



## بررسی کاهش مصرف سوخت در خودروها با استفاده از رویکردهای تصمیم گیری چند معیاره ی فازی

شراره مهاجری<sup>۱\*</sup>، بهزاد اسپیدکار<sup>۲</sup>، فاطمه هرسج<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی نور

۲- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

۳- مدرس و عضو هیات علمی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی نور

\* mohajerisharareh@gmail.com

ارسال: شهریور ماه ۹۷ پذیرش: آذر ماه ۹۷

### چکیده

کاهش سوخت مصرفی نشان دهنده یک چالش عمده برای داشتن یک سیستم حمل و نقل است که دوستدار محیط زیست می باشد. با توجه به قیمت روز افزون سوخت و همچنین اثر مخرب مصرف سوختهای فسیلی بر محیط زیست، بررسی هر عاملی که بر میزان مصرف سوخت موثر است دارای اهمیت زیادی میباشد در این تحقیق با استفاده از رویکردهای تصمیم گیری چند معیاره ی فازی، معیارهای کاهش سوخت مصرفی در سه خودرو پژو ۲۰۶، تیا و سمند که شامل رانندگی آرام و نرم، نگهداشتن پای چپ خود روی پدال ترمز برای استراحت، تنظیم موتور، استفاده از روغن موتور مناسب و توجه به وضعیت تایرهای خودرو می باشند از ادبیات تحقیق استخراج و اولویت بندی شده است. نتایج حاکی از آن است که فرقی نمی کند که یک خودروی کاملاً جدید داشته باشید یا یک خودروی قدیمی و قابل اطمینان که فکر می کنید ارزش مبلغ پرداختی را دارد، زیرا با هر کدام از خودروها می توانید مصرف سوخت خود را کاهش دهید و کار دشواری نیست و پتانسیل کاهش مصرف سوخت آن ها بالاست.

کلید واژه: کاهش سوخت مصرفی، خودرو، تنظیم موتور، رانندگی آرام، محیط زیست.

### ۱- مقدمه

با توجه به قیمت روز افزون سوخت و همچنین اثر مخرب مصرف سوخت های فسیلی بر محیط زیست، بررسی هر عاملی که بر میزان مصرف سوخت موثر است دارای اهمیت زیادی می باشد. راهکارهای مختلفی برای کاهش مصرف سوخت خودروها شناخته شده هستند. روش مستقیم کاهش بار خارجی، مثلاً کم کردن وزن یا کاهش نیروی مقاوم خودرو، از راه های اولیه ای است که طی سالیان سال مد نظر قرار گرفته است. روش دوم افزایش کارایی سیستم محرکه از جمله سیستم انتقال قدرت شامل موتور و گیربکس می باشد که به عنوان یک روش موثر دنبال شده است. راهکار سوم بکارگیری مناسب سیستم انتقال قدرت به گونه ای است که موتور احتراق داخلی همواره در بهترین حالت کارایی عمل کند. تاثیر هر کدام از روشهای مذکور در کاهش مصرف سوخت متفاوت است [۱].

خودروهای چهارسیلندر تولیدی با تکنولوژی دهه ۶۰ میلادی در هر یکصد کیلومتر بطور میانگین ۱۱ لیتر بنزین مصرف می کنند در حالی که خودروهای امروزی برای مسافتی مشابه، حدود ۷ لیتر سوخت مصرف می نمایند. با توجه به توسعه سطحی شهرهای بزرگ کشور مانند تهران، اصفهان، شیراز و مشهد و فاصله کانونهای جمعیت با مراکز تجارت و صنعت که به ترتیب در مراکز و حومه شهرها قرار گرفته اند می توانیم مسافت روزانه طی شده یک خودرو را یکصد کیلومتر فرض کنیم که در جدول شماره یک آثار اقتصادی ناشی از مصرف سوخت بیشتر نشان داده شده است [۲].

