

فناوری‌های مناسب و پیشرفته برای جداسازی کلاله از گل زعفران

بهاره جمشیدی^{۱*}، محمدحسین سعیدی راد^۲، سعید ظریف نشاط^۲، فرزاد آزادشهرکی^۳

۱. دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (نگارنده مسئول)
۲. دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۳. استادیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹ -

جمشیدی، ب.، سعیدی راد، م. ح.، ظریف نشاط، س.، آزاد شهرکی، ف.، فناوری‌های مناسب و پیشرفته برای جداسازی کلاله از گل زعفران

مجله ترویجی زعفران، دوره ۳ - شماره ۱ - پایاند ۴- بهار و تابستان ۱۴۰۰ صفحه: ۱۶-۰۸

چکیده

جداسازی کلاله از گل زعفران معمولاً به روش دستی با صرف وقت و هزینه بسیار انجام می‌شود. مکانیزه کردن این عملیات افزون بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کیفیت محصول، مشکلات آلودگی ناشی از جداسازی دستی را برطرف می‌کند. هدف از این مقاله، شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌های مناسب و پیشرفته برای جداسازی کلاله از گل زعفران در کشور است. برای دستیابی به این هدف، اطلاعات و مشخصات فنی ماشین‌های جداساز کلاله، گردآوری و بررسی شد. فناوری‌های مناسب از طریق نظرسنجی و بازدیدهای تخصصی شناسایی و معیارهای مقایسه تعیین شد. گزینه‌ها متعلق به دو شرکت A و B، و معیارها شامل "ظرفیت"، "دقت"، "راحتی کاربرد"، "قابل حمل بودن"، "جداسازی سایر اجزای گل"، "چندکاره بودن"، "تلفات کمی"، "تعداد اپراتور"، "قیمت"، "توان" و "هزینه تعمیر و نگهداری" بود. به منظور اولویت‌بندی گزینه‌ها و انتخاب مناسب‌ترین فناوری از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. معیارها بر اساس نظر خبرگان زعفران با تکمیل پرسش‌نامه ارزش‌گذاری شد. بر اساس یافته‌ها، "دقت" و "تلفات کمی" به ترتیب تأثیرگذارترین عوامل در انتخاب فناوری مناسب بودند. عوامل "قیمت"، "ظرفیت" و "راحتی کاربرد" در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار گرفتند و کم‌تأثیرترین معیار در تصمیم‌گیری، "توان" بود. بر این اساس، ماشین جداساز شرکت A به عنوان مناسب‌ترین فناوری برای جداسازی کلاله از گل زعفران معرفی و توصیه‌های ترویجی در خصوص استفاده از آن ارائه شد.

واژه های کلیدی: الکترومکانیک، پردازش تصویر، تحلیل سلسله مراتبی، ماشین جداساز کلاله، هوش مصنوعی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: b.jamshidi@areeo.ac.ir

