

## تعیین مناسب‌ترین روش درجه‌بندی پیاز به روش تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی

محسن حیدری سلطان‌آبادی<sup>\*۱</sup>

## چکیده

در تحقیق حاضر عملکرد چهار دستگاه درجه‌بندی پیاز شامل سرنندی، غلتک ثابت واگرا، غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی به روش تحلیل سلسله مراتبی در دو حالت قطعی و فازی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور ۸ معیار اصلی استقرار صحیح پیاز، ظرفیت دستگاه، درصد آسیب به محصول، سهولت جابجایی، قابلیت افزایش دسته‌ها، قابلیت تنظیم هر دسته، قیمت اولیه و خدمات پس از فروش به‌عنوان معیارهای تعیین اولویت دستگاه درجه‌بندی در نظر گرفته شد. طبق نتایج حاصل از تلفیق معیارها و گزینه‌های مختلف در تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی، به‌ترتیب دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای با اختصاص وزن‌های ۰/۳۱۷ و ۰/۴۱۲، دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی با وزن‌های ۰/۳۱۵ و ۰/۲۹۱، دستگاه درجه‌بند سرنندی با وزن‌های ۰/۲۱۸ و ۰/۱۸۹ و دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت واگرا با وزن‌های ۰/۱۵۰ و ۰/۱۰۶ رتبه‌بندی شدند. بدین‌ترتیب دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای، دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی، دستگاه درجه‌بند سرنندی و دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت واگرا در اولویت انتخاب قرار گرفتند. این نتایج نشان داد که تحلیل سلسله مراتبی فازی با حذف احتمالات ضعیف در وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها قدرت تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** پیاز، تحلیل سلسله مراتبی، درجه‌بندی، دستگاه درجه‌بند سرنندی، دستگاه درجه‌بند غلتکی.

**ارجاع:** حیدری سلطان‌آبادی م. ۱۳۹۸. تعیین مناسب‌ترین روش درجه‌بندی پیاز به روش تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۸(۲): ۶۳-۷۲.

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

\* نویسنده مسئول: [mheisol@gmail.com](mailto:mheisol@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۶

## مقدمه

یکی از فعالیت‌های بعد از برداشت محصولات کشاورزی، درجه‌بندی محصول براساس ابعاد، شکل، رنگ یا سایر خصوصیات است. درجه‌بندی، موجب بهبود بسته‌بندی، حمل و نقل، بازاریابی و کنترل آفات و بیماری‌ها در طول فرآیند بعد از برداشت شده و به محصول تولیدی ارزش افزوده می‌بخشد. به این ترتیب این فرآیند در قیمت‌گذاری و افزایش قدرت انتخاب مصرف‌کننده نقش مهمی ایفا می‌کند. برای درجه‌بندی محصولات کشاورزی از تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌شود. در این تکنیک‌ها برای تفکیک و جداسازی از معیارهایی مانند رنگ، میزان رسیدگی، اندازه ابعاد، حجم، تفاوت دانسیته، خواص پوشش سطحی، بازتابش نور و صدا و وضعیت داخلی محصول استفاده می‌شود. مفاهیم درجه‌بندی و دسته‌بندی متفاوت است، دسته‌بندی براساس یک معیار (اندازه) و درجه‌بندی براساس چند معیار هم‌زمان انجام می‌شود (Fellows, 2000). مطابق این تعریف، دسته‌بندی حالت خاصی از درجه‌بندی است (Londhe et al., 2013) و معیارهای درجه‌بندی عمدتاً در قالب استانداردهایی ارایه می‌شوند. همیشه یکی از معیارهای اصلی درجه‌بندی محصول، محدودیت‌های ابعادی آن است (Naeemi et al., 2013). در اغلب موارد، دسته‌بندی محصول براساس قطر نسبت به سایر تکنیک‌ها (دسته‌بندی براساس وزن، رنگ و شکل) ساده‌تر و در نتیجه کم‌هزینه‌تر است و برای محصولات باغی مانند سیب، هلو، مرکبات، زردآلو و محصولات زراعی مانند سیب‌زمینی، پیاز، هویج، چغندر و انواع صیفی‌جات کاربرد دارد (Londhe et al., 2013). در درجه‌بندی محصولات براساس قطر، از وسایلی مانند سرندهای لرزشی و دورانی، سرندهای نوار نقاله و غلتک‌های واگرای ثابت و متحرک استفاده می‌شود (Londhe et al., 2013; Fellows, 2000).

پیاز خوراکی با نام علمی *L.allium cepa* از خانواده *Alliaceae* گیاهی است دو ساله که بیشتر برای تولید محصول غده به‌عنوان گیاه یک‌ساله کشت می‌شود (Forutan, 1995). سطح زیرکشت پیاز در ایران بالغ بر ۵۳۹۰۰ هکتار است که از این مقدار، حدود ۲/۳ میلیون تن پیاز تولید می‌شود (Anon, 2018). از جمله عوامل تعیین‌کننده قیمت پیاز در مرحله فروش، تمیزی و خلوص پیازها است. برای این منظور درجه‌بندی و تمیز کردن

