اولویت‌بندی استراتژی‌های تأثیرگذار بر صنعت حمل‌ونقل گازسوز با روش ترکیبی تصمیم‌گیری گروهی فازی

مقاله علمی – پژوهشی

حمزه امین طهماسبی*، استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی شرق، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
سیدجمال‌الدین رضوی‌نسب، دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی تولید و عملیات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بین‌المللی بندرانزلی، بندرانزلی، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amintahmasbi@guilan.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵- پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸
صفحه ۱۸۰-۱۶۷

چکیده

در سالیان اخیر سوخت گاز طبیعی فشرده، به‌عنوان بخشی از سوخت خودروها و جایگزین سوخت‌های بنزین و گازوئیل در سیاست‌های کلان کشور مطرح شد. این موضوع به دلایلی همچون وجود حجم بالای ذخایر گازی در کشور ایران، هزینه تولید کمتر گاز طبیعی نسبت به سوخت‌های بنزین یا گازوئیل، آلایندگی، مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی هوا در دستور کار مجلس و دولت قرار گرفت و زیرساخت‌های مناسب جهت آن ایجاد گردید؛ اما با توجه به افزایش میزان مصرف سوخت مایع و روند نامتناسب مصرف گاز طبیعی فشرده در خودروها، صنعت CNG در شرایط فعلی دچار چالش شده است. پژوهش حاضر باهدف بررسی و اولویت‌بندی استراتژی‌های تأثیرگذار صنعت CNG، ابتدا از طریق مصاحبه و دریافت نظرات خبرگان، به روش دلفی، گزینه‌ها و معیارهای مؤثر بررسی و انتخاب می‌شود. سپس به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن معیارها تعیین و به روش دیمتل فازی، رابطه بین معیارها مشخص می‌گردد. در انتها اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق روش آراس انجام می‌شود. بر اساس نتایج حاصل، معیارهای رفاه عمومی و اشتغال‌زایی مهم‌ترین معیارها و راهکار قیمت‌گذاری متناسب سوخت گاز در مقابل بنزین، بهترین گزینه برای تقویت صنعت CNG در بخش حمل‌ونقل می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: حمل‌ونقل، گاز طبیعی فشرده، تأمین و تولید سوخت، صنعت CNG

۱- مقدمه

بر اساس اعلام سازمان ملل متحد و امور اجتماعی، در حال حاضر حدود ٥٤ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند. انتظار می‌رود جمعیت جهان در آینده افزایش و نسبت جمعیت شهری نیز افزایش یابد (Nations, 2014). زیرساخت‌های حمل‌ونقل مناسب یکی از نیازهای فوری در اکثر شهرهای امروز است. تحقیقات در دهه‌های اخیر، نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در این بخش تأثیر مثبتی بر اقتصاد دارد (Flores et al, 2013). بنابراین، مدیریت و تصمیم‌گیری مناسب در حوزه تأمین سوخت برای سیستم حمل‌ونقل می‌تواند نقش مؤثری در رشد اقتصاد کشور ایفا نماید. مشکلات زیست‌محیطی آلودگی هوا، محدودیت، مشکلات و هزینه بالای تأمین و تولید سوخت مایع (بنزین و گازوئیل)، هزینه کمتر تهیه

گاز طبیعی نسبت به بنزین و گازوئیل و نیز منابع محدود نفت در کشورهای مختلف باعث شده است که تمایل به استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت خودروها در جهان افزایش یابد. استفاده از گاز طبیعی با به‌کارگیری در سیستم‌های کنترلی پیشرفته و تجهیزات مناسب در خودروها، آلاینده‌های متعارف، غیرمتعارف و میزان ذرات ریز خروجی از خودروها را تا حد زیاد کاهش می‌دهد (رضوی نسب، ۱۳۹۵). از جمله عوامل مهم در استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت جایگزین در ایران و سایر کشورها می‌توان به دستیابی به سوختی با آلودگی کمتر و ایجاد تنوع در سبد سوختی اشاره نمود، با توجه به وجود ذخایر فراوان گاز در ایران و سهولت استفاده از این سوخت و سایر مزایایی که نسب به فرآورده‌های نفتی دارد، اصولی‌ترین راه، جایگزینی گاز طبیعی، به‌جای سایر سوخت‌های مورداستفاده دستگاه‌ها و سیستم‌هاست (علوی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ اما در کشور ما علاوه بر عوامل مذکور، مهم‌ترین عاملی که رو آوردن به این سوخت را اجتناب‌ناپذیر نموده است، مزیت اقتصادی بسیار زیاد استفاده از گاز طبیعی به‌جای بنزین در مقایسه با سایر کشورها است. با توجه افزایش میزان مصرف سوخت مایع به‌ویژه بنزین و روند نامتناسب مصرف گاز طبیعی فشرده (CNG)[1] در خودروها در سال‌های اخیر، به نظر می‌رسد صنعت CNG در شرایط فعلی دچار چالش شده که در آینده موجب بحران خواهد شد. در دوران فعلی توسعه پایدار، برنامه‌ریزی انرژی به دلیل دخالت چندین معیار از قبیل فنی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیست پیچیده شده است. این به‌نوبه خود محدودیت‌های بزرگی برای تصمیم‌گیران برای بهینه‌سازی جایگزین‌های انرژی به‌طور مستقل و گسسته است. علاوه بر این، محدودیت‌های توپوگرافی در مورد سیستم‌های انرژی تجدید پذیر که عمدتاً در طبیعت توزیع می‌شوند، برنامه‌ریزی انرژی پیچیده‌تر می‌شود. در چنین مواردی، تحلیل تصمیم‌گیری نقش مهمی در طراحی چنین سیستمی با توجه به معیارها و اهداف مختلف دارد. تصمیم‌گیری چند معیار (MCDM)[2] شاخه‌ای از تحقیقات عملیاتی است که با یافتن نتایج بهینه در سناریوهای پیچیده ازجمله شاخص‌های مختلف، اهداف و معیارهای متضاد است. این ابزار در زمینه برنامه‌ریزی انرژی به دلیل انعطاف‌پذیری که به تصمیم‌گیرندگان برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود درحالی‌که تمامی اهداف و اهداف را به‌طور هم‌زمان در اختیار دارد، محبوب می‌شود (Kumar et al, 2017). لذا پژوهش حاضر سعی دارد به‌منظور شناسایی و انتخاب گزینه‌های مؤثر با معیارهای مشخص‌شده با روش ترکیبی تصمیم‌گیری گروهی فازی ابتدا از طریق مصاحبه و دریافت نظرات خبرگان و به روش دلفی[3]، گزینه‌ها و معیارهای مؤثر را شناسایی نماید. سپس به روش سلسله مراتبی فازی[4] وزن معیارها را تعیین و به روش دیمتل فازی[5]، رابطه بین معیارها را تعیین کند. در انتها اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق روش آراس[6] مشخص نماید. اهمیت و ضرورت روش‌های تصمیم‌گیری به این منظور است که گاه در برخی برنامه‌ریزی‌های غلط، مسائل کم‌اهمیت‌تر در اولویت قرار می‌گیرند که متأسفانه برخی اوقات بسیار هم نیروبر هستند و انرژی بیشتری را صرف می‌کنند، به‌این‌ترتیب فرد نیروی مفید خود را در فعالیت‌های کم‌اهمیت‌تر از دست می‌دهد و برای کارهای مهم و بااهمیت نیروی کافی نخواهد داشت. لذا، با توجه به اینکه مشخص شدن اهمیت شاخص‌ها، تصمیم‌گیری را ساده‌تر می‌سازد و موجب جلوگیری از اتلاف انرژی، بروز استرس حذف فعالیت‌های غیرمفید می‌شود، استفاده از اکثر توانایی‌های سازمان‌ها را نیز امکان‌پذیر می‌سازد.

