اندازه گیری حجم انار با استفاده از تصویر برداری دو بعدی

حامد سیگاری[1]، محمد حسین سیگاری[2]، محمد حسین آق خانی[1]

1- گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

2- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

sigari_hamed@yahoo.com

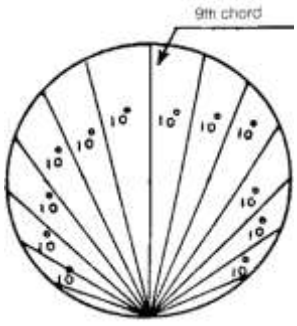
چکیده

افزایش روزافزون نقش اقتصاد محصولات کشاورزی و غذایی در جوامع امروزی و پیچیدگی فناوری های مدرن برای تولید، حمل و نقل، ذخیره سازی، فرآوری، نگهداری، ارزیابی کیفی، توزیع، بازاریابی و مصرف این محصولات، نیازمند اندازه گیری خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات می باشد . یکی از مهمترین خواص فیزیکی برای محصولات کشاورزی، تعیین حجم و چگالی محصول است . اندازه گیری حجم به منظور تعیین دانسیته و چگالی مواد غذایی، برآورد تعداد ماده غذایی در حجم معین و فرآیندهای انتقال حرارت و جرم مواد غذایی حائز اهمیت است. اندازه گیری حجم به روش شناوری در داخل مایعات باعث جذب و نفوذ مایع در داخل محصولات کشاورزی می شود. نفوذ مایعات ممکن است باعث افت کیفیت یا فساد محصول شود . برای جلوگیری از آسیب دیدگی محصول، می توان با استفاده از روش پردازش تصویر که روشی غیر مخرب است، حجم محص ولات کشاورزی را تعیین نمود. در این روش با پردازش تصاویر گرفته شده از مقطع های معین، جداره انار لبه یابی می شود و نقاط بدست آمده از لبه های تصاویر به عنوان ابر نقاط در نرم افزار های طراحی سه بعدی مورد پردازش قرار می گیرد. با پردازش سه بعدی ابر نقاط بدست آمد ه، مدل سازی محصول با دقت بالای 96٪ انجام می‌شود. عمده خطای به وجود آمده ناشی از حفره سر انار می باشد که در تصویر برداری دو بعدی این حفره ها قابل استخراج و پردازش نیستند.

کلمات کلیدی: انار، پردازش تصویر، حجم، خواص فیزیکی، مدل سه‌بعدی.

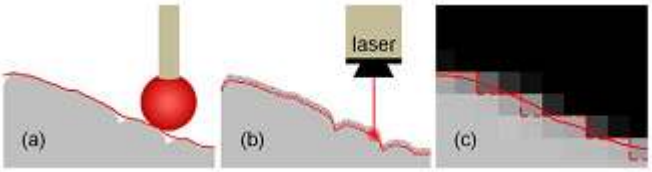
پیشینه پژوهش

هوبانی و الجانوبی در سال 1997، ابعاد، گردی و سطح انار را با استفاده از پردازش تصویر گرفته شده از مقاطع مختلف انار (شکل 1) بدست آوردند. حجم انار را از طریق بدست آوردن یک رابطه ریاضی بین سطوح با خطای تقریبی 3.2٪ برای یک واریته انار بدست آوردند.



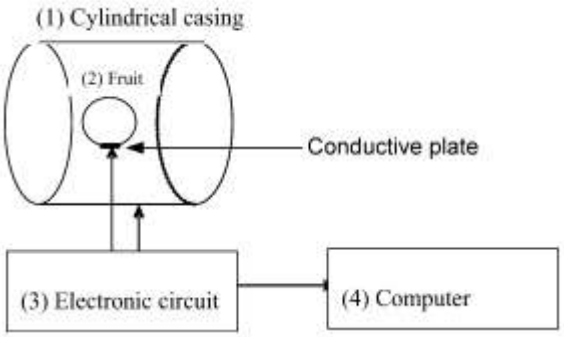
شکل ۱) مقاطع انار (هوبانی و الجانوبی، ۱۹۹۷)

کارمیگناتو و ساویو در سال 2011، حجم مواد را با استفاده از دستگاه اندازه گیری مختصات CMS[1] و پرتونگاری با کامپیوتر CT[2] بدست آوردند. مطالعه آنها بر روی برخورد غلتک و یا استفاده از لیزر برای اندازه گیری نقاط روی سطح جسم انجام شد.