محصول به‌خصوص در پایان دوره انبارداری به‌صورت دستی و با صرف هزینه‌های گزاف کارگری انجام می‌شود. انتخاب تکنولوژی مناسب درجه‌بندی پیاز، علاوه بر کاهش هزینه‌های درجه‌بندی، ارزش محصول را افزایش می‌دهد. برای درجه‌بندی پیاز روش‌های مکانیزه متفاوتی قابل استفاده است. در تحقیقی از بالا‌برایی با پوشش مشبک استفاده شد که پیازها را در سه اندازه درشت، متوسط و ریز جدا می‌نمود (Balakrishnan & Anand, 2011). در برخی از دستگاه‌ها، پیاز براساس اختلاف قطر جداسازی می‌شود. این ماشین‌ها به غلتک‌هایی مجهز هستند که محصول بر روی آنها حرکت کرده و براساس اندازه قطر از بین غلتک‌ها عبور می‌کنند. فاصله بین این غلتک‌ها تعیین‌کننده قطر پیازهای عبوری هستند (Sheppard, 1984). در ایران نیز دستگاه‌های متفاوت درجه‌بندی موجود است که هر یک بسته به خصوصیات محصول و عملکرد دستگاه قابل انتخاب و استفاده هستند.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process) یکی از بهترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره است که اولین بار توسط ساعتی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید (Habibi et al., 2014). این روش بر سه اصل تجزیه، مقایسه دودویی یا جفتی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار است. بر مبنای اصل تجزیه، با در نظر گرفتن معیارهایی مسئله به طور متوالی به زیرشاخه‌هایی تقسیم شده و ساختار درخت سلسله مراتبی شکل می‌گیرد. در این روش معیارهایی که دارای اهمیت بیشتری هستند، در نقاط بالاتر درخت سلسله مراتبی قرار می‌گیرند. بر مبنای اصل دوم، معیارها با استفاده از جدول ترجیحات دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و وزن آنها مشخص می‌شود. در مرحله پایانی اولویت‌بندی گزینه‌ها براساس وزن آنها انجام می‌شود. همچنین فرموله نمودن فرآیند انتخاب باعث تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی شده و قاعده‌مند می‌شود. این شکل از تصمیم‌گیری از بروز بسیاری از انتخاب‌های اشتباه جلوگیری می‌کند. معیارهای مطرح شده در این روش می‌تواند کمی یا کیفی باشد (Habibi et al., 2014). علی‌رغم آسانی و رواج روش تحلیل سلسله مراتبی، اشکالاتی نیز در این روش وجود دارد که می‌توان به عدم قابلیت محاسبه، عدم قطعیت داده‌ها و عدم قطعیت وزن معیارها اشاره نمود (Zhi-Ping Fan et al., 2004). در محیط تصمیم‌گیری AHP،

توصیه گردید.

در تحقیقی از بین سه کمباین نیوهلند تی سی ۵۶، جان‌دیر ۱۱۶۵ و جان‌دیر ۹۵۵، با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مناسب‌ترین کمباین انتخاب شد. برای این منظور معیارهای قیمت دستگاه، میزان تلفات، ظرفیت مزرعه‌ای، میزان مصرف سوخت، قابلیت اطمینان، تجهیزات و امکانات، راحتی و ایمنی و خدمات پس از فروش معرفی گردید. براساس نتایج، کمباین نیوهلند تی سی ۵۶ با وزن نهایی ۰/۴۷۲ بیشترین امتیاز را به دست آورد (Habib Zadeh & Sheikh Davoodi, 2013). روش تحلیل سلسله مراتبی با هدف تعیین اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی شهرستان بیرجند به کار گرفته شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که مهم‌ترین معیار تعیین‌کننده کشت محصول زراعی، منابع آب و کشاورزی پایدار هستند. از بین محصولات نیز زعفران، گندم و جو در اولویت کشت قرار گرفتند (Rusta et al., 2012). در مطالعه مشابهی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی محققان به این نتیجه رسیدند که معیار متوسط درآمد خالص با نسبت ۰/۴۶۷ و مصرف آب آبیاری با نسبت ۰/۲۸۲ مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر انتخاب الگوی کشت توسط کشاورزان هستند. همچنین، دو محصول گندم و جو با اختلاف کمی نسبت به هم از اولویت بالاتری برای کشت برخوردار شدند (Moradi et al., 2017). در پژوهشی، به بررسی مشکلات روش‌های موجود در برداشت نخود دیم با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پرداخته شد. نتایج تحلیل نشان داد که کمباین کششی نخود در صورت مناسب بودن قیمت تمام شده، تولید و تجاری‌سازی در داخل کشور و تبدیل آن به صورت کمباین خودگردان، مطلوب و قابل توصیه خواهد بود (Safari et al., 2017). در مطالعه‌ای برای انتخاب بهترین روش وجین برنج از بین روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز شامل وجین‌کن موتوردار، وجین مکانیکی بدون موتور، وجین دستی و کنترل شیمیایی، از تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در این روش ۵ معیار زراعی، مدیریت مصرف انرژی، اقتصادی، اجتماعی و ارگونومی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که علی‌رغم مخاطرات زیست محیطی، همچنان اولویت اول در کنترل علف‌های هرز، کنترل شیمیایی است (Skizari, 2011). در پژوهش دیگری با توجه به معیارهای

اطلاعات ورودی و رابطه بین معیارها و شاخص‌ها نامشخص و مبهم است و قضاوت‌های فرد خبره به صورت اعداد قطعی بیان می‌شود. ولی در برخی از مقایسات زوجی نمی‌توان این مقایسه را به صورت یک عدد قطعی بیان نمود. محققان برای رفع معایب AHP، اصول منطق فازی را مورد استفاده قرار دادند که توانایی مقابله با مشکل ابهام و گنگ بودن فرآیند مقایسه دوتایی را داشت. تئوری فازی این امکان را به فرد تصمیم‌گیرنده می‌دهد که علی‌رغم اطلاعات ناقص، در مورد اطلاعات غیرقابل دسترس، اطلاعاتی که به صورت کیفی بیان می‌شوند و نیز معیارهایی که قابل سنجش با یکدیگر نیستند، بتوان تصمیم‌گیری نمود. در سال ۱۹۹۶ یونگ چانگ مدلی را ارائه نمود که این مدل آمیزه‌ای از روش تحلیل سلسله مراتبی و تئوری فازی بود و تحت عنوان روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نامیده شد. از آنجایی که این روش با نحوه تفکر و فرآیندهای ذهنی انسان سازگاری زیادی دارد و الگوریتم آن براساس منطق ریاضی بنا شده است، از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد و امروزه به عنوان یک روش نوین در تصمیم‌گیری مطرح است (Zhi-Ping Fan et al., 2004).

