

بررسی و مقایسه روش‌های مختلف کاشت قلمه نیشکر در شرایط خوزستان

ندا منصوری^۱، حسن ذکی دیزجی^{۲*}، محمدجواد شیخ‌داودی^۲ و عباس عساکره^۳

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب: دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی؛ استادیار؛ استاد؛ و استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۲

چکیده

نیشکر گیاهی است که از دیرباز برای تولید شکر و محصولات جانبی در استان خوزستان کاشت می‌شود و روش اصلی کاشت آن قلمه‌زنی است. با توجه به روش‌های مختلف کاشت قلمه نیشکر در خوزستان، این مطالعه در سال ۱۳۹۵ و با هدف بررسی این روش‌ها و استخراج شاخص‌های مناسب آن با توجه به شرایط این استان و در زمان معمول کاشت نیشکر در استان خوزستان (از نیمه دوم مرداد تا اوایل مهرماه) در کشت و صنعت حکیم فارابی اجرا شد. داده‌های این پژوهش نیز در حین کاشت از طریق مشاهده، تهیه عکس و گزارش‌نویسی به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات خام، مصاحبه و توزیع پرسشنامه بین کارشناسان مجرب کشت و صنعت حکیم فارابی (۲۵ نفر) صورت پذیرفت. در ابتدا، متغیرهای مؤثر برای شاخص‌های روش کاشت مناسب تعیین گردید. شاخص‌های هزینه، میزان کیفیت قلمه‌گذاری، ظرفیت مزرعه‌ای، تعداد حرکت تراکتور در زمین و ارگونومیک کار بررسی شد. برای تعیین روش مناسب کاشت از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. وزن‌دهی عوامل با استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان کشاورزی صورت گرفت. شاخص‌های تعیین‌شده برای سه روش مختلف کاشت قلمه نیشکر با دست، کاشت نیمه‌مکانیزه قلمه نیشکر با دستگاه برنده-کارنده و کاشت مکانیزه قلمه نیشکر با دستگاه کارنده خودکار به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وارد و با نرم‌افزار Expert Choice مقایسه شدند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاشت نیمه‌مکانیزه با کمترین هزینه و بیشترین کیفیت قلمه‌گذاری روشی است بهینه. از طرف دیگر، کاشت دستی به دلیل هزینه بالا و به‌رغم آنکه در شاخص کیفیت کاشت بهتر از کاشت مکانیزه عمل کرده، رتبه‌ای پایین‌تر به دست آورده است.

واژه‌های کلیدی

تحلیل سلسله مراتبی، قلمه کاری، ماشین کاشت

مقدمه

(Balakrishnan, 2012)، که علاوه بر هزینه‌بر بودن، تأمین نیروی انسانی لازم نیز بسیار دشوار است؛ به‌همین علت سامانه‌های کاشت مکانیزه نیشکر توسعه یافته است (Ripoli & Ripoli, 2010). علاوه بر این، ایجاد جوی و پشته و کوددهی در کاشت دستی نیز جداگانه صورت می‌پذیرد که سبب تردد بیشتر ماشین‌ها در مزرعه می‌شود و بروز مشکلاتی

نیشکر گیاهی چندساله و بومی مناطق گرم است. ساقه نیشکر به دلیل وجود شکر در آن، اهمیت زیادی دارد (Khodabandeh, 2009) و کاشت آن با بذر و قلمه امکان‌پذیر است و به روش‌های ماشینی و یا دستی صورت می‌گیرد. کاشت دستی نیشکر مستلزم نیروی کارگری زیادی است، در حدود ۳۳۰۰ نفر ساعت برای هر هکتار (Murali &

به‌دست‌آمده از یک مزرعه (واحد سطح) برای کاشت چهار مزرعه است. در این پژوهش، هزینه چهار روش متفاوت کاشت نیشکر محاسبه گردید. روش‌ها عبارت بودند از: کاشت با دست، کاشت تمام ساقه نی با ماشین، کاشت قلمه تک ردیفه و کاشت قلمه سه ردیفه. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش نسبت کاشت قلمه یعنی تبدیل یک مزرعه برداشت شده به مزارع بیشتر برای کاشت باعث کاهش چشم‌گیر هزینه کاشت می‌شود. این محققان می‌گویند روش کاشت قلمه با دست با هزینه ۲۷۶ دلار در ایگر^۱ بیشترین هزینه و کمترین مطلوبیت اقتصادی را داشته است. در حالی که قلمه‌کار ۳ ردیفه، به‌دلیل پایین‌تر بودن هزینه تهیه قلمه، اقتصادی‌ترین ماشین کارنده بوده است. ولی بدون احتساب هزینه برداشت و تهیه قلمه، کاشت تمام ساقه نیشکر چه دستی و چه ماشینی هزینه کمتری داشته است.

در پژوهشی دیگر، برنده-کارنده تراکتوری برای کاشت نیشکر در مناطق گرمسیری توسعه داده شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کاشت با این کارنده، نسبت به روش کاشت مرسوم، جوانه‌زنی را به‌میزان ۳/۷ درصد افزایش، نیروی انسانی را حدود ۹ درصد کاهش و هزینه کاشت را حدود ۶۳ درصد کاهش داده است (Singh & Singh, 2017). باید در نظر داشت که سطح فناوری به‌کار رفته در کارنده‌ها (Zaki-Dizaji, et al., 2010; Dehghan et al., 2016) و اصلاح کارنده‌ها برای کاشت قلمه‌ها با خصوصیات فیزیکی مختلف (Mohammadi-Amini, et al., 2017) بر مقدار عددی شاخص‌های مقایسه‌ای، مانند هزینه کاشت و درصد جوانه‌زنی، موثر است.

با وجود اهمیت کاشت دقیق قلمه نیشکر و افزایش عملکرد ناشی از آن (Solymani, 2014)،

مانند فشردگی خاک از تبعات آن است (Khani, 2006). محدود شدن وسعت کاشت روش دستی به جهت زمان‌بر بودن و در پی آن کاهش عملکرد، از دیگر مشکلات این روش به حساب می‌آید (Murali & Balakrishnan, 2012).

ماشین‌های کارنده متفاوتی برای کاشت نیشکر ابداع شده‌اند: تمام‌ساقه کارها، قلمه‌کارها و برنده-کارنده‌ها. گاه در مقایسه کاشت کل ساقه و کاشت قلمه با ماشین‌های کارنده نیشکر، گفته شده که کاشت قلمه نسبت به کاشت کل ساقه اقتصادی‌تر است (Salassi et al., 2004). محققانی نیز گفته‌اند که قلمه‌کار مکانیزه بسیار اقتصادی‌تر از قلمه‌کار نیمه‌مکانیزه آن عمل می‌کند (Ripoli & Ripoli, 2010). در مطالعه‌ای در کشور برزیل، با مقایسه کاشت دستی و مکانیزه نیشکر، گزارش شده است که کاشت مکانیزه نیشکر تفاوتی از نظر عملکرد محصول با کاشت دستی ندارد (Stolf et al., 1984). در هندوستان، با استفاده از برنده-کارنده‌ای با ظرفیت ۰/۱۵ هکتار بر ساعت، نیروی مورد نیاز برای کاشت نیشکر از ۱۳۰-۱۵۰ نفر ساعت در هکتار (در حالت کاشت دستی) به ۳۵-۴۰ نفر ساعت در هکتار کاهش یافته است (Bhal & Sharma, 2001). پاتیل و همکاران (Patil et al., 2004) دو مدل برنده-کارنده ساخت هند را با یکدیگر مقایسه کردند و نشان دادند که با افزایش سرعت پیشروی، فاصله بین قلمه‌ها بسیار زیاد می‌شود؛ در این کارنده‌ها، تغییرات فاصله و همپوشانی قلمه‌ها بسیار زیاد گزارش شده است. سالاسی و همکاران (Salassi et al., 2004) با مقایسه اختلاف هزینه بین کاشت تمام ساقه و کاشت قلمه در لوئیزیانا ی آمریکا نتیجه گرفتند که حداقل مصرف قلمه برای به‌دست آوردن عملکردی مناسب و اقتصادی، استفاده از قلمه

در زمین و شاخص ارگونومیک کار، از روش تحلیل سلسه مراتبی استفاده شد. گزینه‌های مورد مقایسه در این روش، شامل کاشت دستی، کاشت نیمه‌مکانیزه قلمه نیشکر با دستگاه برنده-کارنده و کاشت مکانیزه قلمه نیشکر با دستگاه کارنده خودکار بودند. در ادامه، این روش‌ها به‌صورت مختصر شرح داده می‌شوند.

