فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ١٤، شماره ٤، تابستان ١٤٠٢، ص. ٣٠٥٩-٣٠٤٥

مقاله علمی-پژوهشی

ارائه تحلیل و دسته‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز در موتورخانه‌های پایانه‌های حمل و نقل با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی و خوشه‌بندی

عبدالرحمن حائری، دکتری، گروه مدیریت بهره وری و پروژه، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران

E-mail: ahaeri@iust.ac.ir

دریافت: ١٤٠٠/١٠/١٢ پذیرش: ١٤٠٠/١٢/١١

چکیده

کاهش مصرف حامل‌های انرژی یکی از مسائل و ضرورت‌های اصلی در نظام اقتصادی کشور در وضعیت فعلی می‌باشد. گاز طبیعی به عنوان یکی از حامل‌های مهم بوده که بخش عمده‌ای از تامین انرژی حرارتی را در پایانه‌های حمل بار و مسافر بر عهده دارد. در این تحقیق ابتدا مجموعه‌ای از راهکارهای کاهش مصرف گاز طبیعی در پایانه‌ها گردآوری شده اند که تعداد قابل توجهی از این راهکارها مرتبط با موتورخانه پایانه‌ها می‌باشد. سپس در این باره پنج معیار سهولت اجرای راهکار از نظر فنی، سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار، مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار، دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار و دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار، برای ارزیابی و اولویت‌بندی راهکارها مورد توجه قرار گرفتند. وزن و درجه اهمیت هریک از معیارها با یکدیگر مساوی نمی‌باشد. از این رو بین دوبدوی معیارها مقایسات زوجی در طیف لیکرت صورت گرفته تا در نهایت ضرایب وزنی معیارها محاسبه شود. این راهکارها بر اساس پنج معیار مذکور و توسط گروهی از خبرگان امتیازدهی شده و بر اساس امتیازهای حاصله و با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) راهکارها اولویت‌بندی شدند. در پایان به کمک تکنیک خوشه‌بندی K-Means، راهکارها بر اساس امتیازات پنج معیار مورد ارزیابی در سه گروه دسته‌بندی و ارائه شدند. تعدادی از این راهکارها مرتبط با تنظیمات فنی، عایق‌کاری، جایگزینی تجهیزات، توجه به استانداردهای عملکردی، نصب تجهیزات جدید و اقدامات پایه‌ای می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: موتورخانه، خوشه بندی، گاز طبیعی، حمل مسافر، حمل بار

۱. مقدمه

افزایش موتورخانه‌های پایانه‌های حمل بار و مسافر حجم عمده‌ای از مصرف حامل‌های انرژی حرارتی را به خود اختصاص می‌دهند. این موضوع منجر به ایجاد هزینه‌های نسبتا بالا برای آنها شده است. راهکارهای فنی متعددی برای بهبود کارایی انرژی در موتورخانه‌های پایانه‌ها وجود دارد که با توجه به تنوع و طیف وسیع کاربرد این راهکارها لازم است تا بر اساس یک استراتژی و رویکرد مشخص نسبت به پیاده‌سازی و استقرار این راهکارها و بهره‌گیری از آنها در راستای کاهش مصرف حامل‌های انرژی حرارتی، افزایش کارایی انرژی و کاهش هزینه قبوض گاز پایانه‌های حمل بار و مسافر، اقدام نمود.

مصرف حامل های انرژی هزینه زیادی را به مصرف کنندگان نهایی اعم از فردی و سازمانی وارد می کند. خصوصا در سالهای اخیر و با طرح های مختلف اجراشده در سطح نهادهای دولتی و سیاست‌گذاری از قبیل طرح های اصلاح الگوی مصرف، سیاستـگذاری در جهت حذف رانت های پنهان حوزه انرژی، واقعی سازی قیمت حامل های انرژی، مدیریت اثربخش و عادلانه یارانه های اعطایی در حوزه انرژی، اهمیت و ضرورت این موضوع بیش از پیش آشکار می گردد. از سوی دیگر بایستی توجه داشت که یکی از زیرساختـهای انرژی و تاسیساتی ساختمان ها که نقش به سزایی در کاهش مصرف حامل های انرژی دارد، موتورخانه ها می باشند که در صورت پیاده سازی راهکارهای صحیح، اصولی و کارآمد می توان شاهد کاهش اتلاف قابل توجهی در آنها بود. از این رو در این تحقیق مقوله راهکارهای کاهش مصرف گاز در سامانه های حمل و نقل مورد تمرکز قرار گرفته است. پس از سیاست-گذاری های صورت گرفته در راستای حرکت به سمت واقعی سازی قیمت‌های حامل‌های انرژی حرارتی و همچنین هدفمندسازی یارانه‌ها، لزوم کاهش مصرف هزینه‌های قبوض انرژی ساختمان‌ها، اماکن و تسهیلات بیش از پیش نمایان شده است. این امر منجر به ایجاد محرک‌های هزینه ای و اقتصادی برای مالکان فعالان بخش حمل و نقل (چه حقیقی و چه حقوقی) در راستای شناسایی فرصت‌های صرفه جویی انرژی (ECO[1]) در موتورخانه‌ها و زمینه‌سازی جهت افزایش کارایی انرژی شده است. اما با توجه به تنوع و وجود راهکارهای متعدد کاهش مصرف حامل‌های انرژی حرارتی در موتورخانه‌ها لازم است تا یک دسته‌بندی و اولویت‌بندی از این راهکارها در دستور کار قرار گیرد.

هدف اصلی از این تحقیق ارایه رویکردی به دو منظور می باشد. نخستین هدف اولویت‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز در موتورخانه‌های پایانه‌های حمل بار و مسافر است که برای نیل به این هدف از تحلیل سلسله مراتبی (AHP[2]) استفاده خواهد شد. دومین هدف مورد نظر دسته بندی راهکارها بر اساس معیارهای متنوع و جامع می باشد که در این راستا از تکنیک های خوشه‌بندی[3] بهره گرفته خواهد شد.

