الگوریتم بینایی رایانه ای برای ردیف کردن گل زعفران

حامد بخشی[۱] ، محمود رضا گلزاریان[۲*]، محمد حسین عباسپور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ و ۳ – بترتیب استادیار و دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد. m.golzarian@um.ac.ir

چکیده

در این مقاله به بررسی یک الگوریتم بینایی جهت تشخیص زاویه گل زعفران در زاویه های مختلف پرداخته شد. از گل های زعفران تصاویر رنگی از ۱۰ گل در زاویه های ۴۰، ۹۰، ۱۸۰، ۱۴۰، ۲۲۰، ۲۷۰ و ۳۳۰ در اتاقک مخصوص تصویربرداری گرفته شد. تصویر رنگی پردازش گردید و الگوریتم تشخیص زاویه دم گل بر اساس تصاویر رنگی نوشته شد. الگوریتم آن در ابتدا گل را از پس زمینه جدا کرد و با استفاده از تصویر باینری بدست آمده زاویه گل را تشخیص داد نتیجه الگوریتم تشخیص زاویه دم گل نشان داد، زاویه بدست آمده از تصویر گل مناسب می باشد. زوایای محاسبه شده از روی تصویر و زوایای واقعی گلها با ضریب رگریسیون ۰/۹۹۳۶ مرتبطند که این نشان دهنده دقت بالای الگوریتم در تشخیص زاویه دارد و می توان از این الگوریتم مبتنی بر تصویر برای اصلاح زاویه گل زعفران، برای عمل ردیف کردن در فراوری گل زعفران استفاده کرد.

واژه های کلیدی: الگوریتم بینایی، پردازش تصویر ، ردیف کردن و گل زعفران

مقدمه

در علوم مختلف از جمله صنعت، خدمات و کشاورزی (صنایع غذایی، علوم دامی، ماشین های کشاورزی) محصولاتی هستند که باید ردیف شوند و در جهت مناسب قرار گیرند. استفاده از تکنولوژیهای رایج و کاربردی مثل: ماشین بینایی، استفاده از خواص مکانیکی (زاویه اصطکاک، لرزشی) و فیزیکی (شکل هندسی و وزن) در این علوم برای ردیف در جهت مناسب و بسته بندی به کار برده شده است. برای بسته بندی اتوماتیک محصولات صنعتی مثل: ابزار ها (مانند پیچ، پیچ گوشتی و میخ) از خواص مکانیکی و فیزیکی آنها استفاده می شود. همچنین در ردیف کردن اتوماتیک محصولات غذایی مثل: بطری های (آب معدنی، دوغ) هم می توان از ماشین بینایی و خواص مکانیکی و فیزیکی برای آنها استفاده کرد. اما برای ردیف کردن گل زعفران، استفاده از خواص مکانیکی و فیزیکی، باعث آسیب رسیدن به گل یا کاهش بازده سیستم می شود. استفاده از تکنولوژی بینایی ماشینی، برای اصلاح ردیف کردن گل زعفران مناسب تر است و باعث آسیب کمتر به گل و بازده بیشتر سیستم می شود.

با توجه به این که زعفران گرانترین ادویه جهان و به نام طلای سرخ معروف است. مهم ترین منطقه تولید زعفران در ایران استان خراسان جنوبی می باشد. در پروسه تولید زعفران، مراحل کاشت، داشت، برداشت و جداسازی وجود دارد. همه این کارها تا حدودی به صورت دستی انجام می شود. با توجه به خصوصیات ظریف گل زعفران، این محصول باید در بازه زمانی کوتاه از مزرعه چیده و کلاله (زعفران) آن از بقیه اجزاء گل جدا شود (علیشاهی و شمسی، ۱۳۹۱). بیشترین زمان صرف جداسازی کلاله از گل می باشد که با افزایش این زمان باعث فساد گل ها می شوند (خلیلی و سراجی پور، ۱۳۸۵). بنابراین باید بیشتر تحقیقات روی عمل فراوری (جداسازی) زعفران انجام گیرد. در عمل فرآوری زعفران، گل های زعفران ابتدا به صورت مناسب ردیف شوند، تا برش در خط مناسبی از گل ها بخورد. بعد کلاله از گلبرگ های گل جدا می شود. تا کنون روش هایی برای فراوری گل زعفران انجام شده است.

