

تعیین روش مناسب کوددهی درختان سیب به کمک تصمیم‌گیری چند معیاره

محسن حیدری سلطان‌آبادی^{۱*}، عبدالله ایمان‌مهر^۲ و بهزاد الهامی^۳

چکیده

استفاده از روش‌های سنتی کوددهی درختان، علاوه بر تحمیل هزینه‌های گزاف به باغداران، فاقد مزایای موجود در روش‌های مکانیزه است. در تحقیق حاضر از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (چند شاخصه) شامل تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی و فرایند تحلیل شبکه برای امتیازدهی و انتخاب روش مناسب کوددهی درختان سیب بر اساس نظر باغداران و کارشناسان خبره باغبانی استفاده شد. در دو روش اول، معیارهای هزینه انجام عملیات کوددهی، عملکرد محصول، درصد آسیب‌های وارد شده به درختان، سهولت ورود ماشین به فضای بین درختان، ظرفیت زراعی (با و بدون ماشین)، راحتی و ایمنی کار کوددهی، خدمات پس از فروش، دسترسی به ماشین مورد نیاز، قیمت فروش محصول، کیفیت محصول تولیدی و قیمت اولیه ماشین کوددهی و در روش تحلیل شبکه، معیارهای هزینه انجام عملیات، عملکرد محصول، قیمت فروش محصول و کیفیت محصول تولیدی مورد استفاده قرار گرفت. گزینه‌های مورد بررسی شامل روش کوددهی سنتی، کوددهی با ترنچر باغی، کوددهی با مته موتوری، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری و کوددهی با گودال‌کن افست تراکتوری بود. طبق نتایج در دو روش سلسله مراتبی قطعی و فازی به ترتیب روش‌های کوددهی با گودال‌کن افست تراکتوری، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری، کوددهی سنتی، کوددهی با مته موتوری و کوددهی با ترنچر باغی از نظر کارشناسان و تولیدکنندگان سیب در اولویت استفاده قرار گرفتند. در فرایند تحلیل شبکه نیز انتخاب اول و دوم به ترتیب شامل چالکود با گودال‌کن افست و ثابت و انتخاب‌های بعدی کوددهی با ترنچر، مته موتوری و روش سنتی معرفی گردید. نتایج نشان داد که به‌کارگیری تراکتورهای باغی (با قدرت ورود و حرکت در فضای باغ) در کنار تجهیز آنها به گودال‌کن‌های تراکتوری به خصوص نوع کناربند یا افست، نقش مهمی در افزایش کمیت و کیفیت سیب تولیدی و کاهش هزینه‌های عملیات کوددهی درختان دارد.

واژه‌های کلیدی: مکانیزاسیون، کوددهی درختان، تحلیل سلسله مراتبی، فرایند تحلیل شبکه.

ارجاع: حیدری سلطان‌آبادی م. ایمان‌مهر ع. و الهامی ب. ۱۴۰۲. تعیین روش مناسب کوددهی درختان سیب به کمک تصمیم‌گیری چند معیاره. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۸: ۶۳-۷۴. <https://dx.doi.org/10.22034/jrmam.2023.14111.629>

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

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

۳- دانش‌آموخته دکترای مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.

* نویسنده مسئول: mheisol@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

مقدمه

به این منظور می‌توان از روش‌های علمی تصمیم‌گیری استفاده کرد.

به طور کلی در علم مدیریت، تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها و نهایتاً انتخاب و اجرای آن است. بیشتر تصمیم‌گیری‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف کمی و کیفی قرار دارد که اغلب این عوامل با یک‌دیگر در تعارض هستند. اشتباه و عدم دقت در تصمیم‌گیری موجب پرداخت هزینه خطاها خواهد شد (Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2008). به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چند معیاره و به‌ویژه تصمیم‌گیری چند شاخصه^۱ (MADM) توسعه داده شده‌اند که به حل مسائل کمک می‌کنند (Zhang & Yon, 2014). برای تصمیم‌گیری چند معیاره، روش‌های متفاوتی ارائه شده است که می‌توان به تحلیل سلسله مراتبی^۲ (AHP)، تحلیل سلسله مراتبی فازی^۳، روش ترجیح بر اساس مشابهت به راه حل ایده‌آل^۴ (TOPSIS) و روش تحلیل شبکه^۵ (ANP) اشاره کرد (Vaidya & Kumar, 2006). در صورت وجود عدم قابلیت محاسبه، عدم قطعیت داده‌ها و همچنین عدم قطعیت وزن معیارها می‌توان از حالت فازی روش‌های یاد شده استفاده کرد (Fan et al., 2004). تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه دودویی یا جفتی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار است (Lin & Yang, 1996). این شکل از تصمیم‌گیری از بسیاری از اشتباهات در امر انتخاب جلوگیری می‌کند (Vaidya & Kumar, 2006). در صورتی که برخی از معیارها و یا گزینه‌ها دارای وابستگی یا رابطه باشند، در این حالت باید مسئله را از طریق روش تحلیل شبکه (ANP) حل نمود (Eshtehardian et al., 2013). از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در بسیاری از مطالعات مربوط به حوزه کشاورزی استفاده شده است.

در مطالعه‌ای به منظور انتخاب بهترین روش وجین‌کاری برنج از بین روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز شامل وجین‌کن موتوردار، وجین مکانیکی بدون موتور، وجین

باغداری و تولیدات باغی به عنوان بخشی از فعالیت‌های کشاورزی، نقش مهم و مؤثری در امنیت غذایی و سلامتی جامعه ایفا می‌کند. با این وجود مسائلی مانند محدودیت‌های محیطی و مدیریتی، تولید پایدار باغات را تهدید می‌کند. توسعه مکانیزاسیون و مدیریت استفاده از ماشین‌های مناسب در مراحل مختلف باغداری، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، موجب بهبود شرایط تولید، افزایش بهره‌وری و توسعه کشت در مناطق مستعد می‌گردد (Elhami et al., 2019). ایران به دلیل داشتن شرایط آب و هوایی مناسب برای کشت محصولات سردسیری، از جایگاه ممتازی برای تولید سیب درختی برخوردار است. سطح زیر کشت باغ‌های سیب ایران، حدود ۲۴۸ هزار هکتار بوده (نهال و بارور) که از این سطح حدود ۴ میلیون تن سیب تولید می‌شود (Anonymous, 2020). شهرستان سمیرم، سهمی حدود ۷۳/۶۴ درصدی از درآمد ناخالص حاصل از کشت محصولات زراعی و باغی، ۹۷ درصدی از کل تولید سیب استان اصفهان و ۸ درصدی از کل تولید سیب کشوری را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2018).