دو سوال اصلی مورد نظر در این تحقیق عبارتند از:

- اولویت‌بندی و رتبه‌بندی راهکارهای مربوط به کاهش مصرف گاز در موتورخانه‌های پایانه‌های حمل بار و مسافر به چه صورت می‌باشد؟
- چگونه می‌توان راهکارها را بر اساس مجموعه‌ای از معیارهای کاربردی گروه بندی نمود به صورتیکه راهکارهای مشابه در یک گروه و دسته قرار گیرند؟

علیرغم اهمیت زیاد ارائه الگوها و رویکردهای کاهش مصرف گاز، تاکنون تحقیق مستقلی برای دسته‌بندی این قبیل راهکارها ارائه نشده که این مهم در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله و پس از مرور ادبیات به استخراج و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز پرداخته شده است. سپس دسته‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز طبیعی از دو منظر امتیاز ترکیبی کسب شده و خوشه‌بندی بر اساس

پنج معیار مورد ارزیابی ارائه شده است. در پایان نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از تحقیق بیان شده است.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات در تحقیقات قبلی در رابطه با مصرف گاز طبیعی رویکردهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته اند. به عنوان مثال کریمی و همکاران به بررسی اثر تغییرات دما بر مصرف گاز طبیعی در ایران پرداختند. به این منظور از رگرسیون داده‌های تلفیقی برای پیش‌بینی مصرف گاز در هفت حوزه مربوطه استفاده شد. بختیاری و یزدانی اهمیت راهبردی گاز طبیعی و لزوم اتخاذ تدابیری هوشمندانه در راستای اصلاح الگوی مصرف گاز در کاربران خانگی، اداری و تجاری را مورد توجه قرار دادند. با توجه به ضرایب کشش درآمدی و کشش قیمتی محاسبه شده مشخص شد که در صورت عدم استفاده از رویکردهای هوشمندانه کاهش مصرف گاز، در آینده نه چندان دور، وقوع مسائل و چالش‌های عدیده اجتناب ناپذیر است. وحیدا و همکاران به بررسی عوامل مختلف از قبیل عوامل اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی موثر بر اصلاح شیوه‌ها و رفتارهای مرتبط با مصرف گاز در خانواده‌ها (مطالعه موردی شهرستان سمیرم واقع در استان اصفهان)، پرداختند. جامعه آماری مورد نظر در این تحقیق بیش از ۸۰۰۰ خانوار بوده که اطلاعات مربوط به ۳۷۰ نمونه از این جامعه اخذ و مورد مطالعه قرار گرفت. شیخ الاسلامی و فامیل شوقی به ارزیابی و بررسی روش‌های پهنه‌بندی مصرف گاز طبیعی در سطح محلات شهر همدان پرداختند. در این تحقیق از مشترکین مختلف نمونه‌گیری انجام شده و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS روش‌های مختلف مورد ارزیابی و اعتبارسنجی قرار گرفتند. اشراق نیای جهرمی و همکاران به مدل‌سازی مصرف گاز طبیعی در سه بخش خانگی- تجاری، صنعت و حمل و نقل پرداخته و با استفاده از روش تلفیقی از سری زمانی و گروه تحلیل، بررسی رویکردها و مدل‌های مختلف برای تخمین و برآورد تقاضای گاز طبیعی را در دستور کار قرار دادند. محقر و همکاران استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی مصرف و تخصیص بهینه گاز طبیعی را مورد نظر قرار دادند. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که شاخص‌های امنیت انرژی، کارایی مصرف انرژی، ارزش افزوده، امنیت ملی و تاثیرات توسعه‌ای مهم‌ترین شاخص‌ها در اولویت‌بندی حیطه‌های مختلف مربوط به مصرف در بخش‌های مختلف می‌باشند. کارگر شریف آباد و جلیلیان به رده‌بندی مجموعه‌ای از ساختمان‌های مسکونی بر اساس استانداردهای ملی و مجموعه‌ای از شاخص‌های مانند میزان مصرف گاز طبیعی پرداختند. حسین زاده سامانی و حوری جعفری ارائه مدل و همچنین پیش‌بینی میزان مصرف حامل‌های انرژی (از جمله گاز) در صنایع غذایی کشور را مورد توجه قرار دادند. عصاری و همکاران از یک رویکرد ترکیبی مشتمل بر الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی برای برآورد مصرف گاز طبیعی در ایران بر اساس سناریوهای مختلف و ورودی‌های مدل (شامل جمعیت، تولید ناخالص داخلی، صادرات و واردات) بهره جستند. رمضانی و کاظم‌نژاد به اقلیم‌بندی نیاز خانوارها به مصرف گاز طبیعی بر اساس ترکیب نیازهای گرمایشی و سرمایشی در منطقه گیلان پرداختند. در نهایت امین ناصری و کوچک زاده یک مدل بهینه شبکه عصبی (ANN) برای پیش بینی مصرف ماهانه گاز در کل کشور را ارائه دادند.

پورعلی و همکاران با استفاده از بازرسی های چشمی، اسیدشویی، آنالیز رسوبات و ترکیب شیمیایی با آزمون های پراش پرتو ایکس و کوانتومتری به بررسی علل تخریب لوله های انتقال بخار در یک موتورخانه نیمه صنعتی پرداختند.

رجبانی و همکاران به طراحی مدل مفهومی شبکه اهداف مصرف انرژی برق و گاز پرداختند. آنها با استفاده از روش کیفی تفکر مبتنی بر ارزش به استخراج عوامل موثر بر کاهش مصرف انرژی در دو دسته عوامل بنیادی و واسطه ای در دو

سطح رفتار مصرف کننده و الزامات سیاستی لازم برای تغییر رفتار پرداختند.

نجفی و سید سعید به ارایه ساختار یک سیستم یکپارچه متشکل از شبکه مترو و ایستگاه های شارژ خودرو های الکتریکی با در نظر گرفتن یک ذخیره کننده انرژی و با بهر ه گیری از انرژی حاصل از ترمز گیری و انرژی خورشیدی به عنوان تولیدات پراکنده در این مقاله ارائه می گردد. این روند به گونه ای صورت می گیرد که مصرف انرژی مدیریت شده و به منظور کاهش تأثیرات سوء و هزینه های زیر ساخت و بهره برداری، مدل مصرف انرژی از نظر فنی و اقتصادی بهینه سازی می گردد.