در تحقیقی، یک اپراتور گلها را به صورت یک به یک در انتقال دهنده قرار می دهد تا از جلوی یک سیستم بینایی یا دوربین عبور کنند. عکس گرفته شده توسط دوربین برای اینکه گلها را در نقطه مورد نظر برش دهد، آنالیز و محاسبه می شد. مقدار محاسبه شده به یک سیستم موقعیت یاب خطی ارسال می شد تا المان برنده (کاتر) را در ارتفاع مشخص قرار دهد. در پایان کلاله‌ها از گلبرگ، توسط سیستم دمنده جدا و در سبدهای متفاوتی ریخته می شدند. این خاصیت به دلیل داشتن مقاومت آیرودینامیکی متفاوت کلاله و گلبرگ است. در این دستگاه آنالیز و محاسبه عکس‌ها و همچنین موقع یابی خطی توسط کامپیوتر انجام می‌گیرد. مولف میزان عملکرد دستگاه را ۸ برابر روش دستی گزارش داده است (Gracia، 2009). همچنین در تحقیقی، با استفاده از پردازش تصویر توسط نرم افزار Matlab، تصویر باینری مناسب از گل زعفران گرفتن سپس با استخراج ویژگی های گل، نوع گل غنچه و باز را تشخیص داده و محل برش آن را بدست آورند (علی آبادی، محمدی، ۱۳۹۱). در تحقیقی دیگر، جداسازی گل زعفران از دم به کمک بینایی ماشینی مورد بررسی قرار گرفت نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که جداسازی گل از دم گل با بینایی ماشینی بصورت قابل قبولی امکان پذیر می باشد (خلیلی و سراج پور، ۱۳۸۵).

در پژوهشی دیگر، دسته بندی و جداسازی گل زعفران با استفاده از ویژگی های ظاهری تصویر گل انجام شد. بر این اساس مرکز ثقل گل زعفران را به دو روش: ۱) مرکز ثقل– شعاع ۲) پیمایش محیط و اندازه گیری فاصله تا مرکز ثقل، بدست آمد. با بدست آوردن مرکز ثقل گل می توان دم آن را تشخیص داد و جدا کرد. همچنین می توانستند تعداد گلبرگ را در هر گل تشخیص دهند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۹).

مخترعی به نام مهدی رزاقی در شهرستان کاشمر، جدا کننده کلاله از گل زعفران را ساخت که گل های زعفران از مخزن، توسط یک استوانه تغذیه، بر روی سطح شیب دار که در زیر آن قرار داشت ریخته می شدند و سپس در بین تسمه های تغذیه سقوط می کردند. گل های زعفران توسط تسمه‌های تغذیه به سمت تیغه برشی هدایت می گردید و تیغه دم گل ها را از محل مورد نظر قطع می کرد. بعد سیستم مکش کلاله، گلبرگ و بساک را مکش می کرد و بعد کلاله توسط یک لوله منحرف کننده جدا می گردید. همچنین یک دستگاه ردیف کن گل توسط ابریشمی فر در شهرستان نیشابور ساخته شد که در آن گل ها را از یک ارتفاع بر روی سطح شیب دار رها می کردند و سپس روی نقاله می ریختند و به سمت دستگاه دیگر که دارای سه قسمت از جمله برش گل زعفران، جداسازی گل زعفران و فرآوری و

خشک‌کن است حرکت می کردند. این دستگاه از روش پردازش تصویر برای تعیین محل برش گل زعفران استفاده می کند. بعد از برش گل، کلاله و پرچم بدلیل متفاوت بودن سرعت حد آن با گلبرگ، جدا شده و در یک مرحله دیگر با استفاده از روش پردازش تصویر، کلاله از پرچم جدا می‌گردید (سعیدی راد، ۱۳۹۱).

