

## انتخاب تراکتور مناسب بر مبنای تصمیم‌گیری چند معیاری

(مطالعه موردی: استان همدان)

محمدباقر لک<sup>۱\*</sup> - علی محمد برقمی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۴

### چکیده

هدف از مکانیزاسیون کشاورزی پیشینه کردن بهره‌وری است. با هدف‌مند کردن یارانه‌ها از یک سو و پیوستن ایران به سازمان تجارت جهانی از سوی دیگر، انتخاب فناوری مناسب اهمیت بیشتری خواهد داشت. رشد کشاورزی منوط به مکانیزاسیون صحیح است و انتخاب تراکتور مناسب یکی از ارکان پیاده‌سازی مکانیزاسیون می‌باشد. در این مقاله معیارهای انتخاب یک تراکتور مناسب با توجه به شرایط استان همدان مدنظر قرار گرفت و بهترین گزینه با استفاده از نه معیار ارزیابی با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چند معیاری<sup>۳</sup> تاپسیس<sup>۴</sup> از بین یازده مدل تراکتور انتخاب شد. معیارهای ارزیابی تراکتور مناسب عبارتند از: توان مال‌بندی، توان هیدرولیک، توان محور توان‌دهی، نوع محور توان‌دهی، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت حرکت، دور مشخصه موتور، جعبه‌دنده، و کارخانه سازنده. در بین گزینه‌های موجود، تراکتور U453 نسبت به دیگر مدل‌های تراکتور ترجیح داده شد و به‌عنوان تراکتور مناسب توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: آزمون تراکتور، مکانیزاسیون کشاورزی، وزن‌دهی، تاپسیس

### مقدمه ۳۲۱

Modarres Razavi (۲۰۰۸) به منظور تعیین تعداد و اندازه ماشین‌های مورد نیاز پیشنهاد می‌کند ابتدا سطح کشت هر محصول و زمان اجرای عملیات مشخص شود و ظرفیت انجام هر کار محاسبه گردد. با در نظر گرفتن عرض کار و وسایل مختلف کشاورزی قابل استفاده در منطقه و برآورد سرعت معین شده و بازده هر دستگاه، ظرفیت حقیقی هر دستگاه تعیین شده و از تقسیم ظرفیت انجام کار مزرعه بر ظرفیت حقیقی دستگاه تعداد آنها برآورد شود. از دیدگاه Almasi و همکاران (2005) موارد و نکات کلی را که می‌تواند در یک انتخاب موفق نقش داشته باشند عبارتند از: در نظر گرفتن مارک تجاری ماشینها، توجه به نام تجاری، در نظر داشتن مدل‌های مختلف از یک مارک یا نام تجاری، توجه به مسئله تعمیرات و خدمات پس از فروش، طرح ماشین، راحتی کار و استفاده از ماشین، آسانی انجام تنظیمات، ایمنی کار، مسائل ارگونومیک. عملیات مختلف کشاورزی نیازمند انواع تراکتور مناسب است تا بتوان عملیات را به‌موقع و اقتصادی به انجام رساند. از طرف دیگر، کشاورزان اغلب نمی‌توانند مدل‌های مختلف را خریداری کنند و بنابراین لزوم انتخاب مناسب‌ترین تراکتور که عموم کار کشاورزان را انجام دهد یک ضرورت است. برای انتخاب یک تراکتور مناسب می‌توان چند معیار فنی

نیاز به استفاده از ماشین بجای نیروی کارگری هنگامی بوجود می‌آید که درآمد حاصل از کار کارگری کمتر از درآمد بدست آمده از جایگزین نمودن ماشین و موتور باشد که خود به عوامل متعددی از جمله موارد زیر بستگی دارد (Mansouri Rad, 2003):

- ۱- دستمزد کارگر بالا باشد.
- ۲- مشکلات کارگری موجب وقفه در کار در زمان معین شود.
- ۳- زیان‌های حاصل از طولانی بودن کار کارگری بیش از هزینه‌های استفاده از ماشین و موتور شود.
- ۴- کیفیت کار ماشین آن قدر بالا باشد که هزینه‌های آن را مستهلک نماید.

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران  
\* نویسنده مسئول: (Email: mbagher\_lak@yahoo.com)  
۲- استاد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

3 - Multiple Criteria Decision Making  
4 -Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

داده می‌شوند.

