درجه بندی گردو با استفاده از ماشین بینایی بر اساس جرم ویژه (۲۵۸)

محمد حاجی زاده[۱] ، مهدی کسرایی[۲]

چکیده

برخی از محصولات کشاورزی مانند گردو، بادام و پسته بر اثر امراض یا آفات دچار چروکیدگی یا پوکی مغز شده و کیفیت داخلی این محصولات پایین آمده و در نتیجه نیاز به جدا کردن محصول سالم از غیر سالم و یا جدا کردن محصول در گروه های مختلف می شود. خصوصیات ظاهری (خارجی) نمی توانند معیار خوبی برای بررسی کیفیت این محصولات باشد. در این تحقیق یک روش سریع، دقیق و غیر مخرب برای درجه بندی میوه گردو بر اساس جرم ویژه آن ها با استفاده از سیستم ماشین بینایی ارائه شده است. برای به دست آوردن جرم ویژه، جرم ۶۰ گردو با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد و حجم آن ها به سه روش شعاع موثر، مساحت سطح و مجموع المان ها ازطریق پردازش تصویر محاسبه گردید و در نهایت جرم ویژه (نسبت جرم به حجم) در هر روش مشخص شد. بر اساس آستانه هایی که برای درجه بندی انتخاب شد، میوه گردو در ۳ درجه مختلف درجه بندی گردید. مقادیر ضریب تعیین برای سه روش شعاع موثر، مساحت سطح و مجموع المان ها به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۹۴ و ۰/۸۷ به دست آمد که روش مساحت سطح به دلیل داشتن ضریب تعیین بالاتر نسبت به دو روش دیگر مناسب تر بود. در نهایت مقادیر واقعی و محاسبه شده جرم ویژه بر اساس آستانه های انتخابی مورد مقایسه قرار گرفت که خطای درجه بندی در سه روش شعاع موثر، مساحت سطح و مجموع المان ها به ترتیب ۶/۶، ۳ و ۶/۶ درصد به دست آمد.

کلیدواژه: ماشین بینایی ، درجه بندی، گردو، جرم ویژه، پردازش تصویر

[۱]– دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه شیراز، پست الکترونیک: hajizadeh.m61@gmail.com
[۲]– استادیار بخش مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

بر اساس گزارشهای(FAO,2004) میزان تولید گردوی جهان به بیش از ۱/۵ میلیون تن رسیده است . گردو ها از نظر تجاری در ۴۸ کشور دنیا در مساحتی حدود ۶۵۰۰۰۰ هکتار تولید می شوند و متوسط محصول در حدود ۲/۳ تن بر هکتار می باشد.

جدول۱. درصد تولید گردو در ۱۰ کشور برتر تولید کننده گردو

۱. چین (۲۸٪)	۵. اکراین (۵٪)	۹. مصر (۲٪)
۲. ایالات متحده (۲۰٪)	۶. رومانی (۲٪)	۱۰. صربستان و مونته نگرو (۲٪)
۳. ایران (۱۱٪)	۷. فرانسه (۲٪)	
۴. ترکیه (۸٪)	۸. هند (۲٪)	

آمارها نشان از ارزش اقتصادی بالای این محصول با توجه به سطح زیر کشت بالای آن در کشورمان دارد. بنابراین درجه بندی این محصول و رعایت کردن استاندارد های بین المللی باعث افزایش مشتری پسندی این محصول در بازار های رقابتی داخلی و خارجی خواهد شد. جدول شماره (۱) درصد تولید ۱۰ کشور برتر تولید کننده گردو را نشان می دهد.

علت استفاده از روش ماشین بینایی در این پژوهش، کاربرد وسیع آن در علوم کشاورزی است به طوری که در کشورمان در بسیاری از امور پژوهشی اصلاح بذر نیاز به شمارش، تعیین سطح، طول، عرض و دیگر کمیت های فیزیکی دیگر وجود دارد. در حال حاضر کارشناسان این گونه خصوصیات را در بسیاری از مراکز پژوهشی کشورمان با وسایل دستی اندازه گیری می کنند. کار با این دستگاه ها وقت گیر بوده و خستگی ذهنی کارشناس، تجربه و دیگر محدودیت های فیزیکی وی در تعیین اندازه ها تاثیر گذار است. بنابراین با گسترش چشمگیر علوم و فناوری رایانه ای و امکان استفاده از این سیستم(ماشین بینایی) برای اندازه گیری کمیت های فیزیکی، درجه بندی، بازرسی و کنترل کیفیت تولیدات، توجه بسیاری از تولید کنندگان و پژوهشگران معطوف به استفاده هر چه بیشتر از این فناوری بشود.

