۲-۱۱) پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی بر روی استفاده از تکنیک‌های بینایی ماشین برای بررسی کیفیت محصولات کشاورزی انجام پذیرفته است.

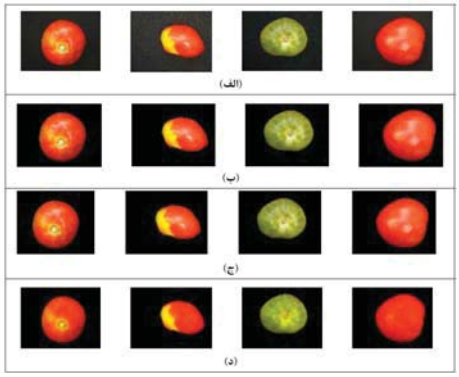
ولف[1] و همکاران (۱۹۸۷)، مطالعه‌ای بر اساس شکل فلفل سبز انجام دادند. مک کلور[2] و همکاران (۱۹۸۷)، جهت کنترل کیفیت سیب زمینی تکنیکی را بر اساس سایز، رنگ و شکل آن ارائه نمودند. استفنسون[3] و چامبرلین (۱۹۷۶)، معیارهای رنگ در دسته بندی گوجه فرنگی بر اساس انعکاس نور توسعه دادند. تاوو[4] و همکاران (۱۹۹۵)، به تحلیل تصاویر رنگی برای کلاس بندی سیب زمینی پرداختند و آن‌ها را به شش دسته، طبقه بندی کردند.

شادرو و همکاران (۱۳۸۶)، کنترل خودکار کیفیت گوجه فرنگی را بر اساس بکارگیری روش‌های LVQ[5]، MLP[6] و SVM[7] مورد بررسی قرار دادند (شکل ۲-۲۲). آن‌ها ابتدا تصاویر گوجه‌ها را که روی صفحه سیاهی (برای حداقل سازی انعکاس نور) قرار داشتند توسط دوربین دیجیتالی تهیه کردند و سپس عملیات حذف نویز با استفاده از عملیات مورفولوژیکی (فرسایش و گسترش)، حذف زمینه با استفاده از الگوریتم «سید احمد»، بهبود کنتراست و کاهش انعکاس نور با استفاده از الگوریتم وفقی را بر روی تصاویر انجام دادند. برای حذف انعکاس نور بر روی گوجه فرنگی ابتدا تصویر را به فضای HSI بردند و مقدار S برای پیکسل‌ها به میزان یکسانی برده می‌شوند و سپس تصویر را به فضای RGB بردند تا بر روی آن پردازش صورت گیرد.

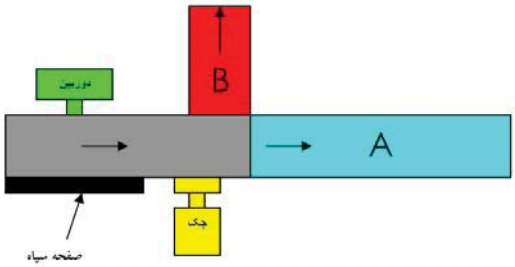
ویژگی‌های استخراج شده عبارتند از: میزان قرمزی و زردی که به صورت فازی بدست آمدند، میزان سبز بودن، ممان مرتبه اول، ممان مرتبه دوم، ممان مرتبه سوم، میانگین این سه ممان، میزان گرد بودن و مساحت. در این تحقیق، از ۱۴۲ عکس گوجه فرنگی در شرایط نوری متفاوت استفاده شده است. ۸۶ نمونه به عنوان داده آموزشی و ۵۶ نمونه به عنوان داده است مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از اعمال سه نوع دسته بندی کننده SVM و شبکه‌های عصبی LVQ و MLP روی این مجموعه داده، ارائه کردند. ویژگی‌های بدست آمده به دسته بندی کننده های متفاوت داده شد و نتایج بدست آمده مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت . نتایج آن‌ها نشان می‌داد که SVM، نسبت به روش‌های دیگر بهتر عمل می‌کند.

---

[1] Wolfe R.R
[2] McClure
[3] Stephenson
[4] Tao
[5] Learning Vector Quantization
[6] Multilayer Perceptron
[7] Support Vector Machine (بردارهای تکیه گاهی)



شکل ۲-۲۲ - (الف) تصاویر اولیه؛ (ب) حذف نویز با استفاده از عملیات مورفولوژیکی ؛ (ج) حذف زمینه با استفاده از الگوریتم سید احمد؛ (د) کاهش انعکاس نور با استفاده از الگوریتم وفقی.



شکل ۲-۲۳ - شماتیک سخت افزار مورد استفاده در تحقیق

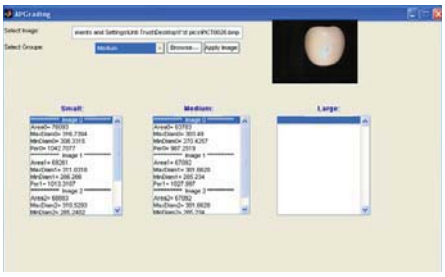
اشرفی زاده (۱۳۸۶)، کاربرد نوینی از پردازش تصویر در جدا سازی محصولات در نوار نقاله‌ها و روبات های صنعتی[1] را بررسی کرده است و پس از آن خلاصه‌ای از الگوریتم‌های مربوط به این دو کاربرد را آورده است. نرم افزار مورد استفاده برای نوشتن برنامه در این تحقیق «VB6» می‌باشد و از کامپوننت «ImageEnx» به منظور تهیه کردن تصاویر استفاده شده است. در این مقاله سنسورهای پردازش تصویر را سنسورهایی با قابلیت‌هایی معرفی کرده است که عملکرد روبات را افزایش می‌دهند. تعدادی جعبه کوچک و بزرگ بر روی نقاله در حرکت هستند (شکل ۲-۲۳). هدف آن است که جعبه‌های بزرگ به مسیر خود ادامه دهند و جعبه‌های کوچک با ضربه جک به مسیر دیگری منحرف شوند.