جدول ۱) را با وزن‌های متفاوت در نظر گرفت و با شیوه‌های تصمیم‌گیری چند معیاری مانند تاپسیس بهترین مدل را انتخاب کرد. ادامه معیارهای فنی مورد نظر در این پژوهش معرفی شده و روش تصمیم‌گیری تشریح می‌شود:

### جعبه‌دنده

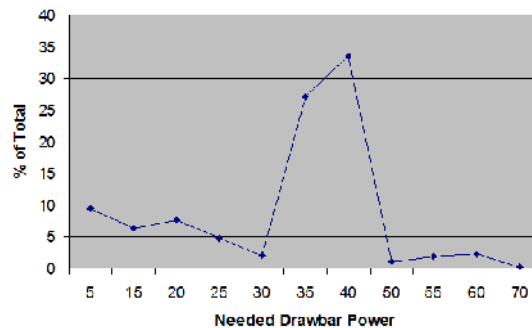
مدیریت مناسب ماشین‌های کشاورزی نیازمند به کار انداختن ماشین‌ها با سرعت‌های کاری و نیروهای گشتاوری مناسب است در ضمن اینکه سرعت پیشروی به‌وسیله نسبت‌های دنده تغییر می‌یابد و سرعت دورانی موتور نسبتاً ثابت می‌ماند. بنابراین، دامنه تغییر سرعت و نوع جعبه‌دنده می‌تواند از عوامل مؤثر در ارزیابی مطلوبیت تراکتور باشد و تعداد دنده بیشتر مطلوب‌تر خواهد بود.

### سازنده

شهرت سازنده و سابقه آن می‌تواند در ارجحیت انتخاب یک گزینه مؤثر باشد.

### توان

انجام کارهای مبتنی بر توان مالبندی هدف اصلی تراکتورهای کشاورزی، به‌ویژه در انواع متوسط و سنگین می‌باشد (Zoz and Lak and Bolouki, Grisso, 2003) مکانیزاسیون کشاورزی را در همدان بررسی کردند و تراکتورهای با حدود توان متوسط را پیشنهاد کردند. طبق مطالعه ایشان توان کششی حدود ۴۰ کیلو وات بیشترین کاربرد را دارد (شکل ۱). به‌طوری‌که در شکل ۱ نیز نشان داده می‌شود، بیش از ۶۰ درصد از کل مصرف‌کنندگان کشش، توانی بین ۳۰ تا ۵۰ کیلووات را نیاز دارند. بنابراین، تراکتورهایی با تولید توان کششی در این محدوده توانی برای استان همدان ترجیح



شکل ۱ توزیع توان کششی مورد نیاز استان همدان (Hamedan Div. of Agri., 2007; Lak and Bolouki, 2008)

Fig.1. Hamedan province needed traction power distribution (Hamedan Div. of Agri., 2007; Lak and Bolouki, 2008)