جدول ۱- آثار اقتصادی ناشی از مصرف سوخت بیشتر در خودروها [۲]

شرح	مسافت طی شده روزانه	مصرف بنزین در یکصد کیلومتر	مصرف ماهیانه بنزین	مصرف سالیانه بنزین	میانگین جهانی بهای یک لیتر بنزین	هزینه سالیانه مصرف بنزین
خودرو با تکنولوژی دهه ۶۰ میلادی	۱۰۰ کیلومتر	۱۱ لیتر	۳۳۰ لیتر	۳۹۶۰ لیتر	۲۲ سنت	۸۷۱ دلار
خودرو با تکنولوژی روز	۱۰۰ کیلومتر	۷ لیتر	۲۱۰ لیتر	۲۵۲۰ لیتر	۲۲ سنت	۵۵۴ دلار
تفاوت ۲ تکنولوژی	----	۴ لیتر	۱۱۰ لیتر	۱۴۴۰ لیتر	----	۳۱۷ دلار

اخیرا تحقیقی در شرکت فورد بر روی ۷۸۳ نفر در رابطه با عادت های رانندگی و دانش کاهش مصرف سوخت خودرو نشان می دهد، ۹۴ درصد آن ها ادعا کردند که می دانند چگونه رانندگی کنند که حداکثر صرفه جویی را در مصرف سوخت خودرو داشته باشند. اما بر اساس گفته های کوین تالیو، مهندس ارشد و مهندس موتور کمپانی فورد در آسیا، این ادعا ها به هیچ وجه درست نیست. چه چیز هایی باید بدانیم تا بتوانیم یک رانندگی خوب با حداکثر صرفه جویی در مصرف سوخت خودرو داشته باشیم؟

۱- شتاب گیری و ترمز های ناگهانی می توانند بر روی میزان آلایندگی خودرو تاثیر گزار باشند. این دو عامل یکی از اصلی ترین دلایل هدر رفتن سوخت هستند.

۲- اکثرا مردم بر این عقیده هستند که روشن بودن پیشرانه در حالت سکون باعث صرفه جویی بیشتری در مصرف سوخت خودرو می شود. در حالی که این باور غلط است. خاموش کردن و روشن کردن مجدد خودرو بسیار مقرون به صرفه تر است. اگر خودروتان دارای تکنولوژی Auto Start/Stop باشد، شما یک قدم جلوتر هستید.

۳- بیشتر مردم از مزیت های کروزر کنترل بی اطلاع هستند. کروزر کنترل یک سلاح سری برای مبارزه با هدر رفتن سوخت است. حرکت کردن با سرعتی ثابت به این معناست که شما نیازی به شتاب گیری و یا ترمز های ناگهانی ندارید و همچنین به شما اجازه نمی دهد که از سرعت مجاز فراتر بروید.

۴- استفاده از GPS یکی دیگر از این راه هاست. قاعدتا هنگامی که مسیری طولانی تر را می پیمایید سوخت بیشتری هم مصرف می کنید. GPS به ما کمک می کند تا کوتاه ترین مسیر را برای رسیدن به مقصد انتخاب کنیم و در نتیجه سوخت کمتری مصرف می شود.

۵- رانندگی در مناطق مرتفع مصرف سوخت را بالا می برد. رانندگی طولانی در مناطق کوهستانی نسبت به جاده های صاف و هموار، نیازمند سوخت بیشتری است. در سر بالایی ها میزان بیشتری سوخت نسبت به جاده های عادی مصرف می شود.

۶- سرما و گرما بر مصرف سوخت خودرو موثر است. هوای سرد مصرف سوخت را بالا می برد. دلیلش هم این است که میزان سوخت بیشتری نیاز است تا موتور شما به دمای مورد نظرش برسد. همچنین وقتی هوا گرم نیست، می توانید در حالی که شیشه ها پایین هستند با سرعتی کم حرکت کنید. فراموش نکنید که دکمه A/C خودرو خود را همیشه روشن نکنید.

۷- خودرو خود را خالی از وسایل سنگین غیر ضروری کنید. این کار مصرف سوخت شما را بهبود می بخشد. هر ۲۰ کیلوگرمی که به وزن ماشین اضافه می شود، مصرف سوخت را حدود ۱ درصد افزایش می دهد.

۸- توجه داشته باشید که جایگزین کردن لاستیک های اسپرت (پهن) به جای لاستیک های اصلی خودرو موجب افزایش مصرف سوخت ماشین شما می شود.

