سیستم اپتوالکترونیک تشخیص رنگ محصولات کشاورزی[1]

بهاره جمشیدی، سعید مینایی و شهریار صرامی

۱- چکیده:

تحقیق حاضر به منظور ارائهٔ روشی مناسب برای تشخیص رنگ محصولات کشاورزی مانند گوجه‌فرنگی، سیب، فلفل دلمه‌ای، و پرتقال بر اساس ویژگی‌های بازتاب نور از سطح محصول و ایجاد تصویر از آن است. به این منظور، طرحی مناسب از یک سیستم تشخیص رنگ برای تفکیک رنگ قرمز از سبز و سایر رنگ‌ها ارائه شد. این سیستم شامل هد اپتیک حسگر رنگ و مدار پردازش الکترونیکی تشخیص رنگ است. آزمایش حسگر فوتوکانداکتیو انتخاب شده به عنوان یکی از اجزای هد اپتیک، نسبت به رنگ‌های مختلف در فواصل مختلف شئ تا حسگر، نشان داد که مقاومت حسگر مورد نظر برای رنگ‌های آبی و سبز بیش از سفید، زرد، و قرمز است و این اختلاف با افزایش فاصلهٔ شئ رنگی از حسگر بیشتر می‌شود. با تغییر مقاومت پتانسیومتر، می‌توان سیستم را برای تشخیص رنگ‌های دیگر تنظیم کرد. بنابراین، سیستم طراحی‌شده به راحتی قابل‌استفاده برای تفکیک گوجه‌فرنگی‌های قرمز از سبز، زرد، و سفید؛ پرتقال نارنجی از سبز؛ سیب قرمز از زرد و سبز و غیره است. آزمایش‌های انجام‌شده به منظور بررسی عملکرد سیستم و تأثیر عوامل محصول و شدت نور محیط همچنین اندازهٔ و شکل محصول بر دقت تشخیص رنگ سیستم، نشان داد که اثر تک‌تک این پارامترها و اثر متقابل آنها بر دقت تشخیص معنی‌دار نیست و سیستم قادر است در شرایط متفاوت، رنگ را تشخیص دهد.

۲- واژگان کلیدی:

اپتیک، تشخیص رنگ، طراحی و ساخت، محصولات کشاورزی.

۱- برگرفته از پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- به ترتیب کارشناس ارشد از دانشگاه تربیت مدرس، کرج بلوار شهید فهمیده، مقابل بانک کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، صندوق پستی ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰-۰۲۶۱، دورنگار: ۲۷۰۶۲۷۷-۰۲۶۱، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس و کارشناس ارشد از دانشگاه تربیت مدرس

© 2004,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۳- پیشگفتار:

رنگ یکی از خواص فیزیکی محصولات کشاورزی است که در بسیاری از محصولات نشانهٔ مرحلهٔ رسیدگی و شاخصی از کیفیت آن است. بنابراین، تشخیص رنگ محصولات به منظور جداسازی براساس رنگ (Color Sorting) و آماده‌سازی محصول برای مراحل بعدی فرآوری، اهمیت ویژه‌ای دارد. به عنوان مثال، تشخیص و تفکیک گوجه‌فرنگی سبز از قرمز به منظور حفظ کیفیت محصول و فرآوری آن جهت عرضه به بازار حائز اهمیت است.

تشخیص و تفکیک محصولات کشاورزی بر اساس رنگ به شیوهٔ دستی و با استفاده از نیروی کارگر نیاز به وقت و هزینه زیادی دارد. امروزه استفاده از بینایی الکترونیکی برای ساخت دستگاه‌های تشخیص رنگ مورد توجه است. اساس کار این سیستم‌ها استفاده از حسگرهای نوری و ویژگی‌های عبور نور از محصول [٤ و ٩] یا بازتاب نور از آن [٨ و ١١] است.

سیستم‌ها شامل دو قسمت هد اپتیک و کنترل الکترونیکی هستند که در بخش اپتیک، منبع نوری محصول را روشن می‌کند و نور بازتاب شده را دو حسگر نوری پس از عبور از پالایشگرهای سبز یا قرمز، دریافت می‌کنند. مجموعه حسگرها و پالایشگرهای مربوط به هر یک در محفظه‌ای تاریک قرار دارند و خروجی حسگرها به یک مقایسه‌گر به منظور تعیین رنگ محصول فرستاده می‌شود [١٠].