روش‌های کاشت قلمه

با توجه به درجه مکانیزاسیون و اجرای مراحل کاشت به‌صورت مکانیزه، سه روش کاشت اصلی برای قلمه در استان خوزستان وجود دارد. کاشت غیرمکانیزه (دستی): در روش کاشت دستی، ابتدا جوی و پشته با ماشین ایجاد می‌شود. برای قلمه‌گذاری، گروه‌های کارنده متشکل از تعدادی کارگر، حضور دارند. دسته‌های قلمه از تریلر روی زمین ریخته می‌شوند و در اختیار کارگر قرار می‌گیرند تا در درون شیارهایی قرار داده شود که پیش از آن با ماشین ایجاد شده اند (شکل ۱). سپس عملیات کودریزی و پوشاندن روی قلمه‌ها با خاک توسط ماشین انجام می‌شود.

به‌نظر می‌رسد هنوز ماشینی که بتواند قلمه‌ها را به‌صورت دقیق درون شیار کاشت قرار دهد و بالاترین صرفه‌جویی را داشته باشد، در مقیاس تجاری طراحی و ساخته نشده است. هرچند تاکنون نمونه‌هایی از دقیق کارهای نیشکر در سطح آزمایشگاهی طراحی و ارزیابی شده‌اند (Taghinezhad *et al.*, 2014; Namjoo *et al.*, 2015).

در حال حاضر در استان خوزستان، به‌کارگیری هر سه روش کاشت قلمه نیشکر به‌صورت دستی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه متداول است. این پژوهش با توجه به نیاز به انتخاب شاخص‌های مناسب برای مقایسه روش‌های مختلف کاشت قلمه نیشکر و انتخاب روشی مناسب با شرایط استان خوزستان، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، برای انتخاب مناسب‌ترین روش کاشت قلمه نیشکر، با در نظر گرفتن شاخص‌های هزینه، کیفیت قلمه‌گذاری، ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه کاشت، تعداد رفت و آمد تراکتور



شکل ۱- کاشت دستی قلمه نیشکر

نی کامل را کارگر به درون لوله سقوط می‌اندازد بی‌آنکه آن نی بریده شود. اما در برنده-کارنده‌ها، پس از آنکه کارگر تمام ساقه نی را از مخزن به درون

کاشت نیمه‌مکانیزه: ماشین‌های کارنده نیمه‌مکانیزه به دو مدل تمام‌ساقه‌کار و برنده-کارنده تقسیم می‌شوند. تمام‌ساقه‌کار نیمه‌مکانیزه، ماشینی است که

دهانه تغذیه دستگاه قرار داد ساقه به استوانه برش وارد می شود و دستگاه قلمه را در طول‌های تقریباً یکسان برش می‌دهد. در این ماشین، ساقه‌های نیشکر به صورت هم‌جهت در مخزن ریخته می‌شوند. پس از برش ساقه، ماشین قلمه‌ها را

با همپوشانی مطلوب در شیار قرار می‌دهد. سپس نوعی پوشاننده بشقابی خاک را روی قلمه برمی‌گرداند و شیار کاشت پر می‌شود و سرانجام چرخ فشار، خاک روی قلمه را می‌فشارد (شکل ۲).



شکل ۲- الف) قلمه‌کار برنده-کارنده نیمه‌مکانیزه و ب) کارگران در حال گذاشتن نی به درون سامانه تغذیه و برش

کاشت تمام مکانیزه: طبق تعریفی که برخی پژوهشگران ارائه داده‌اند، ماشینی را می‌توان مکانیزه به‌شمار آورد که در هنگام کار در مزرعه، به‌غیر از رانندگی و پر کردن مخازن، نیاز به کارگر برای عملیات خاص نداشته باشد (Ripoli & Ripoli, 2010). قلمه‌کار خودکار استفاده شده در مزارع نیشکر خوزستان (شکل ۳)، از مدل ریزشی است که نمونه اصلی آن را شرکت آستافت^۱ ساخته و در ماشین‌سازی تبریز مونتاژ شده است.



شکل ۳- قلمه‌کار ریزشی ماشینی سازی تبریز الف) در حال کار و ب) در حال بارگیری

- تعیین شاخص‌ها

با توجه به نیاز به انتخاب شاخص‌های مناسب برای کاشت قلمه نیشکر و به‌دلیل متفاوت بودن روش‌های کاشت نیشکر، ابتدا متغیرهای مختلف بررسی و برای هر شاخص متغیرهای مؤثر بر آن تعیین شد. یادآوری این نکته لازم است که به

دلیل شرایط خاص قلمه نیشکر، این شاخص‌ها لزوماً با موارد هم‌نام در کاشت گیاهان دانه‌ای تعریف یکسانی ندارند. شاخص‌های مورد بررسی عبارت‌اند از:

الف- شاخص هزینه (هزینه تهیه قلمه از ساقه تکه شده یا به‌صورت تمام ساقه، هزینه قلمه مصرف

رفت و آمد ماشین ثبت شد. ث- شاخص ارگونومیک کار. روش‌های کاشت قلمه نیشکر از نظر شرایط ارگونومیک با یکدیگر تفاوت دارند، به‌همین دلیل برای مشخص کردن ارگونومی کار، ابتدا تصویرهایی از حالات مختلف قرارگیری بدن کارگر به‌هنگام کار تهیه و با مقایسه آنها با یکدیگر، بدترین وضعیت بدنی برای هر روش استخراج شد. با بررسی میزان حرکت بدن کارگر به‌هنگام کار با دستگاه یا به‌هنگام کاشت دستی، با استفاده از تحلیل ربا^۱ به هر روش کاشت امتیاز داده شد. امتیازها بر اساس یادداشت‌ها، گزارش‌ها و عکس‌های تهیه شده در حین کاشت، طبق جدول ربا، داده شده است.

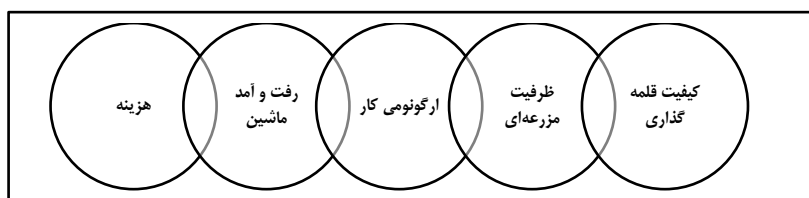
شاخص‌های به‌دست‌آمده تا حد امکان با یکدیگر ادغام یا به یکدیگر تبدیل شدند. بنابراین، پس از اندازه‌گیری شاخص‌های گفته شده در بالا، تمامی شاخص‌هایی که با پرداخت مستقیم هزینه درگیر هستند به شاخص هزینه تبدیل شدند و یک شاخص با عنوان "هزینه مستقیم" برای آنها در نظر گرفته شد. جمع آن شاخص‌ها نشان‌دهنده هزینه مستقیم صرف شده برای هر روش کاشت است. شاخص‌های نهایی در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. این شاخص‌ها برای هر یک از سه روش گفته شده اندازه‌گیری شدند.

شده بر اساس میزان مصرف قلمه و هزینه نیروی کار (لازم).

ب- شاخص کیفیت قلمه‌گذاری (قراردهی قلمه‌ها در موقعیت مناسب در طول ردیف کاشت، قرار دادن قلمه‌ها در عمق یکسان، قرار دادن عرضی یکسان قلمه‌ها نسبت به یکدیگر).