محسنی و همکاران به تجزیه مصرف انرژی و بررسی عوامل موثر بر آن در بخش حمل و نقل ایران پرداختند. تجزیه یکی از روش های رایج برای بررسی تغییرات مصرف انرژی می باشد که در آن تغییرات مصرف انرژی به سه اثر تولیدی، ساختاری و شدتی تقسیم می شود. نتایج تجزیه مصرف انرژی در بخش حمل و نقل ایران نشان داد که اثرات تولیدی، شدتی و ساختاری به ترتیب مهم ترین نقش را در توضیح تغییرات مصرف انرژی در این بخش دارند.

نیکوکار و همکاران به بررسی بهینه سازی مصرف انرژی در حمل ونقل ریلی شهری و نیز ارائه راهکار در این زمینه پرداختند. به منظور شناسایی وضعیت موجود در زمینه مدیریت انرژی (بر اساس استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱)، اقدامات کلی شرکت بهره برداری متروی تهران در شرایط فعلی (از جمله وضعیت دیماندهای قراردادی مصرف برق)، شناسایی گردید. همچنین با استفاده از تحلیل عاملی، ۱۱ عامل در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی، شناسایی و رتبه بندی شدند که بیشترین رتبه مربوط به اطلاع رسانی مناسب و کمترین رتبه مربوط به تشویق طرح های پیشنهادی است.

بر اساس مرور ادبیات انجام شده مشخص گردید که علیرغم اهمیت موضوع در هیچ یک از تحقیقات قبلی به مقوله های زیر به صورت مشخص پرداخته نشده است:

- کاهش مصرف حامل های انرژی در پایانه های حمل و نقل
- کاهش مصرف گاز در موتورخانه ها به عنوان یکی از زیرساخت های کلیدی حوزه انرژی در ساختمان ها و اماکن
- ارائه رویکرد سیستماتیک برای تحلیل و دسته بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز

از این رو در این تحقیق تلاش می شود تا در جهت پرکردن شکاف های تحقیقاتی مذکور گام برداشته شود.

۳. استخراج و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز

استخراج و اولویت بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز در موتورخانه ها بر اساس یک رویکرد چند مرحله ای اجرا شد که مراحل آن به ترتیب عبارتند از:

۳-۱ استخراج راهکارهای کاهش مصرف گاز

در گام اول با استفاده از نظرات خبرگان مجموعه‌ای از راهکارهای بهینه‌سازی و کاهش انرژی حرارتی مصرفی در موتورخانه‌های پایانه‌های حمل بار و مسافر شناسایی و بیان شدند. مجموعه این راهکارها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱. راهکارهای احصا شده برای کاهش مصرف گاز طبیعی در پایانه‌های حمل بار و مسافر

کد راهکار	عنوان راهکار
R01	معاینه فنی موتورخانه
R02	تنظیم مشعل‌های موتورخانه
R03	نصب دستگاه رسوب‌گیر
R04	نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه

کد راهکار	عنوان راهکار
R05	نصب سیستم کنترل احتراق
R06	آماده‌سازی و شستشوی بویلرها
R07	نصب منبع انبساط عایق‌دار
R08	نصب عایق برای منبع انبساط باز
R09	نصب عایق برای دیگ‌ها و لوله‌ها
R10	عایقکاری سیستم‌های لوله کشی رادیاتور و آبگرم
R11	عایقکاری منبع ذخیره آبگرم و منبع انبساط
R12	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی سقف خانه ها
R13	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی دیوارها
R14	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی کف
R15	عایقکاری موتورخانه با استفاده از عایق‌های الاستومری
R16	نصب دمپر
R17	اصلاح دودکش‌های موتورخانه
R18	جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا
R19	جایگزینی و نصب بویلر چگالشی
R20	نصب درزگیر برای پنجره‌ها و درهای ورودی
R21	نصب مسدود کننده برای دریچه کولرها
R22	نصب شیرهای ترموستاتیک برای رادیاتورها
R23	استفاده از رفلکتورها برای پشت رادیاتورهای پره‌ای
R24	استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای
R25	استفاده از مشعل های دمنده استاندارد به جای مشعلهای اتمسفریک
R26	استفاده از دیگ‌های استاندارد
R27	استفاده از مشعل‌های دارای تناسب با ظرفیت دیگ در موتوخانه ها
R28	استفاده از منبع آبگرم دوجداره در موتورخانه‌ها
R29	نصب دریچه ورود هوا و تهویه در موتورخانه
R30	دوجداره کردن پنجره‌ها
R31	نصب سیستم کنترل هوشمند موتورخانه
R32	جایگزینی بویلر چگالشی
R33	تنظیم نسبت سوخت به هوا مشعل دیگ آبگرم و دیگ بخار

۳-۲ تعیین اهمیت معیارهای اولویت بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز

سپس بر اساس یک سری از معیارهای مشخص و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به بررسی و اولویت‌بندی راهکارها پرداخته می‌شود. معیارهای اصلی مورد نظر برای بررسی و اولویت بندی راهکارهای کاهش مصرف حامل انرژی حرارتی در موتورخانه های پایانه‌های حمل بار و مسافر به صورت زیر می باشند:

- سهولت اجرای راهکار از نظر فنی (C1)
- سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار (C2)
- مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار (C3)
- دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار (C4)
- دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار (C5)

در ابتدا نظرات گروهی از خبرگان از طریق مقایسات زوجی اخذ شده تا مشخص شود که اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر به چه صورت می‌باشد. میانگین نظرات خبرگان محاسبه شده و در نهایت ضرایب اهمیت نسبی پنج معیار مذکور نسبت به یکدیگر بدست آمده که در جدول زیر بیان شده اند.