در سیستم ساخته‌شده، هد اپتیک شامل دو عدسی همگرا و یک صفحهٔ محدودکننده است که باعث می‌شود نور بازتاب‌شده از محصول به طور مستقیم به یک مقسم برسد که نور را به دو پرتو تقسیم می‌کند. حسگرهای نوری از نوع فوتو ولتایی[1]، این پرتوها را پس از عبور از پالایشگرهای سبز یا قرمز، دریافت می‌کنند [٦].

در سیستم دیگری، هد اپتیک بر اساس پدیدهٔ ایجاد تصویر طراحی شده است به گونه‌ای که تصویر بر یک صفحهٔ پخش‌کننده ایجاد و بازتاب نور از آن، پس از برخورد به یک آینه، به دو پرتو تقسیم و هر پرتو را یک حسگر نوری از نوع فوتومولتی‌پلایر[2] دارای پالایشگرهای سبز یا قرمز دریافت می‌کند [٧].

تحقیقات جدید برای تشخیص رنگ محصول به سمت برنامه‌ریزی‌های کامپیوتری و پردازش تصویر سوق یافته‌است. در یک دستگاه نمونه، محصول در محل بازرسی قرار می‌گیرد، دوربین از آن عکس گرفته، تصویر آن بر روی مونیتور ظاهر می‌شود. سپس بر اساس مدل‌های رنگ استاندارد، تصویر مورد نظر، پردازش و به این ترتیب رنگ محصول تشخیص داده می‌شود.

از آنجا که در ایران در این زمینه تحقیقی نشده است و فناوری آن در کشور وجود ندارد، در این تحقیق به منظور طراحی یک سیستم تشخیص رنگ مناسب، ابتدا انواع سیستم‌های ساخته شدهٔ قبلی بر اساس ویژگی‌های انعکاس نور بررسی شد، سپس طرح جدیدی مبتنی بر ویژگی‌های انعکاس نور از

1- Photo Voltaic 2- Photomultiplier

سطح محصول و پدیدهٔ ایجاد تصویر ارائه شد و به اجرا در آمد.

۴- مواد و روش‌ها

- هداپتیک

از آنجا که محصولات کشاورزی خیلی چگال هستند، میزان نور عبورکرده از آنها کم می‌باشد. به همین دلیل، طراحی هد بر پایهٔ ویژگیهای انعکاس نور از سطح محصول بنا نهاده شد. منبع نور به‌کاررفته در این طرح یک لامپ رشته‌ای معمولی (V225-215، W15) است که تمام طول موجهای مرئی را در بردارد.

در اثر برخورد نور منبع با محصول، طول‌موج‌های همرنگ محصول از سطح آن بازتاب و سایر رنگ‌ها جذب می‌شوند و مقدار کمی از آنها عبور می‌کند. بر این اساس، به منظور تفکیک رنگ قرمز از سبز و تهیهٔ حسگر رنگ می‌توان از دو پالایشگر یا صافی نوری سبز و قرمز استفاده کرد و طول موج‌های خروجی از آنها را به دو حسگر نوری فرستاد. بنابراین، هر حسگر نوری میزان نور عبورکرده از پالایشگر مقابل خود را دریافت و متناسب با آن نوعی عکس‌العمل الکتریکی تولید می‌کند که در مدار پردازش الکترونیکی قابل استفاده خواهد بود.

محصولات کشاورزی عموماً سطوح منحنی شکل دارند و بازتابش نور از سطح آنها منظم نیست، بنابراین برای این که در هر لحظه شدت نور بازتاب شده از هر نقطهٔ محصول به سمت هر دو حسگر یکسان باشد، از پدیدهٔ ایجاد تصویر به کمک خواص عدسی همگرا استفاده شد. برای ایجاد تصویری حقیقی و به اندازه خود شئ در طرف دیگر عدسی، فاصلهٔ محصول و صفحهٔ تصویر به اندازهٔ دو برابر فاصله کانونی (f) 2 در نظر گرفته شد [۳].

