

Evaluating and Selecting the Best Method of Weeding in Rice Farm Using TOPSIS Ranking Technique

NAHID TAHERZADEH-SHALMAEI¹, MOHAMMAD SHARIFI^{1*}, HASAN GHASEMI-MOBTAKER¹

1. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May 4, 2020- Revised: June 6, 2020- Accepted: June 9, 2020)

ABSTRACT

In order to evaluate the selection of the best method for rice cultivation from among different methods including: manual weeding, chemical control and mechanical weeding, questionnaires were distributed among farmers and experts of Sowme'eh Sara city in Guilan province. A quantitative and qualitative integration approach was used to analyze the data, and the characteristics were weighed using the entropy method. The comfort of the labor, the amount of environmental pollution, the number of labors needed and the cost have the highest weights, which indicates the importance of these cases for farmers and experts. Multi-indicator methods have a variety of methods at different stages of decision making. In these methods, several options are compared based on several different criteria, and finally the best option or sequence of appropriate options is selected. Using the TOPSIS method, ranking was performed between different weeding methods. The results showed that the highest degree of impact is related to the mechanical weeder with 0.7221, followed by chemical control and manual weeding with importance degree of 0.5019 and 0.3730, respectively. Efforts and support from officials in management, providing skills training, proper culture, and budget allocation for farmers are effective and effective solutions.

Keywords: Rice weed, TOPSIS method, Manual weeding, Chemical control, Mechanical weeding

* Corresponding Author's Email: m.sharifi@ut.ac.ir

ارزیابی و انتخاب بهترین روش وجین کاری علف‌های هرز برنج با استفاده از تکنیک رتبه‌بندی تاپسیس

ناهید طاهرزاده شالمائی^۱، محمد شریفی^{۱*}، حسن قاسمی مبتکر^۱

۱. گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۵ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۳/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۳/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی انتخاب بهترین روش وجین کاری برنج از بین روش‌های مختلف شامل وجین دستی، کنترل شیمیایی و وجین کن مکانیکی، پرسش‌نامه‌هایی بین کشاورزان و کارشناسان شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان توزیع گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها یک رویکرد تلفیقی کمی و کیفی مورد استفاده قرار گرفت و با استفاده از روش آنترویی، شاخص‌ها وزن شدند. راحتی کار، میزان آلودگی محیطی، تعداد کارگر مورد نیاز و هزینه، بیشترین وزن‌ها را داشته که نشان‌دهنده اهمیت این موارد برای کشاورزان و کارشناسان است. روش‌های چند شاخصه دارای شیوه‌های متنوعی در مراحل مختلف تصمیم‌گیری هستند. در این روش‌ها چندین گزینه بر اساس چندین معیار مختلف با هم مقایسه شده و در نهایت بهترین گزینه یا ترتیبی از گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند. با استفاده از روش TOPSIS رتبه‌بندی بین روش‌های مختلف انجام شد. نتایج نشان داد که وجین کن مکانیکی با ۰/۷۲۲۱، دارای بیشترین درجه اهمیت می‌باشد و بعد از آن مبارزه شیمیایی با درجه اهمیت ۰/۵۰۱۹ و وجین دستی با درجه اهمیت ۰/۳۷۳۰ قرار دارند. تلاش و حمایت مسئولان در مدیریت، ارائه آموزش‌های مهارتی، فرهنگ‌سازی مناسب و تخصیص بودجه برای کشاورزان، از راهکارها مؤثر و نتیجه‌بخش به‌شمار می‌روند.

واژه‌های کلیدی: علف‌هرز برنج، روش تاپسیس، وجین دستی، کنترل شیمیایی، وجین کن مکانیکی

مقدمه

محصولات زراعی دنیا و کاهش‌دهنده حدود ۲۵ درصد عملکرد بالقوه زمین‌های کشاورزی به‌شمار می‌آیند و تهدید جدی برای تولید محصولات کشاورزی هستند. این گیاهان ناخواسته علاوه بر رقابت برای جذب آب، عناصر غذایی و نور، پناهگاه عمده آفات و بیماری‌های گیاهی هستند و با مزاحمت در عملیات کاشت، داشت و برداشت موجب کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شوند (Dass et al., 2017). از بین علف‌های هرز مختلف، جنس سوروف به دلیل شباهت مرفولوژیکی، فنولوژیکی و برتری فیزیولوژیکی به برنج، به‌عنوان مهم‌ترین علف هرز این زراعت در دنیا شناخته شده است. در سال ۸۸-۱۳۸۷ آزمایشی به‌منظور ارزیابی اثر تداخل علف‌هرز سوروف و سوروف برنج بر روی شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد برنج در مؤسسه برنج کشور (رشت) انجام شد و نتایج نشان داد که تداخل هر دو گونه علف‌هرز موجب کاهش عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، بیوماس و شاخص‌های رشد در برنج گردید. کاهش عملکرد برنج در تراکم‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ بوته سوروف، به‌ترتیب ۴۶/۵، ۶۰ و ۷۳ درصد و تداخل با سوروف برنج ۵۷، ۶۷ و ۷۰ درصد بود (Golmohammadi et al., 2009). باتوجه به اثرات منفی استفاده بیش از اندازه علف‌کش‌ها

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده نیاز غذایی جهان است و غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد. در نتیجه مصرف‌کنندگان برنج همیشه خواستار دانه‌هایی با کیفیت بالا هستند (Okpala et al., 2020). سطح زیرکشت برنج در ایران بیش از ۳۹۶۸۷۷ هکتار بوده و فصل زراعی محصول برنج (کاشت، داشت و برداشت) حدود پنج تا شش ماه است (FAO, 2018). ایران در سال ۱۳۹۸ حدود ۳/۲ میلیون تن شلتوک تولید نمود که استان گیلان به‌عنوان یکی از مراکز اصلی کشت برنج کشور در طی همین سال با تولید ۶۵۵ هزار تن شلتوک، ۲۴/۲ درصد از تولید کل کشور را به‌خود اختصاص داده است. گیلان، مازندران و گلستان به‌ترتیب با سطح زیرکشت ۲۰۲۲۸۷، ۱۸۸۲۱۲ و ۳۵۲۷۰ هکتار، بیش‌ترین سطح زیرکشت برنج را در کشور دارا هستند. در بین فعالیت‌های کشاورزی استان گیلان، تولید برنج که از دیرباز به‌عنوان یکی از غلات اساسی بوده، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Ministry of Agriculture, 2019). علف‌های هرز مهم‌ترین مانع بیولوژیکی در تولید برنج هستند. این گیاهان عامل یک سوم کل خسارت وارده بر

به حل مسائل مزبور کمک می‌کنند (Zhang & Yon, 2014). روش‌های چند شاخصه دارای شیوه‌های متنوعی در مراحل مختلف تصمیم‌گیری هستند. در این روش‌ها چندین گزینه براساس چندین معیار مختلف با هم مقایسه شده و در نهایت بهترین گزینه یا ترتیبی از گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند. روش‌های MADM بر پایه استدلال‌های ریاضی، بهترین گزینه تصمیم‌گیری را از بین گزینه‌های موجود با اولویت‌بندی آن‌ها تعیین می‌کنند. روش تاپسیس (TOPSIS) یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند شاخصه است که اولین بار توسط هوآنگ و یون در سال ۱۹۸۱ معرفی شده است (Hwang & Yoon, 2012).

پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌های گوناگون با استفاده از فن تاپسیس انجام شده است. Constanta-Zoie *et al.* (2010) دریافتند، معیارهای در نظر گرفته شده با توجه به مفاهیم کشاورزی پایدار به معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طبقه‌بندی می‌شوند. رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس انجام شد و معیار زیست‌محیطی با ۰/۱۹۶ کمترین و معیار اقتصادی با ۰/۴۹۳ بیشترین تأثیر را در پایداری کشاورزی هفت منطقه رومانی (ایالومیتسا، کالاراشی، تلئورمان، جورجی، پراهووا، دمبوویتسا و ارجش) دارد. نتایج رتبه‌بندی نظام‌های کشت مرودشت در استان فارس بر پایه سه شاخص اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی حاکی از آن بود که منطقه‌ی شش به‌عنوان منطقه‌ی ناپایدار، مناطق یک و چهار به‌عنوان مناطق پایدار، منطقه‌ی پنج به‌نسبت پایدار و مناطق دو و سه به‌عنوان مناطق به‌نسبت ناپایدار ارزیابی و مقایسه شدند (Hassanshahi *et al.*, 2015). Mohsenzadeh *et al.* (2016) به رتبه‌بندی اقتصادی برخی گندم‌های کشت‌شده در ایران با استفاده از فن تاپسیس پرداختند، نتایج نشان داد که رقم اروند ۱ در شرایط شاهد با درجه اهمیت ۰/۹۶ و در شرایط شوری با درجه اهمیت ۰/۹۹ در بین رقم‌های مورد بررسی بهترین رقم است و رقم‌های کرج ۱ و چمران در شرایط تنش خشکی جزء رتبه‌های برتر هستند. در مطالعه‌ای دیگر به بررسی وضعیت فرایند مدیریت دانش کشاورزی و رتبه‌بندی مؤلفه‌های آن (تولید دانش، ذخیره و بازیابی دانش، انتقال و تسهیم دانش و کاربرد دانش) در سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران پرداخته شده است. اولویت‌بندی مؤلفه‌های مدیریت دانش کشاورزی از روش تاپسیس استفاده شد و یافته‌ها نشان دادند که در فرآیند مدیریت دانش کشاورزی هرچه سازمان جهاد کشاورزی از حلقه تولید دانش به سمت کاربرد آن پیش رفته است این فرآیند ضعیف‌تر عمل کرده است (Feyz Abadi & Molaei, 2018). در یک پژوهش دیگر که تجزیه و

نظیر آلودگی‌های زیست‌محیطی، افزایش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و به‌خطر افتادن سلامت انسان، استفاده از روش‌های مدیریتی صحیح در مبارزه با علف‌های هرز ضروری به‌نظر می‌رسد (Singh *et al.*, 2015). وجین‌دستی به علف‌هرز اجازه می‌دهد تا برای فرار از شناسایی، صفات مرفولوژیکی مشابه برنج ایجاد نماید. نبود کارگر در زمان مناسب وجین جهت به‌حداقل رساندن علف‌هرز (اگر وجین با تأخیر انجام گیرد خسارت جبران‌ناپذیری به محصول وارد می‌شود) از مشکلات وجین‌دستی می‌باشد. در طی مراحل اولیه استقرار، علف‌هرز ۲۰ الی ۳۰ درصد رشد را انجام می‌دهد درحالی‌که محصول ۲ تا ۳ درصد مراحل رشدی خود را طی نموده است (Golmohammadi *et al.*, 2009). در ایران به‌علت نامناسب بودن تجهیزات مکانیکی مبارزه با علف‌هرز، کم بودن راندمان آن‌ها و سازگار نبودن بسیاری از این تجهیزات با شرایط زراعی موجود، سبب شده است که کشاورزان تمایل بیشتر به استفاده از روش‌های شیمیایی داشته باشند. همچنین در مطالعه‌ای نشان داده شد که روش شیمیایی، وجین‌کن مکانیکی بدون موتور، وجین‌کن مکانیکی موتوردار و روش وجین دستی به‌ترتیب با میانگین نسبت‌های وزنی: ۰/۳۴، ۰/۲۲۵، ۰/۲۱۹ و ۰/۲۱۶، نشان‌دهنده اولویت‌های وجین‌کاری در مزارع برنج در شمال کشور به‌شمار می‌آیند (Eskandari-Cherati, 2012). بیشترین تعداد وجین‌کن برنج در کشور مربوط به استان گیلان با ۴۴۰ دستگاه و بعد از آن مازندران، فارس، قزوین، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، ایلام، آذربایجان شرقی و گلستان به‌ترتیب با ۵۰، ۱۱، ۹، ۵، ۴، ۲، ۲، ۱ و ۱ دستگاه در رده‌های بعدی قرار دارند (Ebadzadeh *et al.*, 2018). امروزه با ارائه روش‌های جدید، بالابردن سطح مکانیزاسیون کشاورزی در منطقه و بهینه‌کردن تجهیزات مورد استفاده، براساس شرایط موجود می‌توان در کشاورزان گرایش بیشتری نسبت به استفاده از تجهیزات و روش‌های مکانیکی ایجاد نمود (Lemerle & Sutherland, 2000).

بیشتر تصمیم‌گیری‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف کمی و کیفی قرار دارد که اغلب این عوامل با یکدیگر در تعارض هستند و اشتباه و عدم دقت در تصمیم‌گیری مستلزم پرداخت هزینه خطاست (Ghodsipour, 2002). طبیعی است که حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره دارای پیچیدگی است و به‌راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد، به‌ویژه آن‌که اغلب معیارهای موردنظر با یکدیگر تعارض دارند و افزایش مطلوبیت یکی می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. به‌همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و به ویژه تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) توسعه داده شده‌اند که

شهرستان صومعه سرا در استان گیلان، در فاصله ۲۵ کیلومتری غرب شهرستان رشت، در موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف‌النهار گرینویچ و در ارتفاع ۲۰ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد قرار دارد. محصولات عمده این شهرستان برنج، چای، نیشکر، کرم‌ابریشم، زعفران و چوب صنعتی صنوبر است. دارای اقلیم مرطوب و معتدل با میانگین دمای سالانه ۱۵ درجه سلسیوس و میانگین بارش سالانه ۱۳۹۶ میلی‌متر می‌باشد (Hassanimehr & Abdolhazadeh-Chamani, 2011).