### جدول ۱ تراکتورها و معیارها\*

Table1. Tractors and criteria

مدل تراکتور	نوع شفت PTO (rpm) (c <sub>1</sub> )	جعبه‌دنده (c <sub>2</sub> )	کشور سازنده (c <sub>3</sub> )	مصرف سوخت ویژه (kg kw <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) (c <sub>4</sub> )	دامنه سرعت (km h <sup>-1</sup> ) (c <sub>5</sub> )	توان هیدرولیک (kw) (c <sub>6</sub> )	توان PTO (kw) (c <sub>7</sub> )	توان مالبندی (kw) (c <sub>8</sub> )	دور مشخصه موتور (rpm) (c <sub>9</sub> )
GLH 820/2 (t <sub>1</sub> )	۵۴۰	۱۰-F, ۲R <sup>†</sup>	ایران	-/۳۲	۳/۰۱ ۴۱/۰۲	۱۰/۱۳	۴۶/۲۵	۳۴/۸۶	۲۰۰۰
ITM 240/2 (t <sub>2</sub> )	۵۴۰	۸F, ۲R	ایران	-/۳۳	۲/۶۸ ۴۹/۰۷	۴/۸۷	۳۱/۴۸	۲۷/۸۱	۲۲۵۰
ITM 285/4 (t <sub>3</sub> )	۵۴۰	۸F, ۲R	ایران	-/۳۲	۲/۰۲ ۴۴	۵/۶۰	۴۵/۵۱	۴۰/۶۹	۲۰۰۰
ITM 399/4 (t <sub>4</sub> )	۱۰۰۰ و ۵۴۰	۱۲F, ۴R	ایران	-/۳۵	۲/۱۳ ۴۰/۶۲	۹/۴	۶۲/۶۶	۵۷/۹۰	۲۲۰۰
U 453 (t <sub>5</sub> )	۵۴۰	۸F, ۲R	ایران	-/۳۸	۲/۵۴ ۴۵/۷۶	۷/۹۹	۳۰/۲۱	۲۱/۶۸	۲۴۰۰
U 860/2 (t <sub>6</sub> )	۵۴۰	۱۰-F, ۲R	ایران	-/۳۴	۲/۸۰ ۴۹	۹/۵۷	۵۸/۵۶	۴۵/۸۹	۱۹۰۰
DTM 204/4 (t <sub>7</sub> )	۵۴۰	۱۲F, ۴R	چین	-/۳۱	-/۳۳ ۴۵/۲۴	۲/۱۰	۱۷/۳۰	۱۱/۱۳	۲۳۰۰
MF 440/4 (t <sub>8</sub> )	۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۳۳	۲/۲ ۴۹/۹	۱۲/۰۵	۵۰/۲۰	۴۳/۳۰	۲۲۰۰
MF460/4 (t <sub>9</sub> )	۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۲۱	۲/۰۶ ۴۰/۳۱	۱۱/۶۰	۶۵/۰۰	۵۹/۶۰	۲۳۰۰
MF 465/4 (t <sub>10</sub> )	۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۲۷	۲/۱۶ ۴۱/۸۹	۸/۰۴	۶۵/۲۰	۶۳/۰۰	۲۲۰۰
MF475/4 (t <sub>11</sub> )	۱۰۰۰ و ۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۲۸	۲/۰۶ ۴۰/۳۱	۱۱/۷۰	۷۴/۹۰	۷۱/۲۰	۲۳۰۰

† دنده جلو (F) دنده عقب (R)

\* مشخصات از نتایج آزمون استخراج شده است.

از قابلیت نسبتاً بالایی برخوردار است (Grei, 2006).

کاربردهای این شیوه را در صنعت (Wang and Elhag, 2007; Wang and Chang, 2006; و کشاورزی (Momeni and Eghbali, 2004; Parthanadee and Buddhakulsomsiri, 2010) می‌توان مشاهده کرد.

به‌طوری که Momeni و Eghbali (2004) از تاپسیس فازی برای انتخاب یک سیستم حمل‌نیشکر از بین دو گزینه استفاده کردند. Parthanadee و Buddhakulsomsiri (2010) برای زمان‌بندی سیستم میوه کنسروی، و Hipel و Ghanbarpour (2010) برای مدیریت زمین در حوضه آبریز منطقه کن از این شیوه استفاده کردند.

مراحل اجرای این روش عبارتند از (Germain et al, 2005):

- تشکیل یک ماتریس تصمیم ( $R$ )
  - بی‌بعد کردن ( $N_D$ )
  - برقرار کردن راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی ( $A_+, A_-$ )
  - تعیین فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی ( $d_{i+}, d_{i-}$ )
  - مرتب‌سازی نهایی گزینه‌ها از بهترین به بدترین ( $cl_{i+}$ )
- معیارهای مورد نظر در این مقاله عبارتند از: سرعت محور توان‌دهی، تعداد سرعت‌های جعبه‌دنده، سازنده، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت، توان هیدرولیک، توان PTO، توان کششی، و دور مشخصه موتور و گزینه‌ها مدل‌های تراکتور هستند.

### وزن‌دهی

در اکثر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره باید اهمیت نسبی معیارها مشخص گردد بنابراین، معیارها به شیوه‌های مختلف وزن‌دهی می‌شوند. شیوه انترپسی از روش‌های وزن‌دهی به معیارهاست که در این پژوهش از آن استفاده خواهد شد. انترپسی یک مفهوم عمده در علوم فیزیک، علوم اجتماعی، و تئوری اطلاعات می‌باشد. به‌طوری که نشان‌دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است (Asgharpour, 2006).

هدف از انجام این پژوهش، انتخاب مناسب‌ترین مدل از بین ۱۱ مدل تراکتور با استفاده از ۹ معیار فنی می‌باشد. تراکتورها با توجه به نزدیکی‌شان به نقطه ایده‌آل مورد نیاز در زراعت استان همدان از مناسب‌ترین تا نامناسب‌ترین مرتب خواهند شد. مناسب‌ترین تراکتور با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاری تاپسیس انتخاب خواهد شد.