با توجه به کارهای که روی سامانه مکانیزه ردیف کردن گل زعفران انجام شده، در این سامانه ها این امکان وجود دارد که گل به صورت نا مناسب ردیف شود، مثل: زاویه دار بودن گل یا به حالت کاملا برعکس بودن گل (یعنی به جای این که گل با دم در اختیار دستگاه برش قرار گیرد به حالت سر گل وارد می شود و در اختیار دستگاه برش قرار گیرد) در این حالت ممکن است گل زعفران از بین رفته یا انجام عملیات مکانیزه فراوری را با مشکل مواجه کند. به همین خاطر این سامانه ها دقت پایین، سرعت پایین ردیف کردن و راندمان پایین تر را دارند. تا به حال هیچ گونه تحقیقی برای یک الگوریتم اصلاحی برای حذف خطای ردیف کردن گل زعفران انجام نشده است. با توجه به راندمان، دقت و سرعت نسبی بالا در کاربرد بینایی ماشین، این تکنولوژی می تواند یک جایگزین مناسب برای شیوه های رایج در حذف خطای ردیف کردن گل زعفران باشد. همچنین از این پژوهش می توان برای سایر سیستم ها بسته بندی و ردیف کردن در جهت مناسب در صنعت و کشاورزی و غیره به کار برد.

مواد و روش ها

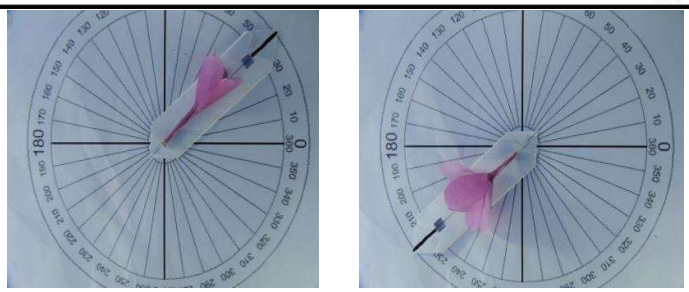
ساختن گل های مصنوعی

ابتدا از گل زعفران مصنوعی که شبیه به گل طبیعی زعفران بودند استفاده شد. به خاطر اینکه این تحقیق در فصل تابستان انجام شد و گل زعفران وجود نداشت و از طرف دیگر گل های مصنوعی نسبت به گل های طبیعی دوام بیشتر دارند . این گلها در جا به جایی، قرار دادن در موقعیت های مختلف د

جنس گل ها مصنوعی از کاغذ کالک و رنگ آن بنفش کم رنگ و به اندازه گل های زعفران واقعی می باشد و در دو حالت غنچه و باز ساخته شدند (شکل۱).