شکل ۲) اندازه گیری نقاط تماس با استفاده از (a) تماس مستقیم یک پروب (b) لیزر (c) پرتو نگاری با کامپیوتر CT (کارمیگناتو و ساویو، ۲۰۱۱)

جریموپاس و همکاران در سال 2005، حجم محصولات کشاورزی مانند برخی از میوه ها و سبزیجات را با استفاده از ابزار های الکترونیکی اندازه گیری کردند . دستگاه اندازه گیری الکترونیک شامل سه بخش، مدار الکترونیکی، استوانه برای تعیین مختصات و کامپیوتر برای پردازش مقادیر بدست آمده از سیگنال های الکترونیکی می باشند . از این دستگاه برای اندازه گیری حجم میوه های خربزه و خیار با درصد خطای 4.56٪ استفاده شد و در صورتی که حداکثر طول میوه ها در راستای محور سیلندر باشد حداکثر دقت بدست می آید.



شکل ۳) اندازه گیری حجم با ابزار الکترونیکی (جریموپاس و همکاران، ۲۰۰۵)

مواد و روش ها

برای اندازه گیری حجم انار می توان کار را به دو مرحله تصویر برداری و مدل سازی تقسیم بندی کرد.

تصویر برداری:

1) نورپردازی و سیستم تصویربرداری : یکی از مهمترین بخش های سیستم پردازش تصویر، مرحله نورپردازی و تصویربرداری می باشد. اگر نورپردازی و تصویربرداری به شیوه مناسبی انجام نشود، انجام سایر مراحل پردازش تصویر و به دنبال آن مرحله مدل‌سازی با مشکل مواجه خواهد شد.

برای نورپردازی، ابتدا یک محیط ایزوله آماده می شود که از ورود نور محیط به محل تصویربرداری جلوگیری شود، سپس نورپردازی توسط یک لامپ فلوروسنت حلقوی انجام می گیرد، به طوری که لامپ تقریبا در فاصله 50 سانتی‌متری نمونه قرار داشته و نمونه تقریبا در مرکز نورپردازی لامپ واقع شود.

[1]) Coordinate Measuring System
[2]) Computer Tomography

در سیستم تصویربرداری، پس زمینه سفید ایجاد شده است، انتخاب رنگ سفید برای ایجاد بیشترین تمایز میان نمونه و پس زمینه است . تصویربرداری توسط دوربین دیجیتال رنگی Premier با وضوح 2.1 مگاپیکسل انجام شده است. دوربین بر روی پایه‌ای ثابت شده و در ارتفاع تقریبی 50 سانتی‌متر و در وسط لامپ فلوروسنت قرار دارد. با این چیدمان، نورپردازی توسط لامپ یکنواخت انجام شده و تصویر نمونه با وضوح مناسب و با کمترین سایه قابل دریافت خواهد بود . تصاویر بدست آمده با ابعاد 1728×2304 به صورت رنگی در فضای RGB، در قالب JPEG ذخیره‌سازی می‌شود.