جدول ۲. میانگین مقایسات زوجی مربوط به اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	5	2	1/3	1/3
C2	1/5	1	1/4	1/7	1/7
C3	1/2	4	1	1/5	1/5
C4	3	7	5	1	1
C5	3	7	5	1	1

به کمک تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ضرایب اهمیت محاسبه شده و در جدول زیر نمایش داده شده اند:

جدول ۳. ضرایب وزنی اهمیت معیارهای ارزیابی راهکارهای کاهش مصرف انرژی حرارتی در ساختمان‌ها

معیار	ضریب اهمیت
C1	٪۱٤,۸
C2	٪۳,۹
C3	٪۹,۱
C4	٪۳٦,۱
C5	٪۳٦,۱

۳-۳ اولویت بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز

سپس هریک از راهکارها از منظر پنج معیار، توسط گروه خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفتند. این ارزیابی بر اساس طیف لیکرت ۵ تایی زیر انجام شده است:

- خیلی زیاد (۵)
- زیاد (٤)
- متوسط (۳)
- کم (۲)
- خیلی کم (۱)

تجربه نشان داده است که طیف لیکرت ۵ تایی تناسب بیشتری با ساختار ذهنی پرسش شوندگان داشته و به کمک آن می توان اطلاعات دقیق تر و ملموس تری را دریافت کرد. چرا که در این طیف دو حالت حدی خیلی زیاد (۵) و خیلی کم (۱) وجود دارند و در وسط این دو حالت حدی حالت متوسط (۳) قرار دارد. همچنین در نهایت بین حالات حدی و حالت متوسط نیز دو حالت از سمت بالا و پایین پیش بینی شده است که شامل زیاد (٤) و کم (۲) می باشند.

به زبان دیگر برای هریک از راهکارهای ۳۳ گانه بدست آمده از خبرگان پرسیده شده است که میزان امتیاز حاصل از هر راهکار در هر معیار چقدر بوده است. نتایج این موضوع در جدول زیر نشان داده شده اند:

جدول ٤. میانگین امتیاز هریک از راهکارها در معیارهای مختلف حاصل از نظرات خبرگان بر اساس طیف لیکرت ۵ تایی

کد راهکار	C1	C2	C3	C4	C5
R1	۲	۵	۲	۳	۲
R2	۱	٤	۱	۱	٤
R3	۳	۱	۵	۲	۱
R4	۵	۵	٤	۵	۲
R5	۳	۲	۳	٤	٤
R6	۲	۳	۲	٤	۳
R7	٤	۲	۳	۳	٤
R8	٤	۵	۲	۱	۲
R9	۵	۱	۳	٤	۱
R10	۱	۳	۱	٤	۳
R11	۲	۵	۳	۳	۲
R12	۵	۱	۳	۱	۵
R13	۵	٤	۲	۵	۱
R14	۳	۳	۳	۳	۲
R15	۱	۲	۵	۱	۱
R16	۳	۱	۵	۳	۵
R17	۳	۳	۵	٤	۵
R18	۲	۵	٤	۵	٤
R19	۱	۵	۱	٤	۳
R20	۲	۱	۱	٤	۱
R21	٤	۵	۱	٤	٤
R22	۱	۳	٤	۲	۲
R23	۳	٤	۳	۲	٤
R24	۵	۱	٤	۳	۱
R25	۵	۱	۵	۱	۱
R26	۱	۱	٤	۳	٤
R27	۳	۳	۱	٤	۳

کد راهکار	C1	C2	C3	C4	C5
R28	٥	٤	٣	٤	٢
R29	١	٥	٥	٣	٥
R30	١	٤	٣	٣	٣
R31	١	٣	٢	٤	٥
R32	٣	٣	٣	٤	٣
R33	٢	٣	٤	١	٤

در ادامه با استفاده از نتایج بدست آمده حاصل از نظرات خبرگان (بر اساس طیف لیکرت ٥ تایی) و بر پایه ضرایب وزنی محاسبه شده حاصل از اخذ نظرات خبرگان در مقایسات زوجی مورد استفاده در تکنیک AHP در مرحله قبل، امتیاز اولویت مربوط به هریک از راهکارها محاسبه شده و راهکارها بر اساس امتیاز مرتب شده و در جدول زیر نمایش داده شده-اند.

جدول ٥. امتیاز مربوط به هریک از راهکارهای کاهش مصرف گاز طبیعی بر اساس روش AHP

کد راهکار	عنوان راهکار	امتیاز کسب شده
R17	اصلاح دودکش‌های موتورخانه	4/265
R18	جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا	4/104
R4	نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه	3/826
R16	نصب دمپر	3/826
R21	نصب مسدود کننده برای دریچه کولرها	3/766
R31	نصب سیستم کنترل هوشمند موتورخانه	3/696
R29	نصب دریچه ورود هوا و تهویه در موتورخانه	3/686
R5	نصب سیستم کنترل احتراق	3/683
R7	نصب منبع انبساط عایق دار	3/470
R32	جایگزینی بویلر چگالشی	3/361
R28	استفاده از منبع آبگرم دوجداره در موتورخانه-ها	3/335
R13	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی دیوارها	3/244
R12	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی سقف خانه ها	3/218
R27	استفاده از مشعل های دارای تناسب با ظرفیت دیگ در موتوخانه ها	3/179
R6	آماده سازی و شستشوی بویلرها	3/122
R26	استفاده از دیگ های استاندارد	3/078
R23	استفاده از رفلکتورها برای پشت رادیاتورهای پره ای	3/039
R19	جایگزینی و نصب بویلر چگالشی	2/961
R10	عایقکاری سیستمهای لوله کشی رادیاتور و آبگرم	2/883
R9	نصب عایق برای دیگ ها و لوله ها	2/857
R30	دو جداره کردن پنجره ها	2/743
R14	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی کف	2/639
R24	استفاده از مبدل های حرارتی صفحه ای	2/587
R33	تنظیم نسبت سوخت به هوا مشعل دیگ آبگرم و دیگ بخار	2/582
R11	عایقکاری منبع ذخیره آبگرم و منبع انبساط	2/569
R1	معاینه فنی موتورخانه	2/478
R20	نصب درزگیر برای پنجره¬ها و درهای ورودی	2/231
R2	تنظیم مشعل¬های موتورخانه	2/200
R22	نصب شیرهای ترموستاتیک برای رادیاتورها	2/073
R8	نصب عایق برای منبع انبساط باز	2/052
R3	نصب دستگاه رسوب گیر	2/021
R25	استفاده از مشعل های دمنده استاندارد به جای مشعلهای اتمسفریک	1/956
R15	عایقکاری موتورخانه با استفاده از عایقهای الاستومری	1/403

همان طور که در جدول فوق نشان داده شده، راهکارهای "اصلاح دودکش‌های موتورخانه"، "جایگزینی و نصب مشعل

با راندمان حرارتی بالا " و "نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه" دارای بیشترین امتیاز و درجه اولویت و راهکارهای "نصب دستگاه رسوب گیر"، "استفاده از مشعل های دمنده استاندارد به جای مشعلهای اتمسفریک " و "عایقکاری موتورخانه با استفاده از عایقهای الاستومری" دارای پایین‌ترین امتیاز و کمترین درجه اولویت می‌باشند.

