تشخیص بد شکلی هندوانه با استفاده از پردازش تصویر

حسن صدرنیا[1]، علی رجبی‌پور[2]، علی جعفری[3]، یونس مستوفی[4]، ارژنگ جوادی[5]

چکیده

در این پژوهش که بمنظور ارائه آلگوریتم تشخیص بدشکلی میوه هندوانه انجام گردید، ابتدا مشخصه‌های فیزیکی هندوانه شامل جرم، حجم، ابعاد و جرم مخصوص ظاهری هندوانه در سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک اندازه‌گیری شد. سپس روابط بین مشخصه‌های فوق برای حالت استاندارد میوه و انواع بدشکلی بررسی گردید و تصاویر گرفته شده از میوه کالیبره شدند. با استفاده از روابط بدست آمده آلگوریتم تشخیص ترکیبی ارائه شد. نتایج نشان داد که از نسبت طول به عرض تصویر و نسبت سطح تصویر میوه(درحالت دوبعدی) به سطح زمینه(e) می‌تواند بعنوان معیار مناسبی برای تشخیص بدشکلی، استفاده کرد . مقدار e برای شکل استاندارد میوه بطور میانگین ۵/۲۷ با ضریب تغییرات(CV)۶/۳٪ بدست آمد در حالیکه برای سه نوع بدشکلی مورد بررسی مقدار e کمتر از ۴/۵ مشاهده شد. همچنین نسبت طول به عرض تصویر برای هندوانه استاندارد بطور میانگین ۲/۱ با ضریب تغییرات ۷٪ و برای هندوانه‌های بدشکل میانگین۲/۵۷ با ضریب تغییرات ٤/۷٪ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: مشخصه‌های فیزیکی، درجه بندی میوه،پردازش تصویر، شکل میوه، کیفیت

[1] دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، دانشگاه تهران.

[2] دانشیار مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، دانشگاه تهران.

[3] استادیار مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، دانشگاه تهران.

[4] استادیار علوم باغبانی، دانشکده علوم باغبانی و گیاه‌پزشکی، دانشگاه تهران.

[5] استادیار مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، موسسه فنی و مهندسی کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

چهارمین کنگره ملی
مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون
۷ و ۸ شهریور ۱۳۸۵-دانشگاه تبریز

4th National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization
28 -30 August 2006 - University of Tabriz

بسمه تعالی

بدین وسیله گواهی می شود آقای/خانم ..... حسن ..... صدرنیا .....

با همکاری ..... علی رجبی پور ، علی جعفری ، یونس مستوفی ، ارژنگ جوادی .....

در چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون که در تاریخ های ۷ و ۸ شهریور ماه سال ۸۵ در دانشگاه تبریز برگزار گردید با ارائه مقاله تحت عنوان

..... تشخیص بدشکلی هندوانه با استفاده از پردازش تصویر .....

به صورت سخنرانی شرکت نموده اند.

دکتر حمید رضا قاسم زاده

دبیر کنگره

انجمن مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون

دانشگاه تبریز

زیستی بکارگیری سری فوریه جهت توصیف شکل مفید است[۳].

وزارت کشاورزی آمریکا(۱۹۹۷) استاندارد درجه‌بندی هندوانه را تهیه نموده است. مطابق این استاندارد هندوانه جهت عرضه به بازار در سه درجه لوکس، درجه ۱ و درجه ۲ قابل ارائه است. در این استاندارد طبقه بندی براساس تشخیص فرد و چشمی صورت می‌گیرد و به جزئیات تشخیص اشاره نشده است[۶].

در این پژوهش سعی شده است مشخصه‌های فیزیکی میوه هندوانه رقم چالستون گری تعیین شود. سپس بکمک روابط بین پارامترهای فیزیکی و مدل شکل بدست آمده برای میوه استاندارد، الگوریتم مناسب جهت تشخیص بد شکلی ارائه گردد.

مواد و روشها

تهیه نمونه آزمایش

نمونه‌های مورد نیاز این پژوهش از مزرعه‌ای واقع در ورامین و زیر نظر کارشناسان مرکز سبزی و صیفی کشور که از بذور تأیید شده استفاده نمودند، تهیه گردید. در مجموع ۶۰ عدد هندوانه رقم چالستون گری (بدون در نظر گرفتن هندوانه‌های بد شکل)به محل سردخانه دانشکده علوم باغبانی و گیاه‌پزشکی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل گردید. هندوانه‌ها در ابتدا به سه دسته A(بزرگ)،B(متوسط) و C(کوچک) طبقه‌بندی شدند. در بررسی اولیه هندوانه‌ها مشخص گردید چهار نوع بدشکلی در این رقم قابل تشخیص و تفکیک است(شکل ۱).