به‌منظور انجام این پژوهش پس از بررسی اسناد و گزارشات و انجام مطالعات پایه، به‌منظور ارزیابی و انتخاب بهترین روش وجین‌کاری علف‌هرز از بین سه گزینه (۱) وجین دستی، (۲) مبارزه شیمیایی و (۳) وجین‌کن مکانیکی با ۱۲ معیار مرتبط از منابع مطالعاتی و بر اساس نظر کارشناسان مربوطه برای این مطالعه در شهرستان صومعه سرا در سال ۱۳۹۸ شناسایی شد که در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- معیارها در ارزیابی و انتخاب بهترین روش وجین علف‌هرز برنج

منابع	معیارها	ردیف
Eskandari-Cherati, (2012)	تعداد نفر-ساعت کارگر موردنیاز	C ₁
Eskandari-Cherati, (2012)	میزان مقبولیت عامه	C ₂
Eskandari-Cherati, (2012)	راحتی کار	C ₃
Eskandari-Cherati, (2012)	میزان آلودگی	C ₄
Yousefnia-Pasha, (2011)	هزینه	C ₅
Firouzi <i>et al.</i> , (2011)	نسبت سود به هزینه	C ₆
Yousefnia-Pasha, (2011)	درآمد خالص برنج	C ₇
Eskandari-Cherati, (2012)	تأثیر بر میزان علف‌هرز در مزرعه	C ₈
Bakhshi <i>et al.</i> , (2015)	تأثیر بر صفت رویشی برنج	C ₉
Bakhshi <i>et al.</i> , (2015)	عملکرد برنج در واحد سطح	C ₁₀
Bakhshi <i>et al.</i> , (2015)	مهارت و تجربه مورد نیاز	C ₁₁
Firouzi <i>et al.</i> , (2011)	زمان انجام کار	C ₁₂

C_i معیارهایی که گزینه‌ها بر اساس آن ارزیابی می‌شوند.

پرسش‌نامه‌ای که به‌صورت طیف لیکرت طراحی شده و جواب‌های آن چند گزینه‌ای می‌باشند، به‌کار می‌رود. ترتیب سؤالات (از نظر امتیاز سؤالات) برای ضریب آلفای کرونباخ مهم نیست، چون این ضریب محاسبات را بر اساس واریانس انجام می‌دهد. مقدار این ضریب با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن k تعداد گزینه‌ها، S^2 واریانس جمع نمره‌های هر پاسخگو S_i^2 واریانس نمرات مربوط به گویه شماره i ام است (Fathi-Ashtiyani, 2010). در این پژوهش برای محاسبه آلفای کرونباخ از نرم افزار SPSS استفاده شد. اگر مقدار ضریب آلفای

تحلیل داده‌ها به‌ترتیب برای وزن‌دهی شاخص‌ها و رتبه‌بندی سطوح توسعه‌یافتگی با استفاده از تکنیک‌های آنالیز و تاپسیس انجام شده بود، استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به‌ترتیب با ضرایب توسعه‌یافتگی ۰/۵۴۰۱، ۰/۴۳۶۷ و ۰/۴۱۱۱ در رتبه‌های اول، دوم و سوم از نظر سطوح توسعه مکانیزاسیون کشاورزی قرار داشتند (Khodaverdi & Forouzani, 2016).

مبارزه با علف‌های هرز برنج، کار پرهزینه‌ای می‌باشد؛ زیرا با رشد سریع خود و رقابت با گیاه زراعی، خسارات زیادی به محصول وارد می‌کنند. لذا با توجه به انجام نشدن این مطالعه در منطقه مورد نظر، تصمیم‌گیری واقعی و منعطف در ارزیابی و انتخاب روشی مناسب با به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری چندشاخصه جهت رتبه‌بندی گزینه‌های مؤثر برای وجین‌کاری علف‌های هرز برنج در شهرستان صومعه سرا، استان گیلان ضروری است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ارزش شاخص بین ۰ و ۱ قرار دارد، هرچه نمره شاخص بالاتر باشد در اولویت انتخاب بالاتری قرار می‌گیرد. در این راستا پرسش‌نامه‌ای با هدف شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در وجین علف‌هرز با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده طراحی گردید. با توجه به کم بودن تعداد وجین‌کن مکانیکی در سطح شهرستان، جامعه تحقیق ۳۰ تن بود و در بین کارشناسان و کشاورزانی توزیع گردید که از هر ۳ روش وجین برای محصول برنج استفاده کرده بودند (Ministry of Agriculture, 2019). برای پایایی (قابلیت اعتماد) پرسش‌نامه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد. این روش برای آزمون قابلیت اعتماد یا پایایی

اساس آن ارزیابی می‌شوند و r_j ارزش هر شاخص متناسب با هریک از گزینه‌ها است (Asgharpour, 2010).

جدول ۲- ماتریس تصمیم‌گیری انتخاب بهترین روش وجین علف‌هرز برنج

	X_1	X_2	...	X_j	...	X_n
A_1	r_{11}	r_{12}	...	...	...	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	...	...	...	r_{2n}
...
A_i	r_{i1}	...	...	r_{ij}	...	r_{in}
...
A_m	r_{m1}	r_{m2}	...	...	...	r_{mn}

گام دوم: بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری است. روش بی‌مقیاس‌سازی معمولی مورد توجه قرار گرفت، یعنی هر درایه بر مجموع درایه‌های آن ستون از شاخص مورد نظر تقسیم شد و ارزش هر شاخص متناسب با هریک از گزینه‌ها، به صورت بی‌وزن شده است (Asgharpour, 2010).

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \cdot \forall i, j \quad (\text{رابطه ۲})$$

گام سوم: محاسبه آنتروپی هر یک از شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۳) صورت می‌گیرد که در آن E_i بیانگر مقدار عدم اطمینان، K یک مقدار ثابت مثبت و m تعداد گزینه‌ها است. (رابطه ۳)

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln(P_{ij})], (0 \leq E_j \leq 1). K = \frac{1}{\ln(m)}$$

گام چهارم: محاسبه انحراف معیار هر یک از شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۴) است که در آن، d_j درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده به‌ازای گزینه j است.

$$d_j = 1 - E_j \cdot \forall j \quad (\text{رابطه ۴})$$

گام پنجم: در انتها محاسبه هر یک از وزن شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۵) صورت می‌گیرد (Asgharpour, 2010).

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \cdot \forall j \quad (\text{رابطه ۵})$$

روش تاپسیس

در این روش تعدادی گزینه و تعدادی معیار برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند و یا اینکه به هر یک از آن‌ها یک نمره کارایی اختصاص داده شود. فلسفه کلی روش تاپسیس این است که با استفاده از گزینه‌های موجود، دو گزینه فرضی تعریف می‌شوند. یکی از این گزینه‌ها مجموعه‌ای از بهترین مقادیر مشاهده شده در ماتریس تصمیم‌گیری است. این گزینه را اصطلاحاً ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) می‌نامند. ضمن اینکه یک گزینه فرضی دیگر تعریف

کرومباخ، بیش از ۰/۷ باشد، می‌توان از همبستگی درونی سؤالات پرسش‌نامه مطمئن بود. در غیر این صورت باید با حذف سؤالات اضافی و محاسبه ضریب آلفای کرومباخ به پایایی مطلوب رسید.