در انتخاب حسگر نوری مناسب، انواع مختلف آن شامل فوتومولتی‌پلایر، فوتوترانزیستور[1]، فوتودیود[2]، فوتوولتایی، و فوتوکانداکتیو[3] مد نظر قرار گرفت. به دلیل بالابودن قیمت حسگر فوتومولتی‌پلایر، مناسب نبودن فوتودیود برای تحریک با نور مرئی، بیشتر بودن واکنش حسگر فوتوترانزیستور با پالایشگر قرمز نسبت به حالتی که دارای پالایشگر سبز است، و اختلاف ناچیز جریان خروجی حسگرهای فوتوولتایی (از نوع موازی) دارای پالایشگرهای سبز و قرمز (که طی بررسی‌های اولیه به‌دست آمد) باعث شد، این حسگرها در این طرح مناسب تشخیص داده نشوند. بنابراین، از یک حسگر فوتوکانداکتیو (Photo-Conductive) از نوع سلول نوری سولفیدکادمیم (CdS) سری MPY (MPY-20C) با مقطع دایره‌ای شکل به قطر ۲ سانتیمتر به عنوان حسگر نوری استفاده شد. این حسگر نوعی ابزارالکتریکی غیرفعال است که با افزایش شدت نور، مقاومت آن کاهش می‌یابد و زمان پاسخ‌دهی نسبتا" کوتاه در حد چند میلی‌ثانیه دارد [۲]. از مهمترین مزایای این حسگرها نسبت به حسگرهای دیگر، تنوع شکل و اندازه، قیمت مناسب، و نصب آسان آنهاست. انتخاب این حسگر با قطر مقطع زیاد، این امکان را به وجود می‌آورد که از سطح مقطع آن به عنوان صفحهٔ تصویر استفاده شود.

به منظور انتخاب عدسی با فاصلهٔ کانونی مناسب، مقاومت این حسگر نسبت به رنگ‌های

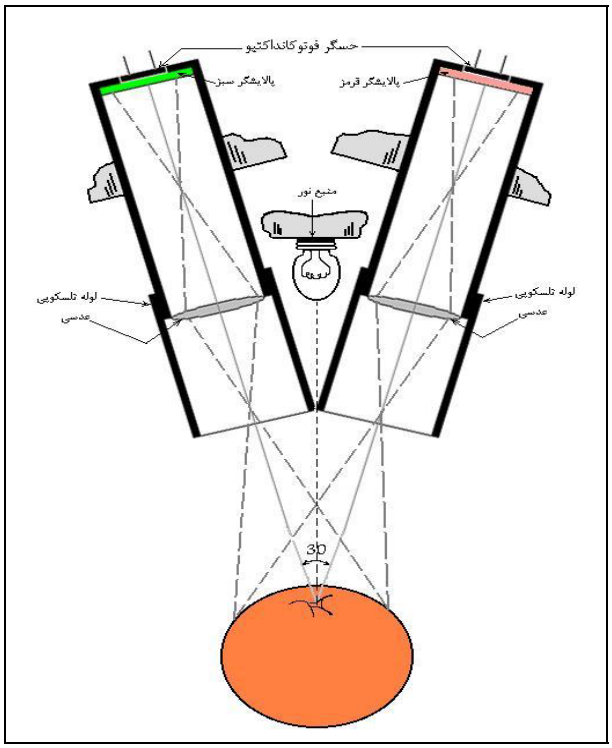
1- Photo Transistor 2- Photo Diode 3- Photo Conductive

مختلف در فواصل مختلف شئ تا حسگر به کمک مولتی‌متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در بخش یافته‌ها آورده شده‌است.

پالایشگرهای سبز و قرمز برای استفاده دراین طرح از نوع نوار باریک با عرض ۱۰ نانومتر، برای طول موج‌های ۵۵۰ و ٦٤٠ نانومتر به ترتیب برای سبز و قرمز انتخاب شدند.

شکل شمارهٔ ۱، شیوهٔ اپتیکی قرار گرفتن اجزای هداپتیک طراحی‌شده در کنار یکدیگر را نشان می‌دهد. در این شیوهٔ اپتیکی، که تاکنون برای این منظور به کاربرده نشده است، هر حسگر نوری و پالایشگر مربوط به آن همراه با یک عدسی همگرا در یک محفظه تلسکوپی جداگانه قراردارد. محفظهٔ تلسکوپی به منظور تنظیم اولیهٔ فاصلهٔ عدسی تا حسگر و محل قرارگرفتن محصول به کاربرده شد. قسمت کشویی محفظه مانع از وارد شدن مستقیم نور لامپ به داخل محفظه‌ها می‌شود.