استاندارد درجه‌بندی میوه آمریکا برای هندوانه‌های طولی به دو نوع بدشکلی کدویی و مخروطی اشاره کرده است. در نمونه‌های موجود علاوه بر دو دسته فوق، بدشکلی نوع کشیده و نوع موزی نیز مشخص است.

تعیین مشخصه‌های فیزیکی شکل استاندارد

به‌منظور دستیابی به پارامترهای مورد نیاز در تشخیص شکل، ارزیابی الگوریتم و تعیین روابط بین پارامترهای مختلف میوه، خواص فیزیکی هندوانه اندازه‌گیری شد. پارامترهای اندازه‌گیری شامل ابعاد در سه جهت a بزرگترین قطر میوه،b بزرگترین قطر عمود بر a و c بزرگترین قطر عمود بر a و b ، جرم، حجم می‌باشد. جدول شماره ۱ مقادیر و شاخص‌های پراکندگی پارامترهای فیزیکی هندوانه رقم چالستون گری را نشان می‌دهد.

تصویربرداری از میوه

اطلاعات تصویری میوه با استفاده از دوربین دیجیتالی رنگی استاندارد کانن مدل پاور شات آ ۷۰[1] با قابلیت وضوح ۳ مگا پیکسل بدست آمد(شکل ۲). تصاویر از بالای میوه گرفته شد، بطوریکه محور سر میوه (بعد a) در جهت محور x و محور y در جهت بعد b قرار گرفت. اتاق تصویر به ابعاد ۴۰×۵۰×۵۰ سانتیمتر متناسب با بزرگترین میوه هندوانه انتخاب گردید. سپس تصاویر از دوربین به رایانه منتقل شد. تصاویر با استفاده از فیلترهای موجود در نرم افزار گرافیکی بمنظور انجام تحلیل تصویر آماده گردیدند.

[1] Canon Power Shot A 70

مقدمه

شکل میوه علاوه بر اینکه از خصوصیات وراثتی بذر تأثیر می پذیرد، شرایط رشد نیز در شکل ظاهری میوه تغییر ایجاد می‌کند. این موضوع در مورد هندوانه بدلیل بزرگی میوه، حساس بودن پوست آن به اشیای خارجی و تاثیر پذیری شکل میوه آن از نحوه لقاح تخمدان، بیشتر نمود می‌یابد. بطوریکه حتی وجود سنگ و یا کلوخ در محل رشد میوه، باعث تغییر شکل زیادی در میوه نهایی هندوانه می‌گردد. اخیراً از این خاصیت شکل پذیری میوه هندوانه در جهت تولید هندوانه‌های مکعبی و هرمی بهره گرفته شده است.

همچنین باید توجه داشت شکل ظاهری میوه یکی از مهمترین پارامترهایی است که در ابتدا توسط مشتری مورد بررسی قرار گرفته و حتی سایر مشخصه های کیفی میوه در درجه دوم ارزیابی مشتریان می‌باشد. بدین لحاظ در استانداردهای درجه‌بندی میوه شکل یکی از عوامل طبقه بندی محسوب شده و بدشکلی میوه‌های صادراتی می‌تواند باعث مردود شدن کل محموله گردد[۱]. در حال حاضر برای طبقه‌بندی میوه‌های مختلف چارت‌های استاندارد شده‌ای وجود دارد که با مقایسه چشمی شکل میوه با اشکال موجود در چارت طبقه‌بندی صورت گرفته و شکل میوه تعریف می‌شود[۵]. این روش بدلیل آنکه نظرات فردی برروی آن تاثیر می‌گذارد و همچنین سرعت پایین آن نمی‌تواند روش مناسبی برای طبقه‌بندی در ترمینال‌های توزیع و پخش میوه باشد. برای حذف نظرات شخصی در طبقه‌بندی میوه‌ها باید شکل ظاهری میوه بصورت علمی تعریف شود، به عبارت دیگر شکل میوه بصورت ریاضی بیان گردد. این روش باعث می‌شود بتوان به کمک الگوریتم‌های مختلف، طبقه‌بندی با سرعت بالا را انجام داد.