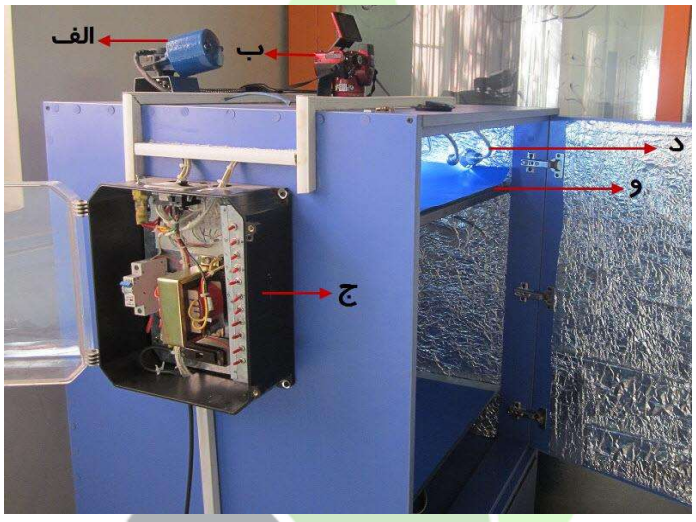
تصویربرداری از گلها

برای گرفتن عکس از گل های مصنوعی آنها را در اتاقک مخصوص عکس برداری قرار دادیم (شکل۲). چون شدت نور یکسان و فاصله گرفتن عکس مناسب نیاز می باشد. از داخل گل های مصنوعی ۱۰ عدد گل انتخاب گردید و به صورت تک تک روی صفحه پس زمینه سفید نقاله ای شکل (۳۶۰ درجه ای) قرار دادیم. تا زاویه قرار گیری دقیق گل مشخص شود. صفحه پس زمینه سفید نقاله ای در فاصله عمودی ۳۰ سانتیمتر از لنز دوربین ثابت شد. سپس توسط دوربین دیجیتال NIKON COOLPIX P510 (Nikon Inc., Japan) در زاویه های ۴۰، ۹۰، ۱۴۰، ۱۸۰، ۲۲۰، ۲۷۰ و ۳۳۰ درجه، از هر گل عکس گرفته شد (شکل۱).



(ب) (الف)

شکل۱- گل زعفران مصنوعی (الف) گل باز (ب) گل غنچه



شکل ۲- اتاقک عکس برداری، الف)موتور جهت تغییر ارتفاع صفحه ی پس زمینه، ب)دوربین که بر روی پایه ی اتاقک نصب شده است، ج) تابلوی کنترل روشنایی و لامپ های LED و راه اندازی موتور بالابرنده، د)لامپ LED به همراه پایه و)صفحه ی پس زمینه