۹- سرویس مرتب ماشین و اطمینان از میزان صحیح باد لاستیک ها می تواند موجب کاهش و صرفه جویی در مصرف سوخت خودرو شود [۳].

تاکشی تاکیاما [۴] و همکارش برای دستیابی به اقتصاد مصرف سوخت بهتر از کنترل همزمان دریچه گاز و نسبت دنده بهره بردند. نتایج دینامیکی بدست آمده از این مدل با یک مدل آزمایشگاهی مقایسه شده تا صحت نتایج مورد تایید قرار گیرد. کنترلر بکار گرفته می باشد و زنجیره انتقال قدرت با یک سیستم دو ورودی، دو خروجی مدل شده که سرعت مورد نظر را ارضا کند و LQI شده از نوع مصرف سوخت بهتری نتیجه بدهد. از طریق بهینه سازی ضرایب وزنی کنترلر نتایج خوبی بدست آمده است.

تاکش تاکیاما [۵] در مقاله دیگری با بکار بردن مدل قبلی و از بین بردن ارتباط معادلات مشخصه، حالت پیچیده بین ورودی و خروجی کنترلر را از بین برده و توانسته دریچه گاز و نسبت دنده را به صورت مستقل کنترل کند. اگر موتور با نسبت صحیح سوخت - هوا کار کند برای اقتصاد سوخت موثر است بنابراین ترکیب کنترل نسبت سوخت - هوا به همراه کنترل همزمان نسبت دنده و دریچه گاز تبدیل به شیوه مناسبی برای کنترل سیستم انتقال قدرت خودرو گردیده است و همکارانش [۶] از یک کنترل فازی تطبیقی برای کنترل نسبت دنده گیربکس پیوسته استفاده کرده و با استفاده از الگوریتم کنترلی تورک جبرانی توانستند مصرف سوخت را نسبت به الگوریتمی که از این روش استفاده نکرده بود کاهش دهند.

Pfiffner Qin و همکارش [۷] از یک مدل دینامیک طولی برای خودرو دارای گیربکس پیوسته و یک روش کنترل بهینه برای کنترل نسبت دنده در گیربکس استفاده کرده و توانستند الگوریتم کنترلی پوشش سرعت را با موفقیت پیاده سازی کنند. روش آنها قادر است چند نوع الگوریتم کنترلی را پیاده سازی کند. فرقی نمی کند که یک کراس اوور کاملاً جدید داشته باشید یا یک خودروی قدیمی و قابل اطمینان که فکر می کنید ارزش مبلغ پرداختی را دارد، زیرا با هر دو خودرو می توانید مصرف سوخت خود را کاهش دهید و زیاد کار سختی نیست و کاملاً امکان پذیر است. اگر مالک خودرویی هستید که از یک موتور جدید توربوشارژر با تراکم بالا نیرو می گیرد و با بنزین سوپر کار می کند، پتانسیل کاهش مصرف سوخت آن بالاتر است. اتحادیه مصرف کنندگان آمریکا اخیراً با اعداد و ارقام نشان داد که رانندگان تنها با تغییر تعدادی عادت های غلط در رانندگی و اطمینان حاصل کردن از اینکه خودروهایشان از نظر فنی در وضعیت عالی هستند، چه مقدار می توانند در هزینه سوخت صرفه جویی کنند (بر اساس قیمت ۲۸۶ دلار به ازای هر گالن برای بنزین معمولی). طبق گفته این اتحادیه، رانندگان محتاط با رعایت این نکات کاربردی می توانند مصرف سوخت خودروها یا وانت های خود را تا ۱۳ درصد کاهش دهند [۸]. با بررسی پیشینه تحقیق پنج معیار کاهش مصرف سوخت مصرفی در خودرو شامل رانندگی آرام و نرم، نگذاشتن پای چپ خود روی پدال ترمز برای استراحت، تنظیم موتور، استفاده از روغن موتور مناسب و توجه به وضعیت تایرهای خودرو می باشد.

## ۲- بیان مسئله

با توجه به افزایش چشمگیر هزینه انرژی در دنیا، محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، هدفمندسازی پارانه انرژی و بخصوص عدم کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی در اغلب صنایع و تجهیزات، امروزه مدیریت

صرف انرژی و بالا بردن بهره وری انرژی به یک ضرورت تبدیل شده است. در همین راستا، پایش و مدیریت مصرف انرژی در هر صنعت نیاز به معیارها و شاخص های مناسب دارد.

