انتخاب بیوروانکار مناسب به عنوان روغن موتور دو زمانه، به کمک الگوریتم تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس

مسعود دهقانی صوفی[۱]، برات قبادیان[۲*]، غلامحسن نجفی[۳] و محمدرضا سبزی ملکی[۴]

چکیده

در این تحقیق نتایج بدست آمده از بررسی تجربی استفاده از بیوروانکارها (روانکارهای با پایه روغن‌های گیاهی) در یک موتور دو زمانه، با استفاده از الگوریتم تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و به منظور انتخاب بیوروانکار مناسب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بیوروانکارهای تولیدی در آزمایشگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تربیت مدرس به آزمایشگاه آنالیز دود شرکت تولیدی نیرو محرکه ایران منتقل و تحت آزمون عملکرد و آلایندگی موتور با استفاده از موتور دو زمانه وسپا با حجم ۲۰۰ سی‌سی قرار گرفتند. پارامترهای عملکردی مورد اندازه‌گیری در این تحقیق توان موتور، گشتاور و مصرف ویژه سوخت ترمزی و گازهای خروجی از اگزوز مورد اندازه‌گیری، CO_2 ،CO ،O_2 ،UHC و NO_x بودند که تغییرات آن‌ها با تغییر فاکتورهای دور موتور (rpm ۷۵۰۰– ۵۰۰۰) و نوع روانکار (بیوروانکار کرچک، بیوروانکار نخل روغنی، بیوروانکار پسماند خوراکی و روغن موتور دو زمانه ویژه پارس) تحت نسبت اختلاط روغن و بنزین ۵ درصد سنجیده شد. نتایج استفاده از این الگوریتم نشان می‌دهدکه بیوروانکار نخل روغنی با میزان مطلوبیت ۹۳/۱۷ درصد، مطلوب‌ترین گزینه برای استفاده به عنوان بیوروانکار در موتور دو زمانه است. روغن موتور دو زمانه ویژه پارس، بیوروانکار پسماند خوراکی و بیوروانکار کرچک با میزان مطلوبیت به ترتیب ۷۹/۹۵، ۲۷/۸۰ و ۸/۳۶ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

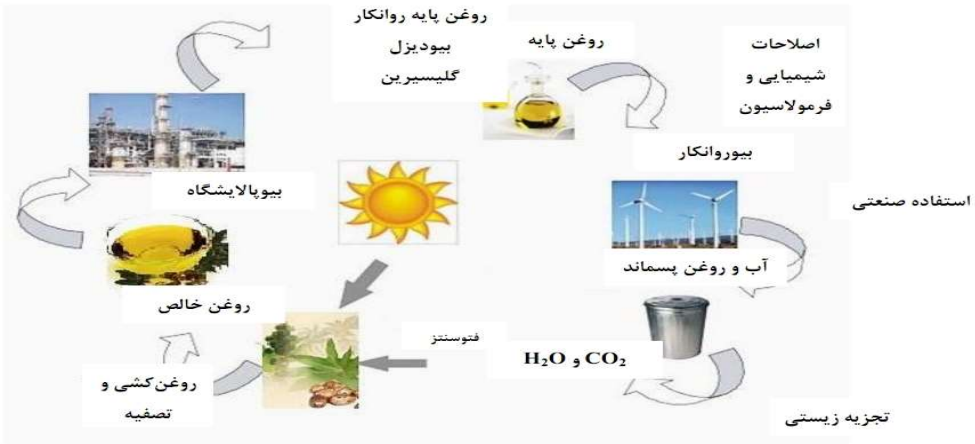
کلمات کلیدی: بیوروانکار، تاپسیس، روغن موتور، موتور دو زمانه.

