# تخمین مساحت سطح محصولات استوانه ای توسط روش پردازش تصویر

**امید امیدی ارجنکی[1]، اسعد مدرس مطلق[2]، پرویز احمدی مقدم[2]**

**1- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی**

**2- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه ارومیه**

omidmac@gmail.com

**چکیده**

محاسبه سطح خارجی محصولات کشاورزی اهمیت زیادی در مراحل پس از برداشت و فرآوری آنها دارد . سطح خارجی میوه ها یکی ویژگی مهم در مطالعه خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی است . همچنین محاسبه این ویژگی در علومی از قبیل فیزیولوژی رشد، مطالعات حشره شناختی و بیماری شناختی گیاهی نیز مؤثر است . با این حال، اندازه گیری مستقیم این ویژگی مشکل، غیر دقیق و تخریبی است .هدف این تحقیق ارائه روشی بر مبنای تکنیک پردازش تصویر برای محاسبه غیر تخریبی سطح خارجی میوه های کشیده و استوانه‌ای شکل (به طور موردی کدو سبز یا کدوی تابستانی[1]) است.در این آزمایش، برای ارزیابی دقت مدل تعداد 40 نمونه کدو بطور جداگانه بررسی گردید . نمونه های مورد آزمایش دارای شکل منظم و استوانه ای بوده و حجم آنها حول محور مستقیمی،تقریباً یکنواخت پخش شده بود . همچنین برای مقدار سنجی دقت کار، مقدار مساحت پوست کدو ها نیز توسط نپودازش تصویر بعد از پوست کنی، توسط اسکنر و همان شرایط و الگوریتم پردازش تصویر بدست آمد. نتایج نشان داد که روش ارائه شده در این تحقیق دارای دقت و سرعت مناسب در تخمین مساحت خارجی محصولات استوانه ای شکل می باشد . نتایج نشان داد که دقت مدل ارائه شده در این آزمای ش«97/44٪» می باشد. همچنین کل زمان مورد نیاز برای تخمین مساحت هر محصول (گرداندن محصول و پردازش تصویر) حدود 5 ثانیه می باشد.

**کلمات کلیدی: پردازش تصویر، کدوی تابستانی، مساحت خارجی، میوه استوانه ای**

**مقدمه**

تعیین دقیق و سریع مساحت و حجم محصولات کشاورزی در بهینه سازی شرایط انبار داری، بسته بندی، حمل و نقل، تعیین جذب و دفع آب و گرما، حرکت آفت کش ها و مواد غذایی به خارج و داخل و تنفس آنها اهمیت زیادی دارند [ایفرت و همکاران [2]، 2006]. تعیین مساحت سطح در پیشبینی صحیح از نرخ خشک کردن و در نتیجه تعیین زمان خشک کردن در خشک کن ها نیز سودمند است [سلطانی و همکاران، 2011]. تعیین مساحت سطح در فن آوری غذایی برای پیشبینی مقدار مواد شیمیایی بکار برده شده،برآورد زمان پوست کنی،و تعیین غلظت میکروبی موجود در تولید استفاده می شود [سابیلوف و همکاران[3]، 2002]. همچنین تعیین مساحت سطح میوه ها و محصولات کشاورزی برای بررسی کیفی عیوبی که توسط حشرات و میکروارگانیسم ها ایجاد شده است، لازم می -

