



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



بررسی اثر موقعیت و انرژی ضربه بر روی مساحت لهیدگی سیب با استفاده از تکنیک پردازش تصاویر دیجیتال

امید دوستی ایرانی^۱، محمود رضا گلزاریان^{۲*}، محمد حسین آق‌خانی^۳، حسن صدر نیا^۴، رشید محمدی دینانی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس

*نویسنده مسئول: m.golzarian@um.ac.ir

چکیده

برای اکثر میوه‌ها از جمله سیب، لهیدگی بافت یکی از رایج‌ترین آسیب‌های مکانیکی پس از برداشت است. در این تحقیق به منظور بررسی اثر نواحی مختلف سیب و سطوح مختلف انرژی ضربه ای بر روی مساحت لهیدگی ابتدا لهیدگی بر روی ۴۵ نمونه سیب رقم گلدن دلشیز با استفاده از ضربه زن پاندولی شبیه سازی شد. بعد از گذشت ۴۸ ساعت از زمان لهیدگی از نمونه‌ها در اتاقک مخصوص تصویر برداری شد و با تعیین حد آستانه مناسب ناحیه لهیده تشخیص و مساحت پیکسلی آن محاسبه شد. نتایج حاصل از بررسی اثر ناحیه سیب و انرژی بر روی مساحت ناحیه لهیده شده نشان داد که اثر ناحیه در سطح خطای ۵٪ و اثر انرژی در سطح خطای ۱٪ بر روی مساحت لهیدگی معنی‌دار است. بیشترین مساحت لهیدگی در ناحیه میانی و کمترین مساحت لهیدگی در ناحیه تحتانی سیب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، سیب، پس از برداشت، ضربه، لهیدگی



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



مقدمه

پیشرفت روزافزون فناوری و خودکارسازی و از همه مهم‌تر افزایش سطح آگاهی مردم، باعث بالا رفتن میزان توقع مردم برای بهبود کیفیت محصولات غذایی شده است (بروسنان و سان، ۲۰۰۴). در مبحث تعیین کیفیت ظاهری میوه، پارامترهایی چون اندازه، شکل، رنگ، خرابی‌ها و آفت‌های سطحی حائز اهمیت هستند (صدیقی و همکاران، ۱۳۸۱). بر طبق آمار گزارش شده از سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)^۱ تولید جهانی سیب ۶۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۲ تخمین زده شده است که ایران با تولید ۲/۶۸٪ سیب در جهان در جایگاه ۸ قرار دارد. در پژوهشی ارزش اقتصادی آسیب‌های مکانیکی در کشور بلژیک تخمین زده شد. درصد آسیب‌های آسیب‌دیده خارج از حد استاندارد درحالی‌که سیب‌های کبود شده اولویت اصلی این تحقیق بود در سال ۲۰۰۰ برابر با ۱۵ درصد و در سال ۲۰۰۱ برابر با ۸ درصد گزارش شد. در کشور بلژیک قیمت فروش سیب‌های آسیب‌دیده خارج از حد استاندارد یک‌سوم قیمت سیب‌های سالم در فروشگاه‌ها است. نتایج این تحقیق نشان داد که تنها با کاهش ده درصدی در میزان سیب‌های آسیب‌دیده ناشی از خدمات مکانیکی می‌توان سبب افزایش درآمدی برابر با ۸۹۲ هزار دلار در سال ۲۰۰۰ و ۵۹۵ هزار دلار در سال ۲۰۰۱ در این مورد شد (ون زیبروک و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین با توجه به تولید بالای سیب در ایران و عدم استفاده از روش‌های دقیق و علمی در فرایندهای برداشت و پس از برداشت که نتیجه آن ضایعات بالای محصولات باغی است، لازم و ضروری است که مطالعات پایه‌ای و گسترده‌تری در این زمینه صورت گیرد تا سبب کاهش ضایعات در این بخش و افزایش کیفیت تولید گردد. لذا در این پژوهش به بررسی اثر ناحیه سیب و انرژی بر روی لهیدگی سیب به‌عنوان یکی از آسیب‌های پس از برداشت با استفاده از سامانه‌های ماشین بینایی پرداخته شده است.

