

ارزیابی دانش انرژی و مسائل زیست محیطی آن با منطق فازی (شهر کرمان)

علیرضا شکیبائی

دانشیار دانشکده‌ی مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان ashakibae@yahoo.com

سید فرزاد موسوی*

کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان zadfarzad@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۱۲

چکیده

انرژی یکی از نهاده‌های مهم اقتصادی می‌باشد که نقش اساسی در توسعه‌ی اقتصادی جامعه ایفا کرده و استفاده‌ی ناکارآمد از آن چالش‌های بزرگ اقتصادی و زیست محیطی ایجاد می‌کند. شواهد نشان می‌دهد که در ایران انرژی به صورت غیر کارآمد استفاده می‌شود. طرح هدفمندی یارانه‌های انرژی در ایران یکی از اقدامات مهم برای این موضوع می‌باشد. از سویی موفقیت هر طرحی در گرو بالا بردن مشارکت عمومی است و مشارکت بدون دانش عمومی امکان پذیر نمی‌باشد، لذا ارزیابی این دانش برای موفقیت این طرح از ضروریات است، تا براساس میزان آگاهی و دانش عمومی مردم راهبرد و برنامه مناسب برای ارتقاء آن پیشنهاد شود. روش تحقیق این مطالعه میدانی و تکنیک تجزیه و تحلیل آن منطق فازی می‌باشد. جامعه آماری مصرف کنندگان انرژی بخش خانگی شهر کرمان است که مورد ارزیابی دانش و آگاهی انرژی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از بررسی و تجزیه و تحلیل ۴۰۰ پرسشنامه نشان می‌دهد که از سرفصل‌های ارزیابی آگاهی و دانش انرژی بطور متوسط شهروندان کرمانی نمره ۳۸/۷۳ از ۱۰۰ را به دست آورده‌اند که نشان از پایین بودن سطح آگاهی در این زمینه دارد. پایین‌ترین نمره‌ی ارزیابی مربوط به دانش مصرف برق در خانه‌ها و بالاترین نمره مربوط به آگاهی از آلودگی ناشی از مصرف انرژی می‌باشد.

طبقه بندی JEL: Q40, Q50

کلید واژه: مجموعه‌ی فازی، منابع انرژی، مصرف انرژی، مصرف برق، حفاظت انرژی، آلودگی انرژی، سیاست و قیمت‌گذاری انرژی

۱- مقدمه

انرژی یکی از نهاده‌های مهم اقتصادی محسوب می‌شود که نقش بسیار مهمی در توسعه‌ی اقتصادی هر جامعه ایفا می‌کند. در صورتی که از این منبع مهم اقتصادی به‌صورت کارآمد استفاده نشود، نه تنها از لحاظ اقتصادی، بلکه از لحاظ زیست‌محیطی نیز کشور دچار چالش‌های عمده خواهد شد. مطالعه‌ی بهبودی (۱۳۸۷) در ارتباط با اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی در ایران نشان می‌دهد که یک درصد افزایش در شدت استفاده‌ی انرژی سبب افزایش ۰/۹۲ درصدی انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسید کربن و آلودگی محیط زیست شده است.

هم‌اکنون شدت انرژی در ایران بیش از چهار برابر متوسط جهانی و بیش از هفت برابر کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه^۱ OECD و بیش از پانزده برابر ژاپن است (ترازنامه‌ی انرژی، سال ۱۳۸۹). این شواهد نشان می‌دهد که انرژی به‌صورت غیرکارآمد در جامعه استفاده می‌شود. طرح هدفمند کردن یارانه‌های انرژی در ایران یکی از اقدامات مهم برای این موضوع می‌باشد. موفقیت هر طرحی در گرو بالا بردن دانش عمومی در اجرای آن طرح است. ارزیابی این دانش برای موفقیت این طرح از ضروریات می‌باشد. چنان‌که در مطالعه‌ی غضنفری (۱۳۸۲) بر روی کارخانجاتی که تعدادی از کارمندان یا مدیران آن‌ها، در زمینه‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی دیده‌اند، مشاهده شده که آموزش و آگاه‌سازی تأثیرهای به‌سزایی در کاهش مصرف انرژی داشته است.

تغییرات دانش انرژی با بسیاری از متغیرها که به ابعاد اقتصادی-اجتماعی و شخص وابسته هستند، مرتبط شده است. تلاش‌های زیادی برای نشان دادن ارزیابی برنامه‌های آگاهی عمومی و حفاظت انرژی انجام گرفته است.