از جمله فعالیت‌های مهم باغبانی برای بهبود کیفیت و کمیت محصولات باغی، تغذیه و کوددهی درختان با عناصر غذایی مورد نیاز است. در روش سنتی کوددهی، کود به صورت سطحی در پای درخت ریخته شده و توسط ابزارهایی مانند بیل تا عمق ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر با خاک مخلوط می‌شود. یکی از مناسب‌ترین روش‌های کوددهی درختان، روش چالکود است که در آن با حفر چاله‌های مناسب در پای درخت، کودهای حیوانی و شیمیایی مورد نیاز، درون آنها قرار داده می‌شود. قرار دادن کود در زیر خاک با روش‌های سنتی، زمان‌بر و پهنه‌بر بوده و بهره‌وری چندانی ندارد (Taki & Asadi, 2018). کاربرد ماشین‌های مناسب و مکانیزه شدن کوددهی درختان، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و عملکرد محصولات باغی مانند سیب را به دنبال خواهد داشت. با توجه به امکان استفاده از روش‌های متعدد ماشینی در عملیات کوددهی درختان، تصمیم در مورد انتخاب شیوه مناسب کوددهی بر اساس رعایت اولویت‌های اساسی، یکی از چالش‌های مدیریتی در باغبانی محسوب می‌شود.

1- Multiple Attribute Decision Making

2- Analytical Hierarchy process

3- Fuzzy Analytical Hierarchy process

4- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

5- Analytical Network Process

(2016) نتایج نشان داد که در هر دو روش، اهمیت برنج بیشتر از گندم و کلزا است، اما روش فازی تصمیم‌گیرنده را با دقت و اطمینان بیشتری (به دلیل اختلاف بیشتر وزن‌ها) به اولویت‌گذاری نهایی محصولات می‌رساند.

در تحقیقی از بین سه کمباین New Holland TC56، John Deere 955 و John Deere 1165 مناسب‌ترین کمباین با بهره‌گیری از AHP انتخاب شد. به این منظور معیارهای قیمت دستگاه، میزان تلفات، ظرفیت مزرعه‌ای، میزان مصرف سوخت، قابلیت اطمینان، تجهیزات و امکانات، راحتی و ایمنی و خدمات پس از فروش معرفی گردید. براساس نتایج، کمباین New Holland TC56 با وزن نهایی ۰/۴۷۲ بیشترین امتیاز را به دست آورد (Habib Zadeh & Sheikh Davoodi, 2013).

در پژوهشی انتخاب بهترین کمباین با استفاده از روش AHP مورد بررسی قرار گرفت. معیارهای انتخاب شامل میزان تلفات، قیمت، ایمنی و راحتی، هزینه تعمیر و نگهداری و ترافیک جاده‌ای و گزینه‌های شامل کمباین John Deere 955، سه‌پند، Claas و دروگر کردستان بودند. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert choice 11، کمباین مدل Claas از بین کمباین‌های موجود، انتخاب و به کاربران پیشنهاد شد (Heidari et al., 2010).

جهت بررسی و انتخاب بهترین روش تولید برنج در استان گیلان، از بین روش‌های سنتی، نیمه مکانیزه و مکانیزه از فرآیند AHP استفاده شد. نتایج نشان داد که در بین سامانه‌های تولید برنج، روش مکانیزه با میانگین وزنی ۰/۳۴۷، مناسب‌ترین روش تولید برنج بود و روش نیمه مکانیزه با میانگین وزنی ۰/۳۲۹ و روش سنتی با میانگین وزنی ۰/۳۲۴ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (Monajem et al., 2013).

همان‌گونه که بیان گردید توسعه مکانیزاسیون در باغداری، موجب بهبود شرایط تولید و افزایش بهره‌وری در مراحل مختلف از جمله تغذیه و کوددهی درختان می‌شود. با توجه به محاسن کوددهی درختان به روش چالکود، تعیین و معرفی روش مکانیزه مناسب این عملیات، گامی مهم در جهت کاهش زمان و هزینه و توسعه مکانیزاسیون است. یکی از کم هزینه‌ترین و در عین حال کاربردی‌ترین روش برای انتخاب شیوه مناسب کوددهی درختان، مراجعه به آرای متخصصان، کاربران و

دستی و کنترل شیمیایی، از روش AHP استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد که علی‌رغم مخاطرات زیست محیطی، کنترل شیمیایی همچنان اولویت اول در کنترل علف‌های هرز است و نسبت به سایر گزینه‌ها دارای مزیت و برتری است (Skizari Cherati, 2011). همچنین از روش AHP و TOPSIS برای انتخاب تراکتور مناسب استفاده شد. به این منظور ۱۸ متخصص فروش و کشاورز انتخاب و اولویت‌های آنان مشخص گردید و در نهایت معیارهای قیمت اولیه، هزینه‌های سالانه، مصرف سوخت، ایمنی راننده، قابلیت تعمیر و خدمات پس از فروش انتخاب شد (Jiménez-Macías et al., 2016).

در تحقیقی از روش AHP برای انتخاب مناسب‌ترین نوع سم‌پاش در باغات مرکبات استان مازندران استفاده شد. در این مطالعه چهار نوع سم‌پاش پرکاربرد و معمول منطقه شامل پشته موتوری لانس، اتومایزر، فرغونی و بادبزی تراکتوری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. معیارهای انتخاب شامل حجم مخزن، هزینه‌ها (خرید، سرویس و نگهداری و عملیات)، کیفیت سم‌پاشی، ظرفیت مزرعه‌ای و میزان محلول مصرفی در هکتار بود. طبق نتایج، سم‌پاش اتومایزر با ارزش نهایی ۰/۵۰۴ به عنوان مناسب‌ترین گزینه انتخاب و معرفی شد (Loghmanpour zarini et al., 2021).

محققان دیگر با استفاده از رویکرد AHP به این نتیجه رسیدند که در ویژگی‌های ادوات کشاورزی، مانورپذیری، مهم‌ترین عامل در انتخاب ادوات و تناسب بود. پس از این عامل، قیمت ماشین‌آلات و سپس ادوات عاملی مهم به‌شمار رفت. قدرت ماشین در اولویت سوم و هزینه تعمیر و نگهداری در مرتبه چهارم قرار گرفتند (Tarighi et al., 2019).

کاربرد روش AHP در انتخاب الگوی کشت مناسب نشان داد که معیار متوسط درآمد خالص با نسبت ۰/۴۶۷ و مصرف آب آبیاری با نسبت ۰/۲۸۲، مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر انتخاب الگوی کشت توسط کشاورزان هستند. همچنین، دو محصول گندم و جو با اختلاف کمی نسبت به هم از اولویت بالاتری برای کشت برخوردار شدند (Moradi et al., 2017).

در مطالعه‌ای به مقایسه دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی قطعی (AHP) و فازی (FAHP) در اولویت‌گذاری تولید محصولات زراعی پرداخته شد (Asadpoor et al.,

این پژوهش برای محاسبه آلفای کرونباخ از نرم‌افزار SPSS v.20 استفاده گردید.

