



امکان سنجی استفاده از پردازش تصویر جهت شناسایی خرابی‌های ظاهری خرماي مضافتی

حجت رحمانی^۱، سید ناصرعلوی نایینی^۲، حسین نظام آبادی پور^۳، عادل احمدی^۴

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مخابرات دانشگاه شهید باهنر کرمان

hojat.rahmani@gmail.com

چکیده

سیستم‌های ماشین بینایی و پردازش تصویر روش‌های نوینی هستند که در بخش کشاورزی کاربردهای مختلفی دارند. در این تحقیق طبقه‌بندی خودکار رطب مضافتی منطقه جیرفت به چهار دسته "سالم"، "چروکیده" و "کپک‌زده" و همچنین "صدمه‌دیده و له شده" بر مبنای سیستم پردازش تصویر، پیشنهاد شده است. ابتدا از تعداد ۹۰ خرما که توسط افراد خبره در چهار دسته فوق‌الذکر طبقه‌بندی شده بود، تصاویری در راستای طولی تهیه شد. با استفاده از روش‌های پردازش تصویر در محیط برنامه‌نویسی متلب تصویر خرما از زمینه جدا گردید. همچنین الگوریتم‌های مختلفی برای بازشناسی نواحی معیوب خرما پیشنهاد شد. بعد از شناخت مناسب‌ترین روش، خرماها نسبت به درصد هر نوع خرابی و با تهیه یک الگوریتم دسته‌بندی، در یکی از چهار گروه مذکور قرار داده شدند. الگوریتم مذکور روی تصاویر ۲۱۱ عدد خرما اجرا شد. نرخ بازشناسی درست روش پیشنهادی برای خرماي سالم، چروکیده، صدمه‌دیده و کپک‌زده به ترتیب ۹۴/۱۱، ۸۸/۸۹، ۸۹/۴۸ و ۸۸/۰۹ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: خرماي مضافتی، پردازش تصویر، ماشین بینایی، خرابی‌های خرما

مقدمه

در روش‌های سنتی، بازرسی و درجه‌بندی میوه‌ها توسط کارگران انجام می‌شود. هزینه بالای نیروی کار، دقت و سرعت پایین ناشی از تاثیرپذیری از شرایط محیطی و متفاوت بودن تشخیص کارگران، لزوم استفاده از سیستم‌های نوین را باعث شده است. بطور اخص در مورد محصولات غذایی که حذف دخالت مستقیم انسان در کنترل و درجه‌بندی موجب افزایش دقت و کاهش حداکثری مشکلات بهداشتی نیز خواهد شد. در صنایع کشاورزی، استفاده از بینایی ماشین در امور کیفیت و درجه‌بندی اهمیت قابل توجه یافته است.

پیرسون و سلاتر (۱۹۹۲) با استفاده از بینایی ماشین پسته‌های زود خندان شده را شناسایی کردند تا بتوانند پسته‌های آلوده به آفلاتوکسین را بشناسند، از ۱۸۰ دانه پسته مورد آزمایش، ۹۹ درصد پسته‌های معمولی و تمام پسته‌های زود خندان بطور صحیح شناسایی شدند. غضنفری و ایردواراباج (۱۹۹۶) و غضنفری و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از بینایی ماشین چهار نوع مختلف دانه‌های پسته را درجه‌بندی کردند. در سال ۲۰۰۸ جاریموپاس و جیسین با استفاده از ماشین بینایی تمبره‌ندی شیرین را با متغیرهای شکل، اندازه، و با در نظر گرفتن وجود یا عدم وجود عیب

و نقص دسته بندی کردند. در سال ۲۰۰۹ بلاسکو و همکارانشان با دقت ۹۰ درصد در جداسازی دانه های درونی میوه انار از پوسته های زاید آن موفق بودند.

بینایی ماشین و فرآیند پردازش تصویر

اجزاء یک سیستم بینایی ماشین معمولاً شامل: (۱) انتقال دهنده (نوار نقاله) (۲) سیستم تامین قدرت (۳) جعبه نور و دوربین (۴) جدا کننده پنوماتیکی با محفظه هوای فشرده یا مکانیکی (سلونوئید) (۵) سیستم کنترل کننده و (۶) میکرو کامپیوتر است. ابتدا نرم افزار جداسازی و درجه بندی تهیه شده به سیستم کامپیوتر وارد می شود. سپس نمونه روی نوار نقاله در قسمت ورودی قرار داده شده و سیستم تامین نیرو راه اندازی می شود. نمونه توسط نوار نقاله به قسمت محفظه نور وارد شده و تصویر آن اخذ می گردد. سپس تصویر تهیه شده به کامپیوتر منتقل و دستورات لازم به قسمت کنترل کننده وارد می شود. قسمت کنترل کننده جداکننده مربوطه را فعال می کند و نمونه در جعبه مورد نظر قرار می گیرد (جاریموپاس و جیسین، ۲۰۰۸).

اولین گام در فرآیند پردازش تصویر، اخذ تصویر است که بصورت دیجیتال انجام می شود. در سال ۲۰۰۸ لی و همکاران با اخذ تصاویر مادون قرمز جهت درجه بندی خرما خشک اقدام کردند. ایشان در تحقیق دیگری برای تعیین رسیدگی خرما از تصاویر رنگی استفاده کردند (لی و همکاران، ۲۰۰۸). تروپ و همکاران (۲۰۰۵) با کنار هم قرار دادن ۶ تصویر از سیب، جهت بدست آوردن تمام نواحی سیب اقدام کردند. عمل پیش پردازش برای بدست آوردن تصویر بهبود یافته انجام می شود.

