ارزیابی یک سیستم بینایی ماشین از راه اندازه‌گیری و تخمین شماری از ویژگی‌های فیزیکی پسته

احمد غضنفری مقدم[۱]

چکیده

به منظور گسترش استفاده از فناوری بینایی ماشین در امور پژوهشی کشاورزی کشور، به ویژه برای تعیین کمیت‌های فیزیکی بذرها، یک دستگاه رایانه مجهز به یک کارت تصویرگیر، یک دستگاه دوربین ویدیو و یک جعبه نور تهیه، و با استفاده از آنها یک سیستم بینایی ماشین راه‌اندازی شد. سپس برنامه‌های رایانه‌ای مورد نیاز در راه‌اندازی اولیه سیستم و دست‌یابی به ویژگی‌های فیزیکی قابل اندازه‌گیری از طریق تصاویر، نوشته شد. این برنامه‌ها شامل اکتساب و نمایش تصویر، تبدیل تصاویر رنگی به خاکستری و سیاه و سفید، جدا سازی اجسام از زمینه، شمارش اجسام درون تصویر، محاسبه سطح تصویر شده، طول، عرض، نمایه گردی، مرکز تقارن و محاسبه وزن بود. برای ارزیابی سیستم فوق، ابعاد فیزیکی دانه‌های پسته با دو روش نرم‌افزاری و دستی اندازه‌گیری شد.

مقایسه آماری نتایج به دست آمده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اندازه‌های گرفته شده با دو روش وجود ندارد. از نظر سرعت اندازه‌گیری، بینایی ماشین بسیار سریع بوده و قابل مقایسه با روش‌های معمول دستی نیست. ولی این فناوری هنوز از نظر کاربردی محدودیت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بسیاری دارد.

واژه‌های کلیدی: ***بینایی ماشین، ویژگی‌های فیزیکی، نمایه گردی، محصولات کشاورزی، پسته***

مقدمه

پژوهشگران در بسیاری از امور پژوهشی اصلاح بذر نیاز به شمارش، تعیین سطح، طول، عرض و دیگر کمیت‌های فیزیکی بذر دارند. در حال حاضر، کارشناسان این گونه کمیت‌ها را در بسیاری از مراکز پژوهشی با استفاده از وسایل دستی اندازه می‌گیرند. کار با این دستگاه‌ها وقت‌گیر بوده، و زمینهٔ ذهنی کارشناس، تجربه، خستگی و دیگر محدودیت‌های فیزیکی وی در تعیین اندازه‌ها تأثیر گذار است. اخیراً با گسترش چشم‌گیر

۱. استادیار ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]

علوم و فناوری رایانه‌ای، و امکان استفاده از این دستگاه در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی، درجه بندی، بازرسی و کنترل کیفیت تولیدات، توجه بسیاری از تولید کنندگان و پژوهندگان معطوف به استفاده هرچه بیشتر از این فناوری گردیده است.

سیستم بینایی ماشین (Machine vision) با افزودن یک دوربین دیجیتال (CCD Camera) با یک اسکنر چند طیفی (Multispectral scanner) به رایانه به وجود می‌آید. با این اتصال، نخست تصاویر اجسام مورد نظر به وسیلهٔ دوربین گرفته شده و به یک سری علائم پیوسته الکتریکی تبدیل می‌شود. علائم پیوسته پس از دیجیتال شدن در حافظه رایانه به صورت یک تصویر ذخیره می‌گردد. تصاویر دیجیتالی مجموعه‌هایی از اعداد هستند که در مورد شماری از خواص فیزیکی اجسام اطلاعاتی دارند. این تصاویر به وسیله برنامه‌های مختلف رایانه‌ای پردازش و تجزیه و تحلیل شده، و نهایتاً اطلاعات کمّی و کیفی از آنها به دست می‌آید (۱ و ۹).

