تعیین حجم نارنگی با تکنیک پردازش تصویر و مقایسه دقت آن با روش جابه جـ یی آب(۳۸۳)

مصطفی خجسته نژند[۱] ، محمود امید[۲] ، سید احمد طباطبایی فر[۳]

چکیده

خواص فیزیکی محصولات کشاورزی از مهمترین پارامترهای طراحی سیستم‌های بسته‌بندی، فـرآوری، انتقـال و درجـه‌بنـدی هستند. در میان این خواص فیزیکی، حجم، جرم، سطح تصویر شده و مرکز ثقل از عوامل مهم در سیستم‌های سایزبندی می‌باشند. در این مطالعه روش قطعه‌بندی برای تخمین حجم نارنگی استفاده شده است. در مجموع ۵۰ عدد نارنگی مورد آزمون قرار گرفـت. سیستم ماشین بینایی طراحی شده شامل دو عدد دوربین CCD، دو عدد کارت تـصویرگیر، سیـستم نـور پـردازی مناسـب و یـک کامپیوتر شخصی بود. دوربین ها تحت زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم قرار گرفتند تا دو عدد تصویر عمود برهم از نارنگی تهیه کننـد. حجم محاسبه شده با این روش با حجم واقعی اندازه‌گیری شده به روش جابه جایی آب با آزمون t و بلاند، آلتمن مقایسه شده کـه حجم محاسبه شده به روش قطعه‌بندی با حجم واقعی در سطح ۵٪ اختلاف معنـی داری نداشـت. اخـتلاف میـانگین مـابین روش جابجایی آب با روش قطعه‌بندی $۰/۶۶cm^۳$ بود. اختلاف درصد میانگین برای تخمین حجم به روش قطعه‌بندی ۲/۶٪ بدست آمـد. در کل روش قطعه‌بندی یک روش ساده و مفید برای تخمین حجم نارنگی‌ها بدست آمد.

کلیدواژه : نارنگی، حجم، روش قطعه‌بندی، پردازش تصویر، درجه‌بندی میوه

۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
پست الکترونیک: Khojastehfmo@ut.ac.ir
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیو سیستم، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیو سیستم، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۱- پیشینه تحقیق

اندازه، ابعاد و خصوصیات ابعادی میوه، از خواص فیزیکی مهم محصولات کشاورزی هستند. مخصوصاً، برآورد اندازه متوسط میوه در تعیین استانداردهای کیفی [۲۳]، بالا بردن ارزش فروش، مونیتورینگ رشد میوه، پیش‌بینی عملکرد و بدست آوردن مقادیر اپتیمم آبیاری و کوددهی همانند طراحی سیستم‌های درجه‌بندی مورد نیاز هستند. تعیین اندازه میوه در تصمیم‌گیری برای بسته‌بندی و فعالیتهای حمل ونقل و فروش مفید است. در میان خواص فیزیکی، حجم، جرم، سطح تصویر شده و مرکز ثقل از عوامل مهم در طراحی سیستم‌های تعیین اندازه هستند[۱۷، ۲۱، ۲۴] .

برخی مواقع مورد نظر است تا رابطه بین خواص فیزیکی محصولات تعیین شود. بطور مثال میوه‌ها اغلب براساس سایز درجه‌بندی می‌شوند، اما احتمالاً طراحی و ارائه سیستم ماشین بینایی که بتواند براساس حجم یا جرم درجه‌بندی کند اقتصادی‌تر باشد. اندازه محصول کشاورزی اغلب با جرم آن ربط داده می‌شود چرا که اندازه‌گیری جرم نسبتاً ساده است. با این وجود، درجه‌بندی و مونیتورینگ رشد براساس حجم روش مفیدتری از درجه‌بندی براساس جرم را فراهم می ند. جرم محصول کشاورزی با در دست داشتن چگالی محصول از روی حجم آن قابل محاسبه است. نگوجیو و همکاران و هال و همکاران معادله ساده‌ای را برای تعیین حجم فلفل و کیوی با اندازه‌گیری ابعاد ارائه داده‌اند [۱۴، ۱۹]. با این وجود اندازه‌گیری ابعاد با استفاده از کولیس دیجیتالی نیز با توجه به خطای انسانی، احتمالاً روش مناسبی برای تعیین حجم، بخصوص در درجه‌بندی مقادیر بزرگی از محصولات کشاورزی یا مونیتورینگ محصول در طول برداشت نباشد.