بررسی منابع

بری و همکاران(۲۰۰۲) شکل گیلاس[1] را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و گزارش نمودند که شکل استاندارد رقم مورد بررسی را می‌توان بصورت تابع درجه ۳ از φ(مختصات قطبی) بین شعاع نقاط محیطی با زاویه نسبت به افق r(φ) با ضریب همبستگی R^2=0.99 بخوبی بیان نمود. همچنین مدل ارائه شده در این پژوهش برای شکل گیلاس در مورد سایر رقم‌های این میوه قابل استفاده است[۲].

جرهارد و همکاران(۲۰۰۱) درجه‌بندی گوجه فرنگی را براساس خصوصیات شکل میوه انجام دادند. در این پژوهش مشاهده شد که با استفاده از دو فاکتور خروج از مرکز[2] و تراکم[3] می‌توان در مورد شکل میوه قضاوت نمود. همچنین انحناء سطح میوه یکی دیگر از پارامترهای قابل بررسی شکل میوه در این گزارش بیان شده است. جرهارد و همکاران گزارش نمودند که در صورتیکه خروج از مرکز گوجه فرنگی(نسبت به دایره محاطی) بیش از ۰/۸ باشد، گوجه فرنگی در دسته بدشکل طبقه‌بندی می‌گردد[۴].

کوری و همکاران(۲۰۰۰) شکل مقطع سیب درختی را با استفاده از سری فوریه ارائه داده و گزارش نمودند که بدلیل پیچیده بودن شکل مواد

- Sweet Cherry [1]
- Eccentricity [2]
- Compactness [3]

بمنظـــور بدســـت آوردن فاکتورهـــای مناســـب تـــشخیص و همچنـــین تعیـــین ســـایر مشخصه‌های میوه بـا اسـتفاده از تحلیـل تـصویر، روابط مختلف بـین مشخـصه‌هـای ظـاهری میـوه بررسی گردید. رابطه سطح تصویر (در حالـت دو بعدی) و جرم اندازگیری شده میوه، نشان داد کـه همبستگی خوبی بین سطح تـصویر و جـرم میـوه وجود دارد(شکل۳):

$$M = 0.8638a^{1.4114} \qquad (R^2 = 0/99)$$

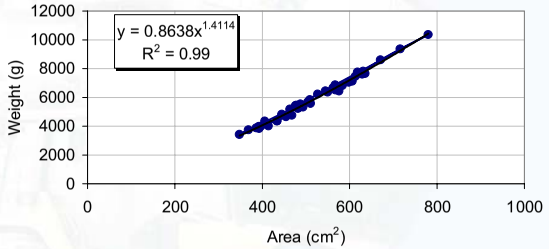
کـه در آن A سـطح تـصویر میـوه برحـسب سانتیمتر مربع و M جرم میوه برحسب گرم است.

با استفاده از رابطه فوق میـانگین مطلـق خطای تعیین جرم میوه هندوانه با بکارگیری سطح حاصـل از تحلیـل تـصویر میـوه ۲/۴۲٪ مـی باشد(تقریباً ۱۵۶ گرم برای هندوانه ۶۰۰۰ گرمی). بنابراین تحلیل تصویر می‌تواند با درجـه بـالایی از دقت برای توزیع جرم میوه استفاده شود.

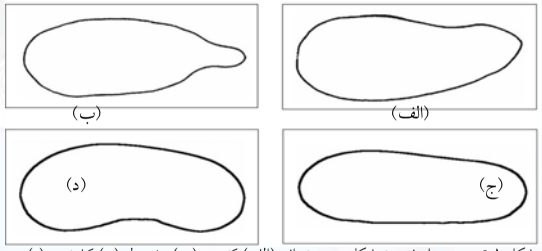
بررسی مقادیر حاصل شـده از سـطح تـصویر میوه و مقادیر اندازه‌گیری شده ابعـاد a و b نـشان داد که مدل زیر بخـوبی مـی‌توانـد سـطح میـوه را تخمین بزند. این مدل برپایه شـکل بیـضوی میـوه طراحی شده و بکمک رگرسیون غیر خطی در نرم افزار spss بهترین مقـدار k بـرای سـطح اعتمـاد ۹۵٪ بدست آمده است:

$$A_{est} = K\frac{a \times b}{4} \qquad (2)$$

که در آن A_{est} سطح تصویر تخمین زده و k پـارامتر مـدل اسـت.مقـدار اولیـه k بـرای مـدل ۳/۱۴۱۵ (عددπ) انتخاب گردید که بـرای رسـیدن به سطح اعتمـاد ۹۵٪ مقـدار آن بایـد بـه ۳/۳۶۰۵ تغییر یابـد. شـکل ۴. همبـستگی مـدل بـا مقـادیر حقیقی سطح (A_{real}) حاصل از پـردازش تـصویر را نشان می‌دهد.