برای درجه بندی محصولات کشاورزی معمولایکی از خصوصیات فیزیکی مثل رنگ، حجم، قطر و مساحت مورد استفاده قرار می گیرد.سیب بر اساس رنگ، شکل و اندازه، هلو بر اساس رنگ و گوجه فرنگی بر اساس شکل و رنگ می توانند درجه بندی شوند[4]. با توجه به اینکه مغز گردو برای ما اهمیت زیادی دارد، بنابر این اید از فاکتوری استفاده کرد تا کیفیت مغز را برای ما مشخص کند و بر اساس تحقیقات انجام شده برای بررسی کیفیت داخلی محصولات کشاورزی جرم ویژه می تواند معیار خوبی از کیفیت داخلی گردو باشد.

به طور کلی تعیین جرم ویژه برای تشخیص معایب داخلی (مخفی) مثل سرمازدگی[1] (یخ زدگی) و آسیب های داخلی ایجاد شده بوسیله حشرات مفید خواهد بود که یک چنین سیستمی برای گردو، بادام، پسته، پرتقال و سایر مرکبات که ماده خوراکی آنها به طور کلی با جرم ویژه میوه در ارتباط است، مفید می باشد[3].

مواد و روشها

در این تحقیق بر اساس تفاوت جرم ویژه در گردو ها، پوکی و پر بودن گردو تشخیص داده شد و به این منظور، گردو ها در چند گروه طبقه بندی شدند. در ابتدا جرم ($\mathbf{M}$) و حجم ($\mathbf{V}$) گردو ها تعیین شد و در نهایت با استفاده از رابطه $\rho = \frac{M}{V}$ و تفاوت جرم ویژه ، گردو ها درجه بندی گردیدند.

اندازه گیری جرم :

جرم هر گردو به طور جداگانه با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت حداقل ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد.

اندازه گیری حجم:

---

[1] . Freeze damage
[2] . Real-Time
[3] . Off-line

در حالت کلی مشکلات مختلفی برای اندازه گیری حجم محصولات کشاورزی به روش های معمول وجود دارد که مهم ترین آنها عبارتند از:

۱. شکل بی قاعده محصولات کشاورزی
۲. اندازه کوچک بسیاری از محصولات همانند دانه ها و بذر ها
۳. طبیعت متخلخل بعضی از محصولات کشاورزی
۴. وقت گیر بودن این روش ها
۵. دقت نا کافی

در این تحقیق از چند روش جدید برای محاسبه حجم با استفاده از بینایی ماشین انجام داده شد. بعضی از روش هایی که در گذشته توسط محققان مختلف در زمینه بینایی ماشین به کار برده شده است، پیچیده بوده و زمان پردازش این الگوریتم ها یاد می باشد و در ضمن نیاز به امکانات خاص از قبیل نصب چند دوربین به طور همزمان (برای گرفتن تصاویر از ابعاد مختلف محصول) دارد که در عمل استفاده از این الگوریتم ها به همراه امکانات خاص مسئله اقتصادی طرح را با مشکل مواجه می نماید. روشی که در این پژوهش استفاده شد به گونه ای انتخاب شدند که با استفاده از الگوریتم هایی که نیاز به زمان پردازش کمی دارند(برای کاربرد در سیستم های آنی[1])، الگوریتم ها برای سایر محصولات کشاورزی کاربرد داشته و از دقت کافی برخوردار باشند.

در سیستم پردازش تصویر نیاز به گرفتن تصاویر از هدف مورد نظر می باشد. برای گرفتن تصویر و ارسال آن به کامپیوتر نیاز به سکوی تصویر برداری است که بر روی قسمت فوقانی آن یک دوربین (دیجیتالی) نصب شده بود. دوربین های دیجیتالی به طور معمول برای کارهای غیرآنی[2] مورد استفاده قرار می گیرند. در این کار از دوربین دیجیتالی **canon** مدل **powershot A540** استفاده شد. بعد از گرفتن تصاویر نیاز به آنالیز تصاویر بود که در سه مرحله وابسته به یکدیگر انجام می گرفت.

سه مرحله آنالیز تصویر:

۱- ایجاد تصویر
۲- پردازش تصویر
۳- تفسیر تصویر

تحلیل و تفسیر تصویر شامل فرایند های کشف، شناسایی، و فهم الگو های مرتبط با یک کار تصویری است. یکی از اهداف اصلی تحلیل رایانه ای تصویر این است که ماشین بتواند بعضی توانایی های انسان را تا حدودی تقریب بزند[5]. برای مثال رایانه بتواند گردو را نسبت به نویز های موجود در تصویر جدا سازی و تشخیص دهد.

ایجاد تصویر:

در طراحی سیستم ماشین بینایی باید بر روی روشنایی و نحوه نمایش اهداف در تصویر کنترل داشت چون تنظیم روشنایی، کار پردازش تصویر را خیلی راحت تر می سازد. برای مثال یک زمینه[3] که بتواند یک کنتراست[4] بالا به هدف مورد نظر در تصویر بدهد، باعث خواهد شد که عمل جدا کردن[5] تصویر، به دو قسمت اهداف و زمینه خیلی راحت باشد[6].

