Archive of SID

ارزیابی روش تعیین مساحت محصولات کشاورزی و غذایی از روی تصاویر دیجیتالی

یعقوب منصوری[1]، سعید مینایی[2*]،تیمور توکلی هشجین[3]

۱- دانشجوی دورهٔ دکتری، مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی و رئیس قطب علمی بازیافت و کاهش ضایعات محصولات استراتژیک کشاورزی

۳- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

روشهای متعددی برای اندازه‌گیری مساحت سطح محصولات کشاورزی و غذایی معرفی شده‌اند که از دیرباز در تحقیقات پژوهشگران به کار برده شده‌اند. همزمان با پیشرفت علوم کامپیوتری، بحث استفاده از پردازش تصویر در کم ی کردن خواص ظاهری محصولات و جایگزینی آن به جای دید انسان مورد توجه پژوهشگران بوده است. در این تحقیق از روش پردازش تصویر برای تعیین مساحت نمونه از روی تصویر دیجیتالی آن استفاده شده است. کارآیی این روش در کنار سه روش معمول استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مساحت، روش پلانیمتر و روش توزین کاغذ هم‌سطح، با استفاده از سه گروه نمونهٔ مستقل در سه آزمایش مقایسه شد. نتایج نشان داد که دقت روش پردازش تصویر تحت هیچ شرایطی از روشهای دیگر کمتر نیست. افزون بر این، دقت این روش برخلاف روشهای دیگر، مستقل از دقت و مهارت کاربر است. روش استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مساحت از کلیهٔ روشها به نحو قابل ملاحظه‌ای سریع‌تر است. سرعت روش پردازش تصویر با کمتر از پنج ثانیه اختلاف پس از روش پلانیمتر در جایگاه سوم قرار دارد.

کلیدواژگان: مساحت سطح، پردازش تصویر، محصولات کشاورزی و غذایی، تصاویر دیجیتالی

۱- مقدمه

در صنایع غذایی، بعضی از ارزیابیهای کیفی هنوز به طور دستی و توسط افراد آموزش‌دیده انجام می‌شود که کاری دشوار، هزینه‌بر و به دلیل غیر عینی[1] (ذهنی) بودن ذاتا غیرقابل اعتماد است. تقاضای روزافزون برای روشهای عینی قابل اعتماد و کارا، عرضهٔ روشهای پردازش تصویر مبتنی بر استفاده از کامپیوتر را ضرورت بخشیده است. این روشها که اخیرا پیشرفت سریعی داشته‌اند، می‌توانند ویژگیهای پیچیده‌ای نظیر اندازه، شکل، رنگ و خواص ساختاری مواد غذایی را به طور کم ی تبیین کنند. انعطاف‌پذیری این روشها، آنها را به جایگزین قابل قبولی برای فرایند تصمیم‌گیری مبتنی بر بینایی انسان بدل کرده است.

قابلیت بالقوهٔ استفاده از روشهای پردازش تصویر در صنایع غذایی از دیرباز شناخته شده است. صنعت مواد غذایی جزء ده صنعت اولی است که از روشهای پردازش تصویر سود برده و استفاده از این روشها در آن برای ارزیابی عینی و غیرتخریبی محصولات غذایی موفقیت‌آمیز بوده است [۱].

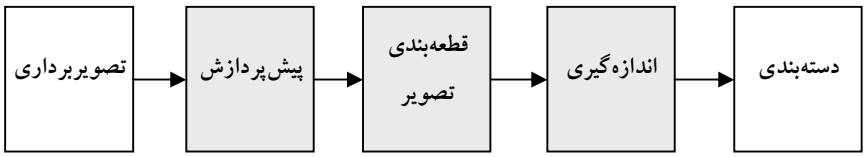
* مسوول مکاتبات: E-mail: minaeet@hotmail.com

1.Subjective

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل مبتنی بر پردازش تصویر عموما پنج مرحله را در بر دارد که در شکل ۱ نشان داده شده است. در مرحلهٔ گرفتن تصویر[1]، تصاویر به فرم دیجیتالی تبدیل می‌گردند. در مرحلهٔ پیش‌پردازش[2]، تصویر دیجیتالی بهینه‌سازی شده به صورت تصویری با همان ابعاد تصویر اصلی ارایه می‌شود. در مرحلهٔ قطعه‌بندی[3] تصویر حاصل به مناطق گسسته‌ای که همپوشانی ندارند، تقسیم می‌گردد. در مرحلهٔ اندازه‌گیری، ویژگیهای شئ موردنظر در تصویر، نظیر اندازه، شکل و رنگ اندازه‌گیری می‌شوند و در مرحلهٔ آخر اشیاء بر اساس خواص اندازه‌گیری شده در گروههای جداگانه‌ای طبقه‌بندی می‌گردند [۱].



شکل ۱ پنج جزء معمول سیستمهای پردازش تصویر

در مقالهٔ حاضر به سه جزء میانی پرداخته شده است. هدف این مقاله به طور خاص تدوین بخش نرم‌افزاری است که بر تصویر موجود عمل کرده، مساحت سطح شئ موجود در تصویر را به عنوان خاصیتی فیزیکی محاسبه نماید. در ادامه، کارایی این سیستم با سه روش مرسوم تعیین مساحت محصولات کشاورزی و غذایی مقایسه شده است.

آگاهی از مساحت سطح بخشهایی از مواد گیاهی مانند سطح برگ و مساحت سطح خارجی میوه‌جات هم برای دانشمندان علوم گیاهی و هم مهندسانی که با انتقال و فراوری محصولات سر و کار دارند، اهمیت دارد. سطح برگ شاخصی از ظرفیت فتوسنتزی و سرعت رشد یک گیاه است و اندازه‌گیری آن در مطالعات مربوط به رقابت برای نور و مواد غذایی و رابطهٔ آب و خاک وگیاه، تعیین میزان پاشش حشره‌کشها و قارچ کشها اهمیت دارد. در محصولاتی که از برگ آنها استفاده می‌شود سطح برگ شاخصی از پتانسیل تولید است. سطح میوه‌جات نیز در مطالعاتی که به پوشش اسپری، حذف بقایای اسپری، میزان تنفس، انعکاس نور و ارزیابی رنگ می‌پردازند و نیز مطالعات مربوط به انتقال حرارت در فرایندهای گرم و سرد کردن محصول، مهم است [۲].

در معمول‌ترین روشهای قدیمی محاسبهٔ سطح برگ، منحنی لبهٔ برگ روی صفحهٔ کاغذی رسم شده، مساحت آن با استفاده از پلانیمتر یا از طریق توزین کاغذ هم‌سطح آن تعیین می‌گردد. در مراجع اشاره شده است که برای اندازه‌گیری سطح محصور به منحنی رسم شده از روی سطح برگ، روش برش و توزین کاغذ هم‌سطح از روش به کارگیری از پلانیمتر ساده‌تر و از نظر زمانی به صرفه‌تر است [۲].

برای اندازه‌گیری سطح خارجی میوه‌جات نیز روشهای غیرتخریبی متعددی مبتنی بر ارتباط مساحت سطح خارجی میوه با وزن، ابعاد یا مساحت مقاطع میوه، استفاده شده‌اند. اساس این روشها بر یافتن رابطه‌ای ریاضی میان پارامترهای سهل‌الوصول از یک سو و مساحت سطح از سوی دیگر استوار است. مساحت سطح موردنیاز برای بنا نهادن این روابط ریاضی، معمولا به شیوهٔ تخریبی و از طریق کندن پوست میوه و به کارگیری پلانیمتر براورد می‌شود [۲].

برخی از روشهای قدیمی در سال‌های اخیر نیز استفاده شده است. کلایتون و همکاران (۱۹۹۵) به بررسی رابطهٔ رگرسیونی میان مساحت سطح خارجی چند رقم سیب درختی به دست آمده از مدلهای ریاضی کروی و بیضوی و مساحت واقعی پرداخته‌اند. آنها مساحت واقعی سطح خارجی

1. Image acquisition
2. Preprocessing
3. Segmentation

www.SID.ir

Archive of SID

میوه‌ها را از روی مساحت نوار چسب مورد نیاز برای پوشاندن سطح آن تخمین زده‌اند [۳].

بووی و سپیرینگ (۲۰۰۲) با اشاره به اهمیت اندازه‌گیری سطح خارجی میوه‌جات و دشواری تعیین آن به شیوهٔ غیرتخریبی، رابطهٔ آلومتریکی[1] برای اندازه‌گیری مساحت خارجی میوه‌های هلو از روی حاصل‌ضرب طول در حداکثر پهنای آن یافتند. آنها روش پردازش تصویر و روش مرسوم توزین را برای تعیین مساحت مورد نیاز مقایسه کرده‌اند. نتایج نشان داد که سرعت کار با استفاده از روش پردازش تصویر دو برابر بود و نیز منحنی برازانده شده بر متغیرهای مستقل و وابسته در روش پردازش تصویر مناسب‌تر بود. در روش مورد استفادهٔ این محققان، نمونه‌ها بسته به اندازه، سه تا پنج برش خورده، پس از تخلیه بافت گوشتی آنها، نمونه‌های حاصل بین دو صفحهٔ شفاف قرار داده شده با دقت ۳۰۰ dpi اسکن می‌شد. تصویر حاصل توسط نرم‌افزار Corel Photopaint اصلاح می‌شد. سپس مساحت سطح با استفاده از نرم‌افزار Area 2.1 محاسبه می‌شد[٤].

ویلیامز سوم و مارتینسون (۲۰۰۳) برای ایجاد رابطهٔ رگرسیونی بین مساحت سطح برگ انگور و طول و پهنای برگ، سطح برگ را با استفاده از روش پردازش تصویر تعیین کرده‌اند و در نهایت دو رابطهٔ رگرسیونی توانی مبتنی بر پهنای برگ برای تخمین سطح برگ ارایه کرده‌اند. در این مرجع به خصوصیات سیستم پردازش تصویر مورد استفاده اشاره نشده است[۵].

عزت الهی و طباطبایی‌فر (۱۳۸۱) اندازه‌گیری ابعاد و سطح تصویر سیب با استفاده از سیستم دید ماشین را مورد توجه قرار داده‌اند. در چکیدهٔ منتشر شده از این تحقیق، به استفاده از دوربین دیجیتالی به همراه سکوی نگهدارندهٔ میوه، محفظهٔ نور و کامپیوتر اشاره شده است. ویژگی‌های فیزیکی میوه به روش شمارش پیکسل انجام شده است. در این تحقیق از کارایی سیستم مورد استفاده در محاسبهٔ مساحت ذکری به میان نیامده است [٦].