در صنایع کشاورزی، پتانسیل استفاده از بینایی ماشین در امور کنترل کیفیت، درجه بندی و بررسی کمّی و کیفی محصولات اهمیت فراوانی پیدا کرده و پژوهش‌های بسیاری در این زمینه در حال انجام است (۳). پیرسون و سلاتر (۷) با استفاده از بینایی ماشین پسته‌های زود خندان شده را شناسایی کردند تا بتوانند پسته‌های آلوده به آفلاتوکسین را بشناسند. از ۱۸۰ دانه پسته مورد آزمایش، ۹۹ درصد پسته‌های معمولی و تمامی پسته‌های زود خندان شناسایی صحیح شدند. غضنفری و ایروداراياج (٤) و غضنفری و همکاران (٥) با استفاده از بینایی ماشین چهار واریته مختلف دانه‌های پسته را جدا و درجه بندی کردند، و در هر مورد دقتی بیش از ۹۰ درصد به دست آوردند. داس و اوانس (۲) برای تشخیص نطفه داری تخم مرغ، و گودرام و الستر (٦) برای تشخیص ترک تخم مرغ از بینایی ماشین استفاده کردند. رومانیوک و همکاران (۸) بینایی ماشین را در شناسایی گونه‌های مختلف جو به کار بستند، که دقتی حدود ۸۰ درصد به دست آمد.

استفاده از بینایی ماشین در پژوهش‌های کشاورزی هنوز در ایران چندان معمول نشده، و بیشتر پژوهندگان از چگونگی استفاده از این فناوری آگاهی کافی ندارند. تنها در برخی از مراکز پژوهشی پژوهشگران با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای وارداتی تا حدی از این فناوری استفاده می‌کنند. اگر پژوهشگر بخواهد اطلاعات غیر استاندارد این نرم‌افزارها را از تصویری به دست آورد امکان‌پذیر نیست. با نوشتن برنامه‌های مورد نیاز پردازش تصویر در کشور و آگاهی برنامه نویسان از این فناوری، هر گونه نیاز پژوهندگان را در این زمینه می‌توان برطرف کرد.

در آزمایش اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی با سیستم بینایی ماشین اهداف زیر مد نظر بود:

۱. سوار کردن یک سیستم بینایی ماشین با امکانات سخت‌افزاری موجود در بازار ایران، تا بتوان از آن به عنوان یک الگو در امور پژوهشی کشاورزی استفاده کرد.
۲. نوشتن نرم‌افزارهای مورد نیاز در اکتساب و پردازش تصاویر، به منظور کاهش وابستگی نرم‌افزاری به خارج از کشور.
۳. ارزیابی کارایی سیستم از طریق اندازه‌گیری شماری از ویژگی‌های فیزیکی دانه‌های پسته.

مواد و روش‌ها

رایانه، هسته مرکزی یک سیستم بینایی ماشین است. رایانه مورد استفاده برای انجام این طرح یک دستگاه پنتیوم ۲۳۳ مگاهرتز با ٦٤ مگابایت حافظه موقت RAM بود. کارت تصویرگیر از نوع Zoltrix Genic TV بود که با آن می‌توان فیلم‌های ویدیویی را با فرمت AVI، و تصویرهای ثابت را با فرمت BMP با ابعاد ۱۲۰×۳۱۲ پیکسل در حافظه رایانه ذخیره کرد. دوربین تهیه شده برای این سیستم یک دستگاه دوربین ویدیویی پاناسونیک مدل NV-RXIIEN بود که از طریق یک کابل به ورودی ویدیویی کارت تصویرگیر متصل می‌گردید. تمامی این تجهیزات در بازار ایران خریداری شد.

به منظور دست‌یابی به نور مناسب، یک جعبه نور طراحی و ساخته شد. جعبه نور جعبه‌ای بود چوبی به ابعاد ۳۰×۳۰×۵۰

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]

سانتی‌متر، که دوربین در بالای آن نصب شده بود. در کف این جعبه، در زیر یک صفحه شیشه‌ای، یک لامپ گرد نئون کار گذاشته شد. در جلوی جعبه یک دریچه نصب شده بود، که از طریق آن دانه‌های پسته (فراوری و خشک شده) زیر دوربین گذاشته می‌شد. با استفاده از دوربین، ضمن مشاهده زنده تصاویر روی صفحه نمایش، فاصله تعیین و دوربین تنظیم شد. با این جعبه نور، تصاویر به صورت بسیار روشن و بدون سایه وارد رایانه می‌شد. دانه‌ها در این تصاویر به صورت لکه‌های سیاه (Dark blobs) و زمینه به رنگ سفید دیده می‌شد، که به آسانی قابل جدا کردن از یکدیگر بودند. طرح‌واره کلی سیستم در شکل ۱ نشان داده شده است.