تحلیل سلسله مراتبی (قطعی و فازی)

به منظور تعیین مناسب‌ترین روش کوددهی درختان سیب بر اساس تحلیل سلسله مراتبی AHP، هدف، معیارها و گزینه‌های انتخابی، مشخص شدند. به این ترتیب، هدف، انتخاب روش مناسب کوددهی بود. معیارها شامل هزینه انجام عملیات کوددهی، عملکرد محصول، درصد آسیب‌های وارد شده به درختان، سهولت ورود ماشین به فضای بین درختان (با توجه به هندسه باغ‌های موجود)، ظرفیت زراعی (با و بدون ماشین)، راحتی و ایمنی کار کوددهی، خدمات پس از فروش، دسترسی به ماشین مورد نیاز (که بیان‌کننده امکان تولید این ماشین‌ها در داخل و شبکه توزیع آنها است)، قیمت فروش محصول، کیفیت محصول تولیدی و قیمت اولیه ماشین کوددهی تعریف گردید. گزینه‌های قابل انتخاب شامل کوددهی سنتی، کوددهی با ترنچر باغی، کوددهی با مته موتوری، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری و کوددهی با گودال‌کن افست بود که در سطح باغات سمیرم به کار گرفته می‌شود. ادوات به کار رفته در روش‌های مکانیزه یاد شده، به صورت وارداتی یا در حال تولید داخلی هستند. در گام بعدی مقایسه زوجی بین معیارها و مقایسه زوجی گزینه‌ها در هر معیار انجام و براساس تشخیص ارجح بودن (جدول ۱)، توسط سؤال‌شوندگان امتیازدهی شدند. در روش سلسله مراتبی فازی با استفاده از ارکان هدف، معیارها و گزینه‌های موجود که قبلاً برای سلسله مراتبی قطعی تعریف شده بود، مقایسه زوجی بین معیارها و گزینه‌ها (در هر یک از معیارها) با استفاده از جدول ترجیح و قضاوت‌های فازی شده (جدول ۲)، صورت گرفت. شکل ۱ چیدمان ساختاری تحلیل سلسله مراتبی (قطعی و فازی) را نشان می‌دهد. پس از تکمیل مقایسه زوجی معیارها و گزینه‌ها، وزن نهایی (مطلق یا تلفیقی) گزینه‌ها محاسبه شد. مراحل یاد شده برای سلسله مراتبی قطعی در محیط نرم‌افزاری Expert Choice 11 و برای سلسله مراتبی فازی بر اساس محاسبات در محیط Excel 2010 اجرا گردید.

باغدارانی است که در این راه، روش‌های مکانیزه و سنتی را به کار برده‌اند. تاکنون تحقیق جامعی در این زمینه صورت نگرفته است. از طرفی با توجه به غالب بودن تولید سیب درختی در کشور و استان اصفهان (Anonymous, 2020)، جای آن دارد که تغذیه و کوددهی این محصول به روش‌های مکانیزه مدنظر قرار گیرد. هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین مناسب‌ترین روش کوددهی درختان سیب از بین روش‌های سنتی و مکانیزه بر اساس شیوه‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بود.

مواد و روش‌ها

روش جمع‌آوری نمونه

جامعه آماری مربوط به این تحقیق شامل تولیدکنندگان محصول سیب و کارشناسان و متخصصان باغبانی شهرستان سمیرم بود که به دلیل گستردگی حجم جامعه مورد نظر از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده گردید. برای به دست آوردن تعداد نمونه از جامعه یاد شده از رابطه کوکران (معادله (۱)) استفاده شد (Kaab et al., 2019):

$$n = \frac{Nz^2 pq}{Nd^2 + z^2 pq} \quad (1)$$

در این معادله، n: تعداد نمونه، N: تعداد جامعه آماری (تولیدکنندگان محصول سیب)، z: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، که در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ است، p: مقدار نسبت صفت موجود در جامعه است و اگر در اختیار نباشد می‌توان آن را ۰/۵ در نظر گرفت؛ q: درصد افرادی که فاقد آن صفت در جامعه هستند q=1-p؛ (1) و d: مقدار اشتباه مجاز (خطای مجاز انتخابی) و برابر ۰/۱ است.

در ادامه به صورت تصادفی پرسش‌نامه‌هایی که شامل مقایسه‌های زوجی بین معیارها و مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها در هر معیار بین ۴۵ باغدار (از بین ۸۵ باغدار با تجربه) توزیع گردید. برای تعیین روایی پرسش‌نامه از روایی منطقی استفاده گردید و برای پایایی پرسش‌نامه از آزمون آلفای کرونباخ بر اساس معادله (۲) استفاده شد (Gujarati, 2004).

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

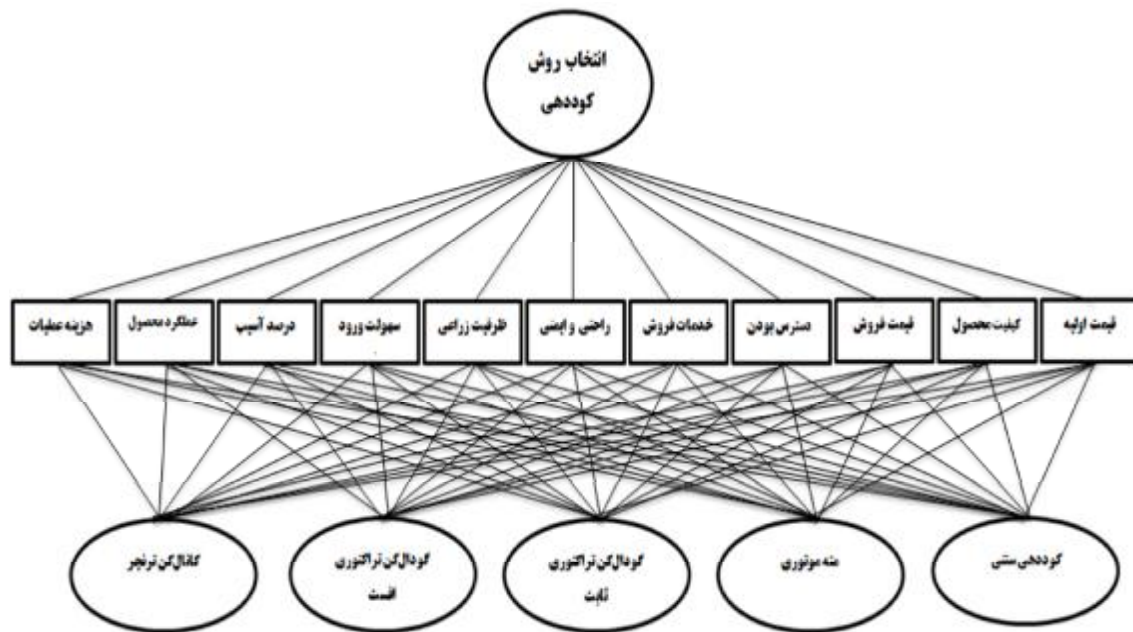
که در آن k تعداد گویه‌ها، S^2 واریانس جمع نمره‌های هر پاسخگو و S_i^2 واریانس نمرات مربوط به گویه i ام است. در