برای تصمیم‌سازی در بسیاری از زمینه‌های مختلف کشاورزی از تکنیک سلسله مراتبی استفاده شده است. در تحقیقی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انتخاب کمباین مناسب مورد بررسی قرار گرفت (Heidari et al., 2010). معیارهایی که برای انتخاب تعریف شد عبارت بودند از: میزان تلفات، قیمت، ایمنی و راحتی، هزینه تعمیر و نگهداری و ترافیک جاده‌ای. گزینه‌های تحقیق نیز شامل کمباین جان‌دیر ۹۵۵، سهند، کلاس و دروگر کردستان بود. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار 11 Expert choice از بین کمباین‌های موجود، کمباین کلاس انتخاب و به کاربران پیشنهاد شد. برای انتخاب تراکتور مناسب براساس خصوصیات فنی ۱۱ نوع تراکتور و نیاز کشاورزان از روش تصمیم‌گیری چند معیاری topsis استفاده شد (Sarlak & Borghei, 2011). طبق نتایج، با توجه به معیارهای توان مالبندی، توان هیدرولیک، توان محور تواندهی، نوع محور تواندهی، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت حرکت، دور مشخصه موتور، جعبه دنده و کارخانه سازنده، تراکتور مسی فرگوسن ۴۴۰ نسبت به سایر گزینه‌ها دارای مزیت و برتری بوده و

محصول پیاز مدنظر قرار گرفت. ۸ معیار استقرار صحیح پیاز، ظرفیت دستگاه، درصد آسیب به محصول، سهولت جابجایی، قابلیت افزایش دسته‌ها، قابلیت تنظیم هر دسته، قیمت اولیه و خدمات پس از فروش به‌عنوان معیارهای تعیین اولویت دستگاه درجه‌بندی مناسب تعریف شد. معیارهای مذکور پس از تبادل نظر با سازندگان و کاربران این دستگاه‌های درجه‌بندی و به روش دلفی تهیه شد. در شکل ۲ چیدمان ساختاری تحلیل سلسله مراتبی نمایش داده شده است. در زیر معیارهای انتخابی تشریح شده است:

۱- خدمات پس از فروش: میزان ارائه خدمات پس از فروش از طرف سازنده دستگاه. این معیار براساس وجود و تعداد شرکت‌های ارائه دهنده خدمات پس از فروش در کشور امتیازبندی شد.

۲- قیمت اولیه: شامل قیمت فروش دستگاه و اجرت نصب. ۳- استقرار صحیح پیاز: این ارزیابی به‌صورت انجام آزمایش درجه‌بندی پیاز انجام شد. برای این منظور یک نمونه اولیه توده درهم پیاز برحسب حداقل ظرفیت هر دستگاه (۵۰ کیلوگرم پیاز) تهیه شد. سپس پیازها وارد دستگاه شده و درجه‌بندی شدند. در مرحله بعدی تمامی پیازهای جمع‌شده در خروجی‌ها یا دسته‌های هر دستگاه درجه‌بندی جمع‌آوری و مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار قطر پیازها اندازه‌گیری شد. برای محاسبه احتمال استقرار صحیح پیازها در محدوده فاصله تنظیمی از آزمون  $z$  استفاده شد. مقدار  $z$  از معادله زیر به دست آمد (Camelo et al., 2003):

$$\frac{x_{\min} - \bar{x}}{\sigma} \leq z \leq \frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

در این معادله  $x_{\min}$  و  $x_{\max}$  به‌ترتیب حداکثر و حداقل قطر پیاز در هر دسته یا خروجی دستگاه درجه‌بندی می‌باشد. احتمال به دست آمده برای  $z$ ، با مراجعه به جداول آماری محاسبه شد.

۴- ظرفیت دستگاه: ظرفیت ماشین (تن در ساعت) براساس نظر سازنده بیان می‌شود.

۵- درصد آسیب به محصول: یکی از شاخص‌های مهم در عملکرد مناسب درجه‌بندها حفظ کیفیت محصول و جلوگیری از آسیب‌های مکانیکی (بیش از حد) وارد بر آن است.

در هر دستگاه، میزان آسیب‌دیدگی پیازها در جریان عملیات درجه‌بندی اندازه‌گیری شد. این آسیب‌ها شامل

اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژی، طراحی ماشین و پتانسیل محل تحقیق روش مناسب تبدیل برنج با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که مناسب‌ترین روش تبدیل برنج، استفاده از واحدهای بزرگ تبدیل است (Suryaningrat, 2017). برای انتخاب تراکتور مناسب از روش سلسله مراتبی و  $topsis$  استفاده شد که در آن اولویت‌های ۱۸ متخصص فروش و کشاورز مشخص و در نهایت معیارهای قیمت اولیه، هزینه‌های سالانه، مصرف سوخت، ایمنی راننده، قابلیت تعمیر و خدمات پس از فروش انتخاب شد. (Jiménez-Macías et al., 2016). در اولویت‌گذاری تولید محصولات زراعی در مزارع شهرستان بابلسر دو تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در هر دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی، اهمیت برنج بسیار بیشتر از گندم و کلزا است. به دلیل اختلاف بیشتر وزن‌ها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی تصمیم‌گیرنده را با دقت و اطمینان بیشتری به اولویت‌گذاری نهایی محصولات می‌رساند (Asadpoor et al., 2016).

