توسعه مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) به منظور ارزیابی فنی تراکتور با استفاده از روش DEX

محمد مهاجران[۱]، محمودرضا گلزاریان[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: m.golzarian@um.ac.ir

چکیده

در چند دهه‌ی اخیر، مدیران در بخش کشاورزی از کامپیوترها و مدل‌های کامپیوتری پیچیده به منظور حل مسائل مختلف برنامه‌ریزی استفاده کرده‌اند. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) مبتنی بر تجزیه‌ی یک مسئله به چندین مسئله‌ی کوچک (زیرمسئله) می‌باشد. تصمیم‌گیری چند معیاره زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ارزیابی شامل چندین متغیر بوده که به راحتی به واحدهای عددی قابل تبدیل شدن نیست. به منظور توسعه‌ی مدل تصمیم‌گیری در گام نخست متغیرهای ورودی به مدل برای چهار نوع تراکتور انتخاب شدند. این متغیرهای ورودی شامل: عملکرد PTO، عملکرد سه نقطه اتصال، و عملکرد مالبندی می‌باشد. تراکتورهای انتخاب شده نیز شامل: مسی فرگوسن ۲۴۳، کیس مدل پوما۱۸۰، نیوهلند TM155، و جان دیر ۹۳۲۰ می‌باشند. روش استفاده شده برای توسعه‌ی مدل روش DEX می‌باشد که مدلسازی با استفاده از نرم افزار DEX-I 4.0.1 توسعه یافته است. از جمله مزایای نرم افزار DEX-i ، ساده بودن کار با نرم افزار، دسترسی سریع و آسان به منوهای مختلف، نمایش گرافیکی به منظور درک بهتر اثر پارامترهای ورودی بر تصمیم بهینه‌ی نهایی می‌باشد. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که بهترین تراکتور از لحاظ فنی دو تراکتور جاندیر و کیس می‌باشند. مقادیر کیفی معیارهای انتخاب شده یعنی عملکرد PTO و عملکرد سه نقطه اتصال و عملکرد مالبندی برای تراکتور جاندیر به ترتیب: ضعیف، عالی، عالی و برای تراکتور کیس به ترتیب: خوب، عالی ، و عالی بدست آمد.

کلیدواژه‌ها: تصمیم‌گیری چند معیاره، حل مسائل در کشاورزی، مدل تصمیم‌گیری.

مقدمه

پیش از جنگ جهانی دوم، بیشتر مسائل بهینه سازی بر یک تابع هدف متکی بوده است. اما امروزه با در نظر گرفتن چندین معیار به مسائل بهینه سازی پرداخته می‌شود که گاهی این معیارها با هم در تضاد هستند (مؤمنی، ۱۳۹۳). در چند دهه‌ی اخیر، مدیران در بخش کشاورزی از کامپیوترها و مدل‌های کامپیوتری پیچیده به منظور حل مسائل مختلف برنامه‌ریزی استفاده کرده‌اند (Rozman and Pazek, 2005). مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[۱] مبتنی بر تجزیه‌ی یک مسئله به چندین مسئله‌ی با پیچیدگی کمتر (زیرمسئله) می‌باشد (Buhanec *et. al*, 2000). تصمیم‌گیری چند معیاره زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ارزیابی شامل چندین متغیر بوده که به راحتی به واحدهای کمی قابل تبدیل شدن نیست (Rozman and Pazek, 2012). برخی روش‌های رایج تصمیم‌گیری چند معیاره مانند فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی[۲] مبتنی بر استفاده از متغیرهای عددی می‌باشد. حال آنکه روش DEX مبتنی بر مقادیر گسسته برای متغیرها بوده و توابع مطلوبیت به شکل قوانین تصمیم گیری If-Then می‌باشد. سامانه‌ی هوشمند DEX و برنامه‌ی تحت محیط ویندوز آن به نام DEX-i از متغیرهای کیفی به منظور ارزیابی گزینه‌ها استفاده می‌کند. این روش تصمیم‌گیری توسط پژوهشگران زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (Pavlovic *et al.*, 2011; Buhanec *et al.*, 2008; Rozman *et al.*, 2006; Mazzetto and Bonera, 2003). سامانه‌ی تصمیم‌گیری مبتنی بر شبیه‌سازی و روش‌های برنامه‌نویسی ریاضی به منظور نمایش سامانه‌های تولید شیر پاستوریزه ایجاد شد (Herrero *et al.*, 1999). خروجی‌های برنامه‌ی بهینه‌سازی شامل: بهره‌برداری مرتع، نرخ انبارداری، تولید شیر، کود مورد استفاده و غیره به عنوان ورودی به مدل تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده قرار گرفت. این مطالعه نشان داد که یکپارچه‌سازی شبیه‌سازی بیولوژیکی و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به منظور توسعه DSS[۳] برای صنعت دامداری مناسب می‌باشد. در پژوهشی دیگر نیز چارچوبی برای تصمیم‌گیری اقتصادی–زیست‌محیطی که شامل معیار پایداری اقتصادی و زیست محیطی در زمینه‌ی کشاورزی آبی می‌باشد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه یافت (Tiwari *et al.*, 1999). چندین معیار شامل: نرخ ورودی/خروجی انرژی، تقاضا برای آب و هزینه‌های زیست محیطی به عنوان معیارهای پایداری زیست محیطی در نظر گرفته شدند. معیار پایداری اقتصادی نیز از نقطه نظرات کشاورزان و دولت با استفاده از تجزیه و تحلیل توسعه یافته‌ی هزینه–سود[۴] بدست آمد. نتایج بدست آمده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره راهنمایی مفیدی برای انتخاب الگوهای کشت بهینه با در نظر گرفتن معیارهای پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی فراهم آورد. در مطالعه‌ی حاضر نیز به ارزیابی فنی چهار نوع تراکتور (مسی فرگوسن ۲۴۳، کیس مدل پوما۱۸۰، نیوهلند TM155، و جان دیر ۹۳۲۰) پرداخته

[۱] MCDM

[۲] AHP

[۳] Decision Support System

[۴] Cost Benefit Analysis

و در نهایت بهترین تراکتور از بعد فنی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و بر اساس مشخصه های در نظر گرفته شده انتخاب خواهد شد.