در سالهای اخیر، ماشین بینایی و پردازش تصویر بطور چشمگیری در صنعت میوه مؤثر واقع شده است. بخصوص برای کاربردهایی در بازرسی کیفی و درجه‌بندی از نظر شکل. محققین در این زمینه امکان استفاده از سیستم‌های ماشین بینایی برای بهتر نمودن کیفیت تولید بدون نیاز به نیروی انسانی و فارغ از سیستم درجه‌بندی دستی مواد کشاورزی را نشان داده‌اند. ماشین بینایی وسیله مفیدی برای اندازه‌گیری خصوصیات خارجی مانند شدت رنگ، یکنواختی رنگ، ضرب دیدگی، اندازه، شکل و شناسایی ساقه می باشد [۱،۱۰ ،۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۰،]. استفاده از سیستم ماشین بینایی برای تعیین میوه‌ها و اشیاء نامنظم از نظر شکلی به دلیل غیر مخرب بودن مورد توجه است. یک الگوریتم ماشین بینایی با استفاده از شبکه عصبی توسط فربز و تاترزفیلد برای تعیین حجم گلابی با استفاده از دو عدد تصویر دیجیتالی بکار برده شده که RMS با استفاده از یک تصویر دیجیتالی ۳٪ بود که با قرارگیری چهار تصویر این خطا به ۱/۹٪ کاهش داده شده است [۷]. لرستنی و همکاران یک سیستم درجه‌بندی براساس منطق فازی برای درجه‌بندی سیب گلدن دلیشز ارائه داده‌اند. خصوصیاتی مثل رنگ و اندازه از طریق یک سیستم تحصیل داده شامل سورتر سیب، محفظه‌نورپردازی، دوربین و یک کامپیوتر محاسبه شده‌اند. نتایج درجه‌بندی بدست آمده توافق ۹۱/۲٪ و۹۵/۲٪ را بترتیب درحالتهای off- line و on- line نسبت به کارشناس خبره نشان دادند [۱۲].

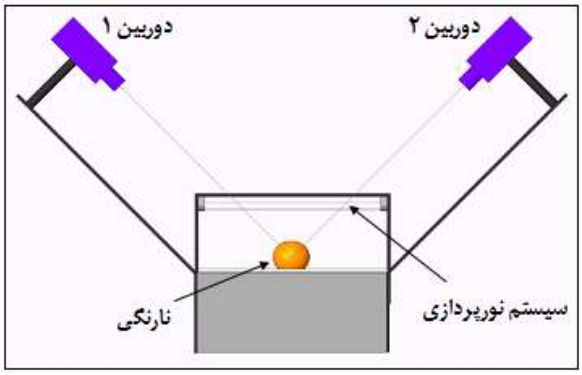
هان و سانچز الگوریتم تصویری را برای محاسبه حجم محصولات کشاورزی غیرمدور مانند هویج ارائه دادند [۸]. سابلوو و همکاران الگوریتم پردازش تصویری را برای تعیین تصویر سطح و حجم محصولات کشاورزی محور تقارن استفاده کرده‌اند [۱۶]. وانگ و نگانگ با استفاده از روش سابیلوو و همکاران یک سنسور پایین قیمت را برای اندازه‌گیری تصویر سطح و حجم محصولات کشاورزی طراحی کردند. آنها با فرض اینکه شی قرار گرفته به شکل استوانه‌ای می‌باشد ارتفاع آنرا یک پیکسل فرض کرده و حجم هر جزء را محاسبه کرده و حجم کل را با جمع کردن استوانه‌های منفرد بدست آوردند[۲۲]. این محققین گزارش دادند که این روش، حجم و سطح تصویر تخم‌مرغ، لیمو، لیموترش، هلو و گوجه فرنگی را بطور موفقیت آمیزی تخمین زده است. بیلی و همکاران سیستم پردازش تصویری را ارائه دادند که جرم محصولات کشاورزی را سریع و دقیق بدست می آورد [۴]. بولنت کک حجم هندوانه را با دو روش تخمین بیضوی و پردازش تصویر بدست آورد و برای تعیین دقت سیستم آنرا با روش جابجایی آب مقایسه نمود [۶].