برنامه‌های مورد نیاز برای پردازش تصاویر با استفاده از زبان برنامه نویسی ویژوال C++ نوشته شد، که در محیط ویندوز به وسیله منوهای طراحی شده آن کار می‌کند. در هنگام کار با این سیستم، نخست کاربر دانه‌های پسته را زیر دوربین قرار می‌دهد و آنها را به صورت زنده و رنگی روی صفحه نمایش تماشا می‌کند. سپس می‌تواند صحنه مورد علاقه خود را ثابت (Freeze) کند. هر تصویر رنگی به صورت سه بردار قرمز (R)، سبز (G) و آبی (B) در حافظه رایانه ذخیره می‌شود (۸). برای به دست آمدن ویژگی‌های فیزیکی از تصاویر رنگی، لازم است نخست به تصاویر خاکستری و سپس سیاه و سفید تبدیل شوند. برای تبدیل تصاویر رنگی به تصاویر خاکستری از رابطه زیر استفاده شد (۷):

$$GL = 0.299G + 0.587R + 0.114B \qquad [۱]$$

در این رابطه GL بردار حاوی مقادیر خاکستری است. مقدار اعضای بردارهای G، R و B هر یک عددی بین صفر و ۲۵۵ است و برای هر عضو بردار GL نیز یک عدد بین صفر و ۲۵۵ به دست می‌آید. برای نقطه‌ای کاملاً سیاه عدد صفر و برای نقطه‌ای کاملاً سفید عدد ۲۵۵ منظور می‌شود. عددی که بین این دو مقدار قرار می‌گیرد نشان دهنده درجه خاکستری بودن آن نقطه است. در تصاویر خاکستری دانه‌ها و زمینه با درجه‌های مختلف خاکستری نمایش داده می‌شود. از آن جا که در این سیستم زمینه تصویر کاملاً روشن‌تر از دانه‌های درون آن است، کاربر می‌تواند با انتخاب یک حد آستانه بین صفر و ۲۵۵ زمینه را کاملاً سفید و دانه‌ها را کاملاً سیاه کند. بدین ترتیب، یک تصویر سیاه و سفید به دست می‌آید.

پس از آن که با استفاده از حد آستانه، تصاویر خاکستری به تصاویر سیاه و سفید تبدیل شد، دانه‌های درون یک تصویر باید به صورت مجموعه پیکسل‌های جداگانه قرار گیرند، به طوری که هر مجموعه نمایشگر یک دانه باشد. سپس به هر دانه یک شماره داده می‌شود. هنگامی که مجموعه اجسام درون یک تصویر متمایز و با شماره مشخص شد، با استفاده از تعاریف زیر، سیستم بینایی ماشین مشخصه‌هایی از آنها را اندازه‌گیری، و یا برای آنها محاسبه می‌کند:

سطح: شمار اجزای تصویری (پیکسل) درون تصویر یک دانه.

طول: شمار پیکسل‌های روی طول مستطیلی که تصویر دانه را در بر دارد.

عرض: شمار پیکسل‌های روی عرض مستطیلی که تصویر دانه را در بر دارد.

پیرامون: شمار پیکسل‌هایی که مرز تصویر هر دانه و زمینه را تشکیل می‌دهند.

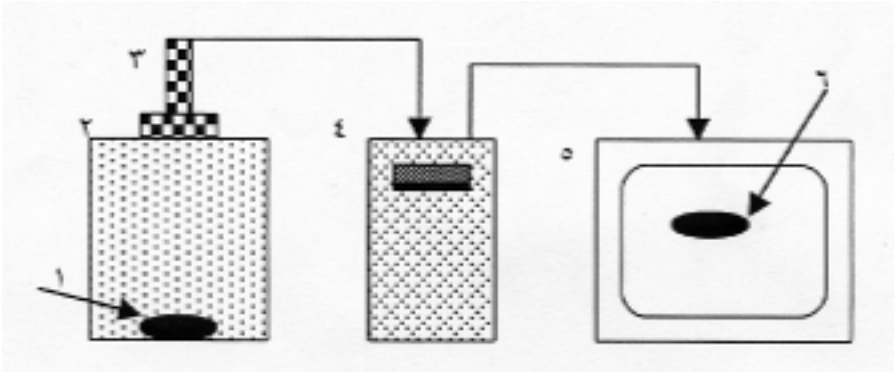
مرکز تقارن: مختصات مرکز تقارن تصویر هر دانه با استفاده از دو رابطه زیر محاسبه شد:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i a_i}{A} \qquad y_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i a_i}{A} \qquad [۲]$$