٤. دسته‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز طبیعی

همان طور که در بخش قبلی ارایه شد، طیف وسیع و تعداد زیادی از راهکارهای کاهش مصرف گاز بدست آمده اند. برای زمینه سازی و برنامه‌ریزی اجرایی بهتر جهت اجرای راهکارهای مذکور لازم است تا یک دسته بندی اولیه صورت گیرد تا بتوان برای اولویت‌بندی و تخصیص منابع و بودجه به صورت سیستماتیک اقدام نمود.

٤-١ دسته‌بندی راهکارها از نظر امتیاز ترکیبی کسب شده

در این حالت راهکارهای بهبود مصرف انرژی بر اساس نزدیکی امتیاز کسب شده در گروه‌هایی طبقه بندی می شوند که نتایج این گروه بندی در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ٦. دسته‌بندی راهکارهای از نظر امتیاز ترکیبی کسب شده

برچسب گروه	گروه‌بندی راهکارها	طیف امتیازی
A	اصلاح دودکش‌های موتورخانه، جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا	[4/104-4/265]
B	نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه، نصب دمپر، نصب مسدود کننده برای دریچه کولرها، نصب سیستم کنترل هوشمند موتورخانه، نصب دریچه ورود هوا و تهویه در موتورخانه، نصب سیستم کنترل احتراق	[3/683, 3/826]
C	نصب منبع انبساط عایق دار، جایگزینی بویلر چگالشی، استفاده از منبع آبگرم دوجداره در موتورخانه‌ها، عایق کاری حرارتی مناسب بر روی دیوارها، عایق کاری حرارتی مناسب بر روی سقف خانه‌ها، استفاده از مشعل های دارای تناسب با ظرفیت دیگ در موتورخانه-ها، آماده سازی و شستشوی بویلرها، استفاده از دیگ های استاندارد، استفاده از رفلکتورها برای پشت رادیاتورهای پره ای	[3/039, 3/470]
D	جایگزینی و نصب بویلر چگالشی، عایقکاری سیستمهای لوله کشی رادیاتور و آبگرم، نصب عایق برای دیگ ها و لوله ها، دو جداره کردن پنجره ها، عایق کاری حرارتی مناسب بر روی کف، استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، تنظیم نسبت سوخت به هوا مشعل دیگ آبگرم و دیگ بخار، عایقکاری منبع ذخیره آبگرم و منبع انبساط، معاینه فنی موتورخانه	[2/478, 2/961]

برچسب گروه	گروه‌بندی راهکارها	طیف امتیازی
E	نصب درزگیر برای پنجره‌ها و درهای ورودی، تنظیم مشعل‌های موتورخانه، نصب شیرهای ترموستاتیک برای رادیاتورها، نصب عایق برای منبع انبساط باز، نصب دستگاه رسوب گیر، استفاده از مشعل های دمنده استاندارد به جای مشعلهای اتمسفری	[1/956, 2/231]
F	عایقکاری موتورخانه با استفاده از عایقهای الاستومری	1/403

گروه A راهکارهایی هستند که امتیاز ترکیبی آنها بین ٤/١٠٤ تا ٤/٢٦٥ قرار داشته و شامل راهکارهایی از قبیل اصلاح دودکش‌های موتورخانه و جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا می باشند. گروه B شامل راهکارهایی بوده که امتیاز ترکیبی آنها بین ٣/٨٢٦ و ٣/٦٨٣ قرار دارند و شامل راهکارهایی از قبیل نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه، نصب دمپر و نصب مسدود کننده برای دریچه کولرها می باشند. گروه C دربردارنده راهکارهایی از قبیل نصب منبع انبساط عایق دار، جایگزینی بویلر چگالشی و استفاده از منبع آبگرم دوجداره در موتورخانه‌ها است که امتیاز ترکیبی آنها بین ٣/٠٣٩ و ٣/٤٧٠ قرار دارد. گروه D شامل راهکارهایی مانند جایگزینی و نصب بویلر چگالشی، عایق‌کاری سیستم‌های لوله کشی رادیاتور و آبگرم و نصب عایق برای دیگ ها و لوله ها می‌باشد که امتیاز آنها در بازه ٢/٤٧٨ و ٢/٩٦١ جای دارد. در نهایت گروه‌های E و F شامل راهکارهایی بوده که امتیاز ترکیبی آنها کوچکتر یا مساوی با ٢/٢٣١ بوده و شامل مواردی از قبیل نصب درزگیر برای پنجره‌ها و درهای ورودی، تنظیم مشعل‌های موتورخانه و نصب شیرهای ترموستاتیک برای رادیاتورها می‌باشد.

٤-٢ دسته‌بندی راهکارها بر مبنای پنج معیار با استفاده از خوشه بندی

در این قسمت با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی K-Means کلیه راهکارها به سه خوشه تقسیم شده تا مشخص شود که کدام یک از راهکارها بر اساس مشابهت‌هایی که با یکدیگر دارند، در یک خوشه قرار خواهند گرفت. در این تحقیق برای دسته بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز از الگوریتم خوشه بندی k-means بهره گرفته شده است. سادگی اجرا، ملموس بودن و منطق سیستماتیک و متقن این الگوریتم و عملکرد مناسب برای ایجاد تمایز و گروه بندی موجودیت های مورد نظر (که در این تحقیق همان راهکارهای کاهش مصرف گاز می باشند) را می توان از دلایل انتخاب این الگوریتم دانست.