مقدمه

امروزه با کاهش ذخایر نفت خام و همچنین افزایش قیمت حامل‌های انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بهینه‌سازی آن در سامانه‌های مصرف‌کننده انرژی به امری اجتناب ناپذیر تبدیل شده است. از این رو توجه دانشمندان به منابع تجدیدپذیر انرژی مانند انرژی باد، انرژی خورشید و سوخت‌های زیستی مانند بیودیزل و بیواتانول افزایش یافته است. موتورهای درونسوز در قرن حاضر بخش عمده‌ای از مصرف منابع نفت خام را به خود اختصاص داده‌اند و به یکی از بزرگ‌ترین مصرف کنندگان عمده انرژی تبدیل

[۱] دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
[۲] دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
[۳] استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
*مسئول مکاتبات: bghobadian2004@yahoo.com

شده‌اند. لذا توجه به راهکارهای کاهش مصرف سوخت در این موتورها امری ضروری است. با توجه به این موضوع که در حدود یک سوم از تلفات انرژی موتورهای درونسوز مربوط به تلفات اصطکاکی می‌باشد، می‌توان به راحتی دریافت که روانکاری مناسب قسمت‌های مختلف موتور به منظور کاهش سایش و اصطکاک قسمت‌های متحرک آن، تأثیر به سزایی در کاهش تلفات انرژی و در نتیجه کاهش مصرف سوخت دارد (پورضیایی و همکاران، ۱۳۸۸). به طور کلی روغن موتور یکی از حیاتی‌ترین سیال‌های موجود در موتور بوده و با روانکاری قسمت‌های مختلف و متحرک موتور، نقش خون در سیستم خون رسانی بدن را در موتور ایفا می‌کند. از طرف دیگر، متأسفانه این سیال مهم نیز همانند سوخت‌های مورد استفاده در موتور، پایه نفتی داشته و به منابع رو به پایان و گران قیمت نفتی وابسته است، به طوری که نمی‌توان آینده طولانی برای آن متصور شد. علاوه بر آن، سالیانه میلیون‌ها تن روانکار استفاده شده یا به اصطلاح روغن سوخته به طبیعت ریخته شده و موجب آلودگی محیط زیست می‌شود (Bartz, 1998). این امر علاوه بر زیانی است که در اثر سوختن این روانکارها به صورت مخلوط با سوخت موتور، موجب آلودگی هوا می‌شود. از این رو امروزه تولید روانکارها از منابع تجدیدپذیر و دوستدار محیط زیست مانند روغن‌های گیاهی مورد توجه واقع شده است. روانکارهای با پایه روغن‌های گیاهی که در اصطلاح به آن‌ها بیوروانکار گفته می‌شود، علاوه بر اینکه به علت وابستگی به منابع گیاهی تجدیدپذیر می‌باشند، به علت زیست تخریب‌پذیری خوبی که دارند، محیط زیست را آلوده نمی‌کنند. بیوروانکار که از اصلاح شیمیایی روغن-های گیاهی حاصل می‌شوند، معایب روغن‌های خام گیاهی مانند نقطه ریزش بالا و پایداری اکسیداسیون کم را نداشته و پتانسیل خوبی برای جایگزینی روانکارهای پایه نفتی موجود را دارند (Salimon et al., 2010). در (شکل ۱) چرخه زیستی بیوروانکارها نشان داده شده است.



شکل ۱: چرخه زیستی بیوروانکار (Stefanescu *et al.*, 2011).

موتورهای دو زمانه یکی از انواع موتورهای درونسوز می‌باشند که در هر دور میل‌لنگ (دو کورس پیستون) یک چرخه موتور را کامل کرده و پتانسیل تولید توان دو برابر موتورهای چهار زمانه مشابه خود را دارند. هرچند بعدها موتورهای چهار زمانه به علت