با توجه به کاربرد اندازه‌گیری مساحت سطح در علوم کشاورزی و صنایع غذایی در تحقیق حاضر ابتدا سیستم نرم‌افزاری مورد نیاز تهیه شده، سپس در کنار روشهای معمول ارزیابی شد. دقت و سرعت، به عنوان ملاکهای مقایسهٔ کارایی روشها در نظر گرفته شدند. روشها در سه مرحله، با سه مجموعهٔ جداگانه از نمونه‌های مختلف آزمایش شدند تا عملکرد آنها در شرایط مختلف مشخص گردد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- روشها

۲-۱-۱-روش پردازش تصویر

در این روش ابتدا تصویر دیجیتالی نمونه، به‌وسیله یک دستگاه اسکنر رومیزی (hp ScanJet 4c) به همراه نرم‌افزار DeskScan II تهیه شد. عمق میدان وضوح در این گونه اسکنرها حدود ۲ اینچ است. تصاویر رنگی نمونه‌ها با تفکیک‌پذیری ۳۰۰ dpi در قالب jpg ضبط گردید. تصویر دیجیتالی حاصل با استفاده از برنامه‌ای که در محیط Matlab 6.5 و با استفاده از ابزار پردازش تصویر آن تهیه شد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، مساحت آن محاسبه و یادداشت شد. زمانهای مورد نیاز برای اسکن نمونه و محاسبهٔ مساحت آن توسط برنامهٔ کامپیوتری برای هر یک از نمونه‌ها ثبت شد. شکل ۲ سیستم مورد استفاده را نشان می‌دهد.

شکل۲ سیستم مورد استفاده برای تهیهٔ تصاویر دیجیتالی نمونه‌ها

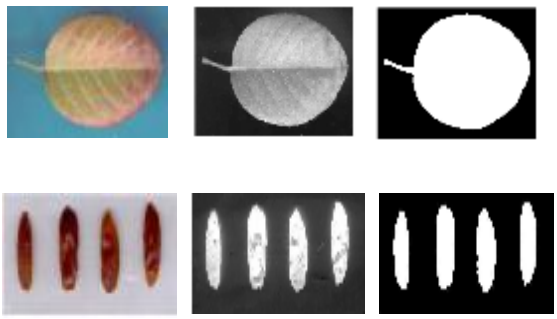
---

1. Relationship Allometric رابطه‌اي كه خاصيت فيزيكي مورد نظر (مساحت) را با ديگر ويژگي‌هاي جسم مرتبط مي‌كند.

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌گونه که قبلا نیز اشاره شد، تأکید این تحقیق بر انجام سه مرحلهٔ پیش‌پردازش، قطعه‌بندی و محاسبه است که در نهایت به تعیین مساحت نمونه می‌انجامد. فرایند قطعه‌بندی، تصویر دیجیتالی را به نواحی گسستهٔ غیرهمپوشان تقسیم می‌کند. این مرحله یکی از مراحل اساسی در بحث ماشین‌بینایی[1] و فرایندهای شناسایی خودکار الگو[2] بر اساس تحلیل تصویر مواد غذایی است و اطلاعات به دست آمده از تحلیل تصویر قویا به دقت این مرحله وابسته است. قطعه‌بندی خودکار یکی از مشکل‌ترین مراحل در تحلیل تصویر است زیرا قطعه‌بندی نادرست سبب بروز خطا در فرایند اندازه‌گیری گشته، در نتیجه قضاوت مبتنی بر ویژگیهای اندازه‌گیری شده، موفقیت‌آمیز نخواهد بود. در تصاویر محصولات کشاورزی و غذایی معمولا دو منطقه وجود دارد. پیش‌زمینه که تصویر خود شئ است و پس‌زمینه‌ای که شئ در آن قرار دارد. بنابراین تصویر مورد بررسی، تصویری دودویی[3] است که در آن پیکسلها تنها ارزش یک یا صفر دارند. این مقادیر به ترتیب به پیکسلهای متعلق به پیش‌زمینه و پس‌زمینه اختصاص دارند.



شکل ۳ آغاز و پایان مرحلهٔ قطعه‌بندی دو نمونه از تصاویر (از چپ به راست)

1.Machine Vision
2.Automatic Pattern Recognition
3. Binary

در این مقاله برای قطعه‌بندی تصویر شئ از پس‌زمینه، از الگوریتم پیشنهادی مری و پدرسکی (۲۰۰۵) استفاده شده است. این روش سه مرحله دارد. در مرحلهٔ اول، تصویر سطوح خاکستری با تقابل[4] بالا از روی تصویر رنگی اصلی و بر اساس اجزای قرمز- سبز- آبی[5] آن تهیه می‌گردد. در مرحلهٔ بعد، با استفاده از روشهای آماری یک مقدار آستانهٔ عمومی[6] به عنوان ملاک تشخیص پیکسلهای شئ از پیکسلهای پس‌زمینه، تخمین زده می‌شود و در مرحلهٔ سوم از عمل‌گرهای مورفولوژیکی[7] برای پر کردن حفره‌های احتمالی ایجاد شده در درون تصویر قطعه‌بندی شدهٔ باینری استفاده می‌گردد [۷].

فرایند قطعه‌بندی تصویر برگ و تصویر میوهٔ خرما در این پژوهش، در شکل ۳ نشان داده شده است. برای تهیهٔ تصویر تخت از دور تا دور میوهٔ سه بعدی خرما بایستی ابتدا آن را به چند تکه تقسیم کرد. با توجه به اندازه و انحنای میوه، در اکثر موارد بریدن نمونه‌های خرما به چهار قاچ برای تهیهٔ یک تصویر دو بعدی با دقت قابل قبول، کافی است.

پس از آنکه تصویر شئ موردنظر با موفقیت از زمینه جدا شد، تعداد پیکسلهای روشن (با ارزش یک) که نمایندهٔ شئ هستند، شمارش می‌گردد. سپس مساحت سطح شئ بر اساس مجموع تعداد پیکسلها و تفکیک‌پذیری تصویر بر حسب میلی‌متر مربع محاسبه می‌گردد.

۲-۱-۲- روش استفاده از سیستم اندازه‌گیری مساحت[8] (AMS)

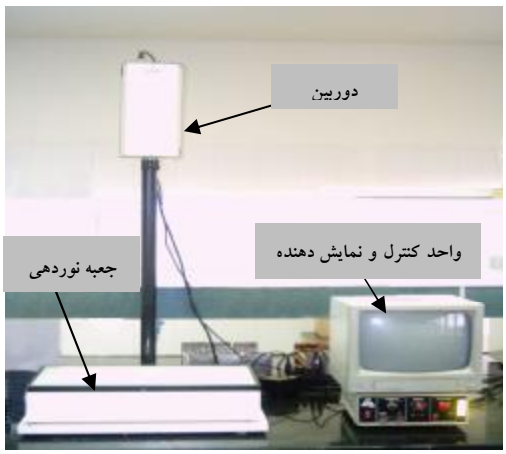
این دستگاه نیز از اصول پردازش تصویر بهره می‌برد و در حال حاضر عمدتا برای اندازه‌گیری سطح برگ استفاده

4.Contrast
5.RGB
6.Global Threshold
7.Morphological Operators
8.Area Measuring System

www.SID.ir

Archive of SID

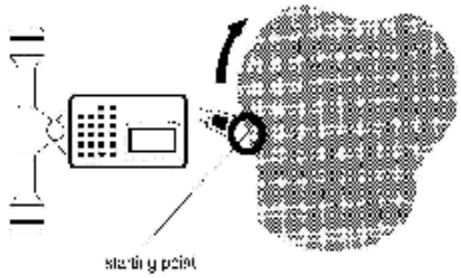
می‌شود. در این تحقیق از دستگاه مدل DELTA-T (ساخت انگلستان) استفاده شد. این دستگاه به جعبهٔ نوردهی و یک دوربین CCD[1] به عنوان بخش تصویربرداری مجهز است. نمونه روی صفحهٔ مات جعبهٔ نوردهی قرار داده می‌شود و تصویر آن از طریق دوربین که دقیقا در بالای صفحهٔ مات نصب شده است به بخش الکترونیکی دستگاه ارسال می‌شود. بخش اخیر مساحت نمونه را بر اساس اختلاف کنتراست نمونه از زمینهٔ نورانی آن تعیین کرده به همراه تصویر نمونه روی صفحهٔ نمایش نشان می‌دهد. قبل از آغاز آزمایش، دستگاه برای جداسازی صحیح و کامل نمونه از زمینه تنظیم می‌گردد. علاوه بر این لازم است خروجی دستگاه توسط صفحه‌ای با مساحت مشخص کالیبره گردد. در این مقاله، دستگاه به وسیلهٔ مربعی کاغذی به ابعاد ۱۰ mm ×۱۰ mm کالیبره شد. شکل ٤ نمای کلی دستگاه مورد استفاده را نشان می‌دهد.



شکل ٤ سیستم اندازه‌گیری مساحت

۲-۱-۳ - روش استفاده از پلانیمتر

در این روش ابتدا طرح لبهٔ نمونه روی صفحهٔ کاغذی کشیده شده، سپس با استفاده از پلانیمتر دیجیتالی (مدل Placom ساخت ژاپن) مساحت محصور به منحنی بستهٔ حاصل بدست آمد (شکل ۵). زمان مورد نیاز برای رسم طرح نمونه و اندازه‌گیری مساحت آن برای هر یک از نمونه‌ها ثبت شد.



شکل ۵ پلانیمتر

۲-۱-٤- روش توزین کاغذ هم‌مساحت

در این روش ساده، ابتدا طرح لبهٔ شئ مورد نظر روی صفحه‌ای کاغذی رسم گردید. سپس دور تا دور لبه به دقت بریده شده، نمونهٔ حاصل توسط ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم (مدل AND ساخت ژاپن) توزین شد. نمونه‌ای از همان کاغذ با مساحت مشخص نیز توزین شده، با استفاده از وزن واحد سطح کاغذ به دست آمده و وزن نمونهٔ کاغذی نظیر هر کدام از نمونه‌ها، سطح آن تخمین زده شد. زمان لازم برای رسم تصویر نمونه، برش و توزین آن به منظور مقایسهٔ روشها یادداشت شد.

۲-۲- آزمایشها

برای ارزیابی کارایی روش پردازش تصویر (IP)، این روش در کنار سه روش معمول یاد شده یعنی استفاده از سیستم اندازه‌گیری مساحت (AMS) ، به کارگیری پلانیمتر (PL) و روش توزین (WB) در برآورد مساحت سه گروه نمونه، در سه آزمایش مستقل به کار برده شد.