برای بدست آوردن خوشه‌بندی یک طیف امتیازی شامل سه سطح کم (عدد ١)، متوسط (عدد ٢) و زیاد (عدد ٣) مبنا قرار گرفته‌است. میانگین امتیاز مربوط به هریک از معیارها در هریک از سه خوشه در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ٧. میانگین امتیاز هریک از معیارها در سه خوشه بدست آمده

خوشه	C1	C2	C3	C4	C5
خوشه ١	1/6	2/7	1/6	2/5	1/9
خوشه ٢	2/3	1/6	2/1	2/3	2/4
خوشه ٣	1/7	1/3	3	1/3	1/6

بر اساس جدول فوق مشخص می شود که خوشه اول شامل راهکارهایی است که از نظر سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار (C2) و دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار (C4) بالاتر از حد متوسط قرار دارند. همچنین این گروه از راهکارها از منظر سهولت اجرای راهکار از نظر فنی (C1)، مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار (C3) و دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار (C5) پایین‌تر از حد متوسط

قرار دارند. خوشه دوم شامل راهکارهایی بوده که از نظر سهولت اجرای راهکار از نظر فنی (C1)، مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار (C3)، دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار (C4) و دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار (C5) در وضعیت بالاتر از متوسط قرار دارند. راهکارهای موجود در این خوشه تنها از نظر معیار سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار (C2)، در سطحی پایین‌تر از متوسط قرار گرفته‌اند. خوشه سوم نیز فقط از نظر مدت زمان اجرای راهکار در وضعیت مناسبی قرار داشته و از نظر سایر معیارهای ارزیابی در وضعیت پایینی قرار دارد. راهکارهای مربوط به هریک از خوشه‌ها نیز در جدول زیر نشان داده شده‌اند. در مجموع می توان بیان داشت که از منظر سهولت اجرای راهکار از نظر فنی (C1) راهکارهای جای گرفته در خوشه دوم وضعیت متمایزی دارند. از زاویه سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار (C2) راهکارهای خوشه ۱ نسبت به دو خوشه دیگر برتر هستند. همچنین در رابطه با مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار (C3) خوشه سوم به صورت معناداری برجسته تر از خوشه های اول و دوم می باشد. در نهایت باید اذعان داشت که در رابطه با دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار (C4) و دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار (C5) به ترتیب خوشه های اول و دوم دارای اثربخشی بالاتری می باشند.

جدول ۸ راهکارهای دسته‌بندی شده در سه خوشه حاصله

خوشه	راهکارهای مربوطه
خوشه ۱	معاینه فنی موتورخانه، تنظیم مشعل‌های موتورخانه، نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه، آماده-سازی و شستشوی بویلرها، نصب عایق برای منبع انبساط باز، عایقکاری سیستمهای لوله کشی رادیاتور و آبگرم، عایقکاری منبع ذخیره آبگرم و منبع انبساط، عایق کاری حرارتی مناسب بر روی دیوارها، جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا، جایگزینی و نصب بویلر چگالشی، نصب درزگیر برای پنجره-ها و درهای ورودی، نصب مسدود کننده برای دریچه کولرها، استفاده از منبع آبگرم دوجداره در موتورخانه‌ها، نصب دریچه ورود هوا و تهویه در موتورخانه، دوجداره کردن پنجره-ها، نصب سیستم کنترل هوشمند موتورخانه
خوشه ۲	نصب سیستم کنترل احتراق، نصب منبع انبساط عایق‌دار، نصب عایق برای دیگ‌ها و لوله‌ها، عایق کاری حرارتی مناسب بر روی سقف خانه ها، عایق کاری حرارتی مناسب بر روی کف، نصب دمپر، اصلاح دودکش‌های موتورخانه، استفاده از رفلکتورها برای پشت رادیاتورهای پره‌ای، استفاده از مشعل‌های دارای تناسب با ظرفیت دیگ در موتوخانه‌ها، جایگزینی بویلر چگالشی
خوشه ۳	نصب دستگاه رسوب‌گیر، عایقکاری موتورخانه با استفاده از عایقهای الاستومری، نصب شیرهای ترموستاتیک برای رادیاتورها، استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، استفاده از مشعل های دمنده استاندارد به جای مشعل‌های اتمسفریک، استفاده از دیگ‌های استاندارد، تنظیم نسبت سوخت به هوا مشعل دیگ آبگرم و دیگ بخار

پس از استخراج راهکارها، تحلیل محتوای هریک از آنها انجام شده و متناسب با نوع و ماهیت و کارکرد هر راهکار، برچسب و گروه مربوطه مشخص شده است. بر این اساس معلوم گردید که راهکارها در گروه های زیر طبقه بندی شدند:

- بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه
- نصب و افزودن جزء جدید
- عایق کاری
- جایگزینی و تعویض

گروه متناسب با هر راهکار در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول ۹. گروه بندی محتوایی راهکارهای مستخرج

کد راهکار	عنوان راهکار	گروه محتوایی راهکار
R01	معاینه فنی موتورخانه	بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه
R02	تنظیم مشعل‌های موتورخانه	بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه
R03	نصب دستگاه رسوب‌گیر	نصب و افزودن جزء جدید
R04	نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه	نصب و افزودن جزء جدید
R05	نصب سیستم کنترل احتراق	نصب و افزودن جزء جدید
R06	آماده‌سازی و شستشوی بویلرها	بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه
R07	نصب منبع انبساط عایق‌دار	نصب و افزودن جزء جدید
R08	نصب عایق برای منبع انبساط باز	عایق کاری
R09	نصب عایق برای دیگ‌ها و لوله‌ها	عایق کاری
R10	عایقکاری سیستم‌های لوله کشی رادیاتور و آبگرم	عایق کاری
R11	عایقکاری منبع ذخیره آبگرم و منبع انبساط	عایق کاری
R12	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی سقف خانه ها	عایق کاری
R13	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی دیوارها	عایق کاری
R14	عایق کاری حرارتی مناسب بر روی کف	عایق کاری
R15	عایقکاری موتورخانه با استفاده از عایق‌های الاستومری	عایق کاری
R16	نصب دمپر	نصب و افزودن جزء جدید
R17	اصلاح دودکش‌های موتورخانه	بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه
R18	جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا	جایگزینی و تعویض
R19	جایگزینی و نصب بویلر چگالشی	جایگزینی و تعویض
R20	نصب درزگیر برای پنجره‌ها و درهای ورودی	نصب و افزودن جزء جدید
R21	نصب مسدود کننده برای دریچه کولرها	نصب و افزودن جزء جدید
R22	نصب شیرهای ترموستاتیک برای رادیاتورها	نصب و افزودن جزء جدید
R23	استفاده از رفلکتورها برای پشت رادیاتورهای پره‌ای	نصب و افزودن جزء جدید
R24	استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای	نصب و افزودن جزء جدید
R25	استفاده از مشعل های دمنده استاندارد به جای مشعل-های اتمسفریک	جایگزینی و تعویض
R26	استفاده از دیگ‌های استاندارد	جایگزینی و تعویض