نتایج نشان می‌دهد که منافع مورد انتظار از برنامه‌های آگاهی عمومی در کشورهای توسعه یافته مانند آمریکا و اروپا بین ۱۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد (آلکوت^۲، ۲۰۱۱) و این اهمیت دانش استفاده‌ی درست از انرژی را مشخص می‌کند. حتی مطالعات در کشورهای توسعه یافته، در مورد اثرات اقتصادی-اجتماعی و رفتار مردم بر مصرف کارای انرژی در خانه نشان می‌دهند که شواهدی از مصرف بیش از اندازه‌ی انرژی و رفتار افراط کارانه‌ی مصرف انرژی، حتی در خانه‌های فقیر هم وجود دارد و این به علت

1- Organization for Economic Co-operation and Development

2- Allocott

عدم آگاهی عمومی و فقدان جایگاه التزام دهنده‌ی حفاظت انرژی می‌باشد (یانگ^۱ و کوئن^۲، ۲۰۱۱).

در تحقیق پیش رو با استفاده از منطق فازی، روشی برای ارزیابی دانش عمومی انرژی در بخش خانگی بسط داده شده است. یک پرسشنامه‌ی خاص مربوط به دانش انرژی طراحی و توزیع شده است، به طوری که بررسی‌های میدانی در میان توده‌های مختلف جامعه را انجام می‌دهد. این پرسشنامه، دانش انرژی مردم را در شش زمینه مباحث مربوط می‌سجد و هر کدام از سؤالات در تمامی گروه‌ها با استفاده از خیلی قابل قبول، قابل قبول و غیرقابل قبول پاسخ داده می‌شود.

در حال حاضر بیش تر سیستم‌های خبره در حل مسایل مهندسی و دیگر حوزه‌های علمی مورد استفاده قرار می‌گیرند و کاربرد آن‌ها در زمینه‌های عملی از جمله جنبه‌های مالی و مدیریتی در حال افزایش است. سیستم‌های گوناگونی برای تخمین مصرف انرژی و یا الکتریسیته در بخش‌های مختلف از جمله بخش خانگی و تولیدی و نیز برای تخمین حجم ترافیکی در تصادفات یا برای پیش‌بینی مصرف آب و همچنین در ارزیابی انواع سیستم‌های انرژی استفاده شده است.

در ادامه در بخش ۲، مروری بر مطالعات پیشین و سوابق تحقیق انجام می‌گیرد. سپس در بخش ۳، روش شناسی تحقیق که شامل روش شناسی منطق فازی می‌باشد بیان شده و در بخش ۴، یافته‌های تحقیق و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌شود.

۲- مروری بر مطالعات پیشین

به طور کلی دو دیدگاه در رابطه با مصرف انرژی می‌تواند وجود داشته باشد. که یکی از نظر فنی و تکنولوژی و دیگری از نظر رفتاری و غیرفنی مطرح می‌شود. اهمیت آگاهی و اطلاعات چه در امر صرفه‌جویی انرژی و چه در پذیرش سوخت‌های نوین و جایگزین برای منابع پایان‌پذیر فعلی کاملاً مشخص شده است، به گونه‌ای که سلیمی فر و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای که در چهار چوب یک تابع تولید کاپ-داگلاس، تأثیر عوامل تولید مشتمل بر تکنولوژی، سرمایه فیزیکی و نیروی کار بر شدت مصرف انرژی در ایران را بررسی می‌کند نشان داده است که سه عامل تکنولوژی، سرمایه‌ی فیزیکی و

1- Young

2- Koen

نیروی کار در دوره‌ی ۱۳۸۶-۱۳۵۳، به طور متوسط شدت انرژی را سالانه ۱/۳۹۲۹۵ درصد افزایش داده‌اند و این در صورتی است که آمار و ارقام نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی در ایران به طور متوسط سالانه حدود ۳/۶۹ درصد رشد داشته است، لذا می‌توان نتیجه گرفت که بخش عمده‌ی رشد شدت انرژی (یعنی سالانه در حدود ۲/۳ درصد) نتیجه‌ی عوامل احتمالی دیگر از قبیل پایین بودن قیمت نسبی حامل‌های انرژی، ساختار اقتصادی، رشد جمعیت، رشد شهرنشینی و عوامل دیگر بوده است. یاور (۱۳۸۹)، نشان داده است که متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، اندازه‌ی جمعیت و نسبت جامعه شهری (شهرنشینی)، در سطح معنی داری بالایی دارای اثرگذاری مثبت روی مصرف انرژی هستند. افزون بر این، اثرگذاری متغیر گروه‌های سنی جمعیت روی مصرف انرژی معنی‌دار است، بنابراین آگاهی از پیامدهای تغییرات جمعیتی از بعد اندازه و ساختار سنی با توجه به روند فزاینده‌ی مصرف انرژی در ایران و کشورهای منطقه، برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های آتی می‌تواند اثر بخش باشد.