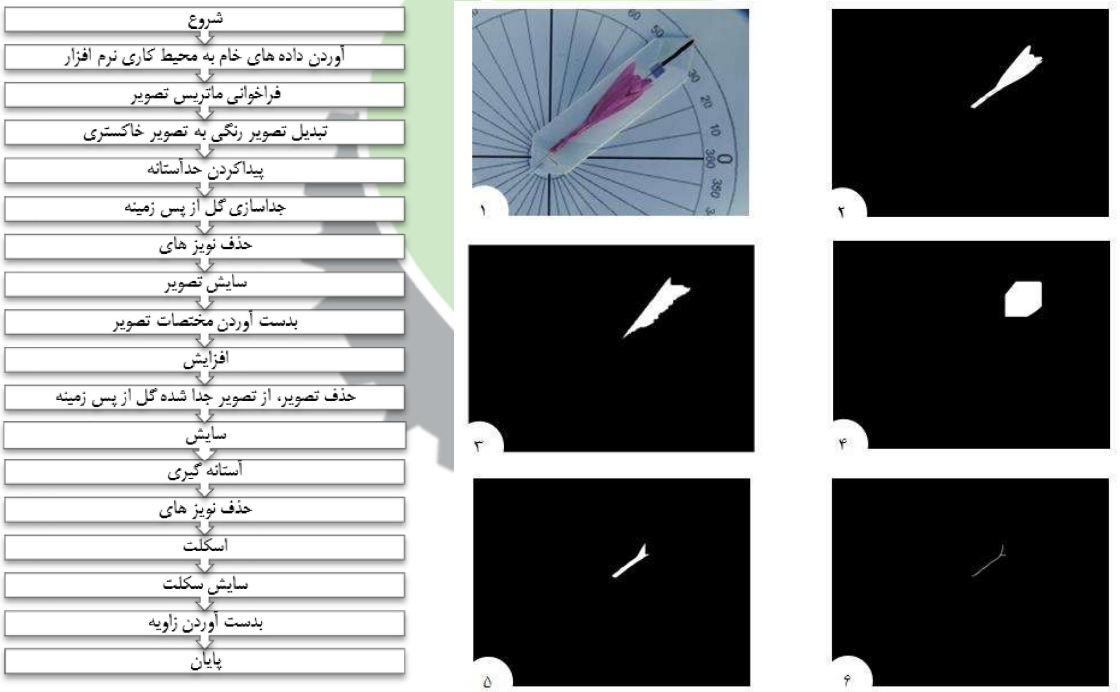
الگوریتم تشخیص زاویه دم گل

الگوریتم برنامه توسط نرم افزار Matlab2012 نوشته شد. کلیه مراحل الگوریتم نوشته شده در فلوچارت شکل۳ ب نشان داده شده است. تصویر گل ها پس از فراخوانی در نرم افزار متلب، تصاویر رنگی در فرمت رنگی RGB بودند (شکل۳- الف) مرحله۱). برای جدا شدن تصویر گل ها مقدار رنگ قرمز(R) به دو برابر افزایش داده شد و رنگ سبز(G) و آبی (B) از تصاویر کاهش داده شد. این ترکیب رنگی اصطلاحا فاکتور قرمز افزایش یافته[1] نامیده می شود. با استفاده از این فاکتور رنگی، تصاویر از حالت رنگی به تصویر خاکستری که در آن تضاد زیادی در شدت روشنایی بین پیکسلهای گلهای بنفش زعفران و پیسکلهای پس زمینه آبی ایجاد شده است تبدیل شدند. سپس با

[1] Excessive Red Index (ERI)

توجه به مقدار روشنایی پیکسل های تصویر، یک حد آستانه گیری (۱ > روشنایی) برای قطعه بندی تصویر و جدا کردن تصویر گل، از پس زمینه استفاده شد. در تصویر باینری بدست آمده، تکه های کوچک و پراکنده سفید که اصطلاحا نویز نامیده می شوند توسط عملیات مورفولوژیکی سایش همراه با افزایش (اپنینگ) حذف شد (شکل۳– الف) مرحله۲). ناحیه گل از تصویر باینری باقی مانده در چند مرحله سایش داده شد، به مقداری که دم گل حذف شود (شکل۳– الف) مرحله۳). سپس دوباره تصویر باقی مانده در چند مرحله افزایش داده شد (شکل۳– الف) مرحله۴). تصویری که تنها دم گل در آن باشد، از تصویر باینری، تصویر افزایش یافته را کم گردید و نویز های کوچک آن حذف گردید (شکل۳– الف) مرحله۵). بعد در تصویر باقی مانده که فقط دم وجود دارد، تصویر را سایش داده شد تا وقتی که گوشه های آن از بین رفت. سپس روی تصویر باقیمانده عملیات مورفولوژیکی اسکلتونایزیز

اصطلاحا اسکلت آن ناحیه گفته می شود اجرا شد. اسکلت بدست آمده از دو طرف سایش داده شد تا ستون اصلی فقرات ناحیه مودر نظر که به صورت یک خط راست بدست آید (شکل۳– الف) مرحله۶). تانژانت زاویه این خط با شیوه قرار گیری این خط داخل بایندینگ باکس و محاسبه نسبت طول به ارتفاع آن محاسبه گردید و در نتیجه زاویه خط را نسبت به سطح افق بدست آمد.



(ب) (الف)

شکل۳– (الف) تصاویر فلوچارت الگوریتم. (ب) مراحل اصلی فلوچارت الگوریتم

با توجه به اینکه زاویه داده شده با محاسبه تانژانت معکوس نسبت طول به ارتفاع مستطیل محاط ناحیه بدست می آید که عددی بین ۰ تا ۹۰ است برای تعیین ناحیه مثلثاتی و زاویه دقیق بایستی به مختصات نقاط ابتدا و انتهای دمگل توجه کرد. با توجه به مختصاتی که از

