

# ارزیابی تراکتورهای متداول از نظر تناسب با شرایط کشاورزی و اقلیمی در منطقه سارال شهرستان دیواندره

سیروس شکرپور<sup>۱</sup> و عباس عساکره<sup>۱\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۵

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

\*مسئول مکاتبه A.Asakereh@scu.ac.ir

## چکیده

انتخاب تراکتور، یعنی منبع توان در مزرعه، یکی از مهم‌ترین تصمیمات در مدیریت مزرعه است که مدیران مزارع و کشاورزان با آن روبه‌رو هستند. هدف از این مطالعه، انتخاب بهترین تراکتور در منطقه سارال دیواندره است. توان، ایمنی، تعمیرپذیری، مانورپذیری، قیمت، خدمات و دسترسی به تعمیرکار و قطعات، سرعت حرکت، قابلیت اطمینان، تناسب توان با اندازه مزارع، تناسب قیمت و هزینه‌های تراکتور با اندازه مزارع و درآمد کشاورزان شاخص‌های انتخاب تراکتور مناسب در نظر گرفته شدند. برای ارزش‌دهی تراکتورها از نظر شاخص‌ها، از ۴۰ راننده حرفه‌ای و کشاورز با تجربه استفاده شد که به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. داده‌ها و ارزش‌دهی‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل و ارزیابی شدند. نتایج نشان می‌دهد که ایمنی، سرعت حرکت و قابلیت استفاده به‌عنوان وسیله حمل و نقل و قیمت مهم‌ترین عوامل در انتخاب تراکتور در منطقه هستند. تراکتور ITM 285 مناسب‌ترین تراکتور انتخاب شد و نیز بررسی نتایج نشان می‌دهد، تراکتورهای نیمه‌سنگین و سنگین برای منطقه گفته شده که دارای مزارع کوچک و نظام کشاورزی سنتی است، مناسب نیست. همچنین یافته‌ها نشان داد که استفاده‌های غیرکشاورزی از تراکتور مانند استفاده به‌عنوان وسیله نقلیه در مناطق صعب‌العبور تأثیر بسزایی در انتخاب تراکتور در منطقه سارال دارد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب تراکتور، ایمنی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، قابلیت اطمینان، کردستان

## Evaluation of Conventional Tractors in Terms of Agricultural and Climatic Conditions in Saral Region in Divandarreh County

Sirous Shorkpor<sup>1</sup> and Abbas Asakereh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

\*Corresponding author: A.Asakereh@scu.ac.ir

### Abstract

Selection of appropriate tractor as the source of power in farms is one of the most important decisions in farm management and a main task for farm managers and farmers. The main goal of this study was to select the best tractor in Saral region of Dyvandara County. Different criteria were used for selecting of an appropriate tractor such as power, safety, reparability, maneuverability, price, accessing to repair service, movement speed, power proportion to farm size, fitting the price and costs of tractor with the size of farms and the farmer's income. The statistical population for evaluating the tractors was 40 experienced operators and farmers selected randomly. Data and value were analyzed and evaluated using the multi-criteria method. The results showed that safety and transport ability and price are the most important factors in the selecting a tractor in this region. According to the results, the medium range ITM 285 was the best tractor. Also, results showed that semi-heavy and heavy tractors were not suitable for this region with small size farms area. The results showed that non-agricultural use of tractors has a significant effect on the importance of a criteria for selecting suitable tractor in Saral region.

**Keywords:** Kurdistan, Multiple-criteria decision making, Reliability, Safety, Tractor selection

### How to cite:

Shorkpor S., and Asakereh, A. 2021. *Evaluation of Conventional Tractors in Terms of Agricultural and Climatic Conditions in Saral Region in Divandarreh County*. Journal of Agricultural Mechanization 6 (2): 21-29.

## ۱- مقدمه

یکی از اهداف مکانیزاسیون، افزایش تولید و کسب سود بیشتر است. با توسعه مکانیزاسیون و افزایش تعداد و ظرفیت ماشین‌ها، امکان احیای زمین‌های بایر، سنگلاخی و فقیر، و افزایش سطح زیرکشت به وجود آمده است. همچنین با بهبود کیفیت کار ماشین‌ها و افزایش دقت آن‌ها بر اساس نیاز گیاه و نیز بهبود سایر عوامل غیرماشینی، تولید در واحد سطح افزایش یافته است (Almasi et al., 2005). ماشین یکی از ابزارهای مهم در فرآیند تولید محصولات کشاورزی و مکانیزاسیون است و برای رسیدن به تولید بهینه و پایدار باید آن را درست و مناسب انتخاب کرد (Babaiee, 2010). انتخاب نوع و اندازه مناسب ماشین و ادوات کشاورزی و سرمایه‌گذاری صحیح در این زمینه از مسائل اصلی مکانیزاسیون کشاورزی است. توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حدود زیادی تابع میزان و چگونگی به کارگیری و استفاده از منبع توان است. تراکتور متداول‌ترین و مهم‌ترین منبع تولید توان در کشاورزی مکانیزه است و کاربرد آن در اجرای عملیات کشاورزی مکانیزه نقش اساسی دارد (Tondro, 2012). انتخاب تراکتور یعنی منبع تأمین کننده توان، یکی از مهم‌ترین تصمیمات در مدیریت مزرعه است که مدیران مزارع و کشاورزان با آن روبه‌رو هستند. امروزه به دلیل متنوع بودن مدل‌ها و توان تراکتورها، مشکلاتی زیاد در انتخاب مناسب تراکتور با شرایط کشاورزی و اندازه مزارع به وجود آمده است (Mehta et al., 2011). اگر ماشین‌های مختلف با اندازه‌های گوناگون برای تولید محصول موجود باشند، انتخاب اندازه و نوع ماشین برای اجرای عملیات مشکل‌تر می‌شود. در این حالت، ماشین‌های بزرگ‌تر به کاهش هزینه‌های کارگری کمک می‌کنند و می‌توانند عملکرد محصول را بهبود بخشند و عملیات را در تاریخ‌های دقیق‌تر و مطلوب‌تر پیش برند، اما در عوض عواملی چون استهلاک و بهره بانکی هزینه‌های ثابت را افزایش می‌دهند. ماشین‌ها با ظرفیت کم موجب افزایش هزینه‌های کارگری، تعمیرات و نگهداری، و نیز هزینه‌های به‌موقع عملی نشدن برنامه‌ها می‌شوند. اگر هزینه کارگری دارای هزینه فرصت بالا باشد، انتخاب ماشین بزرگ‌تر توجیه‌پذیر است اما در انتخاب اندازه ماشین باید طوری عمل شود که برنامه‌ها در محدوده زمانی موجود با کمترین هزینه کل اجرا شود (Tondro, 2012). بنابراین لازم است تراکتور مناسب با شرایط هر منطقه و هر مزرعه انتخاب شود. تصمیم اشتباه در انتخاب تراکتور مشکلاتی برای واحدهای تولیدی به همراه دارد که هزینه‌های اضافه اولیه و ثانویه هم جزیی از آن خواهد بود. انتخاب درست مستلزم شناخت کافی از عواملی است که بر ماشین تأثیر می‌گذارد. در مطالعات صورت گرفته، معیارها و عوامل مختلف برای انتخاب مناسب تراکتور بیان شده است. در انتخاب ماشین مواردی مانند علامت تجاری، نام تجاری، مدل‌های مختلف از یک نام تجاری، تعمیرات و خدمات پس از فروش، طرح ماشین، راحتی کار و استفاده از ماشین، آسانی تنظیمات، ایمنی کار، و مسائل ارگونومیک باید در نظر گرفته شوند (Almasi et al., 2005). (Lak & Borghae, 2011) معیارهای ارزیابی را به چهار گروه عمده تقسیم می‌کنند: فنی، اقتصادی، زیست محیطی، و فرهنگی. (Modarres Razavi, 2008) برای تعیین تعداد و اندازه ماشین‌های