در آزمایش نخست، نمونه‌های کاغذی دایره‌ای با مساحتهای مشخص ۳۲۰، ۱۹٥٤ و ٤٤۱۲ و ۷۸۸۲ میلی‌مترمربع تهیه گردید. مساحت این نمونه‌ها به هر چهار روش در پنج تکرار تعیین گشته، خطا در تخمین مساحت واقعی(Error) و زمان موردنیاز (T) برای تعیین مساحت با استفاده از روشهای مختلف مبنای مقایسهٔ قرار گرفت.

$$\text{خطا} = \frac{\text{مساحت واقعی} - \text{مساحت اندازه‌گیری شده}}{\text{مساحت واقعی}}$$

1.Charge Coupled Device

www.SID.ir

Archive of SID

در آزمایش دوم اثر اندازه و شکل نمونه‌ها بر خطا و زمان اندازه‌گیری در روشهای مختلف تعیین مساحت مدنظر بود. به این منظور نمونه‌هایی از خانوادهٔ مستطیلها و بیضیها، در چهار اندازهٔ ۱۰۰، ٤۰۰، ۱٦۰۰ و ٦٤۰۰ میلی‌متر مربع و چهار نسبت کشیدگی[۱] ۱، ۲، ٤ و ۸ (مجموعا ۳۲ نمونه) استفاده شد. قرائتهای مساحت در پنج تکرار، به همراه زمانهای مورد نیاز برای دستیابی به مساحت در هر یک از روشها ثبت شد.

آزمایشهای فوق در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شدند. سطوح اندازه و کشیدگی به ترتیب از کوچک به بزرگ شماره‌گذاری شدند. سطوح شکل ۱ و ۲ در آزمایش دوم به ترتیب به خانوادهٔ مستطیلها و بیضیها ارجاع دارند. از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC برای تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگینهای دو صفت خطا و زمان استفاده شد. روش دانکن به عنوان مبنای مقایسهٔ میانگینها انتخاب شد. از آنجا که هدف این آزمایشها ارزیابی کارایی روشهای اندازه‌گیری مساحت است، اثر روش و اثر متقابل روش با سایر عوامل مستقل مورد توجه قرار گرفته است.

در آزمایش سوم، مساحت ۸ نمونهٔ خرما نیز به هر چهار روش در ۵ تکرار اندازه‌گیری شد. سپس از آنجا که مساحت واقعی نمونه‌ها قابل محاسبه نبود، تخمین مساحت حاصل از روشهای IP، PL و WB در برابر تخمین به دست آمده از روش AMS رسم و ارتباط آنها بررسی شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- یافته‌ها

۳-۱-۱- آزمایش اول: نمونه‌های دایره‌ای

نتایج تجزیهٔ واریانس این آزمایش در جدول ۱ آمده است. شکل ٦ و جدول ۲ اثر روش و اثر متقابل روش × اندازه بر خطا و زمان را نشان می‌دهد. روش IP کمترین خطا را به خود اختصاص داده است و از نظر زمان‌بری مقام دوم را پس از روش WB دارد. روشهای AMS و PL تقریبا خطای یکسان و متوسطی دارند همچنین زمان کمتری نسبت به دو روش دیگر نیاز دارند. کمترین زمان تعیین مساحت به روش AMS تعلق دارد. خطای روش WB از دیگر روشها بیشتر و در عین حال وقت‌گیرترین روش است.

جدول ۱ تجزیهٔ واریانس اثر عوامل مؤثر بر خطا و زمان مورد نیاز برای محاسبهٔ مساحت

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		Error	T
روش	۳	۰/۰۰۸۹**	۷۳۹۳/۵۰**
اندازه	۳	۰/۰۰٦۷**	۳۹/۸۹Ns
روش × اندازه	۹	۰/۰۰۸۰**	۷٦/۸۷**
خطا	٦٤	۰/۰۰۰۱	۱٦/۷۷
ضریب تغییرات	-	۳۸/۲۰	۱۱/۰۹

ns و** به ترتیب نشانهٔ معنادار نبودن و وجود اثر معنادار در سطح ۱ درصد است.

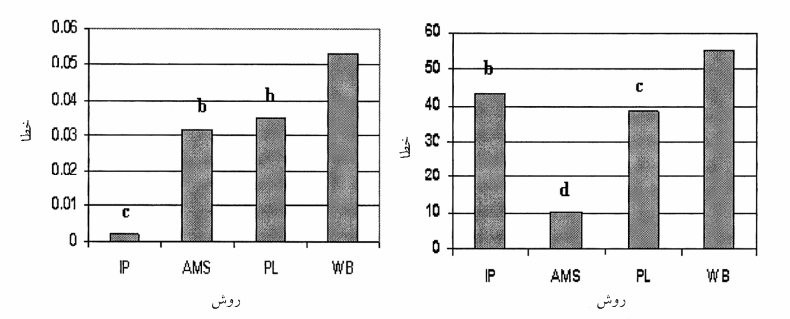
جدول ۲ نشان می‌دهد که در دو سطح اندازهٔ ۱ و ۲، روش IP بسیار دقیق‌تر از روشهای دیگر است. در سطح اندازهٔ ۳ این روش از لحاظ آماری دقتی مشابه با روشهای AMS و PL دارد و در سطح اندازهٔ ٤، روش IP به همراه روش PL کمترین خطا را در محاسبهٔ مساحت داشته‌اند. در هر حال، دقت روش IP در هیچیک از سطوح اندازه، از دیگر روشها کمتر نیست. علاوه بر این دقت روش IP برخلاف دیگر روشها از نظر آماری به اندازهٔ سطح نمونه بستگی ندارد و برای کلیهٔ سطوح اندازه دقت یکسانی دارد. در حالی که دقت تمام روشهای دیگر در اندازه‌گیری مساحت سطح کوچکترین نمونه‌های مورد آزمایش (اندازهٔ ۱) به نحو معناداری کمتر از نمونه‌های دیگر است.از این جدول چنین بر می‌آید که روشهای AMS و WB در کلیهٔ سطوح اندازه، به ترتیب کمترین و بیشترین زمان را به خود اختصاص داده‌اند. روشهای IP و PL به استثنای سطح اندازهٔ ۳، به یک میزان زمان‌بر بوده‌اند.

---

۱. نسبت طول به عرض در خانوادهٔ مستطیلها و نسبت اقطار در خانوادهٔ بیضیها

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦ مقایسهٔ میانگین خطا و زمان روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌های دایره‌ای

جدول ۲ خطا و زمان مورد نیاز روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌های دایره‌ای در چهار اندازهٔ مختلف

	روش اندازه‌گیری مساحت							
	IP		AMS		PL		WB	
سطوح اندازه	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان
۱	۰/۰۰٤۰fgh	۳۹/۷۷d	۰/۰٦۱٦b	۸/۹۲f	۰/۰۷۰۲b	٤۰/۷۸d	۰/۰۹٤۰a	۵۳/۵۸ab
۲	۰/۰۰۲۰gh	٤۰/٦۱d	۰/۰۲٤۰cdef	۹/۳۷f	۰/۰۳۳۰cde	۳۹/۸۰d	۰/۰٤۱۸c	۵۲/۸۸ab
۳	۰/۰۰۱٦gh	٤۸/۹۸bc	۰/۰۱۲٦efgh	۱۱/٤۷f	۰/۰۲۲٤cdefg	۳۱/۳۷e	۰/۰۳٤٦cd	۵۹/۸٦a
٤	۰/۰۰۰۲h	٤٤/۳۳cd	۰/۰۲۹۰cde	۱۰/٦۹f	۰/۰۱٤۸defgh	٤۲/۷٤cd	۰/۰٤۱۰c	۵۵/٦۷ab

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۱)

۳-۱-۲- آزمایش دوم: نمونه‌های خانوادهٔ بیضی و مستطیل

نتایج تجزیهٔ واریانس این آزمایش در جدول ۳ آمده است. اثر تیمارهای در بردارندهٔ روش بر خطا و زمان در شکل ۷ و جدولهای ٤ تا ۱۱ آورده شده است. شکل ۷ نشان می‌دهد که خطای روش IP همچنان از دیگر روشها کمتر است. برخلاف آزمایش قبل، خطای روش PL در این آزمایش از WB بیشتر است. زمان مورد نیاز روندی مشابه آزمایش اول دارد. در اینجا نیز روش AMS کمترین و روش WB بیشترین زمان را به خود اختصاص داده است. موقعیت IP نیز از نظر زمان‌بری همچنان بعد از WB قرار دارد.

۳-۱-۳- اثر متقابل روش × اندازه

جدول ٤ نشان می‌دهد که در کلیهٔ سطوح اندازه، خطای روش IP از هیچیک از روشها بیشتر نیست. روشهای AMS و WB در کلیهٔ سطوح اندازه به ترتیب سریع‌ترین و کندترین روشها هستند. سرعت روش IP در سطوح اندازهٔ ۱ و ۲ از روش PL کمتر ولی با بزرگ شدن اندازه در سطوح ۳ و ٤ با آن برابر است.

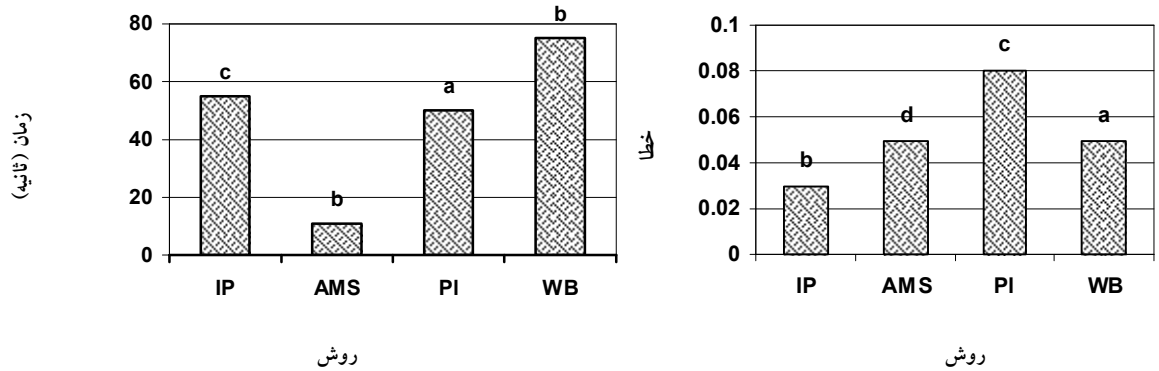
جدول ۳ تجزیهٔ واریانس اثر عوامل مؤثر بر خطا و زمان مورد نیاز برای محاسبهٔ مساحت