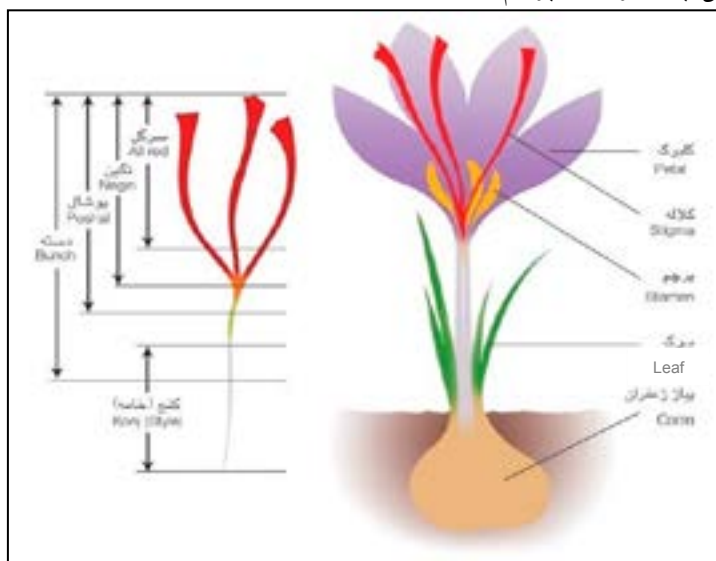
بیان مساله

زعفران از با ارزش‌ترین گیاهان ادویه‌ای و دارویی است که به دلیل دارا بودن رنگ، عطر و خواص دارویی کاربردهای فراوانی در صنعت غذا و دارو دارد. این محصول، ارزش اقتصادی بسیار زیاد و نقش ویژه‌ای در صادرات غیرنفتی کشور دارد. ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان بوده و بیش از ۹۰ درصد تولید سالانه زعفران دنیا در ایران است. در داخل کشور نیز حدود ۹۰ درصد زعفران در استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و شمالی تولید می‌شود (جمشیدی، ۱۳۹۹).

زعفران یک گیاه علفی بدون ساقه و دارای پیاز یا بنه است. گل‌های زعفران دارای سه گلبرگ و سه کاسبرگ تغییر شکل یافته به رنگ بنفش، سه پرچم و یک خامه سفید رنگ که در انتها به یک کلاله سه شاخه بوقی شکل به رنگ قرمز عنابی ختم می‌شود، هستند. کلاله‌ها پس از جدا شدن از گل‌ها و خشک شدن، زعفران تجاری را تشکیل می‌دهند که معطر و دارای بوی تند و طعمی تلخ است (سعیدی‌راد، ۱۳۹۱؛ ذبیحی، ۱۳۹۶). شکل ۱ قسمت‌های مختلف گیاه زعفران شامل پیاز، برگ‌ها، پرچم‌ها، کلاله‌ها و

گلبرگ‌ها همچنین انواع محصول زعفران شامل سرگل، نگین، پوشال، دسته و کنج یا خامه را نشان می‌دهد. کلاله به دو روش از گل جدا می‌شود و هر کدام از این روش‌ها از نظر کیفیت، محصول متفاوتی تولید می‌کنند. برای تهیه کلاله‌های زعفران به صورت دسته (شکل ۱) که اصطلاحاً دخترپیچ گفته می‌شود، کارگر با شکافتن گل، کلاله سه شاخه‌ای را به همراه خامه که در انتهای آن قرار دارد آزاد می‌کند. با نگره داشتن کلاله در بین دو انگشت، سایر قسمت‌های گل با انگشتان دست دیگر کشیده می‌شود تا خامه به طور کامل از داخل دم‌گل جدا شود. کلاله گل‌های دیگر نیز به همین روش روی کلاله گل قبلی قرار می‌گیرد تا به تدریج یک دسته کلاله تشکیل شود. از معایب این روش می‌توان به مساعد شدن شرایط برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها و عوامل بیماری‌زا، پایین آمدن کیفیت زعفران و طولانی شدن زمان خشک شدن اشاره کرد. برای تولید زعفران پوشال (شکل ۱)، تمامی گل‌ها از ناحیه یقه برش داده می‌شوند تا کلاله از سایر بخش‌های گل جدا شود (سعیدی‌راد و مهدی‌نیا، ۱۳۹۳).

به طور معمول جداسازی کلاله از گل زعفران به



شکل ۱- قسمت‌های مختلف گیاه زعفران (سمت راست) و انواع محصول زعفران (سمت چپ)

آن بر جداسازی کلاله از گل تازه است، تفکیک کلاله از سایر قسمت‌های گل می‌تواند با توجه به تفاوت‌های موجود در جرم مخصوص، مقادیر ضریب اصطکاک، سرعت حد یا مقاومت آیرودینامیکی کلاله‌ها نسبت به سایر اجزای گل شامل گلبرگ‌ها و پرچم‌ها انجام شود (صفری و ظریف‌نشاط، ۱۳۹۷؛ عمادی، ۲۰۰۹؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۰۹).