روش DEX

روش DEX و برنامه‌ی تحت ویندوز آن DEX-i روشی به منظور مدلسازی تصمیم‌گیری چند معیاره به صورت کیفی می‌باشد. وجه تمایز این روش با روش‌های دیگر توانایی‌اش در استفاده از مدل‌های کیفی می‌باشد. DEX-i به جای اینکه از متغیرهای عددی استفاده کند، از متغیرهای کیفی مانند: قابل قبول، مناسب، کم، زیاد، و غیره استفاده می‌کند. رویه‌ی اصلی در روش DEXi تجزیه‌ی مسئله[۱] به مسائل کوچکتر[۲] و با پیچیدگی کمتر می‌باشد. بدین ترتیب مدل تصمیم‌گیری که دارای مشخصه‌هایی[۳] می‌باشد بدست خواهد آمد. این مشخصه‌ها به صورت سلسله مراتبی سازماندهی یافته و توسط توابع مطلوبیت با یکدیگر مرتبط می‌شوند. به منظور نمایش و ارزیابی توابع مطلوبیت DEX از قوانین If-Then استفاده می‌کند. در روش DEX توابع مطلوبیت به صورت مجموعه‌ای از قوانین تصمیم‌گیری بیان می‌شوند. یک قانون تصمیم‌گیری ارزش مشخصه‌ی اجتماع را برای هر ترکیبی از مشخصه‌های ورودی بیان کرده و اهمیت نسبی هر مشخصه‌ی اصلی را نشان می‌دهد. یک روش در تعریف تابع مطلوبیت در مدل‌سازی با استفاده از DEXi وزن دهی متغیرها[۴] می‌باشد. این روش در روابط ۱، ۲، ۳، و ۴ آورده شده است. در اولین مرحله مجموعه‌ای از قوانین تصمیم‌گیری به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S=\{x_i \rightarrow y_i,\ i=1,2,\ldots,r\}$$

$$x_i \in X\ ,\ y_i \in Y$$

در مرحله‌ی دوم با توجه به وزن مورد نیاز خواهیم داشت:

$$w_1,w_2,\ldots,w_n \left(w_1 \in R\ ,\ \sum_{i=1}^{n} w_i > 0 \right)$$

ایجاد تابع خطی $h\ (x_1, x_2,\ldots, x_n)=K(w_1\ ord(x_1)+w_2\ ord(x_2)+\ldots+w_n\ ord(x_n))+N$ که به بهترین شکل با قوانین مجموعه S متناسب می‌باشد. بنابراین خواهیم داشت:

رابطه (۱) $\sum_{i=1}^{r} h(x_i)\text{-}ord(y_i)^2$

---

[۱] Problem

[۲] Sub-Problems

[۳] Attributes

[۴] Weight-Based

بنابراین در مرحله سوم ضرایب تابع به صورت روابط زیر محاسبه خواهند شد:

$$K=\frac{\sum_{i=1}^{r} y_i w_i-\left(\frac{1}{r}\right)\sum_{i=1}^{r} y_i \sum_{i=1}^{r} w_i}{\sum_{i=1}^{r} w_i^2-\left(\frac{1}{r}\right)\left(\sum_{i=1}^{r} w_i\right)^2}$$ رابطه (۲)

$$N=\frac{1}{r}\left(\sum_{i=1}^{r} y_i-K\sum_{i=1}^{r} w_i\right)$$ رابطه (۳)

$$w_i=\sum_{j=1}^{n} w_j ord(v_j) \quad x_i=(v_1,v_2,\ldots,v_n)$$ رابطه (۴)

بطور کلی مراحل انجام شده به منظور توسعه‌ی مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی فنی تراکتورها شامل: ۱) ترسیم درخت تصمیم‌گیری ۲) مشخص نمودن مقیاس[۱] برای هر یک از مشخصه‌ها ۳) تعریف نمودن توابع مطلوبیت[۲] ۴) مشخص نمودن گزینه‌ها برای هر یک از تراکتورها و ۵) ارزیابی تراکتورها و در نهایت مشخص نمودن بهترین تراکتور از لحاظ معیارهای انتخابی می‌باشد.