در طراحی سکوی تصویر برداری نکات زیر رعایت شد:

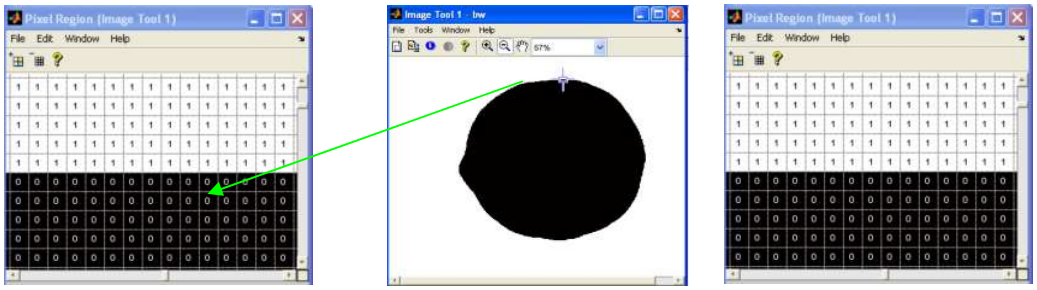
۱- نورپردازی صحنه چنان تنظیم شد که پردازش ها و تحلیل های بعدی راحت تر انجام بگیرد.
۲- سکوی تصویر برداری تحت تاثیر نور های محیطی قرار نگیرد. چون در غیر این صورت تصاویر سایه دار می افتادندکه در مرحله پیش پردازش باید از بین می رفتند که این خود باعث پیچیدگی کار می شد.

سکوی تصویر برداری که برای این کار طراحی و ساخته شد، متفاوت از سایر سیستم های نورپردازی برای سیستم ماشین بینایی بود و به صورت یک جعبه مستطیلی بود که تمامی دیواره های داخلی آن با کاغذ های سفید پوشانده شده بود و نور تابیده شده به طور مستقیم به هدف (میوه گردو) برخورد نمی کرد بلکه پس از انعکاس از دیواره های سفید رنگ به هدف تابیده می شد. این طراحی خاص باعث حذف سایه از

---

[3]. Background
[4]. Contrast
[5]. Segmentation

محیط هدف گردید. شکل(الف-۱) اثر این طراحی را نشان می دهد. این تصویر در پنجره ای در نرم افزار مطلب باز شده است. سطح افقی جعبه که گردو بر روی آن قرار می گرفت، نیز به رنگ سفید در آمده بود تا جداسازی میوه گردو از زمینه سبب پیچیدگی الگوریتم پردازش نشود.



الف ب ج

شکل۱: سه تصویر از یک گردو. الف: در زیر سکوی تصویر برداری ب: تصویر باینری شده ج: مقادیر ۰و۱ در لبه گردو

دوربین دیجیتالی مستقر بر روی سکوی تصویر برداری، تصاویر را می گرفت و در خود ذخیره می کرد. تصاویر به فرم رنگی بودند و تصویر دیجیتال در این سیستم رنگی به صورت یک ماتریس بود که هر درایه آن سه مقدار R، G، B داشت که برای تبدیل این تصویر به فرم خاکستری از میانگین این سه عدد استفاده می شود. تصاویر توسط کابل USB به کامپیوتر فرستاده می شدند تا مراحل مختلف پردازش تصویر در آن صورت پذیرد. پردازش تصاویر توسط نرم افزار مطلب انجام شدند. قابل ذکر است که دوربین های دیجیتال تصاویر را به فرم دیجیتال در خود ذخیره می کنند به طوری که از یک عدد برای بیان شدت نور هر ناحیه کوچک از تصویر استفاده می شود. در نهایت یک تصویر به صورت یک شبکه **m*n** در می آید که هر جز این شبکه پیکسل نامیده می شود و هر پیکسل سطح خاکستری بین صفر (سیاه) تا ۲۵۵ (سفید) دارد. تصاویر ورودی در نرم افزار مطلب در ابتدا به صورت رنگی (حاصل از سه رنگ قرمز، سبز و آبی) می باشد که برای انجام عملیات های پردازشی برای استخراج اطلاعات به شکل باینری در می آیند. در شکل شماره (۱- ب) فرم باینری تصویر (۱-الف) نشان داده شده است.