۲- پیشینه تحقیق

توجه به آینده و آنچه در پیش است همیشه موردتوجه بشریت بوده و همواره تلاش برای پیش‌بینی آینده توسط انسان‌ها صورت گرفته است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶). در دهه‌های اخیر، محققان به مدل‌های چندمعیاره برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده توجه کافی داشته‌اند. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل یک‌سری از تکنیک‌ها از تحلیل‌های همگرایی است که اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث، امتیازدهی و وزن دهی شده و سپس به‌وسیلهٔ کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی شوند. تصمیم‌گیری چندمعیاره، بر یک فرآیند ارزش‌گذاری به گزینه‌هایی که به‌وسیله چند معیار ارزیابی‌شده‌اند دلالت دارد (صیدی و همکاران، ۱۳۹۷). در یک محیط تجاری، ارزیابی «بهترین» پروژه می‌تواند توسط یک کمیته تصمیم‌گیری، به‌جای یک واحد تصمیم‌گیرنده (DM)[7] انجام شود. در چنین شرایطی،MCDM می‌تواند دریافتن راه‌حل مناسب از مجموعه‌ای از گزینه‌ها کمک کند و مشکلات پیچیده‌ای را که شامل عدم اطمینان، اهداف متناقض، اشکال مختلف اطلاعات،

منافع چندگانه و دیدگاه‌های مختلف است را اصلاح نماید (Büyüközkan & Karabulut, 2017). در بسیاری از شرایط عملی، اطلاعاتی وجود دارد که ناقص و نامشخص است، به‌طوری‌که تصمیم‌گیرندگان نمی‌توانند به‌راحتی قضاوت‌های خود را بر روی گزینه‌ها با ارزش‌های دقیق و واضح بیان کنند. به‌علاوه بسیاری از مشکلات پیچیده زندگی واقعی وجود دارد که باید دامنه وسیعی از دانش را شامل شوند؛ بنابراین، مجموعه‌های فازی به‌طورکلی توصیف کافی برای مدل‌سازی تصمیمات واقعی زندگی را از اعداد واقعی ارائه می‌دهند (Wei & Zhao, 2013) به همین دلیل، مجموعه‌های فازی بافاصله از حد به ما اجازه می‌دهند تا تصویر بهتری را از ابهام و عدم اطمینان محیطی به دست آوریم (Zavadskas et al, 2014).

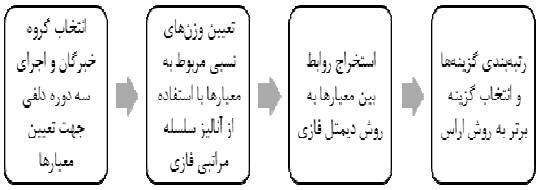
در تئوری فازی برخلاف روش‌های سنتی، مرزهای مجموعه‌ها صریح و شفاف نبوده و پایه قضاوت‌ها، واژه‌هایی نظیر کم یا بیش است؛ به‌عبارت‌دیگر سیستم‌های فازی بر پایه مدل‌سازی و استدلال تقریبی بناشده که منطبق با طبیعت و سرشت سیستم‌های انسانی (سازمان‌ها) است. در این نوع استدلال، حالت‌های صفر و یک تنها مرزهای استدلال را بیان می‌کنند. در روش فازی نارسائی‌ها و محدودیت‌های روش‌های تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره کلاسیک (صفر و یک) سبب به وجود آمدن روش فازی شده است، منطق فازی یک جهان‌بینی جدید است که با نیازهای دنیای پیچیده امروزی بسیار سازگار است و جهان را آن‌طور که هست به تصویر می‌کشد (آذر و فرجی، ۱۳۹۵). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی یکی از پرطرفدارترین روش‌هایی است که توسط محققان در پژوهش‌های تخصصی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Kahraman et al, 2015). اگرچه مطالعاتی در خصوص صنعت CNG با موضوعاتی نظیر بهبود استفاده از سوخت CNG در بخش حمل‌ونقل با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک (امین طهماسبی و رضوی نسب، ۱۳۹۸)، تحلیل عوامل مؤثر در توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به‌جای بنزین در سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای ایران با استفاده از مدل پویایی سیستم‌ها (امین طهماسبی و رضوی نسب، ۱۳۹۹)، بررسی تطبیقی چالش‌های استفاده از CNG به‌عنوان سوخت جایگزین در بخش حمل‌ونقل با نتایج حاصل از نظرسنجی (کاظمی‌زاده و پارسافر، ۱۳۹۱) و سیاست‌های توسعه‌ای حمل‌ونقل گازسوز (CNG) در سایر کشورها (میرفتاح، ۱۳۸۹) انجام‌شده است، لیکن ادبیات موجود اطلاعاتی از کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در موضوع پژوهش یعنی به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در حوزه صنعت CNG در حمل‌ونقل ارائه نمی‌دهد؛ ازاین‌رو مقالات مرتبط با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ترکیبی فازی در این بخش مرور می‌شود.

فروهید و تقوی (۱۳۹۹) گزینه‌های حمل ونقل همگانی از لحاظ توسعه پایدار شهری و انتخاب گزینه مناسب‌تر را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی بررسی نموده‌اند، در سال ۲۰۱۶ مقاله‌ای با عنوان روش‌های تصمیم‌گیری چندگانه ترکیبی با موضوع بررسی برنامه‌های کاربردی برای مسائل مربوط به پایداری نگارش گردید که در آن بیان می‌نماید روش‌های تصمیم‌گیری رسمی می‌تواند برای کمک به بهبود پایداری کلی صنایع و سازمان‌ها مورداستفاده قرار گیرد. اخیراً، با استفاده از تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، معیارهای پایداری باهم ترکیب‌شده‌اند. تعدادی از مقالات بررسی‌شده که این تکنیک‌ها را خلاصه کرده‌اند منتشرشده است. در طی چند سال گذشته، رویکردهای جدید برای روش‌های ترکیبی MCDM(HMCDM)[۸] توسعه‌یافته است (Zavadskas et al, 2016). در پژوهش بررسی روابط ساختاری محرک‌ها و مشوق‌های تولید پایدار، عواملی بررسی‌شده که شرکت‌ها را تشویق، ترغیب یا مجبور می‌کنند فرایندهای تولید را تغییر دهند به‌گونه‌ای که تبعات زیست‌محیطی و اجتماعی آن‌ها به حداقل برسد، اما برای شرکت‌ها صرفه اقتصادی نیز داشته باشد. تأکید این تحقیق بر روابط میان این محرک‌ها و تأثیرگذاری متقابل بر یکدیگر است (اسلم حسین‌بر و همکاران ۱۳۹۶). در پژوهش دیگر از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP فازی برای رتبه‌بندی مناطق تهران برای افزودن سرویس‌های اورژانس جدید، استفاده‌شده است (ابراهیمی و میرزایی، ۱۳۹۴). روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری گروهی دلفی، AHP و DEMATEL برای پژوهشی باهدف ساخت مدل تصمیم‌گیری تدارکات سرمایه برای بهینه‌سازی انتخاب تأمین‌کننده، مورداستفاده قرارگرفته است (Kumar et al, 2018) همچنین از تکنیک تلفیقی دلفی و دیمتل در مقاله‌ای با عنوان شناسایی عوامل مؤثر بر خصوصی‌سازی صنایع پالایش گاز ایران بهره گرفته‌شده است (میرزامحمدی و همکاران، ۱۳۹۳). در مقاله‌ای با عنوان انتخاب تأمین‌کننده سبز (پایدار)