عمل ناحیه بندی تصویر برای تقسیم بندی تصویر دیجیتالی به نواحی جداگانه و غیر مشترک انجام می شود. در جداسازی تصویر تمبر هندی از زمینه از روش آستانه گیری خودکار روی تصویر خاکستری استفاده شد (جاریموپاس و جیسین، ۲۰۰۸). لی و همکاران (۲۰۰۸) جهت جداسازی تصویر خرما از زمینه از روش آستانه گیری دستی روی تصویر مادون قرمز استفاده و نواحی جدا شده در تصویر را در صورتی که مساحت شان از یک آستانه بیشتر بود، خرما تلقی می کردند. استخراج ویژگی برای اندازه گیری مشخصاتی مانند ابعاد، شکل، رنگ و بافت انجام می شود. در تعیین میزان خمیدگی از مرکز سطح تصویر و زاویه خمیدگی استفاده شد (جاریموپاس و جیسین، ۲۰۰۸). لی و همکاران (۲۰۰۸) در درجه بندی خرما خشک از تلفیق پارامتر طول و درصد خرابی استفاده کردند. جهت تشخیص خرما نارس از رسیده، از فضای رنگی جدید با ۱۱ مولفه استفاده شد. (لی و همکاران، ۲۰۰۸).

به طور کلی دسته بندی با روش های آماری و الگوریتم درختی، گوسین، فازی یا با استفاده از شبکه عصبی انجام می شود. در درجه بندی دانه های پسته از روش های الگوریتم درختی، گوسین و شبکه عصبی چند لایه استفاده شد. (غضنفری و همکاران، ۱۹۹۷).

خرما

ایران مقام دوم تولید خرما در دنیا را دارد. اما متأسفانه به دلایل گوناگونی از جمله عدم وجود فناوری های پس از برداشت و عدم رعایت استانداردهای بین المللی در حین فرآوری و بسته بندی، در حدود ۴۰٪ خرما به صورت ضایعات درآمده و علاوه بر اینکه به مقدار ناچیز صادر می شود، نتوانسته در بازارهای جهانی موقعیت خود را به دست آورده و با دیگر کشورهای صادر کننده رقابت نماید.

لی و همکاران (۲۰۰۸) نسبت به ایجاد سیستم بینایی ماشین جهت درجه بندی خرما مناطق آریزونا و کالیفرنیا آمریکا

¹ - Medjool date

اقدام کردند لایه لایه شدگی پوست^۲ خرما که در حین خشک شدن ایجاد می‌شود از کیفیت خرما می‌کاهد. ایشان در آن تحقیق، موفق به درجه‌بندی خرما خشک بر اساس لایه لایه شدگی پوست و طول خرما شدند. خرماهای مضافتی^۳، شاهانی^۴ و سایر^۵ از ارقام اصلی خرما در ایران می‌باشند. خرماهای مضافتی میوه رسیده نخل خرما، سیاه رنگ، گوشت‌دار، پرشده و خوش طعم است. این نوع خرما در شهرستان بم و در وسعت کمتری شهرستان جیرفت استان کرمان به عمل می‌آید. خرماهای مضافتی بم مرغوب تر از خرماهای جیرفت است که به علت وجود خرابی‌های بیشتر در خرماهای مضافتی منطقه جیرفت و لزوم دقت بیشتر در درجه‌بندی، خرماهای این منطقه جهت تحقیق انتخاب شد. عیوب بررسی شده در این تحقیق شامل موارد زیر است:

الف) صدمه دیدگی: خرمایی که در اثر ضربه؛ آفتاب سوختگی و صدمه دیده باشد و یا خرمایی که گوشت آن فشرده شده یا پاره شده باشد و هسته آن معلوم باشد. این نوع خرما قابل استفاده در صنایع تبدیلی می‌باشد.

ب) کپک‌زدگی: آلودگی با کپک قابل مشاهده با چشم غیر مسلح.

ج) چروکیدگی: بعضی از خرماها در مراحل رسیدن چروکیده می‌شوند ولی سالم بوده و مصرف خوراکی دارند.

در این تحقیق روشی برای دسته‌بندی خرما به سالم، چروکیده، کپک زده و همچنین صدمه دیده و له شده با استفاده از روش‌های تحلیل تصویر پیشنهاد شده است. ابتدا از تصاویر تعداد ۹۰ خرما که در کارخانه بسته بندی توسط فرد خبره در انواع سالم، چروکیده، کپک زده و صدمه دیده طبقه‌بندی شده بود برای آزمون رهیافت‌های پیشنهادی استفاده شد. سپس از تعداد ۲۱۱ عدد خرما در انواع مختلف، تصاویری از دید فوقانی و تحتانی در مقطع طولی تهیه شد. درصد وجود هر نوع خرابی در خرما با جمع مقادیر بدست آمده از دو تصویر محاسبه و هرخرما نسبت به قرار گرفتن در محدوده خاصی از هر خرابی در یکی از دسته‌های سالم، چروکیده، کپک زده و صدمه دیده قرار گرفت، که با توجه به درستی عملکرد روش پیشنهادی، امکان استفاده از ماشین بینایی و نحوه عملکرد آن بررسی شد.

مواد و روشها

در این تحقیق بنا بر این گذاشته شده تا الگوریتمی تهیه گردد که خرما را در چهار دسته مذکور دسته‌بندی کند، و بتوان از این برنامه نرم افزاری در سیستم دید ماشین استفاده کرد.

جهت تهیه الگوریتم مذکور از نرم افزار مطلب ۷/۶ و سخت افزارهایی به شرح ذیل استفاده شد:

الف-محفظه نوردهی و منبع نور:

محفظه نوردهی مکعب مستطیل شکل از چوبی با ضخامت معلوم و با ابعاد $26\text{cm} \times 16\text{cm} \times 15/5\text{cm}$ تهیه گردید، در وجوه بالایی و پایینی برای قرارگیری لنز دوربین سوراخ‌هایی به قطر $3/3$ سانتیمتر ایجاد گردید(شکل ۱). منبع نور استفاده شده لامپ فلورسنت ۸ وات با ولتاژ ۲۲۰ ولت متناوب است. در وسط دو وجه جعبه (مابین محل قرارگیری دوربین بالا و پایین) جهت قرارگیری شیشه نگهدارنده شکافی به ضخامت $2/5$ میلی متر ایجاد و از شیشه‌ای به قطر ۲ میلی متر برای نگهداری خرما استفاده شد.