### ۳- روش شناسی تحقیق

تحقیق حاضر از یازده مرحله تشکیل شده است که عبارتند از:

تعیین خبرگان در FAHP و FTOPSIS شناسایی معیارهای کاهش مصرف سوخت در خودرو، تدوین پرسشنامه مناسب و جمع آوری اطلاعات، تعیین خبرگان در صنعت خودرو، بررسی سازگاری قضاوت های با استفاده از روش میخایلووف، برقراری سازگاری در ماتریس های مقایسه های زوجی در FAHP زوجی خبرگان در ماتریس های صورت نیاز، ادغام پرسشنامه های خبرگان، محاسبه اوزان ماتریس ادغام شده با استفاده از روش میخایلووف، محاسبه وزن نسبی فازی، محاسبه وزن های نهایی شاخص ها با استفاده Topsis شاخص های مربوط به معیارهای کاهش مصرف سوخت در خودرو با استفاده از ادغام وزن های معیارها و شاخص ها، محاسبه امتیاز از حاصل ضرب اوزان ابعاد و شاخص، رتبه بندی امتیازات فازی با استفاده از روش احتمال بزرگتری اعداد فازی.

۱- شناسایی شاخص های کاهش مصرف سوخت در خودرو

۲- تدوین پرسشنامه مناسب FAHP و FTOPSIS

اول: تشکیل ماتریس توافقی فازی آرای افراد در مورد اهمیت هر کدام از افراد در مورد اهمیت هر کدام از سنجه های کاهش مصرف سوخت در خودرو

دوم: بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم گیری

سوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین فازی با مفروض بودن بردار

چهارم: مشخص کردن ایده آل مثبت فازی و ایده آل منفی فازی.

پنجم: محاسبه مجموع فواصل هر یک از مؤلفه ها از ایده آل مثبت فازی و ایده آل منفی فازی.

ششم: محاسبه نزدیکی نسبی مؤلفه  $i$  ام از ایده آل مثبت و در پایان رتبه بندی آنها به ترتیب نزولی.

در این بخش برای تدوین پرسشنامه از سنجه های تعریف شده در مرحله قبل، استفاده شد. پرسشنامه تحقیق در سه بخش تدوین شد. بخش اول به مقایسه های زوجی ابعاد کاهش مصرف سوخت در خودرو پرداخت. بخش دوم سنجش وضعیت موجود شاخص های کاهش مصرف سوخت در خودرو را در دستور کار خود قرار داد و سرانجام بخش سوم اهمیت این شاخص ها را مورد ارزیابی قرار داد.

۳- تعیین خبرگان در صنعت مورد نظر و جمع آوری اطلاعات

به منظور جمع آوری اطلاعات، تعداد ۶ نفر از افرادی که در صنعت خودرو دارای سابقه، تجربه و تحصیلات مرتبط هستند انتخاب و پرسشنامه های تحقیق در اختیار آنها قرار گرفت. در این پژوهش، به دلیل یکسان بودن میزان اهمیت آرای خبرگان برای کلیه جامعه آماری:  $W_{ij}$  به صورت زیر تعریف شده است:

$$W_{ij} = (1, 1, 1) n$$

۴- بررسی سازگاری قضاوت های زوجی خبرگان در ماتریس های FAHP با استفاده از روش میخایلووف مدل اولیه ارائه شده توسط میخایلووف مبتنی بر مدل خطی و نیازمند محاسبه برش های آلفا برای قضاوت ها، حل مدل و سپس ادغام وزن ها در سطوح مختلف آلفا برای به دست آوردن وزن نهایی بود. در این مرحله مدل میخایلووف برای بررسی سازگاری ماتریس های مقایسه های زوجی طراحی و با استفاده از نرم افزار LINGO10 حل شد.