تعیین وزن شاخص‌های مورد مطالعه، یکی از مهم‌ترین مراحل روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به‌شمار می‌رود؛ زیرا در اغلب موارد، ارزیابی همه شاخص‌ها در یک فرآیند یکپارچه و ادغام شده، ملاک تعیین گزینه یا گزینه‌های برتر است. اساساً دو روش کلی برای مشخص کردن وزن شاخص‌ها وجود دارد:

وزن‌دهی مستقیم و وزن‌دهی غیرمستقیم. در روش مستقیم، وزن شاخص‌ها براساس دیدگاه‌های کارشناسان، نتایج پرسشنامه و سایر روش‌های مرسوم که در آن‌ها فرآیند وزن‌دهی شاخص‌ها بدون در نظر گرفتن داده‌های آماری گزینه‌ها انجام می‌شود، تعیین می‌گردد. به طوری که حتی قبل از گردآوری داده‌های مربوط به گزینه‌ها، می‌توان وزن شاخص‌ها را محاسبه کرد. در روش‌های غیرمستقیم، وزن شاخص‌ها از تحلیل داده‌ها به‌دست می‌آید. بنابراین در این روش، گردآوری داده‌ها پیش از آغاز فرآیند وزن‌دهی ضروری است. به‌طور خلاصه ملاک در روش‌های مستقیم از دیدگاه برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان، تعیین وزن شاخص‌ها است و در روش‌های غیرمستقیم، داده‌های آماری گزینه‌های مورد ارزیابی هستند (Sheikhbigloo & Taghvaei, 2013). در این مطالعه با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون (وزن‌دهی غیرمستقیم)، برای تعیین وزن شاخص‌ها استفاده شده است (Zhao et al., 2010). تکنیک وزن‌دهی آنتروپی، به‌عنوان ابزاری هدفمند برای تحلیل‌گران پروژه‌ها، خواه پروژه‌های تولیدی یا صنعتی و یا در مواردی دیگر ساخت و ساز، با درجات مختلفی از ریسک و عدم اطمینان (ابهام) همراه است. دلیل وجود این عدم اطمینان در پروژه‌ها، عدم آگاهی از رویدادهای غیر ممکن و یا ضعف در پیش‌بینی آن‌ها است. این عدم اطمینان یا ریسک، با درجات مختلفی در پروژه‌ها ظاهر می‌شود که به نوع پروژه، حجم تعاملات و عملیات مرتبط با آن گونه ارتباط کاملاً مستقیمی دارد. معمولاً، مزیت اصلی این روش تعامل با معیارهای تصمیم متعارض و متفاوت بوده که تکنیک‌های کیفی و کمی متفاوتی را برای اجرای تحلیل به‌کار می‌گیرد (Amani et al., 2013). در پژوهش حاضر به‌منظور استفاده از این تکنیک وزن‌دهی، مراحل زیر به‌ترتیب انجام شد:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری می‌باشد. ماتریس تصمیم‌گیری، حاوی اطلاعاتی است که از آن به‌عنوان معیاری برای ارزیابی آنتروپی استفاده می‌شود. اگر ماتریس تصمیم‌گیری به‌صورت جدول (۲) در نظر گرفته شود، A_i گزینه‌هایی است که قرار است رتبه‌بندی شوند، X_j شاخص‌هایی است که گزینه‌ها بر

$$A^+ = \left\{ \begin{array}{l} (\max v_{ij} | j \in J). \\ (\min v_{ij} | j \in J). \\ (i = 1.2.3. \dots . m) \\ \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_i^+, \dots, v_n^+\} \end{array} \right\} = \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$A^- = \left\{ \begin{array}{l} (\min v_{ij} | j \in J). \\ (\max v_{ij} | j \in J). \\ (i = 1.2.3. \dots . m) \\ \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_i^-, \dots, v_n^-\} \end{array} \right\} = \quad (\text{رابطه ۹})$$

با استفاده از رابطه (۱۰) فاصله گزینه i ام از ایده‌آل مثبت و رابطه (۱۱) فاصله گزینه i ام از ایده‌آل منفی را می‌توان محاسبه کرد (Ghanbari et al., 2014):

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \cdot i \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$= 1.2.3. \dots . m$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \cdot i \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$= 1.2.3. \dots . m$

مرحله بعدی محاسبه نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل است. شاخص نزدیکی نسبی با استفاده از رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود و رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس میزان CL_i^+ است. هر اندازه گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل نزدیکتر باشند، ارزش CL_i^+ به واحد نزدیکتر خواهد بود (Amanpour et al., 2013):

$$CL_i^+ = \left[\frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \right]; 0 \leq CL_i^+ \leq 1; i \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

$= 1.2. \dots . m$

نتایج و بحث

ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده در نرم افزار SPSS، ۰/۷۴۸ به‌دست آمد و بیانگر این موضوع است که پرسش‌نامه‌های مورد استفاده در این پژوهش از پایایی قابل قبولی برخوردار است. همچنین نظرات کشاورزان منطقه مورد مطالعه اخذ و با طیف لیکرت ۹ تایی کمی شد و ماتریس حاصل از نظرات با میانگین حسابی به یک ماتریس گروهی تبدیل شد که نتایج در جدول (۳) آورده شده است.

می‌شود که شامل بدترین حالت‌های ممکن باشد. این گزینه ایده‌آل منفی نام دارد (Ertugrul & Karakasoglu, 2008). معیارها می‌تواند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند. در این تحقیق معیارهای میزان مقبولیت عامه، راحتی کار، نسبت سود به هزینه، درآمد خالص برنج، تأثیر بر میزان علف هرز در مزرعه و عملکرد برنج در واحد سطح ماهیت مثبت دارند و تعداد نفر-ساعت کارگر موردنیاز، میزان آلودگی، هزینه، تأثیر بر صفت رویشی برنج، مهارت و تجربه مورد نیاز و زمان انجام کار دارای ماهیت منفی هستند. همچنین معیار محاسبه نمرات در روش تاپسیس این است که گزینه‌ها تا حد امکان به گزینه ایده‌آل مثبت (A^+) نزدیک و از گزینه ایده‌آل منفی (A^-) دور باشند. بر این اساس یک نمره برای هر گزینه محاسبه می‌شود و گزینه‌ها مطابق این نمرات رتبه بندی می‌شوند (Wang & Elhag, 2006).

