مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۴/ شماره ۲/سال ۱۳۹۲/ص ۹۲-۸۱

انتخاب مناسب‌ترین سامانه برداشت ذرت بذری بر مبنای مدل‌های TOPSIS و SAW

سیدحسن پیشگر کومله*، علیرضا کیهانی، محمدرضا مستوفی‌سرکاری و علی جعفری**

* نگارنده مسئول، نشانی: کرج، چهار راه دانشکده، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، تلفن: ۰۹۱۲۴۶۴۲۰۷۴، پیام‌نگار: hpishgar@ut.ac.ir

** به‌ترتیب: دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی؛ استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران؛ استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج؛ و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۹

چکیده

با افزایش فعالیت‌های مکانیزه کشاورزی و وجود ماشین‌های متنوع در برداشت محصولات کشاورزی، استفاده از روش‌های علمی برای انتخاب بهینه روش برداشت ضروری است. ذرت بذری به دلیل حساسیت بسیار در زمان برداشت و ارزش ریالی زیاد آن اهمیت بسیاری بالایی در کشاورزی ایران دارد. وجود تنوع سامانه و ماشین‌های برداشت این محصول ایجاب می‌کند تا گزینه‌های مختلف، از جنبه‌های گوناگون، ارزیابی شوند. بر این اساس، در پژوهش حاضر سه سامانهٔ برداشت: دو مرحله‌ای (با استفاده از ذرت‌چین- پوست‌کن)، کمباین غلات و وینتراشتایگر با توجه به هفت معیار: مقدار تلفات برداشت، انرژی مصرفی عملیات برداشت، ارزش ریالی سامانه، راحتی و ایمنی از دید کاربر، میزان آموزش مورد نیاز به کاربر، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ظرفیت مزرعه‌ای ماشین ارزیابی و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری TOPSIS و SAW مناسب‌ترین گزینه انتخاب شد. مقادیر *CL در روش TOPSIS (نزدیکی نسبی گزینه به راه‌حل ایده‌آل) برای سه سامانهٔ گفته شده به ترتیب ۰/۶۰، ۰/۵۷ و ۰/۴۲ به دست آمد. در روش SAW، مقادیر *A (مقادیر کمی اولویت هر یک از گزینه‌ها) ۰/۷۸، ۰/۵۵ و ۰/۴۹ به ترتیب برای سامانه‌های برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن)، کمباین غلات و کمباین وینتراشتایگر بود. بر این اساس مشخص شد که در هر دو روش تصمیم‌گیری، سامانهٔ ذرت‌چین- پوست‌کن مناسب‌ترین گزینه است و ماشین‌های کمباین غلات و وینتراشتایگر گزینه‌های بعدی هستند.

واژه‌های کلیدی

استان البرز، ذرت بذری، ذرت‌چین- پوست‌کن، کمباین غلات، کمباین وینتراشتایگر، SAW، TOPSIS

مقدمه

اتخاذ تصمیم‌های مناسب از مهم‌ترین وظایف مدیریت و یکی از دلایل موفقیت افراد و سازمان‌هاست. بر این اساس، نیاز به وجود روش‌های علمی که انسان را در این زمینه یاری کند کاملاً محسوس است (Momeni, 2008). فرد یا سازمان به ندرت بر اساس یک معیار تصمیم می‌گیرد؛ اکثر تصمیم‌گیری‌ها چند معیاره هستند. در فعالیت‌های کشاورزی نیز در زمینه‌های مختلف به صورت گسترده تصمیم‌گیری می‌شود. انتخاب مکان مناسب برای شروع فعالیت تولیدی، انتخاب نوع محصول برای کشت و انتخاب ماشین‌های مناسب برای فعالیت‌های کشاورزی از جمله مواردی است که هر تولیدکننده یا کشاورز ممکن است با آن روبه‌رو باشد.

© 2015,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوهٔ مکانیزاسیون نیز یکی از نمونه‌هاست که در توسعهٔ آن باید به شکلی علمی و منطقی تصمیم گرفت. افزایش دستمزد کارگران، وقفهٔ بیشتر در فعالیت‌های کشاورزی، زمان‌بر بودن عملیاتی که با نیروی کارگر اجرا می‌شوند و کیفیت بهتر فعالیت‌های ماشینی از عوامل اصلی مکانیزه کردن فعالیت‌های کشاورزی به شمار می‌رود (Mansouri-Rad, 2003). با افزایش فعالیت‌های مکانیزه، مدیریت مناسب بر تعداد و نوع ماشین‌های انتخابی نیز لازم است. از این رو باید مناسب‌ترین ترکیب ماشینی و تعداد ایده‌آل ماشین‌ها برای فعالیت‌های مختلف تعیین گردد. عملیات مختلف کشاورزی نیازمند انواع مناسبی از ماشین‌هاست تا به کمک آن کشاورز بتواند نتایج دلخواه را به موقع بگیرد و حداکثر بازدهی را به دست آورد (Butani & Singh, 1994; Lak & Borghaee, 2011). به طورکلی، تعیین تعداد و اندازهٔ مناسب ماشین‌های کشاورزی فرآیندی پیچیده و وقت‌گیر است و تحت تأثیر رابطهٔ متقابل بین ماشین، سیستم ماشینی مزرعه، مسائل زیست محیطی و شرایط آب و خاک قرار دارد (Sogaard & Sorensen, 2004).