پ- شاخص ظرفیت عملی مزرعه‌ای (سرعت پیشروی بهینه دستگاه کاشت، مدت زمان تلف شده در دورزدها و سرویس دستگاه، مدت زمان لازم برای پر کردن مخزن نسبت به زمان کاشت قلمه‌های مخزن دستگاه؛ این متغیرها مجموعاً زیر نام سرعت کار بررسی می‌شوند. تعداد ساعاتی از شبانه‌روز که با روش مشخص کاشت، می‌توان قلمه‌کاری کرد).

ت- شاخص رفت و آمد تراکتور. قطعات (کرت‌های) کاشت نیشکر در کشت و صنعت‌های استان خوزستان یکسان و ماشین‌های حمل نی نیز یکسان هستند، از این‌رو هر قطعه (کرت) برای بررسی یک روش کاشت در نظر گرفته شد. برای هر روش کاشت، تعداد رفت و آمد تراکتور به‌همراه ادوات اندازه‌گیری گردید. بدین‌صورت که تعداد عملیات انجام یافته در هر روش کاشت مساوی تعداد ورود تراکتور به زمین شمارش شده است. مجموع تعداد ورود تراکتور به زمین، فارغ از نوع ادواتی که با خود حمل می‌کند، به‌عنوان شاخص



شکل ۴- شاخص‌های نهایی مورد مقایسه

و در کشت و صنعت حکیم فارابی در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. داده‌های این پژوهش نیز در حین کاشت از طریق مشاهده، تهیه عکس و گزارش‌نویسی برای

- جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها
این پژوهش در زمان معمول کاشت نیشکر در استان خوزستان (از نیمه دوم مرداد تا اوایل مهرماه)

در دسترس برای دستیابی به هدف را نشان می‌دهد (Ghodsipour, 2006). در این مطالعه، سطح اول بیانگر هدف اصلی یعنی انتخاب روش برتر کاشت قلمه نیشکر، سطح دوم نشان‌دهنده معیارهای مورد نظر برای دسترسی به هدف شامل هزینه، ارگونومی کار، هزینه قلمه‌گذاری، ظرفیت عملی مزرعه، تعداد رفت و آمد ماشین و سطح آخر گزینه‌های در دسترس برای دستیابی به هدف شامل روش کاشت دستی، روش کاشت نیمه‌مکانیزه و روش کاشت مکانیزه است (شکل ۵).

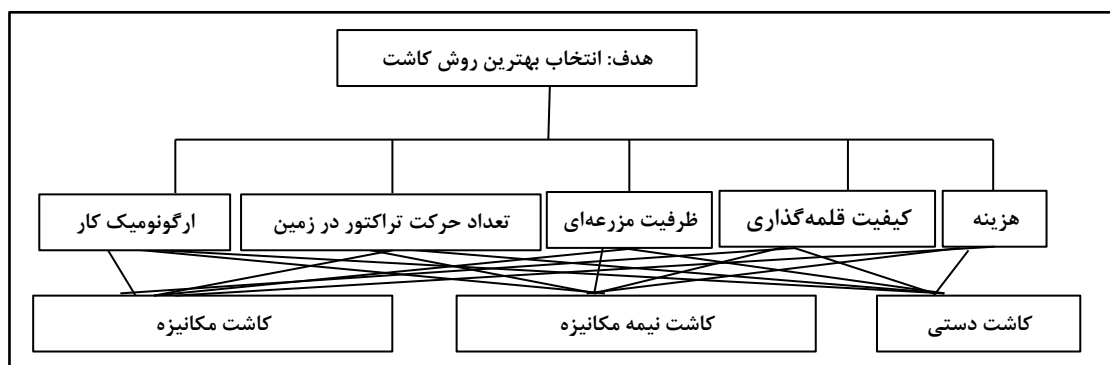
مقایسه‌های زوجی

در این پژوهش، تخصیص امتیازهای عددی مربوط به مقایسه زوجی اهمیت دو گزینه یا دو شاخص بر اساس جدول ۱ صورت گرفت (Ghodsipour, 2006).

جمع‌آوری اطلاعات خام، مصاحبه و توزیع پرسشنامه مقایسه زوجی بین کارشناسان مجرب (۲۵ نفر) به دست آمد. یافته‌های پرسشنامه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، که روش تصمیم‌گیری گروهی در محیط‌های پیچیده است، ارزیابی و پردازش شد. اساس این روش، تشکیل ساختار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری است که به کمک آن تحلیل انجام می‌شود.

تهیه ساختار سلسله مراتبی

هر مسئله تصمیم‌گیری را می‌توان در قالب یک درخت تصمیم طراحی کرد. سطح اول این درخت، هدف تصمیم‌گیرنده را نشان می‌دهد و اولویت‌گذاری گزینه‌های رقیب برای دسترسی به این هدف است. سطح یا سطوح میانی نشان‌دهنده ملاک یا ملاک‌های مورد نظر برنامه‌ریزان برای دسترسی به هدف در سطح اول است. سطح آخر نیز گزینه‌های



شکل ۵- ساختار درختی تحلیل سلسله مراتبی

جدول ۱- نحوه ارزش‌گذاری برتری در ماتریس مقایسه زوجی معیارها

توضیح	وضعیت مقایسه I نسبت به J	ارزش ترجیحی
گزینه یا شاخص I نسبت به گزینه یا شاخص J اهمیت برابر دارد یا این دو نسبت به هم برتری ندارند.	اهمیت برابر	۱
گزینه یا شاخص I نسبت به گزینه یا شاخص J کمی مهم‌تر است.	نسبتاً مهم‌تر	۳
گزینه یا شاخص I نسبت به گزینه یا شاخص J مهم‌تر است.	مهم‌تر	۵
گزینه یا شاخص I برتری خیلی بیشتری دارد تا گزینه یا شاخص J.	خیلی مهم‌تر	۷
گزینه یا شاخص I مطلقاً از J مهم‌تر و قابل مقایسه با J نیست.	کاملاً مهم	۹
ارزش‌های میانی بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد؛ مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای I است.	بینابین	۲ و ۴ و ۶ و ۸

کلی، میزان ناسازگاری کمتر از ۰/۱ ناسازگاری نسبتاً قابل قبولی است و گرنه بازنگری در قضاوت ضروری به نظر می‌رسد (Ghodsipour, 2006).

- تلفیق

بعد از مقایسه زوجی و محاسبه وزن‌های نسبی گزینه‌ها و معیارها، لازم است تا وزن نهایی هر گزینه محاسبه شود. بدین منظور از تلفیق استفاده می‌شود و از این راه پاسخ‌های نهایی مسئله به دست می‌آید.

نتایج و بحث

- ارزیابی ارگونومیک کار به روش ربا

شرح امتیازهای روش‌های مختلف کاشت قلمه نیشکر به همراه جزئیات آن در جدول ۲ قرار داده شده است. برای محاسبه، از فایل صفحه گسترده استفاده شد که هیگنت و مک‌آتمنی (Hignett & McAtamney, 2000) تهیه کرده اند؛ در جدول ۲،

دلیل امتیازدهی در هر مورد گفته شده است. مطابق با جدول ۲، امتیاز ۱۱ برای کاشت با دست به معنای سطح خطر بسیار بالا در این روش برای کارگر است و باید فوراً تصمیمی گرفته و روش کار و نگهداشت بدن در این نوع کاشت اصلاح شود. کاشت نیمه مکانیزه با دستگاه برنده-کارنده امتیاز ۹ را گرفته است که نشان‌دهنده سطح خطر نسبتاً بالا را نشان می‌دهد یعنی نمی‌توان این عملیات را به مدت زمان طولانی بدون آنکه به بدن آسیب برسد، ادامه داد. کاشت تمام مکانیزه امتیاز ۲ را از جدول ربا گرفته است. این امتیاز نشان می‌دهد که در این روش کاشت خطر خاصی کارگر را تهدید نمی‌کند. از آنجا که در کاشت مکانیزه کارگر عملاً وجود ندارد و صرفاً راننده تراکتور در نظر گرفته شده است نمی‌توان انتظار بالایی از نتایج به دست آمده برای این روش کاشت داشت.