کشاورزی مورد نیاز پیشنهاد می‌کند ابتدا سطح زیر کشت هر محصول و زمان اجرای عملیات مشخص و پس از آن ظرفیت اجرای عملیات با ماشین‌های مختلف محاسبه، و سپس ماشین مناسب انتخاب شود.

پیشتر گفته شد که در انتخاب تراکتور باید معیارهای مختلف در نظر گرفته شوند؛ این معیارها ممکن است در تضاد با یکدیگر باشند یعنی بهبود یک شاخص الزاماً همراه با بهبود در شاخص‌های دیگر نباشد. همچنین، تولیدکنندگان مختلف و تنوع در تراکتورها، انتخاب تراکتور را پیچیده‌تر می‌کند و روش‌های ساده با یک معیار سنجش پاسخگوی این مشکلات نخواهد بود. بنابراین نیاز است از روش‌های مناسب و کارآمد استفاده کرد که توانایی در نظر گرفتن همه معیارها و گزینه‌های مختلف را با هم داشته باشند.

در مسئله‌ای با معیارهای چندگانه وقتی استاندارد در میان نباشد، فرآیند تصمیم‌گیری سرعت و دقت لازم را نخواهد داشت و همین امر باعث می‌شود که تصمیم‌گیری تا حد زیادی به خود تصمیم‌گیرنده وابسته باشد. به همین منظور و برای حل این مشکل روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه طراحی شده‌اند که هر یک، از قوانین و اصول خاصی پیروی می‌کند (Karimi et al., 2010). تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آن‌ها، ارزیابی عواقب ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها، و انتخاب و اجرای آن است. کیفیت مدیریت اساساً تابع کیفیت تصمیم‌گیری است زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی و کارآمدی راهبردها، و کیفیت نتایجی که از اعمال آن‌ها به دست می‌آید همگی تابع کیفیت تصمیماتی است که مدیر اتخاذ می‌کند. در اکثر موارد، تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب است و رضایت تصمیم‌گیرنده را تأمین می‌کند که بر اساس چندین معیار بررسی شده باشد. در دهه‌های اخیر، توجه محققان به مدل‌های چند معیاره برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده معطوف شده است. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، از چندین معیار سنجش استفاده می‌شود.

(Kosarimoghaddam et al., 2014) مدل‌های مدیریت و انتخاب بهینه ماشین‌های کشاورزی را به سه گروه ریاضی، برنامه‌نویسی کامپیوتر، و شبیه‌سازی تقسیم کرده‌اند. (Loghmanpoor et al., 2012) در مزارع شالیزاری استان مازندران، با استفاده از سامانه تصمیم‌یار به انتخاب و تطابق منبع توان و ادوات مناسب پرداختند. این محققان توان مال‌بندی، توان هیدرولیکی، و توان محور توان‌دهی، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت حرکت، و دور مشخصه موتور را برای تطابق منبع توان مناسب ارزیابی کردند. در مطالعات دیگر برای انتخاب مناسب‌ترین تراکتور، این شاخص‌ها در نظر گرفته شدند: میزان مصرف سوخت، میزان سرمایه اولیه، خدمات پس از فروش، و قیمت لوازم یدکی (Esmailpour et al., 2014)؛ ایمنی، صرفه اقتصادی، خدمات پس از فروش، تجهیزات و امکانات، و سطح زیرکشت (Sarkheil & Navid, 2010)؛ و توان مال‌بندی، توان هیدرولیکی، توان محور توان‌دهی، نوع محور توان‌دهی، مصرف سوخت ویژه، دامنه

جهت کشیدن تریلی دو محوره پرداختند، ظرفیت حمل، جرم تریلی، سرعت پیشروی، انرژی مصرفی، توان مورد نیاز و شرایط جاده را به عنوان عوامل تأثیرگذار در نظر گرفتند. در مطالعه Karmarkar & Gilke (2020) نوع عملیات کشاورزی را مهم ترین عامل در انتخاب تراکتور معرفی کردند. همچنین خدمات پس از فروش، علامت تجاری، هزینه های تراکتور، تعمیر و نگهداری و توان تراکتور به عنوان دیگر عوامل مهم در انتخاب تراکتور بیان شدند.

همان طور که گفته شد، انتخاب تراکتور یکی از مهم ترین تصمیمات مدیران مزارع و کشاورزان است که اگر به درستی پیش نرود مشکلات و هزینه های زیادی به همراه خواهد داشت. بنابراین، انتخاب اولویت بندی تراکتورها بر اساس تناسب با پارامترها و عوامل مهم منطقه و شرایط کشاورزی آن ضروری است. منطقه سارال شهرستان دیواندره یکی از مهم ترین مراکز کشاورزی استان کردستان است که تراکتورهای مختلفی بدون در نظر گرفتن شرایط منطقه و مزارع در آن توزیع می شود. هدف از این مطالعه انتخاب تراکتورهای مناسب برای استفاده در منطقه سارال با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره است.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه سارال دیواندره در شمال استان کردستان در غرب ایران است. شهرستان دیواندره به علت وجود دشتهای وسیع اوباتو و سارال از مراکز اصلی تولید گندم و دامداری استان کردستان است و این فعالیتها در زندگی مردم این منطقه نقش اساسی دارند. طبق داده های اداره جهاد کشاورزی شهرستان دیواندره، سطح زیرکشت اراضی کشاورزی منطقه سارال بیش از ۱۲ هزار هکتار است که مساحت اکثر اراضی کشاورزان کمتر از ۱۰ هکتار یا در قطعات کمتر از ۱۰ هکتار است. بر اساس داده های جهاد کشاورزی، تعداد تراکتورها منطقه سارال در سال های اخیر افزایش یافته است و به بیش از ۷۸۰ تراکتور رسیده است. این شهرستان از نظر آب و هوایی یکی از مناطق سردسیر و برف گیر کشور محسوب می شود. برابر سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهرستان حدود ۸۰ هزار نفر بوده است. این شهرستان بین ۳۴ درجه عرض شمالی و ۳۲ دقیقه و ۴۶ درجه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. شهرستان دیواندره دارای سه بخش مرکزی، کرفتو، و سارال و ۹ دهستان (حومه، قراتوره، چهل چشمه، اوباتو، کانی شیرین، زرینه، سارال، کوله، و حسین آباد شمالی) است. تغییرات دمای سالانه از ۲۰- تا ۳۲+ درجه سلسیوس است. این شهرستان زمستان های سرد و طولانی و بهار و تابستان معتدل دارد. تعداد روزهای یخبندان در سال به ۱۳۵ روز می رسد. سارال مراتع فراوان دارد.