در این روابط x_c طول مرکز تقارن، y_c عرض مرکز تقارن از نقطه مبدأ، x_i و y_i مختصات هر پیکسل نسبت به مبدأ تصویر، a_i سطح هر پیکسل و A نیز سطح کل یک دانه است. در یک تصویر نقطه مبدأ نقطه‌ای در منتها الیه بالا و سمت چپ تصویر است، که نقطه‌ای با مختصات (۰ و ۰) محسوب می‌شود. در محاسبات، هر پیکسل به شکل یک مربع با اضلاعی به طول یک واحد فرض شده است. از مختصات مرکز تقارن برای محاسبه طول حداکثر شعاع و حداقل شعاع از این مرکز، و سپس برای محاسبه نمایه گردی استفاده می‌شود.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]



شکل ۱. طرح‌واره سیستم بینایی ماشین شامل دانه (۱)، جعبه نور (۲)، دوربین (۳)، رایانه (٤)، صفحه نمایش (٥)، و تصویر دانه (٦)

حداکثر شعاع از مرکز تقارن: از مرکز تقارن هر تصویر خطوطی فرضی به کلیه نقاط روی محیط تصویر وصل می‌شود، و خطی که بیشترین طول را بدهد به عنوان حداکثر شعاع از مرکز تقارن (R_{max}) محسوب می‌شود.

حداقل شعاع از مرکز تقارن: حداقل شعاع از مرکز تقارن (R_{min}) عبارت است از طول شعاعی عمود به حداکثر شعاع در مرکز تقارن تا نقطه‌ای روی محیط.

نمایه گردی: در این نرم‌افزار، نمایه گردی (R) با تقسیم طول شعاع حداقل بر طول شعاع حداکثر محاسبه می‌گردد:

$$R = \frac{R_{min}}{R_{max}} \qquad [۳]$$

نمایه گردی یک تصویر عددی بین صفر و یک است. یک تصویر کاملاً گرد دارای نمایه گردی برابر یک، و یک خط دارای نمایه گردی برابر با صفر می‌باشد.

اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه درون تصویر: با استفاده از موش‌واره (Mouse) می‌توان فاصله دو نقطه درون تصویر را اندازه‌گیری کرد. برای این کار نخست باید روی نقطه اول دکمه موش‌واره را فشرده و نگه داشت، و سپس تا نقطه دوم کشیده و آن را رها کرد. نرم‌افزار فاصله بین دو نقطه را به پیکسل و یا به واحد مقیاس در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

محاسبه وزن: نرم‌افزار سطح تصویر شده دانه را اندازه‌گیری، و با استفاده از یک رابطه برازش شده بین سطح و وزن، وزنی را برای هر دانه تعیین می‌کند.

تعیین شمار دانه در صد گرم: شمار دانه در صد گرم از شاخص‌هایی است که در درجه بندی پسته به کار می‌رود. پس از آن که وزن دانه‌های یک نمونه پسته مشخص شد، با داشتن وزن کل و شمار دانه‌ها، با استفاده از رابطه زیر، شمار دانه در صد گرم تخمین زده می‌شود:

$$100 \times W_s = N_s \times W_{100} \qquad [٤]$$

در این رابطه N_s شمار دانه در نمونه، W_s وزن کل نمونه و W_{100} وزن صد دانه پسته است.

کلیه اندازه‌های دوبعدی محاسبه شده برای اجسام درون یک تصویر، به صورت پیش فرض، برحسب پیکسل محاسبه می‌شود. برای دست‌یابی به اندازه‌ها برحسب میلی‌متر، کاربر می‌تواند در هنگام دیدن تصویر زنده، یک خط‌کش مدرج در زیر دوربین قرار دهد و طول خاصی از آن را با استفاده از موش‌واره بر حسب پیکسل تعیین، و شمار پیکسل را مساوی طول حقیقی اندازه‌گیری شده قرار دهد. با این عمل تصویر واسنجی شده و از آن به بعد تمامی اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر بیان خواهند گردید.