مطالعه‌ای در صنعت فولاد چین با در نظر گرفتن بهره‌وری انرژی کشور ژاپن به عنوان مبنا نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۸ پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در صنعت فولاد چین معادل ۲۰۰ میلیون تن زغال سنگ بوده است که می‌تواند تا سال ۲۰۲۰ به مرز ژاپن برسد. هم‌چنین این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در صرفه‌جویی انرژی، بهره‌وری نیروی کار و تمرکز صنایع، جزء عوامل مهم در کاهش شدت انرژی هستند. (بوکیانگ^۱، ۲۰۱۱)

گسترش حفاظت انرژی و بهره‌وری هر بخش یکی از مقرون به صرفه‌ترین ابزار برای کاهش واردات انرژی، کسری تراز تجاری و اثرات مخرب زیست محیطی می‌باشد. به‌این دلایل صرفه‌جویی انرژی و بالا بردن بهره‌وری از سال ۱۹۷۰ جزء اصلی‌ترین سیاست‌های انرژی در ایالات متحده بوده است. (دیکسون و همکاران^۲، ۲۰۱۰)

مایکل بادلی^۳ (۲۰۱۱)، بیان می‌کند که تغییرات آب و هوایی و مشکلات محیطی ناشی از مصرف انرژی از یک سو و تخلیه‌ی روز افزون منابع انرژی، مشکلات چند وجهی و پیچیده‌ای را ایجاد کرده است و نشان می‌دهد که راه حل‌های فنی و تکنولوژیکی نقش بسیار مهمی در حل این مسائل دارند، به شرطی که مهندسی تغییر رفتار در

1- Boqiang

2- Dixon

3- Baddely

خانه‌ها و بنگاه‌ها و توجه بیش‌تر به اقتصاد رفتاری انجام گیرد. مطالعه‌ی مارشال^۱ (۲۰۱۰)، که تأثیر رفتار بر مصرف انرژی را بررسی کرده است، بیان می‌دارد که رفتار ما غالباً به وسیله‌ی عادات ما هدایت می‌شود و لذا عادات را گونه‌ی نه چندان هوشیارانه از رفتار ما می‌داند که در مواردی با تئوری انتخاب عقلانی در تضاد است. این مطالعه تناقض بهره‌وری در انرژی و افزایش مصرف انرژی با وجود افزایش آگاهی‌ها در مورد آلودگی‌های ناشی از مصرف انرژی را به صورت غیرعمدی و ناشی از عادات ما می‌داند، بنابراین سیاست‌هایی که هدف کاهش مصرف انرژی را دنبال می‌کنند باید به صورت ویژه‌ی عملکرد عادات را مورد هدف قرار دهند.

هم‌چنین مطالعه آلکوت^۲ (۲۰۱۱)، در ایالات متحده نشان می‌دهد که مداخلات غیر قیمتی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش مصرف انرژی برق خانوارها داشته باشد. مطالعه‌ی دیگری تغییرات در فرآیندهای تولید و نوع انرژی مورد استفاده و حرکت به سمت سوخت جایگزین در جهت کاهش مصرف انرژی را بررسی می‌کند. (مدلول^۳، ۲۰۱۱)

تحقیقی در زمینه‌های تکنولوژیکی صرفه‌جویی از جمله به‌کارگیری موتورها و دستگاه‌های با بازدهی بالا، درایوهای سرعت متغیر، ذخیره‌کننده‌ها و پیشگیری از نشت و کاهش افت فشار متمرکز شده است و ضمن بررسی هر مورد در جهت کاهش مصرف انرژی، به بررسی دوره‌های بازپرداخت هزینه‌ها نیز می‌پردازد. (عبدالعزیز و همکاران^۴، ۲۰۱۱)

نتایج حاصل از تحقیق یاهانیس^۵ و گوشو^۶ (۲۰۱۲)، در انگلستان نشان می‌دهد که ۳۵ درصد خانه‌ها می‌توانند بهره‌وری انرژی خود را با بهبود عایق‌بندی مخازن خود افزایش دهند. در چند سال گذشته تنها ۳ درصد از خانه‌ها از دیگ‌های بخار متراکم استفاده کرده‌اند و این نشان می‌دهد که از مزایای آن بی‌اطلاعند. اگر چه ۸۸ درصد خانه‌های بررسی شده بخشی از خرید لوازم برقی خود را در دو سال گذشته انجام داده‌اند، ولی تنها ۱۶ درصد در مورد رتبه‌ی انرژی لوازم خریداری شده نظر داده‌اند. هم‌چنین استفاده از لامپ‌های کم مصرف در آشپزخانه‌ها رایج‌تر از سایر اتاق‌ها بوده

1- Marshal

2- Allocott

3- Madool

4- Abdelaziz

5- Yahanis

6- Goshu

است و ۲۰ تا ۳۵ درصد خانوارها تمایل به سرمایه‌گذاری در اقدامات منجر به صرفه‌جویی انرژی دارند، اما هزینه‌ها یک مانع کلیدی است. نکته‌ی مهم در این مطالعه اینست که ۸۴ درصد از افراد مورد بررسی، از رتبه‌بندی انرژی لوازم الکتریکی خود بی‌اطلاع بوده‌اند و قیمت و نام تجاری کالا عامل مهم‌تری در خرید دستگاه و وسایل جدید بوده است، لذا تحقیق مورد نظر ارائه‌ی اطلاعات مناسب برای عموم مردم در مورد کنترل دما، بهره‌وری دستگاه‌ها، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و موارد این‌چنینی را لازم الاجرا می‌داند. مطالعه‌ی دیگری در خصوص تقاضای انرژی بخش خانگی در ایتالیا بیان می‌دارد که سیاست‌های انرژی در سال‌های بعد باید با توجه به مشخصه‌ها و رفتار خانواده‌ها انجام گیرد. (ایوان^۱، ۲۰۱۱)