سرعت حرکت، دور مشخصه موتور، جعبه دنده، و کارخانه سازنده (Lak & Borghae, 2011). در همه این مطالعات، برای ادغام و نتیجه گیری نهایی از روش های چند معیاره استفاده شده است. (Mohajeran & Golrizan, 2016) به منظور ارزیابی فنی تراکتور از مدل تصمیم گیری چند معیاره استفاده کردند که بر پایه عملکرد محور توان دهی، عملکرد اتصال سه نقطه، و عملکرد مالبندی است. این محققان در مدل تصمیم گیری چند معیاره از روش دکسی استفاده کردند. (Amini & Asoodar, 2016) در تحقیقی در شهرستان های اهواز و قائم شهر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تراکتور مناسب را انتخاب کردند. در این تحقیق، معیارهای ارزیابی عبارت بودند از نگهداری و تعمیرات، مدل، توان، قیمت، و ارگونومی. این محققان نشان دادند که در شهرستان اهواز نگهداری و تعمیرات بیشترین و ارگونومی کمترین تأثیر را در انتخاب تراکتور دارد. در شهرستان قائمشهر بیشترین و کمترین تأثیر در انتخاب تراکتور مناسب به ترتیب قیمت تراکتور و ارگونومی بود.

(Butani & Singh 1994) سامانه تصمیم یاری را برای انتخاب ماشین های کشاورزی در مزارع هند ایجاد کردند. در این سامانه، انتخاب منبع توان و ادوات برای هر مزرعه بر اساس معیارهای زیر بوده است: ساعت کارکرد مورد نیاز، انرژی استفاده شده، هزینه های ثابت، هزینه های عملیاتی، و هزینه های به موقع انجام نشدن عملیات و سرعت بازگشت سرمایه برای هر منطقه، برای هر محصول، و به ازای هر فصل و سال زراعی. در مطالعه ای دیگر برای انتخاب اندازه مناسب ماشین های کشاورزی، مدلی ریاضی توسعه داده شد که بر اساس آن اندازه ماشین ها و ادوات و توان و نیز تعداد تراکتورهای مورد نیاز مشخص می شود. اساس این مدل حداقل کردن همه هزینه های ثابت و متغیر و نیز هزینه هایی است که به واسطه اجرا نشدن به موقع برنامه ها برای هر نوع محصول و اندازه های مختلف مزرعه تحمیل می شود (Sogaard & Sorensen, 2004). (Mehta et al., 2011) نیز سامانه تصمیم یاری را برای انتخاب تراکتور و ادوات در مزارع هند بر اساس برنامه نویسی کامپیوتری ایجاد کردند که توانایی اتصال به پایگاه داده هایی مانند مشخصات تراکتور ها و ادوات، داده های عملکردی تراکتور ها و شرایط کاری و خاک را دارد و با پردازش داده ها، تراکتور و ادوات مناسب از مدل های موجود در بانک داده ها را انتخاب می کند. در مطالعه دیگری که از روش تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب تراکتور کشاورزی استفاده شد، هزینه اولیه، هزینه نگهداری، توان موتور، خدمات پس از فروش و قابلیت نگهداری مورد بررسی قرار گرفتند (Garcia-Alcaraz et al. 2017). در مطالعه ای که در کشور سودان جهت انتخاب تراکتور متناسب با ادوات انجام شد از سیستم پشتیبان تصمیم توسعه داده شد. در این مطالعه بر اساس نوع عملیات، عرض کار، نوع خاک و سرعت پیشروی، تراکتور با توان مناسب انتخاب گردید (Abdalla et al. 2016). Tshboltaev & Kholikov (2019) در مطالعه ای که به انتخاب تراکتور متناسب

## ۲-۲- معیارهای مورد بررسی

در این مطالعه این شاخص‌ها بررسی شده‌اند: توان تراکتور، ایمنی، تعمیرپذیری، مانورپذیری، قیمت، خدمات و دسترسی به تعمیرکار و قطعات، سرعت حرکت، قابلیت اطمینان، تناسب توان با اندازه مزارع منطقه، و تناسب قیمت و هزینه تراکتور با اندازه مزارع و درآمد کشاورزان. مبنای انتخاب این شاخص‌ها، مطالعات صورت گرفته در این زمینه و نظر رانندگان حرفه‌ای و دارندگان تراکتور است که از بین شاخص و پارامترهای در نظر گرفته شده بیشترین اهمیت را داشته‌اند. منطقه مورد بررسی کوهستانی و رفت و آمد در آن دشوار است. ایمنی به دلیل کوهستانی بودن منطقه، شیب زیاد، و ناهموار بودن زمین‌های کشاورزی از عوامل بسیار مهم در انتخاب تراکتور است. دشواری در رفت و آمد و برقی بودن راه‌های منطقه در زمستان موجب شده است از تراکتور علاوه بر فعالیت‌های کشاورزی برای جابه‌جایی، به جای خودرو، استفاده شود. به همین دلیل راحتی جابه‌جایی با تراکتور به عنوان شاخص در نظر گرفته شد.

توان، یکی از شاخص‌های مهم در انتخاب تراکتور است. تراکتور نیروی محرک ادوات و سایر ماشین‌های کشاورزی در مزرعه است. هرچند توان بیشتر موجب می‌شود زمان اجرای عملیات کوتاه‌تر شود ولی انتخاب تراکتور با توان بیشتر نیز مستلزم پرداخت بهای بیشتر، هزینه‌های بالاتر، و افزایش مصرف سوخت است. قیمت یکی از

مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب تراکتور در تمام جهان است. تراکتور مناسب، با توجه به اندازه مزرعه، نوع محصول کشت شده، اجاره ماشین‌ها، و هزینه‌های نگهداری تراکتور تغییر می‌کند. سطح توجیه-کننده مالکیت برابر با حداقل مساحتی است که خرید و مالکیت تراکتور را توجیه‌پذیر می‌کند. البته سطح توجیه کننده شامل سایر شرایط منطقه و استفاده از تراکتور برای جابه‌جایی در زمستان نیست.