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		Error	T
روش	۳	۰/۰٦٤۹**	۱۱۳۸۷۰/۱۱**
اندازه	۳	۰/۲۳۷۰**	۱۳٦۱/۲۸**
روش × اندازه	۹	۰/۰۳۸٤**	٤۵۷/٦۳**
شکل	۱	۰/۰۰٤۷ ns	۷۱۹۹/۵٦**
روش× شکل	۳	۰/۰۱۲۸**	۲۰۹۵/٦۸**
اندازه × شکل	۳	۰/۰۰۰۹ ns	۱۲۰/۷۵**
روش × اندازه × شکل	۹	۰/۰۰۵۲**	٦۲/۲۸**
کشیدگی	۳	۰/۰۰۷۸**	۲۳۲/٦۱**
روش × کشیدگی	۹	۰/۰۰۳۷**	٤۲/۰۳*
اندازه × کشیدگی	۹	۰/۰۰٤۰**	٦۲/۳۸**
روش × اندازه × کشیدگی	۲۷	۰/۰۰۲۹**	۲۹/۲۳*
شکل × کشیدگی	۳	۰/۰۰۲۸ ns	۸۲/۹۲**
روش × شکل × کشیدگی	۹	۰/۰۰۳۱*	۱٦/۷۸ns
اندازه × شکل × کشیدگی	۹	۰/۰۰۳۵**	۱۱۳/۲۵**
روش × شکل × اندازه × کشیدگی	۲۷	۰/۰۰۲٦**	٤٤/۳٤**
خطا	۵۱۲	۰/۰۰۱٤	۱۸/۱٤
ضریب تغییرات	–	۷۳/٤۵	۹/۱۱

ns، * و ** به ترتیب نشانهٔ معنادار نبودن و وجود اثر معنادار در سطوح ۵ و ۱ درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷ مقایسهٔ میانگین خطا و زمان روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها

جدول ٤ خطا و زمان مورد نیاز روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها در چهار اندازهٔ متفاوت

روش اندازه‌گیری مساحت								
	IP		AMS		PL		WB	
سطوح اندازه	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان
۱	۰/۰٦۲٦cde	۵۰/۵۵e	۰/۰٤٦۸ef	۱۲/۱۹g	۰/۱۸۰۰a	٤۳/۲۸f	۰/۱۱۸۲b	۷۳/۰۸bc
۲	۰/۰۳۸۰fg	۵۰/۹٦e	۰/۰۷٤۲cd	۱۰/۳٦gh	۰/۰۸۱۳c	٤٤/۹۷f	۰/۰٤٤۹ef	۷۱/۵٦c
۳	۰/۰۱٤۳ghi	۵۲/۱٦e	۰/۰۵۵۱def	۸/۹۳h	۰/۰۳٤٤fgh	۵۱/۵۱e	۰/۰۱٦٤ghi	۷۵/٤۳ab
٤	۰/۰۰٦۱i	۵۸/۳۳d	۰/۰۱۹۱ghi	۹/۵۲h	۰/۰۱۹۸ghi	۵۸/٤۱d	۰/۰۱۲۵hi	۷٦/۹۰a

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α۰/۰۱)

۳-۱-٤- اثر متقابل روش × شکل

اثر متقابل این دو عامل بر خطا و زمان مورد نیاز، در جدول ۵ نشان داده شده است. همچنان که از این جدول بر می‌آید دقت روش IP از هیچکدام از روشهای دیگر کمتر نیست. در واقع در مورد نمونه‌های خانوادهٔ بیضی، دقت این روش خیلی بیشتر از روشهای دیگر است. در اینجا نیز روشهای AMS و WB به ترتیب سریع‌ترین و کندترین روشها هستند. در نمونه‌های مستطیلی شکل، سرعت روش IP بیش از روش PL است ولی در مورد نمونه‌های خانوادهٔ بیضی برعکس است. این مسالهٔ احتمالا به دلیل سهولت گرداندن مکانمای پلانیمتر حول نمونه‌های بیضی شکل و در مقابل، دشواری تبعیت حرکت آن از گوشه‌ها در نمونه‌های مستطیلی است.

جدول۵ خطا و زمان مورد نیاز روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها در دو شکل متفاوت

روش اندازه‌گیری مساحت								
	IP		AMS		PL		WB	
سطوح شکل	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان
۱	۰/۰۳۵۱^{de}	۵۳/۱۳^{d}	۰/۰۳۹۹^{de}	۱۰/۵۷^{f}	۰/۰۹۱۵^{a}	۵٦/۲۱^{c}	۰/۰۵۰۳^{bcd}	۸۰/۵٤^{a}
۲	۰/۰۲۵٤^{e}	۵۲/۸۷^{d}	۰/۰۵۷۷^{bc}	۹/۹۳^{f}	۰/۰٦٦۲^{b}	٤۲/۸۷^{e}	۰/۰٤۵۸^{cd}	٦۷/۹۵^{b}

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۱)

۳-۱-۵- اثر متقابل روش × کشیدگی

جدول ٦ اثر متقابل این دو عامل را نشان می‌دهد. در کلیهٔ سطوح کشیدگی، دقت روش IP از هیچیک از روشها کمتر نیست. بیشترین خطا را روش PL دارد. از نقطه‌نظر سرعت عمل نیز همچنان روشهای AMS و WB به ترتیب در رتبهٔ اول و آخر قرار دارند. روش IP، به استثنای کشیدگی ٤ که با PL

www.SID.ir

Archive of SID

هم سرعت است، کندتر از PL عمل کرده است.

۳-۱-٦- اثر متقابل روش × اندازه × کشیدگی

اثر متقابل این سه عامل بر خطا و زمان را می‌توان بر اساس جدول ۷ بررسی کرد. در کلیهٔ ترکیبات تیماری اندازه × کشیدگی، دقت روش IP از هیچیک از روشها کمتر نیست. در سطح اندازهٔ ۱ تفاوت دقت روشها محسوس‌تر است به طوری که PL کمترین دقت را داشته است ولی رفته رفته با بزرگ‌تر شدن اندازهٔ سطح، دقت روشها به هم نزیک شده، در اندازهٔ ٤ عملا از نظر آماری دقت کلیهٔ روشها یکسان است. چنانچه خطای هر یک از روشها را در هریک از سطوح اندازهٔ سطح به طور جداگانه بررسی کنیم، ملاحظه می‌کنیم که روشهای IP و AMS مشابه هم هستند. در این دو روش، با فرض ثابت بودن اندازهٔ سطح نمونه، کشیدگی آن تأثیری بر دقت روش در تخمین مساحت نداشته است. این بیان در مورد روشهای PL و WB تنها در مورد سطوح بزرگ‌تر صادق است. به عبارت دیگر هر چه سطح کوچکتر باشد، کشیدگی آن بر دقت مساحتی که دو روش PL و WB تخمین می‌زنند، مؤثرتر است. در هر حال استقلال دقت روش IP از کشیدگی در اندازهٔ ثابت سطح مورد اندازه‌گیری یک مزیت تلقی می‌شود.

همچون گذشته، در کلیهٔ ترکیبات تیماری اندازه × کشیدگی، روشهای AMS و WB به ترتیب سریع‌ترین و کندترین روشها هستند. روند تغییرات زمان مورد نیاز روشهای IP و PL با بزرگ شدن سطح و کشیده‌تر شدن آن نیز جالب است. در سطح اندازهٔ ۱، در سه کشیدگی اول روش PL سریع‌تر از IP است ولی در کشیدگی ٤ هم سرعت هستند. با بزرگ شدن اندازه در سطح اندازهٔ ۲، روش PL تنها در دو کشیدگی اول سریع‌تر است و در دو کشیدگی ۳ و ٤ دو روش یک سرعت دارند. در سطح اندازهٔ ۳، روش IP در کلیهٔ سطوح کشیدگی با PL هم‌سرعت است. در سطح اندازهٔ ٤ نیز همانند سطح قبلی IP در کلیهٔ کشیدگیها از نظر آماری هم‌سرعت روشPL است، ضمن اینکه از نظر عددی زمان کمتری نیاز داشته است.

جدول ٦ خطا و زمان مورد نیاز روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها در چهار کشیدگی متفاوت

سطوح کشیدگی	روش اندازه‌گیری مساحت							
	IP		AMS		PL		WB	
	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان	خطا	زمان
۱	۰/۰۲٤٦^{g}	۵۳/۰٤^{c}	۰/۰۳۷۵^{fg}	۱۰/۰۳^{e}	۰/۰٦۵۳^{bcde}	٤۸/۳٦^{d}	۰/۰٤۸۳^{defg}	٤۸/۳٦^{d}
۲	۰/۰۲۵٤^{g}	۵۳/۲۱^{c}	۰/۰٤٤۷e^{fg}	۱۰/۱۰^{e}	۰/۰۷۲۳^{abc}	٤۸/۰۹^{d}	۰/۰٤۷۸^{defg}	٤۸/۰۹^{d}
۳	۰/۰۳۱۹^{g}	۵۲/۲۱^{c}	۰/۰٤۲۷^{efg}	۱۰/۰۱^{e}	۰/۰۸۷۸^{ab}	٤۸/۸۷^{d}	۰/ ۰۵۸٤^{cdef}	٤۸/۸۷^{d}
٤	۰/۰۳۹۲^{fg}	۵۳/۵۳^{c}	۰/۰۷۰۲^{abcd}	۱۰/۸۵^{e}	۰/۰۹۰۰^{a}	۵۲/۸٤^{c}	۰/۰۳۷٦^{fg}	۵۲/۸٤^{c}

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۱)