برای اینکه دو حسگر دقیقاً یک نقطه از محصول را همزمان مشاهده کنند، دو محفظه به‌گونه‌ای با کمترین زاویهٔ ممکن در کنار هم قرار داده شدند که محل تقاطع خطوط محوری هر دو لولهٔ تلسکوپی دقیقاً در فاصلهٔ 2f دو عدسی، یعنی در محل قرارگرفتن محصول، باشد. بدین ترتیب، زاویهٔ بین خطوط محوری لوله‌های تلسکوپی ۳۰ درجه به دست آمد. موقعیت قرار گرفتن منبع نور به‌گونه‌ای تعیین شد تا نور حاصل از آن تنها باعث روشن شدن کامل محصول شود و به‌طور مستقیم وارد هیچ یک از محفظه‌ها نشود.



شکل شماره ۱- هد اپتیک طراحی و ساخته شده

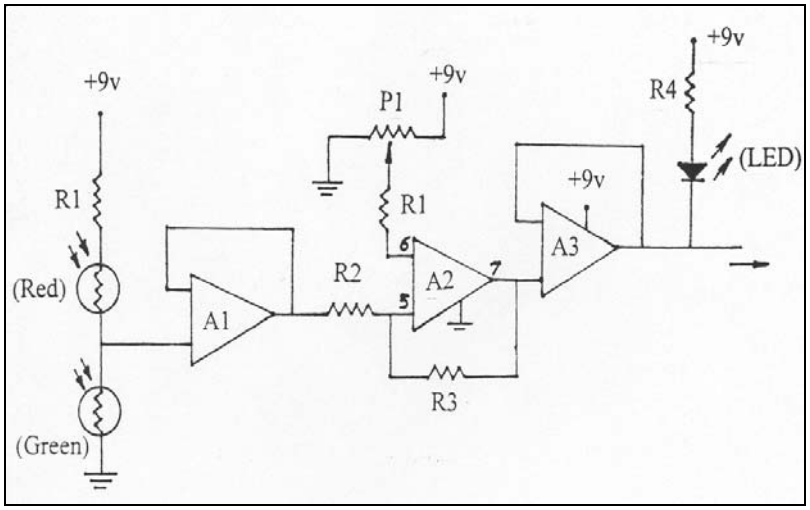
- مدار پردازش الکترونیکی

حسگرهای نوری فوتوکانداکتیو با دریافت نور مرئی مانند یک مقاومت متغیر عمل می‌کنند و اگر با یک منبع ولتاژ تحریک شدند از تغییر مقاومت آنها متناسب با شدت نور دریافتی، می‌توان برای کنترل جریان و ولتاژ مدار الکترونیکی استفاده کرد. بنابراین، برای تغذیهٔ مدار الکترونیکی تشخیص و حسگرها، از یک منبع ولتاژ V9 استفاده شد و دو حسگر نوری (همراه پالایشگرهای مربوط به خود)، به عنوان دو مقاومت و به شیوهٔ ایجاد مقسم ولتاژ در مدار قرار داده‌شدند. به‌این‌ترتیب، دامنهٔ سیگنال ورودی با ضریبی که این مقاومت‌ها تعیین می‌کنند، کاهش می‌یابد [۱].

$$Vout = Vin \times Rg / (Rg + Rr) \qquad (۱)$$

در این رابطه، Vout ولتاژ خروجی مقسم، Vin ولتاژ منبع تغذیه، Rg مقاومت حسگر با پالایشگر سبز، و Rr مقاومت حسگر با پالایشگر قرمز است. براین اساس طبق آزمایش، ولتاژ خروجی مقسم برای رنگ‌های مختلف اشیا اندازه‌گیری شد. نتایج در بخش بعد ذکر شده است.

خروجی حاصل از مقسم ولتاژ به یک مدار اشمیت‌تریگر فرستاده شد تا با مقدار از پیش تعیین‌شده (مثلاً مربوط به رنگ قرمز)، مقایسه شود و در صورت بیشتر شدن ولتاژ خروجی مقسم از ولتاژ معیار، خروجی به‌طور لحظه‌ای یک و در غیر این صورت، صفر (مربوط به رنگ غیر قرمز) شود. وظیفهٔ دیگر مدار اشمیت‌تریگر، تبدیل موج آنالوگ به دیجیتال است که با بازخورد مثبت تأمین شده است. مدار الکترونیکی تشخیص رنگ در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است.