در این مطالعه تراکتورهای متداول منطقه در نظر گرفته شدند که شامل تراکتور U650، ITM285، ITM475 و ITM399 هستند (جدول ۱). ارزش‌دهی تراکتورها از نظر شاخص‌ها به وسیله راننده‌های حرفه‌ای و کشاورزان منطقه صورت پذیرفت. برای این منظور، ۴۰ راننده و کشاورز با تجربه به طور تصادفی و بر اساس فرمول کوکران (Kizilaslan, 2009) انتخاب شدند. پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ<sup>۱</sup> سنجیده شد که مقدار آن برابر با ۰/۸۲۴ به دست آمد. محاسبه ضریب آلفای کرونباخ نشان داد که پرسش‌نامه از پایایی مناسب برخوردار است. برای تبدیل شاخص‌ها و ارزش‌دهی کیفی به کمی از مقیاس فاصله‌ای دو قطبی استفاده گردید (Momeni, 2014). نظر راننده‌ها و صاحبان تراکتور با استفاده از میانگین هندسی با هم ادغام و امتیاز نهایی هر تراکتور از نظر هر شاخص محاسبه شد. سپس با استفاده از امتیازهای به دست آمده، وزن نسبی شاخص‌ها و وزن نهایی تراکتورها با استفاده از روش‌های آنتروپی و تاپسیس محاسبه شد.

جدول ۱- مشخصات کلی تراکتورهای متداول در منطقه سارال

Table 1. General specifications of tractors in Saral region

نوع تراکتور Type tractor	توان Power (hp)	تعداد سیلندر Number of cylinders	محور توان‌دهی PTO (RPM)	جعبه دنده Gearbox	چرخ‌های محرک Driving wheel
U650	65	4	540	10 fwd+ 2 rev	2WD
ITM 285	75	4	540	8 fwd+ 2 rev	2WD
ITM 475	75	4	540	12 fwd+ 4 rev	AWD
ITM 399	110	6	1000 and 540	12 fwd+ 4 rev	4WD

می‌تواند برای ارزیابی وزن‌ها به کار رود که داده‌های ماتریس تصمیم به‌طور کامل مشخص شده باشند (Momeni, 2014). در ماتریس تصمیم هر ردیف نشان دهنده یک گزینه و هر ستون نشان دهنده یک شاخص خاص است. در واقع در این ماتریس به گزینه‌ها از نظر هر شاخص امتیاز داده می‌شود. این ماتریس حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند مانند معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. آنتروپی در نظریه اطلاعات یک معیار عدم اطمینان است که با توزیع احتمال مشخص Pi بیان می‌شود. اگر از نشان دهنده امتیاز گزینه نام از نظر شاخص نام باشد، آنگاه محاسبه وزن‌ها با این روش که شانون<sup>۲</sup> ارائه داده است، شامل گام‌های زیر است (Asgharpoor, 2008; Momeni, 2014):

## ۲-۳- وزن‌دهی به شاخص‌ها

در اکثر روش‌های چند معیاره باید اهمیت نسبی معیارها مشخص شود. روش‌هایی مختلف برای وزن‌دهی به معیارها و شاخص‌ها وجود دارد که روش آنتروپی یکی از معروف‌ترین آن‌ها می‌باشد که در این زمینه به‌طور گسترده به کار گرفته می‌شود. آنتروپی یک مفهوم عمده در رشته و زمینه‌های مختلف علمی است که نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از مقدار انتظار اطلاعاتی از هر پیام است. ایده روش آنتروپی بر این پایه قرار دارد که هر چقدر پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد اهمیت آن شاخص بیشتر است. در روش آنتروپی، مثبت یا منفی بودن شاخص‌ها تأثیری در محاسبه وزن‌ها ندارد. این روش زمانی

<sup>1</sup> Cronbach's Alpha

<sup>2</sup> Shannon

اُردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس  $V = [V_{ij}]$  راه حل ایده آل مثبت  $(V_j^+)$

اُردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس  $V = [V_{ij}]$  راه حل ایده آل منفی  $(V_j^-)$

بهترین مقادیر برای شاخص مثبت بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی کوچک‌ترین مقادیر است. بدترین مقادیر برای شاخص مثبت کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است.

مرحله چهارم: برای به دست آوردن میزان فاصله گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی، فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت  $(d_j^+)$  و ایده‌آل منفی  $(d_j^-)$  بر اساس رابطه (۸) و (۹) حساب می‌شود.

$$d_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (۸)$$

$$d_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (۹)$$

مرحله پنجم: نزدیکی نسبی  $(CL_j^*)$  هر گزینه به راه حل ایده‌آل از رابطه (۱۰) تعیین می‌شود.

$$CL_j^* = \frac{d_j^-}{d_j^- + d_j^+} \quad (۱۰)$$

مرحله ششم: گزینه‌ها بر اساس  $CL$  رتبه‌بندی می‌شوند. بزرگ‌تر بودن این مقدار برای گزینه نشان دهنده بهتر بودن آن است.

## ۲-۵- مدل الکترا

مدل الکترا در اواخر دهه ۱۹۸۰ مطرح و یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه شناخته شد. این مدل بر اساس روابط غیر رتبه‌ای است یعنی لزوماً به رتبه‌بندی گزینه‌ها منتهی نمی‌شود بلکه ممکن است گزینه‌هایی را حذف کند. این مدل شامل هشت گام است؛ دو گام اول آن مانند دو گام اول روش تاپسیس انجام می‌شود (Momeni, 2014; Asgharpoor, 2008).

گام سوم (تشکیل مجموعه هماهنگ و ناهماهنگ): در این مرحله، تمامی گزینه‌ها نسبت به تمام شاخص‌ها ارزیابی می‌شوند و مجموعه "هماهنگ و ناهماهنگ" تشکیل می‌شود. مجموعه هماهنگ از گزینه‌های  $k$  و  $l$  که با  $S_{kl}$  نشان داده می‌شود، مشتمل بر کلیه شاخص‌هایی خواهد بود که در آن‌ها گزینه  $A_k$  بر گزینه  $A_l$  به ازای آن‌ها مطلوبیت بیشتری داشته باشد. برای یافتن این مطلوبیت باید به نوع شاخص‌های تصمیم‌گیری، از این نظر که جنبه مثبت دارند یا منفی، توجه شود.