داشتن آلایندگی کمتر، طول عمر بیشتر و مصرف سوخت کمتر جایگزین آن‌ها در اتوموبیل شدند ولی این موتورها همچنان به خاطر طراحی ساده، وزن سبک، توانایی تولید توان زیاد با قابلیت روشن شدن سریع در دمای پایین و هزینه به نسبت کم، مورد تقاضا بوده و به عنوان یک منبع توان شناخته شده در تراکتورهای دو چرخ، اره‌های موتوری قطع درختان، ماشین‌های چمن‌زنی، موتورهای کوچک تولید برق، قایق‌های موتوری، موتورسیکلت‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرند (قبادیان، ۱۳۸۰). در موتورهای دو زمانه به منظور روانکاری، مقداری روغن موتور با پایه‌ی نفتی با سوخت (گازوئیل و بنزین) مخلوط شده و با هم در فرآیند احتراق سوزانده می‌شود که این امر موجب افزایش آلاینده‌های اگزوز می‌شود. این آلاینده‌ها علاوه بر داشتن اثرات مخرب زیست محیطی مانند باران‌های اسیدی، اثرات گلخانه‌ای و صدمه به گیاهان، باعث به وجود آمدن بیماری‌های فراوان و متنوع انسانی از قبیل بیماری‌های تنفسی، سوزش چشم، سرطان، مسمومیت، کم خونی و... می‌شوند. این امر سبب شده است تا نگرانی رو به رشدی درباره آلاینده‌های سمی موتورهای دو زمانه وجود داشته باشد و علیرغم پتانسیل تولید توان دو برابر و سایر مزایا به دلیل مشکلات موجود، جای خود را به مرور به موتورهای چهار زمانه می‌دهند. این موضوع، مسئله‌ای است که نیازمند تحقیق و یافتن راه حل علمی مناسبی است. یکی از این راه‌حل‌ها می‌تواند استفاده از روانکارهای با پایه گیاهی یا بیوروانکارها به جای روانکارهای با پایه نفتی باشد. به همین هدف تحقیقاتی نیز در دنیا درباره تاثیر بیوروانکارها بر روی موتورهای درونسوز صورت گرفته است. سیواسانکاران و همکاران در سال ۱۹۸۸، مخلوط‌هایی از روغن موتور دو زمانه بر اساس روغن گیاهی جوجوبا را تولید کردند و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، خستگی و ساییدگی موتور و تشکیل رسوب در موتور را بررسی کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که عملکرد روغن گیاهی جوجوبا در موتور دو زمانه بنزین سوز با نتایج روغن موتورهای تجاری برابری می‌کند (Sivasankaran *et al*., 1988) ژو و یه در سال ۱۹۹۸ دو نوع روغن موتور جدید دو زمانه که در آن‌ها از افزودنی‌های اکسیژن‌دار و کاتالیست استفاده شده بود، بر روی موتور دو زمانه بنزین‌سوز اسکوتر آزمایش کردند و ذرات ریز خروجی از اگزوز موتور را با روش کروماتوگرافی گازی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد استفاده از این دو نوع روغن موتور، ذرات ریز خروجی از اگزوز موتور اسکوتر را ۳۶-۳۳ درصد کاهش داد (Zhou and Ye, 1998). سینگ در سال ۲۰۱۱ روغن موتور دو زمانه از روغن گیاهی کرچک را به روش اپوکسیداسیون تولید کرد و به این نتیجه رسید که این روغن موتور موجب کاهش بیش از ۵۰ درصدی دود و همچنین کاهش میزان مصرف سوخت در مقایسه با روغن موتور با پایه نفتی دو زمانه می‌شود (Singh, 2011). هر چند استفاده از بیوروانکارها در موتورهای درونسوز فقط به روغن موتور محدود نشده و محدوده وسیعی از روانکارهای مورد استفاده در خودروها را در بر می‌گیرد. شکل ۲ نمایی از کاربردهای مختلف بیوروانکارها را در یک خودرو سواری نشان می‌دهد.

شکل ۲: کاربردهای مختلف بیوروانکارها در موتورهای درونسوز

مواد و روش‌ها

بیوروانکارهای مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب از روغن‌های گیاهی کرچک، نخل روغن روغنی (پالم) و روغن پسماند خوراکی و به روش ترانس استریفیکاسیون با پلیول تری متیلول پروپان[5] در آزمایشگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تربیت مدرس تولید شدند. تصویر هر یک از بیوروانکارهای تولید شده در شکل (۳) نشان داده شده است.

شکل ۳: بیوروانکارهای تولید شده در آزمایشگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تربیت مدرس.

مشخصات فنی هر یک از بیوروانکارهای تولید شده و نیز روغن موتور دو زمانه ویژه که در این تحقیق به عنوان تیمار شاهد مورد استفاده قرار گرفت، در (جدول ۱) آورده شده است.