- محاسبه میانگین عددی

پس از دریافت پاسخ‌ها در پرسشنامه‌هایی که بین کارشناسان کشت و صنعت نیشکر فارابی توزیع شده بود، دیدگاه‌هایی متفاوت برای هر یک از گزینه‌ها به دست آمد که برای رفع این مشکل جدول‌های مقایسه‌ای با هم ترکیب شدند. در روش تحلیل سلسله مراتبی می‌توان از محاسبه میانگین هندسی استفاده کرد (Saaty & Vargas, 1987):

$$\bar{a}_{ij} = \left(\prod_{k=1}^n a_{ij}^{(k)} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

که در آن،

\bar{a}_{ij} = میانگین هندسی میزان ترجیحات دو جایگزین؛ $i, j, k =$ کد مربوط به فرد پرسش‌شونده؛ و $n =$ تعداد افرادی که پرسش‌نامه را تکمیل کرده‌اند.

- محاسبه وزن نسبی معیارها و گزینه‌ها

پس از تهیه درخت سلسله مراتبی و محاسبه میانگین هندسی، به منظور انتخاب روش مناسب کاشت نیشکر، عملیات ریاضی در محیط نرم‌افزاری اکسپرت چویس دنبال شد. در ابتدا، معیارها با توجه به هدف مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند و وزن نسبی هر معیار با توجه به هدف برآورد گردید. در مرحله بعد، گزینه‌ها با توجه به معیارها مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند و وزن نسبی هر گزینه محاسبه شد.

- بهبود ناسازگاری تصمیم

در دنیای واقعی، ناسازگاری اغلب وجود دارد و ممکن است این ناسازگاری‌ها به مدل نیز وارد شود. هنگامی که ناسازگاری صفر است، مقایسه‌ها کاملاً سازگار است و هرچه این میزان بیشتر شود، میزان ناسازگاری در هدف نیز افزایش می‌یابد. در حالت

جدول ۲- امتیاز به‌دست آمده برای هر روش کاشت با استفاده از روش ربا و فعالیت متناظر

شرح مورد	حداکثر امتیاز	کاشت با دست	کاشت با پُرنده-کارنده	کاشت مکانیزه
وضعیت کمر	۵	۵- خم شدن بیش از ۶۰ درجه و پیچیدن کمر	۵- خم شدن بیش از ۲۰ درجه، پیچیدن و خم شدن کمر به جانب	۱- وضعیت نشسته
وضعیت گردن	۳	۳- خم شدن بیش از ۲۰ درجه و پیچیدن	۲- خم شدن بیش از ۲۰ درجه	۲- چرخش گردن
وضعیت پا	۴	۲- خم شدن بیش از ۶۰ درجه و یکنواخت نبودن پاها	۱- حالت عادی	۱- حالت عادی
مفصل شانه	۶	۴- بالا آمدن بیش از ۴۵ درجه و دور شدن دست از تنه	۳- حرکت دست بیش از ۴۵ درجه	۳- بالا آمده کمتر از ۴۵ درجه
مفصل آرنج	۲	۲- بالا و پایین رفتن بیش از ۶۰ درجه	۱- حرکت بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه	۱- حرکت بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه
مچ دست	۳	۲- بالا و پایین رفتن بیش از ۱۵ درجه	۲- حرکت در محدوده ۱۵ درجه	۱- حرکت در محدوده ۱۵ درجه
سطح فعالیت	۲	۱- پایدار نبودن وضعیت بدن	۲- تغییر شدید وضع بدن و تکرار حرکت بیش از ۴ بار در دقیقه	۱- قسمت‌هایی از بدن دائماً ثابت
امتیاز ربا	۱۱		۹	۲

- شاخص رفت و آمد ماشین

شرح شاخص رفت و آمد ماشین برای هر روش کاشت در زیر آمده است:

- روش کاشت دستی شامل نشانه‌گذاری ردیف‌ها (مارکرزنی) + ایجاد جوی و پشته با شیارزن + ورود تریلر حامل قلمه به زمین در هنگام قلمه‌گذاری + کودریزی + پوشاندن شیار کاشت با خاک توسط پوشاننده بشقابی در مجموع شامل ۵ بار ورود تراکتور به زمین.

- روش کاشت نیمه‌مکانیزه شامل نشانه‌گذاری ردیف‌ها (مارکرزنی) + ورود تراکتور به همراه دستگاه پُرنده-کارنده در مجموع شامل ۲ بار ورود تراکتور به زمین.

- روش کاشت مکانیزه شامل نشانه‌گذاری ردیف‌ها (مارکرزنی) + ورود تراکتور به همراه دستگاه کارنده مکانیزه در مجموع شامل ۲ بار ورود تراکتور به زمین.

- هزینه کاشت

برای محاسبه هزینه جاری کاشت قلمه نیشکر دو

شاخص اصلی دخالت دارند: هزینه نیروی کارگری و هزینه قلمه مصرف‌شده در هر هکتار.

هزینه نیروی کارگری: با توجه به تعداد نفر-ساعت لازم برای کاشت یک هکتار و دستمزد نفر-ساعت کارگر، در کنار هزینه اپراتوری و رانندگی تراکتور در روش‌های مختلف، هزینه نیروی کار انسانی در هر هکتار برای هر روش کاشت به طور جداگانه محاسبه شد (جدول ۳). همچنین در تحقیقی دیگر نیز روش کاشت دستی نسبت به سایر روش‌ها هزینه بیشتری به خود اختصاص داده است (Ripoli & Ripoli, 2010).

- هزینه قلمه مصرف شده

میزان مصرف قلمه برحسب تن بر هکتار در هر روش کاشت به‌دست آمد و با محاسبه شکر قابل تولید از این میزان قلمه، با احتساب قیمت فروش شکر برحسب تومان بر کیلوگرم، میزان هزینه قلمه مصرف‌شده در هر هکتار محاسبه شده است. در جدول ۴ این اطلاعات برای هر روش قرار داده شده است.

جدول ۳- هزینه نیروی انسانی در هر روش کاشت قلمه نیشکر

روش کاشت	تعداد کارگر (نفر)	هزینه نیروی کار نفر روز (تومان)	هزینه مجموع (تومان)	هکتار در روز	هزینه در هکتار
کاشت با دست	۱۳	۳۵۰۰۰	۴۵۵۰۰۰	۴	۱۱۳۷۵۰
کاشت نیمه مکانیزه	۱۰ (دو نوبت ۵ نفره)	۳۵۰۰۰	۳۵۰۰۰۰	۸	۴۳۷۵۰
کاشت تمام مکانیزه	۴ (دو نوبت ۲ نفره)	۳۵۰۰۰	۱۴۰۰۰۰	۱۲	۱۱۷۰۰

جدول ۴- هزینه قلمه مصرفی در هر روش کاشت قلمه نیشکر

روش کاشت	وزن قلمه در هکتار (تن)	شکردهی هر تن (کیلوگرم)	قیمت شکر هر تن قلمه (تومان)	هزینه قلمه در هکتار (تومان)	مجموع هزینه قلمه و کارگری (تومان)
کاشت با دست	۷/۵	۸۰	۱۶۸۰۰۰	۱۲۶۰۰۰۰	۱۳۷۳۷۵۰
کاشت نیمه مکانیزه	۶	۸۰	۱۶۸۰۰۰	۱۰۰۸۰۰۰	۱۰۵۱۷۵۰
کاشت تمام مکانیزه	۸*	۸۰	۱۶۸۰۰۰	۱۳۴۴۰۰۰	۱۳۵۵۷۰۰

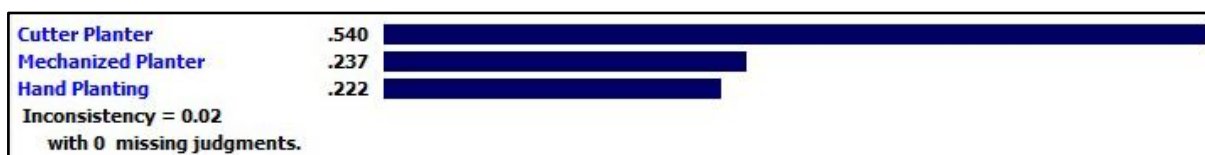
* در ماشین‌های قدیمی کاشت مکانیزه با قلمه کار تمام مکانیزه ریزی، مقدار قلمه مصرفی در هکتار به ۱۲ تن در هکتار نیز می‌رسید.