تصویر جسم مورد نظر از محیط تشخیص داده شده و سپس اطلاعات حاصل از عکس‌ها برای کنترل روبات پردازش می‌شوند. تصاویر پردازش شده به عنوان پیش خور برای کنترل روبات محسوب شده که به اصطلاح به آن «کنترل بر مبنای پردازش تصویر»[2] گفته می‌شود. به منظور ساده و دقیق‌تر شدن پردازش تصاویر، یک صفحه سیاه رو به روی دوربین (در طرف دیگر نقاله) قرار داده شده است. در پردازش تصویر، برای رسیدن به هدف مورد نظر از نوعی الگوریتم مقایسه‌ای استفاده شده است.

در این تحقیق در حالتی که دوربین تصویر برداری متحرک است؛ برای عملکرد بهتر و به خصوص در مواردی که جسم هدف نیز متحرک شتاب دار است، بهتر است سرعت حرکت دوربین در جهت مورد نظر با

[1] Manipulator
[2] Vision Based Control

توجه به فاصله ناحیه جسم تا ناحیه مرکزی تنظیم شود و هر چه فاصله بیشتر باشد، روبات هم سرعتش در آن لحظه بیشتر شود.



شکل ۲-۲۴ - دیالوگ آنالیز میوه بر اساس اندازه و یافتن مقدار آستانه‌ها برای هر متغیر

بازرگان لاری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی، به منظور جدا سازی سیب‌های مطلوب از غیر مطلوب یک سیستم بینایی ماشین جهت جدا سازی میوه بر اساس اندازه طراحی کردند و سپس مورد ارزیابی قرار دادند (شکل ۲-۲۴). از یک سکوی تصویر برداری، که بر قسمت فوقانی محفظه جانبی آن یک دوربین دیجیتالی، جهت اخذ تصویر استفاده کردند. نرم افزار با «Matlab» تهیه شد. سیب‌ها را طی دو آزمایش بر اساس ۴ معیار «محیط»، «مساحت»، «قطر کوچک» و «قطر بزرگ» به سه گروه کوچک و بزرگ و متوسط تقسیم بندی شدند. جهت تعیین اندازه واقعی محصول، سه راستای عمود بر هم سیب را اندازه گیری کردند و ریشه سوم حاصل ضرب آن‌ها را، به عنوان معیاری از اندازه واقعی میوه، تحت عنوان قطر هندسی متوسط، انتخاب کردند. میزان ضریب همبستگی مساحت، محیط، قطر بزرگ و قطر کوچک با مقدار معیار اندازه واقعی فیزیکی به ترتیب ۹۹٪، ۹۹٪ ، ۹۸٪ و ۹۹٪ بدست آمد. تمامی معیارها از درجه اطمینان بالایی جهت استفاده در جداسازی سیب بر اساس اندازه برخوردارند. در ارزیابی الگوریتم‌های اندازه طی دو آزمایش تعداد ۹۰ عدد سیب زرد در دو گروه ۴۵ تایی تهیه شد. انتخاب این سیب‌ها به گونه‌ای بود که بر اساس اندازه واقعی‌شان و به کمک تجربه شخصی به سه گروه متوسط و بزرگ، تقسیم بندی و بر چسب گذاری شدند. تعداد سیب‌های هر دسته مساوی بوده است. از میوه‌های تصویر «VGA»[1] گرفته شد. سه بعد عمود بر هم سیب توسط کولیس اندازه گرفته شد. قطر متوسط هندسی محاسبه شد.

در آخر نتایج تحقیق علاوه بر درصدهای ذکر شده، دقت ۱۰۰٪ برای جداسازی بر اساس هر چهار معیار حاصل شد. همچنین برنامه مذکور قادر است عمل جداسازی را برای دیگر میوه‌ها نیز انجام دهد.

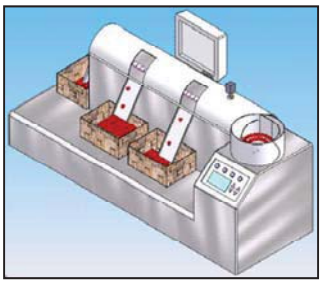
ژانگ[2] و همکاران (۲۰۰۹) در طرحی تحقیقاتی گوجه‌های گیلاسی را بعد از برداشت توسط تکنیک بینایی ماشین درجه بندی کردند. آن‌ها عنوان کردند که درجه بندی این محصول بعد از برداشت مرحله مهمی است. از هر گوجه گیلاسی سه تصویر از سه زاویه مختلف تهیه کردند که با این روش حدود ۹۰ درصد از سطح محصول را تصویر برداری شد. از هر تصویر ۹ خصوصیت بدست آمد. به منظور درجه

[1] 640*480
[2] Zhang

بندی به سه درجه (نارس، نیمه رسیده و رسیده) از روش‌های آنالیز اجزای اصلی (PCA[1]) و آنالیز تمیز خطی (LDA[2]) برای بررسی خصوصیات استفاده کردند. روش «PCA» نشان داد که گوجه رسیده از دو دسته دیگر قابل تشخیص است. تعداد ۴۱۴ گوجه فرنگی با این سیستم درجه بندی شدند، که تمامی آن‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده بودند. هر گوجه را مجزا شماره گذاری کردند. در سیستم از سه دوربین «CCD» رنگی مدل «SenTec STC-1000» استفاده کردند. همچنین از یک کارت تصویر « GRABLINK Value»، متصل به یک رایانه معمولی برای دریافت تصاویر برای پردازش استفاده شد (شکل ۲-۲۶). اندازه تصاویر «768*576» بود. تصاویر در فضای رنگی «RGB» تهیه شدند. سیستم نور پردازی از دو حلقه نوری «LED» داخل جعبه تصویر برداری تشکیل شده است. قبل از وارد شدن محصول به داخل جعبه، محصول را توسط یک سیستم جدا کننده روی نقاله قرار دادند، به طوری که میوه‌ها با هم همپوشانی نداشته باشند (شکل ۲-۲۵). دقت سیستم حدود ۹۴/۹٪ بود. سرعت درجه بندی نیز تعداد ۷ گوجه در ثانیه برآورد شده است.