معرفی دستاورد یا راهکار

شناسایی فناوری‌های مناسب و پیشرفته برای جداسازی کلاله از گل زعفران و معرفی مناسب‌ترین آنها مبتنی بر معیارهای مناسب تصمیم‌گیری می‌تواند سبب افزایش کیفیت محصول مورد عرضه، افزایش بازاریابی، سهولت بسته‌بندی، افزایش صادرات و به تبع آن ورود ارز به کشور شود. در این مقاله، فناوری‌های مناسب و پیشرفته برای جداسازی کلاله از گل زعفران در کشور بررسی و مناسب‌ترین فناوری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (جمشیدی، ۱۳۹۹)، معرفی و توصیه‌های ترویجی در خصوص کاربرد آن ارائه شده است.

ابتدا آمار و اطلاعات مربوط به وضع موجود در خصوص جداسازی کلاله از گل زعفران (دستی یا مکانیزه)، فناوری‌های موجود جداسازی کلاله از گل زعفران، همچنین مشخصات فنی و اطلاعات ماشین‌های جداساز موجود در مناطق عمده کشت زعفران کشور گردآوری و بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد که در اغلب مناطق کشت زعفران سطح زیر کشت محصول، محدود است و جداسازی کلاله از گل زعفران و سایر قسمت‌های گل به صورت دستی و توسط کارگر انجام می‌شود. طبق این بررسی‌ها مشخص شد که تاکنون تعدادی ماشین به منظور جداسازی کلاله از گل زعفران طراحی و ساخته شده

روش دستی و توسط کارگر انجام می‌شود. این روش زمان‌بر است و به دلیل عدم رعایت اصول بهداشتی و طولانی شدن زمان جداسازی، سبب کاهش کیفیت محصول نهایی به ویژه از دست‌دادن عطر و بوی زعفران می‌شود. در روش دستی، نیاز به سه نفر ساعت برای جداسازی کلاله از یک کیلوگرم گل زعفران است (سعیدی راد، ۲۰۲۰). بنابراین، به دلیل نیاز به تعداد زیاد کارگر، هزینه‌های اضافی به زعفران‌کاران تحمیل می‌شود. از این رو، مکانیزه کردن عملیات جداسازی کلاله از گل زعفران می‌تواند افزون بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کیفیت محصول، بسیاری از مشکلات آلودگی ناشی از جداسازی دستی را برطرف سازد. در سال‌های اخیر، جداسازی مکانیزه کلاله از گل زعفران بسیار مورد توجه تولیدکنندگان و صنعت گران داخلی و خارجی قرار گرفته و ماشین‌هایی نیز برای این منظور طراحی و ساخته شده است.

به طور کلی، ماشین‌های جداساز کلاله از گل زعفران شامل دو بخش اصلی برش و جداسازی هستند. با توجه به این که زعفران جداسازی شده برای نگهداری طولانی‌تر بایستی خشک شود، در برخی ماشین‌ها پس از جداسازی کلاله از گل، عملیات خشک‌کردن زعفران نیز مد نظر قرار گرفته است. عملیات برش به شیوه مکانیکی و توسط تیغه‌ها یا صفحات مدور برشی انجام می‌شود. برای این منظور ردیف‌کردن متوالی و تک‌سازی‌کردن گل‌ها در یک مسیر مستقیم اهمیت ویژه ای دارد. در برخی از ماشین‌های ساخته‌شده (به ویژه در سال‌های اخیر)، برای تشخیص محل مناسب برش از روش‌های پیشرفته مبتنی بر پردازش تصویر و هوش مصنوعی استفاده و ماشین جداساز به صورت سامانه هوشمند طراحی می‌شود. در بخش جداسازی این ماشین‌ها که اساس

سرعت حد یا مقاومت آیرودینامیکی کلاه‌ها نسبت به سایر اجزای گل عمل می‌کند. به عنوان مثال استفاده از یک دمنده در این ماشین‌ها که اجزای گل زعفران برش‌خورده را به سمت بالا می‌دمد، امکان تفکیک کلاه از گل و سایر قسمت‌های آن را بر پایه تفاوت در جرم مخصوص و سطح جانبی گلبرگ‌ها و کلاه‌ها فراهم می‌کند.