2) کالیبراسیون:

قبل از استفاده هرگونه سیستم اندازه‌گیری لازم است تا ابتدا سیستم کالیبره شود . کالیبراسیون در سیستم تصویربرداری به معنی تعیین ابعاد فیزیکی هر پیکسل از تصویر در دنیای واقعی است. به عنوان مثال، اگر یک جسم در تصویر ابعاد 100×100 پیکسل داشته باشد، ابعاد آن بر حسب متر در دنیای واقعی چقدر است؟ برای این منظور باید قبل از پردازش تصویر نمونه ها، ابتدا با استفاده از یک جسم استاندارد که ابعاد آن کاملا مشخص است، سیستم کالیبره شود. در این حالت، باید پارامترهای سیس‌تم تصویربرداری ثابت در نظر گرفته شده و کالیبراسیون انجام شود. به عبارت دیگر، با تغییر فاصله و زاویه دوربین و یا تغییر سایر پارامترهای دوربین مانند تغییر میزان بزرگ‌نمایی آن، کالیبراسیون قبلی اعتبار خود را از دست داده و لازم است تا سیستم مجددا کالیبره شود .

در روش پیشنهادی برای کالیبراسیون، از یک جسم دایره ای شکل مسطح مشکی با قطر 9 میلی‌متر استفاده شده است. علت انتخاب رنگ مشکی برای جسم استاندارد، ایجاد بیشترین تمایز میان جسم و پس زمینه سفید است. به این ترتیب، پس از آشکارسازی جسم استاندارد در تصویر، قطر دایره بر حسب پیکسل محاسبه می گردد. در آزمایش‌های انجام شده، قطر دایره بر حسب پیکسل 44 بدست آمد. به این ترتیب، هر پیکسل از تصویر معادل 0.205 میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

شکل ۴) تصویر گرفته شده از یک جسم مبنا برای کالیبراسیون

3) تصویربرداری چندگانه از نمونه: تعیین حجم نمونه نیازمند مدل سازی سه‌بعدی از نمونه است. با توجه به اینکه تصویر حاصل از دوربین دو بعدی است، استخراج اطلاعات سه بعدی از آن غیرممکن می باشد. برای استخراج اطلاعات سه بعدی از تصاویر دو بعدی سه روش عمده وجود دارد . در روش اول از دو دوربین به طور همزم ان استفاده می‌شود که در این حالت، هزینه تمام شده برای سیستم افزایش می یابد. در روش دوم، فرض می شود که اطلاعات هندسی شی مفروض است که در این آزمایشات، این فرض قابل استفاده نیست، چرا که شکل هندسی

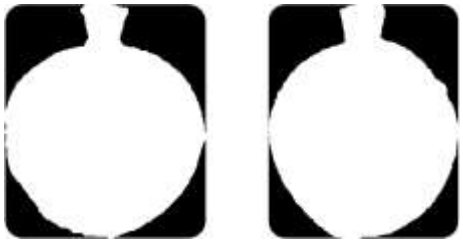
نمونه‌های مختلف انار می تواند بسیار متفاوت باشد. در روش سوم، از شی توسط یک دوربین از چند زاویه مختلف تصویربرداری می‌شود. با توجه به هدف پژوهش و با توجه به امکانات موجود، روش سوم برای استخراج اطلاعات سه‌بعدی انتخاب گردید. بنابراین، از هر نمونه دو تصویر از دو جانب آن گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، ابتدا انار یک بار به پهلو قرار داده شده و تصویربرداری می شود، سپس انار حول محور اصلی آن به اندازه تقریبی 90 درجه چرخیده شده و دوباره تصویربرداری می‌شود. به عبارت دیگر، انار در حالتی که از پهلو قرار گرفته، از دو زاویه مورد تصویربرداری قرار می‌گیرد تا از آن بتوان اطلاعات سه بعدی استخراج کرد.

شکل ۵) تصاویر گرفته شده از انار

4) آشکارسازی نمونه: در این مرحله، باید نمونه به صورت خودکار از پس زمینه جدا شود. با توجه به اینکه انار رنگ قرمز دارد و پس زمینه سفید است، ساده ترین روش برای آشکارسازی نمونه، استفاده از آستانه گیری است. برای این منظور، در فضای رنگی RGB بر روی دو مولفه رنگی سبز (G) و آبی (B) دو حد آستانه اعمال می گردد. این دو حد آستانه برای هر دو مولفه رنگی برابر با 150 انتخاب شد. علت انتخاب چنین روشی این است که پس زمینه سفید بوده و تمام مولفه های رنگی مقادیر بالایی دارند که همواره بیش از 150 است. در حالی که نمونه مورد آزمایش قرمز بوده و فقط مولفه رنگی قرمز (R) آن مقادیر زیادی داشته و مولفه های رنگی سبز و آبی آن به صفر نزدیک است. بنابراین، وجه تمایز نمونه و پس زمینه، مولفه‌های سبز و آبی است که با اعمال دو حدآستانه، نمونه از پس زمینه با دقت بسیار خوبی جدا می‌شود.