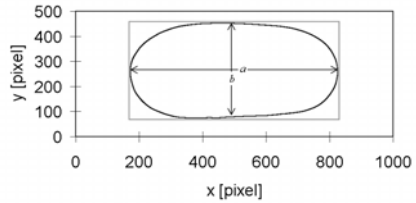
شکل۳. منحنی تغییرات سطح تصویر میوه نسبت به تغییرات جرم آن.



شکل ۱. تصویر چهار نوع بد شکلی در هندوانه: (الف) کدویی (ب) مخروطی(ج) کشیده و (د) موزی

جدول۱. مقادیر وشاخص‌های پراکندگی مشخصه‌های فیزیکی هندوانه رقم چالستون‌گر

اندازه	ابعاد			جرم واحد (gr)	حجم واحد (cm^3)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)
	c (mm)	b (mm)	a (mm)			
A	۵/۱۷۷	۴۵/۱۸۳	۶۵/۳۹۵	۵/۷۳۴۳	۵/۷۶۹۳	۰/۹۵۶
B	۱۶۳/۳	۱۶۷/۱	۳۵۶/۱	۵۳۹۵	۵۶۴۱/۵	۰/۹۵۶۱
C	۱۵۴/۴	۱۵۹/۱	۳۱۳/۵	۴۲۸۹/۷	۴۴۸۲/۵	۰/۹۵۷
میانگین	۱۶۵	۱۷۰	۳۵۲	۵۷۳۰	۵۹۹۸	۰/۹۵۶
انحراف معیار(SD)	۳۸/۱۲	۸۴/۱۲	۳۷/۴۳	۱۵۱۷	۱۶۱۱	۰/۰۱۰
ضریب تغییرات(CV٪)	۴۸/۷	۷/۵۴	۳۱/۱۲	۴۷/۲۶	۲۶/۸۶	۱/۰۷



شکل۲- تصویر میوه در مختصات‌اولیه ومختصات تصحیح‌شده پس از حذف حاشیه‌تصویرتوسط الگوریتم

روابط بین مشخصه‌های ظاهری میوه

بکمک برنامه بصورت ماتریس به درایه‌های صفر و یک تبدیل گردید. اگر مقدار RGB[1] هر پیکسل در محدوده رنگ زمینه تصویر قرار گیرد مقدار p_{xy} (شکل۲) صفر و در غیر اینصورت نقطه متعلق به تصویر بوده و مقدارp_{xy} یک در ماتریس درج می‌گردید:

$$P=\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots\cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots\cdots & p_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & & p_{mn} \end{bmatrix}_{m\times n} \qquad p_{ij}\in\{0,1\}$$

بمنظور حذف حاشیه تصویرمی‌توان از جمع آرایه‌های سطر و ستون استفاده نمود. در صورتیکه جمع آرایه‌های یک سطر یا یک ستون برابر صفر گردد از دورن ماتریس حذف می‌شود. برای محاسبه ابعاد a وb تصویر از روابط زیر استفاده گردید:

$$a=\alpha\, Max\sum_{j=1}^{m} p_{ij} \qquad i=1,2,3,..n$$

$$b=\beta\, Max\sum_{i=1}^{n} p_{ij} \qquad j=1,2,3,..m$$

که در آن αو β ضریب تبدیل پیکسل به طول است. در تصاویر گرفته شده در این پژوهش α=۲۰۷ و β=۲۰۵ محاسبه گردید.