تصویر سایش یافته در مرحله اول بدست می آورده شد، می توان شناسایی کرد که گل در کدام ربع از دایره مثلثاتی قرار دارد. برای گل هایی که در محدوده زاویه ای بین ۰ تا ۹۰ (ربع اول) قرار دارند، زاویه خط بدست آمده از دم گل را می توان به عنوان زاویه گل منظور کرد. اما گل هایی که در محدوده زاویه ای بین ۹۰ تا ۱۸۰ (ربع دوم) قرار دارند، زاویه خط بدست آمده از دم گل، را از ۱۸۰ کم می شود و زاویه گل بدست می آید. گل هایی که در محدوده زاویه ای بین ۱۸۰ تا ۲۷۰ (ربع سوم) قرار دارد، زاویه خط بدست آمده از دم گل را با ۱۸۰ جمع می گردد و زاویه گل بدست می آید و گل هایی که در محدوده زاویه ای بین ۲۷۰ تا ۳۶۰ (ربع چهارم) قرار دارند، زاویه خط بدست آمده از دم گل را از ۳۶۰ کم می شود و زاویه گل بدست می آید.

ارزیابی عملکرد الگوریتم

ارزیابی عملکرد الگوریتم زاویه دم گل بر اساس درصد خطای تشخیص صحیح زاویه طبق رابطه (۱) بررسی گردید.

$$\varepsilon = \frac{A-B}{B} \times 100 \qquad (۱)$$

مقدار زاویه اصلی تصویر B، مقدار زاویه بدست آمده از الگوریتم A، درصد خطا ε، که در آن مقدار زاویه ای است که توسط این الگوریتم به طور صحیح تشخیص داده نشده اند.

نتایج و بحث

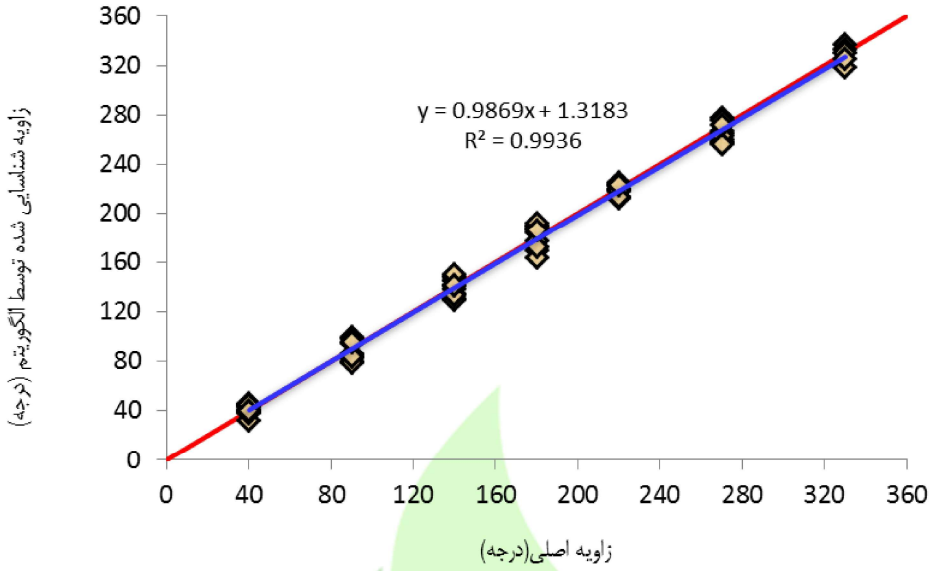
با توجه به ارزیابی عملکرد الگوریتم، متوسط خطای ۰/۱ درصد بود و بیشترین اختلاف زاویه ۱۹/۶ درجه مربوط به زاویه ۴۰ درجه می باشد. این اخت باشد.

نتیجه بررسی عملکرد الگوریتم در شناسایی زاویه ۱۰ گل، در زاویه های ۴۰، ۹۰، ۱۴۰، ۱۸۰، ۲۲۰، ۲۷۰ و ۳۳۰ انجام شد در شکل۴ نشان داده شده است.