در زمینهٔ انتخاب ماشین مناسب برای فعالیت‌های مختلف کشاورزی تحقیقات فراوان شده است. بوتانی و سینگ (Butani & Singh, 1994) از سامانه پشتیبانی از تصمیم (DSS)[1] استفاده کرده‌اند که دارای مدل‌هایی برای بهینه‌سازی است؛ این محققان بهینه‌سازی ماشین‌های کشاورزی را با توجه به یکپارچه‌سازی عملیات کشاورزی، مشخصات مزرعه‌ای، اندازهٔ تجهیزات و هزینه‌های تولید انجام دادند. بر این اساس، دو منبع تأمین توان حرکت (یکی دام و دیگری ماشین) و دو منبع توان برای تجهیزات ثابت (یکی موتور الکتریکی و دیگری دیزل) مورد توجه قرار گرفتند و سرانجام مناسب‌ترین سامانه با توجه به شرایط مختلف تعیین شد.

کلاین و همکاران (Kline *et al.*, 1988) از سامانه خبره تصمیم‌گیری بر اساس برنامه‌ریزی خطی به منظور تعیین تعداد و اندازهٔ مناسب ماشین‌های کشاورزی استفاده کردند و به کمک آن توانستند زمان تعویض ماشین‌ها را به منظور حداکثرسازی بهره‌وری تعیین کنند.

سوگارد و سورِنسِن (Sogaard & Sorensen, 2004) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی مختلط به مدل‌سازی و انتخاب اندازهٔ مناسب تراکتور و ماشین‌های کشاورزی پرداختند. موارد بررسی هزینه‌های ثابت و متغیر (شامل هزینه‌های به موقع انجام نشدن کار) و خروجی اندازه، نوع و تعداد ماشین مورد نیاز بود. نتایج تحقیقات این محققان نشان داد که مدل با داده‌های واقعی به خوبی هم‌خوانی دارد و تفاوت، معنی‌دار نیست. در برخی موارد تفاوت معنی‌داری دیده شد که مربوط به انتخاب نادرست ماشین در وضعیت واقعی بود.

مَک‌کِلندون و همکاران (Mc Clendon *et al.*, 1987) یک مدل شبیه‌سازی کشت دو محصوله گندم و سویا برای ارزیابی عملیات ماشینی را توسعه داده و مورد استفاده قرار دادند. ایشان در این مدل عملیات تهیهٔ بستر، کشت و برداشت محصول را، با استفاده از آمار هواشناسی ۵۸ ساله، به صورت روزانه شبیه‌سازی نمودند. در انتها نیز ارزیابی اقتصادی مزرعهٔ شبیه‌سازی شده انجام شد و میزان خطر استفاده از این سامانهٔ شبیه‌سازی را مورد تحلیل قرار دادند.

پارمار و همکاران (Parmar *et al.*, 1996) نیز از شبیه‌سازی رایانه‌ای و الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی انتخاب ماشین‌های کشاورزی در کشت محصول بادام‌زمینی استفاده کردند. هدف، حداکثرسازی میزان درآمد خالص با توجه به هزینه‌های ماشینی بود. مدل مورد نظر، شبیه‌سازی بیشترین میزان درآمد خالص را با توجه به متغیر مستقل هزینه ماشینی انجام داد اما در تعیین اندازه بهینه ماشین ناتوان بود. اندازه بهینه ماشین

1- Decision Support System

نیز با کمک روش‌های هوش مصنوعی (الگوریتم ژنتیک) تعیین گردید. نتایج نشان داد که الگوریتم ژنتیک در مقایسه با روش‌های دیگر همچون انتخاب بر اساس آزمون تمامی حالت‌های وجود نه تنها زمان جستجو را به نصف کاهش می‌دهد بلکه کیفیت راه حل پیشنهادی را نیز همواره بهبود می‌بخشد.

سرخیل و نوید (Sarkheil & Navid, 2010)، از بین چهار نوع تراکتور به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] در محدوده توان ۹۰-۳۰ کیلووات به ارزیابی و انتخاب تراکتور پرداختند و با توجه به معیارهایی چون خدمات، قیمت، امکانات، ایمنی و استفاده آسان، تراکتور ITMco را به عنوان مناسب‌ترین گزینه تعیین کردند.

علاوه بر روش‌شناسی پیشین، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نیز در طراحی مکانیزاسیون ایده‌آل مورد توجه قرار گرفته است. مدل TOPSIS[2] یکی از این روش‌هاست که برای اولین بار هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد کردند (Hwang & Yoon, 1981)؛ این مدل نقطه‌ای را مطلوب می‌داند که کمترین فاصله را از نقطهٔ ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از نقطه ایده‌آل منفی داشته باشد. TOPSIS یکی از کاراترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به دلیل در نظر گرفتن وابستگی بین شاخص‌ها در ارزیابی گزینه‌ها، از قابلیت نسبتاً بالایی برخوردار است (Grei, 2006; Lak & Borghaee, 2011).