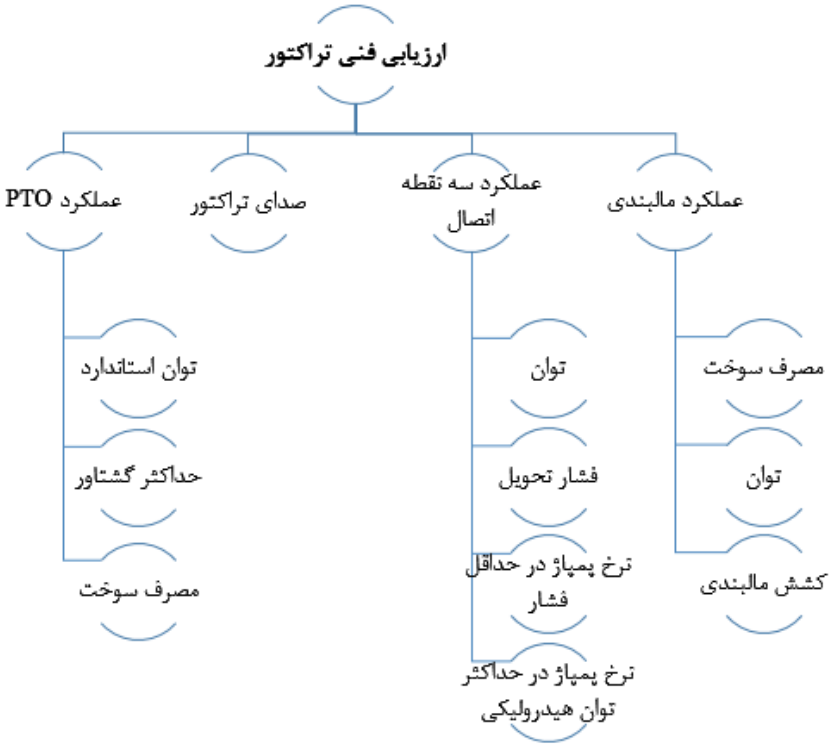
مواد و روش‌ها

به منظور توسعه‌ی مدل تصمیم‌گیری در گام نخست متغیرهای ورودی به مدل برای چهار نوع تراکتور انتخاب شدند. این متغیرهای ورودی شامل: عملکرد PTO، عملکرد سه نقطه اتصال، و عملکرد مالبندی می‌باشد. داده‌های مربوط به هر کدام از تراکتورها از آزمون‌های صورت گرفته بر روی تراکتورها توسط مرکز آزمون نبراسکا گردآوری شده است و لذا برخی معیارهای دیگری نیز می‌توانست در کنار معیارهای انتخاب شده قرار بگیرد. از آنجاییکه برخی آزمون‌ها بر روی تمامی تراکتورها صورت نگرفته بود بدین دلیل معیارهایی انتخاب نمودیم که برای تمامی تراکتورها مورد آزمون واقع شده است. تراکتورهای انتخاب شده نیز شامل: مسی فرگوسن ۲۴۳، کیس مدل پوما۱۸۰، نیوهلند TM155، و جان دیر ۹۳۲۰ می‌باشند. برای هر کدام از معیارهای انتخاب شده گزینه‌هایی وجود دارد که در شکل ۱ ساختار سلسله مراتبی مدل ارزیابی فنی مشاهده می‌شود. همانظور که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود گزینه‌های موجود برای معیارها شامل: توان استاندارد، حداکثر گشتاور، مصرف سوخت، توان، فشار تحویل، نرخ پمپاژ در حداقل فشار، نرخ پمپاژ در حداکثر توان هیدرولیکی، مصرف سوخت، توان و کشش مالبندی می‌باشد. شایان ذکر است از آنجاییکه صدای تراکتور خود یک مشخصه‌ی اصلی در نظر گرفته شده است لذا دارای گزینه‌ای نمی‌باشد. در برخی معیارها مانند عملکرد سه نقطه اتصال و عملکرد مالبندی دو گزینه‌ی مشابه به نام توان وجود دارد. این دو توان با یکدیگر تفاوت داشته و برای هر کدام از معیارها دارای مقادیر متفاوتی بوده که ما نیز آن‌ها را انتخاب نموده اما عنوان قرار داده شده یکسان می‌باشد. در این مطالعه به منظور توسعه‌ی مدل تصمیم‌گیری بر اساس مدل تصمیم گیری چند معیاره از روش DEX استفاده شده است. به همین منظور از محیط نرم افزاری آن در محیط ویندوز با عنوان DEX-i استفاده شده است. تمامی مدلسازی در ورژن 4.01 از این نرم افزار صورت گرفته است. ساده بودن

[۱] Scale

[۲] Utility Function

کار با نرم افزار، دسترسی سریع و آسان به منوهای مختلف، نمایش گرافیکی به منظور درک بهتر، و نیز کاربردی بودن نرم افزار DEX-i از جمله مزایای این نرم‌افزار می‌باشد. متغیرهای کیفی که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد در کنار مدلسازی به روش چندمعیاره این امکان را فراهم می‌آورد تا امر تصمیم‌گیری در مورد مسئله‌ای دشوار به راحتی انجام شود. در حالت کلی نیز درک مقادیر کیفی برای ذهن انسان در مقایسه با مقادیر کمی راحت تر صورت گرفته و درک بهتری از آن در ذهن شکل می‌گیرد.



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی ارزیابی فنی تراکتور.

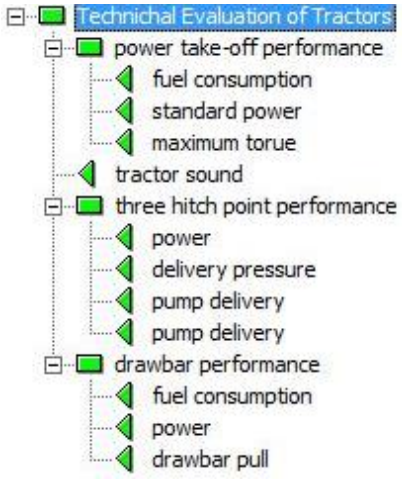
در شکل شماره‌ی ۲ درخت تصمیم‌گیری در محیط نرم‌افزار مشاهده می‌شود. در این مسئله‌ی تصمیم‌گیری سه مشخصه‌ی اجتماع[۱] شامل: عملکرد PTO، عملکرد سه نقطه اتصال، و عملکرد مالبندی وجود دارند. هر کدام از این مشخصه‌ها دارای تعدای مشخصه‌ی اصلی[۲] می‌باشند. این مشخصه‌های اصلی نیز در درخت تصمیم‌گیری در شکل شماره‌ی ۲ آورده شده است. در گام بعدی برای هر یک از مشخصه‌ها (اعم از مشخصه‌های اجتماع و مشخصه‌های اصلی) مقیاس تعین می‌شود. این مقیاس به صورت کیفی بوده و توسط کلماتی از جمله: خوب، متوسط، ضعیف، قابل قبول، و غیره تعریف می‌شود. در گام بعدی برای هر یک از مشخصه‌های اجتماع تابع مطلوبیت که بصورت قوانین If-Then بوده، تعریف می‌شود. پس از انجام این مرحله، در منوی گزینه[۳] گزینه‌های مورد نظر برای