- ۵- برقراری سازگاری در ماتریس های مقایسه های زوجی در صورت نیاز
- ۶- ادغام پرسشنامه های خبرگان اوزان به دست آمده از پرسش نامه های اصلاح شده در مرحله قبل، با استفاده از میانگین هندسی ادغام شدند.
- ۷- محاسبه ی اوزان ماتریس ادغام شده با استفاده از روش میخیلوف
- به منظور محاسبه وزن های ماتریس ادغامی، مدل میخیلوف طراحی و با استفاده از نرم افزار LINGO وزن ابعاد کاهش مصرف سوخت خودرو به دست آمد.
- ۸- محاسبه وزن نسبی شاخص های مربوط به معیارهای کاهش مصرف سوخت خودرو بدین منظور ماتریس ها را نرمالایز کرده و شاخص Cij محاسبه شده است
- ۹- محاسبه وزن های نهایی شاخص ها با استفاده از ادغام وزن های معیارها و شاخص ها حاصل ضرب اوزان ابعاد و شاخص های کاهش مصرف سوخت خودرو، وزن نهایی شاخص ها را در این مرحله به دست داد.
- ۱۰- محاسبه امتیاز صنعت از حاصل ضرب اوزان ابعاد و شاخص وضعیت موجود صنایع با استفاده از اوزان شاخص ها، موزون شده و در نهایت امتیاز فازی نهایی صنایع از نظر کاهش مصرف سوخت خودرو به دست آمد.
- ۱۱-رتبه بندی امتیازات فازی با استفاده از روش احتمال بزرگتری اعداد فازی امتیازات فازی نهایی صنایع با استفاده از روش اولویت گذاری اعداد فازی Chang مورد رتبه بندی قرار گرفتند.

#### ۴- نتایج تحلیل داده ها

سه نوع خودرو مورد بررسی قرار گرفت. پژو ۲۰۶، تیبا و سمند برای ارزیابی سه نوع خودرو با استفاده از روش ارائه شده، پرسشنامه ها بین خبرگان توزیع شده است. این افراد آرای خود را در قالب اعداد فازی جدول شماره ۲ بیان کردند.

جدول ۲- قضاوت های قطعی مورد استفاده در این تحقیق

قضاوت های قطعی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
قضاوت های فازی	(1,1,3)	(1,2,4)	(1,3,5)	(2,4,6)	(3,5,7)	(4,6,8)	(5,7,9)	(6,8,9)	(7,9,9)

پس از جمع آوری اطلاعات، شش ماتریس مقایسه زوجی فازی تشکیل شد، در مرحله بعد برای بررسی سازگاری ماتریس مقایسه های زوجی ارائه شده توسط خبرگان، با استفاده از روش میخیلوف و با استفاده از نرم افزار LINGO نرخ سازگاری محاسبه شده است. نرخ سازگاری به دست آمده برای هر ماتریس به شرح زیر است:

$$\lambda_1 = 0.610 \quad \lambda_2 = -1.01 \quad \lambda_3 = 0 \quad \lambda_4 = -2.6 \quad \lambda_5 = -1.3 \quad \lambda_6 = 0$$

از آن جا که  $\lambda_2$ ،  $\lambda_4$  و  $\lambda_5$  ناسازگاری ماتریس های متناظر را نشان می دهند؛ جهت برقراری سازگاری در این ماتریس ها از روش غضنفری و نوجوان استفاده شده است. جهت ایجاز مطالب، در ادامه نمونه ای از ماتریس مقایسه های زوجی قبل و بعد از برقراری سازگاری آورده شده است: با استفاده از روش غضنفری و نوجوان پارامترهای جدول شماره ۳ برای انجام تغییرات به دست می آید.

جدول ۳. مقادیر محاسبه شده حاصل از روش غضنفری و نوجوان

درایه	$\lambda_{ij}$	$\theta_{ij}$	$\pi_{ij}$	درایه	$\lambda_{ij}$	$\theta_{ij}$	$\pi_{ij}$	درایه	$\lambda_{ij}$	$\theta_{ij}$	$\pi_{ij}$	درایه	$\lambda_{ij}$	$\theta_{ij}$	$\pi_{ij}$	درایه	$\lambda_{ij}$	$\theta_{ij}$	$\pi_{ij}$
X12	2	0	2	X15	2	0	2	X31	2	0	2	X34	2	0	2	X52	2	0	2
X14	2	0	1	X24	2	0	2	X32	2	0	2	X35	1	0	2	X54	2	0	2