آنها رنگ را یکی از معیارها برای بررسی رسیدگی گوجه‌ها معرفی کردند. از هر تصویر ۳ خصوصیت «R»، «G» و «B»؛ و در مجموع برای یک گوجه گیلاسی ۹ خصوصیت بدست آوردند. در آخر نتیجه گرفته شد که روش «LDA» توانایی بیشتری برای تشخیص سه درجه از هم را دارا است.

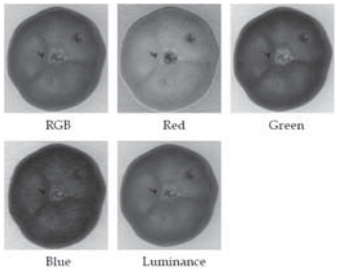
لینو[3] و همکاران (۲۰۰۸)، روش پردازش تصویر را برای درجه بندی گوجه و لیمو بررسی کردند. آن‌ها نرم افزاری را پیشنهاد کردند که یک سیستم درجه بند را قادر به تشخیص شکل، حجم، رنگ و عیوب احتمالی می‌کند. نام نرم افزار «ImageJ» است که اکثراً در کارهای پزشکی مورد استفاده می‌باشد. نرم افزار قادر به محاسبه حجم، سطح، میانگین‌ها، کشف مرزها، بهبود تصاویر و عملیات مورفولوژیکی با قالب‌های مختلف تصویر است. نرم افزار با زبان برنامه «Java» نوشته شده است. سیستم از یک دوربین «CCD» و یک رایانه شخصی تشکیل شده است. به دلیل اینکه نرم افزار مذکور تصاویر با فرمت «RGB» را پردازش می‌کند از دوربینی با این ویژگی استفاده کردند. قطر مرکزی تعداد ۶ لیمو را توسط یک کولیس دیجیتال اندازه گیری کردند. میوه‌ها توسط یک منبع نور سفید طبیعی نور پردازی شدند. مقدار «R^2=0.89» حاصل شد.



شکل ۲-۲۵ - شمای سیستم درجه بندی گوجه گیلاسی ساخته شده توسط ژانگ و همکاران

[1] Principle Component Analysis
[2] Linear Discriminate Analysis
[3] Lino

شکل ۲-۲۶ - نمونه تصویر تهیه شده از گوجه به همراه تصویر پردازش شده



شکل ۲-۲۷ - تصاویر بدست آمده از پردازش گوجه فرنگی در نرم افزار «ImageJ»

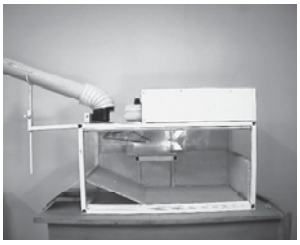
گوجه فرنگی نیز با ۵ بار آزمایش تحت شرایط قبلی تصویر برداری شد. نمودار هیستوگرام برای مقادیر سه‌گانه «RGB» تهیه شد. تصویر به حالت خاکستری درآورده شد و میانگین مقادیر و هیستوگرام بدست آمد (شکل ۲-۲۷).

با پیشرفت رسیدگی؛ شدت درخشندگی، شدت آبی و شدت سبز به مقدار حداکثر، تا نقطه عطف فرآیند رسیدگی محصول افزایش یافته‌اند و از آن نقطه فرآیندی کاهشی دارند در عین حالی که رنگ قرمز در حال افزایش است. در طی رسیدن گوجه فرنگی طبق یک فرآیند افزایشی رنگ قرمز و یک فرآیند کاهشی رنگ سبز، نشان دهنده شروع تولید لیکوپن و کاهش مقدار کلروفیل است. نتایج نشان داد که ارتباط سطح زیر میوه با قطر محاسبه شده در لیمو، نرم افزار را در محاسبه و تخمین قطر مرکزی لیمو پشتیبانی می‌کند.

پولدرا[1] و همکاران (۲۰۰۳)، در تحقیقی با استفاده از روش «ICA»[2] و تصاویر طیفی تهیه شده از گوجه فرنگی، این محصول را درجه بندی کردند. آن‌ها عنوان داشتند که تحلیل اجزای مستقل، یکی از پر کاربردترین روش‌های مورد استفاده برای تفکیک منبع کور[3] است. آن‌ها از این تکنیک برای تخمین مهم‌ترین جزئی که نقشی در رسیدگی میوه گوجه فرنگی دارد استفاده کردند. آن‌ها تعداد ۳۷ عدد گوجه فرنگی رسیده را که در تبدیل سبزی به قرمزی متفاوت بودند، تهیه کردند. دو روز بعد از برداشت از این گوجه‌ها تصاویر طیفی از آن‌ها تهیه شد. در کمتر از ۱۰ دقیقه بعد از عکس برداری نمونه‌ها را برای بررسی «HPLC»[4] در نیتروژن مایع منجمد کردند. تصاویر توسط وسیله‌ای به نام «ImSpector V7» با اسپکتروگراف همراه با یک «Qimaging PMI-1400 EC » و یک دوربین نیکون با ۵۵ میلی‌متر لنز تهیه شدند. برای هر ۳۷ گوجه فرنگی یک تصویر در اندازه «318*256» طیفی تهیه شد. تصاویر طیفی در گوجه فرنگی مورد بررسی قرار گرفتند. از هر تصویر ۱۰۴ پیکسل به صورت تصادفی جدا شدند. با تحلیل آن‌ها دو جزء مستقل یافته شد. این مؤلفه‌ها با طیف جذب واقعی از لیکوپن و کلروفیل شباهت دارند. تمرکز و غلظت[5] تصاویر این مؤلفه‌ها