ارزیابی عملکرد سیستم

برای پی بردن به چگونگی عملکرد سیستم از نظر نرم‌افزاری، آزمایش‌های بسیاری روی نمونه‌هایی از پسته صورت گرفت. نخست خطای اندازه‌گیری مساحت سطح تصویر شده با استفاده از ده دانه پسته، که هر کدام در ۱۰ وضعیت متفاوت زیر دوربین قرار داده شده بودند، از طریق تعیین ضریب تغییرات (CV)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]

مشخص گردید. سپس به منظور پی بردن بـه درسـتی عملکـرد سیستم در تعیین اندازه‌های فیزیکی مختلـف، ابعـاد فـیزیکی ۲۵ دانه پسته، شامل سطح، طول، عـرض، پـیرامون، مرکـز تقـارن و نمایه گردی آنها به روش دستی (استفاده از کـاغذ میلی‌مـتری و کولیس)، و به کمـک نرم‌افـزار تعییـن، و بـا اسـتفاده از آزمـون مقایسه دو میانگین (t-test) با یکدیگر مقایسه شد.

از نمایه گردی برای تشخیص پسته‌های کشـیده (بـادامی) از پسته‌های گرد (فندقـی) اسـتفاده شـد. بدیـن منظـور، ۵۰ پسـته بادامی و ۵۰ پسته فندقی انتخاب، و با استفاده از سیسـتم بینـایی ماشین، نمایه گردی آنها تعیین گردید. با بررسی اعداد به دسـت آمده، یک حد آستانه نمایه گردی انتخاب و به نرم‌افزار داده شد. سـپس نمایـه گردی ۵۰ دانـه پسـته دیـگر بـه وسـیله نرم‌افـزار اندازه‌گیری، و با مقایسه هر یک از آنها با حد آسـتانه، وضعیـت آنها از نظر بادامی/فندقی بودن تعیین شد. نتایج حاصله از طریـق مقایسه با گروه حقیقی آنها ارزیابی گردید.

صد دانه پسته از واریتـه اوحـدی، کـه دارای هفـت درصـد رطوبت بودند به طور تصادفی انتخاب گردید. پسـته‌های مزبـور به طور جداگانه با استفاده از یـک تـرازوی دیجیتـال توزیـن، و مساحت سطح تصویر شده آنها به وسیله نرم‌افزار تعیین شد. بـا استفاده از داده‌های به دست آمده، یـک رابطـه خطـی بـه روش کمترین مربعات بین مساحت سطح تصویر شده و وزن هر دانـه پسته به صورت زیر محاسبه گردید:

$$W_i = a + bA_i \qquad [۵]$$

در رابطه بالا A_i سطح تصویر شده دانه پسته شماره i اسـت کـه به کمک نرم‌افزار بر حسب پیکسل محاسبه می‌شـود، و W_i وزن محاسبه شده برای آن دانه است. در این رابطه a و b بـه ترتیـب عرض از مبدأ و شیب خط برازش شـده هسـتند. ضرایـب ایـن رابطه به صورت پارامترهای ثابت بـه نرم‌افـزار داده شـد. بـرای ارزیابی این رابطه، ۵۰ دانه پسته دیگر از همان واریته اوحدی به طور تصادفی انتخاب، و وزن آنها به وسیلهٔ ترازوی دیجیتـال بـا دقت یک صدم گرم اندازه‌گیری شد. سپس ۵۰ دانه پسته به طور جداگانه زیر دوربین گذاشته شد، و وزن آنها به کمک نرم‌افـزار، با استفاده از رابطه به دست آمده تعیین گردید. وزن‌های حقیقـی با وزن‌های نرم‌افزاری، از طریق آزمون مقایسـه دو میـانگین، بـا یکدیگر مقایسه شد.

برای بررسی امکان استفاده از رابطه خطـی بـه دسـت آمـده (برای واریته اوحدی) در تعیین وزن و شمار دانـه در صـد گرم واریته‌های دیگر، وزن ۲۰ دانه از شش واریته مختلف (مجمـوع ۱۲۰ دانه) و شمار دانه در صد گرم آنها بـا اسـتفاده از تـرازوی دیجیتال تعیین، و سپس این دو شاخص نیز بـه کمـک نرم‌افـزار مشخص شد. نتایج حاصله تجزیه و تحلیل (t-test) گردید.