[۱] Aggregate Attribute

[۲] Basic Attribute

[۱] Option

هر یک از تراکتورها بر اساس مشخصه‌های انتخاب شده مشخص می‌شود. مشخصه‌های انتخاب شده برای تراکتورها به صورت کمی می‌باشد. در این قسمت با استفاده از دانش کارشناسان و اینکه هر چه مقدار کمی یک شاخصه بیشتر باشد از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد اقدام به تعریف گزینه‌ها نمودیم. البته برخی مشخصه‌های اصلی مانند مصرف سوخت هر چه مقدار کمتری داشته باشند از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شوند. در حالت کلی هر چه یک مشخصه تأثیر مثبت بیشتری بر عملکرد داشته باشد دارای شاخصه‌ی اهمیتی بیشتری نیز می‌شود. از آنجاییکه برای هر مشخصه چهار سطح (مقیاس) در نظر گرفته شده است و تعداد تراکتورها نیز چهار می‌باشد لذا هر سطح انتخاب شده بیان‌کننده‌ی یکی از مقادیر کمی برای تراکتورها می‌باشد. به عنوان مثال برای مشخصه‌ی حداکثر گشتاور چهار مقیاس خیلی پایین، پایین، متوسط، و بالا در نظر گرفته شده است. هم چنین مقادیر کمی موجود در داده‌های گرد آوری شده نیز به ترتیب اولویت قرار گرفتند. بنابراین با مقایسه‌ی عدد مربوط به هر تراکتور برای این مشخصه با مقیاس‌های تعریف شده در نهایت گزینه‌ی مربوط به هر تراکتور استخراج گردید. برای مشخصه‌ی حداکثر گشتاور، تراکتور جان دیر دارای کمترین مقدار بین تراکتورها بوده و بنابراین مقیاس خیلی پایین برای این تراکتور در نظر گرفته شده است. برای تمامی مشخصه‌ها نیز این مرحله پیاده‌سازی شده است. مقیاس‌های در نظر گرفته شده برای مشخصه-های اجتماع (معیارها) و مشخصه‌های اصلی در جدول شماره‌ی ۱ داده شده است. در این جدول تمامی مقیاس های درنظر گرفته شده برای تمامی مشخصه ها (اجتماع، اصلی) آورده شده است. همانطور که در جدول نیز مشاهده می‌شود برخی مشخصه‌ها مانند مصرف سوخت هر چه مقدار کمتری داشته باشند دارای اهمیت بیشتری می‌باشند. بدین دلیل برای دو مشخصه‌ی صدای تراکتور و مصرف سوخت که هر چه مقادیرشان پایینتر باشند عملکرد تراکتور بهینه بوده اولویت‌بندی مقیاس اختصاص داده شده به صورت عکس آورده شده است. در شکل شماره‌ی ۳ گزینه‌های انتخاب شده برای هر کدام از مشخصه‌های تراکتورها نمایش داده شده است. یکی از ویژگی‌های محیط نرم افزار این می‌باشد که هنگامیکه مقیاس‌ها انتخاب می‌شوند بنا به اینکه مقیاس انتخاب شده برای یک مشخصه‌ی خاص در چه سطحی قرار دارد، رنگ واژه نیز تغییر می‌یابد. به عنوان مثال در شکل ۳ همانطور که مشاهده می‌شود مشخصه‌هایی که مقیاس انتخاب شده برای آن‌ها در ارزیابی کلی مدل تأثیر مثبتی از خود به جای می‌گذارند، با رنگ سبز نمایش داده شده‌اند. این امر سبب می‌شود تا به راحتی بتوان با مشاهده‌ی مشخصه به میزان تأثیرگذاری‌اش از لحاظ مثبت یا منفی بودن پی برد.



شکل ۲- درخت تصمیم‌گیری در محیط نرم‌افزاری DEX-i.

قابل ذکر است که در مشخصه‌های اصلی انتخاب شده برای معیارها چند مشخصه دارای عنوان مشابهی می‌باشند. مصرف سوخت و توان دو مشخصه‌ای می‌باشند که برای دو معیار متفاوت ذکر شده‌اند. البته برای هر کدام از معیارها مقدار مصرف سوخت متفاوت بوده و بنابراین به عنوان دو مشخصه‌ی اصلی برای دو معیار متفاوت در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۱- مقیاس‌های انتخاب شده برای هر کدام از مشخصه‌های اجتماع و اصلی.