با استفاده از رابطه (۶) ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده تبدیل گردید:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

در این رابطه r_{ij} ارزش هر شاخص متناسب با هر گزینه و Π_{ij} ارزش هر شاخص به صورت بی‌وزن شده است. سپس با استفاده از بردار معلوم W (رابطه ۵) و رابطه (۷)، ماتریس بی‌مقیاس وزین (V) به‌دست آمد. $W_{m \cdot n}$ بردار وزن و N_D (رابطه ۶) ارزش هر شاخص به صورت بی‌وزن شده است (Karam & Kiani, 2014):

$$V = N_D \times W_{m \cdot n} \quad (\text{رابطه ۷})$$

پس از تعیین ماتریس بی‌مقیاس وزین دار، گزینه‌ها با مدل تاپسیس در گام‌های بعدی رتبه‌بندی شدند و به ترتیب زیر اجرا گردید:

مشخص نمودن راه حل ایده‌آل مثبت با استفاده از رابطه (۸) و راه حل ایده‌آل منفی با استفاده از رابطه (۹) می‌باشد (Lozano et al., 2016):

جدول ۳- ماتریس گروهی مربوط به شاخص‌ها و گزینه‌های مختلف وجین علف‌هرز برنج

A_i^+	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
A_1	۶/۳۸	۷/۶۳	۲/۶۳	۳	۷/۷۵	۲/۷۵	۳/۸۸	۴/۱۳	۶/۲۵	۶/۱۳	۵/۸۸	۷/۷۵
A_2	۲/۲۵	۵/۵	۲/۵	۷/۵	۴/۸۸	۴/۶۳	۴/۸۸	۶/۷۵	۴/۶۳	۴/۵	۲/۶۳	۲/۶۳
A_3	۲/۶۳	۲/۳۸	۷	۲/۶۳	۲/۳۸	۷/۱۳	۷	۵/۱۳	۶/۵	۷/۵	۲/۳۸	۴/۱۳

A_i : گزینه‌هایی که باید رتبه‌بندی شوند و C_j شاخص‌هایی که گزینه‌ها بر اساس آن ارزیابی می‌شوند.

سپس جدول (۳) با استفاده از رابطه (۲) بی‌مقیاس گردید:

جدول ۴- ماتریس بی مقیاس شده خطی برای انتخاب بهترین گزینه وجین علف‌هرز برنج

R_i^*	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
R_1	۰/۵۶۶۰	۰/۴۹۱۶	۰/۲۱۶۸	۰/۲۲۵۸	۰/۵۱۶۳	۰/۱۸۵۹	۰/۲۴۶۲	۰/۲۵۸۰	۰/۳۵۹۶	۰/۳۳۸۱	۰/۵۳۹۹	۰/۵۳۴۱
R_2	۰/۱۹۹۸	۰/۳۵۴۶	۰/۲۰۶۱	۰/۵۷۱۲	۰/۳۲۵۱	۰/۳۱۹۱	۰/۳۰۹۶	۰/۴۲۱۶	۰/۲۶۶۴	۰/۲۴۸۲	۰/۲۴۱۵	۰/۱۸۱۳
R_3	۰/۲۳۳۶	۰/۱۵۳۴	۰/۵۷۷۱	۰/۲۰۰۴	۰/۱۵۸۶	۰/۴۹۱۴	۰/۴۴۴۲	۰/۳۲۰۴	۰/۳۷۴۰	۰/۴۱۳۷	۰/۲۱۸۵	۰/۲۸۴۶

R_i : گزینه‌هایی که باید رتبه‌بندی شوند و C_j شاخص‌هایی که گزینه‌ها بر اساس آن ارزیابی می‌شوند.

ماتریس عدم اطمینان با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شده است:

جدول ۵- ماتریس عدم اطمینان مربوط به گزینه‌های مورد نظر برای تعیین روش مناسب وجین

E_j^*	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}
	۰/۸۹۵۱	۰/۹۱۴۱	۰/۸۸۶۷	۰/۸۹۱۴	۰/۹۰۹۰	۰/۹۳۶۵	۰/۹۷۲۶	۰/۹۸۱۵	۰/۹۹۰۳	۰/۹۸۰۹	۰/۹۱۷۸	۰/۹۱۲۲

E_j : مقدار عدم اطمینان

سپس میزان انحراف از معیار محاسبه شده است:

جدول ۶- ماتریس درجه انحراف از معیار گزینه‌های مختلف وجین علف‌هرز برنج

d_j^*	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}	d_{12}
	۰/۱۰۴۹	۰/۰۸۵۹	۰/۱۱۳۲	۰/۱۰۸۶	۰/۰۹۱۰	۰/۰۶۳۵	۰/۰۲۷۸	۰/۰۱۸۵	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱۹۱	۰/۰۸۲۲	۰/۰۸۷۸

d_j : درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده به ازای گزینه j

در گام آخر وزن‌ها محاسبه شدند:

جدول ۷- ماتریس وزن‌های مربوط به گزینه‌های مورد نظر برای تعیین روش مناسب وجین

w_j^*	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	w_{11}	w_{12}
	۰/۱۲۹۳	۰/۱۰۵۸	۰/۱۳۹۵	۰/۱۳۳۸	۰/۱۱۲۱	۰/۰۷۸۲	۰/۰۳۳۷	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۱۹	۰/۰۲۳۵	۰/۱۰۱۳	۰/۱۰۸۱

w_j : وزن‌ها از شاخص‌های موجود

ماتریس تصمیم از رابطه (۶) نرمال شده است:

جدول ۸- ماتریس نرمال شده مربوط به شاخص‌ها و گزینه‌های مختلف وجین علف‌هرز برنج

R_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
R_1	۰/۸۷۹۰	۰/۷۸۶۴	۰/۳۳۳۶	۰/۳۵۳۱	۰/۸۱۹۰	۰/۳۰۷۸	۰/۴۱۳۹	۰/۴۳۷۹	۰/۶۱۶۶	۰/۵۷۳۹	۰/۵۸۶۳	۰/۸۴۵۴
R_2	۰/۳۱۰۰	۰/۵۶۶۹	۰/۳۱۷۱	۰/۸۸۲۹	۰/۵۱۵۷	۰/۵۱۸۲	۰/۵۲۰۶	۰/۷۱۵۸	۰/۴۵۶۸	۰/۴۲۱۳	۰/۳۸۳۰	۰/۲۸۶۹
R_3	۰/۳۶۲۳	۰/۲۴۵۳	۰/۸۸۷۸	۰/۳۰۹۶	۰/۲۵۱۵	۰/۷۹۸۰	۰/۷۴۶۸	۰/۵۴۴۰	۰/۶۴۱۲	۰/۷۰۲۲	۰/۳۴۶۶	۰/۴۵۰۵

R_i : گزینه‌هایی که باید رتبه‌بندی شوند و C_j شاخص‌هایی که گزینه‌ها بر اساس آن ارزیابی می‌شوند.