اطلاعات فنی در گزارش‌های آزمون تراکتورها موجود هستند و اغلب ثابت می‌باشند. بنابراین، اطلاعات فنی گزارش شده در نتایج آزمون مبنای انتخاب خواهند بود. البته ثابت بودن اطلاعات فنی

این معیار نشان‌دهنده طرح، کیفیت، قابلیت اعتماد، بازارپسندی، خدمات پس از فروش، خدمات و فراهم بودن لوازم یدکی، و راحتی کار با تراکتور را تحت‌الشعاع قرار دهد. تراکتورهای مورد بررسی در این مطالعه ساخت کشورهای ایران، برزیل، و چین هستند که با توجه به کیفیت مورد انتظار اولویت‌بندی شدند.

### مصرف سوخت ویژه

مصرف سوخت ویژه شاخصی است که میزان مصرف سوخت را در هر ساعت به ازای تولید هر واحد توان نشان می‌دهد. با توجه به دور بودن اغلب مزارع از دسترسی به محل‌های توزیع سوخت، مشکلات نگهداری سوخت در مزرعه، آلاینده‌گی و هزینه اضافی ناشی از مصرف سوخت زیاد این شاخص یکی از شاخص‌های مهم بوده که افزایش آن کاهش مطلوبیت را به‌دنبال دارد. نماد "در  $c_4$ " نشان‌دهنده اینست که مصرف سوخت ویژه کمتر مطلوب‌تر است.

### دامنه سرعت

هر عملیاتی سرعت انجام مطلوب ویژه‌ای دارد. دامنه سرعت عاملی است که انجام بعضی از عملیات زراعی را محدود می‌کند. بنابراین با توجه به جدول ۱، بازه‌های سرعت از ۱ تا ۹ ارزیابی می‌شوند و ۹ نشان‌دهنده مطلوب‌ترین بازه سرعت مورد نیاز برای انجام عملیات زراعی در همدان است.

### سرعت مشخصه موتور

سرعت مشخصه موتور (سرعت کاری موتور برای تأمین دور استاندارد محور توان‌دهی (PTO)) که برحسب دور بر دقیقه (rpm) بیان می‌شود؛ یک ویژگی نامطلوب موتور است؛ به‌طوری که هرچه قدر سرعت مشخصه کمتر باشد، مطلوب‌تر است. بنابراین از نماد " $c_9$ " برای نشان دادن نامطلوب بودن آن استفاده می‌شود. در این بررسی، عدد ۹ به تراکتوری تعلق دارد که کمترین سرعت مشخصه موتور (۱۹۰۰ rpm) را داراست و عدد ۱ به تراکتوری تعلق می‌گیرد که بیشترین دور مشخصه آن (۲۴۰۰ rpm) بیشترین است.

### روش تاپسیس

این روش یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که نقطه‌ای را مطلوب می‌داند که کمترین فاصله را از نقطه ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از نقطه ایده‌آل منفی داشته باشد. تاپسیس یکی از کاراترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره است که به‌دلیل اینکه وابستگی بین شاخص‌ها را در ارزیابی گزینه‌ها در نظر می‌گیرد،

که:

$$i = 1, 2, \dots, m \quad (m=11)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad (n=9)$$

$$R = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 5 & 4 & 6 & 9 & 9 & 9 & 8 \\ 7 & 5 & 5 & 4 & 7 & 6 & 8 & 8 & 4 \\ 7 & 5 & 5 & 4 & 6 & 6 & 9 & 9 & 8 \\ 9 & 8 & 5 & 3 & 8 & 8 & 7 & 7 & 5 \\ 7 & 5 & 5 & 1 & 7 & 7 & 8 & 8 & 1 \\ 7 & 6 & 5 & 3 & 7 & 8 & 9 & 9 & 9 \\ 7 & 8 & 3 & 4 & 9 & 2 & 6 & 6 & 3 \\ 7 & 8 & 7 & 8 & 7 & 9 & 9 & 9 & 5 \\ 7 & 8 & 7 & 9 & 8 & 9 & 7 & 7 & 5 \\ 7 & 8 & 7 & 6 & 8 & 6 & 7 & 7 & 5 \\ 8 & 8 & 7 & 6 & 8 & 9 & 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$$

به منظور قابل مقایسه شدن مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری (به ازای شاخص‌های گوناگون) باید از "بی‌مقیاس کردن" استفاده کرد (Asgharpour, 2006). اعداد ماتریس  $R$  با استفاده از رابطه (۱) به ماتریس  $N_D$  تبدیل شد.