جدول ۱- طیف ۹ درجه‌ای جهت تعیین مقایسه‌های زوجی (Haralambopoulos & Polatidis, 2003)

ارزش	وضعیت مقایسه	توضیح
۱	ترجیح یکسان	عنصر ۱ و ۲ اهمیت برابر دارند.
۳	کمی مرجح	عنصر ۱ از ۲ کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح	عنصر ۱ از ۲ مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	عنصر ۱ از ۲ خیلی مهم‌تر است.
۹	کاملاً مرجح	عنصر ۱ از ۲ کاملاً مهم‌تر است.
۲,۴,۶,۸	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد.

جدول ۲- طیف ۹ درجه‌ای فازی شده جهت تعیین مقایسه‌های زوجی (Ishizaka, 2014)

وضعیت مقایسه	معادل فازی	معادل فازی معکوس
ترجیح یکسان	(۱ و ۱ و ۱)	(۱ و ۱ و ۱)
بینابین	(۱ و ۲ و ۳)	(۱ و ۰/۳۳ و ۰/۵)
کمی مرجح	(۲ و ۳ و ۴)	(۰/۲۵ و ۰/۳۳ و ۰/۵)
بینابین	(۳ و ۴ و ۵)	(۰/۲ و ۰/۲۵ و ۰/۳۳)
خیلی مرجح	(۴ و ۵ و ۶)	(۰/۱۶ و ۰/۲ و ۰/۲۵)
بینابین	(۵ و ۶ و ۷)	(۰/۱۴ و ۰/۱۶ و ۰/۲)
خیلی زیاد مرجح	(۶ و ۷ و ۸)	(۰/۱۲ و ۰/۱۴ و ۰/۱۶)
بینابین	(۷ و ۸ و ۹)	(۰/۱۱ و ۰/۱۲ و ۰/۱۴)
کاملاً مرجح	(۸ و ۹ و ۱۰)	(۰/۱۱ و ۰/۱۱ و ۰/۱۱)



شکل ۱- چیدمان ساختاری تحلیل سلسله مراتبی انتخاب روش کوددهی مناسب

ناسازگاری بایستی کمتر از ۰/۱ باشد و در غیر این صورت باید برای رفع این مشکل، وزندهی‌ها تصحیح گردند (Saaty, 2008). برای محاسبه نرخ ناسازگاری،

نرخ ناسازگاری شاخصی است که مقدار آن نشان‌دهنده تناقضات و ناسازگاری‌های احتمالی در ماتریس مقایسه‌های زوجی است. با توجه به منابع مختلف، نرخ

گرفت و توان سوم این ماتریس، وزن نهایی گزینه‌ها را مشخص نمود. در نهایت گزینه‌های انتخاب شده در روش‌های مربوطه (سلسله مراتبی قطعی-فازی و تحلیل شبکه) با هم مقایسه گردید.

نتایج و بحث

تحلیل سلسله مراتب قطعی و فازی

شکل ۲ وزن‌های اختصاص یافته به یازده معیار مورد مطالعه را نشان می‌دهد. طبق نتایج این شکل، در تحلیل AHP، بیشترین وزن به آسیب مکانیکی (۰/۲۵)، و کمترین وزن به قیمت و ظرفیت ماشین (۰/۰۲) تعلق گرفت. در تحلیل FAHP، بیشترین وزن مربوط به عملکرد (۰/۳۷) بود که آسیب احتمالی وارد به درختان با اختلاف اندکی (۰/۳۶) در رده دوم قرار گرفت. پنج معیار هزینه عملیات، سهولت ورود، راحتی کار، دسترسی به ماشین مورد نظر و قیمت ماشین، وزن صفر دریافت کردند. این نتیجه نشان می‌دهد که از نظر کارشناسان خبره، معیار میزان صدمات وارد بر محصول در روش AHP و معیار عملکرد در روش FAHP بیشترین اهمیت را دارا بوده و به همین دلیل بیشترین امتیاز را دریافت کرده‌اند. در روش FAHP ارجح بودن عملکرد در حد ناچیزی (۰/۰۱) بیشتر از آسیب مکانیکی تشخیص داده شده است. جدول ۳ خلاصه وزن‌های محاسبه شده برای هر یک از روش‌های کوددهی درختان سیب را در معیارهای مختلف نشان می‌دهد. روش سنتی کوددهی شامل پخش کود در پای درخت و زیر و رو کردن آن با بیل‌های معمولی توسط کارگر، کمترین وزن‌ها را در هزینه عملیات و قیمت فروش محصول دریافت کرد. این موضوع نشان می‌دهد که با توجه به تحلیل و تجربه اقتصادی باغداران نسبت به روش‌های کوددهی، روش سنتی بیشترین هزینه را به باغداران تحمیل می‌کند و به اعتقاد آنها روش‌های مکانیزه، هزینه کوددهی را کاهش می‌دهد.

تغذیه مناسب درختان می‌تواند موجب بهبود عملکرد و کیفیت محصول نهایی شده در نتیجه موجب افزایش قیمت فروش شود. طبق نتایج، روش سنتی کوددهی نسبت به سایر روش‌ها قیمت محصول را تغییر مثبتی نمی‌دهد. با این وجود روش کوددهی سنتی با توجه به ماهیتی که دارد، در معیارهای آسیب‌های وارده، دسترسی

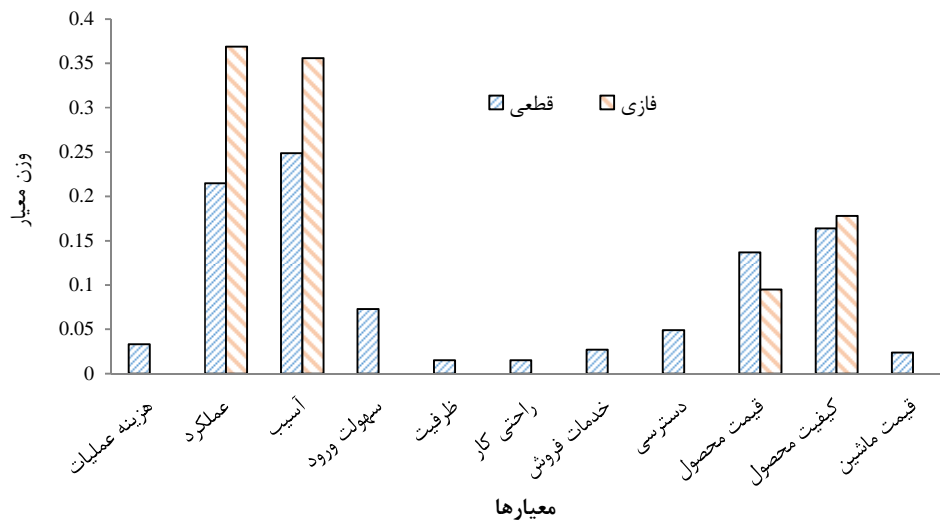
ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی فازی از روش گوس و بوچر (Gogus & Boucher, 1998) استفاده می‌شود.