کاشت بر میزان هزینه عملیات کاشت مؤثر است. همچنین در مقایسه میزان هزینه‌ها، کاشت مکانیزه با تهیه قلمه به صورت مکانیزه کمترین هزینه کاشت را داشته است (Bozorginia et al., 2017).

مقایسه گزینه‌ها

در مرحله اول گزینه‌ها به صورت زوجی، با توجه به معیار مورد نظر، مقایسه می‌شوند. در شکل ۶ نتایج مقایسه روش‌های کاشت از نظر شاخص هزینه نشان داده شده است.

در این باره تحقیقی به منظور بررسی و مقایسه کاشت مکانیزه با قلمه کار تمام مکانیزه ریزی و کاشت دستی نیشکر در سال ۱۳۹۳ در کشت و صنعت امام خمینی (ره) خوزستان انجام گرفته است. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت، پنج روش کاشت مختلف شامل: کاشت دستی با تهیه قلمه دستی، کاشت دستی با تهیه قلمه ماشینی، کاشت و تهیه قلمه به صورت مکانیزه بودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روش



شکل ۶- مقایسه روش‌های کاشت در شاخص هزینه

قبول است. در همین زمینه در پژوهشی دیگر در استان خوزستان، برای انتخاب روش بهینه کاشت قلمه نیشکر از لحاظ اقتصادی، انواع روش‌های کاشت نیشکر، چه روش‌های موجود در مزرعه و چه روش‌های آزمایشگاهی، با یکدیگر مقایسه شدند. روش‌ها شامل انواع کارنده تمام مکانیزه و

برابر شکل ۶، گزینه برنده-کارنده با نسبت بیشترین نقش را دارد و گزینه کاشت مکانیزه و کاشت دستی به ترتیب با نسبت‌های ۰/۲۳۷ و ۰/۲۲۲ در اولویت‌های بعدی قرار دارند. میزان ناسازگاری محاسبه شده، ۰/۰۲ است و بنابراین سازگاری گزینه‌ها با شاخص هزینه قابل

محاسبه شده با نرم‌افزار صفر و بنابراین سازگاری شاخص کیفیت قلمه‌گذاری با گزینه‌ها قابل قبول است.

در شکل ۸، مقایسه روش‌های متفاوت کاشت نیشکر در شاخص ظرفیت مزرعه‌ای نمایش داده شده است. در این شاخص، گزینه کاشت مکانیزه با نسبت ۰/۴۸۰ بیشترین سهم، گزینه برنده-کارنده با نسبت ۰/۳۲۰ در اولویت دوم و گزینه کاشت دستی با نسبت ۰/۲۰۰ کمترین سهم را دارد.

میزان ناسازگاری محاسبه شده با نرم افزار صفر و بنابراین سازگاری شاخص ظرفیت مزرعه‌ای با گزینه‌ها قابل قبول است.

نیمه مکانیزه، کاشت با دست و کاشت با دستگاه دقیق کار قلمه است. برای مقایسه، صرفاً از شاخص هزینه کاشت استفاده شد. در آخر، با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، کاشت قلمه به وسیله دقیق کار قلمه نیشکر به‌عنوان روش کاشت بهینه انتخاب شد (Solymani, 2014).

شکل ۷ نشان‌دهنده وزن گزینه‌ها با توجه به شاخص کیفیت قلمه‌گذاری است، برابر این نمودار، گزینه برنده-کارنده با نسبت ۰/۶۶۷ بیشترین سهم را دارد و گزینه کاشت مکانیزه با نسبت ۰/۲۵۲ و گزینه کاشت دستی با نسبت ۰/۰۸۱ کمترین سهم را در این شاخص دارند. میزان ناسازگاری



شکل ۷- مقایسه روش‌های کاشت در شاخص کیفیت قلمه‌گذاری



شکل ۸- مقایسه روش‌های کاشت در شاخص ظرفیت مزرعه‌ای

مقایسه روش‌های متفاوت کاشت نیشکر در شاخص رفت و آمد تراکتور در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در این مقایسه، گزینه‌های کاشت مکانیزه و برنده-کارنده هر دو با نسبت ۰/۴۱۷ در شاخص رفت و آمد تراکتور بیشترین سهم را دارند و گزینه کاشت دستی با نسبت ۰/۱۶۷ کمترین سهم را دارد. میزان ناسازگاری برابر صفر و نشان دهنده سازگاری شاخص رفت و آمد تراکتور با گزینه‌هاست.

شکل ۹ نشان‌دهنده تفاوت روش‌های کاشت نیشکر در شاخص ارگونومی کار است. گزینه کاشت مکانیزه با نسبت ۰/۷۱۲ بیشترین نقش را دارد و گزینه‌های برنده-کارنده و کاشت دستی با تفاوتی اندک به ترتیب با نسبت‌های ۰/۱۵۷ و ۰/۱۳۰ در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در این مقایسه، میزان ناسازگاری مقدار ناچیزی محاسبه شده که در عمل برابر صفر است و بنابراین سازگاری شاخص ارگونومی کار با گزینه‌ها قابل قبول است.

بررسی و مقایسه روش‌های مختلف کاشت قلمه نیشکر...



شکل ۹- مقایسه روش‌های کاشت در شاخص ارگونومی کار

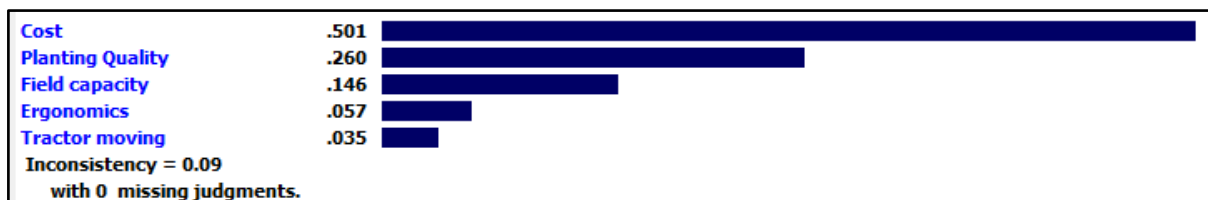


شکل ۱۰- مقایسه روش‌های کاشت در شاخص رفت و آمد تراکتور

خوزستان دارند و معیار ظرفیت مزرعه‌ای با نسبت ۰/۱۴۶ در اولویت بعدی است. دو معیار رفت و آمد تراکتور و ارگونومی کار با نسبت‌های ۰/۰۳۵ و ۰/۰۵۷ به ترتیب کمترین نقش را در انتخاب روش مناسب کاشت نیشکر با توجه به شرایط استان خوزستان دارند.

- مقایسه معیارها

در مرحله بعد معیارها به صورت زوجی، با توجه به هدف مطالعه، مقایسه شدند. طبق شکل ۱۱، معیار هزینه و کیفیت قلمه‌گذاری به ترتیب با نسبت‌های ۰/۵۰۱ و ۰/۲۶۰ بیشترین نقش را در انتخاب روش مناسب کاشت نیشکر، با توجه به شرایط استان



شکل ۱۱- مقایسه معیارها به صورت زوجی نسبت به هدف

شد و روش کاشت مکانیزه با مطلوبیت ۳۱/۲ درصد مطلوبیت بین دو روش کاشت دیگر قرار گرفته است. علت انتخاب کاشت نیمه‌مکانیزه به‌عنوان روش کاشت برتر را باید در وزن‌دهی شاخص‌های تصمیم‌سازی جستجو کرد.