در سال ۲۰۱۵ از روش AHP فازی برای تعیین وزن معیارهای مدنظر و از روش ARAS فازی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده‌شده است (Mavi, 2015). در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۱۶ روش‌های AHP فازی و ARAS فازی برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده بکار گرفته‌شده است (Liao et al, 2016). در سال ۲۰۱۶ از یک مدل ترکیبی MCDM برای ارزیابی و انتخاب تجهیزات نوار نقاله از روش AHP فازی برای تعیین وزن معیارها و برای انتخاب گزینه از روش ARAS فازی استفاده‌شده است (Nguyen et al, 2016). برای حل مسئله واقعی مورداستفاده در ارزیابی پروژه‌های حفاری چاه نفت و گاز در یک مطالعه موردی، از یک رویکرد جدید برای ارزیابی پروژه‌ها با استفاده از ارزیابی نسبت از روش ARAS فازی استفاده‌شده است (Dahooie et al, 2018). در مقاله‌ای با عنوان گسترش روش‌شناسی ARAS تحت فواصل محاسباتی فازی برای سیستم دیجیتال زنجیره تأمین (DSC)[9]، فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) و ارزیابی نسبت افزودنی (ARAS) با رویکرد یک تصمیم‌گیری گروهی (GDM)[10] استفاده‌شده است (Büyüközkan & Göçer, 2018). تجزیه‌وتحلیل چندمعیاره از فن‌آوری‌های تولید برق در شهر لیتوانی مقاله دیگری است که از روش ترکیبی AHP و ARAS حل‌شده است. با در نظر گرفتن تأثیر محیط، مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی برای فن‌آوری‌های تولید برق گردآوری شد. تجزیه‌وتحلیل معیارهای کیفی و کمی کمک کرد تا تکنولوژی‌های تولید برق را با توجه به جنبه‌های اجتماعی و سیاسی اقتصادی، تکنولوژیکی، زیست‌محیطی آن‌ها رتبه‌بندی کند و آن‌ها را به ترتیب اولویت‌بندی قرار دهند (Štreimikienė et al, 2016). در یک مطالعه موردی، برای مواد خام و بسته‌بندی صنایع غذایی با عنوان تعریف معیارها و رویکردهای انتخاب سبز، جمع‌آوری معیارهای و تعیین وزن آن‌ها توسط یک گروه متخصص با استفاده از روش دلفی و روش تحلیلی سلسله مراتبی انجام‌شده است (Banaeian et al, 2015). از روش ترکیبی تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) برای وزن معیارها و از روش ARAS برای ارزیابی نسبت افزودنی در مقاله‌ای با موضوع سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره برای ارزیابی/صدور گواهینامه پایدار ساختمان استفاده‌شده است (Zare et al, 2016). در سال ۲۰۱۴ تحقیقی در خصوص ارزیابی گزینه‌های اولویت برای حفظ ساختمان‌های تاریخی با استفاده از مدل مبتنی بر روش ARAS و AHP برای وضعیت برخی از ساختمان‌های واقع در مرکز شهر ویلنیوس (پایتخت کشور لیتوانی) مورد بررسی قرار گرفت که بر اساس آن می‌توان چنین ساختمان‌هایی را با توجه به شرایط باستان‌شناسی، تاریخی، معماری، اقتصادی، اجتماعی و استدلال‌های دیگر شناسایی و تصمیمات موردنیاز را اتخاذ نمود، به این دلیل که هر نتیجه‌گیری شتاب‌زده معمولاً اشتباهاتی را به دنبال دارد که نیاز به کار و بودجه اضافی خواهد داشت (Kutut et al, 2014).

۳- روش تحقیق

مطالعه حاضر یک پژوهش کیفی و از نوع کاربردی است. جامعه خبرگان پژوهش، شامل کارشناسان حرفه‌ای و اجرایی در مدیریت طرح CNG، مدیران، کارشناسان و متخصصان شرکت‌های تولید تجهیزات CNG می‌باشد. ساختار و روش اجرای تحقیق در نمودار شکل ۱ نشان داده‌شده است.



شکل ۱. ساختار و روش اجرای تحقیق

جهت تعیین معیارها و روش‌های تقویت صنعت CNG با توجه به اینکه مطالعه این موضوع سابقه قبلی نداشته و معیارهای از پیش تعیین‌شده، وجود نداشت، از روش دلفی استفاده شد. روش دلفی فرآیندی است که برای جمع‌آوری داده‌ها از متخصصان و ایجاد اجماع میان قضاوت‌های آن‌ها به کار می‌رود.

این فرآیند با استفاده از مجموعه‌ای از روش‌ها برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها در ترکیب با بازخورد نتایج به متخصصان صورت می‌پذیرد. استفاده از روش دلفی به‌عنوان روش تحقیق زمانی مناسب است که دانش یکپارچه‌ای درباره یک موضوع یا مسئله‌ای وجود نداشته باشد. در مطالعه دلفی که شرکت‌کنندگان همگن باشند، تعداد ۱۰ تا ۱۵ نمونه کافی خواهد بود (Tabrizi & Gharibi, 2013). پس از مشخص شدن معیارها با استفاده از روش دلفی، تعیین وزن معیارهای موردنظر با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی صورت می‌گیرد.

روش سلسله مراتبی فازی

در محیط تصمیم‌گیری AHP، اطلاعات ورودی و هم‌چنین رابطه بین معیارها و شاخص‌ها نامشخص و مبهم است و قضاوت‌های فرد خبره به‌صورت اعداد قطعی بیان می‌شود ولی در برخی از مقایسات زوجی نمی‌توان این مقایسه را به‌صورت یک عدد قطعی بیان نمود. در بیش‌تر مواقع فرد تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند گزینه‌های مختلف را با در نظر گرفتن معیار مشخصی، به‌طور دقیق امتیازدهی کند. جهت رفع معایب AHP، محققین اصول منطق فازی را که توانایی مقابله با مشکل ابهام و گنگ بودن فرآیند مقایسه دوتایی را داشتند، مورد استفاده قراردادند. محققین بیان نمودند با الحاق AHP و فازی، می‌توان مشکل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را برطرف نمود. استفاده از تئوری فازی این امکان را به فرد تصمیم‌گیرنده می‌دهد که علی‌رغم اطلاعات ناقص، اطلاعاتی که قابل‌دسترسی نیستند و به‌صورت کیفی بیان می‌شوند و هم‌چنین معیارهایی که قابل‌سنجش با یکدیگر نیستند، بتواند تصمیم‌گیری کند. ازآنجاکه این روش سازگاری زیادی با نحوه تفکر و فرآیندهای ذهنی انسان دارد و نیز الگوریتم آن بر اساس یک منطق ریاضی بناشده است، از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد و امروزه به‌عنوان یک روش نوین در تصمیم‌گیری مطرح است. مراحل تعیین وزن معیارها با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی به شرح زیر است:

گام اول: تعیین عبارت‌های کلامی جهت مقایسه‌های زوجی معیارهای موردنظر و استفاده از اعداد فازی مثلثی برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از جدول شماره ۱.

جدول ۱. تعریف اعداد فازی

تعریف	مقیاس فازی مثلثی	معکوس اعداد
اهمیت خیلی قوی	٤،٥،٦	۰/۲۵، ۰/۲، ۰/۱۷
اهمیت قوی	۳،٤،٥	۰/۳۳، ۰/۲۵، ۰/۲
اهمیت متوسط	۲،۳،٤	۰/۵، ۰/۳۳، ۰/۲۵
اهمیت ضعیف	۱،۲،۳	۱، ۰/۵، ۰/۳۳
اهمیت یکسان	۱،۱،۱	۱، ۱، ۱

گام دوم: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی بر اساس نظر خبرگان با به‌کارگیری اعداد فازی جدول ۱.