جدول ۹- ماتریس ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی هر یک از گزینه‌های وجین علف‌هرز برنج

A^+	A^-	
۰/۱۱۴۳	۰/۰۴۰۳	C_1
۰/۰۲۷۰	۰/۰۸۶۵	C_2
۰/۰۴۴۴	۰/۱۲۴۳	C_3
۰/۱۱۴۸	۰/۰۴۰۲	C_4
۰/۰۹۰۱	۰/۰۲۷۷	C_5
۰/۰۲۴۶	۰/۰۶۳۸	C_6
۰/۰۱۲۴	۰/۰۲۲۴	C_7
۰/۰۰۸۸	۰/۰۱۴۳	C_8
۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۴۶	C_9
۰/۰۰۸۴	۰/۰۱۴۰	C_{10}
۰/۰۸۵۶	۰/۰۳۴۷	C_{11}
۰/۰۹۳۰	۰/۰۳۱۶	C_{12}

به نظر می‌رسد که پارامترهای راحتی کار (۰/۱۳۹۵)، میزان آلودگی محیطی (۰/۱۳۳۸)، تعداد کارگر مورد نیاز (۰/۱۲۹۳) و هزینه (۰/۱۱۲۱) بیشترین تأثیر و پارامتر تأثیر بر صفت رویشی برنج با وزن ۰/۱۱۹ کمترین اثر را بر انتخاب روش وجین‌کاری دارند. به بیان دیگر، افزایش راحتی کار و کاهش میزان آلودگی محیطی با به‌کارگیری وجین‌کن مکانیکی امکان‌پذیر خواهد بود که نشان‌دهنده اهمیت عوامل ارگونومیکی برای کارشناسان و کشاورزان در بخش زراعت برنج است. همچنین با توجه به شاخص‌های تأثیر بر میزان علف‌هرز در مزرعه، تأثیر روی صفت رویشی برنج و عملکرد برنج در واحد سطح، مبارزه شیمیایی بر علف‌هرز و صفت رویشی برنج، به‌ترتیب تأثیر بسیار زیاد و کمی دارد اما با توجه به وزن‌های به‌دست آمده که نشان‌دهنده کم‌ترین مقدار این شاخص‌ها از بین شاخص‌های تعیین شده می‌باشد، این عوامل از اهمیت زیادی برای کشاورزان برخوردار نبوده‌اند. همچنین افزایش شدید آلودگی محیط‌زیست، کاهش مقاومت گیاه در برابر انواع آفات و بیماری‌ها و افزایش میزان ورس (خوابیدن گیاه) از معایب عمده آن در مزارع شالیزاری به‌شمار می‌آیند. در روش وجین دستی به‌خاطر عدم استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، هیچ علف‌هرزی در برابر این روش مقاومت نشان نمی‌دهد؛ زیرا در هنگام وجین، هر نوع علف‌هرز توسط دست جمع‌آوری و یا مدفون می‌شود. به‌خاطر عدم استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، آلودگی‌های زیست‌محیطی (آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک و محصول) به‌مراتب کمتر بوده و روش متداولی برای کشت ارگانیک یا تولید برنج سالم به‌شمار می‌آید، اما به‌کارگیری وجین دستی بسیار زمان‌بر و پرهزینه است. از این‌رو، به‌منظور بهبود سطح درآمدی کشاورزان و جاذبه اقتصادی کشاورزی، به‌کارگیری از روش مناسب وجین ضروری است (Eskandari-Cherati, 2012). به‌منظور مقایسه کارایی و هزینه‌های چند روش کنترل علف‌هرز در زراعت برنج آزمایش مزرعه‌ای در شهرستان بابل در سال زراعی ۱۳۹۰ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با ۷ تیمار شامل دو بار وجین دستی، دو بار وجین‌کن موتوردار، وجین‌کن موتوردار با وجین دستی، دو بار وجین‌کن نویدور (بزار نیمه مکانیکی)، علف‌کش با وجین دستی، شاهد (عدم مبارزه با علف‌های هرز) و علف‌کش یک بار انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کارایی شش تیمار (به‌جز تیمار عدم مبارزه) در حد مطلوب بوده و تفاوت معنی‌داری با هم ندارند، اما هزینه‌های کنترل علف‌هرز در آن‌ها متفاوت است. روش دو بار وجین دستی به‌دلیل هزینه زیاد وجین، سختی کار و محدودیت کارگر در زمان مورد

W_j که همان وزن معیارها است و در جدول (۷) محاسبه شده است، ورودی برای روش تاپسیس می‌باشد. در روش تاپسیس بعد از تشکیل ماتریس تصمیم که در جدول (۸) آماده است، باید ماتریس وزن‌دار تشکیل شود. وزن معیارها (W) که از آنتروپی شانون در جدول (۷) به‌دست آمده است در ماتریس نرمال تاپسیس طبق رابطه (۷) ضرب شد و سپس برای تعیین ایده‌آل مثبت (بالترین عملکرد هر شاخص) و ایده‌آل منفی (پایین‌ترین عملکرد هر شاخص)، از روابط (۸) و (۹) استفاده شد و نتایج در جدول (۹) آورده شده است:

جدول (۱۰) میزان شاخص نسبی و نزدیکی فاصله را از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی نشان می‌دهد و گزینه‌ها بر اساس درجه اهمیت طبقه‌بندی شدند که نتیجه در این جدول به‌وضوح قابل مشاهده است:

رتبه	CL_i^+	D_i^-	D_i^+	A_i
۳	۰/۳۷۳۰	۰/۱۵۳۲	۰/۰۹۱۱	A_1
۲	۰/۵۰۱۹	۰/۱۱۸۲	۰/۱۱۹۱	A_2
۱	۰/۷۲۲۱	۰/۰۶۲۷	۰/۱۶۲۸	A_3

در بین گزینه‌های بیان‌شده، ارزیابی و انتخاب بهترین روش وجین‌کاری علف‌هرز برنج از بین روش‌های وجین دستی، مبارزه شیمیایی و وجین‌کن مکانیکی، مورد سنجش قرار گرفته و پس از محاسبه و رتبه‌بندی آن‌ها در جدول (۱۰)، وجین‌کن مکانیکی با مقدار ۰/۷۲۲۱ در رده اول اهمیت قرار گرفته است. مبارزه شیمیایی و وجین دستی با مقادیر ۰/۵۰۱۹ و ۰/۳۷۳۰ به‌ترتیب در رده دوم و سوم قرار می‌گیرند. در مطالعه‌ای مشابه، مقایسه روش‌های متداول در کنترل علف‌های هرز مزرعه ذرت با یکدیگر بیانگر این بود که بهره‌وری وجین دستی بیشتر از سایر روش‌ها می‌باشد، ولی به‌دلیل زیاد بودن هزینه عملیات، سود حاصل کم و مدت زمان عملیات وجین نیز زیاد بوده است. همچنین استفاده از علف‌کش‌ها علی‌رغم داشتن نتایج خوب و کاهش زمان کاری، سبب بروز مشکلاتی نظیر آلودگی محیط‌زیست، مقاوم شدن گونه علف‌هرز به سموم مورد استفاده، کاهش کیفیت محصول در اثر نفوذ مواد شیمیایی به داخل محصول می‌شود و کنترل مکانیکی علف‌هرز، درمقایسه با سایر روش‌ها مناسب بوده و حتی عملکرد آن در مزارعی که به صورت ردیفی و دقیق کشت می‌شوند، به ۹۵ درصد نیز می‌رسد (Nojavan, 2001).