بررسی‌ها نشان داد که بیشتر ماشین‌هایی که تاکنون برای جداسازی کلاه از گل زعفران در کشور طراحی و ساخته شده‌اند، در حد نمونه آزمایشگاهی باقی مانده‌اند یا تجاری نشده و به تولید انبوه نرسیده‌اند. از این رو، به منظور شناسایی فناوری‌های مناسب موجود در کشور برای جداسازی کلاه از گل زعفران، تنها ماشین‌هایی مورد بررسی قرار گرفتند که به صورت کامل طراحی و ساخته شده (در مرحله تجاری‌سازی) بودند و امکان نمونه‌گیری و آزمایش عملی آنها وجود داشت. به این ترتیب، فناوری‌های مناسب از طریق بازدید و نظرسنجی از کارشناسان متخصص، شناسایی شدند. این فناوری‌ها شامل دو ماشین جداساز متعلق به شرکت‌های داخلی به ترتیب در استان‌های خراسان رضوی و تهران بودند (جمشیدی، ۱۳۹۹) که به عنوان گزینه‌های A و B در نظر گرفته شدند (شکل‌های ۲ و ۳).

ماشین جداساز A (شکل ۲) شامل سه واحد برش، جداساز و خشک‌کن است. واحد برش دارای چهار ورودی غلتکی مجهز به تیغه برش رفت و برگشتی است که مبتنی بر فناوری‌های الکترومکانیک و نرم‌افزار ویژه تشخیص و برش گل کار می‌کند. گل‌ها به صورت دستی توسط اپراتور به قسمت تغذیه که دارای سازوکار غلتک‌های متحرک است، وارد می‌شوند و عمل برش توسط تیغه‌ها روی آنها انجام

است. در بیشتر این ماشین‌ها تغذیه گل‌ها به داخل دستگاه و تک‌سازی گل‌ها به صورت دستی و توسط چند اپراتور انجام می‌شود. در تعداد محدودی از این ماشین‌ها از سازوکارهایی مانند نوار نقاله آکاردئونی (سنابادی و همکاران، ۲۰۱۴) برای این منظور استفاده شده است. در بیشتر ماشین‌های جداساز طراحی و ساخته‌شده، تک‌سازی گل‌ها معمولاً با استفاده از سازوکارهای تسمه‌ای یا غلتکی انجام می‌شود به طوری که گل‌ها با قرارگیری بین دو تسمه متحرک (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۹) یا دو غلتک متحرک (ابریشمی فر، ۱۳۸۵) به صورت متوالی ردیف می‌شوند. از سوی دیگر، بررسی‌ها نشان داد که در بیشتر ماشین‌های ساخته‌شده برای جداسازی کلاه از گل زعفران به ویژه نمونه‌های داخلی، تعیین محل برش گل که توسط تیغه‌های برش یا فک‌های متحرک انجام می‌شود، به صورت مکانیکی است. در حالی که انتخاب دقیق و درست نقطه برش یک مساله مهم فنی در این مرحله است و در صورت برش نادرست گل، تلفات افزایش می‌یابد. محل اتصال گلبرگ‌ها بهترین نقطه برای برش گل است. در این مرحله استفاده از فناوری پردازش تصویر به منظور انتخاب درست نقطه برش می‌تواند بسیار مفید باشد. تغییر رنگ دم‌گل از بنفش کم‌رنگ به بنفش پررنگ در نقطه برش، ویژگی اصلی تشخیص این نقطه است (سعیدی راد، ۲۰۲۰). بر این اساس، تاکنون تعداد محدودی ماشین جداساز کلاه از گل زعفران مبتنی بر فناوری پردازش تصویر برای شناسایی محل دقیق برش گل طراحی و ساخته شده است (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۹).

قسمت جداساز ماشین‌هایی که تاکنون برای تفکیک کلاه از گل زعفران ساخته شده‌اند، بر پایه تفاوت‌های موجود در جرم مخصوص، مقادیر ضریب اصطکاک،

در عملکرد ماشین ایجاد نمی‌شود. ماشین جداساز می‌تواند ۲۴ ساعت شبانه‌روز و ۳۰ روز فصل برداشت کار کند. وزن ماشین حدود ۹۵ کیلوگرم است و با چهار چرخ گردان به راحتی قابل جابه‌جایی است و نیاز به فضای زیاد برای استقرار ندارد. با توجه به این‌که این ماشین دارای چهار ورودی است، به چهار اپراتور برای تغذیه گل‌ها نیاز دارد.