شکل شمارهٔ ۲- مدار الکترونیکی تشخیص رنگ

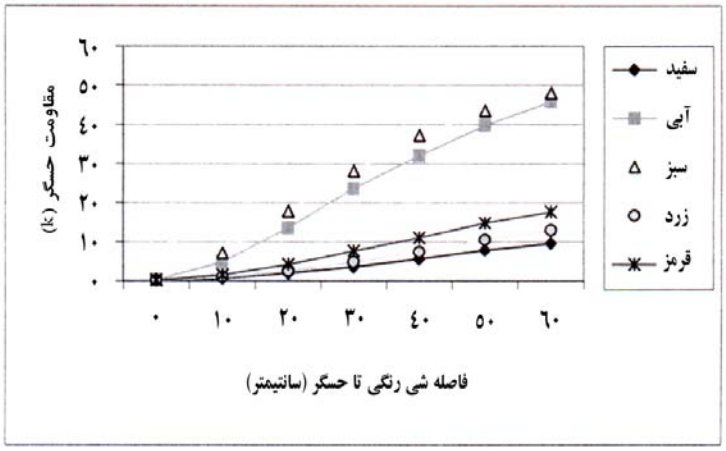
پایهٔ ۵ (Trigger) تقویت کنندهٔ A2، سیگنال مربوط به حسگرها را دریافت و با پایهٔ ٦ مقایسه می‌کند. سیگنال از پیش تعیین شده پایهٔ ٦ با تغییر دادن مقاومت P1 (پتانسیومتر) قابل کنترل است. درصورتی‌که این سیگنال مربوط به رنگ قرمز باشد، تنها تساوی یا بیشتر بودن ولتاژ ورودی (۵) نسبت به پایهٔ مقایسه (٦) باعث می‌شود در خروجی اشمیت‌تریگر یعنی پایهٔ ۷، پالس یک و در غیر این صورت پالس صفر مربوط به رنگ غیر قرمز ایجاد شود. در این حالت، دیود نورانی (LED) مدار روشن می‌شود. قبل و بعد از مدار اشمیت‌تریگر، از دو تقویت کنندهٔ عملیاتی غیر معکوس‌کننده (A2,A3) با بهرهٔ واحد (بافر) به منظور ایزوله کردن مدار، استفاده شد.

- آزمون سیستم

آزمون دستگاه به منظور اطمینان از عملکرد سیستم و تاثیر عوامل نوع محصول در چهار سطح (گوجه‌فرنگی، فلفل دلمه‌ای، سیب، و شلیل) و شدت نور محیط در دو سطح (تاریکی و روشنایی) بر دقت دستگاه، در قالب طرح فاکتوریل و با سه تکرار اجرا شد. این آزمایش‌ها برای تفکیک میوه‌ها به دو دسته رنگی قرمز یا نارنجی و سبز یا سبز متمایل به زرد و در هر بار آزمایش با ۱۰ عدد میوه از هر نوع انجام گرفت. همچنین، برای تعیین تأثیر عوامل شکل و اندازهٔ محصول بر دقت سیستم، یک سری آزمایش نیز روی محصول گوجه‌فرنگی در دو سطح شکل (گرد و بیضی)، دو سطح اندازه بزرگترین بعد محصول (٦ تا ۸ سانتیمتر و٤ تا ٦ سانتیمتر)، و سه تکرار در قالب طرح فاکتوریل اجرا شد. به گونه‌ای که در هر آزمایش ۱۰ گوجه انتخاب شد که ٤۰ درصد آنها غیرقرمز بود. به این ترتیب در همهٔ آزمایش‌ها با عبور دادن محصول از مقابل هد اپتیک، با توجه به عمل دیود نورانی (LED)، درصد دقت تشخیص رنگ اندازه‌گیری شد.

۵- یافته ها:

به منظور انتخاب اجزای هد اپتیک در هنگام طراحی، یک سری آزمایش انجام شد. شکل شمارهٔ ۳ مقاومت حسگر فوتوکانداکتیو انتخاب شده را نسبت به رنگ‌های مختلف، در فواصل مختلف شئ تا حسگر نشان می دهد.