² -Skin delamination

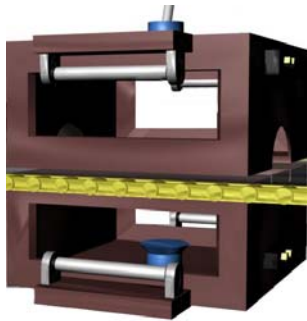
³ - mozafati

⁴ - shahani

⁵ - sayir

ب- دوربین دیجیتالی: دوربین مورد استفاده برای اخذ تصویر Canon DIGITAL IXUS 750 با وضوح ۷/۱ مگا پیکسل بود.

ج- کامپیوتر شخصی: به منظور پردازش تصاویر، از یک کامپیوتر Pentium 4 با RAM ۴ گیگا بایت و حافظه داخلی ۵۰۰ گیگا بایت استفاده شد.



فرآیند پردازش تصویر

با توجه به شکل و اندازه میوه خرما نیاز به بیش از دو تصویر احساس نشد. جعبه تهیه شده، توانایی اخذ تصاویر با دوربینهای فوقانی و تحتانی را دارد. بنابراین از تک تک خرماها که در راستای طولی روی شیشه نگهدارنده قرار داده شدند، با دوربین از منفذ فوقانی و تحتانی تصاویری با ابعاد 2304×3072 گرفته شد. اخذ تصاویر با نوردهی همزمان و ثابت برای دو تصویر، موجب ایجاد نویز در گوشه‌های زمینه تصویر شد که با بریدن لبه‌ها زمینه تصویر، حذف شد. همچنین کوچک کردن سایز تصویر جهت کاهش زمان‌بری برنامه‌ها، در پیش پردازش انجام شد.

شکل ۱- محفظه نوردهی

جهت شناسایی نواحی شامل خرما، خوشه‌بندی برای تصویر خاکستری و مولفه اشباع^۶ فضای رنگی HSV بررسی شد. این کار با آستانه‌یابی دستی و خودکار روی مقدار گرادیان (∇) تصویر خاکستری (I) نیز انجام شد (روابط ۱ تا ۳). در این روابط I بیانگر شدت روشنایی تصویر مورد پردازش است. x و y به ترتیب بیانگر موقعیت مکانی پیکسلها در راستای افقی و عمودی بوده و $I(x,y)$ بیانگر شدت روشنایی تصویر در موقعیت مکانی (x,y) است. G_x و G_y به ترتیب گرادیان تصویر در راستای x و y بوده و $|\cdot|$ بیانگر اندازه است (گونزالز و وود، ۲۰۰۱).

$$\frac{\partial I}{\partial x} = \frac{I(x+1) - I(x-1)}{2} \quad (1)$$

$$\nabla I = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial I}{\partial x} \\ \frac{\partial I}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\nabla I \approx |G_x| + |G_y| \quad (3)$$

$$BW \equiv |\nabla I| > \gamma_{Grad} \quad (4)$$

در رابطه ۴ γ_{Grad} ، می‌تواند ضریبی از میانگین اندازه گرادیان ($M_{|\nabla I|}$) کل تصویر باشد که در این حالت آستانه‌یابی خودکار و اگر با یک عدد مشخص شود آستانه‌یابی دستی خواهد بود. در هر حال BW یک تصویر دو سطحی است. جدا کردن کامل خرما از زمینه با پر کردن نواحی درونی لبه، با استفاده از عملگرهای مرفولوژیکی انجام می‌شود. بدین ترتیب تصویر دو سطحی ایجاد شده (BW) در نواحی خرما دارای مقدار پیکسلی یک و زمینه با مقدار صفر بدست می‌آید. در تصاویر ناحیه‌بندی شده تعداد پیکسلها با مقدار یک متناسب با مساحت خرما است. و همچنین بزرگ‌ترین عدد بدست آمده از جمع ستونی پیکسلها متناسب با قطر خرما (D) و بزرگترین عدد بدست آمده از جمع ردیفی پیکسلها متناسب با طول خرما (L) خواهد بود.

شناسایی نواحی شامل خرابی‌ها

⁶- Saturate

نواحی صدمه دیده خرما شامل آفتاب سوختگی، پارگی پوست و نمایان شدن گوشت میوه و له شدگی است. مولفه C_b فضای رنگی $YCbCr$ در نواحی آفتاب سوخته و گوشت میوه دارای مقادیر بیشتری است. با لغزاندن ماسک 3×3 روی مولفه cb تصویر و استفاده از آستانه ی رابطه ۵، بافت خراب خرما شناسایی می شود.

$$ind_{cb} = m_{cb} < 0.91 \times M_{cb} \quad (5)$$

در این رابطه M_{cb} میانگین مولفه دوم فضای رنگی $YCbCr$ کل تصویر و m_{cb} میانگین این مولفه ماسک است. رابطه فوق کپک های تغییر رنگ یافته را نیز شناسایی می کند. به علت اهمیت شناسایی خرما با کوچکترین کپک بعنوان خرمای کپک زده در الگوریتم تشخیص، درجه بندی این خرما پیش از خرمای صدمه دیده انجام خواهد شد. در تشخیص لهیدگی از نسبت طول به قطر استفاده شد.

کپک زده

یکی دیگر از مشخصه های خرابی خرمای مضافتی که به آن پرداخته می شود، وجود یا عدم وجود کپک است. در تصاویر اخذ شده از خرمای کپک زده، انعکاس نور وجود دارد. تصاویر نواحی کپک و نواحی با انعکاس نور دارای مولفه های رنگی نزدیک به هم هستند، که این شناسایی را سخت می کند.

مقادیر مولفه های R, G, B فضای RGB و مولفه Y فضای رنگی $YCbCr$ در نواحی کپک زده تصویر بررسی شد. محدوده این مولفه ها در نواحی کپک زده و انعکاس نور یکسان است، لذا این کار به تنهایی کافی نیست. در ادامه برای بهبود کار به مقایسه مقادیر مولفه های فضای RGB پرداخته شد. مولفه های G و B در نواحی با انعکاس نور دارای مقادیر نزدیک بهم است اما در نقاط کپک زده این مقادیر فاصله بیشتری از هم دارند. با تشخیص نواحی دارای انعکاس نور و حذف آن از سپیدی ها، نواحی کپک زده شناسایی شد.