ماشین جداساز B (شکل ۳)، یک سامانه هوشمند و شامل سه بخش اصلی واحد تغذیه، واحد شناسایی و برش و واحد جداساز است. گل‌های زعفران به صورت انبوه و توده‌ای در مخزن ورودی با بیش از ۱۰ کیلوگرم ظرفیت قرار می‌گیرد (هر ساعت دو بار بایستی پر شود) و واحد تغذیه، گل‌ها را به نحو مطلوب از مخزن بر می‌دارد و وارد خط می‌کند. به این ترتیب گل‌ها وارد واحد شناسایی می‌شوند که مبتنی بر فناوری‌های نوین و پیشرفته (پردازش تصویر در

می‌شود. برای هر خط ورودی با توجه به نوع محصول مورد نیاز (از نگین تا پوشال) قابلیت تنظیم نقطه برش گل وجود دارد. پس از واحد برش، اجزای گل وارد واحد جداساز می‌شوند که در آن با استفاده از جریان باد، سرند استوانه‌ای و یک میدان مغناطیسی گلبرگ‌ها، دم‌گل‌ها، پرچم‌ها و کلاله‌ها از یکدیگر تفکیک می‌شوند. این ماشین مجهز به یک واحد خشک‌کن نیز می‌باشد که کلاله جداسازی‌شده را خشک می‌کند. در ماشین A، از گل‌هایی که یک و یا دو روز قبل، از مزرعه برداشت شده و شامل همه اجزاء گل باشند (طول دم‌گل‌ها می‌تواند از کمینه تا بیشینه حد خود باشد) استفاده می‌شود. رطوبت گل‌ها تا حد شبنم صبح‌گاهی مشکلی در عملکرد ماشین ایجاد نمی‌کند. چنانچه گل‌ها باران‌خورده باشند و بلافاصله (کمتر از دو ساعت پس از برداشت) در سبدها جمع‌آوری و به محل ماشین جداساز منتقل شوند، باز هم مشکلی



شکل ۲- ماشین جداسازی کلاله زعفران متعلق به شرکت (A)

جدول ۱- برخی مشخصات فنی و اطلاعات ماشین‌های مناسب شناسایی شده برای جداسازی کلاله زعفران

اطلاعات/ مشخصات فنی	ماشین جداساز شرکت (A)	ماشین جداساز شرکت (B)
نوع فناوری واحد برش	الکترومکانیک (غلتک‌های متحرک و تیغه‌های برش رفت و برگشتی)	پردازش تصویر، هوش مصنوعی و ربات‌های هوشمند
ظرفیت (کیلوگرم گل بر ساعت)	۵/۱۴	۲۵
دقت (درصد)	۹۹/۵	۹۹
ابعاد (عرض x طول) (متر)	۲/۲۵ x ۰/۸۳	۲۰ x ۷
توان مصرفی (کیلووات)	۰/۲۵	۲۰
قیمت روز (میلیون تومان)	۴۰	۸۴۰

جدول ۱ برخی مشخصات فنی و اطلاعات این دو ماشین جداساز کلاله گل زعفران را نشان می‌دهد. پس از شناسایی فناوری‌های مناسب جداسازی کلاله زعفران، معیارهای مقایسه یا عوامل تأثیرگذار در انتخاب مناسب‌ترین فناوری با نظر کارشناسان متخصص تعیین شد. معیارها شامل "ظرفیت" (مقدار گل پاک‌سازی شده بر ساعت)، "دقت" (درصد خلوص کلاله جداسازی شده)، "راحتی کاربرد"، "قابل حمل بودن" (سهولت جابه‌جایی با توجه به ابعاد و وزن ماشین)، "جداسازی سایر قسمت‌های گل" (قابلیت جداسازی سایر قسمت‌های گل شامل گلبرگ‌ها، دم‌گل و پرچم‌ها)، "چندکاره بودن" (امکان انجام عملیات دیگری غیر از جداسازی کلاله مانند خشک‌کردن)، "تلفات کمی" (درصد تلفات)، "تعداد اپراتور"، "قیمت"، "توان" و "هزینه تعمیر و نگهداری" بود. اطلاعات این معیارها برای هر دو فناوری شناسایی شده، بر اساس مشخصات فنی و اطلاعات موجود آنها (جدول ۱)، استعلام از سازندگان دستگاه‌ها، نظرسنجی از کارشناسان متخصص و یا بازدید کارشناسی گردآوری شد. در خصوص معیارهای کیفی، از شیوه امتیازدهی (۱ تا ۱۰) استفاده شد.