روش تحلیل شبکه

در بررسی معیارها و گزینه‌های موجود در انتخاب روش مناسب کوددهی درختان، برخی از معیارها و یا گزینه‌ها دارای وابستگی یا رابطه هستند. به این منظور برای انتخاب شیوه کوددهی مناسب، از روش تصمیم‌گیری تحلیل شبکه (ANP) استفاده گردید. روش تحلیل شبکه، تعمیم یافته روش سلسله مراتبی است و در مواردی که سطوح بالایی روی سطوح پایینی تأثیری می‌گذارند و یا این که عناصر هم سطح از هم مستقل نیستند، کاربرد دارد (Saaty & Vargas, 2013). برای ترسیم شبکه مورد نظر ابتدا مسئله به شکل یک ساختار شبکه‌ای که هدف، معیارهای اصلی و گزینه‌ها را در بردارد، ترسیم شد. در این شبکه نیز هدف انتخاب دستگاه یا روش مناسب برای کوددهی درختان سیب است. در ادامه چهار معیار اصلی شامل هزینه انجام عملیات (C_1)، عملکرد محصول (C_2)، قیمت فروش محصول (C_3) و کیفیت محصول تولیدی (C_4) به عنوان معیارهای اصلی وابسته در نظر گرفته شد. طبق نظر بهره‌برداران و متخصصان، این چهار معیار، اساسی‌ترین عناصر انتخاب هر روشی در کوددهی درختان سیب محسوب می‌شود و اثربخشی روش کوددهی در این معیارها نمود پیدا خواهد کرد. از طرفی این چهار معیار با یکدیگر ارتباط داشته و مستقل از یکدیگر نیستند. به عنوان مثال قیمت فروش و کیفیت میوه ارتباط مستقیم دارند. گزینه‌های موجود نیز همان موارد قبلی شامل کوددهی سنتی (A_1)، کوددهی با ترنچر باغی (A_2)، کوددهی با مته موتوری (A_3)، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری (A_4) و کوددهی با گودال‌کن افست (A_5) بودند. منظور از تحلیل شبکه، انتخاب گزینه برتر کوددهی بر اساس معیارهای وابسته و با توجه به وابستگی (مقایسه‌ها زوجی سه معیار بر اساس معیار چهارم) یاست. به عنوان مثال، مقایسه‌های زوجی سه معیار عملکرد محصول، قیمت محصول و کیفیت محصول بر اساس معیار هزینه عملیات انجام شده و وزن‌دهی می‌شود. با مشخص شدن وزن معیارها نسبت به یکدیگر و نسبت به هدف مورد مطالعه، سوپر ماتریس ناموزون یا همان سوپر ماتریس اولیه تشکیل شد. در مرحله بعدی سوپر ماتریس موزون شکل

ظرفیت زراعی و راحتی کار کوددهی، گودال کن تراکتوری بالاتر از سایر دستگاه‌ها یا روش‌ها قرار گرفت که نشان‌دهنده هزینه کمتر، سرعت کار بیشتر و راحتی انجام عملیات کوددهی این روش از دید بهره‌برداران است.

به ماشین، سهولت ورود ماشین، خدمات پس از فروش و قیمت اولیه ماشین، دارای بیشترین امتیاز بود. هر چند ارجح بودن این معیارها از نظر بهره‌برداران چندان قابل توجه نبوده است. بر اساس معیار هزینه انجام عملیات،



شکل ۲- وزن‌های اختصاص یافته به یازده معیار مورد مطالعه در دو روش سلسله مراتبی قطعی و فازی

جدول ۳- خلاصه وزن‌های محاسبه شده برای هر یک از گزینه‌های کوددهی درختان سیب

معیارها	روش سنتی		ترنچر باغی		گودال کن موتوری		گودال کن تراکتوری		گودال کن افست	
	فازی	قطعی	فازی	قطعی	فازی	قطعی	فازی	قطعی	فازی	قطعی
هزینه انجام عملیات	0.035	0.099	0.034	0.099	0.21	0.202	0.13	0.399	0.265	0.342
عملکرد محصول	0.047	0.178	0.072	0.178	0.086	0.086	0.154	0.233	0.455	0.413
آسیب‌های وارده	0.0417	0.058	0.058	0.058	0.254	0.262	0.057	0.149	0.115	0.0
سهولت ورود ماشین	0.0454	0.053	0.053	0.053	0.24	0.282	0.0	0.129	0.081	0.0
ظرفیت زراعی	0.038	0.341	0.344	0.341	0.088	0.344	0.0	0.320	0.212	0.380
راحتی کار کوددهی	0.041	0.122	0.084	0.122	0.124	0.164	0.413	0.385	0.288	0.367
خدمات پس از فروش	0.0408	0.066	0.066	0.066	0.309	0.265	0.16	0.162	0.098	0.0
دسترسی به ماشین	0.0402	0.055	0.055	0.055	0.340	0.270	0.201	0.167	0.105	0.042
قیمت فروش محصول	0.034	0.152	0.047	0.152	0.083	0.083	0.279	0.286	0.444	0.413
کیفیت محصول	0.041	0.167	0.125	0.167	0.098	0.098	0.256	0.261	0.433	0.413
قیمت اولیه ماشین	0.0456	0.055	0.055	0.055	0.256	0.256	0.06	0.144	0.089	0.0

افست تراکتوری، شانس انتخاب برتر را به خود اختصاص دهد. شکل ۳ نتایج حاصل از تلفیق معیارها و گزینه‌های مختلف را در انتخاب روش مناسب کوددهی درختان سیب نمایش می‌دهد. بر این اساس و در یک نتیجه کلی، کوددهی با گودال کن افست با اختصاص وزن‌های ۰/۲۸۶