هم‌چنین به منظور تجزیه و تحلیل تمایل خانوارهای سوئدی به افزایش تلاش روزانه در صرفه‌جویی مصرف برق مطالعه‌ای انجام گرفته است که هم جنبه‌های اقتصادی و هم هنجارها را در توضیح این رفتار مهم می‌داند. نتایج به‌دست آمده از ۱۲۰۰ نظرسنجی پستی نشان داده‌اند که هزینه‌ها، نگرش زیست محیطی و تعاملات اجتماعی مهم‌ترین عوامل مؤثر در صرفه‌جویی مصرف برق در خانوارهای سوئدی هستند. (کریستینا و پاتریک^۲، ۲۰۱۰)

ساترلین^۳ (۲۰۱۱)، مصرف‌کنندگان انرژی را بر اساس ویژگی‌های رفتاری مرتبط با انرژی تقسیم‌بندی می‌کند و نشان می‌دهد که با طبقه‌بندی مصرف‌کنندگان انرژی به آرمان‌گرا، غیرمنطقی، صرفه‌جو، وابسته به مادیات، بی‌تفاوت و آگاه، نتایج بهتری در بررسی صرفه‌جویی انرژی به‌دست می‌آید.

۳- روش شناسی تحقیق

در منطق کلاسیک، ارزیابی از طریق نمره قطعی انجام می‌گیرد، اما در دنیای واقعی، به دست آوردن انتصاب نمره قطعی به متغیرهای کیفی بسیار دشوار است. از سوی دیگر، تصمیم‌گیران، معمولاً از عبارات زبانی مانند بالا، متوسط، کم و... استفاده می‌کنند و آن را به جای ارزش‌های عددی در ارزیابی خود به کار می‌برند. منطق فازی به ما کمک می‌کند که بتوانیم ارزش‌های غیرقطعی را صورت‌بندی و مدل‌بندی کنیم و

1- Ivan

2- Kristina & Patric

3- Autterlin

سپس براساس روابط منطقی از آن‌ها استنتاج داشته باشیم. نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی عسکرزاده عرضه شده است. منطق فازی تکامل یافته‌ی منطق کلاسیک است.

برای مدل‌سازی فازی، دو نوع سیستم استنتاج فازی وجود دارند، نوع ممدانی^۱ و نوع ساگینو^۲. این دو نوع سیستم به دلیل تفاوت در روش خروجی‌ها از هم متمایز می‌شوند. در روش ساگینو، برخلاف ممدانی، تابع عضویت داده‌های خروجی خطی بوده و یا یک مقدار ثابت است. بسته به نوع داده‌های موجود و پارامتر مورد نیاز یکی از روش‌های فوق استفاده می‌شود. که در این جا سیستم استنتاج فازی ممدانی به کار می‌رود، زیرا باید خروجی‌ها عدد باشند.

مجموعه‌ی فازی

یک بیان متداول از مجموعه‌ی فازی به صورت زیر است:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \text{ s. t } x \in X\} \quad (1)$$

که x عضوی از مجموعه‌ی X و $\mu_A(x)$ تابع عضویت مجموعه‌ی A می‌باشد که عضویت مجموعه‌ی فازی A در مجموعه‌ی عالم مباحثه را نشان می‌دهد (زاده، ۱۹۶۵).

مجموعه‌ی فازی \tilde{A} را می‌توان به صورت‌های زیر بیان کرد:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \frac{\tilde{A}(x)}{x} \text{ اگر } X \text{ نامتناهی باشد} \quad (2)$$

$$\tilde{A} = \sum_{x \in X} \frac{\tilde{A}(x)}{x} \text{ اگر } X \text{ باشد متناهی} \quad (3)$$

که $\frac{\tilde{A}(x)}{x}$ بیانگر میزان عضویت $x \in X$ برابر با $\tilde{A}(x)$ می‌باشد.

عدد فازی و تابع عضویت آن

یک تابع عضویت برای مجموعه‌ی فازی A در عالم مباحثه‌ی X ، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_A = X \rightarrow [0,1] \quad (4)$$

که هر عضو از X به مقداری بین ۰ و ۱ نگاشته می‌شود.