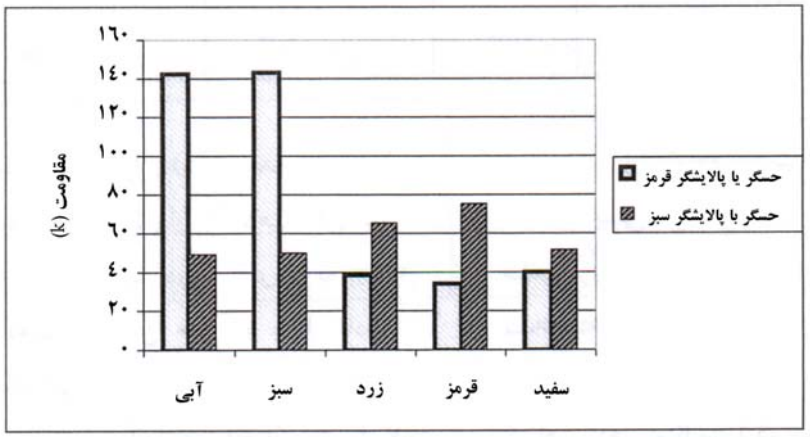


شکل شمارهٔ ۳- مقاومت حسگر فوتو کانداکتیو نسبت به رنگ اشیاء در فواصل مختلف تا حسگر

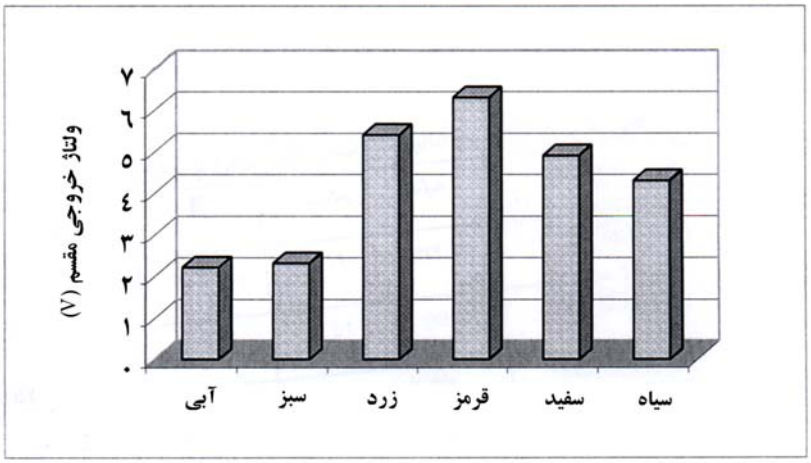
مقاومت حسگر موردنظر برای رنگ‌های آبی و سبز بیش از سفید، زرد، و قرمز است و این اختلاف با افزایش فاصلهٔ شئ رنگی از حسگر بیشتر می‌شود. اما چون افزایش بیش از حد فاصلهٔ شئ تا حسگر باعث اشغال فضای زیاد توسط هد می‌شود، این فاصله در حد ٤٠ سانتیمتر درنظرگرفته‌شد و از یک عدسی همگرا با فاصلهٔ کانونی ۹/۵ سانتیمتر استفاده گردید. بنابراین، با توجه به قرارگیری حسگر و شئ در فاصلهٔ 2f عدسی (۱۹ سانتیمتر)، فاصلهٔ بین حسگر و شئ ۳۸ سانتیمتر به دست آمد که در این فاصله با توجه به شکل شمارهٔ ۳، تفاوت رنگ‌های سبز و قرمز کاملاً مشهود است. شکل شمارهٔ ٤ نمودار مقاومت حسگرها با پالایشگرهای سبز و قرمز را نسبت به رنگ‌های مختلف اشیاء نشان می‌دهد.

بر این اساس، مقاومت حسگر با پالایشگر قرمز برای رنگ‌های آبی و سبز زیاد و برای رنگ‌های زرد و قرمز کم است. بنابراین، مطابق انتظار، پالایشگر قرمز از عبور رنگ‌های سبز و آبی جلوگیری و آنها را جذب می‌کند. به همین ترتیب، مقاومت حسگر با پالایشگر سبز برای رنگ قرمز بیش از سایر رنگ‌هاست که نشان می‌دهد، پالایشگر سبز رنگ قرمز را جذب می‌کند و رنگ‌های سبز و آبی و تا حدی زرد را از خود عبور می‌دهد.