پیشینه پژوهش

امروزه تکنیک پردازش تصاویر کاربرد گسترده‌ای در کشاورزی یافته است. در ادامه به برخی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه اشاره شده است. لیمنس و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی به شناسایی صدمات سطحی سیب با استفاده از ماشین بینایی پرداختند. به دلیل اینکه سیستم نوردهی قادر به ایجاد نوردهی یکنواخت نبود نتوانستند از روش آستانه سازی کلی استفاده کنند. در تحقیقی به بررسی منبع نورپردازی مناسب جهت کاربردهای بینایی ماشین پرداختند. سه منبع نوری لامپ هالوژن، لامپ فلورسنت و LED را به‌عنوان منبع نوری مناسب برای کاربردهای ماشین بینایی معرفی کردند (پوردربانی و همکاران، ۱۳۸۸). پوررضا (۱۳۹۰)، به شناسایی ارقام مختلف گندم با استفاده از ویژگی‌های بافتی پرداختند. دقت طبقه بندی در این پژوهش بالای ۹۰٪ بدست آمد. در پژوهشی دیگر به شناسایی میوه سیب بر روی درخت به‌منظور برداشت رباتیک سیب تحت شرایط نور طبیعی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که الگوریتم لبه یاب برای این منظور کارآمد نیست ولی الگوریتم پردازش رنگ در ۲۵ تصویر

^۱ - Food and Agriculture Organization



توانست میوه را تشخیص داده و با دقت $85/17\%$ محل یابی کند (لک و همکاران، ۱۳۹۲). عمرانی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با استفاده از تکنیک آنالیز تصاویر به تشخیص بیماری‌های برگ‌گی درخت سیب پرداختند. در این تحقیق ابتدا نواحی بیماری روی برگ‌ها با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means کلاسیک تشخیص و جداسازی شدند و سپس ویژگی‌های مربوط به رنگ و بافت تصویر نواحی بیماری استخراج شدند. سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بیماری‌های گیاه طبقه‌بندی شدند. در پژوهشی دیگر، دستگاهی به منظور درجه‌بندی خودکار سیب بر اساس اندازه با استفاده از ماشین بینایی طراحی و ساخته شد. به منظور ارزیابی دستگاه ساخته شده ۱۰ عدد سیب قرمز و زرد از هر گروه درجه‌بندی شد و انتخاب آزمایش‌هایی با طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد در واحد جهت‌دهی مشخص گردید که تقریباً 85% سیب‌ها به درستی جهت‌دهی شدند (معصومی و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی به طبقه‌بندی سیب بر اساس ویژگی‌های آماری و بافتی با استفاده از طبقه‌بند SVM پرداختند. ابتدا با استفاده از روش خوشه‌بندی k میانگین و اعمال آن بر روی مؤلفه H سیب را به سه ناحیه سالم، خراب و زمینه خوشه‌بندی کردند. طبقه‌بندی جداگانه بر روی ویژگی‌های آماری و بافتی نشان داد که طبقه‌بندی‌های بافتی درصد طبقه‌بندی صحیح‌تری را به دست می‌دهند. به طوری که دقت طبقه‌بندی برای ویژگی‌های آماری 80% و برای ویژگی‌های بافتی 92% و برای مجموعه همه ویژگی‌ها به دقت طبقه‌بندی 86% رسیدند (سراج‌الدین و همکاران). در پژوهشی دیگر از روش پردازش تصویر برای تشخیص ضرب خوردگی و زنگ سیب رقم گلدن دلشیز^۱ استفاده شد. در این درجه‌بندی سیب‌ها در شش کلاس سالم، دم، کاسبرگ، ضرب خوردگی، زنگ دمگاه و زنگ خارج از دمگاه تقسیم شدند. برای اصلاح نواحی طبقه‌بندی شده به کلاس ضرب خوردگی، از ویژگی‌های رنگ مایه^۲ و اشباعیت رنگ^۳ از فضای رنگی HSI استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که دقت درجه‌بندی برای ۱۲۰ تصویر سیب، $81/66\%$ است (باژن، ۱۳۸۵). در تحقیق انجام گرفته توسط جعفرلو و تیمورلو (۱۳۹۲)، حجم سیب و تورفتگی‌های آن به کمک پردازش تصویر و شبکه عصبی در پژوهشی برآورد شد. تحلیل نتایج با استفاده از دو آزمون t و بلاند آلمن نشان داد که بین حجم واقعی سیب و حجم پردازش تصویر در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری نیست و اختلاف میانگین بین آن‌ها $1/52$ سانتی‌متر مکعب بوده و دارای دقت 92% است. استفاده از شبکه عصبی با پارامترهای ورودی ابعاد و جرم سیب دقت اندازه‌گیری حجم را تا 97% بالا برده و اختلاف میانگین بین حجم‌ها را تا $0/7$ کاهش می‌دهد. در پژوهشی از ماشین بینایی برای تشخیص خرابی‌های سطحی سیب از جمله کبودی سطح استفاده شد. تصاویر با استفاده از دو فیلتر 740 و 950 نانومتری تهیه شدند. برای ارزیابی سیستم از 54 عدد سیب استفاده شد؛ که سیستم ماشین بینایی موفق به تشخیص خرابی در 52 عدد از نمونه‌ها (دقت 92%) شد (بندسن و همکاران، ۲۰۰۵). لیمنس و همکاران (۲۰۰۴ و ۲۰۰۲) و از الگوریتم تطابق با کلیشه برای شناسایی