۳-۱-۷- اثر متقابل روش× انداز× شکل

اثر متقابل این سه عامل بر خطا و زمان مورد نیاز را می‌توان بر اساس جدول ۸ بررسی کرد. در این جدول، اثر متقابل روش × شکل در سطوح اندازهٔ مختلف به تفکیک قابل بررسی است. همچنان که ملاحظه می‌شود، اثر شکل سطح بر دقت دو روش AMS و PL که در جدول ۵ معنادار بوده است در حقیقت تنها در سطح اندازهٔ ۱ صادق است و در سطوح دیگر اندازه، دقت هیچ یک از روشها متاثر از شکل نیست. در همین سطح اندازهٔ ۱ اتفاق جالبی افتاده است. دقت روش AMS در این سطح اندازه برای شکل مستطیلی بسیار بیشتر از شکل بیضی است. یادآوری می‌شود که دستگاه AMS با سطحی مربعی به مساحت ۱۰۰ میلی‌متر مربع (مطابق سطح اندازهٔ ۱) کالیبره شده است. دلیل کمتر بودن دقت روش PL در محاسبهٔ مساحت سطوح مستطیلی کوچک در مقایسه با سطوح بیضی شکل کوچک احتمالا دشواری تبعیت از

www.SID.ir

Archive of SID

گوشه‌های تیز حین پیمایش لبه است. همان‌گونه که در جدول ۸ برمی‌آید در هر یک از سطوح اندازه، شکل سطح نمونه تأثیری بر دقت روش IP در اندازه‌گیری مساحت ندارد. به بیان دیگر، دقت روش IP برای نمونه‌های هم‌مساحت مستطیلی و بیضی شکل یکسان است. روشهای AMS و WB به ترتیب سریع‌ترین و کندترین روشها بوده‌اند. روشهای IP و PL سرعت متوسطی داشته‌اند. در نمونه‌های مستطیل شکل با بزرگ شدن سطح، روش IP که در آغاز هم‌سرعت PL است رفته رفته از آن پیشی می‌گیرد. روش PL در محاسبهٔ مساحت سطوح بیضی شکل همواره سریع‌تر از روش IP بوده است

جدول ۷ خطا و زمان مورد نیاز روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها در چهار اندازه و چهار کشیدگی متفاوت

سطوح اندازه	سطوح کشیدگی	روش اندازه‌گیری مساحت: IP خطا	IP زمان	AMS خطا	AMS زمان	PL خطا	PL زمان	WB خطا	WB زمان
۱	۱	۰/۰۵۰٤^{ghijklmn}	۵۰/۹۸^{lmnopq}	۰/۰۳۱۰^{jklmn}	۱۱/۳٤۷	۰/۱۷۰۰^{ab}	٤۵/۱٤^{rstu}	۰/۰۹٤۲^{cdefgh}	۷۵/۹۷^{bcde}
	۲	۰/۰٤۹۳^{hijklmn}	۵۱/۳۹^{lmnop}	۰/۰٤٤۰^{ijklmn}	۱۱/٤۰۷	۰/۱٤۰۰^{bc}	٤۱/۱۲^{tu}	۰/۱۱۲۷^{cd}	۷۲/٤۹^{defg}
	۳	۰/۰۶۱٤^{defghijklm}	٤۹/۷۶^{nopqr}	۰/۰٤۷۰^{hijklmn}	۱۲/۲۰۷	۰/۲۱۰۰^{a}	٤۰/۶۷^{u}	۰/۱۶٤۳^{ab}	۷۰/۸۸^{efg}
	٤	۰/۰۸۹٤^{defghi}	۵۰/۰۵^{nopqr}	۰/۰۶۵۰^{defghijkl}	۱۳/۸۲۷	۰/۲۰۰۰^{a}	٤۶/۱۷^{pqrstu}	۰/۱۰۱۶^{cdefg}	۷۳/۰۰^{cdefg}
۲	۱	۰/۰۳۰۹^{jklmn}	۵۱/۳۸^{lmnop}	۰/۰۶۶۳^{defghijk}	۹/۸۰۷	۰/۰٤۲۵^{hijklmn}	٤۲/۹٤^{stu}	۰/۰۵٤۰^{fghijklmn}	۷۰/۲۵^{fg}
	۲	۰/۰۳۰۵^{jklmn}	۵۰/۶۵^{mnopqr}	۰/۰۷۰۲^{defghij}	۱۰/۱۰۷	۰/۰۹۰۰^{defghi}	٤٤/۱۰^{stu}	۰/۰۵۷۳^{efghijklmn}	۶۹/۶۱^{g}
	۳	۰/۰٤٤۳^{hijklmn}	۵۰/۳۳^{mnopqr}	۰/۰۵۶٤^{efghijklmn}	۹/۶٤۷	۰/۰۸۷۵^{defghi}	٤۵/۵۲^{qrstu}	۰/۰۳٤۰^{jklmn}	۷۲/۹۰^{cdefg}
	٤	۰/۰٤۶۲^{hijklmn}	۵۱/٤۸^{lmnop}	۰/۱۰۳۹^{cdef}	۱۱/۹۰۷	۰/۱۰۵۰^{cdef}	٤۷/۳۱^{opqrs}	۰/۰۳٤۳^{jklmn}	۷۳/٤۹c^{defg}
۳	۱	۰/۰۱۳۸^{klmn}	۵۱/٤۶^{lmnop}	۰/۰۲۲۲^{jklmn}	۹/۳۱۷	۰/۰۳۳۳^{jklmn}	٤۶/۶۰^{pqrst}	۰/۰۲٤۵^{jklmn}	۷۰/۱٤^{fg}
	۲	۰/۰۱۲۸^{klmn}	۵۳/۰۱^{jklmno}	۰/۰۳۳۷^{jklmn}	۹/۱۶۷	۰/۰٤۰۰^{ijklmn}	۵۱/۱۵^{lmnopq}	۰/۰۱۳۱^{klmn}	۷۵/۳۸^{bcdef}
	۳	۰/۰۱۶۷^{jklmn}	۵۱/٤٤^{lmnop}	۰/۰۵۷۲^{efghijklmn}	۸/٤۷۷	۰/۰۳۳٤^{jklmn}	۵۲/۷۳^{klmno}	۰/۰۲۲۸^{jklmn}	۷۶/۸۵^{bcd}
	٤	۰/۰۱٤۰^{klmn}	۵۲/۷٤^{klmno}	۰/۱۰۷٤^{cde}	۸/۸۰۷	۰/۰۳۰۷^{jklmn}	۵۵/۵٤i^{jklmn}	۰/۰۰۵۳^{n}	۷۹/۳۷^{ab}
٤	۱	۰/۰۰۳۲^{n}	۵۸/۳۵^{hij}	۰/۰۳۰۶^{jklmn}	۹/۶۹۷	۰/۰۱۵۳^{klmn}	۵۸/۷۶^{hi}	۰/۰۲۰۵^{jklmn}	۷۸/٤۰^{abc}
	۲	۰/۰۰۸۹^{mn}	۵۷/۸۱^{hijk}	۰/۰۳۱۱^{jklmn}	۹/۷٤۷	۰/۰۱۹۰^{jklmn}	۵۵/۹۹^{ijklm}	۰/۰۰۸۱^{mn}	۷٤/۱۷^{bcdefg}
	۳	۰/۰۰۵۲^{n}	۵۷/۳۲^{hijk}	۰/۰۱۰۱^{lmn}	۹/۷۵۷	۰/۰۲۰٤^{jklmn}	۵۶/۵۶^{ijkl}	۰/۰۱۲۵^{klmn}	۷۲/۷۸^{cdefg}
	٤	۰/۰۰۷۲^{mn}	۵۹/۸٤^{hi}	۰/۰۰٤۵^{n}	۸/۸۹۷	۰/۰۲٤۳^{jklmn}	۶۲/۳٤^{h}	۰/۰۰۹۰^{mn}	۸۲/۲٤^{a}

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف

جدول ۸ خطا و زمان مورد نیاز روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها در چهار اندازه و دو شکل متفاوت

اندازه	شکل	روش اندازه‌گیری مساحت: IP خطا	IP زمان	AMS خطا	AMS زمان	PL خطا	PL زمان	WB خطا	WB زمان
۱	۱	۰/۰۷۰۹^{defgh}	۵۱/۱۹^{H}	۰/۰۱۸۰^{jkl}	۱۲/٤۵^{K}	۰/۲۱۰۰^{a}	٤۹/۵۵^{H}	۰/۱۳۲۹^{bc}	۷۶/۸۳^{B}
	۲	۰/۰۵٤٤^{fghi}	٤۹/۹۰ ^{H}	۰/۰۷۵۵^{defg}	۱۱/۹۳ ^{K}	۰/۱۵۰۰^{b}	۳۷^{J}	۰/۱۰۳۵^{cd}	۶۹/۳٤^{CD}
۲	۱	۰/۰٤۶۶^{fghij}	۵۱/۱۸ ^{H}	۰/۰۶۷۶^{efgh}	۱۰/۸۱ ^{K}	۰/۰۹۲۵^{de}	۵۱/٤۷^{H}	۰/۰٤۲۷^{ghijk}	۷۷/۹۸^{B}
	۲	۰/۰۲۹٤^{ijkl}	۵۰/۷۳ ^{H}	۰/۰۸۰۸^{def}	۹/۹۱ ^{K}	۰/۰۷۰۰^{defgh}	۳۸/٤۷^{J}	۰/۰٤۷۱^{fghij}	۶۵/۱٤^{E}
۳	۱	۰/۰۱٤۹^{jkl}	۵۲/٤۳ ^{H}	۰/۰۵۶٤^{fghi}	۸/۹۹ ^{K}	۰/۰۳۹۵^{hijkl}	۶۰/٤٤ ^{FG}	۰/۰۱۵۳^{jkl}	۸٤/٤٤^{A}
	۲	۰/۰۱۳۸^{jkl}	۵۱/۸۹ ^{H}	۰/۰۵۳۹^{fghi}	۸/۸۸ ^{K}	۰/۰۲۹۲^{ijkl}	٤۲/۵۷^{I}	۰/۰۱۷۶^{jkl}	۶۶/٤۳^{DE}
٤	۱	۰/۰۰۸۰^{kl}	۵۷/۷۱^{G}	۰/۰۱۷۵^{jkl}	۱۰/۰۱ ^{K}	۰/۰۲٤۱^{ijkl}	۶۳/٤۰^{EF}	۰/۰۱۰۱^{jkl}	۸۲/۹۱^{A}
	۲	۰/۰۰٤۳^{l}	۵۸/۹۵ ^{G}	۰/۰۲۰۷^{ijkl}	۹/۰۲ ^{K}	۰/۰۱۵۵^{jkl}	۵۳/٤۳^{H}	۰/۰۱۵۰^{jkl}	۷۰/۸۸^{C}

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۱) معناداری ندارند (α=۰/۰۱)

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۱-۸- اثر متقابل روش × شکل × کشیدگی

اثر متقابل این سه عامل تنها بر خطا معنادار شده است که با استفاده از جدول ۹ قابل بررسی است. در کلیهٔ ترکیبات تیماری به مانند گذشته، دقت روش IP از هیچ یک از روشها کمتر نیست. در محاسبهٔ مساحت سطوح مستطیلی در کلیهٔ کشیدگی‌ها روش PL کمترین دقت را داشته است. در مورد سطوح بیضی شکل و دو سطح کشیدگی ۱ و ۲ روش IP بسیار دقیق‌تر از دیگر روشها ظاهر شده است.