5) لبه یابی: پس از آشکارسازی نمونه، لبه یابی انجام می شود تا مرزهای نمونه آشکارسازی شود. به این ترتیب، از یک تصویر، پروفایل دو بعدی نمونه استخراج می گردد. لبه‌یابی باید برای هر دو تصویر از یک نمونه انجام شود. لبه‌های استخراج شده از هر تصویر، پروفایل دوبعدی نمونه را در یک زاویه نشان می دهد. با ادغام این دو پروفایل دوبعدی، مدل سه بعدی نمونه قابل استخراج است.

6) هم محور سازی: برای ادغام پروفایل های دوبعدی یک نمونه، باید محوراصلی نمونه آشکارسازی شود. با توجه به اینکه در انار معمولا گردن و سر انار در راستای محور اصلی قرار دارد، هم محورسازی بر اساس آشکارسازی سر انار صورت می‌گیرد. انار در تصویر تقریبا به شکل یک دایره است که سر انار به شکل زایده ای بر روی این دایره قرار دارد. به این ترتیب با آشکارسازی سر انار، محوراصلی انار تعیین شده و هم محورسازی پروفایل های دو بعدی بر اساس محوراصلی انار انجام می‌شود. به این ترتیب، مدل سه بعدی انار با استفاده از دو پروفایل بدست می‌آید.



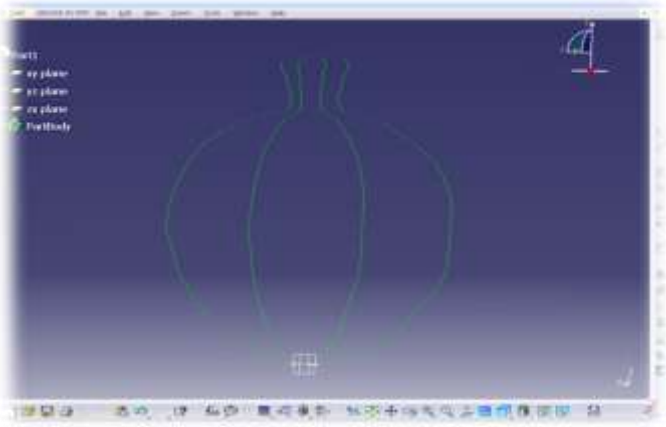
شکل۶) لبه یابی تصاویر

7) خروجی لبه‌ها در فضای سه بعدی: مدل سه‌بعدی بدست آمده از مرحله قبل بسیار ناقص است و فقط انار را در دو زاویه مدل کرده است. برای مدل‌سازی کامل انار در فضای سه بعدی از نرم‌افزار CATIA استفاده می‌شود. برای این منظور، مختصات نقاط مرزی جسم نمونه در فضای سه بعدی، به صورت یک فایل تهیه شده تا در مرحله بعد به صورت کاملا سه‌بعدی و از تمام زوایا مدل‌سازی گردد.

مدل سازی:

1) ابر نقاط: پس از لبه یابی شده تصویر توسط نرم افزار Matlab، این نقاط در نرم افزار CATIA بازخوانی می‌شوند به گونه ای که در مقاطع مختلف همانند شکل 7، ابر نقاطی بدست می آیند.