[1] Poldera
[2] Independent Component Analysis
[3] Blind Source Separation
[4] High-performance liquid chromatography
[5] Concentration Images

نشان از افزایش یک ترکیب و کاهش دیگری در طول رسیدن دارد. اثبات کردند که این روش می‌تواند؛ با استفاده از غلظت و تمرکز کل مؤلفه و توزیع فضایی از غلظت به عنوان شاخص؛ در یک ماشین بدون ناظر مرتب سازی، بر اساس زمان واقعی، اجرا شود.



شکل ۲-۲۸ - دستگاه مورد ارزیابی

جمشیدی و همکاران (۱۳۸۴)، صحت تشخیص و جداسازی میوه گوجه فرنگی را توسط دستگاه اتوماتیک جدا ساز مورد ارزیابی قرار دادند. هدف آن‌ها تعیین اثر پارامترهای میوه و ماشین بر دقت تشخیص و جداسازی دستگاه اپتوالکترونیک جدا ساز گوجه فرنگی بر اساس رنگ می‌باشد. این دستگاه شامل یک هد اپتیک است که وظیفه ایجاد تصویر محصول را بر عهده دارد. داده‌های خروجی هد اپتیک در یک سیستم کنترل الکترونیکی، پردازش شده و فرمانی مبنی بر حذف یا عدم حذف محصول، با توجه به رنگ تشخیص داده شده به یک مکانیزم بیرون انداز الکترومکانیکی ارسال می‌کند و عمل جداسازی صورت می‌گیرد (شکل ۲-۲۸). در این تحقیق اثر سه متغیر مستقل بر دقت تشخیص و نیز دقت جداسازی دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. سطوح متغیرهای مستقل عبارتند از: درصد سبز بودن گوجه‌های غیر قرمز (در سه سطح ۳۰٪، ۶۰٪ و ۹۰٪)، اندازه میوه (در دو سطح ۴-۶ سانتی متر و ۶-۸ سانتی متر)، شکل گوجه فرنگی (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 دستگاه مورد بررسی 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 جداسازی، اثر پارامتر شکل گوجه بر دقت جداسازی و اثر متقابل رنگ – اندازه بر دقت تشخیص رنگ دستگاه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار 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 ۶ سانتی متر (بزرگ‌ترین بعد گوجه) به دست آمد. بالاترین دقت جداسازی سیستم در شیب‌های کمتر از ۵۰ درجه، اندازه‌های کمتر ۶ سانتی متر، درصد سبز بودن بیشتر ۹۰٪ و شکل کروی گوجه حاصل گردید.

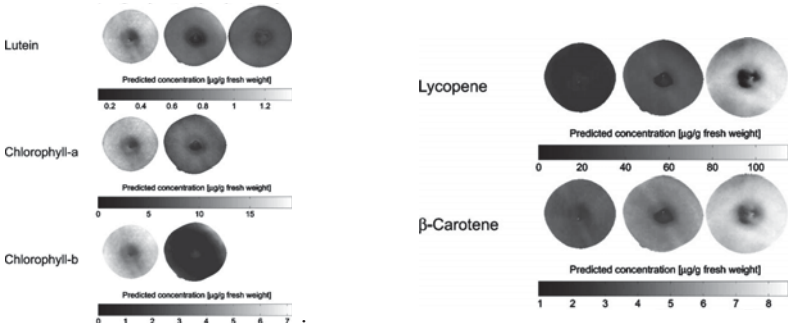
خروجی هد اپتیک نوعی سیگنال الکتریکی است که به منظور تشخیص رنگ به یک قسمت مقایسه و کنترل الکتریکی فرستاده می‌شود. متناسب با رنگ تشخیص داده شده فرمانی مبنی بر حذف یا عدم حذف محصول به مکانیزم بیرون انداز الکترومکانیکی شامل موتور الکتریکی «DC» و دریچه فرستاده شده و محصول را از مسیر اصلی حرکت منحرف می‌سازد.

کادر[1] و همکاران (۱۹۷۸)، تحقیقی در مورد رنگ گوجه فرنگی توسط بینایی ماشین انجـام دادنـد. رنگ را توسط باز تابندگی یک دستگاه اسپکترومتر به نام « Agtron E5-W » تخمین زدنـد. ایـن روش یـک روش غیر مخرب برای سنجش رنگ میوه گوجه فرنگی و شاخص کلاس رسیدگی و تغییر در آن است. مقادیر بدست آمده میانگین سبزی (۵۴۶ نانومتر) و قرمزی (۶۴۰ نانومتر) طیف رنگ تمام میوه را که توسط دستگاه چرخانده می‌شود را نشان می‌دهند. دستگاه منابع نوری نئون و جیوه و یک فیلتر صاف کننده طول موج بلند دارد. همچنین ابزاری برای چرخاندن میوه و یک لنز برای ایجاد نور بازتابی روی سنسور دارد. دسـتگاه کمتـر از ۳۰ ثانیه نور بازگشتی را دریافت و میانگین رنگ کل میوه را محاسبه می‌کند. میوه‌ها به صورت تجربی بعد از برداشت از ۶ مرحله رشد گوجه فرنگی تحت شرایط نوری یکسان درجه بندی شدند. برای هر میـوه مقـدار رنگ میانگین و انحراف معیار را محاسبه کردند. مقدار «R^2» های بدست آمده عـالی بودنـد. جهـت میـوه در گردش حین اندازه گیری تأثیر ناچیزی روی خواندن باز تابندگی برای همه کلاس‌ها داشت. آن‌ها این روش را یک روش سریع، غیر مخرب، هدفمند و مفید برای میوه‌هایی که رنگ سـبزی و قرمـزی فـاکتور رشـد آن‌هـا است، دانستند.