جدول ۹ خطای روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌ها در دو شکل و چهار کشیدگی متفاوت

سطوح شکل	سطوح کشیدگی	روش اندازه‌گیری مساحت			
		IP	AMS	PL	WB
۱	۱	۰/۰۳۳۷^{ghij}	۰/۰۲۹۳^{hij}	۰/۰۶٤۰^{cdef}	۰/۰۳٤۹^{ghij}
	۲	۰/۰۳٤۲^{ghij}	۰/۰۳۷۰^{fghij}	۰/۰۸٦٦^{bc}	۰/۰٤۸۳^{defghi}
	۳	۰/۰۳٤٥^{ghij}	۰/۰۳۸٦^{efghij}	۰/۱۰۱۳^{ab}	۰/۰٦٥۱^{cdef}
	٤	۰/۰۳۸۱^{efghij}	۰/۰٥٤۷^{defgh}	۰/۱۱٤۲^{a}	۰/۰٥۲۸^{defgh}
۲	۱	۰/۰۱٥٥^{j}	۰/۰٤٥۸^{defghi}	۰/۰٦٦٦^{cde}	۰/۰٦۱۷^{cdefg}
	۲	۰/۰۱٦٦^{j}	۰/۰٥۲٥^{defgh}	۰/۰٥۸۰^{defgh}	۰/۰٤۷٤^{defghi}
	۳	۰/۰۲۹٤^{hij}	۰/۰٤٦۸^{defghi}	۰/۰۷٤٤^{cd}	۰/۰٥۱۸^{defgh}
	٤	۰/۰٤۰۳^{efghij}	۰/۰۸٥۸^{bc}	۰/۰٦٥۸^{cdef}	۰/۰۲۲۳^{ij}

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۵)

۳-۱-۹- اثر متقابل روش × اندازه × شکل × کشیدگی

همچنان که از جدول ۱۰ بر می‌آید، دقت روش IP در هیچ یک از ترکیبات تیماری از دیگر روشها کمتر نیست. نکتهٔ دیگر اینکه از نظر آماری، دقت این روش در کلیهٔ ترکیبات تیماری یکسان است و تحت تأثیر خصوصیات ظاهری نمونه نیست. این بیان در مورد دیگر روشها صادق نیست. روشهای دیگر تحت تأثیر اندازه، شکل و کشیدگی نمونه دقتهای متفاوتی داشته‌اند. این نوسانات در دقت، با بزرگ شدن سطح (سطوح اندازهٔ ۳ و ٤) تقریبا از بین رفته، دقت کلیهٔ روشها تقریبا یکسان می‌شود (به استثنای کشیدگی ٤ در سطح اندازهٔ ۳ که برای هر دو شکل مستطیلی و مربعی، روش AMS خطای بیشتری داده است). همچنان که در بالا اشاره شد، در مورد نمونه‌های کوچک (سطوح اندازهٔ ۱ و ۲) دقت روشها، به جز روش IP، دستخوش نوسان است. لکن در مجموع می‌توان گفت که در سطح اندازهٔ ۱، روش PL بیشترین خطا را داشته است. دقت این روش در سطح اندازهٔ ۲ تا حد زیادی به دقت دو روش WB و AMS نزدیک می‌شود.

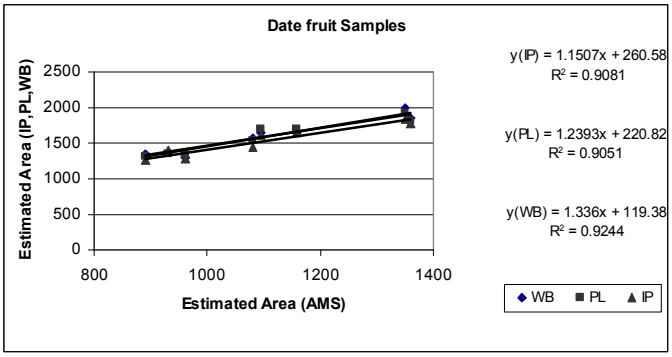
در بررسی جدول ۱۱، نکتهٔ جالب، توجه یکنواختی مقدار زمان مورد نیاز برای اندازه‌گیری مساحت سطوح در اندازه‌ها، شکلها و کشیدگیهای گوناگون است. به عبارت دیگر، مدت زمانی که در روش IP برای محاسبهٔ مساحت لازم است تقریبا مستقل از ویژگیهای سطح است. علت این پدیده را باید در مستقل بودن روش IP از کاربر و سرعت عمل او جستجو کرد. هر قدر که عامل انسانی در فرایند اندازه‌گیری مساحت دخالت بیشتری داشته باشد، سرعت عمل نیز دستخوش نوسان بیشتری می‌شود. روش AMS نیز از نظر دخالت ناچیز کاربر و در نتیجه یکنواختی زمان صرف شده، مشابه روش IP است.

۳-۱-۳- آزمایش سوم: نمونه‌های غیرمنتظم (میوهٔ خرما)

از آنجا که نمونه‌های مورد استفاده در این آزمایش غیرمنتظم هستند، محاسبهٔ مساحت واقعی آنها ممکن نیست. بنابراین برای مقایسهٔ کارآیی روشها، روش AMS به عنوان روش مرسوم مبنای مقایسه قرار گرفت. هر یک از نمونه‌های میوهٔ خرما به چهار قاچ تقسیم شده، مساحت آن در پنج تکرار به هر چهار روش مورد تحقیق تعیین شد. سپس مساحت تخمینی به سه روش IP، WB و PL در برابر مساحت تخمین زده شده به روش AMS رسم و خط راستی بر آن برازانده شد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، هر سه خط به خوبی وابستگی قرائتهای مساحتها را منعکس می‌کنند. ضریب زاویهٔ خط برازانده شده بر داده‌های حاصل از روش IP به یک نزدیک‌تر است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸ ارتباط مساحت میوه‌های خرما حاصل از روشهای مختلف با مساحت تخمینی روش AMS

جدول ۱۰ خطای روشهای مختلف در تعیین مساحت نمونه‌های خانوادهٔ بیضی و مستطیل

اندازه	شکل	کشیدگی	روش اندازه‌گیری مساحت			
			IP	AMS	PL	WB
۱	۱	۱	۰/۰۷۵۸ ghijklmnopqrs	۰/۰۰۲ s	۰/۱۶ cdef	۰/۰۸۳۸ ghijklmnopq
		۲	۰/۰۶۲۲ hijklmnopqrs	۰/۰۲ nopqrs	۰/۱۶ cdef	۰/۰۸۲۸ ghijklmnopqr
		۳	۰/۰۶۴۴ hijklmnopqrs	۰/۰۲۶ lmnopqrs	۰/۲٤ ab	۰/۲۰۱ bc
		٤	۰/۰۸۱ ghijklmnopqrs	۰/۰۲٤ nopqrs	۰/۲۸ a	۰/۱٦٤۲ cde
	۲	۱	۰/۰۲۵ nopqrs	۰/۰٦ hijklmnopqrs	۰/۱۸ bcd	۰/۱۰٤٦ efghijklm
		۲	۰/۰۳٦٤ jklmnopqrs	۰/۰٦۸ ghijklmnopqrs	۰/۱۲ defghi	۰/۱٤۲٦ cdefg
		۳	۰/۰۵۸٤ hijklmnopqrs	۰/۰٦۸ ghijklmnopqrs	۰/۱۸ bcd	۰/۱۲۷٦ defgh
		٤	۰/۰۹۷۸ efghijklmns	۰/۰۱۰٦ efghijk	۰/۱۲ defghi	۰/۰۳۹ jklmnopqrs
۲	۱	۱	۰/۰۳۸۲ jklmnopqrs	۰/۰٦۷٤ ghijklmnopqrs	۰/۰٤ jklmnopqrs	۰/۰۱۹٦ nopqrs
		۲	۰/۰۵۲۲ hijklmnopqrs	۰/۰۵۸٦ hijklmnopqrs	۰/۱۲ defghi	۰/۰۸٦٤ fghijklmnop
		۳	۰/۰۵۰٤ hijklmnopqrs	۰/۰۵٦۲ hijklmnopqrs	۰/۱۰۵ efghijkl	۰/۰۳۳۲ jklmnopqrs
		٤	۰/۰٤۵٦ ijklmnopqrs	۰/۰۸۸۲ fghijklmno	۰/۱۰۵ efghijkl	۰/۰۳۱٦ jklmnopqrs
	۲	۱	۰/۰۲۳٦ nopqrs	۰/۰٦۵۲ hijklmnopqrs	۰/۰٤۵ ijklmnopqrs	۰/۰۸۸٤ fghijklmno
		۲	۰/۰۰۸۸ opqrs	۰/۰۸۱۸ ghijklmnopqrs	۰/۰٦ hijklmnopqrs	۰/۰۲۸۲ klmnopqrs
		۳	۰/۰۳۸۲ jklmnopqrs	۰/۰۵٦٦ ghijklmnopqrs	۰/۰۷ ghijklmnopqrs	۰/۰۳٤۸ jklmnopqrs
		٤	۰/۰٤٦۸ ijklmnopqrs	۰/۱۱۹٦ defghi	۰/۱۰۵ efghijkl	۰/۰۳۷ jklmnopqrs
۳	۱	۱	۰/۰۱۸٦ nopqrs	۰/۰۲۰۸ nopqrs	۰/۰۳۷۸ jklmnopqrs	۰/۰۲۰۸ nopqrs
		۲	۰/۰۱۱۸ opqrs	۰/۰۳۹۲ jklmnopqrs	۰/۰٤٦۲ ijklmnopqrs	۰/۰۱٤۸ opqrs
		۳	۰/۰۱۵٤ opqrs	۰/۰٦۱۲ hijklmnopqrs	۰/۰۳۵۲ jklmnopqrs	۰/۰۱۹٦ nopqrs
		٤	۰/۰۱۳۸ opqrs	۰/۱۰٤٤ efghijklm	۰/۰۳۸۸ jklmnopqrs	۰/۰۰۵۸ qrs
	۲	۱	۰/۰۰۹ opqrs	۰/۰۲۳٦ nopqrs	۰/۰۲۸۸ klmnopqrs	۰/۰۲۸۲ klmnopqrs
		۲	۰/۰۱۳۸ opqrs	۰/۰۲۸۲ klmnopqrs	۰/۰۳۳۸ jklmnopqrs	۰/۰۱۱٤ opqrs
		۳	۰/۰۱۸ nopqrs	۰/۰۵۳۲ hijklmnopqrs	۰/۰۳۱٦ jklmnopqrs	۰/۰۲٦ lmnopqrs
		٤	۰/۰۱٤۲ opqrs	۰/۱۱۰٤ defghij	۰/۰۲۲٦ nopqrs	۰/۰۰٤۸ qrs
٤	۱	۱	۰/۰۰۲ s	۰/۰۲٦۸ klmnopqrs	۰/۰۱۸ nopqrs	۰/۰۱۵٤ opqrs
		۲	۰/۰۱۰٤ opqrs	۰/۰۳۰۲ klmnopqrs	۰/۰۲ nopqrs	۰/۰۰۹ opqrs
		۳	۰/۰۰۷٦ pqrs	۰/۰۱۱ opqrs	۰/۰۲۵ nopqrs	۰/۰۰٦٤ pqrs
		٤	۰/۰۱۲ opqrs	۰/۰۰۲ s	۰/۰۳۳۲ jklmnopqrs	۰/۰۰۹٦ opqrs
	۲	۱	۰/۰۰٤٤ qrs	۰/۰۳٤٤ jklmnopqrs	۰/۰۱۲٦ opqrs	۰/۰۲۵٦ mnopqrs
		۲	۰/۰۰۷٤ pqrs	۰/۰۳۲ jklmnopqrs	۰/۰۱۸ nopqrs	۰/۰۰۷۲ pqrs
		۳	۰/۰۰۲۸ rs	۰/۰۰۹۲ opqrs	۰/۰۱۵۸ opqrs	۰/۰۱۸٦ nopqrs
		٤	۰/۰۰۲٤ rs	۰/۰۰۷ pqrs	۰/۰۱۵٤ opqrs	۰/۰۰۸٤ opqrs