نتایج و بحث

میانگین نتایج اندازه‌گیری شش ویژگی فیزیکی ۲۵ دانه پسـته از واریته اوحدی، با اسـتفاده از بینـایی ماشـین و بـه وسـیلهٔ روش دستی در جدول ۱ آورده شده است. چنان که در جـدول دیـده می‌شود، اندازه‌های به دست آمده به وسـیله دو روش بسـیار بـه هم نزدیک‌اند. ابعـاد فـیزیکی محاسـبه شـده بـه کمـک آزمـون مقایسه دو میانگین (α=۰/۰۵) با یکدیگر مقایسه شـد و تفـاوت معنـی‌داری بیـن دو روش در هیـچ یـک از اندازه‌هـا مشـاهده نگردید. بنابراین، از دستگاه بینایی ماشین، در صـورت واسـنجی شدن، می‌توان برای اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی فوق اسـتفاده کرد. میانگین ضریب تغییـرات (CV) مسـاحت سـطوح تصویـر شده، که با استفاده از سیستم بینایی ماشین اندازه‌گیری شـد، ۳٪ بود. این تغییرات به دلیل قرار گرفتـن پسـته‌ها در وضعیت‌هـای مختلف در زیر دوربین به وجود آمد.

بـرای تعییـن حـد آسـتانه نمایـه گردی و کشـیدگی، اعـداد مختلفی بین صفر و یک به روش آزمون و خطا آزمایش شد. بـا انتخاب حد آستانه ۰/۸۰، هر پسته کـه نمایـه گردی آن بیـش از ۰/۸۰ بود به عنوان پسته گرد (فندقـی)، و هـر کـدام کـه نمایـه گردی آن کمتر از ۰/۸۰ بود به عنوان پسته کشیده (بادامی) طبقه بندی شد. نتایج تعیین نمایه گردی و کشیدگی پسته‌ها نسبت بـه مقدار حد آستانه بسیار حساس بود. در بـهترین وضعیـت (حـد آسـتانه ۰/۸۰) حدود ۳۰٪ خطا دیـده شـد. اگـرچـه اختلاف

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]

جدول ۱. مقایه میانگین ابعاد فیزیکی ۲۵ دانه پسته تعیین شده به کمک نرم‌افزار و روش دستی

روش اندازه‌گیری	وزن (gr)	پیرامون (mm)	نمایه گردی	عرض (mm)	طول (mm)	سطح (mm^2)
نرم‌افزار	۱/۰۲	٦٥/۱	۰/۷٦	۱۳/۱	۱۷/٤	۱۷۱/٥
دستی	۱/۱۱	٦۹/۰	۰/۸۱	۱٤/۰	۱۷/۲	۱۷۸/۰
LSD	۰/۱٤	٥/٤٦	۰/۰۸	۱/۳	۱/۲	۱۱/۲

معنی‌داری بین نمایه گردی محاسبه شده بـه دو روش دسـتی و نرم‌افزاری وجود ندارد، ولی نرم‌افزار نمی‌توانـد بـه کمـک ایـن فراسنجه با دقت زیاد پسته‌های فندقی را از بـادامی تمـیز دهـد. بنابراین، در تمایز گردی و کشـیدگی پسـته‌ها بـاید از شـاخص دیگری غیر از نمایه گردی (رابطه ۳) استفاده شود.

بر اساس اندازه‌گیری وزن و مساحت سطح تصویر شده صد دانه پسته از واریته اوحدی ضرایب معادلـه خـط بـرازش شـده، عرض از مبدأ و شیب، به ترتیب ۰/۲۰۵- و ۰/۰۰۱۷ بـه دسـت آمد (R^2=۰/۹٥). نمودار ارائه شده در شکل ۲ رابطه بیـن وزن و سطح این واریته پسته را نشان می‌دهد. نتـایج انـدازه‌گیـری وزن ٥۰ دانه پسته به وسیله ترازو و روش نرم‌افزاری نشان داد که در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌داری بین دو روش وجود ندارد.