جانز[2] و همکاران (۲۰۰۱)، برای درجه بندی کیفی گوجه فرنگی ویژگی‌های تجزیه و تحلیل تصـویر و مدل سازی جنبه‌های مصرف کننده فازی را اندازه گیری کردند. هدف آن‌ها، رسیدن بـه یـک رتبـه بنـدی خودکار کیفی میوه، مدل سازی جنبه‌های مصرف کننده و نیازهای تولیـد کننـده اسـت. بـا پـردازش تصـویر مشخصات مساحت، تجزیه و تحلیل طیفی، بافت و انحنا بدست می‌آید که جنبه‌هـای کیفـی وزن، رسـیدگی، شکل، موقعیت، عیوب سطحی، الاستیسیتی، درجه اسیدی، مقدار شـکر و سـبز رنگـی را تعیـین کنـد. یـک دوربین و رایانه و کارت تصویر استاندارد برای تهیه تصاویر منظور شدند. نور پردازی در یک نیم کره به منظور جلوگیری از ایجاد سایه انجام شد. اندازه با دو پارامتر قطر اصلی بزرگ و سطح قابل دید از بالای میـوه انـدازه گیری شد. قطر اصلی کوچک و اندازه گیری محیط برای شکل منظور شدند و مساحت از تصویر دو بعـدی از یک گوجه حاصل شد. سپس وزن و حجم گوجه تعیین شد. یعنی نسبت وزن به سطح تعیـین شـد. سـطح از تصویر حاصل شد و وزن با رابطه «$W=0.0021A^{1.3614}$» («A» مقدار مساحت به میلی متر مربع و «W» وزن به گرم است.) محاسبه شد. مقدار «$R^2=0.99$» بدست آمد. خطای این رابطه ۲/۰۶٪ (تقریبـاً ۱/۸ گـرم بـرای ۹۰ گرم گوجه) است. بنابراین اندازه و وزن و پراکندگی آن‌ها با یک دقت بالا توسط پـردازش تصـویر بدسـت می‌آید. رنگ یک گوجه نیز که مقیاس مناسبی برای رسیدگی آن است نیز اندازه گیری شد. تصاویر «RGB» تهیه شدند. تصاویر به محیط «CIE/XYZ» انتقال یافتند. نتیجه محاسبات، یا شاخص نرمال شـده قرمـز بـه سبز و یا طول موج غالب بهتر به عنوان شاخص رسیدگی است. عملیات فازی پایه کار با نرم افزار « FUZZY CONTROL MANAGER »[3] انجام شد. تخمین‌ها نشان از نسبت خوب در پارامترهای رسیدگی نشان داد.

---

[1] Kader
[2] Jahns
[3] FCM: (www.transfertech.de)



شکل ۲-۲۹ - تصاویر غلظت توزیع فضایی ترکیبات موجود در گوجه فرنگی

پولر[1] و همکاران (۲۰۰۴)، در تحقیقی توزیع سطح کاروتن و کلروفیل در گوجه فرنگی رسیده را با استفاده از تصویر برداری طیفی تخمین زدند. تصاویر طیفی از ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر با دقت یک نانو متر تهیه شدند. مقادیر کلروفیل، لیکوپن با روش «HPLC» اندازه گیری شدند. تصاویر طیفی نیز توسط روش رگرسیون «PLS»[2] (حداقل مربعات جزئی) آنالیز شدند. مقدار خطای غلظت لیکوپن پیش بینی شده، محاسبه شده توسط پروسه «PLS»، ۰/۹۵ بر پایه پردازش تصویر و ۰/۹۶ بر پایه اطلاعات بدست آمده از خود گوجه فرنگی بدست آمد. این روش می‌تواند روی سیستم‌های نقاله استفاده شود. گوجه فرنگی‌ها در گلخانه پرورش داده شدند و مقادیر گرایش سبزی به شدت قرمزی متفاوت است. تعداد ۳۷ نمونه بعد از شستشو و خشک کردن تصویر برداری شد. توزین آن‌ها انجام شد و در نیتروژن، در دمای ۸۰ درجه سلسیوس زیر صفر منجمد شدند. آزمایش «HPLC»[3] نیز روی آن‌ها انجام شد. تصاویر طیفی با اسپکتروگراف «ImSpector »[4] نوع «V7» تهیه شدند (شکل ۲-۳۱). این نوع دستگاه در بازه طیفی ۳۹۶ تا ۷۳۶ نانو متر کار می‌کند. نور پردازی با دو مورد «Dolan-Jenner PL900 » با لامپ‌های ۱۵۰ واتی هالوژن کوارتز انجام شد. این لامپ‌ها انتشار نور نسبتاً صاف بین ۳۸۰ تا ۲۰۰۰ نانومتر دارند. کارت تصویر و دوربین نیز در تهیه تصاویر وجود داشت. (شکل ۲-۲۹)