در ابتدا با لغزاندن ماسک 3×3 روی هر یک از مولفه های R, G, B فضای RGB و مولفه Y فضای رنگی $YCbCr$ تصویر، مقدار میانگین بلوک برای هر یک از مولفه ها (m_r, m_g, m_b, m_y) محاسبه شد. با آستانه گذاری برای میانگین های بدست آمده، سپیدی ها تشخیص داده شد. آستانه گذاری روی این مقادیر در رابطه ۶ آمده است:

$$\begin{aligned} ind_r &= 110 < m_r < 245 \\ ind_g &= 80 < m_g < 235 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} ind_b &= 70 < m_b < 220 \\ ind_y &= 95 < m_y < 205 \end{aligned}$$

$$ind_{rgby} = ind_r \& ind_g \& ind_b \& ind_y \quad (7)$$

بنابراین، پیکسل هایی، سپید تشخیص داده می شود که در هر چهار محدوده فوق قرار گیرند (رابطه ۷). البته این تشخیص شامل قسمتهایی از زمینه هم می شود که نهایتاً "نواحی ای که هم متعلق به تصویر خرما جدا شده از زمینه و هم متعلق به سپیدی ها هستند به عنوان سپیدی های درون خرما (ind_{wm}) با مقدار پیکسلی یک و بقیه نواحی با مقدار صفر مشخص می شوند (رابطه ۸).

$$ind_{wm} = ind_{rgby} \& BW \quad (8)$$

مقادیر مولفه های فضای RGB در نواحی کپک زده و انعکاس نور مقایسه شد. مولفه های G و B در نواحی با انعکاس نور دارای مقادیر نزدیک به هم است اما در نقاط کپک زده این مقادیر فاصله بیشتری از هم دارند. برای تشخیص نواحی دارای

انعکاس نور، در هر بلوک لغزان مقدار میانگین و انحراف معیار میانگین مولفه‌های G و B (m_{gb} و d_{gb}) و همین طور میانگین و انحراف معیار مولفه‌های G و B کل تصویر (M_{gb} و D_{gb}) محاسبه شد. با آستانه‌گذاری برای مقادیر بدست آمده، نواحی شامل انعکاس نور تشخیص داده شدند. آستانه‌گذاری روی این مقادیر در رابطه ۹ آمده است.

$$\text{ind}_{gb} = (d_{gb} < 0.55 \times D_{gb}) \& (m_{gb} > 0.5 \times M_{gb}) \quad (9)$$

با حذف نواحی دارای انعکاس نور از سپیدی‌ها، نواحی کپک‌زده شناسایی می‌شود (رابطه ۱۰). بدین ترتیب تصویر دو سطحی ایجاد شده (I_{Mould}) در نواحی کپک‌زده دارای مقدار پیکسلی یک و باقی نواحی با مقدار صفر بدست می‌آید.