بمنظور تشخیص بدشکلی نوع کشیده(شکل۱.ج.)از ضریب رعنایی تصویر($\frac{a}{b}$) استفاده گردید. همچنین برای تشخیص سه نوع بدشکلی نوع کدویی، مخروطی و موزی از نسبت eتعداد نقاط سطح تصویر(آرایه‌های یک ماتریس)به تعداد نقاط زمینه تصویر(آرایه‌های صفر ماتریس) بهره گرفته شد:

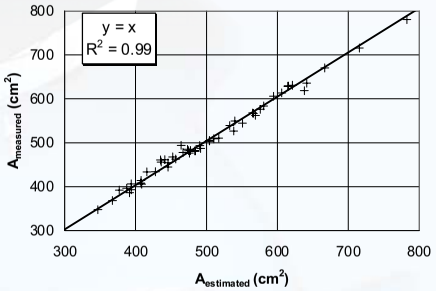
$$e=\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} p_{ij}}{n\times m-\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} p_{ij}}$$

نتایج و بحث

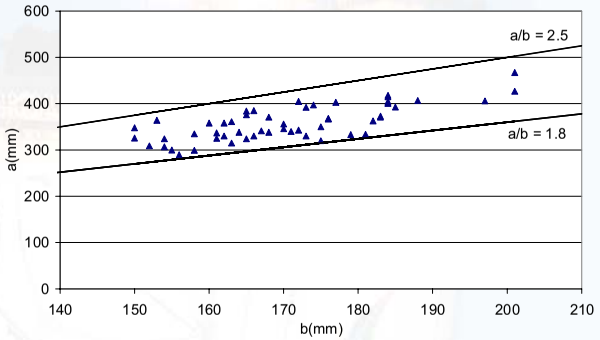
با استفاده از آلگوریتم تشخیص بدشکلی، تصاویر گرفته شده از میوه‌های استاندارد و چهار نوع بدشکلی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج زیر حاصل شد.نسبت e برای میوه‌های بدشکل نوع کدویی، مخروطی و موزی محاسبه گردید. مقدار e برای شکل استاندارد میوه بطور میانگین ۵/۲۷ با ضریب تغییرات(CV)۶/۳٪ بدست آمد. جدول۲. مقادیر و پراکندگی نسبت e را برای اشکال استاندارد و سه نوع بدشکلی کدویی، مخروطی و موزی نشان می‌دهد.

با توجه به مقادیر جدول ۲ مشخص می‌شود که هر سه نوع بدشکلی کدویی، مخروطی و موزی دارای مقدار e کمتر از ۴/۵ می‌باشند درصورتیکه مقدار e برای شکل استاندارد میوه هندوانه بطور متوسط۵/۲۷ می‌باشد. بنابراین می‌توان نسبت e را بعنوان معیاری برای تشخیص سه نوع بدشکلی فوق دانست.شکل ۶.خط تفکیک سه نوع بدشکلی کدویی، مخروطی و موزی را نشان می‌دهد.

[1]- Red, Green, Blue



شکل ۴. همبستگی مقادیر حاصل از مدل تخمین سطح‌تصویر$A_{estimated}$ با مقادیراندازه‌گیری شده سطح‌حاصل از پردازش تصویر$A_{measured}$



شکل ۵. تغییرات ضریب رعنایی تصویر برای اشکال استاندارد میوه هندوانه

همانطور که در جدول ۱. مشاهده گردید تغییرات ابعاد میوه هندوانه بسیار شدید است. بطوریکه ضریب تغییرات(CV) در بعد a، ۱۲/۳۱٪ در بعد b ، ۷/۵۴٪ و در بعد c، ۷/۴۹٪ است. با این وجود همواره نسبت بین طول به عرض تصویر(ضریب رعنایی[1]) برای اشکال استاندارد میوه در محدوده معینی تغییر می‌کند.

شکل ۵. نشان می‌دهد تغییرات نسبت $\frac{a}{b}$ برای شکل استاندارد در محدوده ۲/۵-۱/۸ می‌باشد.

الگوریتم تشخیص

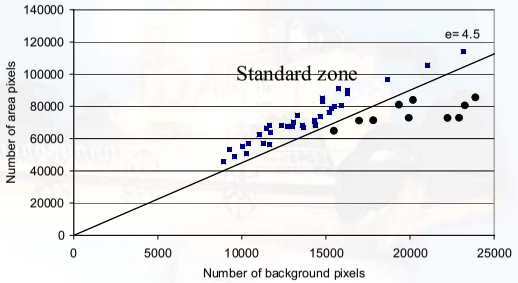
بمنظور تشخیص بدشکلی در میوه هندوانه با توجه به روابط بدست آمده و انواع بدشکلی(شکل۱.) الگوریتم ترکیبی تعیین و در محیط برنامه نویسی ویژوال بیسیک[2] کدگذاری گردید. در این الگوریتم ابتدا تصویر گرفته شده