مدل SAW[3]، یا مجموع سادهٔ وزنی، یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این روش رتبه‌بندی، سعی به برآورد تابع مطلوبیتی به ازای هر گزینه است تا گزینه‌ای با بیشترین مطلوبیت انتخاب شود. فرض اصلی در این روش، استقلال برتری و مجزا بودن آثار شاخص‌ها از یکدیگر است و با محاسبهٔ وزن اهمیت شاخص‌ها، می‌توان به راحتی برتری گزینه‌ها را تعیین کرد.

در حیطه‌های خارج از کشاورزی، تحقیقات متعددی با استفاده از روش TOPSIS و SAW انجام شده است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2006)، وانگ و اِلهانگ (Wang & Elhang, 2006)، پارتانادی و بودهاکول‌سومسیری (Parthanadee & Buddhakulsomsiri, 2010)، قاضی‌نوری و طباطبائیان (Ghazinoori & Tabatabaeian, 2002) و همچنین وانگ و چانگ (Wang & Chang, 2007) اشاره کرد.

در این بین در حوزهٔ مکانیزاسیون کشاورزی تحقیقات کمتری شده است. برای نمونه می‌توان به تحقیق مؤمنی و اقبال (Momeni & Eghbal, 2004) اشاره کرد که به منظور انتخاب سامانهٔ مناسب جهت حمل محصول نیشکر از بین دو گزینهٔ موجود از روش TOPSIS-FUZZY بهره گرفتند. قنبرپور و هیپل (Ghanbarpour & Hipel, 2011) با استفاده از TOPSIS در حوزهٔ آبخیز منطقهٔ کن به مدیریت منابع زمینی پرداختند. لک و برقعی (Lak & Borghaee, 2011) از TOPSIS به منظور انتخاب تراکتور مناسب در استان همدان بهره گرفتند. نُه معیار بررسی و از بین یازده گزینهٔ پیش رو، تراکتور U453 به عنوان مناسب‌ترین گزینه برگزیده شد.

از آن‌جا که ذرت بذری ارزش اقتصادی و حساسیت بسیار بالایی دارد و سامانه‌های مختلفی در کشور برای برداشت این محصول استفاده می‌شود، لازم است از روشی علمی به منظور تعیین مناسب‌ترین سامانه برداشت بهره گرفته شود. تحقیق حاضر این موضوع مهم را مد نظر قرار داده و از بین سه گزینهٔ کمباین غلات، سامانهٔ برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن) و کمباین وینتراِشتایگر و با توجه به معیارهای مناسب، مناسب‌ترین سامانهٔ برداشت را بررسی و توصیه می‌کند.

1- Analytic Hierarchy Process
2- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
3- Simple Additive Weighted

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در استان البرز و در مؤسسه اصلاح و تولید بذر و نهال کرج صورت گرفت. گزینه‌های پیش رو شامل سامانهٔ برداشت کمباین غلات، ذرت‌چین- پوست‌کن و کمباین وینتراِشتایگر بود. با توجه به نظر کارشناسان و کاربران ماشین، معیارهای کمی مورد بررسی شامل مقدار تلفات برداشت، انرژی مصرفی، ارزش ریالی سامانه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ظرفیت مزرعه‌ای و معیارهای کیفی شامل ایمنی، راحتی و میزان آموزش مورد نیاز است.

برای اندازه‌گیری مقدار تلفات برداشت، از روش‌های استاندارد تعیین تلفات بهره گرفته شد. بدین منظور با به کارگیری هر یک از سامانه‌های برداشت در مزرعه‌ای آزمایشی، درصد تلفات محصول در زمان برداشت هر یک اندازه‌گیری شد. روش کار مطابق با دیگر پژوهش‌ها است (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011). انرژی مصرفی برای برداشت نیز در هر هکتار اندازه‌گیری شد. برای این کار، مقدار تمامی نهاده‌های مصرفی همچون سوخت، ماشین‌ها، کارگر و ... تعیین و با استفاده از هم ارزهای انرژی، به میزان انرژی تبدیل شدند. ارزش ریالی هر سامانه نیز، برای قابل مقایسه کردن سه سامانه، اجاره بها در نظر گرفته شد. ظرفیت مزرعه‌ای با توجه به کاتالوگ وسیله، استاندارد ASAE (Anon, 2006) و همچنین اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای (تأیید اعداد موجود) برآورد گردید.

در خصوص معیارهای کیفی از پرسشنامه استفاده شد و با توزیع آن بین کاربران، کشاورزان و کارشناسان ذی‌صلاح، نظرها دریافت و پس از استخراج در محاسبات به کار گرفته شد. هر پرسشنامه حاوی سؤالاتی در ارتباط با میزان ترجیح هر یک از گزینه‌ها با توجه به معیار مورد بررسی بود که کاربر با پاسخ به آن‌ها میزان اولویت خود را از بین گزینه‌های مورد بررسی تعیین می‌کند.