نتایج مقادیر وزنی هر پارامتر بر اساس محاسبات تئوری آنتروپی در جدول (۷) ارائه شده است. پارامترهای با حداکثر وزن‌های آنتروپی، بیشترین تأثیر را بر رتبه‌بندی دارند. بنابراین

مدیریت بهتر برای فرهنگ‌سازی، می‌تواند راهکارهایی برای کاهش استفاده از روش شیمیایی باشد. خدمات مشاوره، راهنمایی و ارائه آموزش‌های مهارتی توسط کارشناسان مکانیزاسیون کشاورزی و حمایت اقتصادی از کشاورزان برای خرید تجهیزات کشاورزی، از دیگر راهکارهای مؤثر می‌باشد (Lemerle & Sutherland, 2000; Nojavan, 2001).

نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره معرفی و تشریح گردید. روش تاپسیس به دلیل سهولت تحلیل و دقت بالا در بسیاری از موضوعات، کاربرد بیشتری دارد و تعداد معیارها و گزینه‌های کم یا زیاد در این روش محدودیتی ندارد. پارامترهای راحتی کار، میزان آلودگی محیطی، تعداد کارگر مورد نیاز و هزینه به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۳۹۵، ۰/۱۳۳۸، ۰/۱۲۹۳ و ۰/۱۱۲۱ بیشترین تأثیر و پارامتر تأثیر بر صفت رویشی برنج با وزن ۰/۱۱۹ کمترین اثر را بر انتخاب روش وجین کاری دارند. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل مدل TOPSIS، مناسب‌ترین روش برای کنترل علف‌هرز با توجه به تمامی جهت‌ها، روش وجین‌کن مکانیکی با درجه اهمیت ۰/۷۲۲۱ می‌باشد. از آنجایی که وجین‌کن‌های موتوردار وارداتی بر اساس شرایط زراعی موجود در کشورهای سازنده طراحی و ساخته شده‌اند و با شرایط زراعی (شرایط خاک و گیاه برنج) موجود در کشور ما سازگار نبوده‌اند، به همین خاطر اقدام به بومی‌سازی، تلاش و حمایت مسئولان در مدیریت، فرهنگ‌سازی مناسب، تخصیص بودجه برای کشاورزان، توسعه زیرساخت‌های مکانیزاسیون و ارتقاء سطح خدمات پس از فروش وجین‌کن‌های مکانیکی به خصوص وجین‌کن‌های وارداتی می‌تواند کارساز باشد. استفاده از روش‌های تلفیقی برای کنترل علف‌هرز هم می‌تواند موضوع تحقیقاتی کاملی به منظور افزایش میزان بازدهی و اثربخشی وجین باشد.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

نیاز مقرون به صرفه نیست. روش دو بار وجین کردن موتوردار به خاطر فاقد هر گونه آلودگی زیست‌محیطی، کاهش هزینه کنترل علف‌های هرز و بالا بودن نسبت سود به هزینه بهترین و مناسب‌ترین تیمار بوده است (Yousefnia-Pasha *et al.*, 2012). هزینه کم وجین‌کن مکانیکی، نسبت سود به هزینه و درآمد خالص بیشتر آن، دلیل برتر بودن آن نسبت به دو روش دیگر است. بخشی از افزایش تولیدات کشاورزی مرهون به کارگیری انرژی غیرانسانی و ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی است (Kepner *et al.*, 1978). با کاهش نیاز به نیروی کار (دارای ماهیت منفی در این پژوهش) منجر به کاهش هزینه‌های تولید می‌شود که از ابعاد مهم مکانیزاسیون کشاورزی است. در مزارع مکانیزه، نیروی کار کمتری در مقایسه با مزارع سنتی نیاز است (Rahman *et al.*, 2011). (Fernandes & Uphff (2002) در یک تحقیق مطالعاتی دریافتند که افزایش در تعداد وجین‌کن‌ها در سطح مزارع برنج آمریکا نشان‌دهنده کلیدی بودن فاکتور وجین مکانیکی در کنترل علف هرز است که با به کارگیری وجین‌کن‌ها، تهویه و هوادهی به خاک، رشد ریشه، ساقه، پنجه و عملکرد را شامل می‌شود. در نتیجه می‌توان به مزایای وجین به روش مکانیکی اشاره کرد که با توجه به کاهش هزینه تولید، کاهش زمان اجرای عملیات، کاهش مصرف علف‌کش‌های شیمیایی، هوادهی کامل به خاک و خروج گازهای خفه‌کننده از اطراف ریشه، کاهش مصرف کودهای شیمیایی (به خاطر اختلاط کامل خاک و کود و افزایش بهره‌وری از کود)، افزایش میزان عملکرد محصول و کاهش طول دوره رشد گیاه اشاره نمود. وجین مکانیزه تنها در اراضی شالی کاری که نشاء‌های برنج در آن به شکل ردیفی با نشاء کارها انجام گرفته، امکان‌پذیر است و به دلیل این که امکان نشاء مکانیزه در سطح استان کم بوده و بیشتر کشاورزان به صورت سنتی کشت برنج را انجام می‌دهند، نمی‌توان در سطح گسترده‌ای از وجین‌کن استفاده کرد. اما بهتر است شرایط کشت و کار مکانیزه و کنترل در مرحله داشت برنج طوری فراهم شود که تمایل به استفاده از سموم کمتر گردد. افزایش قیمت سموم، کاهش قیمت در ادوات مکانیزه و

REFERENCES

- Amanpour, S., Alizadeh, H. & Baqsafie, D. (2013). Assessing the level of development of cities in Kermanshah province in terms of having urban service indicators. *Journal of Environmental layout*, 23(6), 105-126. (In Farsi)
- Amani, H., Nourang, A. & Jahanshahi, H. (2013). Development of the Supplier Selection Model by Applying Fuzzy MCDM Technique with Regarding to Criteria Interdependence. *Journal of Supply chain management*. 41(15), 60-69. (In Farsi)
- Asgharpour, M. J. (2010) *Multi-criteria decision making*. Tehran: University of Tehran. (In Farsi)
- Bakhshi, F., Tabatabaie-Kelour, R., Hashemi, S. J. & Aqagolzadeh, H. (2015). Investigating the field performance of a two-row and portable paddy machine. In: *Proceedings of 16th National Rice Conference*, 16-17 February., Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. (In Farsi)
- Constanta-Zoie, R., Turek-Rahoveanu, A. & Radulescu, M. (2010). A hybrid multi-criteria method for performance evaluation of Romanian South Monteria Region in context of sustainable