پردازش تصویر :

در این مرحله جدا سازی اهداف از زمینه یا موضوعات غیر اصلی انجام گرفت . ساده ترین روش برای قطعه بندی یک تصویر با آستانه سازی[1] است. آستانه گیری عملی است برای تبدیل تصویر با شدت روشنایی بین صفر تا ۲۵۵ به دو مقدار صفر و یک (باینری). آستانه کمیتی عددی است که پیکسل های با شدت روشنایی بالاتر از آن به یک و کمتر از آن به صفر تبدیل می شوند. این روش برای تصاویر با کنتراست بالا در شرایطی که روشنایی کنترل شده باشد، بسیار موثر است. در مواردی که شرایط و کیفیت روشنایی قابلیت تغییر داشته باشد، رنگ می تواند برای جداسازی اجزای تصویر به کار برده شود[2].

برای تصاویر ساده در صورتی که تصویر قسمت بندی شده باشد و پیرامون هدف مشخص باشد، پیدا کردن مقادیر طول، عرض، مساحت، محور اصلی و غیره آسان می باشد .این مشخصات به صورت ریاضی شرح داده می شوند و هر کدام مفهوم دقیق خود را دارند.

در این پژوهش از هر گردو از ۴ بعد تحت زو یای ۹۰ درجه تصویر گرفته شد و پس از آن که تصویر به فرم باینری درآمد و از زمینه جداسازی شد، بر اساس ۳ الگوریتم نوشته شده به محاسبه حجم میوه گردو پرداخته شد که به ترتیب در زیر آورده شده است:

۱. محاسبه حجم با استفاده از شعاع موثر

[1] . Thresholding

الگوریتم مورد استفاده از رابطه $v = \frac{4.\pi.r_e^3}{3}$ برای اندازه گیری حجم گردو تبعیت می کند که اندازه گیری r_e[1] (شعاع موثر) بـه ترتیب مراحل زیر است:

- مشخص نمودن لبه های هدف[2] بر روی تصویر

لبه یابی در نرم افزار مطلب با استفاده از تابع edge انجام می گیرد؛ این تابع عملیات آستانه گیری را با مشتق گیری جزئی از داده های پیکسل های مجاور یکدیگر انجام می دهد و نقاطی که مقادیر مشتق در آنها بیشینه است، به عنوان لبه تصویر شـناخته مـی شود. تصویر (۲- الف) لبه های گردو را در تصویر مشخص می کند.

- یافتن مرکز سطح گردو در تصویر

تعیین مرکز سطح به این منظوراست که این نقطه می تواند به عنوان یک نقطه ثابت نسبت به نقاط موجود بر روی لبه باشد. مرکز ثقل گردو از روابط زیر محاسبه می شود.

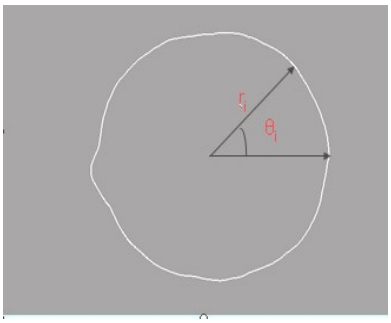
$$\bar{x} = \frac{\sum x.g}{\sum g} \qquad (۱) \qquad ; \quad \bar{y} = \frac{\sum y.g}{\sum g} \qquad (۲)$$

در روابط فوق $\bar{x}$: مختصات افقی مرکز جرم گـردو، $\bar{y}$: مختـصات عمـودی مرکـز جـرم گـردو، g : شـتاب گـرانش زمـین، x: مختصات افقی هر پیکسل نسبت به مبدا مختصات ، y: مختصات عمودی هر پیکسل نسبت به مبدا مختصات می باشد.

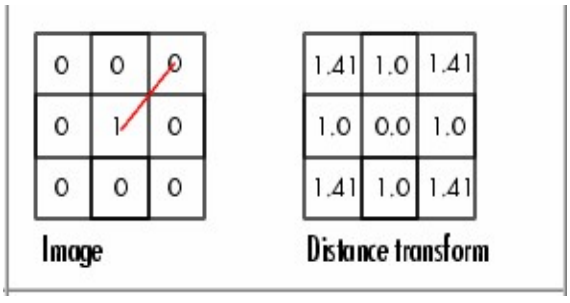
چون تمامی پیکسل ها دارای مختصاتی به صورت (x,y) هستند، محاسبه فاصله اقلیدسی[3] بین پیکسل های لبه و مرکـز ثقـل گردو، دنباله ای از مقادیر شعاعی را به ما می دهد. شکل (۲- ب) فاصله اقلیدسی بین دو پیکسل مجاور را نشان می دهـد. مقـادیر شعاع (r_i) و زاویه بین این شعاع ها و خط افق (Θ_i) از روابط زیر به دست می آیند.

$$r_i = \left[\left(x - \bar{x} \right)^2 + \left(y - \bar{y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۳) \qquad ; \quad \theta_i = tg^{-1} \left(\frac{y - \bar{y}}{x - \bar{x}} \right) \qquad (۴)$$

r_i: شعاع رسم شده بین مرکز ثقل و پیکسل های روی لبه، θ_i: زاویه بین خطوط شعاعی و محور افق



الف



ب

شکل ۲: الف: تصویر باینری از گردو. ب: فاصله اقلیدسی بین پیکسل های با مقادیر صفر و یک.