به طور کلی، حل مسئله با استفاده از روش TOPSIS مستلزم برداشتن هفت گام زیر است (Germain *et al.*, 2005; Momeni, 2008):

۱- تشکیل ماتریس تصمیم (R)؛ ۲- کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N)؛ ۳- به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V)؛ ۴- تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و منفی؛ ۵- به دست آوردن میزان فاصلهٔ هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی؛ ۶- تعیین نزدیکی نسبی (CL*) هر گزینه به راه حل ایده‌آل و ۷- رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها.

جدول ۱ ماتریس عددی میزان مطلوبیت هر یک از گزینه‌ها را با توجه به معیار مورد بررسی نشان می‌دهد. C_1، C_2، C_3، C_4، C_5، C_6 و C_7 به ترتیب مقدار تلفات برداشت، مقدار انرژی مصرفی در برداشت، ارزش ریالی سامانه، راحتی و ایمنی از دید کاربر، میزان آموزش مورد نیاز برای هر کاربر، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ظرفیت مزرعه‌ای ماشین است.

همان‌طور که مشخص است مطلوبیت‌های بالاتر برای معیارهای مثبت عدد بیشتر و مطلوبیت‌های کمتر برای معیارهای مثبت مقدار عدد کمتری به خود اختصاص می‌دهند. در مقابل برای معیارهای منفی، مطلوبیت‌های بالاتر عدد کمتری داشته و مطلوبیت‌های کمتر، مقدار عددی بیشتری به خود اختصاص می‌دهند. یادآوری می‌شود که برای متغیرهای کمی مقادیر مرتبط با شاخص درج شده و برای متغیرهای کیفی اعداد ۱ تا ۹ میزان مطلوبیت هر گزینه را مشخص می‌کند.

جدول ۱- ماتریس تصمیم‌گیری (R) سامانه‌های مختلف برداشت با توجه به معیارهای مورد بررسی

گزینه	C_1^-	C_2^-	C_3^-	C_4^+	C_5^-	C_6^-	C_7^+
A_1 (ذرت‌چین- پوست‌کن)	۶/۵۸	۶۶۲۸/۶۲	۶۰	۶	۱	۲	۰/۵۱
A_2 (کمباین غلات)	۸/۵۶	۱۹۸۰/۲۴	۵۰	۹	۵	۸	۰/۹
A_3 (کمباین وینتراشتایگر)	۲۱/۴۲	۱۷۷۴/۳۷	۴۰	۸	۸	۵	۰/۶۳

در اولین گام پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (R) لازم است این ماتریس بی‌مقیاس گردد. بدین منظور از بی‌مقیاس‌سازی نورم (رابطهٔ ۱) بهره گرفته شد (Asgharpour, 2006; Momeni, 2008).

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}} \qquad (۱)$$

که در آن،

n_{ij}= مقدار بی‌مقیاس شده هر یک از مطلوبیت‌ها؛ و a_{ij} = مقدار مطلوبیت هر گزینه است.

به منظور وزن‌دهی معیارها و تولید ماتریس بی‌مقیاس موزون از روش آنتروپی شانون استفاده شد (Momeni, 2008; Lak & Borghaee, 2011). بر این اساس پس از تعیین وزن هر یک از معیارها، ماتریس مربعی ($W_{n\times n}$) تعیین شد که عناصر قطر اصلی آن اوزان شاخص‌ها و دیگر عناصر آن صفر است. سپس با ضرب ماتریس مربعی در ماتریس بی‌مقیاس (N) ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) (رابطهٔ ۲) برآورد شد، که در آن، ماتریس $W_{n\times n}$ ماتریسی است قطری که درایه‌های قطر اصلی وزن هر یک از معیارهاست و به صورت رابطه ۲ بیان می‌شود:

$$V = N \times W_{n\times n} = N \times \begin{bmatrix} w_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & w_7 \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

که در آن،

V= ماتریس بی‌مقیاس موزون؛ $W_{n\times n}$= ماتریس مربعی وزن هر معیار؛ W= وزن‌های معیارها؛ و N = ماتریس بی‌مقیاس است.

سپس ایده‌آل‌های مثبت و منفی برای هر شاخص به دست آمد. برای شاخصی با جنبهٔ مثبت، ایده‌آل مثبت بزرگ‌ترین مقدار V و برعکس برای شاخصی با جنبهٔ منفی، ایده‌آل مثبت، کوچک‌ترین مقدار ماتریس V است. همچنین، ایده‌آل منفی برای شاخص مثبت کوچک‌ترین مقدار ماتریس V و ایده‌آل منفی برای شاخص منفی بزرگ‌ترین مقدار ماتریس V خواهد بود. بر این اساس برای شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش، ایده‌آل‌های مثبت و منفی طبق روابط ۳ و ۴، به شرح زیر هستند:

$$i^+ = \left[Min\ vi_1, Min\ vi_2, Min\ vi_3, Max\ vi_4, Min\ vi_5, Min\ vi_6, Max\ vi_7\right] \qquad (۳)$$

$$i^- = \left[Max\ vi_1, Max\ vi_2, Max\ vi_3, Min\ vi_4, Max\ vi_5, Max\ vi_6, Min\ vi_7\right] \qquad (۴)$$

جایی‌که i^+ و i^- به ترتیب ایده‌آل‌های مثبت و منفی می‌باشند؛ min و max نیز حداقل و حداکثر مقادیر ماتریس بی‌مقیاس‌اند.