$$I_{\text{-Mould}} = \text{ind}_{\text{WM}} - \text{ind}_{gb} \quad (10)$$

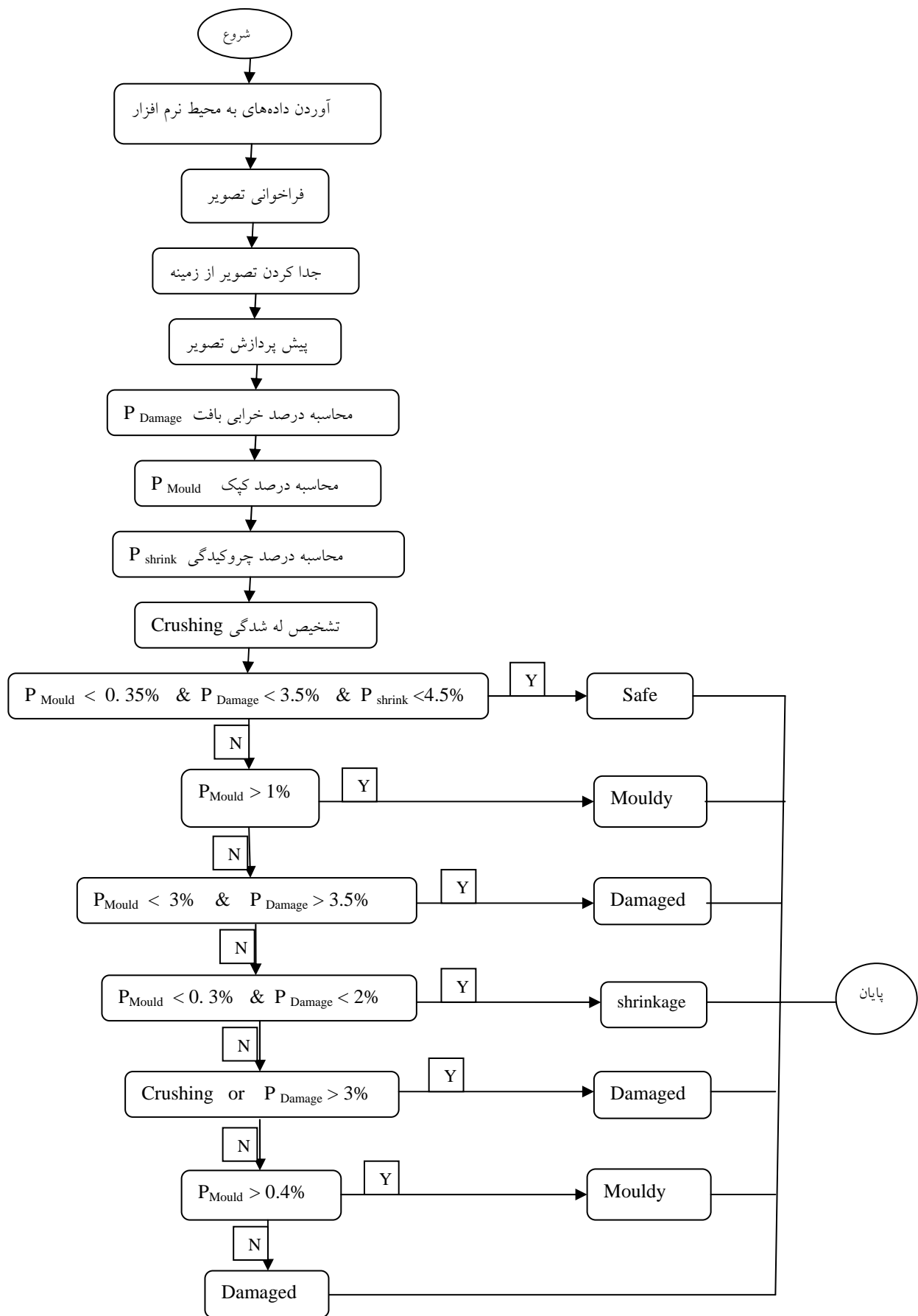
چروکیده

خرماهای چروکیده دارای انعکاس نور در روی چروک‌ها با لبه‌های تیز و در شیب چروک‌ها با لبه‌های پهن هستند. با استفاده از لبه‌یابی، چروک‌ها در قالب لبه مشخص می‌شوند. که این کار با فیلترهای مختلف انجام شد. بهترین جواب با فیلتر sobel به دست می‌آید. ولی از آنجا که نویزهای موجود در بعضی نواحی تصویر بصورت نقاط در تصویر لبه‌یابی شده باعث کاهش دقت تشخیص چروک می‌شوند قبل از لبه‌یابی، تصویر با یک فیلتر میانگین‌گیر هموار می‌شود. لبه‌یابی با فیلتر sobel روی مولفه‌های R و B انجام شد و نهایتاً "نواحی که از لحاظ هر دو مولفه R و B لبه تشخیص داده می‌شد بعنوان لبه‌های چروک‌ها شناخته شد.

دسته‌بندی نهایی

در پایان یافتن هر نوع خرابی، مساحت سطح خراب تصویر باینری که شامل تعداد پیکسلها با مقدار یک بود محاسبه شد. نهایتاً "با درصدگیری از مساحت هر نوع خرابی نسبت به مساحت کل سطح تصویر باینری خرما، درصد هر نوع خرابی در خرما مشخص می‌شود.

در این تحقیق دسته‌بندی نهایی با استفاده از الگوریتم درختی انجام شد. تعداد ۹۰ خرما که توسط شخص خبیره بصورت تصادفی از هر گروه سالم، چروکیده، با بافت صدمه دیده و کپک زده و به ترتیب به تعداد ۲۰، ۱۵، ۳۰، ۲۵ عدد انتخاب شده بودند را به عنوان تصاویر یادگیری مورد استفاده قرار دادیم تا پارامترهای الگوریتم را تنظیم نماییم. از مواردی که در تنظیم محدوده درصدها نقش داشتند می‌توان این موارد را نام برد: وجود فرورفتگی و برآمدگی در خرما سالم که موجب در نظرگیری حداکثر ۴/۵ درصد چروکیدگی برای آن شد. همچنین اهمیت جداسازی خرما کپک که سعی شده در الگوریتم رعایت شود.



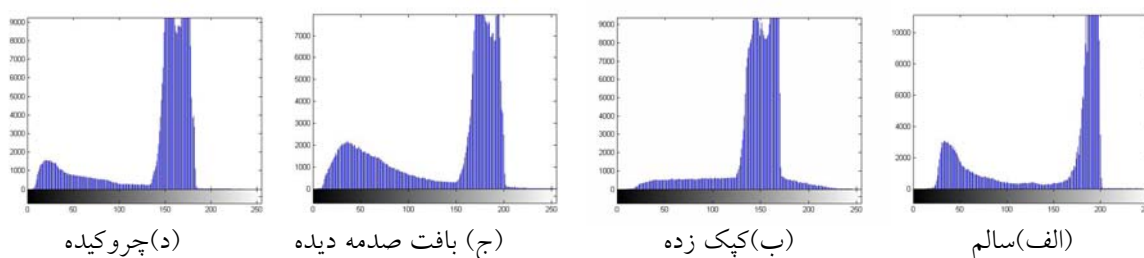
شکل ۲- الگوریتم درجه بندی خرما براساس درصد خرابیهای بدست آمده از پردازش تصویر

تنظیم الگوریتم دسته‌بندی بر اساس شناسایی خبرگان بود که با استفاده از تصاویر ۹۰ عدد خرما سعی شد جواب مطلوب بدست آید (شکل ۲). نرخ بازشناسی درست برای ۹۰ عدد خرما که تنها تصویر فوقانی از آنها تهیه شد و برنامه نویسی جهت یافتن برنامه مطلوب روی آنها تست شد در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ماتریس صحت درجه بندی ۹۰ عدد خرما با تصویر از یک جهت

	نرخ بازشناسی درست	کپک زده	صدمه دیده	چروکیده	سالم
بحث و نتیجه گیری با توجه	۹۵٪	۰	۰	۱	۱۹ سالم
	۹۳/۳۲٪	۰	۰	۱۴	۱ چروکیده
	۸۶/۶۷٪	۳	۲۶	۰	۱ صدمه دیده
	۹۳٪	۲۳	۲	۰	۰ کپک زده

به زمینه سفید تصویر های اخذ شده و تیره گی خرما، خوشه بندی تصویر خاکستری در مورد خرما سالم وبدون شیره مناسب بود ولی بدلیل انعکاس نور موجود در نواحی ای که پوست خرما دارای شیره یا کپک است، کلیت ندارد. در تصویر ۳ هیستوگرام تصویر خاکستری از چهار نمونه خرما آمده است. سطوح خاکستری پایینتر متعلق به پیکسلهای خرما و مقادیر بیشتر مربوط به زمینه می باشد. در هیستوگرام مربوط به خرما کپک زده (شکل ۳-ب) پیکسلها مربوط به خرما در سطوح خاکستری نامشخص پخش شده است.