میلزارک[5] و همکاران (۲۰۰۹)، محصول گوجه را با تکنیک تصویر برداری «MRI» مورد پردازش قرار دادند. هدف کلی از این مطالعه، توسعه روش «آن‌لاین[6]» برای تشخیص بافت آسیب دیده پوسته و جداره خارجی در پردازش گوجه فرنگی است. روش‌های تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MR)، محیط پروتون‌های آب در بافت گیاه را مشخص می‌کند که منجر به تضاد بین پیکسل‌های تصویر مربوط به بافت معیوب و بافت سالم می‌شود. انواع بسیاری از پروتکل‌های تصویربرداری «MR» در دسترس هستند. در این مطالعه، روش تجزیه و تحلیل (حداقل مربعات جزئی - PLS) تصویر چند متغیره[7] (MIA) برای تعیین توالی

[1] Polder
[2] Partial Least Squares
[3] High-performance liquid chromatography
[4] Spectral Imaging Ltd., Oulu, Finland
[5] Milczarek
[6] In-Line
[7] Multivariate Image

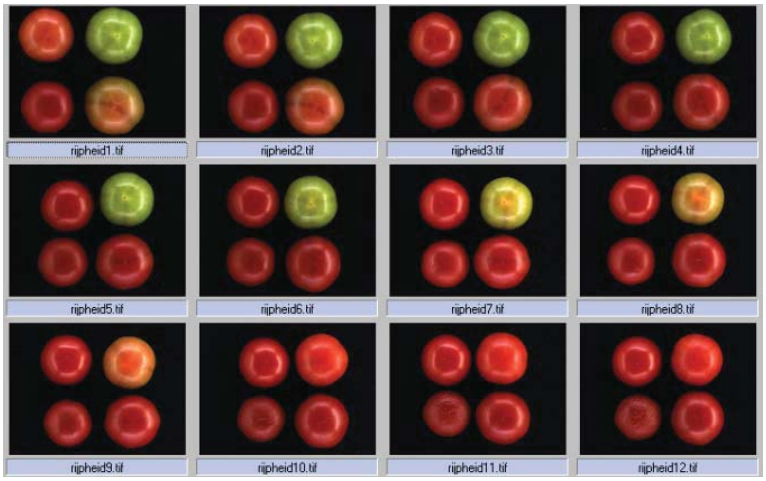
پالس «MR» مطلوب برای ارزیابی آسیب پوسته گوجه فرنگی مورد استفاده قرار گرفت. مجموعه‌ای از ۱۳ عدد عکس «MR» موافق هر یک از ۱۱۲ عدد گوجه فرنگی پردازش شده برای پیش بینی و تخمین مورد استفاده قرار گرفت. عکس‌ها با پارامترهای کلیدی متفاوت در ۴ توالی پالس «MR» مختلف ایجاد شد. این تصاویر چند متغیره، برای پیش بینی شدت پیکسل در مناطق مطلوب (ROIs)[1] مربوط به پوسته گوجه فرنگی استفاده شده است. پیکسل ها در «ROIs» برای هر نمونه گوجه فرنگی؛ طبق درجه هدایت کنندگی نمونه (اندازه گیری شده پس از تصویر برداری) ؛مقداری بین ۰ (آسیب ندیده) و ۱ (آسیب گسترده)، منظور شد. مدل «PLS»[2] از متغیرهای نهفته ۱-۱۳، ایجاد شد و اعتبار سنجی متقابل انجام شد. ریشه میانگین مربع خطای اعتبار سنجی متقابل (RMSECV)[3] مدل های PLS، پس از ۸ متغیر نهفته، مسطح می‌شود؛ بنابراین این مدل برای پیش بینی «درجه هدایت کنندگی»[4] مورد استفاده قرار گرفت. مدل ۸ متغیر نهفته ۹۷٪ از واریانس و انحراف در متغیر مستقل (عکس MR) و ۵۴٪ از واریانس و انحراف در متغیر وابسته (درجه هدایت کنندگی) را می‌گیرد. اهمیت متغیر در درجه طرح و تصویر[5] برای ۱۳ نوع دنباله تصویر «MR» در مدل انتخاب شده نشان می‌دهد که دنباله و توالی «Fast Spin Echo» با گیرنده ۱۰ و دنباله و توالی «Turbo Fast Low-Angle Shot» با وارونگی زمان[6] ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ میلی ثانیه، قوی‌ترین تأثیر را بر مدل دارد. ریشه میانگین مربع خطای کالیبراسیون (RMSEC)[7] و RMSECV از یک مدل نهایی تنها شامل این ۵ توالی و دنباله مقادیر کمی (۰/۱۶ و ۰/۱۷ به ترتیب) بود. بنابراین MIA تصاویر MR گوجه فرنگی نشان داد که برای پیشگویی درجه هدایت کنندگی بافت پوسته در گوجه فرنگی موثر است.

روکانوزامان[8] و همکاران (۲۰۰۵)، سیستمی برای درجه بندی خودکار عیوب گوجه فرنگی طراحی کردند. آن‌ها روش جدیدی برای کنترل سیستم کشف عیب برای گوجه فرنگی با استفاده از جعبه ابزار کسب داده[9] نرم افزار متلب نسخه ۷ پیشنهاد کردند. برای این منظور یک پورت موازی را برای کنترل درجه بند عیوب همراه با یک مدار ساده برنامه ریزی کردند. یک سلونوئید برای درجه بندی گوجه فرنگی‌های معیوب بعد از تشخیص عیب مورد استفاده قرار دادند و موتوری برای تحرک سیستم منظور کردند. گوجه فرنگی‌ها توسط حسگر مجاورتی ساده‌ای تشخیص داده شده و عکس‌ها با وب کم ارزان قیمتی گرفته شده است. تشخیص عیوب بر اساس محیط «HSV» است. آن‌ها این روش را انتخاب کرده‌اند، چرا که در محیط «RGB» گاهی تشخیص عیوب توسط مقادیر «RGB» بسیار دشوار است. همان‌طور که سر گوجه فرنگی سبز تر از رنگ عیوب است بنابراین مقدار «رنگ» می‌تواند مقدار قابل توجهی را ارائه کند. به همین دلیل

---

1 Region of interest
2 Partial least squares regression
3 Root-Mean-Square Error Of The Cross Validation
4 Conductivity Score Of Pericarp
5 Projection Score
6 Inversion Times
7 Root Mean Square Error Of Calibration
8 Rokunuzzaman
9 Data Acquisition Toolbox

آن‌ها ماتریس این مؤلفه را بعد از تبدیل از «RGB»، از مقادیر «HSV» جدا کردند. بعد از تبدیل تصاویر نرمالیزه شدند و بردارهای «ویژه»[1] برای یافتن تصاویر شاخص به منظور آموزش تعیین کردند.