به منظور تعیین میزان فاصلهٔ هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی از روابط ۵ و ۶ استفاده شد:

فاصله از ایده‌آل مثبت:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad (۵)$$

فاصله از ایده آل منفی:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad (۶)$$

که در آن،

d_i^+ = مقدار فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت؛ d_i^- = مقدار فاصله هر گزینه از ایده‌آل منفی؛ Vij= مقدار وزن هر گزینه؛ و V_j^+ و V_j^- نیز به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن‌های گزینه‌ها برای یک معیار معین می‌باشد.

نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده‌آل نیز با کمک رابطهٔ ۷ تعیین شد. مقدار CL* (نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده‌آل) همواره بین صفر و یک است و هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، راهکار به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر است و راهکار بهتری به شمار می‌رود. با مقایسهٔ CL* های محاسبه شده می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد.

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \qquad (۷)$$

که درآن،

CL_i^* = مقدار نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده‌آل (عددی بین صفر و یک)؛ و d_i^+ و d_i^- نیز به ترتیب مقدار فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی است. مدل وزن‌دهی سادهٔ تجمعی (SAW) یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. برای استفاده از این روش لازم است مراحل زیر اجرا شود:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم (R)؛ ۲- کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N) با استفاده از روش خطی؛ ۳- به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) با کمک روش آنتروپی؛ و ۴- انتخاب بهترین گزینه (A*). در این روش تصمیم‌گیری، تشکیل ماتریس تصمیم و کمی کردن ماتریس همانند روش TOPSIS است. به منظور بی‌مقیاس‌سازی، از روش خطی‌سازی بهره گرفته می‌شود. بدین منظور برای شاخص‌های با جنبهٔ مثبت از رابطهٔ ۸ و برای شاخص‌های با جنبهٔ منفی از رابطهٔ ۹ استفاده می‌گردد (Momeni, 2008):

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{Max\ a_{ij}} \qquad (۸)$$

$$n_{ij} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{Max\ (\frac{1}{a_{ij}})} = \frac{Min\ a_{ij}}{a_{ij}} \qquad (۹)$$

مقادیر به دست آمده از هر یک از روابط ذکر شده، تماماً بین صفر و یک هستند. در مقیاس خطی، کلیهٔ نتایج به یک نسبت خطی می‌شوند لذا وضعیت شاخص‌ها و نتایج آن‌ها، یکسان باقی می‌ماند. پس از تعیین وزن هر یک از گزینه‌ها با استفاده از روش آنتروپی، با ضرب ماتریس بی‌مقیاس در ماتریس ستونی وزن‌ها، مقادیر A* برای هر گزینه برآورد می‌شود (Momeni, 2008):

$$V = N \times W_{1\times n} = N \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_7 \end{bmatrix} \qquad (۱۰)$$

با مقایسهٔ A*های محاسبه شده برای هر گزینه می‌توان اولویت هر گزینه را نسبت به دو گزینهٔ دیگر تعیین کرد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، شامل رتبه‌بندی سه گزینهٔ مورد نظر با توجه به هفت معیار مورد بررسی، وارد نرم‌افزار Excel 2010 شد و تمامی محاسبات ریاضی با استفاده از روابط ۱ تا ۱۰ انجام گردید.

نتایج و بحث

پس از تشکیل جدول ۱ و وارد کردن تمامی مطلوبیت‌ها و کمی کردن نتایج کیفی، داده‌ها وارد نرم‌افزار و در مرحلهٔ دوم بی‌مقیاس شدند. جدول ۲ ماتریس بی‌مقیاس تصمیم‌گیری سامانه‌های مختلف برداشت با توجه به معیارهای مورد آزمون که با استفاده از رابطهٔ ۱ تعیین شده را نشان می‌دهد. در این جدول A1، A2 و A3 به ترتیب سامانه‌های برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن)، کمباین غلات و کمباین وینتراِشتایگر است.

جدول ۲- ماتریس بی‌مقیاس تصمیم‌گیری سامانه‌های مختلف برداشت با توجه به معیارهای مختلف بر اساس روش نورم

گزینه	C_1^-	C_2^-	C_3^-	C_4^+	C_5^-	C_6^-	C_7^+
A_1	۰/۲۷۴	۰/۹۲۸	۰/۶۸۴	۰/۴۴۶	۰/۱۰۵	۰/۲۰۷	۰/۴۲۱
A_2	۰/۳۵۷	۰/۲۷۷	۰/۵۷۰	۰/۶۶۹	۰/۵۲۷	۰/۸۳۰	۰/۷۴۳
A_3	۰/۸۹۳	۰/۲۴۸	۰/۴۵۶	۰/۵۹۵	۰/۸۴۳	۰/۵۱۸	۰/۵۲۰

همان‌گونه که توضیح داده شد، به منظور قابل مقایسه کردن تمامی معیارها، وزن هر یک از آن‌ها با کمک روش آنتروپی برآورد شد. نتایج محاسبهٔ وزن معیارها نشان داد که وزن معیارهای C_1، C_2، C_3، C_4، C_5، C_6 و C_7 به ترتیب ۰/۱۸۵۵، ۰/۲۶۳۳، ۰/۰۱۸۲، ۰/۰۱۸۴، ۰/۳۰۱۹، ۰/۱۷۴۲ و ۰/۰۳۸۱ است.