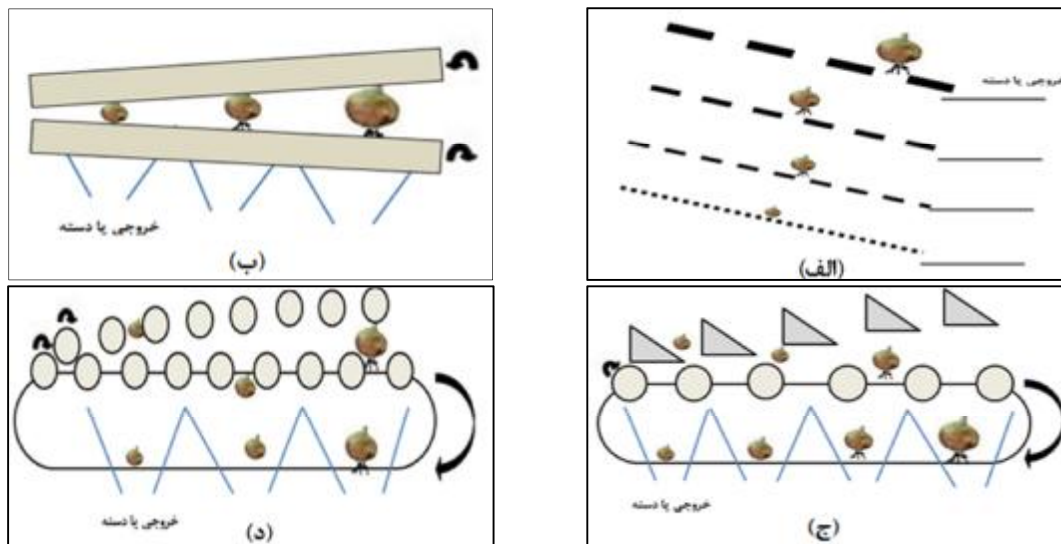
هدف اصلی این تحقیق انتخاب مناسب‌ترین دستگاه درجه‌بندی پیاز از بین چند دستگاه موجود با استفاده از روش سلسله مراتبی قطعی و فازی بود. این انتخاب مبتنی بر معیارهایی بود که کاربران یا خریداران در هنگام انتخاب مورد توجه قرار می‌دهند.

### مواد و روش‌ها

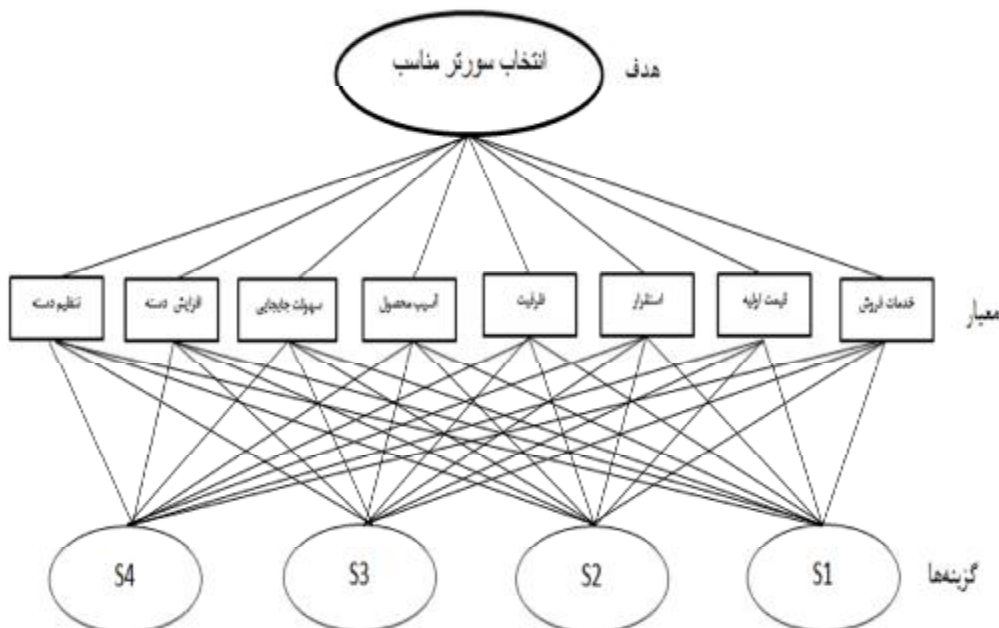
در تحقیق حاضر عملکرد چهار دستگاه درجه‌بندی شامل سرندی (شکل ۱- الف)، غلتک ثابت واگرا (شکل ۱- ب)، غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای (شکل ۱- ج) و غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی (شکل ۱- د) مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. برای این منظور ۱۲ کارشناس خبره و آگاه نظرات خود را در قالب امتیازدهی به یک پرسش‌نامه مقایسات زوجی (شامل معیارها و گزینه‌های انتخابی) بیان کردند و سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی، رتبه نهایی گزینه‌ها تعیین شد. با توجه به این که هدف، معیارها و گزینه‌ها، ارکان اصلی یک تحلیل سلسله مراتبی است، (Moradi et al., 2017; Habibi et al., 2014) در این تحقیق نیز همین موارد در انتخاب دستگاه درجه‌بندی مناسب برای

دقت واریسی شده و بر حسب تعداد کل پیازها و تعداد پیازهای آسیب دیده، درصد صدمات محاسبه و به‌عنوان امتیاز منفی در نظر گرفته شد.

جدا شدن پوست پیاز، له‌شدگی و پارگی غده‌ها بود. بروز آسیب روی پیازهای درجه‌بندی شده، امتیاز دستگاه درجه‌بند را کاهش خواهد داد. برای اندازه‌گیری این آسیب‌ها پیازهای جمع‌شده در خروجی‌های هر دستگاه، به



شکل ۱- اصول کار دستگاه‌های درجه‌بند پیاز. (الف) سرندی (ب) غلتک ثابت و اگر (ج) غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای (د) غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی



شکل ۲- چیدمان ساختاری تحلیل سلسله مراتبی انتخاب دستگاه درجه‌بندی مناسب پیاز (S1: دستگاه درجه‌بند سرندی، S2: دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت و اگر، S3: دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و S4: دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی)

ب) تحلیل سلسله مراتبی فازی به روش آنالیز توسعه چانگ: در فرآیند سلسله مراتبی فازی از مفاهیم تئوری مجموعه‌های فازی و تحلیل ساختار سلسله مراتبی استفاده شد (Bozdag et al., 2003). مرحله نخست این الگوریتم، همانند سلسله مراتبی قطعی، تشکیل درخت سلسله مراتبی است. در مرحله دوم، ماتریس‌های مقایسه زوجی تعیین شده و اعمال قضاوت‌های زوجی صورت می‌پذیرد. در حالت فازی بر خلاف حالت قطعی، مقدار متناظر با ارجحیت‌های زبانی با اعداد فازی مثلثی در ماتریس‌های مقایسات زوجی وارد می‌شود. در تحقیق حاضر از روش محاسباتی آنالیز توسعه چانگ در محیط Excel استفاده شد (Asadpoor et al., 2016).