مقدار شعاع موثر از میانگین هندسی دنباله شعاع ها تعیین می شود.

$$r = \left[r_0, r_1, ..., r_{n-1} \right] ; \qquad r_e = \left(r_0 \cdot r_1 \cdot ..., r_{n-1} \right)^{\frac{1}{n}} \qquad (۵)$$

---

[1]. Effective Radius
[2]. Edge Detection
[3]. Euclidean Distance

۲. محاسبه حجم با استفاده از مساحت سطح:

پس از آنکه تصویر رنگی به صورت باینری درآمد و در تصویر مورد نظر گردو به رنگ سفید و زمینه به صورت رنگ سیاه درآمد، مساحت هدف(گردو) را می توان با شمردن تعداد پیکسل های سفید در تصویر تعیین نمود و از طریق روابط زیر حجم گردو را به دست آورد.

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{A}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (۶)$$

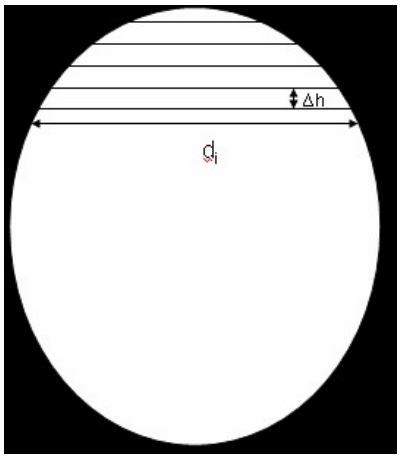
۳. محاسبه حجم با استفاده از حاصل جمع المان های دیسکی:

در این روش گردو را مجمو عه ای از المان های دیسکی با قطر d_i و ضخامت Δh در نظر می گیریم و حجم گردو از مجموع این المان های دیسکی به دست می آید.

بعد از تبدیل تصویر رنگی به باینری، رنگ زمینه و هدف (گردو) عوض می شود (گردو به رنگ سفید و زمینه به رنگ سیاه در می آید). محاسبه d_i از طریق شمردن تعداد پیکسل های با مقدار ۱ در هر ردیف ماتریس تصویر باینری انجام می گیرد. ارتفاع المان ها ۱ پیکسل در نظر گرفته شده است. شکل (۳) المان دیسکی را با پارامتر های مربوطه نشان می دهد.

از رابطه (۷) برای تعیین حجم هر المان استفاده شد و از رابطه (۸) حجم گردو با استفاده از حاصل جمع المان ها محاسبه گردید.

$$v_i = \frac{\pi}{4}.d_i^{\,2}.\Delta h \qquad (۷)\ ; \qquad v = \sum v_i \qquad (۸)$$



شکل۳: تقسیم تصویر به المان های دیسکی به قطر d_i و ضخامت Δh

نتیجه و بحث

برای پی بردن به چگونگی کارکرد این سیستم و دقت کار آن آزمایش های مختلفی انجام گرفت. بتدا ۶۰ نمونه گردو با اندازه های مختلف به طور تصادفی انتخاب و سپس حجم و جرم ویژه آنها از طریق روش ترازوی کفه ای[1] و روابط زیر اندازه گیری شد.

برای تعیین حجم و جرم ویژه ترازوی کفه ای روش ساده ای است که برای بیشتر میوه ها و سبزی ها به کار می رود[1]. جسم ابتدا روی ترازو وزن شد(m_1) ، سپس یک بشر متناسب با حجم گردو انتخاب گردید و با آب پر شد. هر گردو را توسط یک سیم نازک مقاومی درون ظرف محتوی آب که قبلا توزین شده بود(m_2) غوطه ور نمودیم، به طوری که با کناره ها یا ته بشر در تماس نباشدو مجددا آن را وزن کردیم (m_3) . در این حالت اختلاف وزن ها معادل نیروی شناوری اعمال شده توسط سیال بر جسم خواهد شد و حجم واقعی از تقسیم نیروی شناوری بر جرم ویژه آب به دست می آید، یعنی:

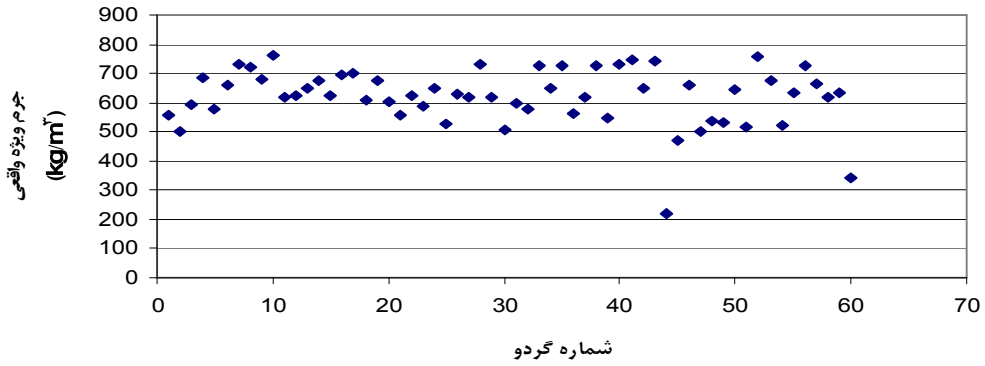
[1] . Plateform Scale

$$v_{wal.} = \frac{force_{Buoyant}}{Density_{water}} = \frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \qquad (۹)$$

که در رابطه بالا ρ_w جرم ویژه آب، v_{wal} حجم گردو می باشد. جرم ویژه هر گردو از رابطه یر محاسبه شد.

$$\rho_{wal.} = \frac{m_1}{v_{wal.}} \qquad (۱۰)$$

مقادیرجرم ویژه واقعی گردو ها در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ٤: توزیع جرم ویژه گردو های مورد آزمایش

بر اساس اندازه گیری های انجام شده مقادیر بیشینه و کمینه جرم ویژه گردو در ۶۰ نمونه گردو به ترتیب زیر بود.

Max density = ۷۶۲/۸۲ (kg/m^3) ,Min density = ۲۱۷/۴۳ (kg/m^3)

بر اساس داده های به دست آمده برای جرم ویژه، درجه بندی گردو ها بر اساس جرم ویژه در ۳ گروه مختلف انجام گرفت. جدول زیر آستانه های مربوطه را نشان می دهد.

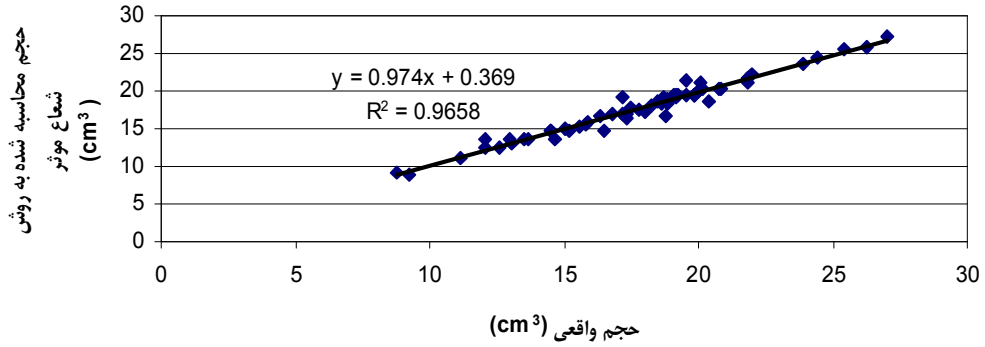
جدول۲: درجه بندی گردوهای مورد آزمایش بر اساس جرم ویژه

درجه گردو	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳
محدوده جرم ویژه (kg/m3)	۷۰۰ به بالا	۵۰۰–۷۰۰	۵۰۰–۰

در شکل های زیر داده های به دست آمده از الگوریتم های پردازش تصویر برای محاسبه حجم و جرم ویژه، با داده های واقعی مقایسه شده اند.

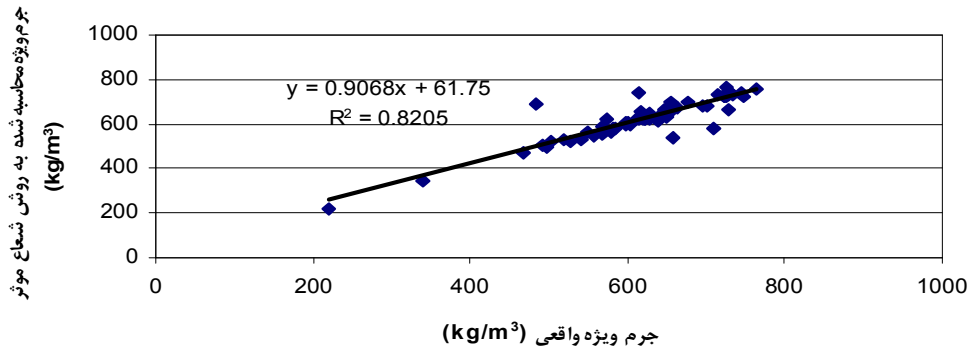
- مقایسه تعیین حجم به روش شعاع موثر با حجم واقعی:

مقادیر واقعی و محاسبه شده حجم از رابطه $v = \frac{4.\pi.r_e^3}{3}$ در شکل(۵) نشان داده شده است.