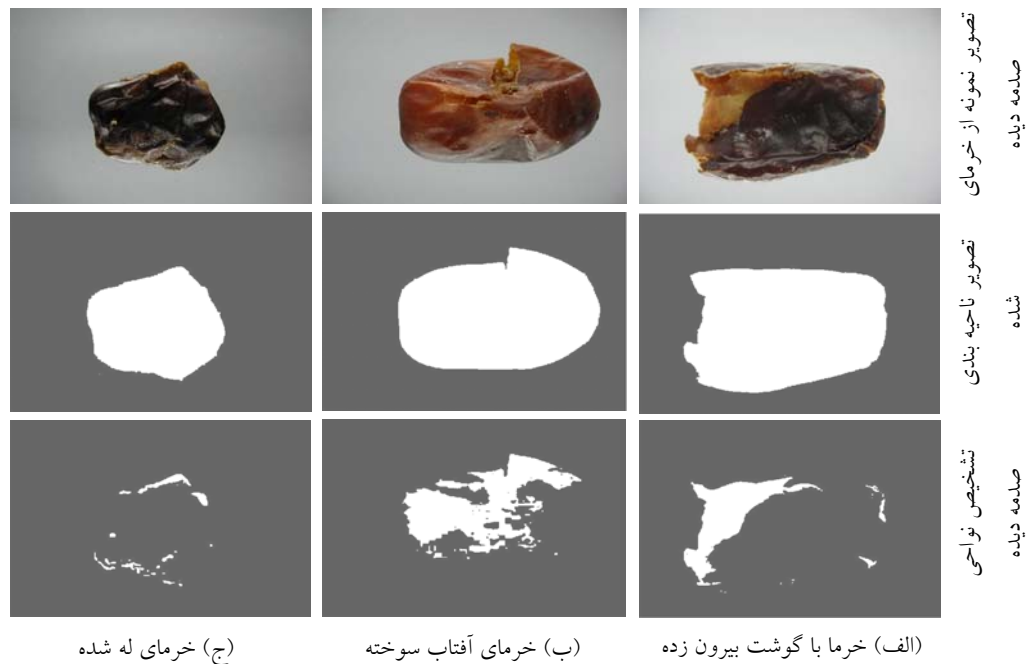
شکل ۳- هیستوگرام تصویر خاکستری انواع خرما (محور طولی: سطح خاکستری- محور عرضی: تعداد پیکسلها)

طبق آزمایشهای بعمل آمده خوشه بندی مولفه S فضای رنگی hsv نتایج نسبتاً بهتری می دهد. اما آستانه گذاری روی مقدار آستانه گذاری روی مقدار گرادیان (∇) تصویر خاکستری (I) بهترین گزینه برای یقین لبه های تصویر خرما است (روابط ۱ تا ۳). برای بدست آوردن BW (تصویر دو سطحی) در رابطه ۴، آستانه دستی ($\gamma_{Grad} = 4$) و خودکار شده (دو سطح شده) خرما از پیش زمینه جدا می شود.

جدا کردن کامل خرما از زمینه با پر کردن نواحی درونی لبه، با استفاده از عملگرهای مرفولوژیکی انجام می شود. بدین ترتیب تصویر دو سطحی ایجاد شده (BW) در نواحی خرما دارای مقدار پیکسلی یک و زمینه با مقدار صفر بدست می آید. تصویر ناحیه بندی شده سه عدد خرما در شکل ۴ آمده است.

در شکل ۴ شناسایی سه نمونه از صدمه دیدگی نشان داده شده است. تصاویر الف و ب بترتیب مربوط به خرما با گوشت بیرون زده و آفتاب سوخته هستند و تصویر ج مربوط به خرما له شده می باشند. تشخیص نواحی صدمه دیده با استفاده از رابطه ۵ انجام می شود. جهت تشخیص لهدگی خرما از تصویر ناحیه بندی شده استفاده شد. در خرماهای لهدیده نسبت

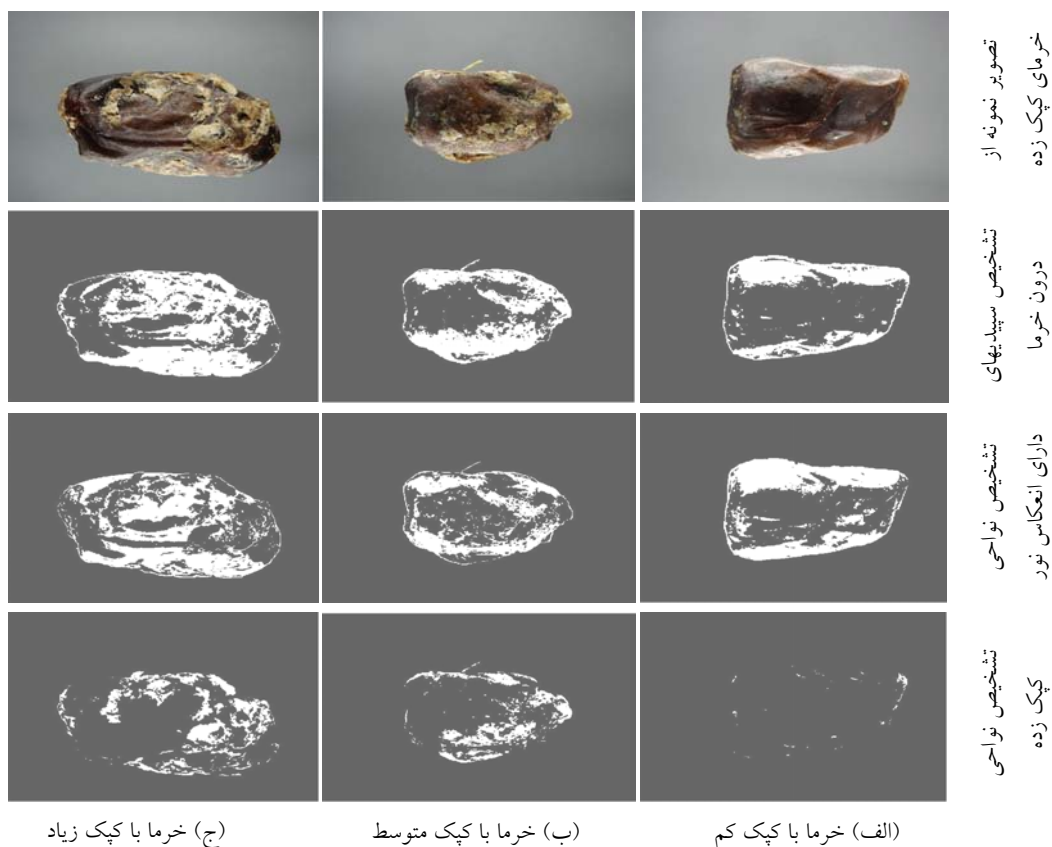
طول به قطر خرما کمتر از $\frac{1}{25}$ مشاهده شد $\left(\frac{L}{D} < 1.25\right)$. از این نسبت برای تشخیص خرمای لهیده استفاده می شود (شکل ۴-ج).