هدف از این تحقیق ارائه یک الگوریتم مناسب برای تعیین حجم نارنگی براساس یک سیستم ماشین بینایی است. تخمین حجم نارنگی برای درجه‌بندی از نظر اندازه، مونیتورینگ رشد تحت عملیات مدیریتی مختلف یا توسعه یک حسگر مونیتورینگ مزرعه بسیار مهم است. روش پردازش تصویر ارائه شده کلی است و این روش می‌تواند برای تخمین حجم دیگر محصولات کشاورزی نیز استفاده شود.

۲- مواد و روشها

تعداد ۵۰ عدد نارنگی در اندازه‌های مختلف از بازار خریداری شد. وزن هر کدام از نارنگی‌ها با یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱± گرم اندازه‌گیری شد. کمترین و بیشترین جرم بدست آمده بترتیب ۵۹/۸ و ۹۹/۴ گرم بود. حجم واقعی نارنگی با استفاده از روش جابجایی آب اندازه گیری شد [۲، ۳]. برای این منظور نارنگی ها در ب غوطه ور شدند و حجم آب جابجا شده اندازه گیری شد. دمای آب در حین اندازه گیری در ^{o}C ۲۵ ثابت نگهداشته شد.

برای تعیین ابعاد و حجم نارنگی ها یک سیستم ماشین بینایی طراحی و تست شد. سیستم ماشین بینایی بکار برده شده شامل دو عدد دوربین CCD، دو عدد کارت تصویرگیر، یک سیستم نورپردازی مناسب و یک کامپیوتر شخصی بود (شکل ۱). یک صفحه سفید رنگ روی میز آزمایش قرار داده شد تا رنگ سفید را برای زمینه فراهم کند. دوربینها همان‌طور که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است نسبت به هم با زاویه ۹۰ درجه قرار گرفتند تا دو تصویر عمود بر هم از هر نارنگی را ضبط کنند. منبع نور و دوربینها روی یک قاب وصل شده و روی میز اندازه گیری قرار گرفتند. الگوریتم در زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک ۶/۰ نوشته شد. برنامه نوشته شده، تصویر نارنگی را گرفته و تصویر سطوح نارنگی را ضبط می کند.



شکل ۱- شماتیک سیستم ماشین بینایی مورد مطالعه

هر نارنگی موقعی که در مقابل دوربینها قرار می‌گیرد دو تصویر رنگی RGB گرفته می‌شود. برای استخراج تصویر میوه، تصاویر گرفته شده از تصویر زمینه با محاسبه RGB هر پیکسل از تصویر میوه، کم شد تا تصویر میوه بدست آید. برای کم کردن تصویر زمینه از تصویر میوه، RGB بدست آمده از تصویر میوه با RGB بدست آمده برای همان پیکسل و تصویر زمینه مقایسه شد. برای کاهش نویز و خطای بوجود آمده پس از مقایسه اگر اختلاف RGB تصویر میوه با RGB تصویر زمینه کمتر از ۵ واحد بود به عنوان زمینه و در غیر این صورت به عنوان بخشی از میوه در نظر گرفته شد. برای کالیبره کردن سیستم، یک شی با ابعاد مشخص و شبیه نارنگی انتخاب شد که اطلاعات ابعادی بدست آمده از طریق سیستم ماشین بینایی با ابعاد واقعی آن مقایسه گردید و بدین صورت سیستم کالیبره شد.