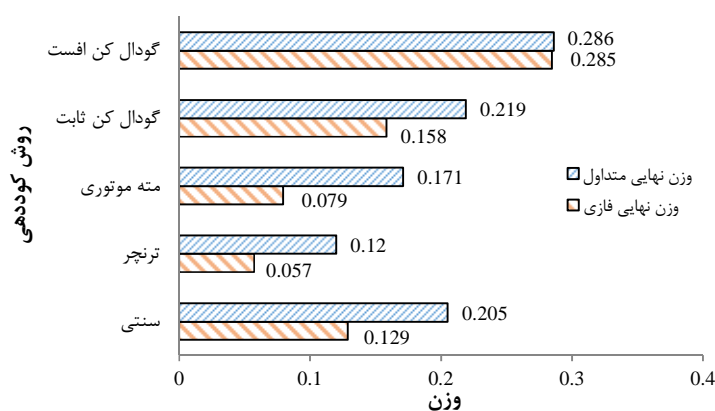
گودال کن تراکتوری افست در معیارهای عملکرد محصول، قیمت فروش محصول و کیفیت، بالاتر از سایر روش‌های کوددهی قرار گرفت. با توجه به اهمیت و وزن این سه معیار (شکل ۲) و انتخاب گودال کن افست به عنوان انتخاب ارجح، انتظار می‌رفت که در ادامه گودال کن

گرفت. همان‌گونه که قبلاً بیان شد، این دستگاه در نسبت به حالت سلسله مراتبی قطعی طبقه‌بندی شوند و قدرت تصمیم‌گیری برای کاربران افزایش یابد (Heidarosoltanabadi, 2020). سایر محققان نیز کارایی تصمیم‌گیری در تحلیل سلسله مراتبی فازی را بالاتر از حالت قطعی بیان داشته‌اند (Aşkın & Güzin, 2007; Asadpoor et al., 2016). شکل ۴ حساسیت هر یک از معیارهای به کار رفته را در گزینه‌های مختلف روش کوددهی نشان می‌دهد. به عنوان مثال در معیار کیفیت محصول، بیشترین حساسیت یا اثر، مربوط به کوددهی با گودال‌کن افسست و کمترین حساسیت مربوط به روش سنتی است.

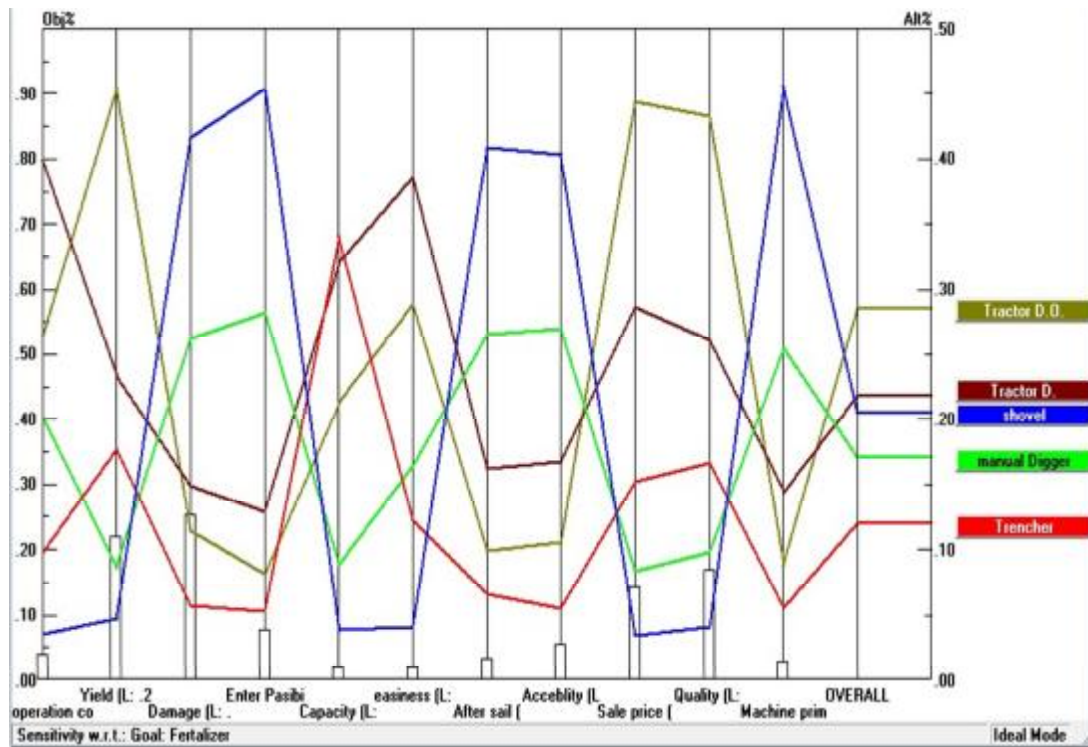
فرایند تحلیل شبکه

جدول ۵ سوپر ماتریس موزون و جدول ۶ وزن نهایی معیارها و گزینه‌ها نسبت به هدف تحلیل که انتخاب روش مناسب کوددهی درختان سیب است را نشان می‌دهند. طبق نتایج، در بین چهار معیار مورد بررسی، قیمت فروش محصول (C₃) رتبه اول، عملکرد محصول (C₂) رتبه دوم، کیفیت محصول تولیدی (بازارپسندی) (C₄) رتبه سوم و هزینه انجام عملیات (C₁) رتبه چهارم را از نظر ارجح بودن انتخاب باغداران به خود اختصاص دادند. این موضوع نشان می‌دهد که قیمت فروش محصول نقش اصلی در درآمد باغداران دارد و عملکرد در جایگاه دوم است. هر چند تعیین قیمت پایه محصول تابع شرایط خارجی و به دور از کنترل تولیدکنندگان است.

(قطعی) و ۰/۲۸۵ (فازی) در اولویت اول انتخاب قرار بررسی معیارهای عملکرد، قیمت فروش و کیفیت محصول نسبت به چهار روش دیگر برتری انتخاب داشت. دومین گزینه انتخابی بر اساس رتبه‌بندی معیارها، دستگاه گودال‌کن تراکتوری ثابت با وزن‌های ۰/۲۱۹ (قطعی) و ۰/۱۵۸ (فازی) بود. این دستگاه نیز در معیارهای هزینه انجام عملیات، ظرفیت زراعی و راحتی کار کوددهی، مناسب‌تر از سایر دستگاه‌ها بوده و از امتیاز بیشتری برخوردار شد. انتخاب سوم بر اساس وزن‌های محاسبه شده مربوط به روش سنتی با وزن‌های به ترتیب ۰/۲۰۵ (قطعی) و ۰/۱۲۹ (فازی) بود. روش سنتی با وجود هزینه زیاد و کاهش قیمت محصول نسبت به روش‌های دیگر، به علت کسب امتیازات در آسیب‌های وارده، دسترسی ساده و سهولت ورود به فضای باغ و نیاز نداشتن به خدمات پس از فروش و همچنین قیمت اولیه در این جایگاه قرار گرفت. استفاده از مته یا گودال‌کن موتوری با وزن‌های ۰/۱۷۱ (قطعی) و ۰/۰۷۹ (فازی) در جایگاه چهارم قرار داشت. این وسیله به دلیل مشکلات موجود چندان مورد استقبال باغداران قرار نداشت. کانال‌کن ترنچر با وزن‌های ۰/۱۲ (قطعی) و ۰/۰۵۷ (فازی) در آخرین رتبه انتخاب از نظر بهره‌برداران واقع شد. مشکلات عمده این روش کوددهی، سختی در ورود به باغ‌ها، حجم زیاد عملیات خاک‌برداری و امکان صدمه به ریشه‌های گسترش یافته درختان است. نتایج پژوهشی نشان داد که در انتخاب روش مناسب درجه‌بندی پیاز، کاربرد تحلیل سلسله مراتبی فازی با حذف احتمالات ضعیف در وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها و گزینه‌ها موجب گردید تا وزن نهایی اکثر گزینه‌ها با اختلاف بیشتری