1- Golden Delicious

2- Hue

3- Saturation



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



دمگاه و کاسبرگ استفاده کردند. اونی و گوسلین (۲۰۰۲)، برای تشخیص دم و کاسبرگ سه کلاس بافت سالم، بافت خراب و دم و کاسبرگ را در نظر گرفتند. در این پژوهش برای هر پیکسل از تصویر در هر کلاس ویژگی‌های رنگی، بافتی و طیفی را استخراج کرده و روش‌های مختلف استفاده از پنجره (هم‌پوشان و غیر هم‌پوشان) را برای استخراج ویژگی بررسی کردند. کلاس‌های طبقه‌بندی سالم، خراب، دم و کاسبرگ بوده و برای بخش‌بندی ناحیه‌ای تصویر سیب از شبکه عصبی پرسپترون استفاده کردند. در تحقیق آن‌ها تنها طبقه‌بندی پیکسلی تصویر انجام شد و شناسایی نوع خرابی برای درجه‌بندی سیب اهمیت نداشت. تحقیقات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که ماشین بینایی می‌تواند در شناسایی خرابی‌های سطحی سیب به‌طور موفقیت‌آمیزی استفاده شود. در این تحقیق پس از تعیین مساحت پیکسلی ناحیه لهیده اثر ناحیه سیب و انرژی بر روی مساحت مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

تعداد ۴۵ عدد سیب گلدن دلشز با متوسط وزنی ۱۱۹gr تهیه شد. به هنگام تهیه نمونه‌ها دقت شد که سیب‌هایی که انتخاب می‌شوند بدون آسیب دیدگی قبلی باشند. جهت اعمال ضربه بر روی سطوح مختلف سیب این سطوح را می‌توانیم با مشخصه‌ای به نام شعاع انحناء از یکدیگر تفکیک کنیم. میزان انحناء در سه نقطه در قسمت‌های فوقانی، میانی و تحتانی نمونه‌ها در ۱۵ تکرار اندازه‌گیری شد. پس از قرائت مقدار انحناء در ساعت اندازه‌گیری با استفاده از رابطه ۱ مقادیر شعاع انحناء در سه قسمت موردنظر محاسبه شد [۶].

$$R = \frac{(AC)^2}{(BD)} + \frac{BD}{2} \quad (1)$$

در این رابطه:

AC فاصله بین دو شاخک انتهایی انحناء سنج و BD میزان عقب‌نشینی شاخک میانی نسبت به دو نقطه A و C می‌باشند. در محل آزمایش تعداد ۴۵ عدد سیب که فاقد هرگونه آسیب دیدگی ظاهری بودند انتخاب شدند. پس از آن نمونه‌ها در سه سطح انرژی ضربه‌ای (۲۰۰، ۷۰۰، ۱۲۰۰) میلی ژول که هرکدام از این سطوح خود شامل سه سطح سیب (فوقانی، میانی، تحتانی) در پنج تکرار بودند در قالب طرح فاکتوریل تقسیم‌بندی شدند.

شبیه‌سازی لهیدگی

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، روش مورد استفاده در این آزمایش استفاده از ضربه زن پاندولی می‌باشد. در این آزمایش ضربه زن مورد استفاده از نوع تخت است. قبل از اندازه‌گیری انحناء، نقاطی در سه سطح تحتانی، میانی و فوقانی سیب انتخاب و علامت‌گذاری شد. به هنگام اعمال ضربه، ضربه زن بر روی این نقاط تنظیم شد. برای این منظور ابتدا سه سطح انرژی تعیین و سپس زوایای متناظر با این سه سطح محاسبه شد. اصول حاکم بر



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
 (مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
 پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
 ۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



دستگاه ضربه زن از رابطه ۲ پیروی می‌کند. بر اساس این رابطه زوایای متناظر با سه سطح انرژی ۱۲۰۰، ۷۰۰، ۲۰۰ میلی ژول به ترتیب برابر با زوایای انحراف ۲۵، ۶۰/۸ و ۷۸/۵ درجه است (صدرنیا و عمادی، ۱۳۹۱).