پس از محاسبهٔ وزن هر معیار و با تشکیل ماتریس قطری اوزان و ضرب آن در ماتریس بی‌مقیاس تصمیم‌گیری، ماتریس بی‌مقیاس‌شدهٔ موزون تعیین شد (جدول ۳). پس از تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی، میزان فاصلهٔ هر گزینه نسبت به ایده‌آل منفی و مثبت مطابق جدول ۴ تعیین گردید.

جدول ۳- ماتریس بی‌مقیاس شده موزون

گزینه	C_1^-	C_2^-	C_3^-	C_4^+	C_5^-	C_6^-	C_7^+
A_1	۰/۰۳۴	۰/۱۶۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۲۱	۰/۰۲۴	۰/۰۱۱
A_2	۰/۰۴۴	۰/۰۴۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۱۰۷	۰/۰۹۷	۰/۰۱۹
A_3	۰/۱۱۱	۰/۰۴۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۱۷۱	۰/۰۶۱	۰/۰۱۳

جدول ٤- مقادیر فاصلهٔ هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی

A_1 (ذرت‌چین- پوست‌کن)	d_1^+	۰/۱۲۰
	d_1^-	۰/۱۸۳
A_2 (کمباین غلات)	d_2^+	۰/۱۱۳
	d_2^-	۰/۱۴۸
A_3 (کمباین وینتراِشتایگر)	d_3^+	۰/۱۷۲
	d_3^-	۰/۱۲۶

در انتها و با توجه به مقدار فاصلهٔ هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی، میزان نزدیکی نسبی گزینه‌ها برآورد شد و بر این اساس گزینه‌ها رتبه‌بندی شدند (جدول ۵). همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود سامانه‌های برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن)، کمباین غلات و کمباین وینتراِشتایگر با میزان نزدیکی نسبی ۰/۶۰، ۰/۵۷ و ۰/۴۲ به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را در انتخاب مناسب‌ترین سامانهٔ برداشت محصول ذرت‌بذری به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که انتخاب سامانهٔ ذرت‌چین- پوست‌کن برای برداشت ذرت بذری (A_1) به مقدار ۰/۶ به گزینه ایده‌آل نزدیک است.

جدول ٥- میزان نزدیکی نسبی هر گزینه از راه حل ایده‌آل و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

گزینه	مقادیر CL_i^*	رتبه
A_1 (ذرت‌چین- پوست‌کن)	CL_1^*= ۰/۶۰	۱
A_2 (کمباین غلات)	CL_2^*=۰/۵۷	۲
A_3 (کمباین وینتراشتایگر)	CL_3^*=۰/۴۲	۳

در روش SAW ماتریس تصمیم‌گیری پس از کمی شدن (جدول ۱) با استفاده از روش خطی، بی‌مقیاس شد که نتایج آن در جدول ۶ مشاهده می‌شود. همان‌گونه که مشخص است اساس این روش بی‌مقیاس‌سازی خطی بوده لذا وضعیت تمامی نتایج یکسان باقی مانده است.

جدول ٦- ماتریس بی‌مقیاس تصمیم‌گیری سامانه‌های مختلف برداشت با توجه به معیارهای مختلف بر اساس روش خطی

گزینه	C_1^-	C_2^-	C_3^-	C_4^+	C_5^-	C_6^-	C_7^+
A_1	۱/۰۰۰	۰/۲۶۸	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۶۷
A_2	۰/۷۶۹	۰/۸۹۶	۰/۸۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۵۰	۱/۰۰۰
A_3	۰/۳۰۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۸۹	۰/۱۲۵	۰/۴۰۰	۰/۷۰۰

پس از تعیین وزن هر یک از معیارها بر اساس روش آنتروپی، که نتایج آن پیش‌تر نشان داده شده، و تشکیل ماتریس ستونی وزن معیارها، ماتریس بی‌مقیاس در ماتریس اوزان ضرب (طبق رابطهٔ ۱۰) و در انتها مقدار A^* برای هر گزینه محاسبه شد. همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار A^* با عدد ۰/۷۸ متعلق به سامانهٔ برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن) (A_1) بوده و پس از آن کمباین غلات (A_2) و کمباین وینتراشتایگر (A_3) با مقدار A^* به ترتیب برابر ۰/۵۵ و ۰/۴۹ قرار دارند. بر این اساس مناسب‌ترین گزینه سامانهٔ ذرت‌چین- پوست‌کن (A_1) تعیین شد. نتایج به دست آمده با استفاده از روش TOPSIS با نتایج روش SAW هم‌خوانی داشته و این نتایج را تأیید می‌کند.