شکل ۳- تلفیق معیارها و گزینه‌های مختلف در انتخاب روش مناسب کوددهی درختان سیب



شکل ۴- حساسیت هر یک از معیارهای به کار رفته را در گزینه‌های مختلف

در میان گزینه‌های مورد بررسی و با توجه به معیارهای تعریف شده، کوددهی با گودال‌کن افست تراکتوری (A_5) رتبه اول، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری (A_4) رتبه دوم، کوددهی با ترنچر باغی (A_2) رتبه سوم، کوددهی با گودال‌کن یا مته موتوری (A_3) رتبه چهارم و کوددهی سنتی (A_1) رتبه پنجم را به خود اختصاص دادند.

نکته دیگر این است که اهمیت هزینه کوددهی از نظر کاربران نسبت به معیارهای دیگر کمتر است. به عبارت دیگر از نظر بهره‌برداران، روش کوددهی، بیشتر براساس افزایش در قیمت، عملکرد و کیفیت محصول ارزش‌گذاری می‌شود و هزینه روش در اولویت‌های بعدی است. سایر محققان از فرآیند تحلیل شبکه در مطالعاتی مانند ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی (Sadeghi Ravesh & Khosravi, 2015) و شناسایی و مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس استفاده نموده‌اند (Shami et al., 2018).

جدول ۵- سوپر ماتریس موزون معیارها و گزینه‌ها نسبت به هدف تحلیل در انتخاب روش مناسب کوددهی

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	C_1	C_2	C_3	C_4	G (هدف)
A_1	۰/۰۴۸	۰/۰۴	۰/۱۳۸	۰/۱۱۱	.
A_2	۰/۰۹۵	۰/۲	۰/۱۷۲	۰/۱۴۸	.
A_3	۰/۱۴۳	۰/۱۶	۰/۱۷۲	۰/۱۸۵	.
A_4	۰/۳۸۱	۰/۲۸	۰/۲۴۱	۰/۲۵۹	.
A_5	۰/۳۳۳	۰/۳۲	۰/۲۷۶	۰/۲۹۶	.
C_1	۰/۰۶۹۴	۰/۰۵۵۶	۰/۰۵۸۸	۰/۰۶۳۶۲
C_2	۰/۱۹۷۶	.	۰/۷۰۲۰	۰/۶۹۰۵	۰/۵۴۶۳
C_3	۰/۴۹۰۵	۰/۶۳۲۵	.	۰/۲۵۰۷	۰/۲۴۱۱
C_4	۰/۳۱۱۹	۰/۲۹۸۱	۰/۲۴۲۴	.	۰/۱۴۹۳

جدول ۶- وزن نهایی معیارها و گزینه‌ها نسبت به هدف تحلیل در انتخاب روش مناسب کوددهی

گزینه‌ها					معیارها			
A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁
۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۴۱	۰/۲۸	۰/۰۶
۱	۲	۴	۳	۵	۳	۱	۲	۴
					وزن			
					رتبه			

نتیجه‌گیری

ارتقاء جایگاه مکانیزاسیون در بخش باغبانی به‌خصوص کوددهی درختان، یکی از اهداف مهم در مکانیزاسیون کشاورزی بوده است. بررسی‌های انجام شده در سطح باغات سیب استان اصفهان نشان می‌دهد که اکثراً کوددهی به صورت سنتی (پخش کود در سطح باغ و زیوررو کردن) انجام می‌شود. این روش علاوه بر تحمیل هزینه‌های گزاف به باغداران، کارایی روش‌های مکانیزه را هم ندارد. در تحقیق حاضر سه روش تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی و فرایند تحلیل شبکه برای اولویت‌بندی روش‌های مختلف موجود برای کوددهی درختان سیب بر اساس نظرات باغداران و کارشناسان خیره باغبانی استفاده شد. طبق بررسی‌ها و محاسبات انجام شده، در دو روش تحلیل سلسله مراتبی قطعی و فازی به ترتیب روش‌های کوددهی با گودال‌کن افسست تراکتوری، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری، کوددهی سنتی، کوددهی با مته موتوری و کوددهی با ترنچر باغی از نظر بهره‌برداران به ترتیب در اولویت استفاده قرار گرفتند. در فرایند تحلیل شبکه که در آن معیارهای انتخاب به چهار معیار وابسته هزینه انجام عملیات، عملکرد محصول، قیمت فروش محصول و کیفیت محصول تولیدی محدود گردید، انتخاب اول و دوم به ترتیب گودال‌کن افسست و ثابت و انتخاب‌های بعدی کوددهی با ترنچر، مته موتوری و روش سنتی به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که با توجه به اولویت‌های به دست آمده، گودال‌کن‌های تراکتوری به‌خصوص نوع کناربند یا افسست، نقش مهمی در کوددهی درختان سیب به روش چالکود داشته و جای آن دارد که با حمایت‌های لازم دولت، صنعتگران در جهت تولید و بهینه‌سازی این نوع گودال‌کن‌ها ترغیب شوند. همچنین توسعه و به‌کارگیری تراکتورهای باغی (با قدرت ورود و حرکت در فضای باغ) در کنار تجهیز آنها به گودال‌کن‌های مناسب و نیز اصلاح ساختاری احداث باغ‌ها و رعایت فواصل کاشت جهت تردد

مقایسه روش‌های کوددهی در روش‌های متفاوت

تصمیم‌گیری

در جدول ۷ رتبه‌بندی شیوه‌های متفاوت کوددهی بر اساس روش‌های مختلف تصمیم‌گیری نشان داده شده است. بر این اساس در دو روش FAHP، AHP، به ترتیب روش‌های کوددهی با گودال‌کن افسست تراکتوری، کوددهی با گودال‌کن ثابت تراکتوری، کوددهی سنتی، کوددهی با گودال‌کن (مته موتوری) و کوددهی با ترنچر باغی در اولویت انتخاب باغداران قرار گرفتند. در روش ANP که در آن معیارهای انتخاب به چهار معیار وابسته هزینه انجام عملیات، عملکرد محصول، قیمت فروش محصول و کیفیت محصول تولیدی محدود گردید، انتخاب اول و دوم همانند روش‌های قبل (چالکود با گودال‌کن افسست و ثابت) به دست آمد. بر خلاف روش‌های قبل، انتخاب‌های بعدی شامل ترنچر، مته موتوری و روش سنتی بود. این موضوع نشان می‌دهد که در صورت نادیده گرفتن عواملی مانند قیمت ماشین، خدمات پس از فروش، میزان دسترسی به فناوری، راحتی عملیات، صدمات احتمالی به درختان، سهولت ورود ماشین به باغ و ظرفیت زراعی، کوددهی با ترنچر و مته موتوری نسبت به روش سنتی، امتیاز بالاتری دارد.