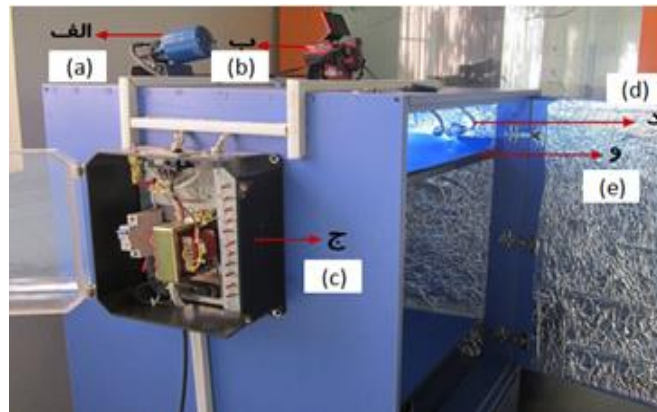
$$E = mgh(1 - \cos\alpha) \quad (2)$$

در این رابطه:

E (انرژی ضربه‌ای برحسب ژول)، m (جرم کل آونگ برحسب کیلوگرم)، g (شتاب گرانش برحسب متر بر مجذور ثانیه)، h (فاصله مرکز دوران تا مرکز جرم آونگ برحسب متر)، α (زاویه دوران برحسب درجه).

تصویربرداری

جهت تصویربرداری مرئی از اتاقک تصویربرداری (شکل ۱) استفاده شد (گلزاریان و همکاران، ۱۳۹۲). تصاویر در طیف مرئی توسط یک دوربین Nikon Coolpix P510 (Nikon Inc, Japan) با قدرت تفکیک ۱۶/۱ مگا پیکسل تهیه شد. به منظور قرارگیری کامل نمونه‌ها در حوزه دید دوربین‌ها، با توجه به فاصله کانونی لنزها در دوربین‌های مورد استفاده در حالت تصویربرداری مرئی فاصله بین دوربین و نمونه‌ها ۲۳cm در نظر گرفته شد.

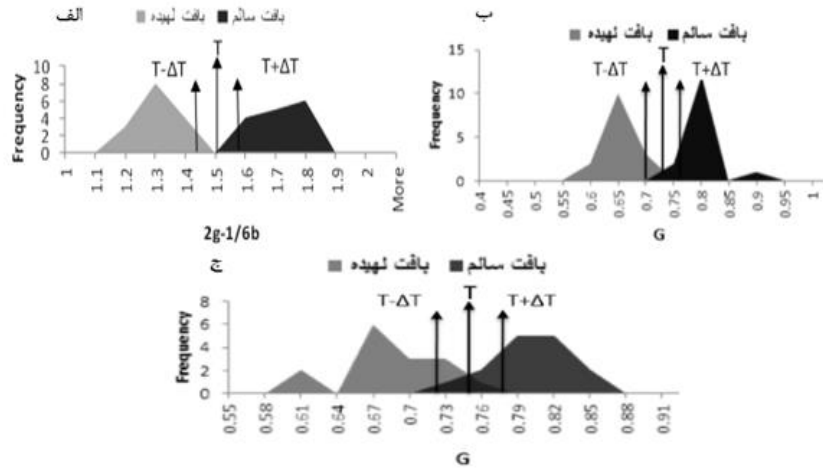


شکل ۱: اتاقک عکس‌برداری، (الف)، موتور، جهت تغییر ارتفاع صفحه پیش‌زمینه، (ب)، دوربین که بر روی پایه اتاقک نصب شده است، (ج)، تابلوی کنترل روشنایی و لامپ‌های LED و راه‌اندازی موتور بالابرنده، (د)، لامپ LED به همراه پایه (و)، صفحه پیش‌زمینه.

پس از تهیه تصاویر با استفاده از نرم افزار متلب ناحیه‌های لهدگی بر روی نمونه‌ها تشخیص داده شد. و مساحت پیکسلی آن به دست آمد. به منظور تشخیص لهدگی در هر ناحیه سیب از حد آستانه مناسب که از مقایسه مقادیر رنگی دو بافت سالم و لهدیده استخراج شده بودند، استفاده شد (شکل ۲).



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
 (مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
 پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
 ۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



شکل ۲: نمایش حد آستانه در سه ناحیه سیب. الف: میانی، ب: فوقانی، ج: تحتانی

تجزیه و تحلیل نتایج

به منظور تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار SPSS16 استفاده شد. فاکتورهای مستقل در این طرح ناحیه سیب شامل سه ناحیه میانی، فوقانی و تحتانی. انرژی در سه سطح ۲۰۰، ۷۰۰ و ۱۲۰۰ میلی ژول است. فاکتور وابسته مساحت ناحیه لهیدگی بر حسب پیکسل می باشد. داده ها در قالب طرح فاکتوریل با ۵ تکرار در هر تیمار مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در ادامه بیان شده است.