شکل ۴- صدمه دیدگی با تشخیص نواحی صدمه دیده (الف و ب) یا امکان له شدگی در تصویر ناحیه بندی شده (ج)، بررسی می شود.

شکل ۵- الف تصویر خرما با کپک کم را نشان می دهد. در این تصویر انعکاس نور در اکثر نقاط تصویر خرما رخ داده که استفاده از رابطه ۹ جهت شناسایی این نواحی راه گشاست. در شکل ۵- ب و ج دو تصویر دیگر از خرمای کپک زده به همراه روند شناسایی نواحی کپک زده آمده است. هر چند که این روش در شناسایی نواحی کپک زده موثر است، اما تغییر رنگ یافتن کپک (زرد شدن) و نواحی کپک همراه با انعکاس نور موجب بروز خطا در روش پیشنهادی است. استفاده از فضای رنگی جدید جهت شناسایی کپک می تواند موثر باشد. چروک ها با استفاده از لبه یابی، مشخص شدند. لذا برخی از پارگیهای بافت خرما در نواحی صدمه دیده هم جزو چروک تشخیص داده می شدند (شکل ۶)، ولی از آنجا که خرماهای چروکیده بخاطر فیزیک خاص خود خیلی کم تحت صدمه بافتی قرار می گیرد، در پایان تشخیص این دو نوع خرما از هم امکان پذیر شد.

تست نهایی با اجرای الگوریتم درختی تشخیص (شکل ۲) بر روی ۸۵ خرمای سالم با ۱۷۰ تصویر (۸۵ تصویر با دوربین بالایی و ۸۵ تصویر با دوربین پایینی) ۲۷ عدد خرمای چروکیده، ۵۷ صدمه دیده و تعداد ۴۲ عدد خرمای کپک زده که از همه خرماها دو تصویر موجود بود انجام شد. تصاویر به محیط نرم افزار مطلب برده شد و پس از اجرای برنامه روی آنها، درصد هر یک از انواع خرابی برای هر تصویر محاسبه شد سپس با جمع درصد تصاویر فوقانی و تحتانی و تقسیم بر دو کردن، برنامه الگوریتم روی آنها اجرا شد که نتایجی به شرح جدول ۲ بدست آمد.



شکل ۵- تشخیص نواحی کپک زده پس از حذف نواحی دارای انعکاس نور از سپیدی‌ها درون خرما انجام می‌-

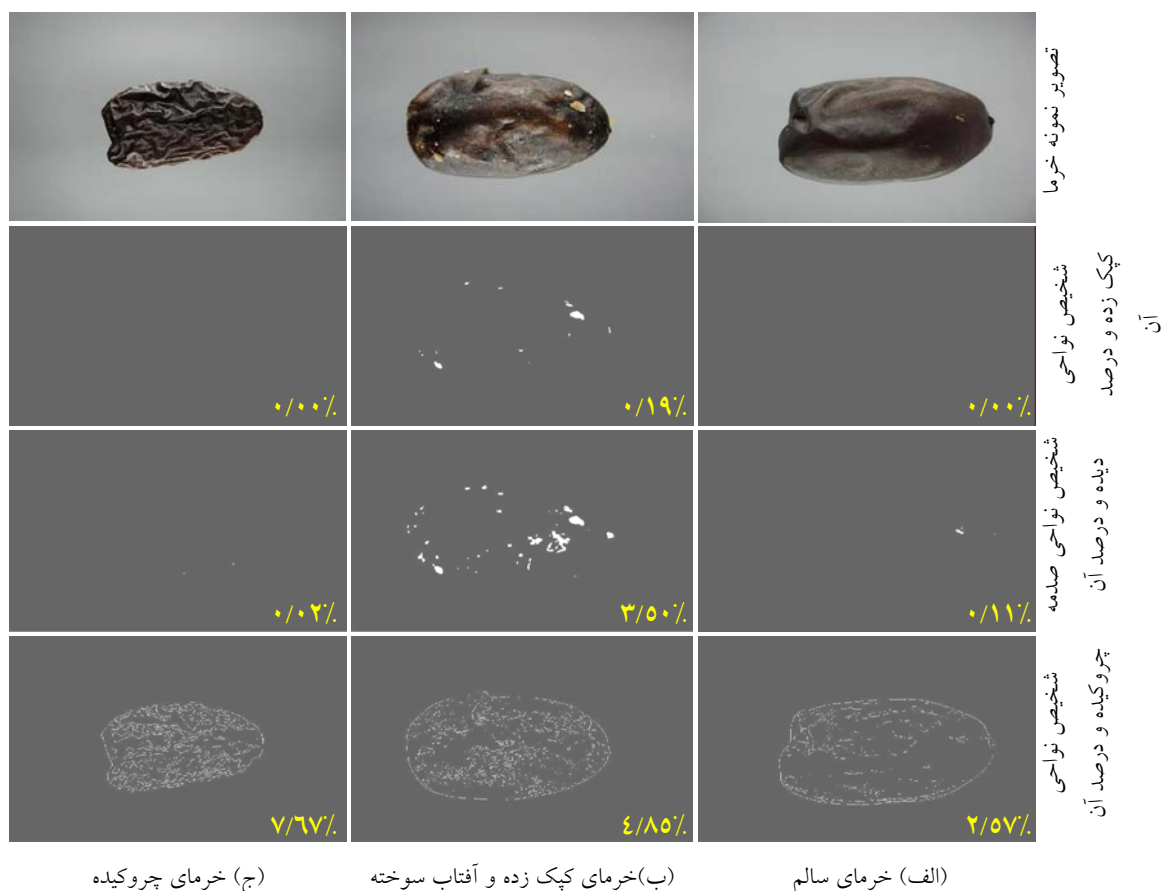
جدول ۲- ماتریس صحت درجه بندی ۲۱۱ عدد خرما با تصویر از دو جهت