جدول ۷- مقادیر بی‌مقیاس شدهٔ وزنی هر گزینه و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در مدل SAW

گزینه	مقادیر A^*	رتبه
سامانه برداشت دومرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن)	A_1^*= ۰/۷۸	۱
کمباین غلات	A_2^*=۰/۵۵	۲
کمباین ویتراشتایگر	A_3^*=۰/۴۹	۳

با توجه به نتایج به دست آمده و تعیین سامانهٔ برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن) به عنوان مناسب‌ترین گزینه، آشکار می‌شود که این سامانه با تلفات ۶/۵۸ درصد از عملکرد محصول، حداقل تلفات را نسبت به سه سامانهٔ دیگر دارد. از منظر هزینه‌های تعمیر و نگهداری و آموزش مورد نیاز نیز این سامانه به دلیل کششی بودن وسیله و جابه‌جایی راحت‌تر و سریع‌تر، و اتصال ساده و تنظیمات کمتر، در مقایسه با سامانه‌های دیگر، از مطلوبیت بیشتری برخوردار بوده است. در مقابل، با مصرف ۶۶۲۸/۶۲ مگاژول انرژی در هکتار، بیشترین

مقدار انرژی مصرفی را در برداشت به خود اختصاص داده است.

از لحاظ راحتی کار با ماشین، از دید کاربر، شامل آسایش و راحتی کاربر در زمان کار یا کنترل وسیله و هدایت آن، ذرت‌چین- پوست‌کن پس از کمباین غلات و کمباین وینتراِشتایگر در پایین‌ترین جایگاه قرار گرفت. با توجه به نظر کارشناسان و کاربران، میزان تلفات به وجود آمده در برداشت اهمیت بسیار بالایی دارد لذا این معیار در بین گزینه‌های مختلف ارزش بیشتری دارد. با این‌که سامانهٔ برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن) با توجه به معیارهایی چون انرژی مصرفی و راحتی کاربر، جایگاه پایین‌تری دارد اما به دلیل تلفات کمتر برداشت این سامانه، در مجموع گزینهٔ مناسب‌تری نسبت به دو گزینهٔ دیگر شناخته شده است.

از نتایج تحقیق مشابه در حیطهٔ ماشین‌های کشاورزی با استفاده از روش TOPSIS، می‌توان به تحقیق لک و برقعی (Lak & Borghaee, 2011) اشاره کرد که با مقدار نزدیکی نسبی ۰/۹۲، تراکتور U453 را برای شرایط همدان مناسب تعیین کرده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده این تحقیق، مشخص گردید که روش‌های TOPSIS و SAW به عنوان روش‌هایی برای انتخاب گزینهٔ ایده‌آل از بین چندین گزینه می‌تواند مورد استفادهٔ گسترده در کشاورزی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

اهمیت انتخاب مناسب‌ترین گزینه با توجه به معیارهای مختلف مدیریتی باعث شد که در این پژوهش سامانه‌های مختلف برداشت ذرت بذری (ذرت‌چین-پوست‌کن، کمباین غلات و کمباین وینتراِشتایگر) با توجه به هفت معیار (مقدار تلفات برداشت، انرژی مصرفی در برداشت، ارزش ریالی سامانه، راحتی و ایمنی از دید کاربر، میزان آموزش مورد نیاز به کاربر، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ظرفیت مزرعه‌ای ماشین) مقایسه و ارزیابی شده و با استفاده از مُدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، مناسب‌ترین گزینه تعیین شود.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نزدیکی گزینه‌های برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن)، کمباین غلات و کمباین وینتراِشتایگر به راهکار ایده‌آل در مدل TOPSIS به ترتیب ۰/۶۰، ۰/۵۷ و ۰/۴۲ است و در مدل SAW نیز مقادیر بی‌مقیاس شدهٔ وزنی به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۵۵ و ۰/۴۹ برای گزینه‌های ذکر شده برآورد شده است. مقایسهٔ نتایج نشان می‌دهد که رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از دو روش ذکر شده با یکدیگر مطابقت کامل دارد و بهترین گزینه برای برداشت محصول ذرت بذری، سامانهٔ برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن) است و پس از آن نیز کمباین غلات و کمباین وینتراِشتایگر در رتبه‌های بعدی قرار دارند. با توجه به نتایج به دست آمده توصیه می‌شود به جای روش‌های معمولی برداشت محصول ذرت بذری (کمباین غلات) از سامانهٔ برداشت دو مرحله‌ای (ذرت‌چین- پوست‌کن) استفاده شود تا بر اساس معیارهای مورد بررسی، حداکثر بازدهی در برداشت این محصول اقتصادی به دست آید.

قدردانی

از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه تهران و همچنین همکاری‌های مؤسسه اصلاح و تولید بذر و نهال کرج تشکر می‌شود. لازم است به صورت ویژه از همکاری‌های آقایان مهندس زینالی و طاهری قدردانی شود که زمینهٔ اجرای این پژوهش را فراهم آوردند.

مراجع

Anon. 2006. Agricultural Machinery Management Data. Standards. D497.5. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE).