مشخصه اصلی و اجتماع	علامت اختصاری	مقیاس
ارزیابی فنی	A	**غیرقابل قبول- قابل قبول- خوب- عالی**
عملکرد PTO	B	**ضعیف- متوسط- خوب- عالی**
مصرف سوخت		خیلی زیاد- زیاد- متوسط- کم
توان استاندارد		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد
بیشینه گشتاور		خیلی کم- کم- متوسط- زیاد
صدای تراکتور		خیلی زیاد- زیاد- متوسط- کم
عملکرد سه نقطه اتصال	C	**ضعیف- متوسط- خوب- عالی**
توان		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد
فشار تحویل		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد
نرخ پمپاژ در کمینه فشار		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد
نرخ پمپاژ در بیشینه توان هیدرولیکی		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد
عملکرد مالبندی	D	**ضعیف- متوسط- خوب- عالی**
مصرف سوخت		خیلی کم- کم- متوسط- زیاد
توان		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد
کشش مالبندی		کم- متوسط- زیاد- خیلی زیاد

Option	Massy Ferguson	CASE	New Holland	John Deere
fuel consumption	low	high	medium	very high
standard power	low	high	medium	very high
maximum torue	low	high	medium	very low
tractor sound	very high	low	high	medium
power	low	high	very high	medium
delivery pressure	medium	high	high	low
pump delivery	low	medium	high	very high
pump delivery	low	medium	high	very high
fuel consumption	medium	low	high	very low
power	low	high	medium	very high
drawbar pull	low	high	medium	very high

شکل ۳-گزینه‌های انتخاب شده برای هر یک از مشخصه‌ها.

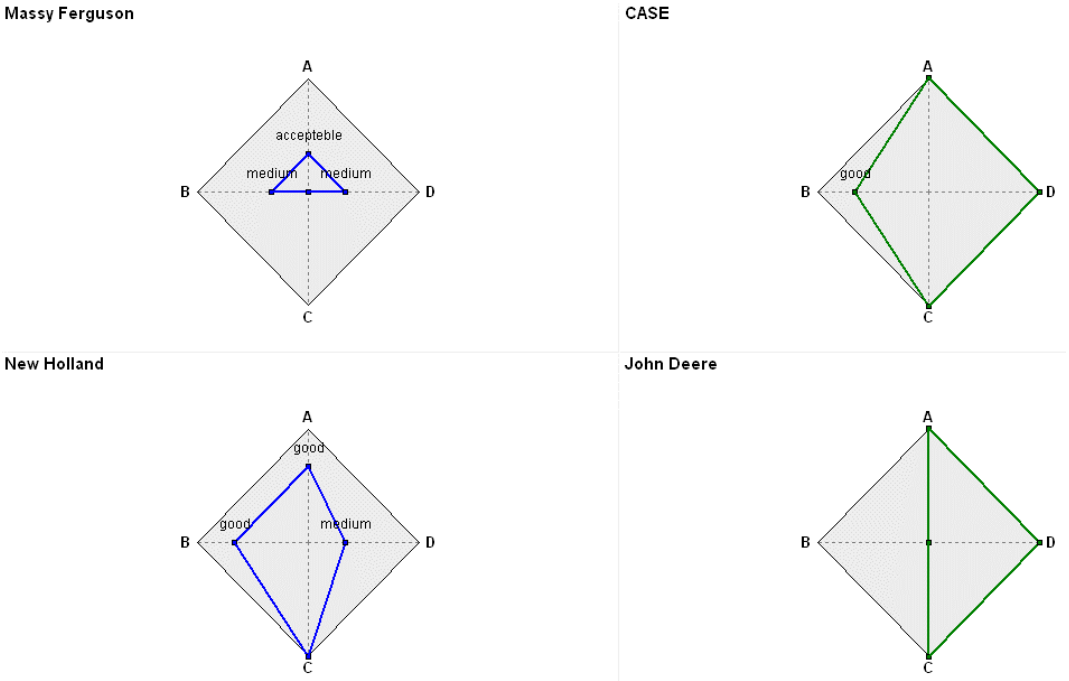
نتایج و بحث

ارزیابی اینکه کدام یک از تراکتورها از لحاظ معیارهای انتخاب شده بهترین عملکرد را دارا می‌باشند در قسمت Evaluation قابل مشاهده است. این قسمت برای مدل توسعه یافته در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تراکتور جاندیر و کیس بهترین تراکتورها از لحاظ فنی بوده و به ترتیب تراکتورهای نیوهلند و مسی فرگوسن در مکان‌های بعدی قرار می‌گیرند. این ارزیابی بر اساس تمامی مشخصه‌های انتخاب شده می‌باشد. البته شایان ذکر است که در بین تراکتورها مسی فرگوسن به عملکرد قابل قبول رسیده است که نشان می‌دهد چندان با توجه به معیارهای انتخاب شده در مقایسه با سه تراکتور دیگر از عملکرد فنی خوبی برخوردار نمی‌باشد. شکل شماره‌ی ۴ به خوبی نشان می‌دهد که عملکرد هر کدام از تراکتورها برای معیار و نیز مشخصه‌ی اصلی انتخاب شده به چه صورت می‌باشد. مشخص نمودن وضعیت عملکرد تراکتورها به صورت کیفی این امکان را ایجاد می‌کند تا ذهن انسان بهتر بتواند در امر تصمیم‌گیری عمل نماید. مشخص نمودن وضعیت مشخصه‌ها با استفاده از رنگ نیز درک بهتری از آن مشخصه را در ذهن ایجاد می‌کند. یکی از ویژگی‌های دیگر و برجسته‌ی DEX-i استفاده از نمایشگر گرافیکی می‌باشد. نمایش گرافیکی مشخصه‌های اجتماع (معیارهای انتخاب شده) در شکل ۵ نشان داده شده است. طبق شکل ۴ و ۵ ارزیابی فنی کلی برای تراکتورهای مسی فرگوسن، جاندیر، نیوهلند و کیس به ترتیب قابل قبول، عالی، خوب و عالی می‌باشد. هم‌چنین برای مشخصه‌ی عملکرد PTO به ترتیب متوسط، ضعیف، خوب و خوب و برای مشخصه‌ی عملکرد سه نقطه اتصال به ترتیب ضعیف، عالی، عالی، عالی و برای مشخصه‌ی عملکرد مالبندی به ترتیب متوسط، عالی، متوسط، عالی می‌باشند. اشکال ۶ تا ۹ نیز نشان دهنده‌ی گرافیکی برای مشخصه‌های اصلی انتخاب شده به تفکیک تراکتورها می‌باشد. حروف اختصاری نمایش داده در اشکال ۶ تا ۹ بصورت زیر می‌باشد:

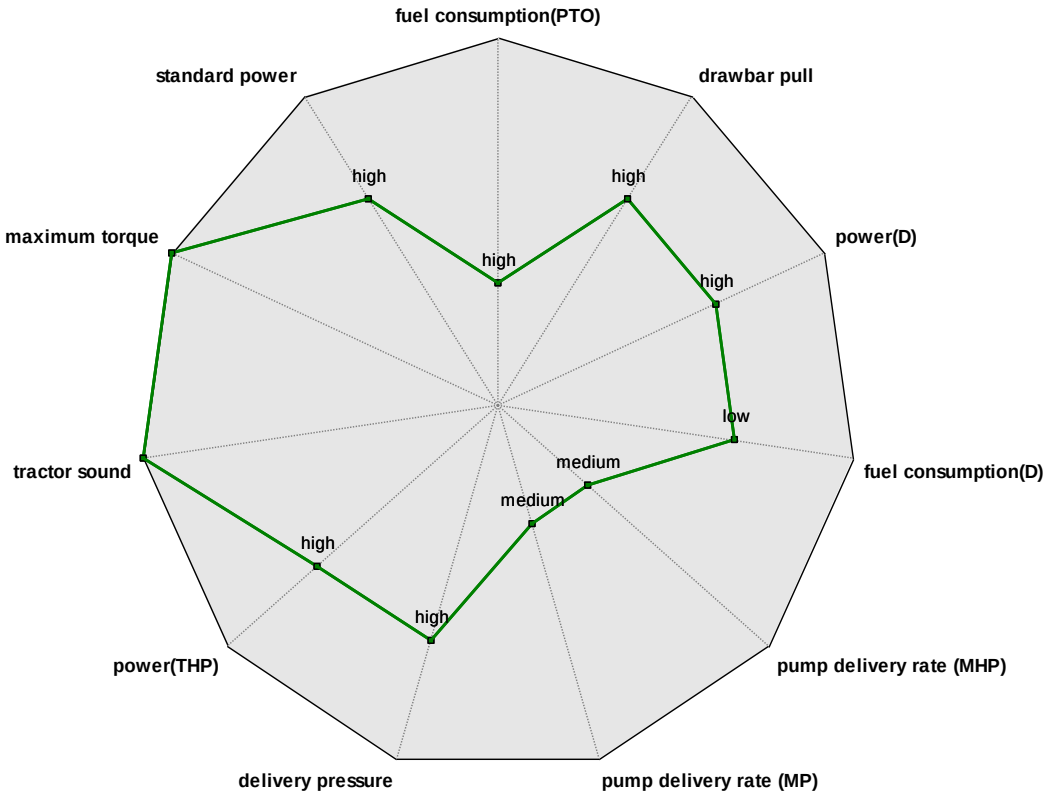
PTO= Power Take-Off, D= Drawbar, MHP= Maximum Hydraulic Pressure, MP= Minimum Pressure, THP= Three Hitch Point.

Option	Massy Ferguson	CASE	New Holland	John Deere
. Technichal Evaluation of Tractors	accepteble	excellent	good	excellent
.. power take-off performance	medium	good	good	weak
... fuel consumption	low	high	medium	very high
... standard power	low	high	medium	very high
... maximum torue	low	high	medium	very low
.. tractor sound	very high	low	high	medium
.. three hitch point performance	weak	excellent	excellent	excellent
... power	low	high	very high	medium
... delivery pressure	medium	high	high	low
... pump delivery	low	medium	high	very high
... pump delivery	low	medium	high	very high
.. drawbar performance	medium	excellent	medium	excellent
... fuel consumption	medium	low	high	very low
... power	low	high	medium	very high
... drawbar pull	low	high	medium	very high

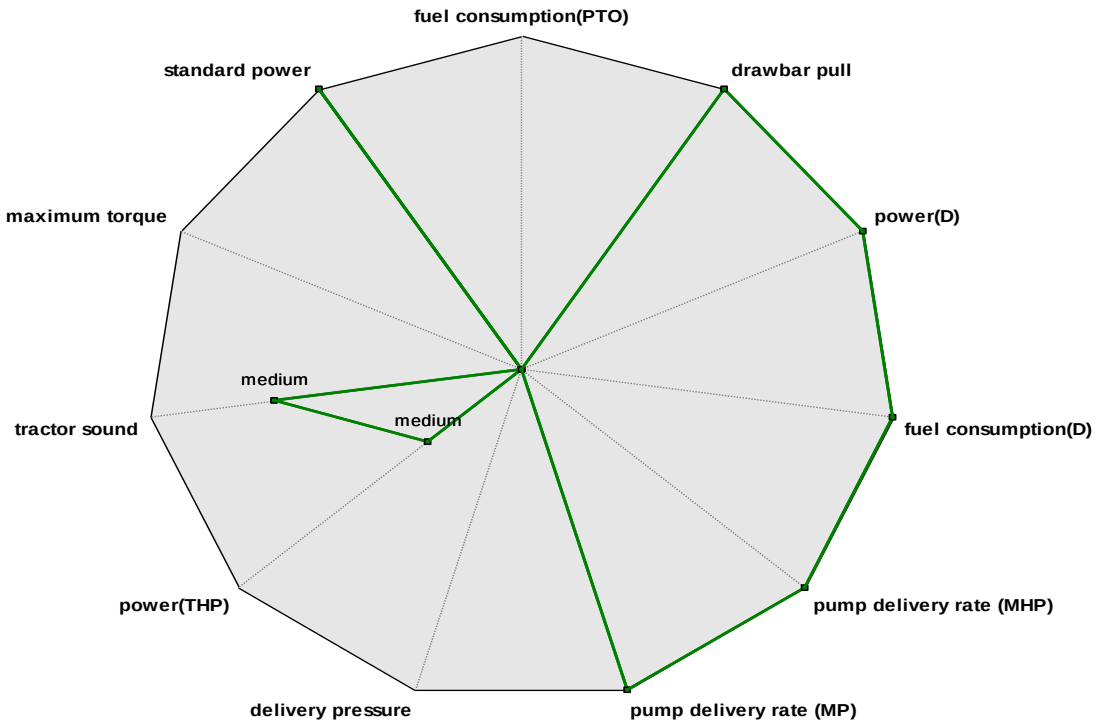
شکل ٤-ارزیابی تراکتورها بر اساس مشخصه‌های انتخاب شده