نتایج و بحث

بررسی مساحت ناحیه لهیده شده با در نظر گرفتن سطح انرژی و محل ناحیه ضربه دیده

ناحیه میانی سیب

در شکل شکل ۴۰ بافت لهیده تشخیص داده شده در سه سطح انرژی نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می شود با کاهش مقدار انرژی سطح لهیدگی کاهش پیدا کرده است.



شکل ۴۰. شکل و اندازه لهیدگی در قسمت میانی سیب بعد از اعمال ضربه: (۱) سطح انرژی ۱۲۰۰ میلی ژول. (۲) لهیدگی در سطح انرژی ۷۰۰ میلی ژول. (۳) لهیدگی در سطح ۲۰۰ میلی ژول.

ناحیه فوقانی سیب

در ناحیه فوقانی سیب به دلیل وجود دمگل، زنگ دم و زنگ خارج از دم ممکن است این نواحی در صورت حذف نشدن در مراحل قبلی به عنوان لهیدگی تشخیص داده شوند و مساحت ناحیه لهیده را تحت تأثیر خود قرار دهند. همچنین به دلیل وجود فرورفتگی در این ناحیه بازتابش نور از این نواحی یکنواخت نبوده و ممکن است به خطا



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



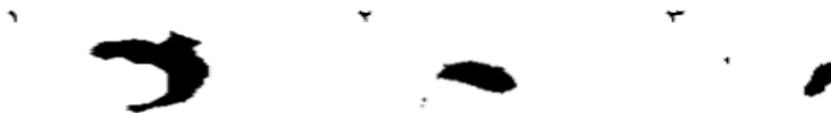
به‌عنوان ناحیه لهیده تشخیص داده شوند. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است این نواحی نیز با ناحیه لهیده جدا شده‌اند که اگر تعیین مساحت ناحیه لهیده مد نظر باشد یک خطای ثابت وجود دارد. در شکل ۵ ناحیه لهیده شده تحت تأثیر سه سطح انرژی مشاهده می‌شود. با کاهش در میزان انرژی سطح ناحیه لهیده کوچک‌تر شده است.



شکل ۵. شکل و اندازه لهیدگی در ناحیه بالایی سیب: (۱) در سطح انرژی ۱۲۰۰ میلی ژول، (۲) لهیدگی در سطح انرژی ۷۰۰ میلی ژول. (۳) لهیدگی در سطح ۲۰۰ میلی ژول.

ناحیه تحتانی سیب

در ناحیه تحتانی سیب علاوه بر وجود کاسبرگ، وجود فرورفتگی در این ناحیه سبب بازتابش متفاوت نور از این قسمت می‌گردد؛ که ممکن است سبب تشخیص اشتباه یا خطادار مساحت در این ناحیه گردد. در شکل ۶ ناحیه لهیده شده در سطوح مختلف انرژی نمایش داده شده است. همان‌طور که پیداست با کاهش میزان انرژی مساحت تشخیص داده شده کاهش یافته است.



شکل ۶. شکل و اندازه لهیدگی در ناحیه تحتانی سیب بعد از اعمال ضربه با (۱) سطح انرژی ۱۲۰۰ میلی ژول، (۲) لهیدگی در سطح انرژی ۷۰۰ میلی ژول. (۳) لهیدگی در سطح ۲۰۰ میلی ژول.

بررسی نتایج حاصل از اثر انرژی و سطح سیب بر روی مساحت لهیدگی

با توجه به این که در محصولات کشاورزی شرایط ممکن است از یک نمونه به نمونه دیگر تغییر کند در تعیین مساحت لهیدگی بر روی نمونه‌های سیب به دلیل وجود شرایطی چون وجود لهیدگی از قبل و وجود پیکسل‌هایی بر روی نواحی تحتانی و فوقانی سیب که از لحاظ شدت روشنایی یکنواخت نبوده اند سبب می‌شود که روند یکنواختی در مساحت‌های به دست آمده مشاهده نشود؛ از طرفی چون توزیع متغیر وابسته باید در جامعه نرمال باشد. همچنین طرح آزمایش فاکتوریل بر اساس آزمون آنالیز واریانس انجام می‌شود که اساس آن همگونی



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



واریانس‌ها است؛ بنابراین قبل از انجام طرح فاکتوریل دو شرط نرمال بودن و همگونی واریانس‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. برای این منظوری توانیم از آزمون لون^۱ استفاده کنیم. نتایج حاصل از آزمون لون در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. آزمون برابری واریانس مساحت در ۹ تیمار (بر اساس میانگین)

آماره لون	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معنی داری
۲/۲۵۸	۸	۳۶	۰/۰۴۵