خط قرمز در این

خط آبی خط

در اندازه گیری زاویه گلها می باشد. ضریب رگریسیون ۰/۹۹۳۶ و معادله خط y=۰/۹۸۶۹ x +۱/۳۱۸۳ نشان می دهد که این الگوریتم از دقت خوبی برای اندازه گیری زاویه گلها برخودار است و از این الگوریتم می توان برای تعیین و اصلاح زاویه گل زعفران، برای عمل ردیف کردن در فراوری گل زعفران استفاده کرد.



شکل٤– نمودار زاویه اصلی و زاویه شناسایی شده توسط الگوریتم

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی یک الگوریتم بینایی جهت تشخیص انحراف زاویه گل زعفران مصنوعی در زاویه های مختلف پرداخته شد. در این مقاله، تصویر رنگی پردازش گردید و الگوریتم تشخیص زاویه دم گل از پس زمینه استفاده شد. تا بتوان گل را از پس زمینه جدا کرد و زاویه گل را تشخیص داد. نتیجه الگوریتم تشخیص زاویه دم گل نشان داد، زاویه بدست آمده از تصویر گل موفق می باشد. این الگوریتم نوشته شده را می توان توسط میکرو کنترلر تبدیل به حرکت مکانیکی کرد و بر روی دستگاه های ردیف کردن گل های زعفران نصب نمود تا زاویه خطا گل را حذف کند و گل با یک حالت مشخص (دم گل در یک جهت) حرکت کند و در اختیار دستگاه های برش قرار گیرد. این کار باعث کاهش تلفات گل زعفران و افزایش راندمان دستگاه های فراوری گل زعفران می شود.

منابع:

۱) اسفندیاری، م.، همکاران. ۱۳۸۹۰. دسته بندی و جداسازی گل زعفران با استفاده از ویژگی ها ظاهری تصویر. مجموعه مقالات سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات سما، ۲۸/۱۱/۱۳۹۰، همدان.

۲) خلیلی، خ.، سراجی پور، م. ۱۳۸۵. اتوماسیون برش گل زعفران با استفاده از پردازش تصویر. چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، ۲۵ تا ۲۶ بهمن، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳) علی آبادی. ر.، محمدی. م. ۱۳۹۱. ارائه روش جدید جهت اتوماسیون برش گل زعفران با استفاده از تکنیک های هوشمند. دومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، برق و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمین.

۴) سعیدی راد، م. ح. ۱۳۹۱. بررسی و تحقیق در زمینه امکان توسعه مکانیزاسیون و ارائه مناسبترین شیوه و الگوی عملیات مکانیزه در برداشت زعفران. گزارش پژوهشی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

۵) علیشاهی، ا. شمسی، م. ۱۳۹۱. جداسازی زعفران از سایر اجزاء گل در تونل باد عمودی و بررسی آن با منطق فازی. نشریه ماشین های کشاورزی. ۲: ۱۲۰– ۱۲۶.

6) Gracia, L., C. Perez-Vidal, and C. Gracia-López. 2009. Automated cutting system to obtain the stigmas of the saffron flower. Journal of Biosystems Engineering. 104(1): 8-17.

Computer vision algorithm for aligning saffron flowers

Hamed bakhshi[1], mahmood golzarian[2*] and M. H. Abbaspour fard[3]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2,3 Assistant Professor, Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad. m.golzarian@um.ac.ir

Abstract

A computer vision algorithm to measure the angle of saffron flowers was developed. The angles were measured from sixty images of ten saffron flowers placed at six angles of 40, 90, 180, 140, 220, 270 and 330 degrees with respect to the horizontal axis. The RGB color images were taken in an light controlled imaging box. For processing, the images were converted to a grayscale Excessive Red Index grayscale image in which there is a high contrast between pixels of saffron flowers and blue background. The morphological operations then were applied to skeletonize, extract the backbone of the skeleton and to measure the angle of flower pedicles. The results showed a strong relationship between calculated angles by algorithm and the actual angles of pedicles ($R^2 = 0.9936$).

Key words: saffron flower, row, Image Processing, Vision algorithms