گام سوم: محاسبه ماتریس S برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی و امتیاز طرح‌های چیدمان (Si) هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی از رابطه شماره ۱ استفاده می‌شود.

$$Si = \sum_{j=1}^{n} M * \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{ij}\right]^{-1} \qquad (۱)$$

گام چهارم: برای محاسبه بزرگی Siها نسبت به یکدیگر اگر $S_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $S_2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشد، درجه بزرگی S_1 نسبت به S_2 به‌صورت رابطه شماره ۲ تعریف می‌شود.

$$V(S2 \geq S1) = hgt(S1 \cap S2) = \mu_{S_2}(d) =$$

$$\begin{cases} 1 \text{ if } m2 \geq m1 \\ 0 \text{ if } l1 \geq u2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \quad \text{ise} \end{cases} \qquad (۲)$$

گام پنجم: در این مرحله محاسبه وزن نرمال معیارها به دست می‌آید.

روش دیمتل فازی

اساس مدل دیمتل بر پایه مقایسه‌های زوجی بوده که با بهره‌گیری از نظرات خبرگان در استخراج عوامل، ساختاردهی سیستماتیک به آن‌ها و با به‌کارگیری اصول تئوری گراف‌ها، ساختاردهی سلسله مراتبی عوامل موجود همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر مذکور را فراهم می‌آورد، به‌گونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور به‌صورت کمی مشخص است. گام‌های لازم در مدل دیمتل مورداستفاده در این پژوهش، مبتنی بر روش ارایه‌شده توسط چانگ و همکاران (Chang et al, 2011) است. پس از جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه، کاهش خطای حاصل از برآوردهای انسانی تخمین زده‌شده و ترجیحات تصمیم‌گیرندگان در داده‌های موجود، از اعداد فازی و مدل دیمتل فازی بر اساس گام‌های زیر استفاده می‌شود.

مرحله اول: تشکیل ماتریس روابط مستقیم: با استناد به ماتریس‌های پاسخ‌گویی در دامنه صفر تا ٤ است. هر چه درایه‌ای به ٤ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تأثیر شدیدتر معیار در سطر بر معیار متناظر در ستون است.

مرحله دوم: طراحی مقیاس‌های زبانی فازی (تبدیل عبارت‌های کلامی به اعداد فازی): برای سنجش میزان تأثیر عوامل روی یکدیگر در هر یک از ماتریس‌های پاسخ‌گویی پاسخ‌دهندگان (ماتریس‌های T در گام اول)، از یک مقیاس پنج سطحی با مقادیر عددی و عبارات کلامی، معادل هر مقدار

استفاده گردید که این سطوح و اعداد فازی مثلثی متناظر با آن بر اساس جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۲. مقیاس‌های زبانی فازی

عدد فازی	متغیر زبانی	ارزش زبانی یا فازی
۱	بدون تأثیر (No)	۰، ۰، ۰/۲۵
۲	تأثیر خیلی کم (VL)	۰، ۰/۲۵، ۰/۵
۳	تأثیر کم (L)	۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵
٤	تأثیر زیاد (H)	۰/۵، ۰/۷۵، ۱
۵	تأثیر خیلی زیاد (VH)	۰/۷۵، ۱، ۱

مرحله سوم: کسب نظرات خبرگان و میانگین گرفتن از آن‌ها: پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان در خصوص میزان تأثیرگذاری عوامل بر یکدیگر ماتریس ارتباطات مستقیم مطابق رابطه ۳ شکل می‌گیرد.

$$\tilde{X}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (۳)$$

سپس ماتریس میانگین برای تجمیع نظرهای خبرگان با استفاده از رابطه (٤) محاسبه می‌گردد، که در آن p تعداد خبره، $\tilde{x}^1$ ماتریس مقایسه زوجی خبره اول، $\tilde{x}^2$ ماتریس مقایسه زوجی خبره دوم، $\tilde{x}^p$ ماتریس مقایسه زوجی خبره pام، $\tilde{Z}_{ij} = (\tilde{l}_{ij}, \tilde{m}_{ij}, \tilde{u}_{ij})$ عدد فازی مثلثی می‌باشد.

$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{x}^1 + \tilde{x}^2 + \cdots + \tilde{x}^p}{p} \quad (۴)$$

مرحله چهارم: تشکیل ماتریس نرمال شده روابط: در این مرحله جدول استخراج‌شده از مرحله ۳ را از رابطه ۵ نرمالایز می‌کنیم. r مجموع کران بالاهای اعداد فازی و از رابطه ٤ به دست می‌آید.

$$\tilde{R}_{ij} = \frac{\tilde{Z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r}\right) = (l'', m'', u'') \quad (۵)$$

$$r = max_{1 \le i \le n}\left(\sum_{j=1}^{m} u_{ij}\right) \quad (۶)$$

مرحله پنجم: محاسبه ماتریس روابط کل فازی: ماتریس روابط کل با استفاده از رابطه ۷ به دست می‌آید. برای این منظور برای کران‌های اعداد فازی به ترتیب از روابط ۸ و ۹ و ۱۰ استفاده و ماتریس یکه I هر درایه T عدد فازی به‌صورت $\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^t, m_{ij}^t, u_{ij}^t)$ خواهد بود.

$$T = \lim_{k \to \infty}(\tilde{H}^1 + \tilde{H}^2 + \cdots + \tilde{H}^k) \quad (۷)$$

$$\left[l_{ij}^t\right] = H_l \times (I - H_l)^{-1} \quad (۸)$$

$$\left[m_{ij}^t\right] = H_m \times (I - H_m)^{-1} \quad (۹)$$

$$\left[u_{ij}^t\right] = H_u \times (I - H_u)^{-1} \quad (۱۰)$$

مرحله ششم: دی‌فازی کردن جدول T: برای تبدیل اعداد فازی به‌دست‌آمده از جدول مرحله قبل به اعداد صحیح از رابطه شماره ۱۱ استفاده می‌شود. در این مطالعه، دی‌فازی کردن داده‌های فازی با استفاده از روش CFCS[11] بر اساس مطالعه چانگ و همکاران (۲۰۱۱)، انجام‌شده است.

$$B = \frac{(a_1 + a_2 + 2 \times a_2)}{4} \quad (۱۱)$$

مرحله هفتم: نمودار علت و معلولی: برای این منظور ابتدا مجموع سطرها (R) از رابطه ۱۲ و ستون‌ها (D) از رابطه ۱۳ برای جدول مرحله قبل محاسبه و ارزش آستانه آن نیز تعیین می‌گردد. سپس جدول رابطه علت و معلولی تشکیل‌شده و نمودار علت و معلولی باهدف تجسم‌سازی عینی ترسیم می‌گردد.

$$\tilde{D} = (\tilde{D}_i)_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^{n} \tilde{T}_{ij}\right]_{n \times 1} \quad (۱۲)$$

$$\tilde{R} = (\tilde{R}_i)_{1 \times n} = \left[\sum_{j=1}^{n} \tilde{T}_{ij}\right]_{1 \times n} \quad (۱۳)$$

مرحله هشتم: محاسبه اهمیت شاخص‌ها و رابطه بین معیارها: در این مرحله، مقدار تأثیرگذاری و اثرپذیری (D+R) و (D-R) ترسیم می‌شود (Jassbi et al, 2011).