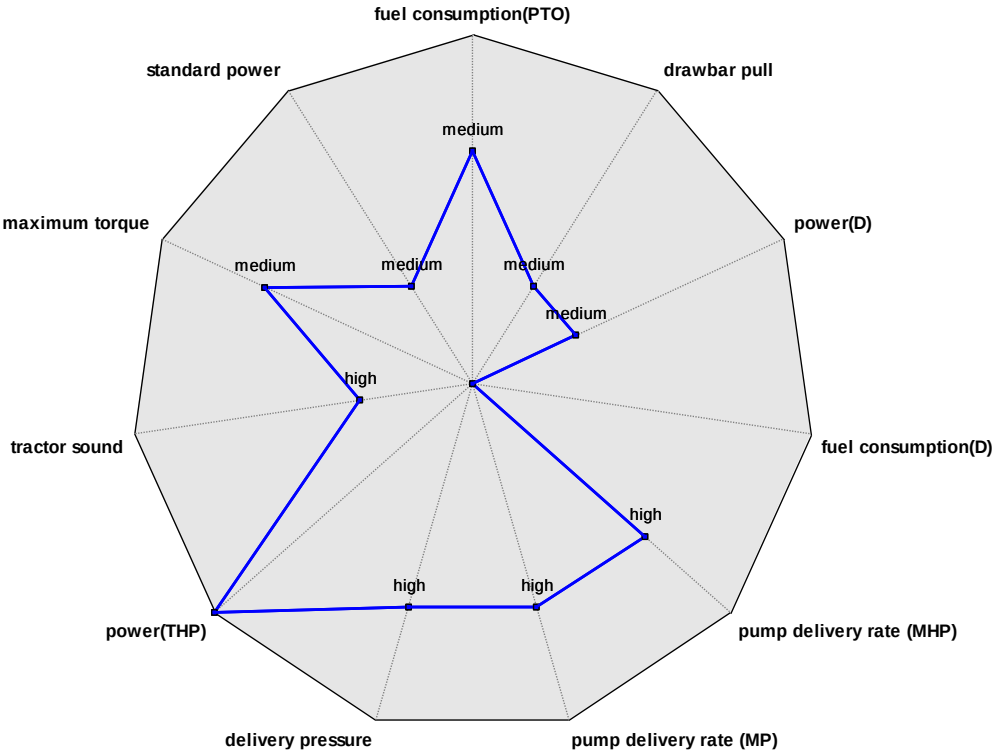
شکل ٥- نمایشگر گرافیکی تمامی مشخصه‌های اجتماع برای تراکتورهای مسی فرگوسن، جاندیر، کیس و نیوهلند. A) ارزیابی کلی تراکتورها B) عملکرد C PTO) عملکرد سه نقطه اتصال و D) عملکرد مالبندی.



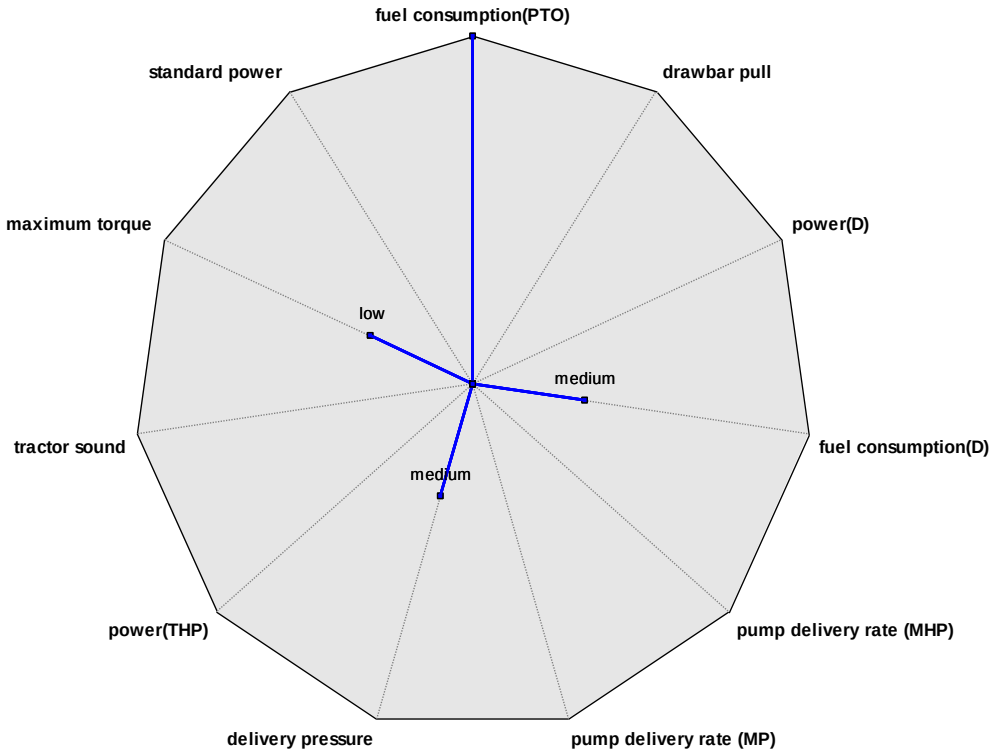
شکل ٦- نمایشگر گرافیکی تمامی مشخصه‌های اصلی برای تراکتور کیس.