جدول ۷- رتبه‌بندی بهترین روش‌های مختلف کوددهی

درختان سیب			
روش تصمیم‌گیری چند معیاره			
گزینه‌ها	سلسله مراتبی	سلسله	فرایند تحلیل
	قطعی	مراتبی فازی	شبکه
A ₁	۳	۳	۵
A ₂	۵	۵	۳
A ₃	۴	۴	۴
A ₄	۲	۲	۲
A ₅	۱	۱	۱

- Habib Zadeh, M., & Sheikh Davoodi, J. (2013). Selection of suitable combine using Analytical Hierarchy Process, *The 8th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization*. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Haralambopoulos, D. A., & Polatidis, H. (2003). Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. *Renewable energy*, 28(6): 961-973.
- Heidari, M., Pishgare Komole, S., & Omid, M. (2010). Selection of the most suitable type of harvest combine using Analytical Hierarchy Process (AHP). *The 5th National Conference on New Ideas in Agriculture*, Islamic Azad University of Isfahan, Isfahan. (In Persian).
- Heidarisoltanabadi, M. (2020). The most appropriate method for onion sorting using analytical hierarchy process (AHP and Fuzzy AHP). *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 8(3): 63-72. (In Persian).
- Ishizaka, A. (2014). Comparison of fuzzy logic, AHP, FAHP and hybrid fuzzy AHP for new supplier selection and its performance analysis. *International Journal of Integrated Supply Management*, 9(1-2): 1-22.
- Jiménez-Macías, E., & Sáenz-Díez Muro, J. C. (2016). Agricultural tractor selection: A Hybrid and Multi-Attribute Approach. *Sustainability*, 8: 157; doi:10.3390/su802015.
- Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. W. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Sci. Total Environ*, 664: 1005-1019.
- Lin, Z. C., & Yang, C. B. (1996). Evaluation of machine selection by the AHP method. *Journal of Materials Processing Technology*, 57(3-4): 253-258.
- Loghmanpour zarini, R., Kalantari, D., Akram, A. & Mollapour, S. (2021). Selecting the proper sprayer in citrus gardens of mazandaran province by analytical hierarchy process. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 52(1): 119-129. (In Persian).
- Monajem, S., Ranji, A., Khani, M., Atari, H. & Dorosti, H. (2013). Evaluation of rice production systems in Guilan province by using of Analytical Hierarchy Process (AHP). *Cereal Research*, 3(3): 255-266. (In Persian).
- Moradi, M., Shakibaefard, Z., & Shaban Ali و فعالیت ماشین‌های باغی موجب افزایش کمیت و کیفیت سبب تولیدی و کاهش هزینه‌های عملیات کوددهی درختان خواهد شد.
- منابع**
- Anonymous. (2018). Statistical yearbook of Isfahan province in Iran, Available from: amar.org.ir/English/Iran-Statistical-Yearbook. 2018-2019. (In Persian).
- Anonymous. (2020). Agricultural statistics. First volume: crops, crop year 2018-19. Ministry of Jihad-e-Agriculture, *Office of Statistics and Information Technology*. (In Persian).
- Asadpoor, H., Yousefzadeh, F., & Feizabadi, Y. (2016). Comparison between definitive and fuzzy decision models and their application in appointing the priority of agricultural production Combination. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(4): 833-846. (In Persian).
- Aşkın, Ö., & Güzin, Ö. (2007). Comparison of AHP and fuzzy AHP for the multi-criteria decision making processes with linguistic evaluations. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(11): 65-85.
- Elhami, B., Ghasemi Nejad Raini, M., & Soheili-Fard, F. (2019). Energy and environmental indices through life cycle assessment of raisin production: A case study (Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Iran). *Renewable Energy*, 141: 507-515.
- Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2008). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7-8): 783-795.
- Eshtehardian, E., Ghodousi, P., & Bejanpour, A. (2013). Using ANP and AHP for the supplier selection in the construction and civil engineering companies; Case study of Iranian company, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(2): 262-270.
- Fan, Z., Hu, G. F., & Xiao, S. (2004). A method for multiple attribute decision-making with the fuzzy preference relation on alternatives. *Computers & Industrial Engineering*, 46(2): 321-327.
- Gogus, O., & Boucher, T. O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 94(1): 133-144.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics*. 4th Edition: McGraw-Hill Companies.

- Fami, H. (2017). Priority of cropping agricultural products in the city of Kermanshah using the Analytical Hierarchy Process (AHP). *The 3th National Conference on Farm Water Management*. Karaj. (In Persian).
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences*, 1(1): 83-98.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Decision Making with the Analytic Network Process*. Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, Second Edition, 363 p.
- Sadeghi Ravesh, M. H. & Khosravi, H. (2015). Application of network analysis process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 4 (8): 11-24. (In Persian).
- Shami, J., Banj Shafiei, A., & Hosseinzadeh, O. (2018). Recognition of effective institutional criteria on sustainable management of Zagros forests, West Azerbaijan Province, Iran. *Journal of Forest Research and Development*, 4(2): 161-177 (In Persian).
- Skizari Cherati, F. (2011). Use the analytical hierarchy process (AHP) to evaluate and choose the best weeding method for rice weeds. *The 7th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystem) & Mechanization of Iran*. Shiraz University. Shiraz. (In Persian).
- Taki, O., & Asadi, A. (2018). Development and evaluation of a hydraulic hole digger for spot treatment of landscapes and orchards. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 18(69):47-58. (In Persian).
- Tarighi, J., Janeh, A., & Fazele Dolatabadi, S. (2019). Applying the hierarchical analysis approach in determining the location of agricultural tools according to the type of machine and the area under cultivation. *The International and 6th National Iranian Congress on Organic vs. Conventional Agriculture*, Ardabil. (In Persian).
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, 169(1): 1-29.
- 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.