameters on detection and ejection accuracy of an optoelectronic tomato color sorting machine.

In this research, the effect of three independent variables on detection and ejection accuracy of the system has been evaluated. Independent variables and their levels are: percentage of green tomatoes (at three levels of 30%, 60% and 90%), the fruit size (at two levels of 4-6 and 6-8 cm), shape of tomatoes (spherical and ellipsoidal), and slope of the fruit conveyor system (at three levels of 20, 35 and 50 degrees).

Results of performance tests indicated that this system could detect and sort red tomatoes from green, yellow and white ones. The evaluated data from this system show that effect of color (percentage of green tomatoes among non red ones), slope of the conveyor system, and tomato size on detection and ejection accuracy and interaction effects of color-size on color detection accuracy of the system were significant ($p< 0.05$). Based on the results, the highest level of accuracy in color detection for non red tomatoes is associated with slopes lower than 50˚ and color-size combination 90% green – 4-6cm size range. The highest ejection accuracy was achieved at slopes lower than 50˚, 4-6cm size range, the highest green percentage (90%), and spherical shape of tomato.

Keywords:
sorter, tomato, evaluation, color