- agriculture. In: Proceedings of *the International Conference on Applied Computer Science*.
- Dass, A., Shekhawat, K., Choudhary, A. K., Sepat, S., Rathore, S. S., Mahajan, G. & Chauhan, B. S. (2017). Weed management in rice using crop competition-a review. *Crop Protection* (Vol. 95). (pp. 45-52).
- Ebadzadeh, H., Ahmadi, K., Mohammadnia-Afrouzi, Sh., Abastaleghani, R., Abasi, M. & Yari, Sh. (2018). Agricultural Statistics. Retrieved April, 2020, Ministry of Jihad Agriculture, from <http://www.amar.maj.ir>.
- Ertuğrul, I. & Karakaşoğlu, N. (2008). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7), 783–795.
- Eskandari-cherati, F. (2012). Use of Analytical Hierarchy Process (AHP) in Evaluating and Selecting the Best Method for Weeding Rice Weeds. In: Proceedings of *7th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering*, 4-6 September., Shiraz university, Shiraz, Iran. (In Farsi)
- Food and Agriculture Organization. (2018). *Production year book in FAO*. Retrieved April, 2020, from [http://www.fao.org/Production year book](http://www.fao.org/Production%20year%20book).
- Fathi-Ashtiyani, A. (2010). *Psychological tests: personality and mental health*. Tehran: Besat. (In Farsi)
- Fernandes, E. C. M. & Uphoff, N. (2002). In Assessment of the System for Rice Intensification (SRI). In: Proceedings of *an International Conference held in Sanya*, 1-4 April, China.
- Feyz Abadi, Y. & Molaie, N. (2018). Analysis of the position of knowledge management components in Jihad Keshavarzi organization of Mazandaran province. *Journal of Agricultural Education Administration Research*, 9(43), 30-41. (In Farsi).
- Firouzi, S. Safarad-Vishgaie, M. N. & Alizadeh, M. R. (2011). Field performance survey of four methods of peanut weeding. *Journal of Agricultural machinery*, 1(2), 92-99. (In Farsi)
- Ghanbari, Y., Barghi, H. & Hejazian., A. (2014). Analysis and prioritization of development degree in Lorestan province using Topsis technique. *Journal of Regional Urban Studies and Research*, 6(21), 169-180. (In Farsi)
- Ghodsipour, H. (2002). *Analytical Hierarchy Data Process*. Tehran: Amirkabir University of Technology publisher. (In Farsi)
- Golmohammadi, M.J., Mohammad alizadeh, H., Yaghoubi, B., Nahvi, M. & Oveysi, M. (2009). The Competitive Effect of *Echinochloa oryzicola* and *Echinochloa crusgalli* on yield, yield components and rice growth indicators. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 43(2), 189-201. (In Farsi)
- Hasanimehr, S. S. & Abdolazadeh-Chamani, A. (2011). Recognition of ecotourism backgrounds (Study sample: Sowme'eh Sara - Guilan). *Journal of Encyclopedia*, 2(82), 1-14. (In Farsi)
- Hassanshahi, H., Iravani, H., Daneshvar-Ameri, Z. & Kalantari, K. (2015). Measure and comparison of economic, social and ecological sustainability of farming systems in the Marvdasht plain. *Journal of Desert*, 20(2), 231-239.
- Hwang, C. L. & Yoon, K. (2012). Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey (Vol. 186). Springer Science & Business Media.
- Karam, A. & Kiayi, T. (2014). Location and prioritization of potential locations for physical development using TOPSIS hierarchical method and GIS geographic information system (Case study: Daryoun city). *Applied Geomorphology of Iran*, 2(3), 47-64. (In Farsi)
- Kepner, R. A., Bainer, R. & Barger, E. L. (1978). *Principles of Farm Machinery* (3rd ed). USA: AVI Publishing Company, Westport.
- Khodaverdi, A. & Forouzani, M. (2016). Leveling of the provinces of Iran in terms of levels of development of agricultural mechanization. In: Proceedings of *2th National Conference on Mechanization and New Technologies in Agriculture*. 10 May, Ramin Khuzestan Institute of Agriculture and Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran.
- Lemerle, D. & Sutherland, S. (2000). Will farmers adopt integrated weed management without resistance. In: Proceedings of *Abstracts of the Third International Weed Science Congress*, 6-11 June, Brazil, pp. 68–69.
- Lozano, J.M.S., Cascales, M.S.G. & Lamata, M.T. (2016). Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms, case study in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 127(16), 387–398.
- Ministry of Jihad Agriculture. (2019). *Cereal annual report*. Year-book, Tehran, Iran.
- Mohsenzadeh, S., Namazi, N. R., Kardani-Esfahani, A. S. & Ahomanesh, Z. (2016). Application of TOPSIS fan in economic ranking of some cultivars of wheat cultivated in Iran. *Journal of Agricultural Economics*, 11(1), 163–183. (In Farsi)
- Nojavan, M. (2001) *Principles of weed control*. Urmia: University of Urmia. (In Farsi).
- Okpala, N. E., Potcho, M. p., An, T., Ahator, S. D., Duan, L. & Tang, X. (2020). Low temperature increased the biosynthesis of 2-AP, cooked rice elongation percentage and amylose content percentage in rice. *Journal of Cereal Science*, 93(1), 102980-102986.
- Rahman, M. S., Monayem-Miah, M. A. zaman, M. & Hossain, Sh. (2011). Impact of farm mechanization on labor use for wheat cultivation in northern Bangladesh. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(3), 589-594.
- Sheykhbiglou, R & Taqvaei, M. (2013). Evaluating the level of development of the country's cities using multi-criteria decision making methods. *Geography*, 11(39), 138-157.

- Singh, G., Moses, S. C. & Dahate, H. (2015). Study of Low Land Rice Weeder and Development of Fing Cutting Attachments. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 5(4), 315-322.
- Wang, Y.M., & Elhag, T.M.S. (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 31(2), 309-319.
- Yousefnia-Pasha, H. (2011). *Design, construction an evaluation of portable and powered rice weeding machine*. M.Sc. Thesis, Department of Agricultural Machine, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University.
- Yousefnia-Pasha, H., Tabatabaei, R. & Hashemi, J. (2012). Comparison of efficiency and cost of rice production in different methods of weed control. *7th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering*.
- Zhang, Y.L. & You, W.J. (2014). Research on social vulnerability assessment of urban natural disaster based on TOPSIS-taking Shanghai as an example. *Disaster Science*, 29(1), 109-114
- Zhao, M., Qiu, W. H., Liu, B. S. (2010). Relative entropy evaluation method for multiple attribute decision making [J]. *Control and Decision*, 25(7), 1098-1100.