برای اولویت‌بندی گزینه‌ها و معیارها و انتخاب مناسب‌ترین فناوری جداسازی کلاله از گل زعفران از

تلفیق با روش‌های هوش مصنوعی) است که گل‌ها را شناسایی و نقطه مناسب برش را تعیین می‌کند. پس از شناسایی نقطه برش، عمل برش گل از محل مناسب توسط ربات‌های هوشمند انجام می‌شود. در ادامه، اجزای گل وارد بخش جداساز می‌شوند. در این مرحله، ابتدا گلبرگ‌ها در یک مخزن جدا قرار می‌گیرند و سپس سایر اجزای گل مانند پرچم‌ها، دم‌گل‌ها و در نهایت کلاله‌ها جداسازی می‌شوند. ماشین جداساز هوشمند B برای تولید محصول پوشال بهینه‌سازی شده است. میزان کار در شبانه روز نیز ۲۰ ساعت در نظر گرفته شده است. ورودی ماشین بایستی گل تازه زعفران (باران‌نخورده) باشد. هرچه گل‌ها تازه‌تر باشد عملکرد ماشین بهتر و خروجی‌ها یکنواخت‌تر خواهد بود. در صورتی که امکان انتقال گل تازه زعفران از مزرعه به ماشین جداساز وجود داشته باشد، استفاده از این سامانه توصیه می‌شود. اگرچه تا چند ساعت پس از برداشت هم عملکرد ماشین مشابه حالت اسمی است ولی با گذشت زمان و کاهش رطوبت گل، ظرفیت کاری بایستی اندکی کمتر در نظر گرفته شود. این سامانه یک خط تولید کامل و بزرگ است که فضای کارگاهی مناسبی برای استقرار می‌طلبد. فضای مورد نیاز سامانه حدود ۱۵۰ مترمربع است. ماشین جداساز B در دو چیدمان طولی و L شکل قابل تولید است.



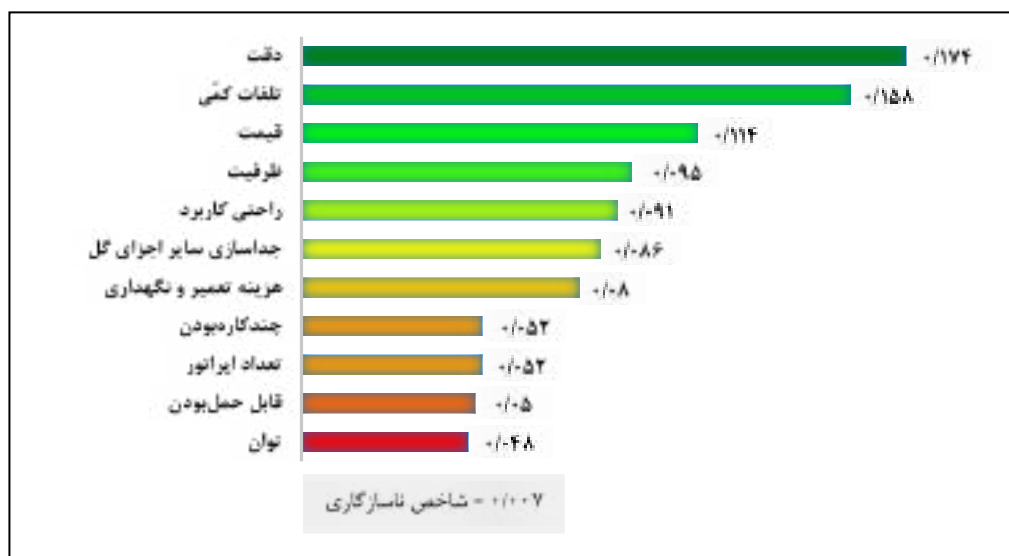
شکل ۳- ماشین جداسازی کلاله زعفران متعلق به شرکت (B)

شدند.

روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد.

شکل ۴، نتیجه اولویت‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری را با توجه به هدف که انتخاب مناسب‌ترین فناوری جداسازی کلاله از گل زعفران بود، نشان می‌دهد. بر اساس این تحلیل، "دقت" و "تلفات کمی" به ترتیب تأثیرگذارترین عوامل در انتخاب فناوری مناسب برای جداسازی کلاله از گل زعفران بودند. پس از آن عوامل "قیمت"، "ظرفیت"، "راحتی کاربرد"، "جداسازی سایر اجزای گل" و "هزینه تعمیر و نگهداری" به ترتیب در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار گرفتند. دو

برای مقایسه زوجی معیارها، پرسش‌نامه خبره طراحی شد و در اختیار خبرگان مرتبط با موضوع (۱۹ نفر شامل مدیران تحقیقاتی، اجرایی و بخش خصوصی مرتبط با تولید و فناوری‌های زعفران، پژوهشگران و متخصصان زعفران، سازندگان تجهیزات و فناوری‌های زعفران، و چند زعفران کار پیشرو) قرار گرفت. گزینه‌ها با توجه به هر معیار، مبتنی بر اطلاعات و مشخصات فنی فناوری‌های شناسایی شده و با دریافت نظر کارشناسان و متخصصان بازدیدکننده ارزش‌دهی



شکل ۴- اولویت‌بندی معیارها با توجه به هدف

نسبت به ماشین جداساز B برتری نسبی دارد. اگرچه دو معیار "دقت" و "تلفات کمی" تاثیرگذارترین عوامل در انتخاب فناوری مناسب برای جداسازی کلاله از گل زعفران بودند ولی به دلیل اختلاف نه‌چندان زیاد دو ماشین جداساز A و B از نظر این معیارها، مشخص شد اولویت‌بندی این ماشین‌ها بیشتر تحت تاثیر معیارهای اقتصادی "قیمت" و "هزینه تعمیر و نگهداری" بوده است. همچنین، معیارهای "توان" و "قابل حمل بودن"، به دلیل اختلاف زیاد وزن‌های نسبی دو ماشین در این معیارها، کم‌اثرترین معیارهای فنی در انتخاب فناوری مناسب بودند.

توصیه ترویجی

روش دستی جداسازی کلاله از گل زعفران زمان‌بر بوده و به دلیل عدم رعایت اصول بهداشتی و طولانی شدن زمان جداسازی، سبب کاهش کیفیت محصول نهایی می‌شود. از این رو، توصیه می‌شود این عملیات به صورت مکانیزه انجام شود. برای جداسازی کلاله از گل زعفران با استفاده از ماشین توصیه می‌شود نکات زیر مورد توجه قرار گیرند.

-از گل‌هایی که یک و یا دو روز قبل، از مزرعه برداشت شده استفاده گردد.

-گل‌ها شامل همه اجزاء گل باشند (طول دم‌گل‌ها می‌تواند از کمینه تا بیشینه حد خود باشد).

-رطوبت گل‌ها می‌تواند تا حد شبنم صبح‌گاهی باشد.

-چنانچه گل‌ها باران‌خورده باشند، بلافاصله (کمتر از دو ساعت پس از برداشت) در سبدها جمع‌آوری و به محل ماشین جداساز منتقل شوند.

معیار "چندکاره بودن" و "تعداد اپراتور" با وزن نسبی یکسان و پس از آن معیار "قابل حمل بودن" از اهمیت کمتری در تصمیم‌گیری برخوردار بودند. کم‌تأثیرترین معیار در تصمیم‌گیری، "توان" بود.