Asgharpour, M. J. 2006. Multiple Criteria Decision Making. Tehran University Press. Tehran. Iran. (in Farsi)

Azizi, M., Amiri, S. and Memariani, A. 2006. A study of plywood and veneer industry choice location, and identification of provinces in Iran, suitable for establishment of the industry. Iranian J. Nat. Res. 59(2): 446-456. (in Farsi)

Butani, K. M. and Singh, G. 1994. Decision support system for the selection of agricultural machinery with a case study in India. Comput. Electron. Agric. 10, 91-104.

Germain, B. S., Charania, A. and Olds, J. 2005. A stochastic process for prioritizing lunar exploration technology. American Institute of Aeronautics and Astronautics. Aug. 30- Sep.1. Long Beach. California. USA.

Ghanbarpour, M. R. and Hipel, K. W. 2011. Multi-criteria planning approach for ranking of land management alternatives at different spatial scales. Res. J. Environ. Earth Sci. 3(2): 167-176.

Ghazinoori, S. S. and Tabtabaeian, H. 2002. Sensitivity analysis of multi attribute decision making. Manag. Knowl. 56, 129-141. (in Farsi)

Grei, A. 2006. Representation of uniform model for project-based organizations projects basket management. Proceeding of the 3rd International Conference on Project Management. Oct. 7. Tehran. Iran. (in Farsi)

Hwang, C. L. and Yoon, K. 1981. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer-Verlag. Berlin.

Kline, D. E., Bender, A., Mc Carl, B. A. and Van Donge, C. E. 1988. Machinery selection using expert systems and linear programming. Comput. Electron. Agric. 3, 45-61.

Lak, M. B. and Borghaee, A. M. 2011. Multi-criteria decision making based in choosing an appropriate tractor (A case study for Hamedan province). J. Agric. Machinery Eng. 1(1): 41-47. (in Farsi)

Mansouri-Rad, D. 2003. Farm Machinery and Tractor. Bu Ali Sina University Press. Hamedan. Iran. (in Farsi)

Mc Clendon, R. W., Wetzstein, M. E. and Edwards, L. H. 1987. Risk efficiency of machinery selection for double cropping via simulation. T. ASAE. 30(5): 1259-1265.

Momeni, M. 2008. New Topics in Operations Research. Tehran University Press. Tehran. Iran. (in Farsi)

Momeni, M. and Eghbal, Sh. 2004. Sugar cane handling system selection using fuzzy TOPSIS. J. Quant. Econ. 1(2): 21-37. (in Farsi)

Parmar, R. S., Mc Clendon, R. W. and Potter, W. D. 1996. Farm machinery selection using simulation and genetic algorithms. T. ASAE. 39(5): 1905-1909.

Parthanadee, P. and Buddhakulsomsiri, J. 2010. Simulation modeling and analysis for production scheduling using real-time dispatching rules: a case study in canned fruit industry. Comput. Electron. Agric. 70, 245-255.

Pishgar-Komleh, S. H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M. R. and Jafari, A. 2011. The effect of cylinder speed and feeding rate of Wintersteiger combine on seed corn harvesting losses. Proceeding of the 5th National Symposium on Losses of Agricultural Products. Oct. 31. Tehran. Iran. (in Farsi)

Sarkheil, S. and Navid, H. 2010. Evaluating and choosing tractors between four kinds of tractors in engine power of 30 to 90 KW by applying Analytic Hierarchy Process (AHP). Proceeding of the 6th National Conference on Agricultural Machinery Engineering & Mechanization. Sep. 15-16. Karaj. Iran. (in Farsi)

Sogaard, H. T. and Sorensen, C. G. 2004. A model for optimal selection of machinery sizes within the farm machinery system. Biosystems Eng. 89(1): 13-28.

Wang, T. C. and Chang, T. H. 2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. Expert Syst. Appl. 33(4): 870-880.

Wang, Y. M. and Elhag, T. M. 2006. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bride risk assessment. Expert Syst. Appl. 31, 309-319.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.14/No.2/2013/P:81-92

Seed Corn Harvesting System Selection Using TOPSIS and SAW Models

S. H. Pishgar-Komleh*, A. R. Keyhani, M. R. Mostofi-Sarkari and A. Jafari

* Corresponding Author: Ph. D. student of Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: hpishgar@ut.ac.ir
Received: 28 January 2012, Accepted: 29 December 2012

The increase in mechanized harvesting and harvesting machinery has led to the development of scientific approaches for choosing the best harvesting system. Seed corn is an important crop in Iran that is very sensitive to the harvesting system and has high economic value. There are several systems and machines that can be used to harvest seed corn, but all systems should be evaluated precisely. The present study evaluated a two-stage harvesting system (picker-husker), grain combine, and Wintersteiger combine for seven criteria (harvesting loss, energy usage, rent of machinery, safety and comfort of operator, instruction required, maintenance cost, field capacity) using TOPSIS and SAW models. The results of TOPSIS were CL* values of 0.60, 0.57 and 0.42 for picker-husker, grain combine, and Wintersteiger combine, respectively. A* values for the SAW model were 0.78, 0.55 and 0.49, respectively. The calculations produced the same results for the two models and it was concluded that the best system was the picker-husker harvesting system, followed by the grain combine and then the Wintersteiger combine.

Keywords: Alborz province, Grain combine, Picker-husker, SAW, Seed corn, TOPSIS, Wintersteiger combine