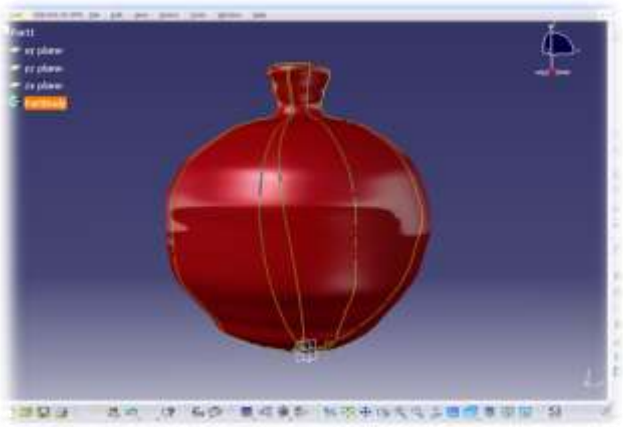
2) مقاطع: از ابر نقاط بدست آمده خطی با میزان خطا و انحنای [3] تقریبی 5٪ می گذرانیم. به عبارت دیگر، به علت نزدیک بودن ابر نقاط بدست آمده و سخت بودن گذراندن خط از نقاط و همچنین اعوجاج در خط، تعدادی از نقاط حذف می گردد.



شکل۷) ابر نقاط بدست آمده در مقاطع مختلف انار

3) رویه سازی: با استفاده از خطوط ترسیم شده در مقاط ع مختلف انار می توان رویه ای S-شکل را از آن گذراند. با فرض پیروی کلیه نقاط روی حجم از منحنی S-شکل این رویه رسم شده است.

[3]) Smooth



شکل۸) ایجاد یک روی پیوسته از مقاطع

مقایسه و نتیجه گیری

نتایج اندازه گیری حجم بین دو روش غوطه وری ، ریاضی و مدل سازی برای انار رقم بجستانی در جدول (1) نشان داده شده است. روش غوطه وری برای اندازه گیری حجم را به عنوان روش مبنا و دقیق حجم فرض می کنیم و مطابق جدول (1) مقدار خطای روش اندازه گیری مدل سازی شده حدود 4٪ می باشد.

جدول ۱) مقایسه بین حجم های مدل سازی شده

	حجم غوطه وری	حجم ریاضی	حجم مدل سازی
میانگین	162.4	186.9	169.8
مقدار حداکثر	350	436	376
مقدار حداقل	85	94.77	92

اگرچه خطای اندازه گیری بین دو روش غوطه وری و مدل سازی مبتنی بر پردازش تصویر بسیار کم است، اما دلایل اصلی بروز آن عبارتند از : (1) خطای ناشی از عدم اندازه‌گیری حجم حفره گلویی انار ، (2) خطای ناشی از لبه‌یابی و (3) خطای مربوط به مدل‌سازی سه بعدی از ابر نقاط بدست آمده از تصاویر دوبعدی.

نتیجه گیری و پیشنهاد

استفاده از تصویربرداری دو بعدی می تواند به عنوان یکی از راه حل های غیر مخرب و نسبتا دقیق برای اندازه گیری حجم محصولاتی باشد که امکان اندازه گیری حجم آنها توسط سایر روش ها مقدور نیست. همچنین می‌توان از این روش برای مدل‌سازی دیگر محصولات کشاورزی نیز استفاده نمود. علاوه بر این می توان پس از مدل‌سازی سه‌بعدی، از این مدل برای تحلیل بارگذاری و تنش نیز استفاده کرد. از جمله مزایای روش پیشنهادی این است که می‌توان به طور همزمان پارامتر های دیگر نمونه مانند رسیدگی و خرابی آن را نیز تعیین نمود.

منابع

1) Hobani, A. and Al-Janobi, A. (1997)."Estimation of Pomegranate Shape and Size by Machine Vision." agric. sci. 9: 5-19.

2) Carmignato, S. and E. Savio (2011). "Traceable volume measurements using coordinate measuring systems." CIRP Annals - Manufacturing Technology 60 (1): 519-522.
3) Jarimopas, B.; T. Nunak, et al. (2005). "Electronic device for measuring volume of selected fruit and vegetables." Postharvest Biology and Technology 35(1): 25-31.