همچنین، اولویت‌بندی گزینه‌ها با توجه به هریک از معیارها نشان داد که ماشین جداساز A از نظر تمام معیارها به جز ظرفیت کاری (کیلوگرم گل پاک‌سازی‌شده بر ساعت) نسبت به ماشین جداساز B دارای ارجحیت بیشتر است. ارجحیت ماشین جداساز A نسبت به ماشین جداساز B با توجه به معیارهای "توان"، "قیمت"، "قابل حمل بودن" و "هزینه تعمیر و نگهداری" به ترتیب اولویت بسیار بیشتر از معیارهای دیگر بود. در حالی که این ارجحیت از نظر معیار "دقت" بسیار جزئی بود و به عبارتی، هر دو ماشین جداساز از نظر دقت، برابری داشتند. ماشین جداساز B نسبت به ماشین جداساز A تنها از نظر معیار "ظرفیت" دارای ارجحیت بسیار بود که دلیل آن نیز خط کامل بودن ماشین جداساز، ابعاد بیشتر و سرعت بیشتر تشخیص و جداسازی با توجه به فناوری‌های پیشرفته مورد استفاده در آن بود.

برای انتخاب مناسب‌ترین ماشین جداساز کلاله زعفران، گزینه‌ها با توجه به هدف اولویت‌بندی شدند. به این ترتیب، ماشین جداساز A به عنوان مناسب‌ترین گزینه شناسایی شد و ماشین جداساز B در اولویت بعدی قرار گرفت.

نتایج حاکی از برتری قابل توجه ماشین جداساز A با توجه به معیارهای "توان"، "قیمت"، "هزینه تعمیر و نگهداری" و "قابل حمل بودن" نسبت به ماشین جداساز B است. این ماشین جداساز همچنین از نظر معیارهای "تلفات کمی"، "چندکاره بودن"، "تعداد اپراتور"، "راحتی کاربرد" و "دقت" و به طور کلی

منابع

- ابریشمی فر، م.ع. ۱۳۸۵. طراحی و ساخت دستگاه فرآوری زعفران. گزارش ساخت دستگاه الگویی. اداره فناوری های مکانیزه، سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.
- جمشیدی، ب. ۱۳۹۹. شناسایی و معرفی فناوری های مناسب و پیشرفته سورتینگ و درجه بندی زعفران بر پایه کیفیت، ایمنی و سلامت. گزارش پژوهشی نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت: ۵۸۸۵۱.
- ذبیحی، ح. ر. ۱۳۹۶. مدیریت تغذیه گیاه در زعفران. نشریه فنی شماره ۵۵۵. چاپ اول. موسسه تحقیقات خاک و آب، شماره ثبت ۵۲۹۴۵.
- سعیدی راد، م.ح. ۱۳۹۱. جداسازی مکانیکی کلاله از گل زعفران خشک شده با روش های مختلف. گزارش پژوهشی نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۴۱۷۱۰.
- سعیدی راد، م.ح. و مهدی نیا، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی دو مکانیزم اعمال نیروهای فشاری و ضربه ای برای جداسازی کلاله از گل زعفران خشک شده. تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۵(۱): ۱۰-۱.
- صفری، م. و ظریف نشاط، س. ۱۳۹۷. مکانیزاسیون جداکردن کلاله از گل زعفران، مشکلات و راه حل ها. زعفران. ۱(۱): ۹-۱.
- Emadi, B. 2009. Separating saffron flower parts using vertical air column. Proceeding of the World Acad. Sci. Eng. Technol. 37: 25-28.
- Gracia, L., Vidal, C. and Gracia, C. 2009. Automated cutting system to obtain the stigmas of the Saffron flower. Biosyst. Eng. 104(1): 8-17.
- Saeidirad, M.H. 2020. Mechanization of saffron production. In: Koocheki, A. and Khajeh-Hosseini, B. (Eds.), Saffron: Science, Technology and Health. 1st Edition. Woodhead Publishing, pp. 187-204.
- Sanabadi, M., Samieifar, A. and Amini, S. 2014. Designing and building a mechanical system for separating stigmas from the saffron's petals. Int. J. Agric. Crop Sci. 7 (14): 1417-1430.