مرحله نهم: رسم نمودار: بر اساس مختصات به‌دست‌آمده نمودار ترسیم می‌گردد که در آن محور Xها نشان‌دهنده D+R و محور Yها بیانگر D-R است. مقادیر D+R، اهمیت هر عامل را نشان می‌دهد و هر چه عامل مقادیر بالاتری از این مقدار به خود اختصاص دهد، از اهمیت بالاتری نیز برخوردار خواهد بود (Hsu et al, 2011).

مراحل روش آراس

روش آراس توسط زاوادسکاس و ترسکیس در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای تحت عنوان "یک روش جدید ارزیابی نرخ افزایشی در تصمیم‌گیری چندمعیاره" ارایه‌شده است (Zavadskasa & Turskisb و ۲۰۱۰). روش ARAS به‌عنوان یک ابزار نسبتاً جدید برای MCDM، اخیراً موردتوجه قرارگرفته است، بااین‌حال بر اساس نظریه‌ای است که پدیده‌های پیچیده جهان را

می‌توان از طریق مقایسه‌های نسبی ساده با دقت درک کرد (Tupenaite et al, 2010 & Zavadskas et al, 2010). مسائل MCDM معمولی برای رتبه‌بندی تعداد محدودی از گزینه‌های تصمیم که هرکدام از آن‌ها باید به‌صورت هم‌زمان بر اساس معیارهای متفاوت سنجیده شوند، بکار گرفته می‌شوند. روش آراس، ارزش تابع مطلوبیت، یک گزینه شدنی را بر اساس مقادیر نسبی ارزش‌ها و اوزان شاخص‌های در نظر گرفته‌شده در یک مسئله تعیین می‌کند. مراحل اجرایی رتبه‌بندی به این روش به‌صورت زیر است:

قدم اول: تشکیل ماتریس تصمیم به‌صورت ماتریس زیر که در آن mتعداد گزینه‌ها و n تعداد معیارها را نشان می‌دهد.

$$X=\begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; i=0,\dots,m; j=1,\dots,n$$

در ماتریس فوق درایه x_{ij} بیانگر ارزش گزینه jام در معیار i ام و درایه x_{oj} مقدار بهینه هر معیار است که به‌صورت رابطه ۱۴ تعریف می‌شود.

$$X_j=\max x_{ij}, if\ \max x_{ij}\ is\ preferable \\ X_j=\min x^*_{ij}, if\ \min x^*_{ij}\ is\ preferable \quad (۱۴)$$

قدم دوم: نرمال کردن ماتریس تصمیم با استفاده از روابط ۱۵ و ۱۶ برای معیارهای افزایشی و کاهشی.

$$\bar{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} x_{ij}} \quad (۱۵)$$

$$x_{ij}=\frac{1}{x^*_{ij}}; \bar{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} x_{ij}} \quad (۱۶)$$

قدم سوم: تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون با استفاده از رابطه ۱۷ که در آن w_j وزن یا اهمیت معیار jام است.

$$\ddot{X}_{ij}=X_{ij}W_j; i=0,\dots,m \quad (۱۷)$$

قدم چهارم: تعیین ارزش تابع بهینگی هر یک از گزینه‌ها با استفاده از رابطه ۱۸

$$S_i=\sum_{j=1}^{n} \ddot{X}_{ij}; i=0,\dots,m \quad (۱۸)$$

قدم پنجم: محاسبه درجه مطلوبیت هر گزینه با استفاده از رابطه ۱۹

$$K_i=\frac{S_i}{S_0}; i=0,\dots,m \quad (۱۹)$$

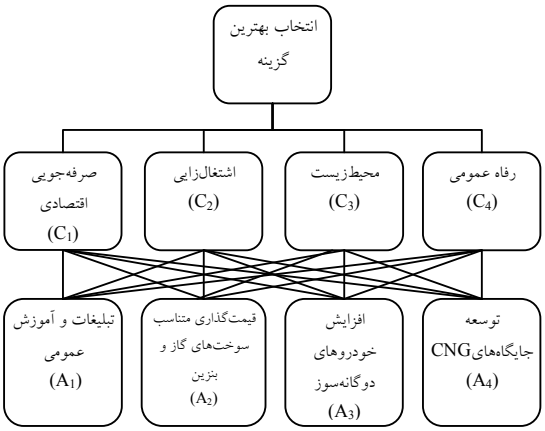
رابطه ۱۹ به‌صورت واضح نشان می‌دهد که مقدار Ki در بازه [۰،۱] قرار دارد، گزینه‌ای که بیشترین مقدار درجه مطلوبیت را دارد بهترین گزینه و آنکه کمترین مقدار را دارد بدترین گزینه محسوب می‌شود.

٤- یافته‌های پژوهش

در مرحله اول این مطالعه، گروه اجرا و نظارت متشکل از اساتید راهنما و مشاور تشکیل شد و اهداف مطالعه موردبررسی و بازبینی مجدد قرار گرفت. صاحب‌نظران این پژوهش که درواقع اعضای پانل خبرگان مطالعه دلفی را تشکیل می‌دادند شامل اعضای محترم کارشناسان حرفه‌ای و اجرایی در مدیریت طرح CNG شرکت پخش فرآورده‌های نفتی ایران، مدیران، کارشناسان و متخصصان شرکت‌های تولید تجهیزات CNG هستند. بر اساس میزان تجربه بالای ۱۰ سال و تحصیلات فوق‌لیسانس و بالاتر، درمجموع ۱۵ نفر از آنان به‌عنوان خبره در این مطالعه انتخاب شدند. ابتدا پرسشنامه با قالب سؤال باز در راستای این مطالعه طراحی گردید، در مرحله بعد پرسشنامه برای پنج نفر از متخصصان و صاحب‌نظران ارسال گردید تا نسبت به پایایی آن اطمینان حاصل شود. در طی جلسه با ایشان، تعدادی از معیارها که باهم همپوشانی داشته و ازنظر مفهوم یکسان بود، در یکدیگر ادغام شد. روایی پرسشنامه نیز با استفاده از آلفای کرونباخ ۰،۷۸ محاسبه گردید که موردقبول است. سپس پرسش‌نامه برای ۱۵ نفر خبرگان ارسال گردید. سپس پاسخ‌های مرحله اول در خصوص راهکارها و معیارها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و معیارها و راهکارهای مشترک استخراج و امتیازبندی شدند. در ضمن دیگر معیارهای دارای امتیاز کم‌تر هم مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج مجدداً در اختیار افراد قرار گرفت و در پایان سه مرحله انجام دلفی، معیارها و راهکارهایی با بیش‌ترین امتیاز استخراج و موردتوافق اعضا قرار گرفت. در نهایت چهار راهکار راهبردی (استراتژی) تبلیغات و آموزش عمومی، قیمت‌گذاری متناسب سوخت‌های گاز و بنزین، افزایش خودروهای دوگانه‌سوز و توسعه جایگاه‌های CNG، با در نظر گرفتن معیارهای صرفه‌جویی اقتصادی، محیط‌زیست، اشتغال‌زایی و رفاه عمومی در نظر گرفته شد. سپس پرسش‌نامه AHP طراحی‌شده و برای خبرگان ارسال شد تا مقایسه زوجی بین معیارها انجام شود و در نهایت وزن هر یک از معیارها با استفاده از مدل سلسله مراتبی فازی تعیین گردد.

نتایج روش سلسله مراتبی فازی

بر اساس نتایج حاصل از روش دلفی درخت تصمیم به‌صورت شکل شماره ۲ تشکیل گردید.



شکل ۱. ساختار درخت تصمیم

نمونه تکمیل‌شده نظر یکی از خبرگان برای معیارها در جدول ۳ و نتیجه کلی وزن‌دهی در جدول ٤ نشان داده شده است.