کد راهکار	عنوان راهکار	گروه محتوایی راهکار
R27	استفاده از مشعل‌های دارای تناسب با ظرفیت دیگ در موتوخانه ها	جایگزینی و تعویض
R28	استفاده از منبع آبگرم دوجداره در موتورخانه‌ها	جایگزینی و تعویض
R29	نصب دریچه ورود هوا و تهویه در موتورخانه	نصب و افزودن جزء جدید
R30	دوجداره کردن پنجره‌ها	جایگزینی و تعویض
R31	نصب سیستم کنترل هوشمند موتورخانه	نصب و افزودن جزء جدید
R32	جایگزینی بویلر چگالشی	جایگزینی و تعویض
R33	تنظیم نسبت سوخت به هوا مشعل دیگ آبگرم و دیگ بخار	بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه

در جدول زیر تفکیک بین خوشه ها و گروه های راهکارهای شناسایی شده مشخص شده اند تا معلوم گردد که هریک از خوشه ها شامل چه تعداد از راهکارهای مربوط به هر گروه می باشد. گروه «بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه» شامل ۵ راهکار می باشد که ۳ تا از آنها در خوشه یک قرار دارند. گروه « جایگزینی و تعویض » شامل ۸ راهکار می باشد که ٤ تا از آنها در خوشه دو قرار دارند. گروه « عایق کاری » شامل ۸ راهکار می باشد که ٤ تا از آنها در خوشه یک قرار دارند. در نهایت گروه « نصب و افزودن جزء جدید » را باید مدنظر قرار داد که شامل ۱۲ راهکار می باشد که ۵ تا از آنها در خوشه یک قرار دارند.

جدول ۱۰. تعداد راهکارهای مربوط به هر نوع در هر خوشه

خوشه ها	تعداد راهکار از هر نوع در هر خوشه
خوشه ۱	**۱٦**
بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه	۳
جایگزینی و تعویض	٤
عایق کاری	٤
نصب و افزودن جزء جدید	۵
خوشه ۲	**۱۰**
بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه	۱
جایگزینی و تعویض	۲
عایق کاری	۳
نصب و افزودن جزء جدید	٤
خوشه ۳	**۷**
بازرسی، آماده سازی، تنظیم و تغییرات اولیه	۱
جایگزینی و تعویض	۲
عایق کاری	۱
نصب و افزودن جزء جدید	۳

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق ۳۳ راهکار کاهش مصرف گاز طبیعی در پایانه‌های حمل بار و مسافر گردآوری و دسته‌بندی شدند. برای ارزیابی و اولویت‌بندی راهکارهای مذکور پنج معیار مشخص: سهولت اجرای راهکار از نظر فنی (C1)، سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار (C2)، مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار (C3)، دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار (C4) و دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار (C5) مورد دقت نظر قرار گرفتند. وزن و درجه اهمیت هریک از معیارها با یکدیگر مساوی نمی‌باشد. از این رو بین دوبدوی معیارها مقایسات زوجی در طیف ۹ تایی صورت گرفته تا در نهایت ضرایب

وزنی معیارها محاسبه شود. سپس هریک از راهکارها در هریک از معیارها توسط گروهی از خبرگان در طیف لیکرت ۵ تایی مورد ارزیابی قرار گرفته و میانگین وزنی امتیازات حاصله به عنوان امتیاز مربوط به هریک از راهکارها و بر اساس ضرایب وزنی معیارها محاسبه شدند. راهکارهای بدست آمده از منظر امتیاز حاصله در شش گروه به صورت نزولی مرتب و طبقه‌بندی شده‌اند. راهکارهای "اصلاح دودکش‌های موتورخانه"، "جایگزینی و نصب مشعل با راندمان حرارتی بالا " و "نصب دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه" دارای بیشترین امتیاز بوده و در گروه‌های A و B قرار گرفته‌اند. پس از آن با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی K-Means، راهکارها به سه خوشه با ویژگی‌های متمایزی تقسیم گردیدند. به عنوان مثال خوشه اول شامل راهکارهایی بود که از نظر سهولت اندازه گیری کاهش مصرف گاز بواسطه اجرای راهکار (C2) و دسترسی به تکنیسین متخصص برای اجرای راهکار (C4) بالاتر از حد متوسط قرار دارند. همچنین وضعیت این گروه از راهکارها از منظر سهولت اجرای راهکار از نظر فنی (C1)، مدت زمان مناسب برای اجرای راهکار (C3) و دسترسی به قطعات و ابزارهای مورد نیاز برای اجرای راهکار (C5) پایین‌تر از متوسط می‌باشد.

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می شود که علاوه بر معیارهای مذکور در این تحقیق، معیارهای مرتبط و اثرگذار دیگر نیز برای بررسی و اولویت بندی راهکارها مورد دقت نظر قرار گیرند. مثلا تناسب و سازگاری با سایر راهکارهای کاهش مصرف و پتانسیل اشتغال زایی بواسطه ترویج و اجرای راهکار از سایر معیارهایی هستند که می توانند در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرند.