شکل ۲-۳۰- سری‌های زمانی از چهار گوجه فرنگی از چهار مراحل مختلف رسیدگی اولیه. هر تصویر چهار گوجه فرنگی را نشان می‌دهد. در تصویر اول، گوجه فرنگی بالا سمت چپ در مرحله ۷ رسیدگی اولیه، گوجه فرنگی بالا سمت راست مرحله ۱، پایین سمت چپ مرحله ۱۲ و راست پایین در مرحله ۵.

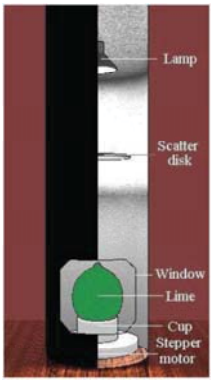
دو نوع عیب مشخص شد. یکی پوسیدگی انتهایی و دیگری ترک‌ها که در گوجه فرنگی زیاد است. تصاویر به شبکه عصبی برای آموزش داده شدند. دو وب کم برای تهیه تصاویر گوجه‌ها استفاده شد. شیر سلونوئید با سیستم سیلندری بازوی هل دهنده برای سیستم منظور شد. سرعت پاسخ سیستم برای کنترل سیستم درجه بند عیوب کاملاً رضایت بخش بود. (شکل ۲-۳۰)

پولدر[2] و همکاران (۲۰۰۰)، با استفاده از تصاویر فوق طیفی مقدار رسیدگی گوجه فرنگی را تخمین زدند. ایجاد تصاویر فوق طیفی، یعنی عکس‌هایی با اندازه گیری طول موج خاص بیش از یک بخش وسیعی از طیف. در این مطالعه، تصاویر فوق طیفی از چند مرحله از رسیدگی گوجه فرنگی (شکل ۲-۳۴) و ثبت قرار گرفت. طیف الکترو مغناطیسی بین ۴۵۰ و ۸۵۰ نانومتر در ۸۰ باند (هر ۵ نانومتر) ثبت شد. نتایج نشان می‌دهد که تصاویر فوق طیفی، قدرت افتراقی بیش از حد استاندارد تصاویر «RGB»، برای افتراق مراحل رسیدن گوجه فرنگی، ارائه می‌کند، با کاهش خطای طبقه بندی پیکسل‌ها از ۴۰ ٪ به ۷ ٪، می‌توان تصاویر را هم به منبع نور و هم هندسه جسم، بدون از دست دادن قدرت افتراق، تغییر ناپذیر ساخت. به این طریق می‌توان به نتایج طبقه بندی قابل مقایسه تحت یک محدوده وسیعی از شرایط رسید. برای تهیه تصاویر از «ImSpector» نوع «V9» با طول موج ۴۳۰ تا ۹۰۰ نانومتر استفاده کردند.

تصاویر پیش پردازش شده با روش‌های «PCA» و «LDA» بررسی شدند. تمامی بررسی‌ها با نرم افزار متلب و نوار ابزار «PRTools»[3] انجام شده است. آستانه گیری به منظور جدا کردن گوجه فرنگی از پس

[1] Eigenvalues And Eigenvectors
[2] Polder
[3] Faculty of Applied Physics, Delft University of Technology

زمینه انجام شد. نتایج کلاس بندی تصاویر «RGB» با «LDA» با نتایج واقعی مقایسه شدند. نرخ خطا ۴۰ درصد بود. همچنین نتایج کلاس بندی «LDA» در مورد تصاویر طیفی خطای ۷ درصد را نشان می‌دهد. برای مقایسه قدرت طبقه بندی «LDA» با «PCA»، آن‌ها از یک طبقه بندی «LDA» در ۳ مؤلفه اول «PCA» از تصاویر خام طیفی استفاده کردند. نرخ خطا ۲۴٪ شد. در آخر نتایج آن‌ها نشان داده است که خطاهای قابل توجهی می‌تواند هنگام وجود تفاوت‌های کوچک در طبقه بندی در مرحله رسیدگی با استفاده از تصاویر «RGB» رخ دهد. تصاویر طیفی برای دسته بندی مرحله رسیدگی مناسب‌تر هستند، اما این تصاویر بسیار بزرگ هستند. با استفاده از تحلیل اجزای اصلی (PCA) و تحلیل تفکیک خطی (LDA)، تعداد باندهای طیفی، در حالی که حفظ بیشتر اطلاعات مربوطه که توسط تغییرات توصیف می‌شوند کاهش می‌یابند. روش «LDA» اجرای بهتری از «PCA» داشت، اما باید این نکته را مد نظر داشت که روش «PCA» روشی بدون ناظر است در حالی که «LDA» بر پایه اطلاعات استقرایی است. تصاویر فوق طیفی به ما اجازه می‌دهد تا نتایج تحقیق از منبع نور و؛ پس از عادی سازی؛ از هندسه جسم به خوبی مستقل باشد.



شکل ۲-۳۱- محفظه، لامپ، فنجان و میوه روی آن و
صفحه ضد بازتاب (در حقیقت این صفحه مانع تابش
نور مستقیم به جسم می‌شود.)