اگر شاخص مورد نظر جنبه مثبت داشته باشد از رابطه (۱۱) مجموعه هماهنگ به دست خواهد آمد. تعداد شاخص‌ها برابر با  $c$  می‌باشد.

$$S_{kl} = \{j | V_{kj} \geq V_{lj}\} \quad j = 1, 2, \dots, c \quad (۱۱)$$

گام اول: در این گام  $P_{ij}$ ، از رابطه (۱) به دست می‌آید. تعداد گزینه‌ها برابر با  $m$  است.

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (۱)$$

گام دوم: مقدار آنترپوی  $(E_j)$  با استفاده از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه می‌شود.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln(p_{ij})] \quad (۲)$$

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (۳)$$

گام سوم: مقدار عدم اطمینان  $(d_j)$  با استفاده از رابطه (۴) به دست می‌آید.

$$d_j = 1 - E_j \quad (۴)$$

گام چهارم: وزن‌های  $(w_j)$  با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^m d_j} \quad (۵)$$

وزن‌های به دست آمده، وزن نسبی شاخص‌های مورد بررسی در ماتریس تصمیم را نشان می‌دهند که مجموع آن‌ها برابر با یک است.

## ۲-۴- مدل تاپسیس<sup>۱</sup>

مدل تاپسیس را هوانگ و یون<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۱ میلادی معرفی کردند. این مدل یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که از آن استفاده زیادی می‌شود. در اینجا،  $m$  گزینه با  $n$  شاخص ارزیابی می‌شوند. اساس این روش بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی است. این روش شامل شش مرحله زیر است (Momeni, 2014; Asgharpoor, 2008):

مرحله اول: در این مرحله ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه (۶) بی‌مقیاس می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_i a_{ij}^2}} \quad (۶)$$

مرحله دوم: با ضرب کردن ماتریس بی‌مقیاس شده  $(N)$  در ماتریس قطری وزن‌ها  $(W_{n \times n})$ ، ماتریس بی‌مقیاس موزون  $(V)$  به دست می‌آید (رابطه (۷)).

$$V = N \times W_{n \times n} \quad (۷)$$

مرحله سوم: در این مرحله، راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی تعیین می‌شود. راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

<sup>3</sup> ELECTRE

<sup>1</sup> TOPSIS

<sup>2</sup> Hwang & Yoon

$$\begin{cases} H_{kl} = 1 & \leftarrow I_{kl} \geq \bar{I} \\ H_{kl} = 0 & \leftarrow I_{kl} < \bar{I} \end{cases} \quad (18)$$

باشد، این ماتریس برتری یک گزینه را بر گزینه دیگر نشان می‌دهد.

گام هفتم: در این مرحله نیز "ماتریس ناهماهنگ مؤثر" به دست می‌آید. این ماتریس نیز که با  $G$  نشان داده می‌شود، مانند ماتریس هماهنگ مؤثر به دست می‌آید. حد آستانه برای این ماتریس از رابطه (۱۹) و (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$\bar{NI} = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m NI_{kl} / m(m-1) \quad (19)$$

$$\begin{cases} G_{kl} = 1 & \leftarrow NI_{kl} \leq \bar{NI} \\ G_{kl} = 0 & \leftarrow NI_{kl} > \bar{NI} \end{cases} \quad (20)$$

گام هشتم: در این مرحله، با ترکیب ماتریس هماهنگ مؤثر (H) و ماتریس ناهماهنگ مؤثر (G)، "ماتریس کلی مؤثر" (F) به دست می‌آید. محاسبه این ماتریس به صورت رابطه (۲۱) است.

$$F_{kl} = H_{kl} \times G_{kl} \quad (21)$$

این ماتریس، نشان دهنده ترتیب برتری راهکارهای مختلف نسبت به یکدیگر است یعنی اگر  $F_{kl}=1$  باشد، می‌توان گفت  $A_k$  بر  $A_l$  برتری دارد. در این روش، گزینه‌ها وزن نهایی ندارند و تنها برتری گزینه‌ها نسبت به هم مشخص می‌شود.

### ۱-۱- مدل مجموع ساده وزین<sup>۱</sup>

روش مجموع ساده وزین (SAW) یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به-کارگیری شده در تصمیم‌گیری چند شاخصه است. محاسبه مناسب‌ترین گزینه در این روش با استفاده از ماتریس تصمیم شامل سه گام است (Momeni, 2014; Asgharpoor, 2008).

گام اول: بی‌مقیاس‌سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری است که برای شاخص‌های مثبت از رابطه (۲۲) و برای شاخص‌های منفی از رابطه (۲۳) استفاده می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max(a_{il})} \quad (22)$$

$$n_{ij} = \frac{\min(a_{ij})}{a_{ij}} \quad (23)$$

گام دوم: ماتریس بی‌مقیاس شده در وزن شاخص‌ها ضرب می‌شود.

گام سوم: انتخاب بهترین گزینه که با استفاده از رابطه (۲۴) به دست می‌آید.

$$A^* = \{A_i | \max \sum_{j=1}^n n_{ij} w_j\} \quad (24)$$

و اگر شاخص مورد نظر جنبه منفی داشته باشد آنگاه مجموعه هماهنگ به صورت رابطه (۱۲) تعریف می‌شود:

$$S_{kl} = \{j | V_{kj} \leq V_{lj}\} \quad j = 1, 2, \dots, c \quad (12)$$

مجموعه ناهماهنگ  $D_{kl}$  نیز شامل شاخص‌هایی است که در آن‌ها گزینه  $A_k$  نسبت به گزینه  $A_l$  مطلوبیت کمتری داشته باشد. برای شاخص با جنبه مثبت به صورت رابطه (۱۳) و برای شاخص با جنبه منفی به صورت رابطه (۱۴) تعریف می‌گردد:

$$D_{kl} = \{j | V_{kj} \leq V_{lj}\} \quad j = 1, 2, \dots, c \quad (13)$$

$$D_{kl} = \{j | V_{kj} \geq V_{lj}\} \quad j = 1, 2, \dots, c \quad (14)$$

گام چهارم (تشکیل ماتریس هماهنگ): در این مرحله از اطلاعات مراحل قبلی، ماتریس هماهنگ به دست می‌آید. این ماتریس یک ماتریس  $m \times m$  و قطر آن فاقد عنصر است. سایر عناصر این ماتریس نیز از جمع وزن‌های شاخص‌های متعلق به مجموعه هماهنگ با استفاده از رابطه (۱۵) حاصل می‌شود.

$$I_{kl} = \sum W_j \quad j \in A_{kl} \quad (15)$$

این معیار ( $I_{kl}$ ) بیان‌کننده اهمیت نسبی  $A_k$  نسبت به  $A_l$  است. مقدار این معیار، عددی بین صفر و یک است و هر چه این مقدار بیشتر باشد نشانگر این است که  $A_k$  برتری بیشتری نسبت به  $A_l$  دارد و برعکس.