افزون بر این، اختلاف بین مقاومت دو حسگر با پالایشگرهای سبز و قرمز نسبت به یک رنگ، می‌تواند معیاری مناسب برای طراحی مدار الکترونیکی مقایسه و تشخیص رنگ باشد که به‌همین‌دلیل در طراحی مدار پردازش الکترونیکی، حسگرها (همراه پالایشگرهای مربوط به خود)، به عنوان دو مقاومت و به شیوه ایجاد مقسم ولتاژ در مدار قرارداده شدند. شکل شمارهٔ ۵ نمودار مقایسه ولتاژ خروجی مقسم ولتاژ را برای رنگ‌های مختلف اشیا نشان می‌دهد. بر این اساس، ولتاژ خروجی مقسم، وقتی محصول رنگ قرمز دارد، بیش از سایر رنگهاست که اساس تفکیک رنگ و طراحی مدار تشخیص رنگ است.



شکل شمارهٔ ۴- مقایسه مقاومت حسگرها با پالایشگر سبز و قرمز نسبت به رنگ اشیاء



شکل شمارهٔ ۵- ولتاژ خروجی مقسم ولتاژ نسبت به رنگهای مختلف

نتایج آنالیز آماری داده‌ها مربوط به آزمون‌های سیستم با استفاده از نرم‌افزار SPSS، در جدول‌های شمارهٔ ۱ و۲ آورده شده است. اثرنوع محصول، شدت نور محیط، و اثر متقابل آنها (در جدول شمارهٔ ۱) و اثر پارامترهای شکل، اندازه، و اثر متقابل این دو بر دقت تشخیص رنگ در جدول شمارهٔ ۲ نشان داده شده است که در هر دو جدول مشاهده می‌شود که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

جدول شمارهٔ ۱- نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نوع محصول و شدت نور محیط بر دقت تشخیص

منابع تغییر	میانگین مربعات	F	Sig.
A نوع محصول	۰/۷۷۸ ns	۰/۰۱۳	۰/۹۹۸
B شدت نور محیط	۰/٦٦٧ ns	۰/۰۱۱	۰/۹۱٦
A*B	۱/۲۲۲ ns	۰/۰۲۱	۰/۹۹٦
خطا	۵۸/۷۰۸		

ns : نشانهٔ معنی‌دار نبودن در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول شمارهٔ ۲- نتایج آنالیز واریانس تأثیر اندازه و شکل بر دقت تشخیص

منابع تغییر	میانگین مربعات	F	Sig.
(C) اندازه	٦٩٠/٠٨٣ ns	٠/٩٧٦	٠/٣٥٢
(D) شکل	٤٢٠/٠٨٣ ns	٠/٥٩٤	٠/٤٦٣
(C*D)	٦٩٠/٠٨٣ ns	٠/٩٧٦	٠/٣٥٢
خطا	٧٠٦/٧٥٠		

ns : نشانهٔ معنی‌دار نبودن در سطح احتمال ۵ درصد.

۶- بحث:

در مدار الکترونیکی طراحی‌شده، با تغییر مقاومت پتانسیومتر می‌توان سیستم را برای تشخیص رنگ‌های مختلف تنظیم کرد. همچنین، شیوهٔ اپتیکی جدید این طرح، یعنی استفاده از دو محفظهٔ جداگانه برای هر حسگر، باعث می‌شود شدت نور دریافت‌شده توسط حسگرها به دلیل قرارگرفتن آنها در مسیر مستقیم نور، بسیار بیشتر از حالتی باشد که حسگرها در یک طرف محفظه یا با زاویه قرارمی‌گیرند. ضمناً، جداسازی محفظهٔ حسگرها سبب می‌شود هر دو حسگر بدون در نظرگرفتن پالایشگرها، میزان یکسانی نور از یک نقطهٔ محصول دریافت کنند. به‌این‌ترتیب از ایجاد تأخیر در دریافت یا کاهش شدت نور دریافت‌شده توسط حسگرها و نهایتاً تأخیر در تشخیص سیستم جلوگیری می‌شود.