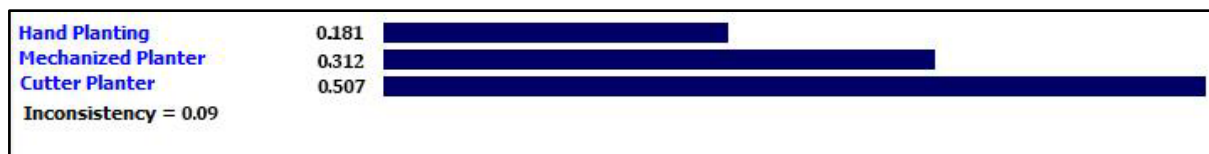
با توجه به وزن بسیار بالای دو معیار هزینه کاشت و کیفیت قلمه‌گذاری، روش بهینه کاشت با توجه به این دو شاخص عملاً تعیین شده است. روش کاشت نیمه‌مکانیزه، در مقایسه با سایر روش‌های کاشت، هزینه‌ای کمتر و دقت بالاتری در قراردعی قلمه در ردیف کاشت دارد و از این‌رو به‌عنوان کاشت

- تلفیق

بعد از مقایسه زوجی و محاسبه وزن‌های نسبی گزینه‌ها و معیارها، لازم است تا وزن نهایی هر گزینه محاسبه شود. بدین منظور از تلفیق استفاده شد و بدین طریق پاسخ‌های نهایی مسئله به‌دست آمد.

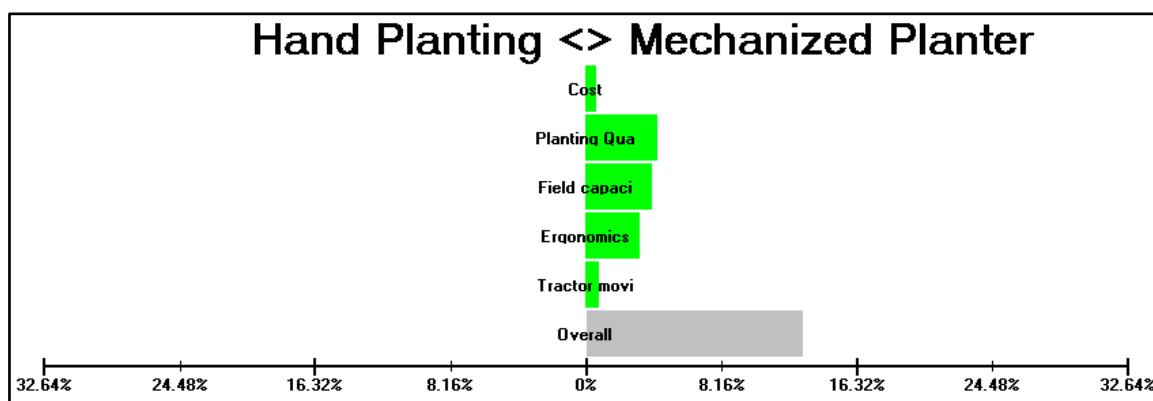
نتایج خروجی نهایی در مقایسه روش‌های کاشت قلمه در شکل ۱۲ قابل مشاهده است. کاشت با بُرنده-کارنده با بیشترین مطلوبیت، ۵۰/۷ درصد، بهترین روش کاشت در بین سه روش ذکر شده انتخاب شد. روش کاشت دستی با کسب ۱۸/۱ درصد مطلوبیت، نامطلوب‌ترین روش کاشت مشخص

بهینه انتخاب شده است؛ از طرف دیگر، کاشت دستی با اینکه در شاخص کیفیت کاشت در مقایسه با کاشت مکانیزه بهتر عمل کرده است ولی به دلیل هزینه بالا رتبه‌ای پایین‌تر به دست آورده است.



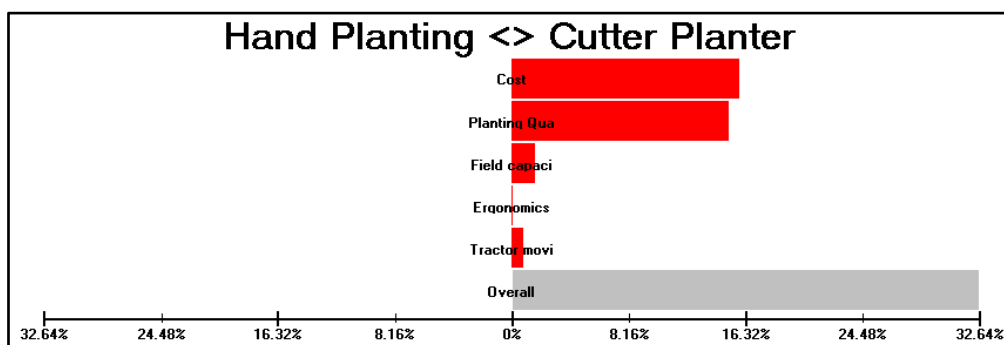
شکل ۱۲- خروجی نهایی در مقایسه روش‌های کاشت قلمه

در شکل ۱۳، مقایسه بین دو روش کاشت با دست و کاشت مکانیزه در تک‌تک شاخص‌ها به صورت مجزا نشان داده شده است. شاخص هزینه در بین این دو گزینه تفاوت زیادی ندارد ولی بالاتر بودن چشمگیر کاشت مکانیزه در شاخص کیفیت کاشت و ظرفیت مزرعه‌ای باعث کسب امتیاز بالاتر در روش کاشت مکانیزه شده است.



شکل ۱۳- مقایسه بین دو روش کاشت با دست و کاشت مکانیزه در تک‌تک شاخص‌ها

شکل ۱۴ مقایسه بین دو روش کاشت با دست و استفاده از برنده-کارنده را در شاخص‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به تفاوت بسیار چشمگیر این دو گزینه در شاخص‌های تأثیرگذار هزینه و کیفیت کاشت، انتخاب روش کاشت نیمه‌مکانیزه به عنوان روش مطلوب، بسیار منطقی به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، در چهار شاخص دیگر تفاوت تعیین‌کننده‌ای بین این دو روش وجود ندارد، به خصوص در شاخص ارگونومی کار که تقریباً مقدار یکسانی به این روش‌ها اختصاص یافته است.

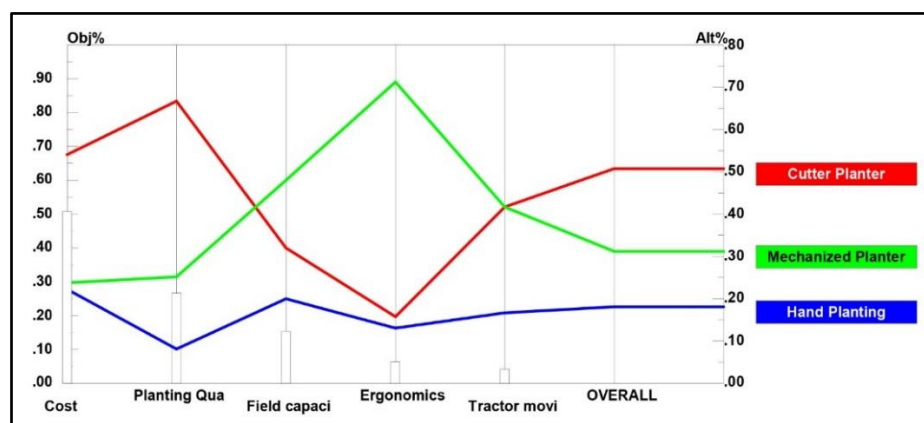


شکل ۱۴- مقایسه بین شاخص‌های دو روش کاشت با دست و برنده-کارنده

کار قابل مشاهده است. مطلوبیت کاشت نیمه‌مکانیزه در چهار شاخص برقرار است. نکته قابل توجه این است که کاشت دستی در هیچ‌یک از شاخص‌ها نسبت به دو روش دیگر برتری ندارد.