[1] Zucchini - Cucurbita pepo
[2] Eifert
[3] Sabilov

باشد. از طرفی مساحت سطح میوه در مراحل مختلف رشد یکی از پارامتر های مهم تعیین ارتباط سطح میوه و دوران رشد آن است [بووی و همکاران [1]، 2002]. با استفاده از این ویژگی، میزان تخریب پوست میوه ها توسط حشرات یا میکرو ارگانیسم ها کیفیت سنجی می شود . امروزه تعیین مساحت سطح میوه ها به صورت دقیق، مشکل و تخریبی است. روش های مختلف برای محاسبه مساحت سطح میوه ها از جمله روش پلانیمتری، وزنی و هندسی وجود دارد تا ارتباط بین ا ین مقدار با طول، عرض (قطر) یا وزن (جرم) میوه بدست آید. ماریلن و همکاران در سال 2002 با استفاده از روابط الومتری [2] مساحت سطح میوه هلو را تخمین زدند .آنها برای تعیین مساحت از تصاویر دیجیتالی استفاده کرده و نتایج آنالیز را با روش وزنی مقایسه نمودند . دقت کار آنها حدود 98٪ بدست آمد. خجسته نژند و همکاران در سال 2009، توسط پردازش تصویر مساحت سطح پرتقال را با مقدار واقعی آن مقایسه کردند. تصویر بعد از جداسازی از پس زمینه، به چند تصویر از مخروط های ناقص بیضی شکل تقسیم می شد . سطح را به روش تقسیم بندی محاسبه کردند . مقادیر بدست آمده را با روش نواری مقایسه کردند . اختلاف آماری داده های بدست آمده با داده های واقعی در سطح 5٪ معنی دار نبود . آنها یک مدل رگرسیون خطی با ضریب همبستگی 93٪ ارائه کردند. در هیچکدام از روش های بکار برده شده، بطور مستقیم مقدار مساحت خارجی سطح میوه اندازه گیری نمی شود و بیشتر این روش ها مدل هایی را بین مساحت خارجی محصول و وزن یا مساحت دو بعدی محصول برقرار می کنند . هدف این تحقیق ارائه روشی سریع، آسان و غیر تخریبی برای محاسبه سطح خارجی میوه ها و سبزیجات استوانه ای شکل با استفاده از اسکنر معمولی و استفاده از تکنیک پردازش تصویر است.

**مواد و روشها**

سیستم تصویر برداری از یک اسکنر معمولی و نرم افزار تعبیه شده در سیستم عامل ویندوز تشکیل شده است . محصول با سرعت برابر با لامپ اسکنر بر روی صفحه شیشه ای اسکنر غلتانده شد تا تصویر کل سطح خارجی کدو بدست آید. در هنگام آزمایش، برای افزایش دقت و به منظور پرهیز از تکرار مساحت کدو در هنگام غلتاندن بر روی اسکنر، روی سطح خارجی کدو به صورت طولی خط مستقیم سیاه رنگی رسم گردید تا محاسبات فقط برای یک دور کدو ها انجام شود (شکل 1). همچنین برای جلوگیری از حرکت سریع تر یا کند تر میوه، سرعت حرکت میوه با لامپ اسکنر تقریباً مساوی بود . در این آزمایش ابتدا مساحت خارجی کدو طبق روش فوق اندازه گیری شد و سپس به منظور اندازه گیری واقعی مساحت کدو، پوست کدو کنده شد و روی صفحه اسکنر قرار گرفت (شکل 2). دسته اول تصاویر با دقت تصویر «160dpi» و اندازه «1753 × 1275» پیکسل تهیه گردید. دسته دوم تصاویر بعد از پوست کندن کدو ها توسط سیستم تصویر برداری مذکور با شرایط قبلی تهیه شدن د. تکه های پوست کدو طوری روی صفحه اسکنر چیده شده بودند که با هم همپوشانی نداشته باشند . برای ارزیابی دقت مدل ارائه شده تعداد 40 نمونه کدوی رسیده استفاده گردید. محدوده خارج از دو خط سیاه تصویر برداری شده (که نشان دهنده تکرار مساحت کدوی غلتانده شده است) حذف و به رنگ زمینه در آمد.

[1] Bovi

[2] اندازه گیری رشد موجودات (Allometric)

الف)

ب)

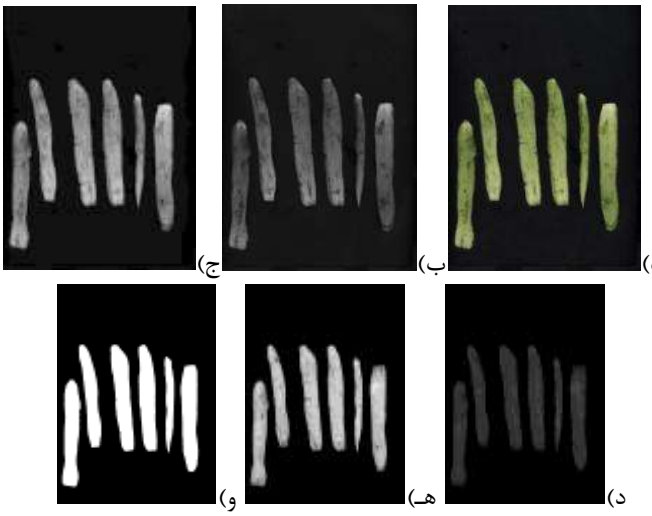
شکل 1- الف) تصویر کلی کدو غلتانده شده (نشاند دهنده دو دور غلتش) ب) تصویر یک دور چرخش کدو