[5] Trimethylol propane

جدول ۱: مشخصات روانکارهای مورد استفاده در آزمون

مشخصات	گرانروی در ۴۰ °C	گرانروی در ۱۰۰°C	شاخص گرانروی (VI)	چگالی در ۱۵°C
روش آزمون	ASTM D-445	ASTM D-445	ASTM D-2270	ASTM D-1298
واحد	cSt	cSt	–	gr/cm³
بیوروانکار کرچک	۷۵/۸۲	۸/۶۷	۸۲/۴	۰/۹۵۳۱
بیوروانکار پسماند	۸/۰۴	۲/۶۷	۱۶۶	۰/۸۳۱۶
بیوروانکار نخل روغنی	۱۲/۶۷	۴/۹۰	۳۹۰/۵	۰/۹۰۵۸
روغن موتور دو زمانه ویژه پارس	۷۱/۷۳	۹	۹۵	۰/۸۸۳

موتور دو زمانه مورد آزمون در این تحقیق موتور دو زمانه ۲۰۰ سی‌سی موتور سیکلت وسپا بوده است که مشخصات فنی آن در (جدول ۲) آورده شده است.

جدول ۲: مشخصات موتور دو زمانه مورد استفاده در آزمون.

نوع موتور	وسپای تک سیلندر، دو زمانه
کارخانه سازنده	نیرو محرکه
حجم موتور	۲۰۰cc
سیستم خنک‌کاری	هوا خنک
سیستم روانکاری	مخلوط با سوخت
سیستم جرقه‌زنی	CDI[6]

در این تحقیق برای اندازه‌گیری توان و گشتاور از دینامومتر ادی‌کارنت Saj Froud با توان ۱۵ کیلووات ساخت کشور هندوستان استفاده شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری گازهای خروجی از اگزوز و میزان مصرف ویژه سوخت ترمزی (BSFC)، به ترتیب دستگاه آلاینده سنج MGT5-MB ساخت شرکت ماها[7] آلمان و دستگاه سوخت‌سنج Flowtronic 205 ساخت کشور سویس به کار گرفته شد. شکل ۴ نمایی از فرآیند انجام این آزمون در شرکت تولیدی نیرو محرکه را نشان می‌دهد.

[6] Capacity discharge ignition
[7] Maha

شکل ۴: نمایی از فرآیند انجام آزمون موتور دو زمانه با استفاده از بیوروانکارها.

یکی از مشکلات در ارزیابی این تحقیق این بود که نتایج بدست آمده، به علت برتری برخی بیوروانکارها در بعضی پارامترها و ضعف آن‌ها در پارامتر دیگر، محققان را در انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین آن‌ها دچار سردرگمی می‌نمود. لذا به منظور انتخاب بهترین گزینه از بین بیوروانکارهای موجود، از الگوریتم تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس استفاده شد

روش تاپسیس

در این روش علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه A_i از نقطه ایدآل، فاصله آن از نقطه ایدآل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایده‌آل بوده و درعین حال دارای دورترین فاصله از راه ایدال منفی باشد. مراحل مختلف الگوریتم تاپسیس را می‌توان به صورت زیر بخش‌بندی کرد(اصغر پور، ۱۳۷۷):

قدم یکم: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس (بی‌مقایس شده) با استفاده از فرمول:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2}} \qquad (۱)$$

قدم دوم: ایجاد ماتریس (بی مقیاس) وزین با مفروض بودن بردار W به عنوان ورودی به الگوریتم. یعنی:

$W= \{W1,W2,...,Wn\} \approx$ (مفروض از DM)

$$\text{ماتریس بی مقیاس وزین} = V = N_{D.}\, W_{n\times n} = \begin{bmatrix} V_{11} & \cdots & V_{1j} & V_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{mj} & \cdots & V_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

به طوری که N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن بی‌مقیاس و قابل مقایسه شده است، و $W_{n\times n}$ ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهند بود.