۲-۱- محاسبه حجم با روش قطعه‌بندی

حجم در این روش پس از کم کردن زمینه از تصویر میوه و تقسیم نمودن میوه به تعداد مشخصی از قطاعها محاسبه می‌شود (شکل ۲-الف و ۲- ب). سطح مقطع هر یک از قطاعها را می‌توان با استفاده از دو قطر عمود برهم بدست آمده از دو تصویر عمود برهم نارنگی، محاسبه نمود (شکل ۲-ج). سطح مقطع هر قطاع با فرمول زیر قابل محاسبه است.

$$A_i = \pi * \frac{d_{i_1}}{2} * \frac{d_{i_2}}{2} \qquad (1)$$

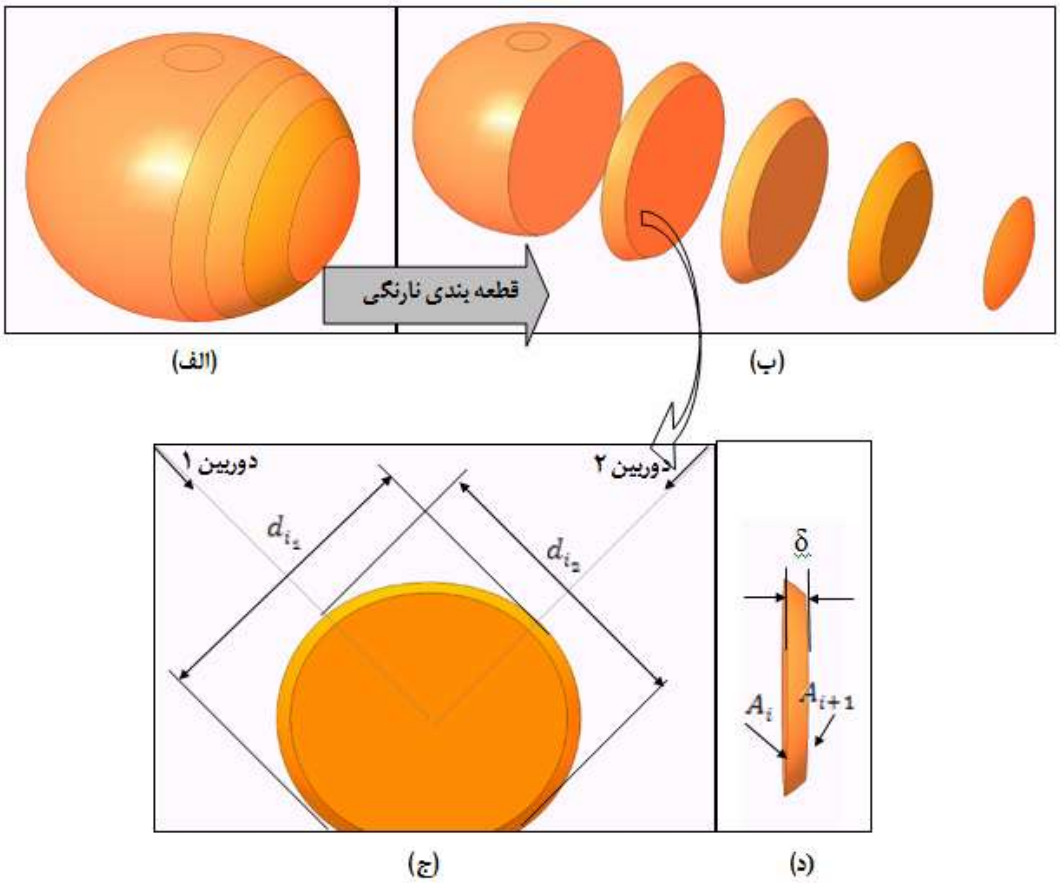
که d_{i_1} و d_{i_2} دو قطر عمود برهم سطح هستند.
حجم هر قطاع به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$V_i = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} * \delta \qquad (2)$$

که A_i و A_{i+1} مساحت سطوح قطاعی i و i+۱ ام و δ ضخامت هر یک از قطاع‌ها می‌باشد که از تقسیم قطر میوه بر تعداد قطاع بدست می‌آید که تعداد قطاع برای تمام نارنگی‌ها ۸ قطاع در نظر گرفته شده است. دقت محاسبه سطوح قطاعها بستگی به قرارگیری بزرگترین قطر هر قطاع دارد. در نهایت حجم کل میوه با جمع کردن حجم هر یک از قطاعها بدست آمد:

$$V_t = \sum_{i=1}^{n} V_i \qquad (3)$$

که n=۸ برابر تعداد قط عها می‌باشد.