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۱)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۱ زمان مورد نیاز برای تعیین مساحت نمونه‌های خانوادهٔ بیضی و مستطیل

		روش اندازه‌گیری مساحت				
اندازه	شکل	کشیدگی	IP	AMS	PL	WB
		۱	۵۱/۷۳WXYZ[\]^_	۱۱/۸۸g	۵۲/۷۸VWXYZ[\]	۸۱/۴۰ CDEFG
		۲	۵۳VWXYZ[\	۱۱/۹۶ g	۴۸/۹۵Z[\]^_` a	۷۷/۹۴EFGHI
		۳	۴۹/۹۱WXYZ[\]^_`	۱۲/۵۴ g	۴۶/۶۲\]^_` ab	۷۳/۴۲ GHIJKLM
	۱	۴	۵۰/۱۳WXYZ[\]^_`	۱۳/۴۳ g	۴۹/۸۵WXYZ[\]^_`	۷۴/۵۶FGHIJKLM
		۱	۵۰/۲۴WXYZ[\]^_`	۱۰/۷۹ g	۳۷/۵۱cdef	۷۰/۵۴ IJKLMNO
		۲	۴۹/۷۸WXYZ[\]^_`	۱۰/۸۴ g	۳۳/۲۹f	۶۷/۰۳MNOPQ
۱		۳	۴۹/۶۱XYZ[\]^_`	۱۱/۸۶ g	۳۴/۷۲ef	۶۸/۳۴KLMNOPQ
	۲	۴	۴۹/۹۷WXYZ[\]^_`	۱۴/۲۰ g	۴۲/۴۹` abcde	۷۱/۴۴HIJKLMN
		۱	۵۱/۳۲WXYZ[\]^_	۱۰/۲۹ g	۴۹/۸۸WXYZ[\]^_`	۷۵/۴۲ FGHIJKL
		۲	۵۱/۲۲WXYZ[\]^_	۱۰/۳۶ g	۵۰/۳۱WXYZ[\]^_`	۷۵/۶۴ FGHIJKL
		۳	۵۰/۶۳WXYZ[\]^_`	۱۰/۲۶ g	۵۴/۲۲TUVWXYZ[\	۸۱/۷۴BCDEF
	۱	۴	۵۱/۵۶WXYZ[\]^_	۱۲/۳۱ g	۵۱/۴۷WXYZ[\]^_	۷۹/۱۴DEFGH
		۱	۵۱/۴۳WXYZ[\]^_	۹/۳۱ g	۳۶def	۶۵/۰۸NOPQR
		۲	۵۰/۰۷WXYZ[\]^_`	۹/۸۳ g	۳۷/۸۹cdef	۶۳/۵۸NOPQRS
۲	۲	۳	۵۰/۰۲WXYZ[\]^_`	۹/۰۱ g	۳۶/۸۲cdef	۶۴/۰۵NOPQRS
		۴	۵۱/۴۰WXYZ[\]^_	۱۱/۴۸ g	۴۳/۱۶_` abcd	۶۷/۸۴LMNOPQ
		۱	۵۱/۹۸WXYZ[\]^	۹/۸۵ g	۵۱/۸۴WXYZ[\]^	۷۶/۱۶FGHIJK
		۲	۵۳/۳۹UVWXYZ[\	۹/۲۵ g	۶۱/۵۹PQRST	۸۶/۱۵ABCD
		۳	۵۱/۴۹WXYZ[\]^_	۸/۲۵ g	۶۱/۲۷ PQRSTU	۸۵/۱۴ABCDE
	۱	۴	۵۲/۸۸VWXYZ[\	۸/۶۲ g	۶۷/۰۴MNOPQ	۹۰/۳۲A
		۱	۵۰/۹۴WXYZ[\]^_	۸/۷۷ g	۴۱/۳۷abcde	۶۴/۱۲NOPQR
		۲	۵۲/۶۳VWXYZ[\]^	۹/۰۷ g	۴۰/۷۱bcdef	۶۴/۶۱NOPQR
	۲	۳	۵۱/۴۰WXYZ[\]^_	۸/۶۸ g	۴۴/۱۸]^_` abc	۶۸/۵۶KLMNOPQ
۳		۴	۵۲/۵۹VWXYZ[\]^	۸/۹۸ g	۴۴/۰۴ ^_` abc	۶۸/۴۳KLMNOPQ
		۱	۵۸/۵۱RSTUVW	۱۰/۲۵ g	۶۹/۵۷JKLMNOP	۸۹/۲۵AB
		۲	۵۸/۳۲ RSTUVWX	۱۰/۴۴ g	۶۲/۴۵OPQRS	۸۱/۵۴BCDEF
	۱	۳	۵۷/۱۸ RSTUVWXYZ	۱۰/۴۶ g	۵۲/۶۹VWXYZ[\]^	۷۳/۶۵FGHIJKLM
		۴	۵۶/۸۲ RSTUVWXYZ	۸/۸۹ g	۶۸/۸۸KLMNOP	۸۷/۱۸ABC
		۱	۵۸/۱۸ RSTUVWXY	۹/۱۲ g	۴۷/۹۶[\]^_` ab	۶۷/۵۶LMNOPQ
		۲	۵۷/۲۹ RSTUVWXYZ	۹/۰۴ g	۴۹/۵۳YZ[\]^_`	۶۶/۷۹MNOPQ
		۳	۵۷/۴۵ RSTUVWXYZ	۹/۰۴ g	۶۰/۴۳QRSTUV	۷۱/۹۰HIJKLMN
۴	۲	۴	۶۲/۸۷OPQRS	۸/۸۹ g	۵۵/۸۱STUVWXYZ[	۷۷/۲۹FGHIJ

میانگینهای دارای حروف مشترک اختلاف معناداری ندارند (α=۰/۰۱)

۳-۲- بحث

روش پردازش تصویر در هیچ یک از شرایط، دقتی کمتر از روشهای دیگر ندارد. در حقیقت در بسیاری از شرایط دقیق‌تر از دیگر روشها است. این امر به ویژه در آزمایش نخست که به محاسبهٔ مساحت سطوح دایره‌ای در چهار اندازه اختصاص داشت، به وضوح قابل رؤیت است. در آزمایش دوم که

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیده‌تر بود، نتیجهٔ مشابهی دیده می‌شود. باز در اینجا دقت روش پردازش تصویر با تغییر ویژگیهای اندازه، کشیدگی و شکل سطح موردنظر دستخوش تغییر ناگهانی نشده، پایدارتر عمل کرده است. حال آنکه دیگر روشها در عین حال که دقیق‌تر از روش پردازش تصویر نبوده‌اند در رقابت با یکدیگر تنها در یک یا چند ترکیب خاص از ویژگیهای اندازه، کشیدگی و شکل، برتر عمل کرده‌اند. بنابراین در شرایط واقعی کهویژگیهای سطح مورد مطالعه طیف وسیعی را شامل می‌شود، روش پردازش تصویر مطمئن‌تر عمل خواهد کرد. از دیدگاه سرعت عمل، روش استفاده از سیستم اندازه‌گیری مساحت واقعا بی‌رقیب است. روش پردازش تصویر در اغلب ترکیبات تیماری در رقابت با روش پلانیمتر و با اختلافی کمتر از پنج ثانیه مقام سوم را دارد. یکی از مراحل زمان‌بر در فرایند محاسبهٔ مساحت به روش پردازش تصویر، مرحلهٔ تهیهٔ تصویر دیجیتالی است که مورد توجه خاص این تحقیق نبوده و همان گونه که قبلا اشاره شد، توسط اسکنر رومیزی انجام شده است. با اصلاح این مرحله، می‌توان سرعت روش را بهبود بخشید.

هر یک از روشهای مورد بحث برای تعیین مساحت مورد بحث در این مقاله مزایا و معایبی دارند که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. روش استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مساحت از دیدگاه سرعت بالا و سادگی عملیات که بالطبع خستگی کمتر کاربر را به دنبال دارد، بسیار مناسب است. دستگاه یک بار کالیبره می‌شود و پس از آن کاربر عملا وظیفه‌ای جز قرار دادن نمونه روی صفحهٔ مات و قرائت مساحت از روی مونیتور و یادداشت آن ندارد. بنابراین به دلیل دخالت کم کاربر در فرایند، مقدار خطای وابسته به او نیز زیاد نیست. این دستگاه در صورت تنظیم، قابلیت استفاده در تعیین تقریبی محیط و طول نمونه را نیز دارد. ضمن آنکه با نصب تسمه نقالهٔ شفاف مخصوص، می‌توان از آن برای اندازه‌گیری پیوسته و سریع نمونه‌های زیاد استفاده کرد. در کنار این مزایا، اثر تغییرات نور محیط بر دقت دستگاه از نکاتی است که در انجام کارهای دقیق باید مورد توجه واقع شود. در چنین شرایطی دستگاه باید در محیطی تاریک استفاده شود. مشکل عمده، حساسیت فوق‌العادهٔ مساحت اندازه‌گیری شده توسط این دستگاه به محل قرارگیری نمونه روی صفحهٔ مات است. جابجایی مکانی نمونه حتی در حد کمتر از یک سانتیمتر (بسته به اندازهٔ نمونه) می‌تواند به تغییر در مقدار مساحت قرائت شده منجر شود. برای حصول حداکثر دقت، نمونه باید درست در جایی قرار داده شود که قبلا نمونهٔ با مساحت مشخص برای کالیبراسیون قرار داده شده بود. این مسالهٔ به ویژه هنگامی که نمونه از چند تکهٔ جداگانه تشکیل شده باشد، مشکل‌ساز است.