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

برای وزن‌دهی معیارها از روش انتروپی استفاده شد و وزن‌ها در ماتریس  $W_{n \times n}$  نشان داده شدند. ماتریس  $W_{n \times n}$  یک ماتریس قطری است که وزن‌های مفروض برای هر معیار در آرایه‌های آن قرار می‌گیرند.

بنابراین، ماتریس بی‌مقیاس وزین چنین خواهد بود:

$$V = N_D \cdot W_{n \times n} = \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$N_D = \begin{pmatrix} -/2892 & -/2604 & -/2654 & -/2309 & -/2439 & -/2625 & -/2503 & -/2503 & -/2216 \\ -/2892 & -/2170 & -/2654 & -/2309 & -/2846 & -/2423 & -/2114 & -/2114 & -/2108 \\ -/2892 & -/2170 & -/2654 & -/2309 & -/2439 & -/2423 & -/2503 & -/2503 & -/2216 \\ -/2718 & -/2472 & -/2654 & -/1732 & -/2252 & -/2231 & -/2725 & -/2725 & -/2625 \\ -/2892 & -/2170 & -/2654 & -/0577 & -/2846 & -/2817 & -/2114 & -/2114 & -/0527 \\ -/2892 & -/2604 & -/2654 & -/1732 & -/2846 & -/2231 & -/2503 & -/2503 & -/2722 \\ -/2892 & -/2472 & -/1592 & -/2309 & -/2659 & -/0808 & -/2235 & -/2235 & -/1581 \\ -/2892 & -/2472 & -/2715 & -/4619 & -/2846 & -/2625 & -/2503 & -/2503 & -/2625 \\ -/2892 & -/2472 & -/2715 & -/05196 & -/2252 & -/2625 & -/2725 & -/2725 & -/2625 \\ -/2892 & -/2472 & -/2715 & -/2664 & -/2252 & -/2423 & -/2725 & -/2725 & -/2625 \\ -/2305 & -/2472 & -/2715 & -/2664 & -/2252 & -/2625 & -/1946 & -/1946 & -/2625 \end{pmatrix}$$

تراکتور بدان معنا نیست که اولویت انتخاب تراکتورها بر مبنای این اطلاعات در همه مناطق یکسان است؛ زیرا ممکن است دامنه مطلوب برخی از مشخصات فنی در همه مناطق یکسان نباشد.

### مواد و روش‌ها

اولویت گزینه‌ها در معیارها بین ۱ تا ۹ مشخص شدند. مبنای این اولویت‌بندی میزان مطلوبیت گزینه‌ها بود. به طوری که عدد ۹ نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر و عدد ۱ نشان‌دهنده مطلوبیت کمتر است (جدول ۲).

جدول ۲. ماتریس تراکتور معیار (txc)

Table 2. Tractor-Criteria (txc) Matrix

مدل تراکتور	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	c <sub>6</sub>	c <sub>7</sub>	c <sub>8</sub>	c <sub>9</sub>
t <sub>1</sub>	7	6	5	4	6	9	9	9	8
t <sub>2</sub>	7	5	5	4	7	6	8	8	4
t <sub>3</sub>	7	5	5	4	6	6	9	9	8
t <sub>4</sub>	9	8	5	3	8	8	7	7	5
t <sub>5</sub>	7	5	5	1	7	7	8	8	1
t <sub>6</sub>	7	6	5	3	7	8	9	9	9
t <sub>7</sub>	7	8	3	4	9	2	6	6	3
t <sub>8</sub>	7	8	7	8	7	9	9	9	5
t <sub>9</sub>	7	8	7	9	8	9	7	7	5
t <sub>10</sub>	7	8	7	6	8	6	7	7	5
t <sub>11</sub>	8	8	7	6	8	9	5	5	5