قدم سوم: مشخص نمودن راه حل ایدآل (مثبت) و راه حل ایدآل منفی:

گزینه‌های ایدآل (A^+) و ایدآل منفی (A^-) به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\text{گزینه ایدال} = A^+ = \{(\max V_{ij} \mid j \epsilon J), (\min V_{ij} \mid j \epsilon J') \mid i = 1,2,...m\} \qquad (۳)$$

$= \{V_1^+, V_2^+, \ldots V_j^+, \ldots, V_n^+\}$

گزینه ایدآل $= A^- = \{(\min V_{ij} \mid j \in J), (\max V_{ij} \mid j \in J') \mid t = 1,2,\ldots m\}$ منفی

$= \{V_1^-, V_2^-, \ldots V_j^-, \ldots, V_n^-\}$ (۴)

$J = \{j = 1,2,\ldots\ldots n \mid$ های مربوط به سود $j\}$ به طوری که

$J' = \{j = 1,2,\ldots\ldots n \mid$ های مربوط به هزینه $j\}$

قدم چهارم: محاسبه اندازه جدایی (فاصله)

فاصله گزینه i ام از نقاط ایدآل با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_{i+} = \text{فاصله گزینه } i \text{ ام از ایدآل} = \{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^+)^2\}^{0.5}; \quad t = 1,2,\ldots\ldots m \qquad (۵)$$

$$d_{i-} = \text{فاصله گزینه } i \text{ ام از ایدآل منفی} = \{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^-)^2\}^{0.5}; \quad t = 1,2,\ldots\ldots m \qquad (۶)$$

قدم پنجم: محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایدآل

این نزدیکی نسبی را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} \quad ; \quad 0 \le cl_{i+} \le 1 \; ; \; t = 1,2,\ldots\ldots m \qquad (۷)$$

ملاحظه می‌شود که چنانچه $A_i = A^+$ گردد آنگاه $d_{i+} = 0$ بوده و خواهیم داشت : $cl_{i+} = 1$ و در صورتی که $A_i = A^-$ شود آنگاه $d_{i-} = 0$ بوده و $cl_{i+} = 0$ خواهد شد. بنابراین هر اندازه گزینه A_i به راه‌حل ایدآل(A^+) نزدیکتر باشد، ارزش cl_{i+} به واحد نزدیکتر خواهد بود.

قدم ششم: رتبه بندی گزینه‌ها: براساس ترتیب نزولی می‌توان cl_{i+} می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله مفروض را رتبه‌بندی نمود.

تکنیک آنتروپی

در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره و به ویژه مسائل تصمیم گیری چند شاخصه، داشتن و دانستن اوزان نسبی شاخص‌های موجود، گام موثری در فرآیند حل مسئله بوده و مورد نیاز است. از میان روش‌های تعیین وزن‌های شاخص‌ها، می‌توان به روش‌های استفاده از پاسخ خبرگان، روش لیمنت، روش کمترین مجذورات، تکنیک برداره ویژه، آنتروپی شانون و .... اشاره کرد (اصغر پور، ۱۳۷۷).

آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) که به صورت زیر تشریح می‌شود: (ابتدا ارزشی با نماد E محاسبه می‌کنیم):

$$E = -K\sum_{i=1}^{n}[p_i \times Lnp_i] \qquad (۸)$$

به طوری که k یک عدد ثابت مثبت است به منظور تأمین $1>E>0$ از توزیع احتمال P_i براساس مکانیزم آماری محاسبه شده و مقدار آن در صورت تساوی P_i ها با یکدیگر بیشینه مقدار ممکن خواهد بود.

$$E = -K\sum_{i=1}^{n}[p_i \times Lnp_i] = -K\left\{\left(Ln\frac{1}{n}\right)\left(\frac{n}{n}\right)\right\} = -kLn\frac{1}{n} \qquad (۹)$$

یک ماتریس تصمیم گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود. جدول ۳ ماتریس تصمیم گیری را نشان می‌دهد.

جدول۳: طرح کلی یک ماتریس تصمیم گیری.