- تحلیل حساسیت

مقایسه نموداری هر سه روش و نقاط قوت و ضعف آنها در شکل ۱۵ نشان داده شده است. برتری قابل توجه روش برنده-کارنده در شاخص هزینه و روش کاشت مکانیزه در شاخص ارگونومی

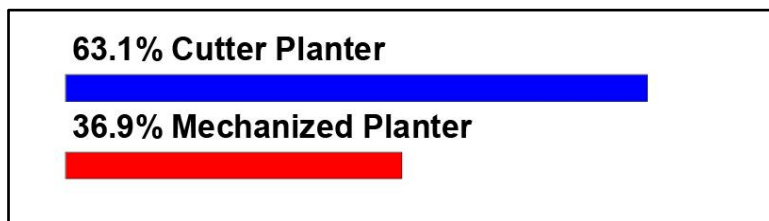


شکل ۱۵- تحلیل حساسیت روش‌های کاشت نیشکر

نتایج، کاشت دستی از گزینه‌های مورد بررسی حذف شد. هدف از این کار یافتن ارتباط بین کاشت نیمه‌مکانیزه و کاشت مکانیزه و نیز مقایسه بهتر بین این دو روش کاشت قلمه است. یادآوری می‌شود که تغییری در شاخص‌های تصمیم‌سازی و وزن هرکدام ایجاد نشده است.

- مقایسه بین روش تمام مکانیزه و روش نیمه‌مکانیزه

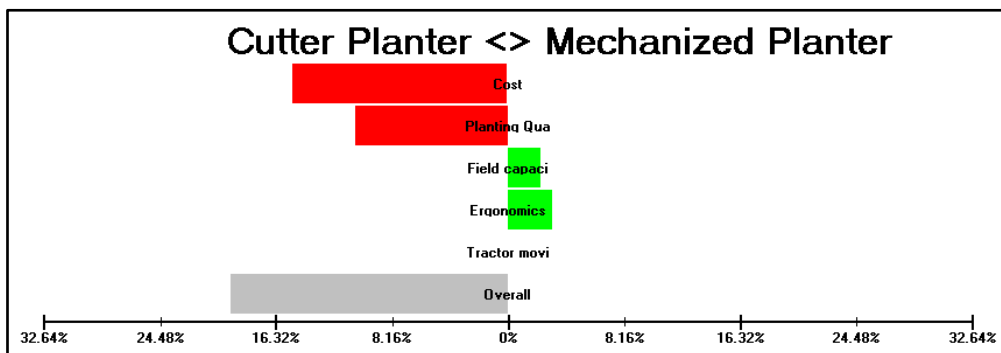
در مقایسه بین روش‌ها همواره کاشت دستی، به لحاظ مطلوبیت، با اختلاف زیاد پایین‌ترین گزینه را کسب می‌کند. از این رو برای انتخاب گزینه‌های منطقی‌تر و بررسی دقیق‌تر



شکل ۱۶- مقایسه امتیاز کلی روش‌های کاشت مکانیزه با دستگاه برنده-کارنده

نیمه مکانیزه از ۱/۶ برابر کاشت مکانیزه به ۱/۷۱ برابر آن ارتقا یافته است. در شکل ۱۷، مقایسه دو روش در شاخص‌های مختلف نشان داده شده است. با اینکه شاخص‌های ظرفیت مزرعه‌ای و ارگونومی کار کارگر به نفع کاشت مکانیزه است و شاخص رفت‌وآمد ماشین در هر دو روش کاشت یکسان است ولی شاخص‌های تعیین‌کننده، شامل هزینه و کیفیت کاشت، تمایل بسیار شدیدی به سمت کاشت نیمه مکانیزه داشته‌اند. همین موضوع باعث مطلوبیت نزدیک به دو برابر کاشت نیمه مکانیزه به نسبت کاشت مکانیزه شده است.

پس از تحلیل با نرم‌افزار، درصد مطلوبیت هر یک از دو روش کاشت مورد نظر در شکل ۱۶ نمایش داده شده است. کاشت نیمه مکانیزه با دستگاه برنده-کارنده ۶۳/۱ درصد از مطلوبیت کل را کسب کرده است؛ کاشت مکانیزه با کسب امتیاز ۳۶/۹ درصد رتبه دوم را دارد. همان‌گونه که از شکل مشخص است، پس از حذف کاشت دستی از گزینه‌ها ارتباط منطقی‌تری بین دو گزینه باقیمانده ایجاد شد به گونه‌ای که کاشت نیمه مکانیزه تقریباً دو برابر کاشت مکانیزه مطلوبیت دارد؛ و ضریب مطلوبیت کاشت



شکل ۱۷- مقایسه امتیاز شاخص‌های روش‌های کاشت مکانیزه با دستگاه برنده-کارنده

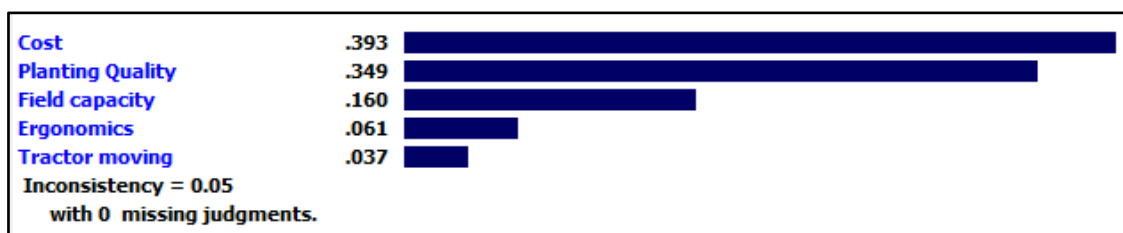
فرآیند تصمیم‌سازی تأثیر بگذارد. از این‌رو با تغییر دستی وزن شاخص‌ها بدون وارد کردن به مقایسه‌های زوجی تلاش شد تا وزن دو شاخص کیفیت کاشت و هزینه تا حد ممکن به هم نزدیک شود. این عملیات برای حصول اطمینان از تک شاخصه نبودن فرآیند تصمیم‌سازی پی‌ریزی و

مقایسه با وزن یکسان دو شاخص کیفیت و هزینه کاشت بر اساس تعیین مطلوبیت در مقایسه‌های زوجی توسط کارشناسان، شاخص هزینه امتیاز بسیار بالایی کسب کرده و باعث شده است به تنهایی بتواند بر سرنوشت تحلیل سلسله مراتبی و

بررسی و مقایسه روش‌های مختلف کاشت قلمه نیشکر...

یکسان‌سازی وزن این دو شاخص مقدار ۰/۰۵ را دارد. بین سه روش کاشت با وزن یکسان دو شاخص هزینه و کیفیت کاشت مقایسه شد که نتایج آن در شکل ۱۹ دیده می‌شود.

اجرا شد. نتایج وزنی شاخص‌ها در شکل ۱۸ نشان می‌دهد که در آن شاخص هزینه (با وزن ۳/۳۴) تقریباً وزن یکسانی با شاخص کیفیت کاشت (۳/۳۴) دارد. میزان ناسازگاری با تغییر و



شکل ۱۸- نتایج وزنی شاخص‌ها



شکل ۱۹- مقایسه بین سه روش کاشت با وزن یکسان دو شاخص هزینه و کیفیت کاشت

نتیجه‌گیری

سه روش مختلف کاشت قلمه نیشکر شامل کاشت با دست، کاشت نیمه مکانیزه با دستگاه برنده-کارنده و کاشت مکانیزه با دستگاه کارنده خودکار با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی مقایسه شدند. کاشت نیمه مکانیزه به دلیل اختلاف بسیار بالا در دو شاخص مهم هزینه و کیفیت قلمه‌گذاری در تمامی مقایسه‌ها مطلوبیت بیشتری کسب کرده است. کاشت دستی به دلیل هزینه بالا و کیفیت قلمه‌گذاری پایین نتوانسته امتیاز مطلوبی کسب کند. از این نکته نیز نباید غافل

جالب توجه است که کاشت نیمه مکانیزه با ۴۹/۷ درصد امتیاز، به نسبت ۵۰/۸ درصد امتیاز در حالت قبلی، شاهد کاهش مطلوبیت بوده است. در مقابل، به دلیل اختلاف هزینه چشمگیر دو روش نیمه مکانیزه و تمام مکانیزه در این مقایسه با کاهش درصد وزنی و تأثیرگذاری شاخص هزینه، مطلوبیت کاشت مکانیزه دو درصد افزایش یافته است.