ماتریس  $R$  از داده‌های جدول ۲ تشکیل شد. در این ماتریس، هر تراکتور ( $t$ ) به عنوان یک گزینه مشخصات مثبت و منفی ( $c$ ) دارد؛ در نتیجه ماتریس  $R$  از  $m$  ردیف و  $n$  ستون تشکیل می‌شود که  $r_{ij}$  مؤلفه‌های ماتریس هستند (جدول ۲). بنابراین، ماتریس  $R$  با مؤلفه‌های  $r_{ij}$  عبارتست از ماتریسی با ۱۱ سطر و ۹ ستون؛ به طوری

$$W_{n \times n} = \begin{pmatrix} -/0.134 & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & -/0.606 & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & -/0.451 & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & -/0.4223 & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & -/0.220 & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & -/0.1824 & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & -/0.594 & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & -/0.660 & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & -/0.1288 \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{pmatrix} c_1^+ & c_2^+ & c_3^+ & c_4^- & c_5^+ & c_6^+ & c_7^+ & c_8^+ & c_9^- \\ -/0.39 & -/0.158 & -/0.120 & -/0.975 & -/0.054 & -/0.663 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.543 \\ -/0.39 & -/0.131 & -/0.120 & -/0.975 & -/0.063 & -/0.442 & -/0.185 & -/0.206 & -/0.272 \\ -/0.39 & -/0.131 & -/0.120 & -/0.975 & -/0.054 & -/0.442 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.543 \\ -/0.50 & -/0.210 & -/0.120 & -/0.731 & -/0.072 & -/0.589 & -/0.162 & -/0.180 & -/0.339 \\ -/0.39 & -/0.131 & -/0.120 & -/0.244 & -/0.063 & -/0.516 & -/0.185 & -/0.206 & -/0.068 \\ -/0.39 & -/0.158 & -/0.120 & -/0.731 & -/0.063 & -/0.589 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.611 \\ -/0.39 & -/0.210 & -/0.072 & -/0.975 & -/0.080 & -/0.147 & -/0.139 & -/0.154 & -/0.204 \\ -/0.39 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.951 & -/0.063 & -/0.663 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.339 \\ -/0.39 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.194 & -/0.072 & -/0.663 & -/0.162 & -/0.180 & -/0.339 \\ -/0.39 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.463 & -/0.072 & -/0.442 & -/0.162 & -/0.180 & -/0.339 \\ -/0.44 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.463 & -/0.072 & -/0.663 & -/0.116 & -/0.128 & -/0.339 \end{pmatrix}$$

تراکتور) موجود و نقاط  $A^+$  و  $A^-$  اندازه‌گیری شوند (روابط ۵ و ۶).

سپس گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی ( $A^+$  و  $A^-$ ) مشخص شدند (روابط ۳ و ۴) تا فواصل ( $d_{i+}$  و  $d_{i-}$ ) بین گزینه‌های (۹ مدل

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') / i=1, 2, \dots, m\} \quad (3)$$

$$A^+ = \{\max V_{11}, \max V_{12}, \max V_{13}, \min V_{14}, \max V_{15}, \max V_{16}, \max V_{17}, \max V_{18}, \min V_{19}\}$$

$$A^+ = \begin{vmatrix} -/0.50 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.244 & -/0.080 & -/0.663 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.068 \end{vmatrix}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') / i=1, 2, \dots, m\} \quad (4)$$

$$A^- = \{\min V_{11}, \min V_{12}, \min V_{13}, \max V_{14}, \min V_{15}, \min V_{16}, \min V_{17}, \min V_{18}, \max V_{19}\}$$

$$A^- = \begin{vmatrix} -/0.39 & -/0.131 & -/0.072 & -/0.194 & -/0.054 & -/0.147 & -/0.116 & -/0.128 & -/0.611 \end{vmatrix}$$

محاسبه شد (ماتریس  $V$ ) و نقاط ایده‌آل مثبت و منفی مشخص شدند. برای تعیین مطلوبیت گزینه‌ها، فواصل بین هر کدام با گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی اندازه‌گیری (روابط ۵ و ۶) و با استفاده از رابطه ۷ نزدیکی نسبی گزینه‌ها به گزینه ایده‌آل محاسبه شد (جدول ۳).