شکل ۲- (الف): میوه نارنگی، (ب): قطعه بندی نارنگی، (ج): استخراج دو تا از قطرهای هر سطح از هر قطاع، (د): ضخامت هر یک از قطاعها و سطح آنها

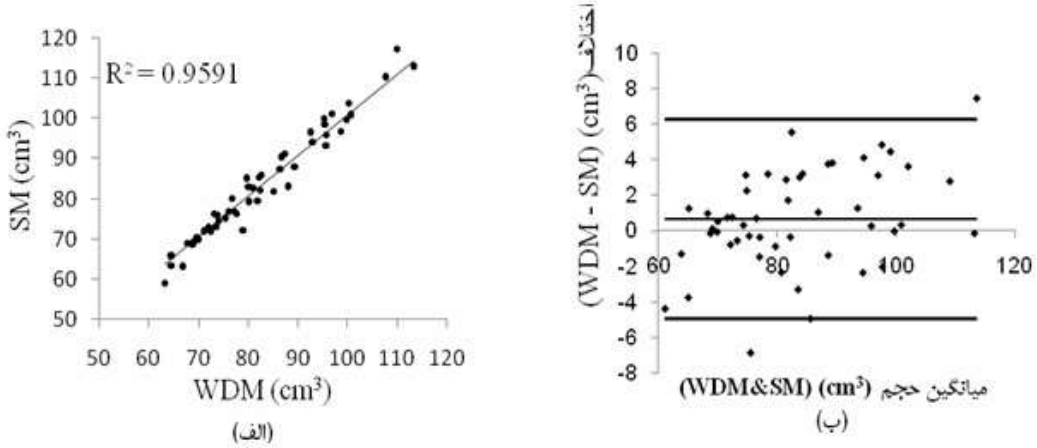
۲-۲- تحلیل آماری

برای تحلیل آماری روش ذکر شده آزمون t و فاصله اطمینان اختلاف میانگین برای مقایسه حجم تعیین شده از روش قطعه‌بندی با حجم تعیین شده از طریق روش جابجایی آب استفاده شد. آزمون t برای تعیین اینکه آیا در روش اندازه‌گیری، حجم‌های اندازه-گیری شده از دو روش قطعه‌بندی و جابجایی آب اختلاف معنی‌داری با هم دارند یا نه، استفاده شد. روش بلاند-آلتمن نیز برای رسم نمودار تطابق مابین حجم واقعی اندازه‌گیری شده (روش جابجایی آب) با روش قطعه‌بندی (روش سیستم ماشین بینایی به کاربرده شده) بکار برده شد. تحلیل‌های آماری با Analysis-it که یکی از برنامه‌های جانبی اکسل می‌باشد انجام شد [۵].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقایسه روش جابجایی آب و روش قطعه‌بندی

نمودار حجم‌های تعیین شده با روش قطعه بندی و جابجایی آب در شکل ۳- الف آمده است. اختلاف میانگین حجم‌ها مابین این دو روش $d_2=$ ۰/۶۶ cm^3 بود (در فاصله اطمینان ۹۵٪: ۰/۱۴- و ۱/۴۵cm^3). انحراف معیار $sd_2=$ ۲/۸ cm^3 بود. نتایج آزمون t اجرا شده نشان داد که حجم نارنگی اندازه‌گیری شده با روش جابجایی آب اختلاف معنی‌داری با حجم اندازه‌گیری شده از طریق قطعه بندی نداشت ($P= 0.1032$). اختلاف حجم مابین این دو روش بطور نرمال توزیع شده و ۹۵٪ محدوده تطابق برای حالت مقایسه مابین حجم اندازه‌گیری از روش جابجایی ب و قطعه بندی ۴/۸۳- و ۶/۱۴cm^3 بود (شکل ۳- ب). شکل ۳- ب نشان داد که بزرگی نارنگی تأثیری روی دقت اندازه‌گیری حجم نارنگی ندارد. برخلاف بولنت کک که گزارش کرده اندازه و بزرگی هندوانه بر روی دقت اندازه‌گیری تأثیر می‌گذاشت و با افزایش اندازه هندوانه، حجم هندوانه‌ها بیشتر از حجم واقعی محاسبه می‌شد [۶]. و این تأثیر نداشتن اندازه نارنگی بر دقت تشخیص به دلیل روش محاسبه حجم می‌باشد که انجام گرفته است. اختلاف درصد میانگین برای تعیین حجم به روش قطعه‌بندی ۲/۶٪ بود.