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی فازی شاخص‌ها

	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	۱، ۱، ۱	۱، ۲، ۳	۳، ٤، ٥	۰/۲٥، ۰/۳۳، ۰/٥
C_2	۰/۳۳، ۰/٥، ۱	۱، ۱، ۱	۳، ٤، ٥	۰/۲٥، ۰/۲، ۰/۱۷
C_3	۰/۲، ۰/۲٥، ۰/۳۳	۰/۲، ۰/۲٥، ۰/۳۳	۱، ۱، ۱	۰/۲٥، ۰/۲، ۰/۱۷
C_4	۲، ۳، ٤	٤، ٥، ٦	٤، ٥، ٦	۱، ۱، ۱

جدول ٤. محاسبه بردار وزن و وزن نرمال

	C_1	C_2	C_3	C_4
بردار وزن W'	۰/۰٥۳	۰/۷۳٦	۰/۲٦۸	۱
W نرمال	۰/۰۲٦	۰/۳٥۸	۰/۱۳۰	۰/٤۸٦

همان‌طور که در جدول ٤ مشخص است، معیار C4 (رفاه عمومی) از وزن بیشتری نسبت به سایر معیارها برخوردار است.

نتایج روش دیمتل فازی

پس از تعیین سلسله‌مراتب شاخص‌ها، از هر سطر و ستون میانگین‌گیری شد و اعداد زیر میانگین حذف شدند. در ماتریس شدت نسبی روابط مستقیم و غیرمستقیم (S) جمع سطری درایه‌ها (D) و جمع ستونی درایه‌ها (R) و مجموع (D+R) و تفاضل (D-R) محاسبه شدند. D برای هر شاخص، شدت تأثیرگذاری آن شاخص بر سایر شاخص‌هاست و R برای هر شاخص، میزان تأثیرپذیری آن شاخص از سایر شاخص‌هاست. ترتیب شاخص‌ها ازنظر مقدار R سلسله‌مراتب شاخص‌های تأثیرگذار را نشان می‌دهد و ترتیب شاخص‌ها از نظر مقدار R سلسله‌مراتب شاخص‌های تأثیرپذیر را بیان می‌کند.

در جدول ٥ جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است، بر این اساس عوامل رفاه عمومی از بیشترین تأثیرگذاری بر سایر عوامل برخوردار است .عوامل محیط‌زیست و عوامل صرفه‌جویی اقتصادی نیز تأثیرگذاری مشابهی داشته و در درجات بعدی تأثیرگذاری قرار دارند. عوامل اشتغال‌زایی نیز کمترین تأثیرگذاری را بر سایر عناصر دارد.

جمع عناصر ستون (R)، برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. بر این اساس عوامل صرفه‌جویی اقتصادی از میزان تأثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است. عوامل رفاه عمومی نیز کمترین تأثیرپذیری را از سایر معیارها دارد.

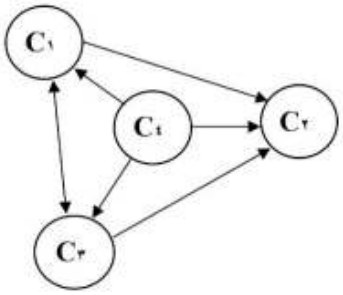
بردار افقی (D + R) میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم است؛ به‌عبارت‌دیگر هرچه مقدار، D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. بر این اساس عوامل اجتماعی و عوامل محیط‌زیست بیشترین تعامل را با سایر مؤلف‌های مورد مطالعه دارند. عوامل اشتغال‌زایی از کمترین تعامل با سایر متغیرها برخوردار است.

بردار عمودی (D - R) قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طورکلی اگر D – R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این مدل عوامل رفاه عمومی متغیر علی بوده و عوامل محیط‌زیست، اشتغال‌زایی و صرفه‌جویی اقتصادی معلول هستند.

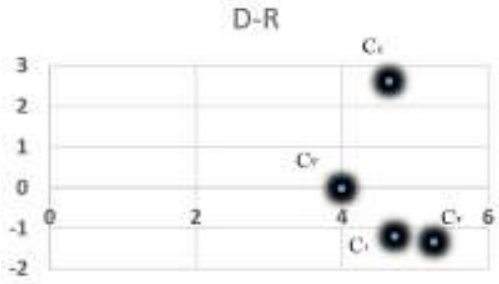
جدول ٥. الگوی روابط علی معیارها

	D	R	D+R	D-R
C_1	۱/۷٦٤٥	۲/۹۷۲۳	٤/۷۳٦۹	-۱/۲۰۷۸
C_2	۱/۲٦۹۸	۲/٦۳٥۱	٥/۲۷٤٤	-۱/۳٦٥۳
C_3	۱/۹۸۷۳	۲/۰۱۷۲	٤/۰۰٤٦	-۰/۰۲۹۹
C_4	۳/٦۲٤۷	۱/۰۲۱٦	٤/٦٤٦۳	۲/٦۰۳۰

بر اساس محاسبات روش دیمتل فازی دیاگرام روابط علی که برحسب مقادیر قطعی دو بردار اهمیت و رابطه ترسیم می‌شود در اشکال ۳ و ٤ نشان داده‌شده است. در دیاگرام محور افقی (D+R) نشان‌دهنده مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری یک معیار در کل شبکه روابط یا میزان اهمیت یک معیار است. همان‌طور که دیاگرام نشان می‌دهد معیار رفاه عمومی بیشترین مجموعه تأثیرگذاری در شبکه ارتباطات در بین معیارها و به عبارتی بیشترین اهمیت را دارد. برعکس معیار محیط‌زیست کمترین مجموع تأثیرگذاری و بیشترین تأثیرپذیری در شبکه ارتباطات یا به عبارتی کمترین اهمیت را دارد.



شکل ۲. نمودار رابطه علت و معلولی معیارها



شکل ۳. رسم نمودار مختصات

نتایج روش آراس

نتایج میانگین نظر خبرگان در جدول شماره ٦ ثبت شد و وزن به‌دست‌آمده هر معیار از روش FAHP در آن مشخص گردید.

جدول ٦. میانگین نظرات خبرگان

	C_1	C_2	C_3	C_4
جهت بهینگی	مثبت	مثبت	منفی	منفی
وزن معیار	۲/۷۱٤۳	۲/۸۵۷۱	۳/۱٤۲۹	۳/۸۵۷۱
A_1	۳/۷۱٤۳	۳/۵۷۱٤	۳/۱٤۲۹	۲/۵۷۱٤
A_2	۳,۵۷۱٤	۲/۸۵۷۱	۲/۸۵۷۱	۳/۸۵۷۱
A_3	۳/۸۵۷۱	۳/۲۸۵۷	۲/٤۲۸٦	۲/٤۲۸٦
A_4	۲/۷۱٤۳	۳/۸۵۷۱	۳/۱٤۲۹	۳/۲۸۵۷

پس از جمع‌آوری داده‌ها ماتریس نرمال شده و مطابق جدول شماره ۷ وزن‌دار کردن ماتریس نرمال انجام و مطلوبیت کل گزینه‌ها (S_i) محاسبه شد.

جدول ۷. وزن‌دار کردن ماتریس نرمال

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	S_i
ارزش بهینه	۰/۰۰٦۲	۰/۰۸۱۱	۰/۰۲۹۹	۰/۱۱۷۲	۰/۲۳٤۳
A_1	۰/۰۰٤۵	۰/۰٦٤۹	۰/۰۲۹۹	۰/۰۷۸۱	۰/۱۷۷٤
A_2	۰/۰۰٤۷	۰/۰۸۱۱	۰/۰۲۷۲	۰/۱۱۷۲	۰/۲۳۰۱
A_3	۰/۰۰٤۳	۰/۰۷۰۵	۰/۰۲۳۱	۰/۰۲۳۱	۰/۱۷۱۷
A_4	۰/۰۰٦۲	۰/۰٦۰۱	۰/۰۲۰٤	۰/۰۲۰٤	۰/۱۸٦٤

در انتها مطلوبیت نسبی هر گزینه (K_i) به‌دست‌آمده و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها مطابق جدول ۸ برحسب بیشترین مقدار K_i تعیین می‌شود.