	X_1	X_2	.	.	X_n
A_1	r_{11}	r_{12}	.	.	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	.	.	r_{2n}
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	.	.	r_{mn}

در ماتریس۴ A_i گزینه‌هایی است که می‌خواهیم رتبه بندی کنیم X_j شاخص‌هایی است که گزینه‌ها را براساس آن‌ها ارزیابی می‌کنیم. r_{ij} ارزش هر شاخص متناسب با هر یک از گزینه‌ها است. محتوی اطلاعاتی از این ماتریس ابتدا به صورت P_{ij} زیر می‌باشد و برای E_j از مجموعه P_{ij} به ازای هر مشخصه خواهیم داشت:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}};\ \forall i,j \qquad (۱۰)$$

نتایج و بحث

با توجه به انچه که گفته شد جهت انتخاب روانکار مناسب ابتدا ماتریس تصمیم گیری مطابق (جدول۴) تشکیل شد

جدول ۴: ماتریس تصمیم گیری

	توان(kW)	گشتاور (Nm)	BSFC (gr/kWh)	CO (%Vol.)	CO_2 (%Vol.)	UHC (ppm)	NO_X(ppm)	O_2 (%Vol.)
روغن موتور دو زمانه ویژه پارس	۶/۶۲	۱۰/۱۲	۴۲۰/۶۷	۱/۷۳	۸/۱۵	۳۰۲۷/۵	۵۴۹	۹/۲۹
بیوروانکار کرچک	۶/۶۵	۱۰/۰۱	۴۲۳/۱۷	۲/۲۵	۸/۱۸	۳۱۸۶/۷	۵۳۴/۶۷	۸/۵۵
بیوروانکار پالم	۶/۸۶	۱۰/۵۲	۴۳۱/۶۷	۱/۶۴	۸/۳۸	۲۹۹۰	۵۴۰/۵	۹/۰۹
بیوروانکار پسماند خوراکی	۶/۷۱	۱۰/۲۵	۴۲۴/۶۱	۲/۱	۸/۲۵	۳۰۲۶/۸	۴۹۲/۶۷	۸/۸۶

سپس مطابق تکنیک آنتروپی ماتریس وزنی ایجاد شد (جدول ۵).

جدول ۵: ماتریس وزن‌دهی بدست آمده از تکنیک آنتروپی

۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۹۷۹۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸۵۲۱۸	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲۵۶۶۲	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۴۸۳۳۷۳۸	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰/۷۱۸۲۲۶	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰/۰۰۳۸۶۰۹۲۲	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰/۰۱۴۴۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰/۰۰۷۹۳۰۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

بعد از ایجاد ماتریس وزنی، ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس شد (جدول ۶) و پس از آن ماتریس بی‌مقیاس وزنی مطابق آنچه که گفته شد (مرحله ۲) تشکیل شد (جدول ۷).

جدول ۶: ماتریس بی‌مقیاس شده

	توان	گشتاور	BSFC	CO	CO_2	UHC	NO_X	O_2
روغن موتور دوزمانه	/۴۹۳۲۴۶۷۶۱ ۰	۰/۴۹۴۷۸	۰/۴۹۴۸۴۸۱	/۴۴۴۳۹۴ ۰	/۴۹۴۵۱۰۲۴۹ ۰	/۴۹۴۹۰۱ ۰	/۵۴۸۳۱۷ ۰	/۵۱۸۸۹۴ ۰
بیورواز کار کرچک	/۴۹۵۴۸۲۰۱۸ ۰	/۴۸۹۴۰۲ ۰	/۴۹۷۷۸۸۹۳۳ ۰	/۵۷۷۹۶۹ ۰	/۴۹۶۳۳۰۵۳۲ ۰	/۵۲۰۹۲۵ ۰	۰/۴۹۳۵۵	/۴۷۷۵۶۱ ۰
بیورواز کار پالم	/۵۱۱۱۲۸۸۱۸ ۰	/۵۱۴۳۳۶ ۰	/۵۰۷۷۸۷۷۶۶ ۰	/۴۲۱۲۷۵ ۰	/۵۰۸۴۶۵۷۵۳ ۰	/۴۸۸۷۷۱ ۰	/۴۹۸۹۳۱ ۰	/۵۰۷۷۲۳ ۰
بیورواز کار پسماند خوراکی	/۴۹۹۹۵۲۵۳۲ ۰	/۵۰۱۱۳۶ ۰	/۴۹۹۴۸۲۸۵۳ ۰	/۵۳۹۴۳۸ ۰	۰/۵۰۰۵۷۷۸۶	/۴۹۴۷۸۶ ۰	۰/۴۵۴۷۸	/۴۹۴۸۷۶ ۰