بعد از انجام اصلاحات سابق، با استفاده از روش میخایلو ف  $\lambda$  ها مجدداً محاسبه و به صورت زیر به دست آمدند:

$$\lambda 3= 0.89 \quad \lambda 4= 0.75 \quad \lambda 2= 0.66$$

با اطمینان از سازگاری ماتریس ها، در این مرحله ماتریس های مقایسه های زوجی ادغام می شود، این کار با استفاده از میانگین هندسی محاسبه شده برای هر درایه، به دست می آید. در مرحله بعد با استفاده از داده های مربوط به آرای خبرگان در مورد وضعیت موجود سه نوع خودروی مورد بررسی و میزان اهمیت شاخص ها در هر نوع خودرو، شاخص  $C_{ij}$  محاسبه شده است.  $C_{ij}$  ها را با استفاده از نرم ساعتی، نرمالایز کرده و در  $W_j$  ها ضرب می کنیم؛ که نتایج در جدول شماره ۴ نشان داده شده اند.

جدول ۴- نتایج حاصل از حاصل ضرب  $W_j * C_{ij}$  برای هر خودرو

زیر معیارها	سمند	تیبا	پژو ۲۰۶	$W_j$	سمند	تیبا	$W_j * C_{ij}$	پژو ۲۰۶
۱	0.0283	۰,۰۲۶۵	۰,۰۲۸۳	۰,۰۲۳۶	۰,۰۰۶۶	۰,۰۰۶۲	۰,۰۰۶۶	
۲	0.0295	۰,۰۱۹۱	۰,۰۲۹۵	۰,۰۲۳۶	۰,۰۰۶۹	۰,۰۰۴۵	۰,۰۰۶۹	
۳	0.0283	۰,۰۲۲۸	۰,۰۲۸۳	۰,۰۲۳۶	۰,۰۰۶۶	۰,۰۰۵۴	۰,۰۰۶۶	
...	...	...	...	...	...	...	...	
۲۴	0.0402	۰,۰۰۳	۰,۰۴۰۲	۰,۰۸۶	۰,۰۲۴۶	۰,۰۲۵۸	۰,۰۲۴۶	
۲۵	0.0248	۰,۰۲۴۶	۰,۰۲۴۸	۰,۰۸۶	۰,۰۲۱۳	۰,۰۲۲۷	۰,۰۲۱۳	
۲۶	0.0248	۰,۰۲۶۵	۰,۰۲۴۸	۰,۰۸۶	۰,۰۲۱۳	۰,۰۲۲۸	۰,۰۲۱۳	

در مرحله بعد با ضرب کردن اعداد موجود در ستون آخر جدول فوق در ماتریس ادغام شده مربوط به وضعیت موجود هر خودرو امتیاز مربوط به سه خودرو به ترتیب محاسبه می شود که نتایج حاصل از ضرب این دو در جدول شماره ۵ آمده است.

جدول ۵- وضعیت موزون مربوط به خودروها

زیر معیارها	سمنند	تیبا	پژو ۲۰۶
۱	(0.0066,0.0133,0.0268)	(0.0063,0.0156,0.0282)	(0.0066,0.0165,0.02)
۲	(0.0069,0.0139,0.0277)	(0.0045,0.009,0.018)	(0.0069,0.0175,0.0314)
۳	(0.01,0.0166,0.03)	(0.0054,0.0108,0.0216)	(0.0066,0.02,0.0333)
...	...	...	...
۲۴	(0.069,0.0103,0.173)	(0.0258,0.0517,0.1024)	(0.0246,0.0519,0.1212)
۲۵	(0.021,0.021,0.074)	(0.0228,0.0569,0.1025)	(0.0223,0.0428,0.0854)
۲۶	(0.021,0.023,0.074)	(0.0227,0.0685,0.1141)	(0.0021,0.0747,0.1175)
جمع کل	(0.492,0.842,1.61)	(0.3847,0.9048,1.6744)	(0.4114,0.8924,1.663)

مجموع به دست آمده نشان دهنده امتیاز نهایی هر خودرو است که با استفاده از روش احتمال بزرگتری اعداد فازی، این سه عدد رتبه بندی شدند. احتمال بزرگتری اعداد در جدول شماره ۶ آمده است که در پایان با توجه به احتمال بزرگی هر کدام از اعداد، به صورت جدول شماره ۷ رتبه بندی می شوند.