به‌طوری‌که:

$$J = \{j = 1, 2, \dots, n \mid \text{معیارهای مثبت}\}$$

$$J' = \{j = 1, 2, \dots, n \mid \text{معیارهای منفی}\}$$

$$d_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^+)^2} \quad (5)$$

$d_{i+}$  = فاصله بین گزینه نام و گزینه ایده‌آل مثبت

$$d_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^-)^2} \quad (6)$$

$d_{i-}$  = فاصله بین گزینه نام و گزینه ایده‌آل منفی

## نتایج و بحث

با استفاده از شیوه انتروپی معیارهای انتخاب تراکتور وزن‌دهی شدند. برای اولویت‌بندی گزینه‌ها ماتریسی ( $R$ ) تشکیل شد که اولویت گزینه‌ها را در معیارهای ارزیابی نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. با بهره‌گیری از شیوه تاپسیس ارزش هر گزینه در هر معیار

$d_{1+}$ =	-/0.875	$d_{1-}$ =	-/0.134
$d_{2+}$ =	-/0.797	$d_{2-}$ =	-/0.134
$d_{3+}$ =	-/0.905	$d_{3-}$ =	-/0.264
$d_{4+}$ =	-/0.569	$d_{4-}$ =	-/0.156
$d_{5+}$ =	-/0.178	$d_{5-}$ =	-/0.261
$d_{6+}$ =	-/0.737	$d_{6-}$ =	-/0.1535
$d_{7+}$ =	-/0.916	$d_{7-}$ =	-/0.1288
$d_{8+}$ =	-/0.128	$d_{8-}$ =	-/0.659
$d_{9+}$ =	-/0.1970	$d_{9-}$ =	-/0.600
$d_{10+}$ =	-/0.1270	$d_{10-}$ =	-/0.846
$d_{11+}$ =	-/0.1256	$d_{11-}$ =	-/0.944

جدول ۳ اولویت‌بندی تراکتورها

Table 3. Tractors preference arrangement

اولویت	گزینه	$cl_{i+}$
U 453	GLH 820/2	۰/۶۰۳۷
ITM 399/4	ITM 240/2	۰/۶۲۰۷
U 860/2	ITM 285/4	۰/۵۸۲۹
ITM 240/2	ITM 399/4	۰/۷۳۳۳
GLH 820/2	U 453	۰/۹۲۰۴
DTM 204/4	U 860/2	۰/۶۷۵۶
ITM 285/4	DTM 204/4	۰/۵۸۴۴
MF475/4	MF 440/4	۰/۲۷۶۰
MF 465/4	MF460/4	۰/۲۳۳۶
MF 440/4	MF 465/4	۰/۳۹۹۸
MF460/4	MF475/4	۰/۴۲۸۹

معیارهای اجتماعی، مدیریتی، اقتصادی و محیطی را منظور کردند. معیارهای مورد نظر ایشان را می‌توان در تحلیل سیستم‌های مکانیزه در کشاورزی نیز مد نظر قرار داد. بنابراین، برای ادامه مطالعات این چینی پیشنهاد می‌شود که علاوه بر عوامل فنی، که در این پژوهش بدان پرداخته شد، عوامل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی فرهنگی نیز لحاظ شوند.

### نتیجه‌گیری کلی

انتخاب مناسب‌ترین تراکتور مستلزم در نظر داشتن معیارهای متعددی است که توان یکی از آن‌هاست. در این پژوهش بالا بودن توان کششی تراکتور بعنوان نقطه مثبت تلقی نشد بلکه درخور بودن آن با نیاز منطقه بعنوان مطلوبیت آن منظور شد. لذا، در این پژوهش از شیوه تاپسیس استفاده شد تا نزدیک‌ترین گزینه به نقطه ایده‌آل انتخاب شود.

برای هریک از معیارها با استفاده از شیوه انتروپی وزن‌های متفاوتی تعیین شد. با تشکیل ماتریس تراکتور معیار، بی‌مقیاس کردن، تشکیل ماتریس بی‌مقیاس وزن، تعیین گزینه‌های ایده‌آل و ایده‌آل منفی و فواصل گزینه‌ها از آن‌ها، و محاسبه میزان نزدیکی گزینه‌ها به نقطه ایده‌آل؛ مشخص شد که در بین ۱۱ تراکتور پیشنهادی، تراکتور مدل U453 بیشترین تناسب را با نیاز منطقه داشت.

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}} ; 0 \leq cl_{i+} \leq 1 ; i=1,2,\dots,m \quad (7)$$

$cl_{i+}$  = نزدیکی نسبی گزینه‌ها به گزینه ایده‌آل

با توجه به ویژگی‌های گزارش شده در نتایج آزمون تراکتورها، با استفاده از روش تاپسیس گزینه‌های موجود به ترتیب سازگاری با شرایط استان همدان مرتب شدند. به گونه‌ای که نقطه ایده‌آل هر معیار با توجه به شرایط استان مد نظر قرار گرفت.