با توجه به مقدار سطح معناداری آزمون، همگونی واریانس‌ها رد می‌شود؛ بنابراین باید تغییراتی در متغیر وابسته اعمال گردد. معمول‌ترین تغییر تبدیل لگاریتم است؛ یعنی به جای متغیر مساحت، لگاریتم طبیعی آن استفاده می‌شود. پس از تبدیل نتایج آزمون لون بر اساس میانگین، در جدول آمده است:

جدول ۲. آزمون برابری واریانس مساحت در ۹ تیمار (بر اساس میانگین)

آماره لون	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معنی داری
۲/۰۴۲	۸	۳۶	۰/۰۶۹

با توجه به سطح معنی داری به دست آمده (۰/۰۶۹) بعد از تبدیل، همگونی واریانس‌ها تایید می‌شود؛ بنابراین تحلیل‌های مربوط به آزمایش با استفاده از دو فاکتور ناحیه و انرژی و متغیر وابسته یعنی لگاریتم طبیعی مساحت انجام می‌شود. برای تجزیه و تحلیل آزمایش فاکتوریل از مدل خطی کلی GLM استفاده می‌شود.

جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس را نشان می‌دهد. با توجه به سطوح معنی داری، اثرات اصلی در مدل معنی دار هستند (برای ناحیه $sig=0.017$ و برای انرژی $sig=0$). واریانس این مدل شامل دو اثر اصلی و یک اثر متقابل است. با توجه به مقدار ضریب تعیین تعدیل شده مدل ۶۹/۷ درصد واریانس متغیر وابسته (لگاریتم طبیعی مساحت) به وسیله اثرات اصلی توصیف می‌شود بنابراین می‌توان گفت مدل مناسب است.

^۱ - Leven



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
 (مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
 پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
 ۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



جدول ۳. جدول آنالیز واریانس

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	آماره F
ناحیه	۱/۹۲۳	۲	۰/۹۶۱	۴/۵۳۷*
انرژی	۲۰/۰۹۱	۲	۱۰/۰۴۵	۴۷/۴۰۶***
اثر متقابل ناحیه و انرژی	۱/۱۲۳	۴	۰/۲۸۱	۱/۳۲۵
خطا	۷/۶۲۸	۳۶	۰/۲۱۲	
کل	۲۰۳۲/۰۹۷	۴۵		

از آنجا که اثرات اصلی معنادار بودند برای مقایسه تأثیر سطوح مختلف دو اثر بر متغیر پاسخ از آزمون تعقیبی (PostHoc) توکی استفاده می‌شود که نتایج آن برای دو فاکتور ناحیه و انرژی به ترتیب در جداول زیر مشخص شده است:

جدول ۴. جدول مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی برای فاکتور ناحیه.

ناحیه (i)	اختلاف میانگین‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	کران پایین	کران بالا
تحتانی	۰/۴۷۸*	۰/۱۶۸	۰/۰۰۷	-۰/۸۱۹	۰/۱۳۷
فوقانی	-۰/۳۸۳*	۰/۱۶۸	۰/۰۲۹	-۰/۷۲۴	-۰/۰۴۲
میانی	۰/۴۷۸*	۰/۱۶۸	۰/۰۰۷	۰/۱۳۷	۰/۸۱۹
فوقانی	۰/۰۹۵	۰/۱۶۸	۰/۰۵۷۶	-۰/۲۴۶	۰/۴۳۶
تحتانی	۰/۳۸۳*	۰/۱۶۸	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۷۲۴
میانی	-۰/۰۹۵	۰/۱۶۸	۰/۰۵۷۶	-۰/۴۳۶	۰/۲۴۶

* معنی‌داری اختلاف میانگین در سطح احتمال ۵ درصد.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