نتایج تعیین وزن شش واریته پسته بـا نرم‌افـزار و تـرازو در جدول ۲ نشان داده شده است. همان گونه که در جـدول آمـده، اختـلاف معنـــی‌داری بیـــن میـــانگین واریتـــه‌های ســـیریزی، سیف‌الدینی و حسن‌زاده وجود دارد. هم‌چنین، نتایج اندازه‌گیری شمار دانه در صد گرم برای همان شش واریته پسته ، بـه کمـک نرم‌افزار و ترازو، در جـدول ۳ آورده شـده اسـت. از نظـر ایـن شـاخص، بـه دو روش، اختـلاف معنـی‌داری در ســـه واریتـــه سیف‌الدینی، کله قوچی و حسن‌زاده دیده شد. شایان ذکر اسـت که رابطه خطی به کار رفته برای تعیین وزن، تنـها بـرای واریتـه اوحدی با رطوبت هفت درصد برازش شده، و چون واریتـه‌های مختلـف از نظـر چگالـی و شـکل بـا یکدیـگر تفـاوت دارنـد، نمی‌توان برای تعیین وزن تمامی واریته‌ها از یک رابطـه اسـتفاده کرد، و نیاز است برای هر واریته و بر اساس رطوبـت آن رابطـه خاصی تعیین گردد. افزون بر این، برای افزایـش دقـت تخمیـن وزن، می‌توان از مدل‌های غیر خطی، که دقـت بیشـتری دارنـد، بهره گرفت.

در این پژوهش تنها از یـک دوربیـن بـرای گرفتـن تصویـر استفاده شد، که تنها دو بعد را تحت پوشـش قـرار می‌دهـد. اگر دو یا ســه دوربیـن از زوایـای مختلـف تصویـر بگیرنـد، دقـت اندازه‌گیری فراسنجه‌های سه بعدی و محاسبات وابسته افزایـش می‌یابد. چندین آزمایش با دستگاه نشـان داد کـه منـابع خطـای بسیاری در انجام اندازه‌گیری با سیستم بینایی ماشین وجود دارد. با آگاهی از تأثیر این خطاها، کاربر می‌توانـد از مقـدار اثـر ایـن خطاها بکاهد. محدودیت‌ها و منابع خطای تشـخیص داده شـده از این قرارند:

۱. تنظیم نبودن نور و در نتیجه ایجاد سایه در تصاویر
۲. انتخاب نامناسب حـد آسـتانه بـرای جـدا سـازی زمینـه از تصویر
۳. امکان چسبیدن اجسام به یکدیگر
٤. خطا در تعیین رابطه خطی و به کار گیری نامناسب آن
٥. خطای ناشی از جهت قرار گرفتن جسم زیر دوربین
٦. خطای تنظیم فاصله و بزرگ‌نمایی دوربین
۷. خطای ناشی از روشنی کارت تصویر
۸. خطای ناشی از واسنجی نرم‌افزاری
۹. خطای ناشی از برجستگی و ناهمواری سطحی اجسام

از نظر زمانی، شمار و اندازه‌گیری ویژگی‌های فـیزیکی بـه وسیله سیستم بینایی ماشین بسیار سریع بـوده و قـابل قیـاس بـا روش‌های دستی نیست. ولـی ایـن فنـاوری در حـال حـاضـر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های وزن چند واریته پسته تعیین شده به کمک نرم‌افزار و ترازو