شکل ۵: رابطه بین حجم محاسبه شده به روش شعاع موثر و حجم واقعی.

و بر اساس حجم محاسبه شده، جرم ویژه محاسبه شده از رابطه $\rho = \frac{m}{v}$ به دست آمد. رابطه بین جرم ویـژه واقعـی و محاسـبه شده در شکل (۶) نشان داده شده ست.

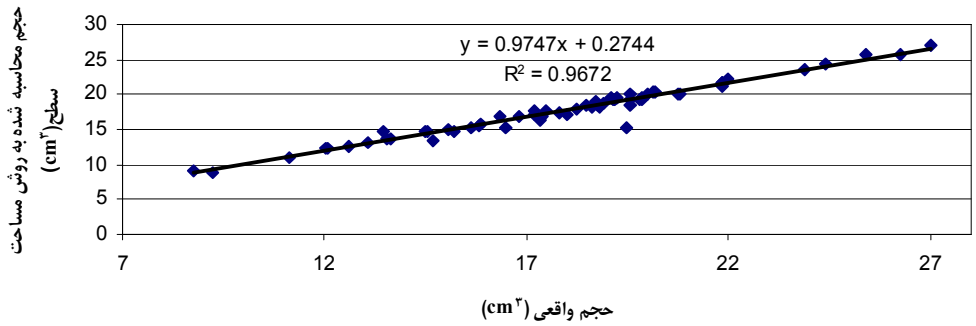


شکل ٦: رابطه بین جرم ویژه واقعی و جرم ویژه محاسبه شده به روش شعاع موثر.

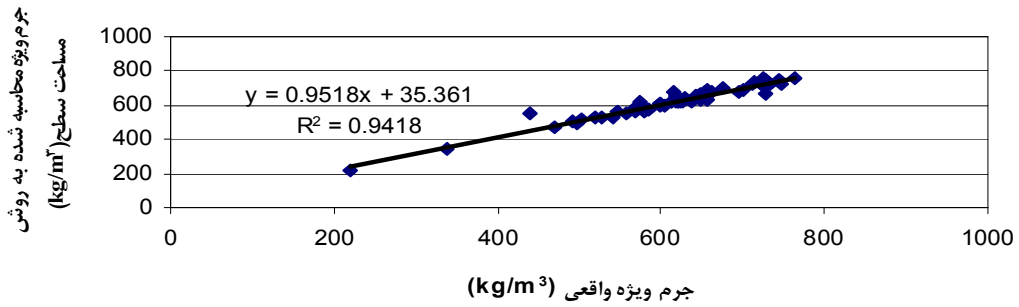
- مقایسه جرم ویژه تعیین شده به روش مساحت سطح با جرم ویژه واقعی:

مقادیر واقعی و محاسبه شده حجم با استفاده از رابطه (۶) و همچنین مقادیر جرم ویژه واقعی و محاسبه شـده در شـکل (۷) و (۸) نشان داده شده است. رابطه (۶) برای محاسبه حجم به صورت زیر بود:

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{A}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}} \quad ;$$



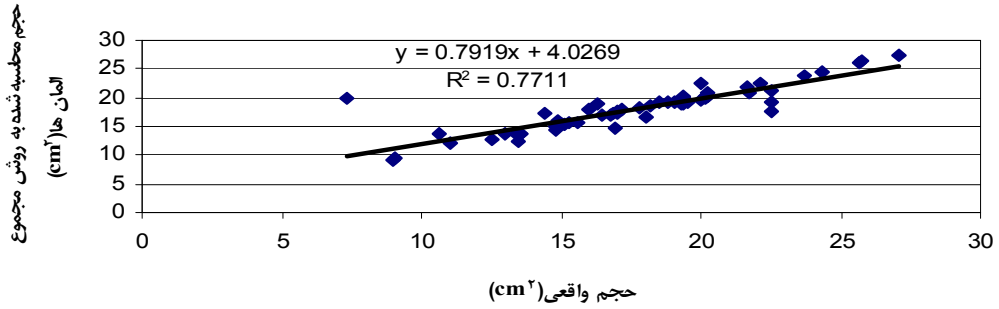
شکل (۷): رابطه بین حجم واقعی با حجم محاسبه شده به روش مساحت سطح.