در این مقایسه، کاشت با دست مطلوبیت کمتری از خود نشان داده زیرا در هر دو شاخص کیفیت قلمه‌گذاری و هزینه ضعف داشته است.

به مطلوبیت بالاتر از کاشت نیمه مکانیزه رسید. سرانجام باید در نظر داشت که بسیاری عوامل در انتخاب روش کاشت قلمه نیشکر دخالت دارند که اندازه‌گیری برخی از آنها سخت یا ناممکن است. برای مثال، کشت و صنعت‌های نیشکری استان خوزستان نقش بزرگی در ایجاد اشتغال و بهبود معیشت مردم روستاهای اطراف دارند و مکانیزاسیون ممکن است باعث کاهش موقعیت‌های شغلی آنها شود. همچنین، قیمت تهیه زیرساخت‌های لازم برای کارکرد سامانه مکانیزه کاشت قلمه و مشکلات مدیریت کارگر و ماشین در این پژوهش مجال حضور نیافته است. می‌توان گفت که انتخاب روشی واحد برای تمامی کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان نیاز به مطالعات گسترده‌تری دارد.

شد که کاشت دستی برای کارگر به لحاظ ارگونومیک نیز خطرناک است و منسوخ شدن این روش در کشورهای توسعه‌یافته نیز ممکن است به‌همین دلیل باشد؛ و چه بهتر که در استان خوزستان نیز به مرور استفاده از روش کاشت دستی قلمه محدود و کنار گذاشته شود. علت پایین بودن مطلوبیت کاشت مکانیزه را باید در بالا بودن هزینه آن دانست که نقطه ضعف اصلی این روش است. علت بالا بودن هزینه کاشت مکانیزه، مصرف بسیار بالای قلمه در این روش است. این موضوع مهم باعث شده است در کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان، به‌رغم سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً هنگفت، پس از چند سال کاشت مکانیزه از دور خارج شود. این امکان وجود دارد که با کنترل و بهبود میزان مصرف قلمه در دستگاه کارنده مکانیزه بتوان

مراجع

- Bhal, V. P. and Sharma, T. R. 2001. Present status and scope of tractor drawn automatic lister sugarcane cutter planter in Haryana. Annual Convention of the Indian Society of Agricultural Engineers at OUAT. Jan. 22-24. College of Agricultural Engineering and Technology, Bhubneshwar.
- Bozorginia, A., Ghasemnejad-Maleki, H. M. and Jamshidi, A. R. 2017. Technical and economic survey of mechanized and hand sugarcane cultivation in Imam Khomeini Agro-industry. Second National Conference on Mechanization and Modern Technologies in Agriculture. May 12-13. Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Khuzestan, Iran. (in Persian)
- Dehghan, E., Sheikhdavoodi, M. J., Zaki-Dizaji, H. and Gilani, A. 2016. Fabrication and evaluation of grooved seed plate for dry-bed seeding of rice using pneumatic row crop planter. J. Eng. Res. Agric. Mech. Syst. 17(66): 87-100. (in Persian)
- Ghodsipour, H. 2006. Analytical Hierarchy Process (AHP). Tehran, Amirkabir University of Technology. (in Persian)
- Hignett, S. and McAtamney, A. 2000. Rapid ENTIRE Body Assessment (REBA). Appl. Ergon. 31, 205-201.

- Khani, M. 2006. Construction and evaluation work cutting sugar cane for distributor. M. Sc. Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran. (in Persian)
- Khodabandeh, N. 2009. Industrial Plants Cultivation. Sepehr Press. (in Persian)
- Mohammadi-Amini, Z., Mansoori, Y. and Zaki- Dizaji, H. 2017. Comparison of two planter for vegetable cultivation in Khuzestan province. Agric. Mech. Syst. Res. 17(67): 15-28. (in Persian)
- Murali, P. and Balakrishnan, R. 2012. Labour scarcity and selective mechanisation of sugarcane agriculture in Tamil Nadu, India. Sugar Tech. 14(3): 223-228.
- Namjoo, M., Razavi, J. and Khani, A. 2015. Fabrication and evaluation of a metering device for a sugarcane billet planter. J. Agric. Sci. 25(1): 1-12.
- Patil, A. B., Dave, A. K. and Yadav, R. N. S. 2004. Evaluation of Sugarcane Cutter Planter. 38th ISAE Annual Convention. Jan. 16-18. Dapoli, India.
- Ripoli, M. L. C. and Ripoli, T. C. C. 2010. Evaluation of five sugarcane planters. Eng. Agric. Jaboticabal. 30(6): 1110-1112.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G. 1987. Uncertainty and rank ordering in the analytic Hierarchy process. Eur. J. Oper. Res. 32(1): 107-117.
- Salassi, M. E., Breaux, J. B. and Hoy, J. W. 2004. Estimated cost differences between whole-stalks and billet sugarcane planting methods in Louisiana. J. Am. Soc. Sugar Cane Technol. 24, 250-257.
- Singh A. K. and Singh P. R. 2017. Development of a tractor operated sugarcane cutter planter for mechanisation of sugarcane planting in deep furrows. Sugar Tech. 19(4): 416-423.
- Solymani, I. 2014. Development and evaluation of precision metering device for Sugarcane billet planting machines. M. Sc. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Stolf, R., Fernandes, J. and Furalanineto, V. L. 1984. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana-de-açúcar. STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba. 2(5): 22-26. (in Portuguese)
- Taghinezhad, J., Alimardani, R. and Jafary, A. 2014. Design and evaluation of three metering devices for planting of sugarcane billets. J. Agric. Sci. 20, 164-174.
- Zaki-Dizaji, H., Minaei, S. and Yousefzadeh-Taheri, M. R. 2010. Development and test of an air-jet seed knockout device. AMA-Agr. Mech. Asia AF. J. 41(1): 45-50.

Evaluation of Different Planting Method for Sugarcane for Khuzestan Region

N. Mansouri, H. Zakidizaji*, M. J. Sheikhdavoodi and A. Asakereh

* Corresponding Author: Assistant Professor, Biosystems Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: hzakid@scu.ac.ir
Received: 8 July 2017, Accepted: 3 March 2018

Abstract

Sugarcane, a perennial plant, has been cultivated in Khuzestan province, Iran, for a long time. Sugarcane seeds and stems (whole stalk or billet), both, are used for propagation, but stems planting is primary method of cultivation for sugar production purposes. Costs of sugarcane planting in Khuzestan differ when different planting methods are practiced. This study was conducted to find out proper planting methods for Khuzestan's conditions. To achieve the aims, various parameters were checked, then influencing variables were determined; experiments were carried out in Hakim agro-industrial farms, in 2016. The following topics were considered: costs indices, billet burial quality, factors affecting field capacity, numbers of tractor coming and going on the farms, and finally ergonomic issues. Indicators were summarized as much as possible by merging into each other or turning. Factors weighting were done, using expert discretions and AHP to indicate the importance of each indicator. Integration of relative weights by multiplying the relative weight of each indicator on the above parameters was carried out and also consistency index was calculated by ratio of incompatibility and random index. In next step, by selecting factors and AHP, three planting methods were compared using Expert Choice software: conventional manual method, semi-mechanized planting method (by cutter planter), and mechanized planting method (by automatic billet planter). Results showed that semi-mechanized planting method was optimal method due to minimum costs and maximum quality achieved in billet burial practice. Manual planting, in spite of achieving optimal way of planting compared with mechanized planting, received low advantages because of increasing in planting expenses.

Key Words: Analytical Hierarchy Process (AHP), Planting, Sugarcane