[1]- Aspect ratio

[2]- Visual Basic

جدول۲. مقادیر و پراکندگی نسبت e برای اشکال مختلف میوه هندوانه

نوع شکل	انحراف معیار(SD)	میانگین	بیشینه	کمینه	ضریب تغییرات(CV٪)
کدویی	۰/۲٤	۲/۳	۲/۵	۲/۱	۱۰/٤۳
مخروطی	۰/۱۹۶	۳/۳	۳/۷	۳/۲	۵/۹
موزی	۰/۱۸	۴/۲	٤/٤	۴/۰۱	۴/۲
استاندارد	۰/۳۳۱	۵/۲۷	۵/۸۷	۴/۷۲	۶/۲۷

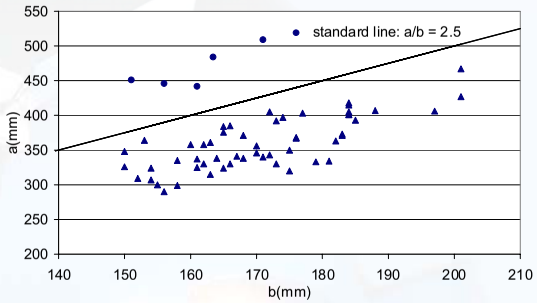


شکل ٦. خط تفکیک سه نوع بدشکلی کدویی، مخروطی و موزی با استفاده نسبت e

برای تشخیص هندوانه کشیده از نسبت $\frac{a}{b}$ تصویر استفاده شد.این نسبت برای هندوانه استاندارد بطور میانگین ۲/۱ و برای هندوانه‌های بدشکل کشیده ۲/۵۷ بدست آمد. جدول ۳. مقادیر و پراکندگی نسبت $\frac{a}{b}$ تصویر میوه هندوانه را در دوحالت استاندارد و بدشکلی نوع کشیده نشان می‌دهد.

جدول ۳. مقادیرو پراکندگی نسبت $\frac{a}{b}$ تصویر میوه هندوانه‌را در دوحالت استانداردو بدشکلی‌نوع کشیده

نوع شکل	انحراف معیار(SD)	میانگین	بیشینه	کمینه	ضریب تغییرات(CV٪)
کشیده	۰/۱۲	۲/۵۷	۲/٦۲	۲/۵۲	٤/٦۷
استاندارد	۰/۱۴۹	۲/۱	۲/۳۸	۱/۸۳	۷/۰۹



شکل ۷. خط تفکیک بدشکلی نوع کشیده با استفاده از نسبت $\frac{a}{b}$

شکل۷ نشان می‌دهد استفاده از خط y=۲/۵ x می‌تواند معیار مناسبی برای تفکیک هندوانه با شکل استاندارد و بدشکلی نوع کشیده باشد.

منابع

۱- بی نام. ۱۳۷۵.استاندارد ویژگی‌های هندوانه. شماره استاندارد ایران ۲۷۱. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

2- Beyer M., R. Hahn, S. Peschel, M. Harz, M. Knoche.2002. Analysing fruit shape in sweet cherry. Scientia Horticulturae. 96: 139-150.

3- Currie, A.J., S. Ganeshanandam, D.A. Noiton, D. Garrick, C.J.A. Shelbourne, N. Orgaguzie. 2000.Quantitative evaluation of apple fruit shape by principle component analysis of Fourier descriptors. Euphytica 111,219-227.

4- Gerhard J., H. M. Nielsen, P. Wolfgang.2001. Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality. Computers and Electronics in Agriculture.31: 17-29

5- Mohsenin N. N. 1986. Physical Properties of Food and Agricultural Materials. 2nd Revised and Update Edition. Gordon and Breach Science Publishers. New York.

6- United States Department of Agriculture.1978.United States Standards for Grades of Watermelons. Washington, D. C.

Determining Misshaped Watermelon Fruit Using Image Processing

Abstract

This research was performed to determine “detection algorithm” for misshapen watermelons. Physical characteristics of watermelon such as mass, volume, dimensions, density, spherical coefficient and geometric mean diameter were measured. Relations and correlations coefficient obtained between above characteristics for normal and nonstandard fruit shape. It is found that weight of normal watermelon could be determined by image analysis with error 2.42%. In addition fruit shape of long type watermelon (Charleston Gray cv.) in front view was well-described by an ellipsoid model with R^2=0.97. Finally the results indicated that length to width ratio and fruit area (2D) to background area ratio can be used to determine misshapen fruit.

Keywords: Physical characteristics, fruits grading, image analysis, fruits shape, quality, watermelon.