1- Mamdani

2- Sugeno

در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی و دوزنقه‌ای برای متغیرهای ورودی و خروجی استفاده شده است. با کمک میانگین و انحراف معیار داده‌های موجود برای هر متغیر، پارامترهای لازم برای توابع عضویت استخراج شده‌اند.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ یا } x \geq b \\ \frac{x-a}{m-a} & a \leq x < m \\ \frac{b-x}{b-m} & m < x < b \end{cases} \quad (۵) \text{ تابع عضویت مثلثی}$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x < d \\ 0 & d < x \end{cases} \quad (۶) \text{ تابع عضویت دوزنقه‌ای}$$

برای تعیین توابع عضویت هر یک از متغیرهای ورودی، یک مجموعه‌ی فازی با ۳ عضو تعریف می‌شود. اعضای مجموعه متغیرهای ورودی عبارتند از: خیلی قابل قبول، قابل قبول، غیرقابل قبول. برای تعیین توابع عضویت متغیرهای ورودی، ابتدا باید برای هر متغیر میانگین و انحراف معیار داده‌ها را در هر یک از حالات مورد بررسی، پیدا کرد. مقدار میانگین برای هر یک از داده‌ها، مقدار متوسط را به دست می‌دهد. پس از آن که میانگین برای همه‌ی متغیرها معین شد، سطوح همراه یکم یا اندازه‌ی داده‌ها نیز محاسبه می‌شود. این کار با محاسبه‌ی یک انحراف معیار حول و حوش مقدار نرمال (متوسط) در هر حالت انجام می‌گیرد.

برای تعیین تابع عضویت متغیر خروجی، یک مجموعه فازی با ۳ عضو تعریف می‌شود که اعضای مجموعه‌ی متغیر خروجی عبارتند از: ضعیف، متوسط، خوب.

روابط فازی

روابط فازی برای مدل کردن قوانین فازی تعریف شده و سیستم فازی نیز بر پایه‌ی "پایگاه قواعد" فازی طراحی می‌شوند. هر قانون "اگر-آن‌گاه" یک رابطه‌ی فازی را می‌سازد.

پایگاه قواعد

شکل رایج بیان عبارت‌های زبانی در حیطه‌ی دانش و معلومات بشری، به کارگیری عبارات منطقی "اگر- آن‌گاه" است. که حامل تجربیات و تئوری‌ها می‌باشد. این فرآیند در ساختن سیستم استنتاج فازی، اهمیت بسیار دارد. تعداد قوانین به تعداد ورودی‌ها، تعداد توابع عضویت بر روی هر ورودی و انواع مجموعه فازی بستگی دارد.

اعمال فرآیند دلالت

ورودی یک عدد است. فرآیند دلالت برای تمامی قوانین به کار رفته اعمال می‌شود و خروجی یک مجموعه فازی خواهد بود. وزن هر قانون نیز اعمال می‌شود. در بسیاری از حالات وزن قوانین یکسان می‌باشد. وزن‌ها بر فرآیند دلالت بی‌اثرند.

اجتماع تمامی خروجی‌ها

در این مرحله تمام مجموعه‌های خروجی هر قانون به یک مجموعه فازی واحد تبدیل می‌شود. ورودی این فرآیند فهرستی از توابع خروجی است که به وسیله فرآیند دلالت برای هر قانون ایجاد شده است و خروجی آن یک مجموعه‌ی فازی برای هر متغیر خروجی می‌باشد. در این تحقیق تنها یک متغیر خروجی وجود دارد.

فازی زدایی

روش‌های زیادی برای غیر فازی کردن وجود دارد. در این مطالعه از روش غیرفازی سازی مرکز ثقل^۱ استفاده می‌شود. این روش توسط ساگینو در سال ۱۹۸۵ توسعه داده شده است. این روش دارای بیش‌ترین کاربرد است و دقت بالایی دارد. روش مرکز ثقل به صورت زیر قابل بیان است:

$$x^* = \frac{\int \mu_{\text{output}}(x)x dx}{\int \mu_{\text{output}}(x)dx} \quad (7)$$

که x^* خروجی غیرفازی شده، $\mu_{\text{output}}(x)$ تابع عضویت ترکیب شده^۲ و x متغیر خروجی می‌باشد.

1- Centroid Defuzzification Technique

2- Aggregated Membership Function

۴- یافته‌های تحقیق

برای استفاده از روش‌شناسی فازی سرفصل‌های دانش انرژی به شش بخش به صورت زیر تقسیم و در ارزیابی دانش انرژی به هر کدام وزن یکسان داده شده است.

^۱ A₁- دانش منابع انرژی

^۲ A₂- دانش مصرف انرژی

^۳ A₃- دانش مصرف برق در خانه‌ها

^۴ A₄- دانش مربوط به تلاش‌های حفاظت انرژی در خانه‌ها

^۵ A₅- دانش مربوط به آلودگی‌های ناشی از مصرف انواع انرژی

^۶ A₆- دانش مربوط به سیاست انرژی و قیمت انواع انرژی

سرفصل اول، دانش منابع انرژی است که از طریق ۸ سوال زیر ارزیابی شده است:

۱- ایران یکی از دارندگان مهم منابع انرژی دنیاست.

۲- ایران به واردات بنزین برای تقاضای داخلی وابسته است.

۳- هزینه‌ی انرژی وارداتی بالاست و بار زیادی بر اقتصاد ملی وارد می‌کند.