### نتایج و بحث

#### مقایسه معیارها با توجه به هدف

معیارهای اصلی امتیازبندی شده از نظر کارشناسان براساس وزن محاسبه شده دسته‌بندی شدند. شکل ۳ مقایسه زوجی و وزن‌های اختصاص یافته به ۸ معیار استقرار صحیح پیاز، ظرفیت دستگاه، درصد آسیب به محصول، سهولت جابجایی، قابلیت افزایش دسته‌ها و قابلیت تنظیم هر دسته، قیمت اولیه و خدمات پس از فروش را در دو تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی نشان می‌دهد. طبق این شکل در تحلیل سلسله مراتبی قطعی، بیشترین و کمترین وزن‌ها به ترتیب به آسیب مکانیکی (۰/۳۲۹) و قیمت اولیه (۰/۰۳۷) تعلق گرفت. در تحلیل سلسله مراتبی فازی، بیشترین وزن مربوط به آسیب مکانیکی (۰/۴۱۲) بود و چهار معیار ظرفیت، جابجایی، تنظیم دسته و قیمت اولیه وزن صفر دریافت کردند. این نتیجه نشان می‌دهد که از نظر کارشناسان خبره، معیار میزان صدمات وارد بر محصول در حین درجه‌بندی بیشترین اهمیت را دارا بوده و به همین دلیل بیشترین امتیاز را در هر دو روش سلسله مراتبی قطعی و فازی دریافت کرده است.

۶- سهولت جابجایی: وزن دستگاه و شرایط لازم برای حمل و جابجایی آن تعیین کننده سهولت جابجایی دستگاه بود. امکان حمل و جابجایی دستگاه‌های کم حجم با شاسی متحرک و چرخ‌دار وجود دارد.

۷- قابلیت افزایش دسته‌ها: شاخصی از توانایی هر دستگاه در افزایش تعداد دسته‌بندی‌ها (خروجی) است. به عنوان مثال در یک دستگاه، مواد در دو اندازه دسته‌بندی می‌شوند در حالی که همین مواد در دستگاه دیگر در چهار اندازه قابل تفکیک هستند. قابلیت افزایش تعداد دسته‌ها موجب افزایش امتیاز دستگاه در این شاخص بود.

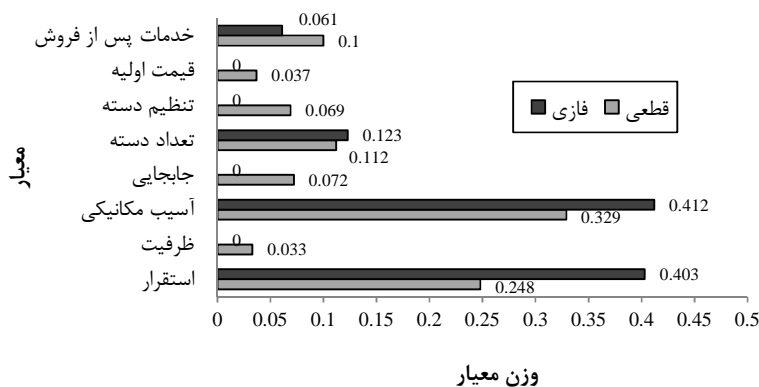
۸- قابلیت تنظیم هر دسته: نمایانگر توانایی دستگاه در تغییر محدوده ابعادی دسته‌ها متناسب با نیاز محصول است.

به عنوان مثال اگر در دستگاهی مواد در دو بازه ۶-۲ و ۱۰-۱ سانتی‌متر دسته‌بندی شوند و این قابلیت تنظیم در دستگاه وجود داشته باشد که همین مواد در دو بازه ۴-۲ و ۱۰-۴ سانتی‌متر تفکیک شوند، دستگاه امتیاز قابلیت تنظیم هر دسته را کسب خواهد کرد.

در امتیازدهی به مقایسات زوجی و تعیین وزن معیارها و گزینه‌ها از دو روش سلسله مراتبی قطعی و فازی به شرح زیر استفاده شد:

الف) تحلیل سلسله مراتبی قطعی: پس از تعیین هدف، معیارها و گزینه‌ها، اولویت‌های انتخاب از طریق انجام مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها (در هر یک از معیارها) مشخص شد. برای این منظور از جدول ترجیحات و قضاوت‌های شفاهی استفاده شد. در این جدول، درجه اهمیت در مقایسات زوجی از ۱ تا ۹ درجه‌بندی شد. با توجه به تعداد پرسش‌نامه‌ها، میانگین هندسی امتیازات اخذ شده در هر مقایسه زوجی به عنوان امتیاز آن عنصر در نظر گرفته شد (Habibi et al., 2014). پس از تکمیل مقایسات زوجی معیارها و گزینه‌ها در مرحله پایانی، وزن نهایی (مطلق یا تلفیقی) گزینه‌ها محاسبه شد. در این تحقیق مراحل یاد شده در محیط نرم‌افزاری Expert Choice اجرا شد. کنترل نرخ ناسازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان براساس روابط ریاضی و با استفاده از نرم‌افزار انجام گرفت. با توجه به منابع مختلف، نرخ ناسازگاری بایستی کمتر از ۰/۱ باشد و در غیر این صورت باید برای رفع این مشکل، وزن‌دهی‌ها تصحیح شوند.