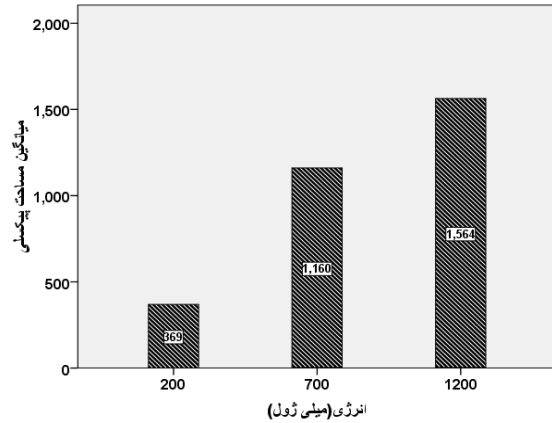
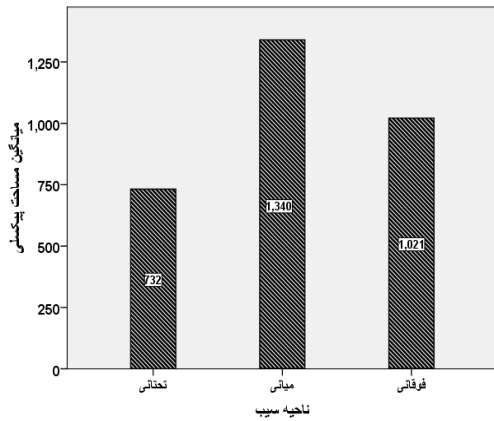
همان طور که در جدول مشاهده می‌شود بین ناحیه تحتانی و میانی و بین ناحیه تحتانی و فوقانی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با توجه به مقدار اختلاف میانگین‌ها اثر ناحیه تحتانی نسبت به دو ناحیه دیگر کمتر بوده است؛ اما دو ناحیه M و T با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. جدول مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی برای فاکتور انرژی.

انرژی (i)	اختلاف میانگین‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	کران پایین	کران بالا	انرژی (j)	
						۲۰۰	۷۰۰
۱/۲۶۳*	-۱/۲۶۳*	۰/۱۶۸	۰/۰۰۰	-۱/۶۰۴	۰/۹۲۲	۲۰۰	۷۰۰
۱/۵۳۳*	-۱/۵۳۳*	۰/۱۶۸	۰/۰۰۰	-۱/۸۷۴	-۱/۱۹۲	۱۲۰۰	
۱/۲۶۳*	۱/۲۶۳*	۰/۱۶۸	۰/۱۱۷	۰/۹۲۲	۱/۶۰۴	۲۰۰	۷۰۰
۰/۲۷۰	-۰/۲۷۰	۰/۱۶۸	۰/۵۷۶	-۰/۶۱۱	۰/۰۷۱	۱۲۰۰	
۱/۵۳۳*	۱/۵۳۳*	۰/۱۶۸	۰/۰۰۰	۱/۱۹۲	۱/۸۷۴	۲۰۰	۱۲۰۰
۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۰/۱۶۸	-۰/۰۷۱	-۰/۴۳۶	۰/۶۱۱	۷۰۰	

*معنی‌داری اختلاف میانگین در سطح احتمال ۵ درصد.

همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود بین سطح انرژی ۲۰۰ و ۷۰۰، ۲۰۰ و ۱۲۰۰ میلی ژول اختلاف معناداری وجود دارد. با توجه به مقدار اختلاف میانگین‌ها اثر سطح ۱ انرژی نسبت به دو سطح دیگر کمتر بوده است؛ اما دو سطح انرژی ۷۰۰ و ۱۲۰۰ با یکدیگر اختلاف معناداری ندارند.



شکل ۸. نمودار مساحت پیکسلی ناحیه آسیب‌دیده. سمت راست: در سه سطح انرژی. سمت چپ: در سه ناحیه تختانی، میانی و فوقانی سیب.

در شکل ۸ میانگین مساحت پیکسلی در سه ناحیه تختانی، میانی و فوقانی سیب نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بدون در نظر گرفتن میزان انرژی ضربه‌ای بیشترین لهیدگی در ناحیه میانی سیب اتفاق افتاده است که این به دلیل انحنای کمتر نسبت به دو ناحیه دیگر می‌باشد که این عامل سبب می‌شود که به هنگام اعمال ضربه سطح بیشتری از سیب با سطح ضربه زنده در تماس باشد. کمترین مساحت لهیدگی در ناحیه تختانی اتفاق افتاده است که به دلیل انحنای زیاد این سطح نسبت به دو سطح دیگر می‌باشد. در شکل ۸ میانگین مساحت پیکسلی با در نظر گرفتن سه سطح انرژی نمایش داده شده است. طبیعی است که با افزایش در میزان انرژی ضربه‌ای ناحیه لهیده شده افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که فاکتورهای ناحیه سیب و انرژی بر روی مساحت لهیدگی سیب تاثیر گذار می‌باشند و می‌توانند به عنوان فاکتورهایی به منظور درجه بندی مطابق با استانداردهای موجود مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به تولید بالای سیب در ایران لازم و ضروری است تا فاکتورهای مختلفی که بر روی درجه بندی کیفی این محصول تاثیر گذارند مورد بررسی بیشتر قرار گیرند.