۴- منابع انرژی بومی درصد زیادی از تقاضای داخلی را پوشش می‌دهند.

۵- انرژی خورشیدی و انرژی هسته‌ای، منابع انرژی آینده‌ی ایران را تشکیل می‌دهد.

۶- بیش‌تر جمعیت به امکانات برقی دسترسی دارند.

۷- تقاضای انرژی با سرعت زیادی در ایران روبه رشد است.

۸- قسمتی از بنزین مصرف شده از خارج وارد می‌شود.

سرفصل دوم، ارزیابی دانش مصرف انرژی که از طریق ۶ سوال زیر انجام گرفته است:

۱- بخش حمل و نقل مصرف‌کننده‌ی اصلی انرژی است.

۲- بخش خانگی در حدود ۲۵ درصد از تقاضای کل انرژی را مصرف می‌کند و

دومین مصرف‌کننده‌ی بزرگ بعد از بخش حمل و نقل می‌باشد.

۳- بخش صنعتی در رتبه‌ی سوم است، اما در همان حدود بخش خانگی می‌باشد.

۴- بخش کشاورزی کم‌ترین وابستگی به انرژی را دارد.

1- Knowledge about energy sources

2- Knowledge about energy consumption

3- Knowledge about electricity consumption in households

4- Knowledge about energy conservation practices in households

5- Knowledge about pollution resulting from using various energy forms

6- Knowledge about energy policy and pricing

۵- میانگین سرانه‌ی مصرف انرژی، بیش‌تر از کشورهای همسایه می‌باشد.
 ۶- هزینه مصرفی خانوارها برای انرژی کل (برق، گاز و سایر سوخت‌ها) زیاد بوده و بخش زیادی از درآمد خانواده را دربرمی‌گیرد.
 سرفصل سوم، ارزیابی دانش مصرف برق در خانه‌ها که از طریق ۶ سوال زیر انجام شده است:

۱- یخچال بیش‌ترین مصرف برق خانه را دارد.
 ۲- فریزر دومین مصرف کننده‌ی برق خانگی است.
 ۳- لامپ‌ها در رتبه‌ی سوم مصرف برق قرار دارند.
 ۴- سیستم تهویه مطبوع در رتبه‌ی چهارم مصرف برق خانگی قرار دارد.
 ۵- ماشین لباسشویی در رتبه‌ی پنجم مصرف برق قرار دارد.
 ۶- بخاری‌های برقی در رتبه‌ی ششم مصرف برق قرار دارند.
 سرفصل چهارم، ارزیابی دانش مربوط به تلاش‌های حفاظت انرژی در خانه‌ها که از طریق ۹ سوال زیر انجام شده است:

۱- بخاری‌ها و آبگرمکن‌های خورشیدی در صرفه‌جویی مؤثرند.
 ۲- خانه‌های دارای عایق حرارتی، مصرف انرژی کم‌تری را در زمستان و تابستان دارند.

۳- خانه‌های دارای سیستم حرارتی مرکزی، حرارت درون خانه را برای فراهم آوردن وضعیت مطلوب و راحت و کم هزینه انرژی کنترل می‌کنند.
 ۴- خاموش کردن لامپ‌ها در مواقع غیرلازم، هزینه ماهیانه‌ی برق را کاهش می‌دهد.

۵- استفاده از لامپ‌های کم مصرف، راه مناسبی برای مصرف درست برق می‌باشد.
 ۶- شیوه‌های طبیعی تهویه و یا گرمایش به جای ابزار مصنوعی، مصرف انرژی در خانه‌ها را کاهش می‌دهد.

۷- نگهداری و استفاده از وسایل برقی براساس دستورالعمل کارخانه‌ی سازنده انجام می‌گیرد.

۸- استفاده از انرژی در مواقع لازم، هدردهی انرژی را کاهش داده و بازدهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۹- برای ایرانی‌ها، کاربرد روش‌های کارا تر و مؤثرتر برای صرفه‌جویی انرژی در بخش‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

سرفصل پنجم، ارزیابی دانش مربوط به آلودگی‌های ناشی از مصرف انواع انرژی که از طریق ۸ سوال زیر انجام شده است:

- ۱- نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌های نفتی، محیط زیست را آلوده می‌کنند.
- ۲- کیفیت هوا در حاشیه‌ی شهرها و مناطق روستایی بهتر از مناطق شهری است.
- ۳- سوخت‌ها و نشت مواد نفتی، منابع آبی و خاکی را آلوده می‌کند.
- ۴- کیفیت هوا در خانه به نوع سیستم حرارتی (مرکزی، بخاری نفتی یا گازی، بخاری برقی) و نرخ جابه‌جایی هوا (تهویه) بستگی دارد.
- ۵- بخاری قابل حمل و نقل گازی و نفتی در فضاهای سرپسته، منجر به آلودگی‌های گازی شده و ممکن است به خفگی و مرگ منجر شود.
- ۶- بی‌دقتی و ناآشنایی در استفاده از شکل‌های متفاوت انرژی مهم‌ترین علت حوادث خانگی است.
- ۷- حفاظت انرژی، هزینه‌ی انرژی در سطح ملی و فردی و همچنین آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد.