جدول ۸. رتبه‌بندی گزینه‌ها

	C	رتبه
K_1	۰/۷۵۷۰	۳
K_2	۰/۹۸۲۱	۱
K_3	۰/۷۲۳۹	٤
K_4	۰/۷۹۵٦	۲

همان‌طور که ملاحظه می‌شود گزینه‌های K_2، K_4، K_1 و K_3 به ترتیب دارای بالاترین اولویت هستند.

۵- نتیجه‌گیری

افزایش میزان مصرف سوخت مایع به‌ویژه بنزین و روند نامتناسب مصرف گاز طبیعی فشرده در خودروها در سال‌های اخیر، با توجه به ظرفیت ایجادشده در کشور ایران، به نظر می‌رسد صنعت CNG در بخش حمل‌ونقل دچار چالش شده که با ادامه این روند، در آینده این صنعت وارد بحران خواهد شد. لذا تحقیق حاضر سعی نموده پس از مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از اطلاعات و آمار موجود و همچنین دانش و تجربیات خبرگان، به‌منظور شناسایی و انتخاب گزینه‌های مؤثر با معیارهای مشخص‌شده از طریق سه مرحله دلفی و سپس انتخاب گزینه مؤثر با معیارها به روش ترکیبی تصمیم‌گیری گروهی فازی، گزینه‌های موجود در محیطی فازی و با توجه به تئوری مجموعه‌های فازی FAHP، FDEMATEL

و ARAS مورد ارزیابی قرارگرفته است. متغیرهای گفتاری به‌صورت اعداد فازی برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده گردیده، آنگاه بر اساس مفاهیم تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی، حل مسئله را تعریف کرده، بر این مبنا، محاسبات صورت گرفته نشان می‌دهد معیارهای رفاه عمومی و اشتغال‌زایی دارای بیشترین اهمیت از سوی خبرگان تعیین‌شده و گزینه قیمت‌گذاری متناسب سوخت‌های گاز و بنزین و توسعه جایگاه‌های CNG گزینه مؤثرتری نسبت به سایر گزینه‌ها برای تقویت صنعت CNG در بخش حمل‌ونقل است. بدیهی است تعیین قیمت مناسب بین دو سوخت بنزین و گاز عامل لازم و مؤثر جهت تحریک و تشویق مالکان خودرو به استفاده از سوخت گاز طبیعی فشرده خواهد بود و در صورت فعال شدن این کشش (تقاضا) نیاز به توسعه جایگاه‌های CNG خواهد بود. لذا، بر اساس نتایج حاصل، به دولت‌مردان و سیاست‌گذاران صنعت CNG پیشنهاد می‌شود با قیمت‌گذاری متناسب بین بنزین و گاز طبیعی کشش مناسب در بازار ایجاد و از سوی دیگر برنامه‌ریزی متناسب جهت توسعه جایگاه‌های CNG را در دستور کار خود قرار داده تا این صنعت را تقویت نمایند.

به‌منظور انجام تحقیقات آتی، می‌توان به شناسایی سایر پارامترهای مؤثر و نسبت تأثیر هر یک بر تقویت صنعت CNG و اولویت‌بندی آن‌ها با روش‌ها و مدل‌های دیگر اقدام و حل نمود.

٦- پی‌نوشت‌ها

1-Natural Compressed Gas (CNG)
2- Multiple Criteria Decision Making (MCDM)
3-Delphi Technique
4- Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)
5-Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation (FDEMATEL)
6- Additive Ratio Assessment Method (ARAS)
7-Decision Maker (DM)
8-Hybrid Multiple Criteria Decision-Making (HMCDM)
9- Digital Supply Chain (DSC)
10- Group Decision Maker (GDM)
11-Converting Fuzzy data into Crisp Scores (CFCS)

۷- مراجع

-ابراهیمی، م. و میرزایی مدام، م.، (۱۳۹٤)، "رتبه‌بندی مناطق تهران برای افزودن سرویس‌های اورژانس جدید به روش AHP فازی"، نشریه مهندسی صنایع، دوره ٤۹، شماره ۲، ص. ۱٦۳-۱٤۹.

-آذر، ع. و فرجی، ح.، (۱۳۹۵)، "علم مدیریت فازی (چاپنجم)"، انتشارات موسسه کتاب مهربان نشر.

- اسلم حسین‌بر، م. صفایی قادیکلایی، ع.ح. و مدهوشی، م.، (۱۳۹٦)، "بررسی روابط ساختاری محرک‌ها و مشوق‌های تولید پایدار"، نشریه مهندسی صنایع، دوره ۵۱، شماره ۲، ص. ۱٤٦-۱۳۳.

- امین طهماسبی، ح. و رضوی نسب، س. ج.، (۱۳۹۸)، "بهبود استفاده از سوخت CNG در بخش حمل‌ونقل با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک"، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال پنجم، شماره ۱۵، ص. ۱٦۹-۱٤۵.

- امین طهماسبی، ح. و رضوی نسب، س.ج.، (۱۳۹۹)، "تحلیل عوامل مؤثر در توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به‌جای بنزین در سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای ایران با استفاده از مدل پویایی سیستم‌ها"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال هفدهم، دوره سوم، شماره ٦٤، ص. ۵۸ – ٤۵.

- رضوی نسب، س.ج.، (۱۳۹۵)، "شناسایی و اولویت‌بندی موانع موجود در اجرای مؤثر توسعه جایگاه‌های CNG (مطالعه موردی، مدیریت طرح CNG، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران (کردستان).

- صیدی، م.، سلیمی، ح. و بزرگی امیری، ع.، (۱۳۹۷)، "ارایه چهارچوبی جهت اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در واحدهای نمک‌زدایی نفت و گاز با استفاده از تلفیق تکنیک AHP فازی و مدل SWOT (مطالعه موردی واحد نمک‌زدایی نفت شهر)"، نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی، سال هشتم، شماره۱، ص. ۲۹-۱۸.

- علوی، س.ع. معززبرآبادی، م. دیوسالار، ا. و جعفری، ب.، (۱۳۹۵)، "مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG با استفاده از تکنیک‌های تلفیقی عملگرهای فازی و تحلیل‌های فضایی GIS، پژوهش موردی: منطقه ۷ شهر مشهد"، دو فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دوره ۷، شماره۱۳، ص. ۱۸-۹.

- فروهید، ا.ا. و تقوی، س.ز.، (۱۳۹۹)، "بررسی گزینه‌های حمل ونقل همگانی از لحاظ توسعه پایدار شهری و انتخاب گزینه

مناسب‌تر را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی،" فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، شماره ۵۷، ص. ۸۲-۵۳.

– قاسمی، ا.ر. حدادی، ا. و رعیت پیشه، س.، (۱۳۹۶) "شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های دخیل در پایداری زنجیره تأمین مواد غذایی"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۹، شماره ٤، ص. ۳۸۲-۳٦۹.

-کاظمی‌زاده، ز. و پارسافر، ن.، (۱۳۹۱)، "بررسی تطبیقی چالش‌های استفاده از CNG به‌عنوان سوخت جایگزین در بخش حمل‌ونقل با نتایج حاصل از نظرسنجی"، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل‌ونقل و ترافیک.