جدول ۷: ماتریس بی‌مقیاس وزنی

	توان	گشتاور	BSFC	CO	CO_2	UHC	NO_X	O_2
روغن موتور دو زمانه	/۰۰۳۹۱۱۴۴۸ ۰	/۰۰۷۱۶۱ ۰	۰/۰۰۱۹۱۰۵۷	/۳۹۹۱۷۵ ۰	/۰۰۲۳۹۰۳۳۳ ۰	۰/۰۱۲۷	/۱۰۱۵۵۸ ۰	۰/۰۲۰۶۵
بیورواز کار کرچک	/۰۰۳۹۲۹۱۷۳ ۰	/۰۰۷۰۸۳ ۰	/۰۰۱۹۲۱۹۲۴ ۰	/۴۱۵۱۱۲ ۰	/۰۰۲۳۹۹۱۳۲ ۰	/۰۱۲۵۴۳ ۰	/۰۹۱۴۱۵ ۰	/۰۱۹۰۰۵ ۰
بیورواز کار پالم	/۰۰۴۰۵۳۲۵۲ ۰	/۰۰۷۴۴۴ ۰	/۰۰۱۹۶۰۵۲۹ ۰	/۳۰۲۵۷۱ ۰	۰/۰۰۲۴۵۷۷۹	/۰۱۲۵۴۳ ۰	/۰۹۲۴۱۱ ۰	/۰۲۰۲۰۵ ۰
بیورواز کار پسماند خوراکی	/۰۰۳۹۶۴۶۲۴ ۰	/۰۰۷۲۵۳ ۰	/۰۰۱۹۲۸۴۶۴ ۰	/۳۸۷۴۳۸ ۰	/۰۰۲۴۱۹۶۶۲ ۰	/۰۱۲۶۹۷ ۰	/۰۸۴۲۳۴ ۰	/۰۱۹۶۹۴ ۰

در مرحله آخر، پس از تعیین راه حل ایده‌آل مثبت ومنفی و تعیین فاصله اقلیدسی گزینه i ام از ایده‌آل‌ها، نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایدآل (جدول ۸) تعیین شد.

جدول ۸: فاصله A_i ها از راه حل ایدآل و ایدآل منفی

نوع روانکار	فاصله A_i
روغن موتور دو زمانه	۰/۷۹۹۵۲۶
بیو روانکار کرچک	۰/۰۸۳۵۵۱۵
بیو روانکار پالم	۰/۹۳۱۷۹۱
بیو روانکار پسماند خوراکی	۰/۲۷۷۹۵۴

A_i های بدست آمده برای هر یک از روانکارهای مورد استفاده در این تحقیق، به ترتیب نزولی مرتب شدند. با توجه به توضیحات بیان شده درباره الگوریتم تاپسیس، روانکاری که ارزش عددی A_i بیشتری را به خود اختصاص دهد از مطلوبیت بیشتری برخوردار خواهد بود. مشاهد شد که پس از رتبه‌بندی هر یک از گزینه‌های روانکار، بیوروانکار پالم مقدار A_i بیشتری را به خود اختصاص داد و در نتیجه از مطلوبیت بیشتری برخوردار خواهد بود (شکل ۵).

بیوروانکار کرچک > بیوروانکار پسماند خوراکی > روغن موتور دو زمانه > بیوروانکار پالم