گام پنجم: در این مرحله، "ماتریس ناهماهنگی" محاسبه می‌شود. این ماتریس با  $NI$  نشان داده می‌شود و مانند ماتریس هماهنگ، ماتریسی  $m \times m$  است. قطر اصلی این ماتریس عنصری ندارد و سایر عناصر این ماتریس از ماتریس بی‌مقیاس شده موزون به دست می‌آید. این عناصر طبق رابطه (۱۶) به دست می‌آید.

$$NI = \frac{\max |v_{kj} - v_{lj}|, j \in D_{kl}}{\max |v_{kj} - v_{lj}|, j \in \text{شاخص‌ها همه}} \quad (16)$$

این معیار نسبت عدم مطلوبیت مجموعه ناهماهنگ  $k$  و  $l$  را به کل ناهماهنگی در شاخص‌ها اندازه‌گیری می‌کند.

گام ششم: در این مرحله، "ماتریس هماهنگ مؤثر" محاسبه می‌شود که آن را با  $H$  مشخص می‌کنند. برای ایجاد این ماتریس، ابتدا باید یک حد آستانه‌ای را تعیین کرد و اگر هر عنصر ماتریس  $I$  بزرگ‌تر یا مساوی آن باشد، آن مؤلفه در ماتریس  $H$ ، مقدار یک به خود می‌گیرد وگرنه مقدار صفر می‌گیرد. برای تعیین حد آستانه ( $\bar{I}$ )، می‌توان از اطلاعات گذشته و نظر تصمیم‌گیرنده استفاده کرد. یک معیار عمومی برای مشخص شدن این حد، میانگین مقادیر ماتریس  $I$  (یعنی  $\bar{I}$ ) است که از رابطه (۱۷) محاسبه می‌شود:

$$\bar{I} = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m I_{kl} / m(m-1) \quad (17)$$

حال اگر:

<sup>1</sup> Simple Additive Weighting Method (SAW)

عاملی اساسی و بسیار مهم تبدیل شود. حمل و نقل و استفاده از تراکتور به جای وسیله نقلیه موجب شده که اهمیت سرعت حرکت و مناسب بودن آن برای حمل و نقل و جابه‌جایی در منطقه افزایش یابد و در وزن‌دهی پس از ایمنی با وزن ۰/۱۲۹ رتبه دوم را داشته باشد. پس از سرعت حرکت، عامل قیمت با اختلاف اندکی با وزن ۰/۱۲۳ در رتبه سوم قرار گرفته است که نشان می‌دهد بهای تراکتور از عوامل تعیین کننده در انتخاب تراکتور است.

توان تراکتور از شاخص‌های بسیار مهم در انتخاب تراکتور است ولی در این مطالعه تناسب توان با اندازه مزرعه از عامل توان به تنهایی، با اهمیت‌تر است و وزن بیشتری دارد. نوع مالکیت زمین و سنتی بودن نظام کشاورزی موجب شده است اندازه بیشتر مزارع منطقه کوچک باشد و به همین جهت تناسب توان تراکتور با اندازه مزارع اهمیت بیشتری پیدا کرده است.

در نهایت گزینه‌ای انتخاب می‌شود که حاصل جمع مقادیر بی‌مقیاس شده وزنی آن ( $n_{ij}w_j$ ) از حاصل جمع مقادیر بی‌مقیاس شده وزنی بقیه گزینه‌ها بیشتر باشد.

### ۳- نتایج و بحث

ماتریس تصمیم بر اساس میانگین هندسی امتیازات رانندگان حرفه‌ای تراکتور و کشاورزان به چهار تراکتور متداول منطقه، در جدول ۲ نشان داده شده است. با استفاده از ماتریس تصمیم و روش آنتروپی شانون، وزن و اهمیت نسبی شاخص‌ها تعیین شد (جدول ۳). بر اساس امتیازدهی و آنتروپی، بیشترین وزن با ۰/۱۶۹ به ایمنی تعلق گرفت. کوهستانی بودن منطقه، ناهمواری مزارع، و استفاده از تراکتور برای جابه‌جایی مردم در فصل سرما و در مناطقی که آمد و شد دشوار است باعث شده که ایمنی تراکتور برای کشاورزان و صاحبان تراکتور به

جدول ۲- امتیازات تراکتورها از نظر شاخص‌های مورد بررسی

Table 2. Tractor scores in terms of indicators

توان تراکتور Power (C <sub>9</sub> )	تعمیرپذیری و وجود تعمیرکار Reparability (C <sub>8</sub> )	قابلیت اطمینان Reliability (C <sub>7</sub> )	استفاده به عنوان وسیله نقلیه Application as a vehicle (C <sub>6</sub> )	دسترسی به خدمات و قطعات Access to services and spare parts (C <sub>5</sub> )	مانورپذیری Maneuverability (C <sub>4</sub> )	تناسب توان با اندازه مزرعه Suitability of power with farm size (C <sub>3</sub> )	قیمت Price (C <sub>2</sub> )	ایمنی Safety (C <sub>1</sub> )	تراکتور Tractor
65	4.18	4.63	4.71	4.53	4.81	3.98	4.34	3.68	U650
75	5.53	6.40	5.33	4.77	5.27	5.43	3.93	5.54	ITM 285
75	4.60	4.98	4.35	4.87	4.65	4.53	4.58	5.47	ITM 475
110	3.15	3.38	2.47	2.49	2.65	2.59	2.21	2.51	ITM 399

جدول ۳- وزن نسبی شاخص‌های ارزیابی و انتخاب تراکتور

Table 3. Relative weights of tractor selection indices

C <sub>9</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	شاخص Indicator
0.077	0.072	0.091	0.129	0.111	0.108	0.120	0.123	0.169	وزن Weight

آشنایی بیشتر کشاورزان و تعمیرکاران و همچنین وجود قطعات و ویژگی‌های خود تراکتور (مانند مانورپذیری و قابلیت اطمینان) موجب شده که این تراکتور در شش شاخص بیشترین امتیاز را داشته باشد. تراکتور ITM۴۷۵ و ITM۳۹۹ به ترتیب در دو و یک شاخص بیشترین امتیاز را دارند. مهم‌ترین اختلاف تراکتور ITM۴۷۵ با تراکتور ITM۲۸۵ علاوه بر چهار چرخ محرک شدن تراکتور (در نوع دو چرخ متحرک نیز تولید می‌شود)، در جعبه‌دنده آن است. در واقع تراکتور ITM۲۸۵ که دارای جعبه دنده تراکتور ITM۳۹۹ است به نام تراکتور ITM۴۷۵ در بازار به فروش می‌رسد. تغییر جعبه دنده موجب افزایش قیمت تراکتور و سخت‌تر شدن نگهداری و تعمیر آن شده است.