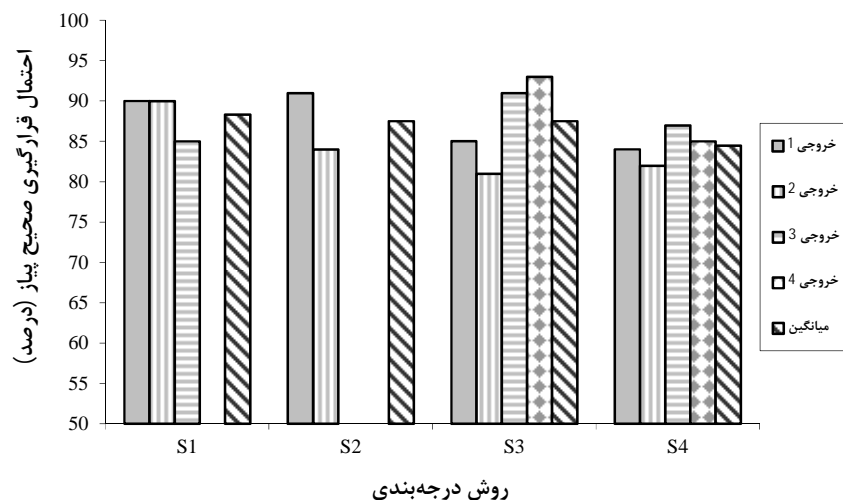
شکل ۳- وزن معیارها نسبت به هدف کلی

### مقایسه زوجی گزینه‌ها

طبق آنچه بیان شد دو معیار استقرار پیاز و میزان صدمات ناشی از درجه‌بندی، اندازه‌گیری و سپس امتیازدهی شد. در شکل ۴ درصد احتمال قرارگیری صحیح پیاز در دستگاه‌های درجه‌بندی مختلف نشان داده شده است. بر این اساس میانگین احتمال قرارگیری صحیح پیاز در دسته یا محدوده تنظیم شده، برای دستگاه درجه‌بند سرنندی، غلتک ثابت واگرا، غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی به ترتیب ۸۸/۳، ۸۷/۵، ۸۷/۵ و ۸۴/۵ درصد اندازه‌گیری شد. امتیازدهی کارشناسان خبره به معیار استقرار صحیح پیاز براساس این محاسبه بود. اندازه‌گیری درصد پیازهای آسیب دیده در اثر درجه‌بندی نشان داد که در دو دستگاه غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی به پیازها آسیب جدی وارد نشده است در حالی که در دو دستگاه درجه‌بند سرنندی و غلتک ثابت واگرا به ترتیب ۲ و ۵ درصد آسیب‌دیدگی پیاز قابل رویت بود. سایر معیارها براساس مشخصات ظاهری و فنی دستگاه‌های درجه‌بند از جانب کارشناسان امتیازدهی شد. جدول ۱ خلاصه وزن‌های محاسبه شده برای هر یک از دستگاه‌های درجه‌بندی را در معیارهای مختلف نشان می‌دهد. براساس معیار استقرار صحیح پیاز در دو حالت قطعی و فازی، دستگاه درجه‌بند سرنندی (S1) با وزن‌های ۰/۴۲۴ و ۰/۴۲۴ بالاتر از سایر دستگاه‌ها قرار گرفت. دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای در معیارهای ظرفیت دستگاه با وزن‌های ۰/۲۹۴ (قطعی) و

۰/۳۳۵ (فازی) و درصد آسیب به محصول با وزن‌های ۰/۴۶۹ (قطعی) و ۰/۶۰۷ (فازی) بالاتر از سایر دستگاه‌های درجه‌بندی قرار گرفت در حالی که این دستگاه درجه‌بندی به علت عدم امکان جابجایی، کمترین امتیاز جابجایی را با وزن ۰/۰۳۶ (قطعی) و صفر (فازی) به خود اختصاص داد. دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی (S4) در دو مقوله قابلیت افزایش تعداد دسته‌ها با وزن‌های ۰/۵۳۴ (قطعی) و ۰/۶۷۱ (فازی) و قابلیت تنظیم هر دسته به ترتیب با وزن‌های ۰/۵۲۰ (قطعی) و ۰/۵۴۶ (فازی) در جایگاه بهتری قرار داشت. در معیار قیمت اولیه، با توجه به حداقل بودن قیمت دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت واگرا (S2) اولویت با انتخاب این دستگاه بود و دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی (S4) در جایگاه دوم قرار گرفت.

خدمات پس از فروش به‌عنوان یکی از عوامل مهم در انتخاب هر وسیله یا تکنولوژی حائز اهمیت بوده و در بین چهار دستگاه درجه‌بندی، دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای (S3) با وزن‌های ۰/۳۹۱ (قطعی) و ۰/۳۶۸ (فازی) در صدر بود. از این لحاظ دستگاه درجه‌بند سرنندی (S1) در رده بعدی قرار گرفت. شکل ۵ نتایج حاصل از تلفیق معیارها و گزینه‌های مختلف را در انتخاب دستگاه درجه‌بندی مناسب نمایش می‌دهد. بر این اساس و در نتیجه کلی، دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای (S3) با اختصاص وزن‌های ۰/۳۱۷ (قطعی) و ۰/۴۱۲ (فازی) در اولویت اول انتخاب قرار گرفت.