برای پردازش تصاویر، الگوریتمی با «Visual Basic 2008» پیاده شد. عملیات صورت گرفته بر روی تصاویر در دو مرحله انجام شد: 1- پیش پردازش تصاویر: توسط دستور «Contrast Stretch» در برنامه (عملکرد این دستور به الگوریتم «Normalization» معروف است) وضوح تصویر توسط «کشش[1]» دامنه مقادیر شدتی بهتر میشود. نتیجه کار تصویری با کنتراست بیشتر است . 2- پردازش تصویر: در ابتدا توسط دستور «Extract» از تصاویر «RGB» تهیه شده از کدو ها مؤلفه های آبی و سبز استخراج شد . حاصل تصویر خاکستری از کانال های رنگی تصاویر بود. سپس دو تصویر حاصل از کانال های سبز و آبی را انتخاب کرده و تصویری جدید که هر پیکسل آن برابر است با تفاوت مقادیر پیکسل های هم مختصه هر دو تصویر ورودی بدست می آید. پیکسل های خروجی توسط رابطه زیر ایجاد می شوند [گنزالس، 1992]:

$$Q(i,j) = P_1(i,j) - P_2(i,j)$$

در مرحله بعد به منظور حذف زائده های ریز در مرحله آستانه گیری باید تصویر مات گردد . با یک آستانه گیری با استفاده از مقدار معین آستانه، تصویر باینری می شود . مقادیر مختلف آستانه را انتخاب کرده و آزمایش را تا زمانی که نتیجه بدست آمده طبق نتایج مشاهدات مناسب باشد تکرار شد تا مقدار آستانه 32 حاصل شد. با دستور «Close»که یک دستور مورفولوژیکی است، یک «گسترش[2]» به همراه «فرسایش[3]» بر روی تصویر اعمال می شود. با به کار بردن این دستور روی تصاویر باینری اشیای نزدیک به هم متصل و یا پر می شوند . عملگر بستن موجب هموار شدن بخش هایی از محیط ناحیه می شود. این عملگر عموماً شکستگی های کوچک را به هم مرتبط، فواصل باریک طولانی و حفره های کوچکتر را پر می کند [گنزالس، 1992]. این دستور برای پر کر دن نقاط ریز درون سطح کدو که با زائده هایی مثل لک های تیره یا خاک و گل پوشانده شده اند و احیاناً رفع نشده اند روی تصاویر اعمال شد. در پایان اشیای درون تصویر باینری شده استخراج و مشخصات شی، از جمله مساحت پیکسلی و مساحت کالیبره شده در واحد سانتی متر مربع محاس به شد. در مرحله دوم نیز، تصاویر حاصل از اسکن پوست کدوها، با همان الگوریتم قبلی مورد پردازش قرار گرفت و مجموع مساحت تکه های جدا شده پوست هر کدو محاسبه شد.

[1] Stretching
[2] Dilatation
[3] Erosion




شکل 2- روند الگوریتم: الف) تصویر پوسته های مربوط به کدوی شماره 31، ب) کانال آبی، ج) کانال سبز، د) اختلاف آبی و سبز، هـ) افزایش وضوح، و) تصویر باینری شده

به منظور ارزیابی دقت الگوریتم ارائه شده، تعداد 16 نمونه از سه مساحت مختلف کدو، پوست کنده شد و با ابعاد مشخصی تهیه و اسکن گردید . الگوریتم فوق بعد از تهیه تصاویر بر روی آنها اعمال گردید . بیشتر نمونه ها با مساحت 1 سانتی متر مربع انتخاب شدند تا تقریباً حداکثر خطا در محاسبات مشخص شود.

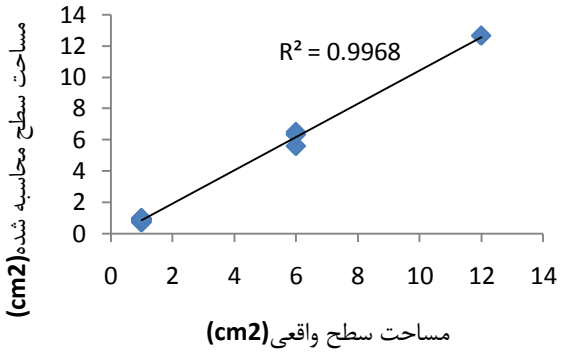
## نتایج و بحث

نتایج با مساحت واقعی تکه پوست ها مقایسه شد . داده های بدست آمده از پردازش تصاویر تکه پوست ها و مقدار مساحت واقعی آنها به قرار جدول 1 است.