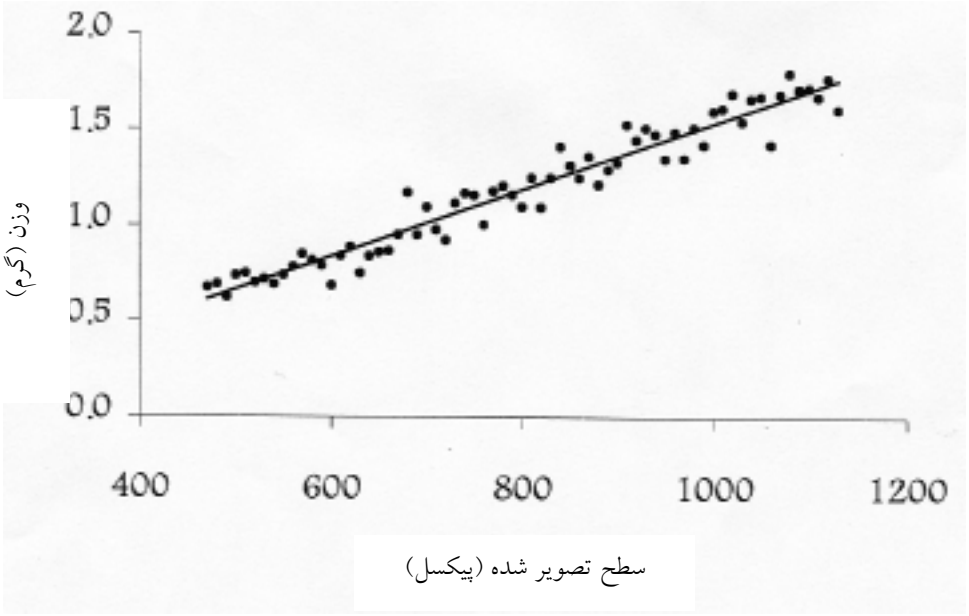
روش	سیریزی[1]	سیف‌الدینی[1]	کله قوچی	فندقی ٤٨	فندقی ریز	حسن‌زاده[1]
نرم‌افزار	۱/۱۲	۰/۹۲	۱/۳۷	۱/٤۲	۰/۹۸	۱/۱۲
دستی	۱/۲۸	۰/۸۳	۱/۳٤	۱/۳٦	۱/۰۳	۱/۲۳
LSD	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۹

۱. اختلاف دو روش برای این واریته‌ها معنی‌دار است.

جدول ۳. مقایسه شمار دانه در صد گرم چند واریته پسته تعیین شده به کمک نرم‌افزار و ترازو

روش	سیریزی	سیف‌الدینی[1]	کله قوچی[1]	فندقی ٤٨	فندقی ریز	حسن‌زاده[1]
نرم‌افزار	۱۰٥	۱۱٤	۷۸	۷٤	۱۰٦	۹۱
دستی	۱۰۲	۱۲٦	۹۱	۷۱	۱۰۲	۸٦
LSD	٤/۸	۷/٦	۸/۷	۲/۳	۳/۲	۳/٦

۱. اختلاف دو روش برای این واریته‌ها معنی‌دار است.



شکل ۲. تغییرات وزن نسبت به سطح تصویر شده دانه‌های پسته اوحدی

محدودیت‌های کاربردی زیادی دارد. از آن جمله می‌توان محدودیت سخت‌افزاری، به ویژه سنسور مناسب، برای تشخیص وضعیت درونی محصولات و آفت زدگی آنها را نام برد. این محدودیت در تعیین ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیک محصول مانند رسیدگی و مزه نیز وجود دارد. افزون بر این، پردازش نرم‌افزاری تصاویر شلوغ و غیر واضح مانند تصاویر دانه‌های زیاد و به هم چسبیده دشوار است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مؤسسه تحقیقات پسته کشور و حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان، که هزینه اجرای این طرح را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]

منابع مورد استفاده

۱. گالبیات، ل. ج. ۱۳۸۰. *ماشین بینایی و اصول پردازش دیجیتالی تصویر* (ترجمه خ. خلیلی). انتشارات جهان نو، تهران.

2. Das, K. and M. D. Evance. 1992. Detecting fertility of hatching eggs using machine vision. I. Histogram characterization method. Trans. ASAE 35: 1335-1341.
3. Ghazanfari, A. 1996. Classification of pistachio nuts using pattern recognition and neural networks. Ph.D. thesis, Dept. of Agric. and Bioresour. Eng., Univ. Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada.
4. Ghazanfari, A. and J. Irudayaraj. 1996. Two-dimensional image classification using string matching technique. Trans. ASAE 39(3): 1197-1202.
5. Ghazanfari, A., J. Irudayaraj and A. Kusalik. 1996. Grading pistachio nuts using a neural network approach. Trans. ASAE 39(6): 2319-2324.
6. Goodrum, J. W. and R. T. Elster. 1992. Machine vision for crack detection in rotating eggs. Trans. ASAE 35(4): 1323-1328.
7. Pearson, T. C. and D. C. Slaughter. 1996. Machine vision detection of early split pistachio nuts. Trans. ASAE 39(3): 1203-1207.
8. Romaniuk, M. D., S. Sokhansanj and H. C. Wood. 1993. Barley seed recognition using a multi-layer neural network. ASAE paper No. 93-6569, St. Joseph, MI, US.
9. Schowengerdt, R. A. 1983. Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. The Academic Press Inc., New York.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.19.7]