شکل ۴- احتمال استقرار صحیح پیاز در خروجی (دسته) دستگاه‌های درجه‌بند مختلف (S1: دستگاه درجه‌بند سردی، S2: دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت واگرا، S3: دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و S4: دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی)

جدول ۱- وزن گزینه‌های مورد انتخاب براساس معیارها

گزینه‌ها		S3		S2		S1		
فازی	قطعی	فازی	قطعی	فازی	قطعی	فازی	قطعی	
۰/۲۳۲	۰/۲۲۶	۰/۳۶۸	۰/۳۹۱	۰/۱۰۱	۰/۱۲۶	۰/۲۹۹	۰/۲۵۷	خدمات پس از فروش
۰/۳۴۳	۰/۲۰۵	.	۰/۰۶۴	۰/۶۵۷	۰/۶۱۳	.	۰/۱۱۸	قیمت اولیه
۰/۰۸۱	۰/۱۲۲	۰/۲۴۷	۰/۲۲۷	۰/۲۴۷	۰/۲۲۷	۰/۴۲۴	۰/۴۲۴	استقرار صحیح پیاز
۰/۳۰۴	۰/۳۰۵	۰/۳۳۵	۰/۲۹۴	۰/۱۸۱	۰/۲۰۱	۰/۱۸۱	۰/۲۰۱	ظرفیت دستگاه
۰/۳۹۳	۰/۴۱۲	۰/۶۰۷	۰/۴۶۹	.	۰/۰۴۳	.	۰/۰۷۶	درصد آسیب به محصول
۰/۳۳۳	۰/۳۲۱	.	۰/۰۳۶	۰/۳۳۳	۰/۳۲۱	۰/۳۳۳	۰/۳۲۱	سهولت جابجایی
۰/۶۷۱	۰/۵۳۴	۰/۳۲۹	۰/۳۳۳	.	۰/۰۳۸	.	۰/۰۹۵	افزایش دسته‌ها
۰/۵۴۶	۰/۵۲۰	۰/۴۲۴	۰/۳۵۰	۰/۰۳۰	۰/۰۵۵	.	۰/۰۷۵	تنظیم هر دسته

S1: دستگاه درجه‌بند سردی، S2: دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت واگرا، S3: دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و S4: دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی

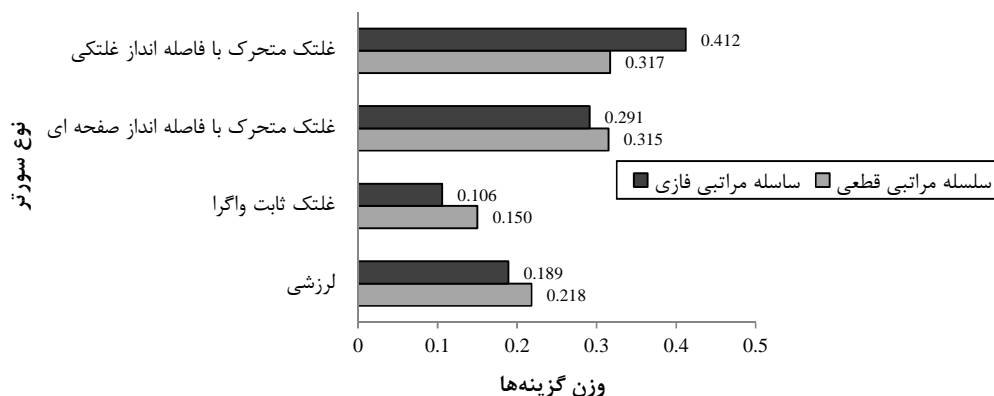
درجه‌بند لرزشی بود. وزن‌های کسب شده در این دستگاه درجه‌بندی به ترتیب ۰/۲۱۸ (قطعی) و ۰/۱۸۹ (فازی) بودند. این دستگاه نیز در استقرار صحیح پیاز و خدمات پس از فروش، از سه دستگاه دیگر مناسب‌تر معرفی شد. نهایتاً دستگاه درجه‌بند غلتک ثابت واگرا (S2) در رده آخر انتخاب قرار گرفت. این دستگاه گرچه در قیمت اولیه امتیاز مناسبی داشت اما در سایر موارد در اولویت انتخاب کارشناسان نبود. نکته قابل توجه در وزن نهایی و اولویت این دستگاه‌ها، این است که دو اولویت اول انتخاب دستگاه

همان‌گونه که قبلاً بیان شد این دستگاه در بررسی معیارهای خدمات پس از فروش، ظرفیت دستگاه و میزان خدمات وارد بر محصول نسبت به سه دستگاه دیگر برتری داشت. دومین گزینه انتخابی براساس رتبه‌بندی معیارها، دستگاه درجه‌بند غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی با وزن‌های ۰/۳۱۵ (قطعی) و ۰/۲۹۱ (فازی) بود. این دستگاه نیز در معیارهای قابلیت افزایش دسته‌ها و قابلیت تنظیم هر دسته از سایر دستگاه‌ها مناسب‌تر بود و از امتیاز بیشتری برخوردار شد. انتخاب سوم مربوط به دستگاه



مثال اختلاف وزن‌های دو دستگاه درجه‌بندی غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی در روش قطعی کم و در حدود ۰/۲ درصد است در حالی که این اختلاف در حالت فازی به ۱۲/۱ درصد افزایش می‌یابد. سایر محققان نیز کارایی تصمیم‌گیری در تحلیل سلسله مراتبی فازی را بالاتر از حالت قطعی بیان داشته‌اند (Aşkın & Güzin, 2007; Asadpoor et al., 2016).

درجه‌بندی به درجه‌بندی‌های غلتکی متحرک مربوط بوده و نشان دهنده آن است که مکانیزم‌های غلتکی متحرک از نوع غلتک ثابت و سردی مناسب‌تر و در درجه‌بندی پیاز کارایی بیشتری داشته‌اند. با توجه به نتایج ذکر شده، تحلیل سلسله مراتبی فازی با حذف احتمالات ضعیف در وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها و گزینه‌ها موجب شد تا وزن نهایی گزینه‌ها (دستگاه‌های درجه‌بندی) نسبت به حالت سلسله مراتبی قطعی با اختلاف بیشتری طبقه‌بندی شوند و قدرت تصمیم‌گیری برای کاربران افزایش یابد. به‌عنوان



شکل ۵- اولویت بندی گزینه‌ها نسبت به هدف کلی (S1: دستگاه درجه‌بندی سردی، S2: دستگاه درجه‌بندی غلتک ثابت واگرا، S3: دستگاه درجه‌بندی غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و S4: دستگاه درجه‌بندی غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی)

در امر معرفی تولیدات و آزمایش‌های فنی مشارکت و همکاری داشتند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر عملکرد چهار دستگاه درجه‌بندی پیاز شامل سردی، غلتک ثابت واگرا، غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای و غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی به روش تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در بین ۸ معیار اصلی معرفی شده، بیشترین و کمترین وزن‌ها به ترتیب به آسیب مکانیکی و قیمت اولیه تعلق دارند. نتایج حاصل از تلفیق معیارها و گزینه‌های مختلف در دو حالت قطعی و فازی نشان داد که به ترتیب دستگاه درجه‌بندی غلتک متحرک با فاصله‌انداز صفحه‌ای، دستگاه درجه‌بندی غلتک متحرک با فاصله‌انداز غلتکی، دستگاه درجه‌بندی سردی و دستگاه درجه‌بندی غلتک ثابت واگرا در اولویت انتخاب قرار دارند.

### سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از کارشناسان و کارگران شرکت‌های پویا پژوهان دنیای توس، بادله، سبز دشت و پویان صنعت که

### منابع

1. Anon. Agricultural Statistics. First volume: crops, crop year 2016-2017. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Office of Statistics and Information Technology, 2018. (in Farsi)
2. Asadpoor, H. Yousefzadeh, F. and Feizabadi, Y. 2016. Comparison between Definitive and Fuzzy decision models and their application in appointing the priority of agricultural production Combination. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research. Article 16, 46(4): 833-846.
3. Aşkın, Ö. and Güzin, Ö. 2007. Comparison of AHP and fuzzy AHP for the multicriteria decision making processes with linguistic evaluations, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.
4. Balakrishnan, A. A. and Anand, U. 2011. Design and development of onion sorting machine. [www.msrsas.org/docs/programme/2011/GP1029.pdf](http://www.msrsas.org/docs/programme/2011/GP1029.pdf).

- Birjand city using Analytical Hierarchy Process. *Agricultural Economics and Development*, 79: 47-65. (in Farsi)
18. Safari, M. Mostofi Sarekari, M. R. and Hedayatipour, A. 2017. Study of chickpea harvesting problems and introduce suitable methods using Analytical Hierarchy Process (AHP). The 2th National Conference on Harvest and Postharvest Novel Technology of Agricultural Products. Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Khorasan Razavi, Mashhad. (in Farsi)
  19. Sarlak, M. B. and Borghei, A. M. 2011. Selection of suitable tractor based on multi-criteria decision-case study of Hamadan. *Journal of Agricultural Machinery Engineering*, 1(1): 41-47. (in Farsi).
  20. Sheppard, D. R. 1948. Onion grading rollers. Patent No. US 2454015 A. 1948.
  21. Skizari Cherati, F. 2011. Use the analytical hierarchy process (AHP) to evaluate and choose the best weeding method for rice weeds. The 7th National Congress on Agr. Machinery Eng. (Biosystem) & Mechanization of Iran. Shiraz University. (in Farsi)
  22. Suryaningrat, I. B. 2017. Developing strategy for rice milling unit selection process using analytical hierarchy process (AHP) method: A Case of Agroindustry in Indonesia. Fianeka, Angela. *Advanced Science Letters*, 23: 11787-11792.
  23. Zhi-Ping, F. Guo-Fen, H. and Si-Han, X. 2004. A method for multiple attribute decision-making with the fuzzy preference relation on alternatives. *Computers & Industrial Engineering*, 46(2):321-327.
  5. Bozdag, C. E. Kahraman and Ruan, D. 2003. Fuzzy Group Decision Making for Selection Amang.
  6. Camelo, A. F. Horovitz, S. and Gomez, P. A. 2003. An approach for the evaluation of efficiency of onion packinghouse operations. *Horticultura Brasileira*, Brasilia. Brazil.
  7. Computer. *Integrated Manufacturing Systems Computer in Industry*, 51(1): 13-29.
  8. Fellows, P. 2000. *Food Processing Handbook, Principles and Practice*. CRC Press.
  9. Forutan, M. 1995. Suitable conditions for planting, selection and maintenance of onions. Agriculture Ministry Deputy, Minister of Agriculture. 22 p. (in Farsi).
  10. García-Alcaraz, J. L. Maldonado-Macías, A. A. Hernández-Arellano, Blanco-Fernández, J. L. J. Jiménez-Macías, E. and Sáenz-Diez Muro, J. C. 2016. Agricultural Tractor Selection: A Hybrid and Multi-Attribute Approach. *Sustainability*, 8: 157.
  11. Habib Zadeh, M. and Sheikh Davoodi, J. 2013. Selection of suitable combine using Analytical Hierarchy Process. The 8th National Congress on Agr. Machinery Eng. (Biosystem) & Mechanization of Iran. Fordisi Mashhad University. (in Farsi)
  12. Habibi, A. Izadiyar, S. and Sarafrazi, A. 2014. *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*, Gil's Writing Publication Co. (in Farsi)
  13. Heidari, M. Pishgare Komole, S. and Omid, M. 2010. Selection of the most suitable type of harvest combine using Analytical Hierarchy Process (AHP). The 5th National Conference on New Ideas in Agriculture. (in Farsi)
  14. Londhe, D. Nalawade, S. Pawar, G. Atkari, V. and Wandkar, S. 2013. A review of different methods of grading for fruits and vegetables. *Agric. Eng. Int. Agricultural Engineering International*. 15(3): 217-229.
  15. Moradi, M. Shakibaefard, Z. and Shaban Ali Fami H. 2017. Priority of cropping agricultural products in the city of Kermanshah using the Analytical Hierarchy Process (AHP). The Third National Conference on Farm Water Management. Karaj. (in Farsi)
  16. Naeemi Amini, P. Bayat, Y. Khorram, A. Toofani, M. and Sobhan Nabavi S. M. 2013. Investigation and quantitative comparison of various fruit and vegetable size sorting technologies. The 8th National Congress on Agr. Machinery Eng. (Biosystem) & Mechanization of Iran. Fordisi Mashhad University. (in Farsi)
  17. Rusta, K. Teimuri, M. and Falaki, M. 2012. Prioritization of cultivation of crops in