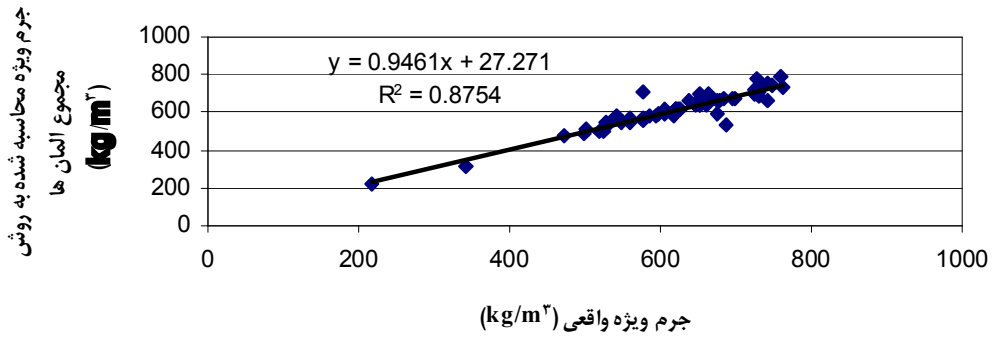
شکل ۸ : رابطه بین جرم ویژه واقعی با جرم ویژه محاسبه شده به روش مساحت سطح.

- مقایسه حجم و جرم ویژه واقعی با حجم و جرم ویژه محاسبه شده به روش مجموع المانها:

داده های مربوط به محاسبه حجم از طریق مجموع المانهای دیسکی و حجم واقعی و جرم ویژه های واقعی و محاسبه شده از این روش به صورت شکل های (۹) و (۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۹: رابطه بین حجم واقعی و حجم محاسبه شده به روش مجموع المان ها.



شکل ۱۰: رابطه بین جرم ویژه واقعی و محاسبه شده از طریق پردازش تصویر به روش مجموع المان ها.

مقادیر ضریب تعیین برای سه روش پردازش تصویر شامل شعاع موثر، مساحت سطح و مجموع المان ها در جدول ۳ آورده شده است.

جدول۳: ضریب تعیین سه روش پردازش تصویر برای محاسبه جرم ویژه

نام روش	شعاع موثر	مساحت سطح	مجموع المان ها
ضریب تعیین	۰/۸۲	۰/۹۴	۰/۸۷

با توجه به مقادیر ضریب تعیین می توان نتیجه گرفت که روش مساحت سطح، روش مناسب تری برای تعیین جرم ویژه گردو به روش پردازش تصویر است.

همچنین بر اساس معادله های رگرسیونی محاسبه شده برای جرم ویژه در سه روش و جایگذاری محدوده های جرم ویژه درجه بندی های زیر انجام شد. که در جدول (۴) نتایج آن گزارش شده است.

جدول٤: نتایج درجه بندی گردو های مورد آزمایش

درجه		درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	مجموع خطا ها	درصد خطا
تعداد گردو به روش	جرم ویژه واقعی	۱۴	۴۲	۴	–	–
	مساحت سطح	۱۳	۴۳	۴	۲	۳
	شعاع موثر	۱۴	۴۰	۶	۴	۶/۶
	مجموع المان ها	۱۲	۴۳	۵	۴	۶/۶

با توجه به مقادیر جدول (۴) خطای درجه بندی برای سه روش مساحت سطح، شعاع موثر و مجموع المان ها به ترتیب ۳، ۶/۶، ۶/۶ ٪ به دست آمد.

نتیجه گیری و پیشنهاد ها

۱- سیستم پردازش تصویر به عنوان یک روش مناسب تر می تواند جایگزین سیستم های درجه بندی مخرب و یا سنتی شوند.

۲- محاسبه جرم ویژه با استفاده از روش مساحت سطح نسبت به سایر روش های محاسبه جرم ویژه بهتر می باشد.

۳- برای انجام درجه بندی سریع و پیوسته، نیاز به بکارگیری سیستم توزین در کنار سیستم ماشین بینایی است تا به طور هم زمان جرم و حجم گردو اندازه گیری و درجه بندی بر اساس جرم ویژه انجام شود.

۴- درجه بندی گردو بر اساس کیفیت مغز گردو می تواند با استفاده از پردازش تصویر مورد مطالعه قرار گیرد.

فهرست منابع:

۱. رضوی، م.ع و اکبری، ر. ۱۳۸۵. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۴۶۶، صفحه ۳۹-۳۸.

2. Pearson, T.C. and D.C. Slaughter. 1996. Machine vision detection of early split pistachio nuts. Trans. ASAE. 39(3): 1203-1207

3. William, M. Miller, P. and Briggs, P. 1998. Automatic density separation for freeze-damaged citrus. Applied Engineering in Agriculture, 4(4):344–348.

4. Leemas, V and Magein. 2002. Online fruit grading according to their external quality using machine vision. Biosystem Engineering 83(4),397-404.

5. Tao, Y and Marrow, C. 1990. Automated machine vision grading with color computer vision. ASAE, paper No: 90-353.

6. Sarkar, N and Wolfe, R. 1985.feature extraction techniques for sorting tomatoes by computer vision. Transactions of the ASAE, 28(3), 970-979

7. http://www.uga.edu/fruit/walnut.html