جدول ۶- احتمال بزرگتری اعداد فازی سه خودرو

	$\alpha_1$	$\alpha_2$		
1	(0.492,0.842,1.618)	(0.384,0.904,1.674)	$m_2 \geq m_1$	1
		(0.411,0.892,1.663)	$m_2 \geq m_1$	1
	احتمال بزرگی			$\text{Min}(1,1)=1$
2	(0.411,0.892,1.663)	(0.384,0.904,1.674)	$m_2 \geq m_1$	1
		(0.492,0.842,1.618)		0.96
	احتمال بزرگی			$\text{Min}(1,0.96)=0.96$
3	(0.384,0.904,1.674)	(0.411,0.892,1.663)		0.99
		(0.492,0.842,1.618)		0.951
	احتمال بزرگی			$\text{Min}(0.99,0.951)=0.951$

جدول ۷- رتبه بندی خودروها

۱	(0.492,0.840,1.614)	پژو ۲۰۶
۲	(0.408,0.888,1.659)	تیبا
۳	(0.379,0.901,1.701)	سمنند

**۵- نتیجه گیری**

جهت سنجش وضعیت موجود سه نوع خودروی مورد بررسی شامل پژو ۲۰۶، تیبا و سمند با استفاده از روش ارائه شده، پرسش نامه ها بین خبرگان توزیع شده است. آرای آنها به صورت اعداد فازی در جدول شماره ۲ ارائه داده شده است و بعد از جمع آوری اطلاعات، شش ماتریس مقایسه زوجی فازی تشکیل شده و برای بررسی سازگاری ماتریس مقایسه های زوجی ارائه شده توسط خبرگان، با استفاده از روش میخایلوپ، نرخ سازگاری به دست آمده است و به علت اینکه  $2 \times 8$ ،  $4 \times 8$  و  $5 \times 8$  ناسازگاری ماتریس های متناظر را نشان می دهند؛ جهت برقراری سازگاری در این ماتریس ها از روش غضنفری و نوجوان استفاده شده است و با استفاده از این روش پارامترهای جدول شماره ۳ برای انجام تغییرات به دست آمد و با استفاده از روش میخایلوپ  $8$  ها مجدداً محاسبه شدند. ماتریس های مقایسه های زوجی ادغام شدند و با استفاده از داده های مربوط به آرای خبرگان، شاخص  $Cij$  محاسبه شد. در جدول شماره ۴،  $Cij$  نرمالایز شده و در  $Wi$  ها ضرب شد که اعداد بدست آمده نشان دهنده امتیاز نهایی هر خودرو است.

**۶- مراجع**

1. Bell, L.E. et al., 2008. Cooling, Heating, Generating Power, and Recovering Waste Heat with Thermoelectric Systems. Science 321, 1457– 1461.
۲. تکنولوژی پولساز، آینده ساز، مجله ترابران، شماره ۱۲، سال ۱۳۷۹
3. Bode, C. et al., 2017. "Numerical Flow Simulation of Heat Recuperation in The Exhaust Section of a Turbofan Engine," 53rd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, AIAA Propulsion and Energy Forum. Atlanta GA, USA.
4. Takeshi Takiyama, shigeyuki Morita, Engine-CVT consolidated control using LQI control theory, JSAE Review 20 (1999) 251-258.
5. Takeshi Takiyama, Engine-CVT consolidated control using decoupling control theory, JSAE Review 22 (2001) 9-14.
6. Qin Datong , Hu Jiajun ,Sun Dongy Modeling And Integrated Control For A Metal Pushing Belt Continuously Variable Transmission system, Chongqing China 400044.
7. Rolf Pfiffner and Lino Guzzella, Optimal Operation of CVT-Based Powertrain; International Journal of Robust and Nonlinear Control, 2001.
8. Torenbeek, E., 2010. Synthesis of Subsonic Airplane Design, in "Nuclear Graphite". Kuwer Academic Publishers Group, Delft University Press.