در جدول ۴، ماتریس بی‌مقیاس شده موزون نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که تراکتور ITM۳۹۹، جز در عامل توان، از نظر کل عوامل نسبت به سایر تراکتورها امتیاز کمتری گرفته است. سه تراکتور اول، دارای چهار سیلندر و جزء تراکتورهای متوسط هستند؛ این چهار تراکتور از نظر مشخصات کلی و توان شبیه به هم‌اند. تراکتور ITM۳۹۹ شش سیلندر دارد و جزء تراکتورهای نیمه سنگین و سنگین است. شرایط کشاورزی منطقه و نوع نظام مالکیت اراضی و درآمد کشاورزان موجب شده است که توان، قیمت، و هزینه‌های تراکتور ITM۳۹۹ با اندازه مزارع و نیازهای کشاورزان و صاحبان تراکتور در منطقه متناسب نباشد. سابقه طولانی‌تر حضور تراکتورهای چهار سیلندر و آشنایی بیشتر کشاورزان، مالکین تراکتور و تعمیرکاران با این نوع تراکتورها و در دسترس بودن قطعات آن‌ها نیز در بیشتر شدن امتیازشان نسبت به تراکتور ITM۳۹۹ تأثیر بسزایی دارد. فراوانی تراکتور ITM۲۸۵ و

جدول ۴- ماتریس بی مقیاس شده موزون

Table 4. Weighted normalized decision matrix

C <sub>9</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	تراکتور Tractor
0.030	0.034	0.042	0.070	0.059	0.058	0.056	0.069	0.069	U650
0.035	0.045	0.058	0.079	0.062	0.064	0.076	0.062	0.104	ITM 285
0.035	0.037	0.046	0.056	0.063	0.057	0.064	0.073	0.103	ITM 475
0.051	0.025	0.031	0.037	0.032	0.032	0.036	0.035	0.047	ITM 399

در هر سه روش تصمیم‌گیری، تراکتور ITM399 در رتبه آخر قرار گرفته است. از رتبه‌بندی و امتیازدهی تراکتورها می‌توان نتیجه گرفت که تراکتورهای سنگین و نیمه سنگین مناسب منطقه نیستند و تراکتورهای متوسط بهترینند. تراکتورهای سنگین و نیمه سنگین موجب تحمیل هزینه‌های بیشتر و کاهش درآمد کشاورزان خواهند شد. مطالعه‌ای که در استان همدان برای تعیین تراکتور مناسب انجام شد. تراکتور U453 به عنوان تراکتور مناسب توصیه گردید. این تراکتور جزء تراکتورهای سبک دو چرخ محرک می‌باشد (Lak & Borghae, 2011).

بنابراین برای توسعه ماشین‌های کشاورزی و تراکتور در منطقه سارال باید علاوه بر مسائل کشاورزی به مسئله حمل و نقل و آمد و رفت با تراکتور توجه ویژه‌ای شود و تراکتورهایی در اولویت عرضه به منطقه باشند که در شرایط دشوار این منطقه کوهستانی توانایی حمل و نقل راحت‌تر و ایمن‌تر داشته باشند یا اینکه اصلاحاتی برای افزایش این ویژگی‌ها در تراکتورهای در حال عرضه ایجاد شود. از شاخص‌های مهم دیگر که امتیاز و وزن زیادی در انتخاب تراکتور به دست داده است، تعمیرپذیری، خدمات، و دسترسی به قطعات است که نشان می‌دهد برای عرضه تراکتور مناسب باید به مسئله خدمات پس از فروش، دسترسی به قطعات، و تعمیرپذیری نیز توجهی ویژه داشت. نتایج مطالعه‌ای در رابطه با شناسایی و اولویت‌بندی نیازمندی‌های مشتریان از تراکتور MF285، نشان داد که به ترتیب کیفیت قطعات، ضمانت و گارانتی، قیمت پایین تراکتور، مصرف سوخت، راحتی و آرامش، عمر و دوام، حرکت نرم، پاسخگویی سریع سیستم ترمز، ایجاد اتاقک و دسترسی آسان به قطعات در اولویت‌های اول تا دهم نیازها و خواسته‌های مشتریان می‌باشند (Taghizadeh et al., 2017).

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تراکتورهای متداول در منطقه سارال دیواندره از نظر عوامل مختلف ارزیابی شدند. پارامترهای توان تراکتور، ایمنی، تعمیرپذیری، مانورپذیری، قیمت، خدمات و دسترسی به تعمیرکار و قطعات، سرعت حرکت در جاده، قابلیت اطمینان، تناسب توان با اندازه مزارع منطقه، تناسب قیمت و هزینه تراکتور با اندازه مزارع و درآمد کشاورزان برای چهار تراکتور متداول در منطقه (U650، ITM285، ITM475 و ITM399) ارزیابی شدند. در این مطالعه از روش آنالیز شانون و روش‌های چند معیاره جهت امتیازدهی و رتبه‌بندی تراکتورها استفاده شد. بررسی نتایج و رتبه‌بندی نشان داده است که تراکتورهای

بر اساس نتایج حاصل از روش‌های تصمیم‌گیری، تراکتورهای منطقه از نظر تناسب با شرایط منطقه بر اساس شاخص‌های مورد بررسی رتبه‌بندی شدند (جدول ۵). رتبه‌بندی تراکتورها در دو روش تاپسیس و SAW، با وجود اختلاف در امتیاز نهایی گزینه‌ها، یکسان است. در دو روش تاپسیس و SAW، تراکتور ITM285 در رتبه اول و تراکتور ITM475 در رتبه دوم قرار دارد ولی در روش الکترا این دو نوع تراکتور نسبت به یکدیگر برتری ندارند و به صورت مشترک در رتبه اول هستند که این موضوع تنها تفاوت این روش با دو روش دیگر در رتبه‌بندی تراکتورهاست. در کل نتایج نشان می‌دهد برتری ITM285 نسبت به ITM475 زیاد نیست. از دلایلی که موجب برتری نسبی تراکتور ITM285 به ITM475 شده است می‌توان به سابقه بیشتر تراکتور ITM285 در منطقه و آشنایی تعمیرکاران با آن به خصوص بخش گیربکس (و هزینه تعمیر گیربکس)، قابلیت اطمینان بیشتر این تراکتور و توانایی و سهولت بیشتر این تراکتور در جابجایی افراد به عنوان وسیله نقلیه اشاره کرد. انتظار می‌رود سهولت تعمیر تراکتور ITM475 و دسترسی به تعمیرکار آن در آینده افزایش یابد.