٦. پی‌نوشت‌ها

1. Energy Conservation Opportunity
2. Analytic Hierarchy Process
3. Clustering

۷. منابع

– کریمی، ت.، و صادقی مقدم، م.، و رهنمافلاورجانی، ر. (۱۳۸۹). بررسی اثر تغییرات دما بر مصرف گاز طبیعی در ایران. مطالعات اقتصاد انرژی, ٦(٢٤), ۱۹۳–۲۱۸.

– بختیاری، ص.، و یزدانی، م. (۱۳۹۱). اهمیت استراتژیک گاز طبیعی و لزوم مدیریت و اصلاح الگوی مصرف. راهبرد اقتصادی, ۱(۲), ۷۱–۹۲.

– وحیدا، ف.، و هرتمنی، ا.، و قنبری، ر. (۱۳۸۹). بررسی عوامل اجتماعی, فرهنگی و اقتصادی موثر بر اصلاح الگوی مصرف گاز خانواده های شهرستان سمیرم. علوم اجتماعی, ٤(۱۰), ۱–۳۰.

– شیخ الاسلامی، ع.، و فامیل شوقی، ق. (۱۳۸۹). ارزیابی روش های پهنه بندی مصرف گاز طبیعی در سطح محلات شهری همدان. فصل نامه جغرافیایی چشم انداز زاگرس, ۲(۵), ۱۰۳–۱۱۷.

– اشراق نیای جهرمی، ع.، و ایقانی یزدلی، ر. (۱۳۸۷). مدل سازی مصرف گاز طبیعی و فرآورده های نفتی, و بررسی امکان جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده های نفتی در ایران. مهندسی صنایع و مدیریت (شریف ویژه علوم مهندسی), ٢٤(٤٥ (ویژه مهندسی صنایع، مدیریت و اقتصاد)), ٦٥–۷۵.

– محقر، ع.، و مهرگان، م.، و ابوالحسنی، غ. (۱۳۸۹). به کارگیری تکنیک های تصمیم گیری در اولویت بندی مصرف و تخصیص بهینه گاز طبیعی با رویکرد فازی. مطالعات اقتصاد انرژی, ٦(٢٤), ۹۱–۱۱۹.

– جلیلیان، م. (۱۳۹۵). رده بندی انرژی چند ساختمان مسکونی طبق استاندارد ملی در شهر قم و بررسی اثر چند عامل موثر بر آن. مهندسی مکانیک مدرس, ۱۶(۱), ۳۶۱-۳۶٤.

– حسین زاده سامانی بهرام، حوری جعفری حامد. مدلسازی و پیش بینی میزان انرژی مصرفی در صنایع غذایی و فرآوری کشور به روش شبکه‌های عصبی مصنوعی. مهندسی مکانیک مدرس. ۱۳۹٤; ۱۵ (٦) :۲۲-۱٦

– عصاری، م.، و عصاره، ا.، و بهرنگ، م.، و قنبرزاده، ا. (۱۳۸۹). کاربردی از ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی مصنوعی برای بر آورد مصرف گاز طبیعی در ایران. تبدیل انرژی, ۱(۱), ۲۵-۳۱.

– رمضانی، ب.، و کاظم نژاد، ز. (۱۳۹۳). واکاوی و اقلیم بندی مجموع میانگین نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو گیلان با تاکید بر مصرف گاز طبیعی خانوار. مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی (چشم انداز جغرافیایی), ۹(۲٦), ۱-۱٦.

– امین ناصری، م.، و کوچک زاده، ا. (۱۳۸۷). مدل طراحی بهینه معماری برای شبکه های عصبی مصنوعی و به کارگیری آن در پیش بینی مصرف ماهانه نفت گاز کل کشور. مدرس علوم انسانی, ۱۲(٤ (پیاپی ۵۹) (پژوهشهای مدیریت در ایران)), ٦۹-۹۵.

– مصطفی پور، ع.، و میریان مهریان، س.، و یوسفی شریک آباد، س. (۱۳۹۷). بررسی علل تخریب لوله های انتقال بخار در یک موتورخانه نیمه صنعتی. نخبگان علوم و مهندسی, ۳(٤), ۱۱۸-۱۲٤.

– رجبانی، ن.، و ثقفی، ف.، و شکوری گنجوی، ح.، و کاظمی، ع. (۱۳۹۹). ارائه مدل مفهومی شبکه اهداف کاهش مصرف انرژی برق و گاز خانگی با استفاده از روش تفکر مبتنی بر ارزش. مطالعات راهبردی سیاست گذاری عمومی(مطالعات راهبردی جهانی شدن), ۱۰(۳٤), ۱۵۰-۱۷۱.

– نجفی لاریجانی، س.، و فاضل، س. (۱۳۹۷). مدیریت هوشمند انرژی در سیستم حمل و نقل برقی. مهندسی حمل و نقل, ۱۰(۱ (پیاپی ۳۸)), ۱۳۷-۱۵۰.

– محسنی، ر.، و رحیمی، ا.، و کاکاوند، م. (۱۳۹۷). تجزیه مصرف انرژی و بررسی عوامل موثر بر آن (مطالعه موردی: بخش حمل و نقل ایران). پژوهشنامه حمل و نقل, ۱۵(۵۷), ۱۷۵-۱۹٤.

– نیکوکار، ا.، و ناطق، ت.، و غریبی، ج. (۱۳۹٦). بهینه سازی مصرف انرژی در حمل و نقل ریلی شهری (مطالعه موردی: مترو تهران). اقتصاد و مدیریت شهری, ۵(۲ (پیاپی ۱۸)), ۵۷-۷۵.

ارائه تحلیل و دسته‌بندی راهکارهای کاهش مصرف گاز در موتورخانه‌های پایانه‌های حمل و نقل با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی و خوشه‌بندی

عبدالرحمن حائری، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه صنعتی اصفهان أخذ نمود. ایشان در سال ۱۳۸۷ موفق به کسب درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه صنعتی شریف گردید. او در سال ۱۳۹۱ درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع را از پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران دریافت نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان تحلیل داده، داده کاوی و تحلیل پوششی داده ها بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران می باشد.