مراجع

- [۱] باژن، م. ۱۳۸۵. درجه بندی سیب بر اساس خرابی‌های سطحی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- [۲] پوردربانی، ر. قاسم زاده، ح. آقا گل زاده، ع. و بهفر، ح. ۱۳۸۸. امکان سنجی درجه بندی کیفی سیب با استفاده از پردازش تصویر. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۱۹، شماره ۱.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



[۳] پوررضا، ع. ۱۳۹۰. تعیین رقم و تشخیص ناخالصی‌ها در بذر گندم با استفاده از پردازش تصویر. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

[۴] جعفرلو، م.، و تیمورلو، ر. ۱۳۹۳. برآورد حجم سیب و تورفتگی‌های آن، به کمک پردازش تصویر و شبکه‌ی عصبی. نشریه ماشین‌های کشاورزی، جلد ۴، شماره ۱.

[۵] سراج‌الدین، ع.، معلم، پ. و پورقاسم، ح. ۱۳۹۱. طبقه‌بندی سیب بر اساس ویژگی‌های آماری و بافتی با استفاده از طبقه‌بند SVM. اولین کنفرانس ملی ایده‌های نو در مهندسی برق. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. اصفهان. آذر

[۶] صدرنیا، ح.، و عمادی، ب. ۱۳۹۱. تعیین و مقایسه حساسیت ارقام مختلف سیب (منطقه خراسان) به بارهای ضربه‌ای. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. دوره ۴۳. شماره ۱. ۹-۱۷.

[۷] صدیقی انارکی، م.، خاکی، ص. و مشیری، ب. ۱۳۸۱. ترکیب اطلاعات شیمیایی و تصویربرداری اشعه ایکس در تعیین کیفیت میوه. دومین کنفرانس ماشین‌بینایی و پردازش تصویر ایران، ۱: ۱۶۷-۱۶۰.

[۸] عمرانی، ا.، محتسبی، س.، رفیعی ش.، حسین پور، س.، عقیلی ناطق، ن. ۱۳۹۲. تشخیص بیماری‌های برگ‌ی درخت سیب با استفاده از تکنیک آنالیز تصویر. هشتمین کنگره ملی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. مشهد مقدس.

[۹] گلزاریان، م.، صادقی، ف.، قانعی، ن. و کاظمی، ف. ۱۳۹۲. ارائه روشی کمی و کیفی در ارزیابی عملکرد فاکتورهای رنگی برای جداسازی گیاهان از پس‌زمینه به منظور خودکار کردن شناسایی تصویری گیاهان. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.

[۱۰] لک، م.، مینایی س.، امیری پریان، ج.، و بهشتی، ب. ۱۳۹۲. بسط یک الگوریتم ماشین‌بینایی برای شناسایی میوه سیب تحت شرایط نور طبیعی روز. هشتمین کنگره ملی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. مشهد مقدس.

[۱۱] معصومی، ا.، کلهر، م.، و شفاعی، م. ۱۳۹۲. طراحی و ارزیابی دستگاه درجه‌بندی کننده سیب درختی با استفاده از ماشین‌بینایی. هشتمین کنگره ملی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. مشهد مقدس.

[12] Bennedsen, B. S. and D. L. Peterson and A. Tabb. 2005. Identifying defects in images of rotating apples. *Computers and Electronics in Agriculture* 48: 92-102.

[13] Brosnan T., Sun, D.A. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision-a review. *Journal of Food Engineering*. 61: 3-16.

[14] Leemans, V., Magein, H., Destain, M.F. 2002. On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystems Engineering*, 83(4): 397-404.

[15] Leemans, V., Destain, M.F. 2004. A real-time grading method of apples based on features extracted from defects. *Journal of Food Engineering*, 61: 83-89.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



- [16] Unay, D., and Gosselin, B. 2002. Apple defect detection with MLP- neural networks. Proceedings of the 13th Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing.
- [17] Van Zeebroeck, M., E. Tijssens, P. Van Liedekerke, V. Deli, J. De Baerdemaeker and H. Ramon. 2003. Determination of the dynamical behaviour of biological materials during impact using a pendulum device. Sound Vibr 266: 465–480.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Investigating the effects of impact energy and locations on the bruised area of apple using image processing techniques

Abstract

For most fruits, such as apple, bruising from impact is a common damage after harvesting. In this research, impact bruising was simulated using a pendulum for investigating the effects of energy levels and impact locations on apple surface. The number of 45 apples were selected and used in this study. 48 hours after impact, the samples were imaged in a controlled-lightning imaging box. The images, then, were processed to measure the bruised area in pixels. The results showed the effect of impact location and impact energy on bruised area were significant at 5% and 1%, respectively. The maximum bruised area was found in the middle region on apple surface and the minimum bruised area was found to be on the lower part.

Keywords: Image processing, Apple, Post-harvest, Impact, Decay.