روش توزین کاغذ هم‌مساحت، از نظر تکنیکی ساده‌ترین روش است که به ابزار چندانی نیاز ندارد. اما به همین نسبت، بسیار به کاربر و نتیجتا دقت کار او وابسته است. این روش یکی از زمان‌برترین و خسته کننده‌ترین روشهاست که دقت آن با افزایش تعداد نمونه‌ها، به دلیل خستگی مضاعف کاربر کاهش می‌یابد. ضمن اینکه یکنواختی چگالی کاغذ مورد استفاده برای تهیه نمونهٔ هم مساحت با نمونهٔ اصلی در تخمین مساحت از روی وزن مؤثر است.

اگر چه در کلیهٔ مراحل روش استفاده از پلانیمتر کاربر دخالت مؤثر دارد، لکن این تأثیر در مقایسه با روش توزین کاغذ هم مساحت کمتر است. بخش اول کار یعنی ترسیم لبهٔ نمونه بر کاغذ در هر دو روش اخیر به طور یکسان صورت می‌گیرد و دقت کاربر در این مرحله بر قرائتهای حاصل از هر دو روش به یک اندازه تأثیر می‌گذارد. پس از آن، روش استفاده از پلانیمتر تنها یک مرحله دارد که با گرداندن نقطهٔ شاخص واقع بر عدسی دستگاه حول لبهٔ رسم شده و قرائت مساحت از روی مونیتور آن پایان می‌یابد. خستگی کاربر در این یک مرحله، در مقایسه با دو مرحلهٔ برش دقیق دور تا دور لبه و توزین آن کمتر است. در هر حال، خطای کل در روش پلانیمتر از مجموع خطای مراحل رسم لبه و گرداندن پلانیمتر ناشی می‌شود.

در روش استفاده از پردازش تصویر، دقت کار تا حد زیادی مستقل از کاربر است. زیرا اساسا کاربر تنها فرایند را از طریق کار با منوها و یا تایپ دستورات و یا نامگذاری تصاویر هدایت می‌کند. اگر چه در این تحقیق بر مساحت نمونه تاکید شده است، روش پردازش تصویر قابلیت توسعه برای استخراج

www.SID.ir

Archive of SID

بسیاری از خواص نمونه نظیر ابعاد، رنگ و مطالعهٔ دقیق‌تر بخشهایی از نمونه را در خود دارد. این در حالی است که کار با اختلاف رنگها در دستگاه استاندارد تعیین مساحت تنها پس از تجهیز دوربین به فیلترهای رنگی میسر است و نیاز به کسب مهارت دارد. یکی از نقاط قوت روش پردازش تصویر که به آن انعطاف ویژه‌ای می‌بخشد آن است که بخش تهیهٔ تصویر می‌تواند به طرق مختلف انجام گیرد. بنابراین امکان بررسی تغییرات خصوصیات ظاهری میوه یا برگ در طول زمان معینی بدون جدا کردن آن از گیاه، از طریق عکس‌برداری دیجیتال و استفاده از روشهای پردازش تصویر وجود دارد. نقطهٔ قوت دیگر روش پردازش تصویر، از کامپیوتری بودن آن نشات می‌گیرد. توسعه این گونه روشها نیز بسیار کم‌هزینه و در حد تغییر چند خط برنامه است. از جمله مزیتهای دیگر، قابلیت بالقوه در اتصال به دیگر روشهای کامپیوتری نظیر تحلیل شبکهٔ عصبی، در یک سیستم واحد، برای استفاده در عملیاتی نظیر درجه‌بندی بر اساس خاصیتی ظاهری از محصول است. توجه اصلی در این تحقیق عمدتا به امکان قطعه‌بندی تصویر و استخراج مساحت آن بوده است. لکن همان‌گونه که قطعه‌بندی به عنوان یک پیش‌نیاز، دقت مرحلهٔ محاسبه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مرحلهٔ داده‌گیری که کل سیستم، اطلاعات ارایه شده از سوی آن را –به صورت عکس– پردازش می‌کند و بر اساس آن کار می‌کند از اهمیت زیادی برخوردار است. خوشبختانه، دقت محاسبهٔ مساحت در روش حاضر برخلاف روش استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مساحت، به مختصات قرارگیری مرکز نمونه روی صفحهٔ اسکنر حساس نیست. اگر چه محققان دیگری قبلا از اسکنر رومیزی برای تهیهٔ تصویر استفاده کرده‌اند، کار با این دستگاه همواره خطایی را در بر دارد که از اساس کار آن ناشی می‌شود. بخش حامل حسگر اسکنر با حرکت در امتداد صفحهٔ شفافی که نمونه روی آن قرار دارد، به نمونه خط به خط نور می‌تاباند و اطلاعات سطح آن را به‌وسیله حسگر CCD به طور همزمان از انعکاس حاصل، ثبت می‌کند. این کار از یک سوی نمونه آغاز شده تا انتهای دیگر آن ادامه می‌یابد. مشاهدات نشان داد که همواره در یک طرف نمونه سایه‌ای در کنار لبهٔ آن بوجود می‌آید که پهنای آن به ضخامت نمونه بستگی دارد. سایهٔ بوجود آمده در محاسبات مساحت به‌وسیله کامپیوتر جزء جسم تلقی گشته، خطا ایجاد می‌کند. موقعیت زاویه‌ای نمونه روی صفحهٔ اسکنر بر مقدار خطا تأثیرگذار است. برای کاهش این خطا توصیه می‌شود که نمونه به گونه‌ای روی صفحهٔ اسکنر چرخانده شود که کوتاه‌ترین لبهٔ محیطی آن در طرف سایه قرار گیرد. به بیان ساده‌تر نوک تیزتر نمونه در طرفی قرار گیرد که سایه ایجاد می‌شود. با این کار طول سایهٔ ایجاد شده کاهش می‌یابد. به جرات می‌توان گفت که کل خطای سیستم در همین مرحلهٔ آغازین است که آن هم برخلاف روشهای قبل کاملا قابل رؤیت، بررسی و حتی با استفاده از نرم‌افزارهای ویرایش عکس قابل رفع است. البته برای کار با نمونه‌های زیاد و نیز برای کارهای فوق‌العاده دقیق یا نمونه‌هایی که ضخامت آنها از عمق میدان وضوح اسکنر فراتر است، تصویر مورد نیاز سیستم را باید با استفاده از دوربین دیجیتال تهیه کرد. در هر صورت چنانچه تصویر نمونه به نحو مطلوبی تهیه شود، دقت مساحت به دست آمده از این سیستم فوق‌العاده است. از جمله مزیتهای دیگر این سیستم هزینهٔ کم آن و قابلیت ذخیره‌سازی و بازیابی تصویر برای مطالعات بعدی است.

٤- نتیجه‌گیری

دقت روش پردازش تصویر تحت هیچ شرایطی از روشهای معمول اندازه‌گیری مساحت سطح، کمتر نیست. به علاوه، از نظر آماری، دقت این روش تحت تأثیر خصوصیات ظاهری نمونه و دقت کاربر نیست. این بیان در مورد دیگر روشها صادق نیست. روش استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مساحت از کلیهٔ روشها به نحو قابل ملاحظه‌ای سریع‌تر است. سرعت روش پردازش تصویر با کمتر از پنج ثانیه اختلاف پس از روش پلانیمتر در جایگاه سوم قرار دارد. تقریبا تمام خطای روش اسفاده از پردازش تصویر در مرحلهٔ تهیهٔ تصویر مورد نیاز برای انجام محاسبات است که با بهینه‌سازی این مرحله و استفاده از روشهای دقیق‌تر به همراه نورپردازی مناسب قابل بهبود است. این روش به ویژه برای اندازه‌گیری مساحت سطوح بسیار کوچک، بر دیگر روشها ارجحیت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- منابع

[1] Du C. J. Sun, D. W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. Trends in Food Science & Technology. 15: 230-249.

[2] Mohsenin, N. N. (1986). Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers. second revised and updated edition. New York. 891 pp.

[3] Clayton, M.; Amos, N.D.; Banks, N. H. and Morton, R. H.(1995). Estimation of apple fruit surface area.New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 23:345-349.

[4] Bovi, M. L. A. and Spiering S. H.(2002). Estimating peach palm fruit surface area using allometric relationships. Scientia Agricola. 59: 717-721.

[5] Williams III L. and Martinson, T.E.(2003). Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'DeChaunac' grapevines. Scientia Horticultuare, 98: 493-498.

[٦] عزت‌الهی، ک. و طباطبایی‌فر س.ا. (۱۳۸۱). اندازه‌گیری ابعاد و سطح تصویر سیب با استفاده از سیستم دید ماشین. دومین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج. ۸ و ۹ آبان ۱۳۸۱.

[7] Mery, D. and Pedreschi, F.(2005). Segmentation of colour food images using a robust algorithm. Journal of Food Engineering. 66: 353-360.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of a surface area calculation method based on digital images for agricultural and food products

Mansoori Y[1], Minaei S*[2], Tavakoli Hashjeen T[3]

1-Ph.D.Student, Department of Agricultural Machinery, Tarbiat Modares University

2- Associate Professor, Department of Agricultural Machinery and Head of Excelled for Recycling and Loss Redaction of Agricultural Products, Tarbiat Modares University

3-Associate Professor, Department of Agricultural Machinery, Tarbiat Modares University

There are several methods for calculating surface area of agricultural and food materials which have been used since long time ago. Along with the progress in computer science, image processing has been considered as a method that can be used to quantify the apparent characteristics of food and agricultural materials and to substitute human vision. In this research, a digital image processing method has been adopted for surface area calculation. the efficiency of this method was compared with the three customary methods, namely, using Area Measuring System (AMS), planimeter method, and gravimetric method. Three experiments were devised using different tgpes of samples. Results showed that under all circumstances, the image processing method was no less accurate than the other methods. Moreover, its accuracy was independent of the operator accuracy and skill. The AMS was considerably faster than the other methods. The image processing method stood in the third place after the planimeter method where the time difference between them was less than five seconds.

Keywords: Surface area; Image processing, Agricultural and Food Products, Digital Images

*Corresponding author E-mail address: minaeet@Hotmail.com

www.SID.ir