در این مقاله مشخص شد که با لحاظ کردن معیارهای موجود، در بین گزینه‌های مورد بررسی، تراکتور U453 نسبت به دیگر مدل‌ها مناسب‌تر است و تراکتور MF460/4 سازگاری کمتری دارد. بنابراین، توزیع تراکتورهای مدل U453 توصیه می‌شود.

روش تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که در مطالعاتی این چینی می‌تواند کارآمد باشد و با تعریف نقاط مطلوب و نامطلوب بهترین گزینه را معرفی می‌کند. از این روش در مطالعات مکانیزاسیونی می‌توان استفاده فراوان کرد اما در پژوهش‌های موجود کمتر به آن پرداخته شده است.

از جمله پژوهش‌هایی که از شیوه تاپسیس برای انتخاب بهترین گزینه استفاده شده است، می‌توان به پژوهش Eghbal و Momeni (2004) اشاره کرد که به دنبال بهترین شیوه حمل نیشکر از بین دو گزینه موجود بودند؛ اما در پژوهش حاضر هدف تعیین بهترین تراکتور از بین ۱۱ گزینه بود.

Hipel و hanbarpour (2010) نیز برای مدیریت زمین در حوضه آبریز منطقه کن از تاپسیس استفاده کردند و برای این منظور

- 1- Almasi M., Kiani Sh., and Loveimi N. 2005. Principles of agricultural mechanization. Hazrat Masoumeh Publication Institution, Qom, Iran.
- 2- Asgharpour M.J. 2006. Multiple criteria decision making. University of Tehran press, Iran.
- 3- Farm machinery test center. 2000. Test report: tractor model DTM 204, Iran.
- 4- Farm machinery test center. 2007. Test report: tractor model GLH 820, Iran.
- 5- Farm machinery test center. 2001. Test report: tractor model ITM 240, Iran.
- 6- Farm machinery test center. 2001. Test report: tractor model ITM 285, Iran.
- 7- Farm machinery test center. 2001. Test report: tractor model ITM 399, Iran.
- 8- Farm machinery test center. 1999. Test report: tractor model U 453, Iran.
- 9- Farm machinery test center. 2003. Test report: tractor model U 860, Iran.
- 10- Germain B.S., Charania A., and Olds J. 2005. A stochastic process for prioritizing lunar exploration technology. American Institute of aeronautics and Astronautics, 30 august-1 September. Long Beach, California, USA.
- 11- Ghanbarpour M.R., and Hipel K.W. 2010. Multi-criteria planning approach for ranking of land management alternatives at different spatial scales. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 3(2), 167-176.
- 12- Grei A. 2006. Representation of Uniform Model for Project-based Organizations Projects Basket Management. 3<sup>rd</sup> International Conference on Project Management.
- 13- Hamedan Division of Agriculture. 2007. Statistical Information, Hamedan, Iran.
- 14- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 440 four-wheel drive. Report No. 04; Argentina.
- 15- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 460 four-wheel drive. Report No. 04; Argentina.
- 16- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 465 four-wheel drive. Report No. 04; Argentina.
- 17- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 475 four-wheel drive. Report No. 04. Argentina.
- 18- Lak M.B., and Boluki M.S. 2008. Estimation of timeliness as an important parameter for mechanized cultivation operations in Hamedan, Western Iran. 10<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, October 14-17, Antalya, Turkey.
- 19- Mansouri Rad D. 2003. Farm Machinery and Tractor (Vol. I). 2<sup>nd</sup> Ed. Bu Ali Sina University Press.
- 20- Modarres Razavi M. 2008. Farm Machinery Management. Ferdawsi University of Mashhad Publication.
- 21- Momeni M., and Eghbal Sh. 2004. Sugar cane handling system selection using fuzzy TOPSIS. Economical Surveys Seasonal, 1 (2).
- 22- Parthanadee P., and Buddhakulsomsiri J. 2010. Simulation modeling and analysis for production scheduling using real-time dispatching rules: A case study in canned fruit industry. Computers and Electronics in Agriculture, 70, 245-255.
- 23- Wang T.C., and Chang T.H. 2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. Expert Systems with Applications, 33, 870-880.
- 24- Wang Y.M., and Elhag T.M. 2006. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bride risk assessment. Expert Systems with Applications, 31, 309-319.
- 25- Zoz F.M., and Grisso R.D. 2003. Traction and Tractor Performance. ASAE Publication Number 913C0403, Agricultural Equipment Technology Conference, 9-11 February, Kentucky, USA.