نرخ بازشناسی درست	کپک زده	صدمه دیده	چروکیده	سالم	
۹۴/۱۱٪	۰	۱	۴	۸۰	سالم
۸۸/۸۹٪	۲	۱	۲۴	۰	چروکیده
۸۹/۴۸٪	۴	۵۱	۱	۱	صدمه دیده
۸۸/۰۹٪	۳۷	۵	۰	۰	کپک زده

نرخ کلی بازشناسی درست ۹۱ درصد می باشد. کمترین نرخ بازشناسی ۸۸/۰۹ و از آن خرمای کپک‌زده است. از ۴۲ خرمای کپک‌زده ۳۷ عدد تشخیص درست داشته اند و ۵ عدد جزء صدمه دیده جای گرفته است. هرچند که هیچ یک از خرماهای کپک‌زده در گروه سالم قرار نگرفته اند ولی روش‌های تفکیک بهتر خرمای صدمه دیده و کپک‌زده قابل بررسی است. نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق درجه‌بندی خرمای مضافتی با استفاده از پردازش تصویر و بر مبنای تشخیص خبره، بررسی شده است. نرخ بازشناسی درست برای خرمای سالم، چروکیده، با بافت صدمه دیده و کپک زده به ترتیب ۹۴/۱۱، ۸۸/۸۹، ۸۹/۴۸ و ۸۸/۰۹ بدست آمد که تایید کننده امکان استفاده از پردازش تصویر برای دسته بندی است. در بررسی نتایج مشاهده می شود؛ کمترین درصد نرخ بازشناسی درست برای خرمای کپک زده است که تحقیق بیشتر در ارتقاء بازشناسی خرمای کپک زده ضروری است. با توجه به اینکه عامل اصلی بازشناسی ضعیف خرمای کپک زده انعکاس نور و کپک های تغییر رنگ یافته

بودند تعریف فضای رنگی درخور و همچنین استفاده از شبکه عصبی و سیستم فازی می تواند در ارتقاء تشخیص موثر باشد.



شکل ۶- تعیین درصد هر یک از خرابی‌ها روی انواع خرما

منابع

1. Blasco, J. & Cubero, S. & . Gómez-Sanchís, J. & Mira, P. & Moltó, E. 2009. Development of a machine for the automatic sorting of pomegranate (*Punica granatum*) arils based on computer vision. *Journal of Food Engineering* 90, 27–34.
2. Ghazanfari, A. & Irudayaraj, J. 1996. Two-dimensional image classification using mathing technique. *Trans. ASAE* 39(3), 1197-1202.
3. Ghazanfari, A. & Irudayaraj, J. & Kusalik, A. 1996. Grading pistachio nuts using a neural network approach. *Trans. ASAE*. 39(6), 2319-2324.
4. Ghazanfari, A. & Wulfsohn, D. & Irudayaraj, J. 1997. Machine vision grading of pistachio nuts using gray-level histogram. *Canadian agricultural engineering*. Vol. 40. No. 1, 61-66. *Trans. ASAE* 39(3), 1197-1202.
5. Gonzalez, R.C & Woods, R.E. 2001. *Digital image processing*. Second edition. John Wiley and Sons INC.
6. Jarimops, B. & Jaisin, N. 2008. An experimental machine vision system for sorting sweet tamarind. *Journal of Food Engineering* 89, 291–297.
7. Lee D.J. & Archibald J. & Chang Y. & Greco Ch. 2008. Robust color space conversion and color distribution analysis techniques for date maturity evaluation. *Journal of Food Engineering* 88: 364–372.

8. Lee, D.J. & Schoenberger R. & Archibald, J. & McCollum, S. 2008. Development of a machine vision system for automatic date grading using digital reflective near-infrared imaging. *Journal of Food Engineering*. 86: 388–398.
9. Pearson, T. C. & Elster, R.T. 1992. Machine vision for crack detection of early split pistachio nuts. *ASAE* 35(4), 1324-1328.
10. Throop, J.A. & Aneshansley, D.J. & Anger, W.C. & Peterson, D.L. 2005. Quality evaluation of apples based on surface defects: development of an automated inspection system. *Postharvest Biology and Technology* 36, 281–290.

Abstract

Machine vision based system and image processing are new techniques that have different applications in agricultural industry. In this research, we introduce a solution for classification of Mozafati date into 4 different classes, "safe", "shrinkage", "mouldy" and "damaged". First we prepare base containing the images of 90 dates. They had been chosen and categorized by an experienced person. By using image segmentation techniques in MATLAB, the image of date has been separated from the background. Also different algorithms for recognition dates defective areas were proposed. After finding the most appropriate method, dates providing the percentage of each type of defect and using the classification algorithm, in one of these four groups were placed. Mentioned algorithm was performed on images of 211 dates. Correct recognition rate of proposed method for safe, shirinkage, damaged and mouldy dates was 94/11, 88 / 89, 89/48 and 88/09.

Keywords: Mozafati date, Image processing, Machine vision, Dates devastation