بانیک[1] و همکاران (۲۰۱۱)، برای اندازه گیری رنگ میوه گوجه فرنگی و لیمو ترش، به منظور پوشش سطح بیشتری از میوه برای پردازش روشی را پیشنهاد کردند. هدف آن‌ها از این مطالعه، به منظور توسعه یک روش با هزینه پایین مطلوب است که رنگ لیمو ترش و گوجه فرنگی را تشخیص دهد. این سیستم، رنگ یک شی را با استفاده از چهار عدد «شاخص میانگین»، «انحراف استاندارد»، «کجی، انحراف و درجه اوج» در نمودار آماری، تعیین می‌کند و اجازه مقایسه ساده‌ای بین اشیای مختلف و یا از همان جسم را در زمان‌های مختلف می‌دهد. تصاویر با یک دوربین «CCD» با دقت «960*1280» تهیه شدند. برای تهیه تصویر از تمام جسم با یک دوربین، میز گردانی تهیه شد. میوه روی فنجان نگه دارنده‌ای به طور قائم قرار می‌گیرد (شکل ۲-۳۱). فنجان توسط استپ موتور می‌چرخد. برای حذف اثر لغزش جانبی در سرعت‌های پایین، جایی که میوه در سرعت‌های مختلف می‌چرخد را از داخل با لاستیک سخت که دارای ضریب بالایی

[1] Bunnik

از اصطکاک است پر شده است. برای اینکه لبه فنجان به گوجه آسیب نرساند، لایه‌ای دستمال کاغذی قرار دادند. ۱۱ تصویر در یک گردش کامل ۱۸ ثانیه‌ای گرفته می‌شود. هر سطح چندین بار در زوایای مختلف عکس برداری می‌شود اما در یک گردش تمام سطح میوه پوشانده می‌شود. علاوه بر این با استفاده از تصاویر کمتر، افزایش نوسانات در نتایج رخ خواهد داد. یک لامپ هالوژن «DC» برای نور پردازی استفاده شده است. نور باید غیر مستقیم و پراکنده باشد تا بازتاب‌ها مزاحم تصویر برداری نشوند. برای این منظور یک صفحه دایره‌ای به منظور جلوگیری از بازتاب‌های مزاحم زیر لامپ و بالای جسم قرار داده شد. داخل محفظه سفید است. آن‌ها از نرم افزاری تحت عنوان «Visual Image Processing System» (VIPS) استفاده کردند.

با توجه به اهمیت درجه بندی و جداسازی گوجه فرنگی، هدف از پروژه حاضر، ساخت و ارزیابی دستگاه درجه بندی گوجه فرنگی با تنظیمات دلخواه، بر اساس تکنیک بینایی ماشین و تکیه بر ظاهر قابل رؤیت گوجه فرنگی است. عملکرد دستگاه طراحی شده حاضر، شبیه کار تحقیقاتی نمونه‌هایی مانند تحقیق «روکانوزامان و همکاران»، «جمشیدی و همکاران»، «ژانگ و همکاران» و «اشرفی زاده»؛ در نمونه‌های ذکر شده در قسمت پیشینه تحقیق است. نقطه تمایز و قوت این پروژه از لحاظ نرم افزاری، ویژگی‌های خاص و تقریباً کامل نرم افزار مربوطه (با نام «F.same») پروژه با زبان کاربری بومی و بروز بودن آن است.

۲-۱۲) اهداف

عامل موازنه هزینه و درآمد، مانع اصلی کاربرد تکنیک‌های پردازش تصویر، برای ارزیابی کیفی مواد غذایی است. هنوز رشد و توسعه یک سیستم پردازش تصویر، به دلیل هزینه‌های غیرقابل قبول، در بسیاری از زمینه‌های کاربردی سریع نبوده است. برای جبران هزینه‌های موثر، توسعه سیستم‌های ارزان چندمنظوره پردازش تصویر خصوصاً برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی، ضروری است. هنوز هم سرعت پردازش در کاربردهای آن‌لاین و بلادرنگ صنعتی محدود کننده است. توسعه کارآمدی مناسب و الگوریتم‌های پردازش تصویر دقیق می‌تواند سرعت پردازش را برای رفع نیازهای کارخانه‌های مدرن افزایش دهد. از طرفی، ادغام الگوریتم‌های پردازش تصویر با سخت افزارهای خاص می‌تواند زمان را به طور معنی داری کاهش دهد. با راه حل‌های ارزان و سریع سخت افزاری و نرم افزاری تکنیک‌های پردازش تصویر می‌توان نقش مهمی را در ارزیابی کیفیت مواد غذایی ایفا کرد. با توجه به اینکه در زمینه بازرسی اتوماتیک و جداسازی محصولات مختلف کشاورزی در جهان و ایران تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است این نیاز در مورد گوجه فرنگی احساس می‌شود.

در این پروژه اهداف زیر دنبال می‌شوند:

- تصویر برداری از گوجه فرنگی و گرفتن تصاویر مطلوب برای پردازش
- پردازش تصاویر گرفته شده برای مرحله بازرسی اتوماتیک

- هدف نهایی و اصلی پروژه، بازرسی اتوماتیک گوجه فرنگی است که گوجه فرنگی‌های نا مطلوب از گوجه فرنگی‌های سالم و مطلوب جدا شوند. با توجه به اینکه در زمان برداشت و در حین انبار داری امکان صدمه دیدن محصول وجود دارد، بنابراین برای حفظ درجه کیفی گوجه فرنگی برای خریدار و راضی بودن خریدار و فروشنده لزوم انجام عملیات دسته بندی و بازرسی اتوماتیک آن احساس می‌شود که در این تحقیق هدف اصلی و نهایی ساخت دستگاه درجه بند و بازرسی اتوماتیک گوجه فرنگی است.