شکل ۳- (الف): حجم نارنگی اندازه گیری شده با روش جابجایی آب (WDM) و قطعه بندی (SM)، (ب): نمو ار بلاند-آلتمن برای مقایسه حجم نارنگی های اندازه گیری شده به روش جابجایی آب و قطعه بندی. خط های بیرونی نشان دهنده ۹۵٪ محدوده تطابق (۴/۸۳- و ۶/۱۴ cm^3) و خط مرکزی نشان دهنده اختلاف میانگین می باشد (۰/۶۶cm^3).

۴- جمع‌بندی مطالب

در این مقاله یک روش جدید محاسبه حجم نارنگی براساس یک سیستم ماشین‌بینایی ارائه گردید. روش بکار برده شده را به آسانی می‌توان برای تعیین حجم برخی از محصولات کشاورزی ازجمله پیاز، خربزه، کیوی، هلو، پرتقال و ... نیز استفاده کرد. روش قطعه‌بندی برای تخمین حجم نارنگی‌ها در اندازه‌های مختلف استفاده شد. در روش قطعه‌بندی حجم نارنگی از مجموع حجم قطاعهای مشخص با تعیین مساحت سطح قطاع‌ها از طریق دو عدد دوربین رنگی CCD محاسبه شد. حجم محاسبه شده با این تکنیک با حجم محاسبه شده از روش جابجایی آب مقایسه شد. حجم واقعی (روش جابجایی آب) با حجم روش قطعه‌بندی اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>0.05$) . روش بلاند-آلتمن نشان داد که اندازه نارنگی‌ها در دقت محاسبه حجم سیستم تأثیری نداشت. در کل، پردازش تصویر با روش قطعه‌بندی یک روش دقیق، ساده، سریع و غیر مخرب برای تعیین حجم نارنگی می‌باشد که می‌تواند در مونیتورینگ سرعت رشد نارنگی‌ها در باغ و عملکرد آن در برداشت مکانیکی، تعیین وزن تک تک نارنگی‌ها و درجه‌بندی نارنگی‌ها در فرآیند پس از برداشت در ماشین درجه‌بند اتوماتیکی استفاده شود.

منابع و مراجع

1. Abbasgholipour, M., Omid, M., Borghei, A.M., 2006. Development of an efficient algorithm for grading raisins based on color features, In: Proceedings of Int. conf. on Innovations in Food and Bioprocess Technologies, AIT: Thailand, 12-14 Dec. 2006, pp. 448-457.
2. Akar, R., Aydin, C., 2005. Some physical properties of Gumbo fruit varieties. J. Food Eng., 66, 387-393.
3. Aydine, C., Musa Ozcan, M., 2007. Determination of nutritional and physical properties of myrtle (Myrtus Communis L.) fruit growing wild in Turkey. J. Food Eng., 79, 453-458.
4. Bailey, D.G., Mercer, K.A., Plaw, C., Ball, R., Barraclough, H., 2004. High speed weight estimation by image analysis. In: Mukhopadhyay, S.C., Browne, R.F., Gupta, G.S. (Eds.), Proceedings of the 2004 New Zealand National Conference on Non Destructive Testing. Palmerston North, New Zealand, July 27–29, pp. 89–96.
5. Bland, J.M., Altman, D.G., 1999. Measuring agreement in method comparison studies. Stat. Methods Med. Res. 8, 135–160.
6. Bulent Koc, A., 2007. Determination of watermelon volume using ellipsoid approximation and image processing. Postharvest Biol. Technol. 45, 366–371.
7. Forbes, K.A., Tattersfield, G.M., 1999. Estimating fruit volume from digital images. Africon, 1999. IEEE 1, 107–112.
8. Hahn, F., Sanchez, S., 2000. Carrot volume evaluation using imaging algorithms. J. Agric. Eng. Res. 75, 243–249.
9. Hall, A.J., McPherson, H.G., Crawford, R.A., Seager, N.G., 1996. Using early season measurements to estimate fruit volume at harvest in kiwifruit. N.Z. J. Crop Hortic. Sci. 24, 379–391.
10. Jafari, A.A., Mohtasebi, S., Eghbali Jahromi, H., Omid, M., 2006. Weed detection in Sugar Beet fields using machine vision, Int. J. Agri. Biol., 8(5), 602-605.
11. Lee, W.S., Slaughter, D.C., Giles, D.K., 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precision Agriculture 1, 95 –113.
12. Lorestani, A.N., Omid, M., Bagheri Shooraki, S., Borghei, A.M., Tabatabaeefar, A., 2006. Design and evaluation of a Fuzzy Logic based decision support system for grading of Golden Delicious apples, Int. J. Agri. Biol. 8(4), 440-444.
13. Majumdar, S., Jayas, D.S., 2000. Classification of cereal grains using machine vision: II- Color models. ASAE, 43(6), 1677-1680.