جدول 1- مساحت واقعی و محاسبه شده تکه پوست های کدو (مساحت ها به $cm^2$)

| نمونه | مساحت واقعی | مساحت محاسبه شده | نمونه | مساحت واقعی | مساحت محاسبه شده |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12 | 12.64 | 9 | 1 | 0.84 |
| 2 | 6 | 5.60 | 10 | 1 | 0.77 |
| 3 | 6 | 6.49 | 11 | 1 | 0.74 |
| 4 | 6 | 6.33 | 12 | 1 | 0.89 |
| 5 | 1 | 0.92 | 13 | 1 | 0.95 |
| 6 | 1 | 0.85 | 14 | 1 | 0.99 |
| 7 | 1 | 0.88 | 15 | 1 | 0.99 |
| 8 | 1 | 0.73 | 16 | 1 | 0.99 |

نمونه های پوست با مساحت معین طبق شرایط کلی رعایت شده برای باقی پوست کدو ها تحت پردازش قرار گرفتند و مساحت محاسبه شده توسط نرم افزار با مساحت واقعی نمونه ها مقایسه شد . نتایج مقدار ضریب تبیین «$R^2$=0/9968» را نشان داد. (شکل 4)



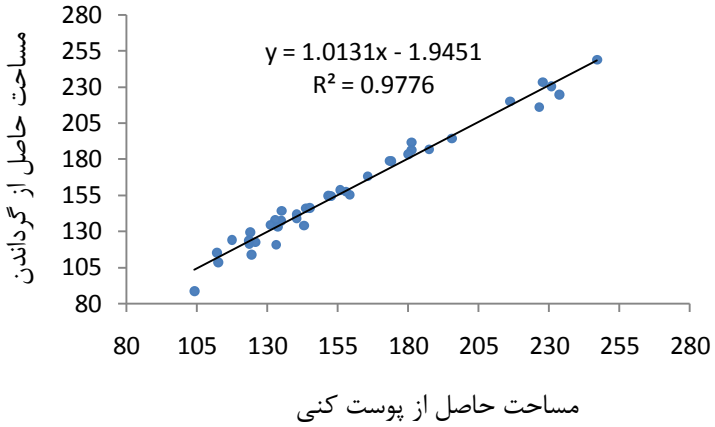

شکل 4 - مقایسه مقادیر حاصل شده در بررسی تکه پوست های کدو با مساحت معین با مساحت بدست آمده

نتیجه آزمون تی جفت شده برای تکه پوست های کدو بیانگر اینست که مساحت محاسبه شده توسط روش پردازش تصویر با مساحت واقعی تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول 2 – آزمون تی جفت شده روی مقایسه داده های حاصل از محاسبه مساحت سطح توسط دو روش

| پارامتر ها | مساحت سطح تکه پوست ها ($cm^2$) - (پردازش تصویر و واقعی) |
|---|---|
| آزمون تی جفت شده | 0/728 |
| ضریب همبستگی | 0/998 |
| 95٪ بازه اطمینان برای اختلاف میانگین | 0/12، 1/75- |

مساحت بدست آمده از روش غلتاندن کدو بر روی صفحه اسکنر و مساحت حاصل از اسکن پوست های کنده شده کدو با هم مقایسه گردید.نتیجه مقایسه بین مقادیر بدست آمده از دو روش نشان داد که ضریب تبیین برابر است با « $R^2$ = 0/9776» (شکل 5).




شکل 5- مقایسه دو روش غلتاندن و پوست کنی کدو در تخمین مساحت سطح خارجی

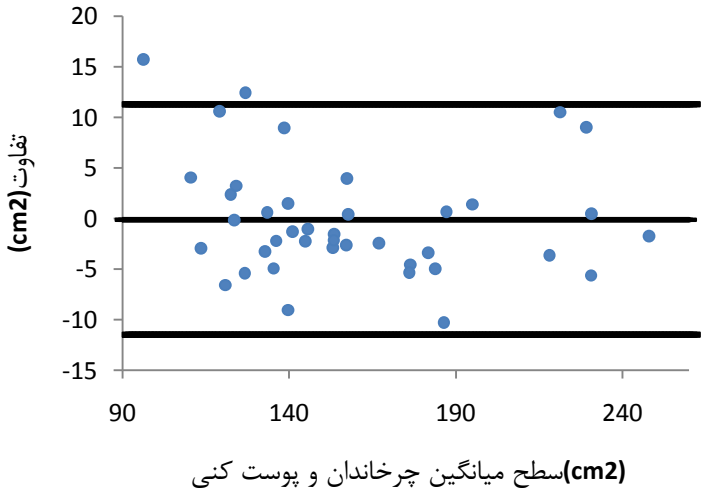
میانگین تفاوت بین مقادیر به دست آمده در دو روش برابر با « $-0/13\ cm^2$ » و مقدار انحراف معیار آنها نیز برابر با «5/81» است. تفاوت نتایج نشان می دهد که مقدار مساحت حاصل از روش پوست کنی و چرخاندن کدو به