-میرزامحمدی، س. اشگرف، ر. و سجادی، س.ج.، (۱۳۹۳)، "شناسایی عوامل مؤثر بر خصوصی‌سازی صنایع پالایش گاز ایران با رویکرد تلفیقی دلفی دیمتل (مطالعه موردی: شرکت پالایش گاز پارسیان)"، نشریه مهندسی صنایع، دوره ٤۸، شماره ۲، ص. ۱۵۰-۱۳۷.

-میرفتاح، س.م.، (۱۳۸۹)، "سیاست‌های توسعه‌ای حمل‌ونقل گازسوز (CNG) در سایر کشورها"، مجله اقتصادی، ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی، شماره‌های ۱۱ و ۱۲، ص. ٦۰-٤۳.

-Banaeian, N., Mobli, H., Nielsen, I. E., & Omid, M., (2015), “Criteria definition and approaches in green supplier selection–a case study for raw material and packaging of food industry”, Production & Manufacturing Research, 3(1), pp.149-168.

-Büyüközkan, G., & Göçer, F., (2018), “An extension of ARAS methodology under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy environment for Digital Supply Chain”, Applied Soft Computing, 69, pp.634-654.

-Büyüközkan, G.; Karabulut, Y., (2017), “Energy project performance evaluation with sustainability perspective”, Energy, 119, pp.549–560.

-Chang, B. Chang, C-W. Wu, H., (2011), “Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria, Expert Systems with Applications, 38, pp.1850 -1858.

-Dahooie, J. H., Zavadskas, E. K., Abolhasani, M., Vanaki, A., & Turskis, Z., (2018), “A Novel Approach for Evaluation of Projects Using an Interval–Valued Fuzzy Additive Ratio Assessment (ARAS) Method: A Case Study of Oil and Gas Well Drilling Projects”, Symmetry, 10(2), pp. 45.

-Flores, I., Chatziioannou, I., Segura, E., & Hernández, S., (2013), “Urban transport infrastructure: A state of the art”, In Proceedings of the European modelling and simulation symposium, pp. 83-92.

-Hsu, C-W., Kuo, T-C., Chen, S-H. & Hu, A-H., (2011), “Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management”, Journal of Cleaner Production, 56, pp.164-172.

-Jassbi, J., Mohamadnejad, F. & Nasrollahzadeh, H., (2011), “A Fuzzy DEMATEL Framework for Modeling Cause and Effect relationships of strategy ma. Safety Science”, 49, pp.243–252.

-Kahraman, C., Onar, S. C., & Oztaysi, B., (2015), “Fuzzy multi criteria decision-making: a literature review”, International Journal of Computational Intelligence Systems, 8(4), pp.637-666.

-Kumar, A., Pal, A., Vohra, A., Gupta, S., Manchanda, S., & Dash, M. K., (2018), “Construction of Capital Procurement Decision Making Models to Optimize Supplier Selection Using Fuzzy Delphi and AHP-DEMATEL”, Benchmarking, an International Journal.

-Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. C., (2017), “A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69, pp.596-609.

-Kutut, V., Zavadskas, E. K., & Lazauskas, M., (2014), “Assessment of priority alternatives for preservation of historic buildings using model based on ARAS and AHP methods. Archives of Civil and Mechanical Engineering”, 14(2), pp.287-294.

-Liao, C. N., Fu, Y. K., & Wu, L. C., (2016), “Integrated FAHP, ARAS-F and MSGP methods for green supplier evaluation and selection”, Technological and Economic Development of Economy, 22(5), pp.651-669.

-Zare, M., Pahl, C., Rahnama, H., Nilashi, M., Mardani, A., Ibrahim, O., & Ahmadi, H., (2016), "Multi-criteria decision making approach in E-learning: A systematic review and classification", Applied Soft Computing, 45, pp.108-128.

-Zavadskas, E. K., Govindan, K., Antucheviciene, J., & Turskis, Z., (2016), "Hybrid multiple criteria decision-making methods", A review of applications for sustainability issues", Economic research-Ekonomska istraživanja, 29(1), pp.857-887.

-Zavadskas, E. Turskis, Z. Vilutiene, T., (2010), "Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method", Arch. Civ. Mech. Eng, 10, pp.123–141.

-Zavadskas, E.K. Antucheviciene, J. Hajiagha, S.H.R.; Hashemi, S.S., (2014), "Extension of weighted aggregated sum product assessment with interval-valued intuitionistic fuzzy numbers (WASPAS-IVIF)", Appl. Soft Comput., 24, pp.1013–1021.

-Zavadskasa, K. & Turskisb, Z., (2010), "A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. Journal of Technological and Economic Development of Economy, 16 (2), pp. 159-172.

-Mavi, R. K., (2015), "Green supplier selection: a fuzzy AHP and fuzzy ARAS approach. International Journal of Services and Operations Management", 22(2), pp.165-188.

-Nations, U., (2014), "World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights", Department of economic and social affairs. Population Division, United Nations, 32.

-Nguyen, H. T., Dawal, S. Z. M., Nukman, Y., Rifai, A. P., & Aoyama, H., (2016), "An integrated MCDM model for conveyor equipment evaluation and Selection in an FMC based on a fuzzy AHP and fuzzy ARAS in the presence of vagueness", PloS one, 11(4).

-Sadeq Tabrizi J, Gharibi F., (2013), "Developing a national accreditation model via Delphi Technique", Jhosp; 11 (2), pp.9-17.

-Štreimikienė, D., Šliogerienė, J., & Turskis, Z., (2016), "Multi-criteria analysis of electricity generation technologies in Lithuania", Renewable Energy, 85, pp.148-156.

-Tupenaite, L. Zavadskas, E.K. Kaklauskas, A. Turskis, Z. Seniut, M., (2010), "Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation, J. Civ. Eng. Manag, 16, pp.257–266.

-Wei, G.; Zhao, X., (2013), "Induced hesitant interval-valued fuzzy Einstein aggregation operators and their application to multiple attribute decision making. J. Intell. Fuzzy Syst., 24", pp.789–803.

Prioritizing the Effective Strategies of CNG Industry in the Transportation by Fuzzy Group Decision- Making Method

Hamzeh Amin Tahmasbi, Assistant Prof. Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, East of Guilan, University of Guilan, Iran.

Seyed Jamalaldin Razavinasab, Ph.D. Student in Industrial Management, Bandar e Anzali International Branch, Islamic Azad University, Bandar e Anzali, Iran.

E-mail: amintahmasbi@guilan.ac.ir

Received: October 2021- Accepted: June 2022

ABSTRACT

In recent years, compressed natural gas has been introduced as a part of fuel for cars and replaces gasoline and diesel fuel in major macroeconomic policies. This was due to reasons such as the high volume of gas reserves in Iran, the cost of producing less natural gas than petrol or diesel fuel, pollution, environmental problems and air pollution on the agenda of the parliament and government, and the appropriate infrastructure was created. However, due to the increase in liquid fuel consumption and the disproportionate trend of compressed natural gas consumption in cars, the CNG industry has been challenged in the current situation. The present study aims to review and prioritize the effective strategies of CNG industry, first through interviews and receiving expert opinions, Delphi method, options and effective criteria are reviewed and selected. Then the fuzzy analytical hierarchy process method determines the weight of the criteria and determines the relationship between the criteria in the method of FDEMATEL. At the end, the prioritization of the options is done through the ARAS method. Based on the results, the public welfare and employment criteria are the most important criteria and the pricing strategies for gas and gas fuels is the best option for strengthening the CNG industry in the transportation sector.

Keywords: Transportation, Compressed Natural Gas, Supplying And Producing Fuels, CNG Industry