14. Ngouajio, M., Kirk, W., Goldy, R., 2003. A simple model for rapid and nondestructive estimation of bell pepper fruit volume. HortScience 38, 509–511.
15. Paliwal, J., Borhan, M.S., Jayas, D.S., 2003. Classification of cereal grains using a flatbed scanner. ASAE, paper No. 036103.
16. Sabliov, C.M., Boldor, D., Keener, K.M., Farkas, B.E., 2002. Image processing method to determine surface area and volume of axi-symmetric agricultural products. Int. J. Food Prop. 5, 641–653.
17. Safwat, M., Moustafa, A., 1971. Theoretical prediction of volume, surface area, and center of gravity for agricultural products. Transactions of the ASAE, 14(2), 549-553.
18. Shahin, M.A., Symons, S.J., 2001. A machine vision system for grading lentils. Canadian Biosystems Eng. 7, 7-14.
19. Shahin, M.A., Symons, S.J., Meng, A.X., 2004. Seed Sizing with Image Analysis. ASAE, paper No.043121
20. Shigeta, K., Motonaga, Y., Kida, T., Matsuo, M., 2004. Distinguishing damaged and undamaged chaff in rice whole crop silage by image processing. ASAE Annual Meeting, paper No. 043125.
21. Tabatabaeefar, A., Rajabipour, A., 2005. Modeling the mass of apples by its geometrical attributies. Scientia Horticulture 105, 373-382.
22. Wang, T.Y., Nguang, S.K., 2007. Low cost sensor for volume and surface area computation of axi-symmetric agricultural products. J. Food Eng. 79, 870–877.
23. Wilhelm, L.R., Suter, D.A., Brusewitz, G.H., 2005. Physical Properties of Food Materials. Food and Process Engineering Technology, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, pp. 23–52.
24. Wright M.E., Tappan J.H., and Sistler F.E., 1986. The size and shape of typical sweet potatoes. Transactions of the ASAE, 29(3), 678-682.

Determination of Tangerine Volume by Image Processing Technique and Comparison of its Accuracy with Water Displacement Method

M. Khojastehnazhand[1], M. Omid[2] and A. Tabatabaeefar[3]

[1]MSc Student, [2]Associate Professor and [3]Professor, Dept. of Agricultural Machinery, University of Tehran, Iran.

Abstract

Physical characteristics of agricultural products are the most important parameters in design of grading, conveying, processing and packaging systems. Among these physical characteristics, volume, mass, projected areas and center of gravity are the most important ones in sizing systems. In this study, segmentation method was used to estimate the volume of tangerine of varying sizes. A total of fifty randomly selected tangerines were examined. The proposed machine vision system consists of two CCD cameras, two capture cards, an appropriate lighting system and a personal computer. The cameras were arranged at right angle to each other in order to capture perpendicular images of tangerines. The estimated volume using these techniques was compared to the actual volume of tangerine measured with the water displacement method using the paired *t*-test and the Bland–Altman approach. The estimated volume using segmentation method was not significantly different from the volume determined by water displacement ($P > 0.05$). The mean difference between water displacement and segmentation method was $0.66 cm^3$. The average percentage difference for volume estimation with segmentation method was 2.6%. In conclusion, segmentation technique provides a simple and efficient methodology for estimating tangerine volume.

Keywords: Tangerine; Volume; Segmentation Method; Image Processing; Fruit Sorting