۸- کیفیت و مشخصات سوخت اثر مستقیمی بر نوع و تمرکز آلودگی دارد.
سرفصل ششم، ارزیابی دانش مربوط به سیاست انرژی و قیمت‌گذاری در ایران که از طریق ۱۳ سوال زیر ارزیابی شده است:

- ۱- قیمت خرده فروشی گازوئیل کم‌تر از هزینه‌ی واقعی آن است.
- ۲- دولت نفت را برای کمک به خانواده‌های کم درآمد با یارانه می‌فروشد.
- ۳- قیمت خرده فروشی سیلندر گاز کم‌تر از هزینه‌ی واقعی آن است.
- ۴- تعرفه‌ی در حال حاضر برق، قابل قبول بوده و مشکلی برای خانوارها به وجود نمی‌آورد.
- ۵- دولت باید برای بهبود وضعیت سوخت تولیدی داخل کشور تلاش کند.
- ۶- دولت باید برای توسعه‌ی برنامه‌های آگاهی دهنده‌ی عمومی که منجر به فعالیت‌های بهتر حفاظت انرژی می‌شود، تلاش کند.
- ۷- دولت باید گروه‌های مختلف از مردم را برای صرفه‌جویی‌هایی در انرژی، با استفاده از فراهم کردن مشوق‌های اقتصادی و مالی و برنامه‌های هدف‌دار، تشویق کند.
- ۸- دولت باید قوانین موجود غیرفعال را که به بهبود بازدهی و کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند، احیا نماید.
- ۹- دولت باید استانداردها و فعالیت‌های حقوقی در رابطه با حفاظت انرژی در بخش‌های مختلف و کاربران را توسعه دهد.

۱۰- اصلاح صورت حساب ماهانه‌ی برق که دارای اطلاعات بیش‌تری باشد، یعنی این‌که شامل اطلاعات جدید، دستورات‌عمل‌ها و روش بهتر صرفه‌جویی انرژی باشد، بایستی انجام گیرد.

۱۱- قیمت وسایل با بازدهی بالا بیش از وسایل سنتی است.

۱۲- سیاست‌های دولت در مورد واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی (برق، انواع سوخت و...) بر کاهش مصرف انرژی تأثیر زیادی دارد.

۱۳- سیاست‌های دولت در مورد پرداخت نقدی و مستقیم برای جبران قدرت خرید مردم پس از واقعی کردن قیمت انرژی (برق، انواع سوخت‌ها،...) مؤثر است.

داده‌ها از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شده‌اند. جامعه‌ی آماری شهر کرمان است. نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. با توجه به این‌که برآورد جمعیت شهر کرمان در سال ۱۳۹۰ (که همان جامعه‌ی آماری است) کم‌تر از ۷۵۰۰۰۰ نفر می‌باشد و با استفاده از فرمول کوکران در سطح ۹۵ درصد اطمینان، نمونه‌ای به حجم ۴۰۰ نفر انتخاب شده است.

در فرمول مورد نظر حجم نمونه برابر است با :

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N-1) d^2 + p q} \quad (8)$$

که مقادیر جمعیت کل N ، خطا d ، p و q به ترتیب برابر با ۷۵۰۰۰۰ و ۰/۵ و ۰/۵ می‌باشد. مقدار Z نیز برابر با ۱/۹۶ است که معمولاً برابر با ۲ فرض می‌شود. نمونه‌ی جمع‌آوری شده حاوی اطلاعات لازم از دانش مردم شهر کرمان در شش زمینه‌ی دانش منابع انرژی، دانش مصرف انرژی در ایران، دانش مصرف برق در خانه‌ها، دانش مربوط به تلاش‌های حفاظت انرژی در خانه‌ها، دانش مربوط به آلودگی‌های ناشی از مصرف انواع انرژی و دانش مربوط به سیاست انرژی و قیمت‌گذاری در ایران می‌باشد. اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار Excel سامان‌دهی شده است و تجزیه و تحلیل صورت گرفته بر روی آن‌ها با استفاده از منطق فازی و به کمک نرم‌افزار MATLAB انجام شده است.

همان‌طور که گفته شد برای ارزیابی دانش انرژی شهروندان کرمانی شش سر فصل تنظیم شده که در مجموع اطلاعات از طریق ۵۰ سوال به دست آمده است.