شکل ۵: رتبه‌بندی روانکارها بر حسب درصد مطلوبیت

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از بکارگیری الگوریتم تاپسیس نشان داد که روغن نخل روغنی مطلوب‌ترین بیوروانکار نسبت به سایر روانکارهای مورد استفاده در آزمون بود. هر یک از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوروانکارهای مورد استفاده در آزمون، از قبیل قدرت روانکاری، نقطه اشتعال، درصد اسید چرب‌های مختلف موجود در ساختار روغن‌های گیاهی، نقطه ریزش، پایداری اکسیداسیون، پایداری حرارتی روغن و سایر پارامترها هر کدام در فرآیند احتراق روانکار همراه با بنزین دخیل بوده و به اندازه میزان اهمیت خود تاثیرگذار است که پرداختن به نقش هر یک از مشخصه‌های روغن نیاز به آزمایش‌های دقیق، دستگاه‌های پیچیده و تحقیق جداگانه‌ای دارد که موضوع علم تریبولوژی را تشکیل می‌دهد. ولی با توجه به این نکته که بیوروانکارهای مورد استفاده در این تحقیق بدون هیچ گونه افزودنی بهبود دهنده خواص فیزیکی و شیمیایی روغن موتور مورد استفاده قرار گرفتند و در برخی موارد حتی عملکرد بهتری نسبت به روانکار پایه نفتی دو زمانه ویژه داشتند و با مطالعه تحقیقات مشابه در دنیا توسط سایر محققین، می‌توان دریافت که این بیوروانکارها هستند که نسل آینده روانکارهای موجود در دنیا را به خود اختصاص خواهند داد. لذا پیش‌بینی می‌شود منابع و ذخایر مورد استفاده در آینده برای تولید روانکارهای صنعتی در دنیا، زمین‌های کشاورزی خواهند بود نه پالایشگاه‌های نفت.

منابع

اصغر پور، م. (۱۳۷۷). تصمیم گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران.

پورضیایی، ا. بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق بهبود وضعیت روانکاری تجهیزات و ماشین‌آلات صنعتی. مقاله پژوهشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۸.

قبادیان، ب. (۱۳۸۰). موتورهای احتراق داخلی. انتشارات دانشگاه شهرکرد. ۳۳۷ص.

Bartz, W.J. 1998. Lubricants and the environment. Tribology International, 31(1): 35-47.

Salimon, J., Salih, N. and Yousif, E. 2010. Biolubricants: raw materials, chemical modifications and environmental benefits. European Journal of Lipid Science and Technology, 112(5): 519-530.

Singh, A. 2011. Castor oil-based lubricant reduces smoke emission in two-stroke engines. Industrial Crops and Products, 33(2): 287-295.

Sivasankaran, G., Bisht, R., Jain, V., Gupta, M., Sethuramiah, A. and Bhatia, V. 1988. Jojoba-oil-based two-stroke gasoline engine lubricant. Tribology international, 21(6): 327-333.

Zhou, W. and Ye, S. 1998. Effects of two new lubricants on the mutagenicity of scooter exhaust particulate matter. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 414(1): 131-137.

Selection of the Appropriate Biolubricant as a Two-stroke Engine Oil, with the Help of Topsis Multi-criterio Decision Making Algorithm

Masoud Dehghani Soufi, Barat Ghobadian, Gholamhasan Najafi and Mohammadreza Sabzimaleki

Abstract

In this paper, the results obtained from experimental investigation of utilizing biolubricants (vegetable oil based lubricants) in a two stroke engine, are analyzed with the help of the Topsis multi-criterion decision making algorithm in order to select the appropriate biolubricant. The biolubricants which used in this study, after production in Tarbiat Modares renewable energies laboratories center were transferred to pollution analysis laboratory of Niroo Moharrekeh company and performance and exhaust emissions tests were conducted on these biolubricants by the hep of a two stroke Vespa engine (200 cc). The measured performance parameters in this study were power, torque and brake specific fuel consumption and the measured exhaust emissions were CO_2, CO, O_2, UHC and NO_x. Experiment factors were engine speed (5000-7500 rpm) and the kind of lubricant (castor biolubricant, palm biolubricant, waste edible oil biolubricant and Pars special two stroke engine oil). Oil-gasoline mixing ratio was 5 percent. The results of using this algorithm proved that the palm biolubricant achieved its function to be the best choice of two stroke engine biolubricant by having 93.17 percent favorability. Pars special two stroke engine, waste edible oil biolubricant and castor biolubricant earned the next ranks with the favorability of 79.95, 27.80 and 8.36 percent respectively.

Keywords: Topsis, two stroke engine, biolubricant, engine oil.