معنی‌دار نبودن اثر نور محیط بر دقت دستگاه، با توجه به ایزوله کردن سیستم اپتیک از نور محیط با استفاده از محفظه‌های کاملاً تاریک و قرار دادن منبع نور هد به گونه‌ای که نور آن به طور مستقیم وارد محفظه‌ها نشود، قابل توجیه است. به این ترتیب، دستگاه برای جداسازی انواع میوه‌ها از قبیل سیب، شلیل، گوجه‌فرنگی، فلفل دلمه‌ای و غیره مناسب و عملکرد آن بی‌تأثیر از نور محیط می‌باشد. همچنین، نتایج آزمایش‌های سیستم به منظور بررسی چگونگی تأثیر پارامترهای شکل و اندازه (بزرگترین بعد محصول) بر دقت تشخیص سیستم، نشان داد که اثر این پارامترها بر دقت تشخیص در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست و عمل سیستم تشخیص رنگ طراحی شده، بی‌تأثیر از عوامل شکل و اندازه محصول است.

۷- توصیه و پیشنهاد:

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده به منظور تشخیص رنگ قرمز از سبز و سایر رنگ‌ها و همچنین تفکیک رنگ‌های دیگر از هم با تنظیم اولیه سیستم، بسیار مناسب است و عمل آن بدون تأثیرپذیری از شکل و اندازهٔ محصول

است. بنابراین، با توجه به قیمت مناسب قطعات مورد استفاده در این سیستم و نیاز فراوان به جداسازی اتوماتیک محصولات کشاورزی بر اساس رنگ در کشور به منظور حفظ کیفیت نهایی محصول، بسته بندی، صادرات، و رعایت اصول بهداشتی (که تاکنون در این زمینه تحقیقی صورت نگرفته)، استفاده از این سیستم به عنوان بخش تشخیص رنگ سیستم های جداساز و درجه بند محصول بر اساس رنگ، توصیه می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که چگونگی کارکرد آن برای سایر محصولات کشاورزی و تفکیک رنگ‌های دیگر بررسی شود.

۸- منابع:

۱- خوش‌کیش، ر. (مترجم). ۱۳۷۸. اصول و مبانی الکترونیک. چاپ سوم. انتشارات شایگان.

۲- محبت‌زاده، پ. (مترجم). ۱۳۸۰. مدارهای کاربردی الکترونیک نوری. چاپ اول. کانون نشر علوم.

۳- معتمدی، ا. ۱۳۸۰. نور هندسی. چاپ چهارم. انتشارات مؤسسه فرهنگی فاطمی. تهران.

4- Chen, P. and Nattuvetty, V. R. 1980. Light transmitance through a region of an intact fruit. Trans. of the ASAE. 2 (23), 519-522.

5- Choi, K., Lee, G., Han, Y. J. and Bunn, J. M. 1995. Tomato maturity evaluation using color image analysis. Trans. of the ASAE. 1 (38), 171-76.

6- Hoover, M. C. and Codding, E. M. 1976. Color sorting apparatus. U. S. Patent, No 3980181.

7- Husome, R. G., Fleming, R. J. and Swanson, R. E. 1978. Color sorting system. U. S. Patent, No 4131540.

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

9- Sarkar, S. C. and O'Brien, M. 1975. Measurement of power spectra for optoelectronic sorting of tomatoes. Trans. of the ASAE. 1 (18), 177-80.

10- Sherwood, J. R. 1976. Produce grader. U. S. Patent, No 3944819.

11- Von Beakmann, J. W. and Bulley, N. R. 1980. Greenhouse tomatoes: Size and color physical properties. Trans. of the ASAE, 6 (23), 1489-93.

Color Detection System for Agricultural Products Based on Electronic Vision

B. Jamshidi, S. Minaee and Sh. Sarami

Development of a suitable method for color sorting of agricultural products such as: tomato, apple and orange, based on surface reflection and image formation was the goal of this research. A suitable scheme of color differentiation using an optic head and electrical processing circuitry for separating red from green and other colors is presented. A photo-conductive transducer, electrical resistance of which varied with different colors, was selected as the sensor element of the optic head. Tests indicated that sensor resistance for blue and green was greater than that for yellow and red and furthermore, it increased with increasing distance of the object from the sensor. The system can easily be adjusted for other colors using potentiometer resistance change. Thus, the designed system can be used for separating red tomatoes from green ones, green oranges from orange ones, red apples from yellow and green ones, etc. Tests were conducted to check the system performance and to study the effect of some parameters such as type of fruit and ambient light intensity and so product shape and size on color detection accuracy of the system. Results indicated that main and interaction effects of these parameters on detection accuracy were not significant and the system is capable of color differentiation under varying working conditions.

Keywords: Agricultural Products, Color Detection, Design and Development, Optic