شکل ۷- نمایشگر گرافیکی تمامی مشخصه‌های اصلی برای تراکتور جاندیر.



شکل ۸- نمایشگر گرافیکی تمامی مشخصه‌های اصلی برای تراکتور نیوهلند.



شکل ۹- نمایشگر گرافیکی تمامی مشخصه‌های اصلی برای تراکتور مسی فرگوسن.

نتیجه گیری

استفاده از کامپیوتر و مدل‌های کامپیوتری به منظور حل مسائل در بخش کشاورزی به امری رایج تبدیل شده است. یکی از روش‌های حل مسئله استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره به روش DEX می‌باشد. روشی که از متغیرهای کیفی به منظور تجزیه و تحلیل گزینه‌ها استفاده می‌کند. در مطالعه‌ی حاضر ارزیابی فنی چهار نوع تراکتور مسی فرگوسن ۲۴۳، کیس مدل پوما۱۸۰، نیوهلند TM155، و جاندیر ۹۳۲۰ به منظور انتخاب بهترین تراکتور بر اساس معیارهای انتخابی صورت گرفت. معیارهای انتخابی شامل: عملکرد PTO، عملکرد سه نقطه اتصال، و عملکرد مالبندی می‌باشند. هر کدام این معیارها دارای مشخصه‌های اصلی بوده که در مجموع ۱۱ مشخصه در حل این مسئله وجود داشت. پس از ارزیابی و تجزیه و تحلیل صورت گرفته با استفاده از نرم افزار DEX-I 4.01 نتایج نشان داد که دو تراکتور جاندیر و کیس از ارزیابی فنی عالی بهره می‌برند. هم‌چنین تراکتورهای نیوهلند و مسی فرگوسن در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. نمایشگر گرافیکی موجود در این نرم افزار این امکان را فراهم می‌آورد تا به راحتی بتوان مقایسات صورت گرفته بین مشخصه‌های مختلف را ارزیابی نمود و نقاط ضعف و قوت هر کدام از تراکتورها را با بررسی سریع متوجه شد. هم‌چنین کیفی بودن متغیرها در این روش این امکان را فراهم می‌آورد تا ذهن انسان به راحتی متوجه تمایز بین اختلافات در مشخصه‌های مختلف شود. به منظور مطالعه‌ی بیشتر می‌توان مشخصه‌های بیشتری برای ارزیابی فنی تراکتور اضافه نمود. هم‌چنین در کنار ارزیابی فنی می‌توان از بعد اقتصادی نیز تراکتورها را مورد مقایسه قرار داد تا انتخابی جامع با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس روش DEX داشته باشیم. ساده بودن کار با نرم افزار، دسترسی سریع و آسان به منوهای مختلف، نمایش گرافیکی به منظور درک بهتر، و نیز کاربردی بودن نرم افزار DEX-i از جمله مزایای کار با نرم افزار می‌باشد.

منابع

مؤمنی، م.، مباحث نوین تحقیق در عملیات، انتشارات مؤلف ، ۱۳۹۳،تهران.

Bohanec, M., B. Zupan, and V. Rajkovic. 2000. Application of qualitative multi-attribute decision models in health care, International Journal of Medical Informatics, 58-59, pp: 191-205.

Bohanec, M., A. Messean, S. Scatasta, F. Angevin, B. Griffiths, P. H. Krogh, M. Znidarsic, and S. Dzeroski. 2008. A qualitative multi-attribute model for economic and ecological assessment of genetically modified crops, Ecological Modelling, 215, pp: 247-261.

Bohanec, M. 2014. DEXi: program for multi-attribute decision making user’s manual version 4.01, Institut “Jozef Stefan”, Ljubljana, Slovenija.

Herrero, M., R. H. Fawcett, and J. B. Dent. 1999. Bio-economic evaluation of dairy farm management scenarios using integrated simulation and multiple-criteria models, Agricultural Systems, 62, pp: 169-188.

Mazzetto, F., and R. Bonera. 2003. MEACROS: a tool for multi-criteria evaluation of alternative cropping systems, European. Journal of Agronomy, 18, pp: 379-387.

Pavlovic, M., A. Cerenak, V. Pavlovic, C. Rozman, K. Pazek, and M. Bohanec. 2011. Development of DEX-HOP multi-attribute decision model for preliminary hop hybrids assessment, Computers and Electronics in Agriculture, 75, pp: 181-189.

Rozman, C., and K. Pazek. 2005. Application of computer supported multi-criteria decision models in agriculture, Agriculturae Conspectus Scientificus, 70 (4), pp: 127-134.

Rozman, Č., K. Pažek, M. Bavec, F. Bavec, J. Turk, and D. Majkovič. 2006. The multi-criteria analysis of spelt food processing alternatives on small organic farms. Journal of Sustainable Agriculture, 28, pp: 159-179.

Rozman, C., and K. Pazek. 2012. Introduction to DEXi multi criteria decision models: what they are and how to use them in agriculture, Agricultura, 9 (1-2), pp: 23-30.

Tiwari, D.N., R. Loof, G. N. Paudyal. 1999. Environmental-economic decision-making in lowland irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques, Agricultural Systems, 60, pp: 99-112.