جدول ۵- وزن و رتبه‌بندی نهایی تراکتورها

Table 5. The weight and the final rating of tractors

روش Method	399 ITM	475 ITM	285 ITM	U 650	وزن weight	رتبه Rank
TOPSIS	0.037	0.897	0.966	0.643		
	4	2	1	3		
SAW	0.538	0.897	0.970	0.809		
	4	2	1	3		
Electre	-	-	-	-		
	3	1	1	2		

تراکتورهای U650 به دلیل خارج شدن از خط تولید قدیمی هستند. تعداد این تراکتور نسبت به تعداد تراکتورهای دیگر در حال کاهش است و به تبع آن، قطعات تراکتور کمتر در دسترس است، تعمیرکاران آن اندک هستند، و خدمات آن در منطقه نیز کاهش یافته است. این تراکتور توان و ایمنی کمتری دارد و همین موضوع موجب شده تا از دو تراکتور چهار سیلندر دیگر در هر سه روش تصمیم‌گیری، رتبه‌ای پایین‌تر داشته باشد.



کوهستانی استفاده می‌شود که این عامل بر اهمیت نسبی شاخص‌های مختلف انتخاب تراکتور به شدت اثر گذاشته است.

## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز و حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (SCU.AA98.29747) تشکر و قدردانی می‌کند.

## ۵- منابع

- Abdalla, O. A., Albasheer, A. H., Eltom, O. M., Elramlawi, H. R., Zaid, M. B., and El Naim, A. E. (2016). *Decision support system for matching tractor power and implement size in irrigated farming of Sudan*. International Educational Applied Scientific Research Journal, 1(2): 18-22.
- Almasi, M., Kiani, S. h., and Loveimi, N. (2005). *Principles of Agricultural Mechanization*. Hazrat Masoumeh Publication Institution, Qom, Iran. (In Persian).
- Amini, A., and Asoodar, M. A. (2016). *Selecting the most appropriate tractor using Analytic Hierarchy Process – An Iranian case study*. Information Processing in Agriculture. 3: 223-234.
- Asgharpoor, M. J. (2008). *Multi-Criteria Decision Making*. University of Tehran Pub. Tehran. Iran. (In Persian).
- Babaiee, M. (2010). *Investigation of effective factors in farm machinery selection (case study in Arak Township)*. M. Sc thesis. Faculty of Agriculture. Shahid Chamran University of Ahvaze. (In Persian)
- Butani, K. M., and Singh, G. (1994). *Decision support system for the selection of agricultural machinery with a case study in India*. Computers and Electronics in Agriculture, 10: 91-104.
- Esmailpour Terojeni, M., Alighaleh, P., Amoozad Khalili, M., and Gholami, Z. (2014). *Selecting the most appropriate tractor based on economic criteria in DEXi Software Package (A Case Study of Behshahr County)*. The 8th National Congress on Aricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Jun. 29-31. Mashhad. (In Persian).
- Garcia-Alcaraz, J. L., Martínez-Loya, V., Maldonado-Macias, A., and Avelar-Sosa, L. (2017). *Selection of Agricultural Technology: A Multi-attribute Approach*. Technologies and Innovation, 749: 319-331. Karimi, S., khadem Alhoseini, N., and Mesri, T. (2010). *Determining and analyses Economic useful Life for Agricultural tractors in the West Azerbaijan province*. The 6th National Congress on Aricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Sep. 15- 16. Tehran. (In Persian)
- Karmarkar, A. U., and Gilke, N. R. (2020). *An application of AHP for parameter importance evaluation for farm machinery selection*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 810 012022.
- Kizilaslan, H. (2009). *Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey*. Applied Energy, 86: 1354-1358.

نیمه سنگین و سنگین مناسب شرایط منطقه نیستند و توان بیشتر و تراکتور بزرگ‌تر الزاما به معنی بهتر بودن تراکتور نیست. وزن معیارها و رتبه‌بندی تراکتورها به روشنی نشان می‌دهد که در ارزیابی تناسب تراکتور، اندازه مزارع، تناسب قیمت تراکتور با درآمد کشاورزان، و عوامل دیگری مانند خدمات پس از فروش، قابلیت اطمینان، و تعمیرپذیری مهم‌تر از توان تراکتور هستند. همچنین، در انتخاب تراکتور باید به کاربردهای دیگر آن، با توجه به شرایط منطقه، نیز توجه ویژه بشود. در منطقه سارال از تراکتور برای رفت و آمد از مناطق

- Kosarimoghaddam, A., Sadrnia, H., Aghel, H., and Banayan, M. (2014). *Comparison of management models and optimal selection of agricultural machinery*. The 8th National Congress on Aricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Jun. 29-31. Mashhad. (In Persian)
- Lak, M. B., and Borghae, A. M. 2011. *Multi-Criteria Decision Making Based in Choosing an Appropriate Tractor*. Journal of Agricultural Machinery, 1(1): 42-47. (In Persian).
- Loghmanpoor, R., Akram, A., and Tabatabaiee, R. (2012). *Selection and matching of power source and equipment by decision making system in Mazandaran province*. The 7th National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Sep. 5-6. Shiraz. (In Persian)
- Mehta, C. R., Singh, C. and Selvan, M. M. (2011). *A Decision Support System for selection tractor-implement system used on Indian farms*. Journal of Terramechanics. 48: 65-73.
- Modarres Razavi, M. (2008). *Farm Machinery Management*. Ferdowsi University of Mashhad Pub. Mashhad. Iran. (In Persian).
- Mohajeran, M., and Golrizan, M. (2016). *Development of multi-criteria decision making model for technical evaluation of tractor using DEX method*. The 8th National Congress on Biosystems Engineering (Agr. Machinery) and Mechanization of Iran. Agu. 30-31. Mashhad. (In Persian).
- Momeni, M. (2014). *New Topics in operations research*. Moalef Publications. Qom. Iran. (In Persian).
- Sarkheil, S., and Navid, H. (2010). *Evaluation and selection the tractor from four types of tractors by AHP method in the range of 30-90 kW*. The 6th National Congress on Aricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Sep. 15-16. Tehran. (In Persian)
- Sogaard, H. T., and Sorensen, C. (2004). *A Model for optimal selection of machinery sizes within the farm machinery system*. Biosystems Engineering. 89 (1): 13-28.
- Tondro, R. (2012). *Choosing the optimal number and size of agricultural machinery at Astan Quds Razavi Farm*. M. Sc thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Toshtboltaev, M. T., and Kholikov, B. A. (2019). *Algorithm for selecting a base tractor model to form a tractor train*. Problems and Decisions, 13(5): 46-50.
- Taghizadeh, H., Ziyaei Hajipirli, M., Khederli, V., and Shamsi, B. (2017). *Identifying and prioritizing customer requirements from tractor production by QFD method*. Journal of Agricultural Machinery, 7(1): 270-284.