صورت نرمال توزیع شده اند.نتایج آزمون تی جفت شده نشان می دهد که مساحت محاسبه شده در دو روش با هم اختلاف معنی داری ندارند. (جدول 3)

جدول 3– آزمون تی جفت شده روی مقایسه داده های حاصل از محاسبه مساحت سطح توسط دو روش

| پارامتر ها | مساحت سطح ($cm^2$) - (چرخاندن و پوست کندن) |
|---|---|
| آزمون تی جفت شده | 0/892 |
| 95٪ بازه اطمینان برای اختلاف میانگین | -1/1،73/98 |

محدوده مورد قبول 95٪ (بین «میانگین-1.96×انحراف معیار» و «میانگین+1.96×انحراف معیار») در مقایسه دو روش محاسبه مساحت سطح، 11/26 و 11/52- بدست آمد. (شکل 6)




شکل 6– نمودار بلاند- آلتمن برای مقایسه سطح کدو محاسبه شده توسط روش گرداندن با روش پوست کنی بر اساس پردازش تصویر و نمایش خطوط محدوده 95٪ قابل قبول (52/26،11/11- سانتی متر مربع) و؛ خط وسط نشان دهنده میانگین اختلاف (0/13-)

شکل 6 نشان میدهد اندازه کدو تاثیر چندانی در محاسبه مساحت پوست کدو به روش غلتاندن در مقایسه با روش پوست کنی ندارد . همچنین تعداد زیادی از نمونه ها به میانگین نزدیک تر هستند و نشان دهنده خطای کم الگوریتم برای محاسبات است . روند گرداندن کدو بر روی صفحه اسکنر بطور متوسط 5 تا 6 ثانیه طول می کشد. زمان تحلیل نرم افزاری تصویر بدست آمده از کدو نیز نیم ثانیه می باشد . در نتیجه کل زمان محاسبه سطح خارجی کدوی سبز 6 تا 7 ثانیه است. این زمان برای کل روند آزمایش برای یک کدو در مقایسه با روش های معمول دیگر بسیار کم است . در روش نواری، زمان نوار پوش کردن میوه، بسته به اندازه کدو، 2 یا 3 دقیقه است. اگر محاسبات دستی را نیز به آن اضافه گردد، این زمان ممکن است تا 5 دقیقه نیز افزایش یابد که اصلاً زمان منطقی ای برای این کار نیست . در همین زمان میتوان مساحت سطح خارجی حدود 42 عدد کدو را با روش پیشنهادی این تحقیق بدست آورد.

## مراجع

Bland J.M. and Altman D.G., 1999,Measuring agreement in method comparison studies. Stat. Meth. Med. Res., 8, 135-160.

Bovi M.; HeidenSpiering S.,Estimating Peach Palm Fruit Surface Area Using Allometric Relationships, *Scientia Agricola*, v.59, n.4, p.717-721, out./dez. 2002

Eifert, J.D., Sanglay, G.C., Lee, D.J., Sumner, S.S., Pierson, M.D., 2006. , Prediction of raw produce surface area from weight measurement. *J. Food Eng.* 74, 552–556.

Gonzales R., Woods R., Steven L. Eddins, Digital Image Processing Using MATLAB, Second Edition, Addison wesley, c2004

Joseph D. Eifert, Gabriel C. Sanglay, Dah-Jye Lee, Susan S. Sumner, Merle D. Pierson, Prediction of raw produce surface area from weight measurement, *Journal of Food Engineering* 74 (2006) 552–556

Khojastehnazhand M., Omid M. and Tabatabaeefar A., Determination of orange volume and surface area using image processing technique, *Int. Agrophysics*, 2009, 23, 237-242

Sabilov, 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.

Soltani M., Alimardani R. and Omid M., Modeling the Main Physical Properties of Banana, Fruit Based on Geometrical Attributes, *international journal of multidisciplinary sciences and engineering*, VOL. 2, NO. 2, MAY 2011