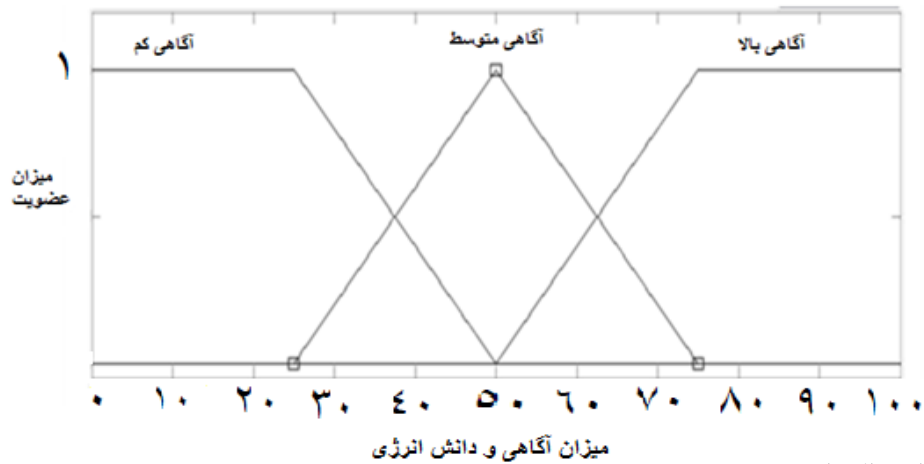
نتایج جمع‌آوری شده با وزن یکسان برای هر سوال از هر سرفصل در سه گزینه‌ی خیلی قابل قبول، قابل قبول، غیرقابل قبول در جدول (۱) خلاصه شده‌اند:

جدول ۱- داده‌های حاصل از نتایج پرسشنامه‌ها (input)

شرح	میانگین خیلی قابل قبول	میانگین قابل قبول	میانگین غیرقابل قبول	میانگین	انحراف معیار
A ₁	۱۷۹/۴	۱۸۴	۳۶/۵۷	۱۳۳/۳	۶۸/۵
A ₂	۱۰۱/۳۳	۱۸۴	۱۱۴/۶۶	۱۳۳/۳	۳۶/۳
A ₃	۶۴	۲۱۳/۳۳	۱۲۲/۶۶	۱۳۳/۳	۶۱/۲
A ₄	۱۵۱/۱۱	۱۹۳/۷۸	۵۵/۱۱	۱۳۳/۳	۵۷/۹
A ₅	۱۷۶	۱۸۶/۶۷	۳۷/۳۳	۱۳۳/۳	۶۸/۱
A ₆	۱۵۷/۵۴	۱۵۵/۰۱	۸۷/۳۸	۱۳۳/۳	۳۲/۴۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

پس از تجزیه و تحلیل نتایج در سیستم فازی، شاخص مقداری مربوط به میزان دانش مردم کرمان از وضعیت انرژی استخراج می‌شود. نتایج خروجی نسبت به بازه‌ی [۰-۱۰۰] سنجیده می‌شود. عدد ۱۰۰ در صورت آگاهی کامل و عدد صفر عدم آگاهی را نشان می‌دهد. شکل (۱) بیانگر تابع عضویت متغیر خروجی می‌باشد.



ماخذ: یافته‌های تحقیق

شکل ۱- تابع عضویت میزان آگاهی

نتایج حاصل از بررسی هر کدام از شش دسته دانش مرتبط در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲- میزان آگاهی مردم از دانش انرژی

نتایج	سرفصل‌های دانش انرژی
۴۲/۲	(۱) دانش منابع انرژی
۳۳/۷	(۲) دانش مصرف انرژی در ایران
۲۸	(۳) دانش مصرف برق در خانه‌ها
۴۵/۱	(۴) دانش مربوط به تلاش‌های حفاظت انرژی در خانه‌ها
۴۶/۲	(۵) دانش مربوط به آلودگی‌های ناشی از مصرف انواع انرژی
۳۷/۲	(۶) دانش مربوط به سیاست انرژی و قیمت‌گذاری در ایران
۳۸/۷۳	متوسط کل

ماخذ: یافته‌های تحقیق

برآوردهای فازی از وضعیت آگاهی مردم شهر کرمان نسبت به مسایل متفاوت مربوط به انرژی نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان آگاهی مردم مربوط به دانش مرتبط به آلودگی‌های ناشی از مصرف انرژی می‌باشد و کم‌ترین میزان آگاهی مربوط به دانش مرتبط به مصرف برق وسایل برقی در خانه‌هاست. میزان متوسط ۶ حالت فوق ۳۸/۷۳ می‌باشد که عدد رضایت بخشی نیست و نشانگر ضعف اطلاعاتی عموم مردم نسبت به این حیطه می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

اهمیت روزافزون مسائل مربوط به انرژی، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن و مصرف افراط‌کارانه‌ی انرژی (حتی در خانواده‌های فقیر)، لزوم توجه و مطالعات بیش‌تر در این زمینه را روشن می‌سازد. هم‌اکنون شدت انرژی در ایران بیش از چهار برابر متوسط جهانی و بیش از هفت برابر کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه OECD و بیش از پانزده برابر ژاپن است. این شواهد نشان می‌دهد که انرژی به صورت غیر کارآمد در جامعه استفاده می‌شود. طرح هدفمندی یارانه‌های انرژی در ایران یکی از اقدامات مهم برای این موضوع می‌باشد. از سویی موفقیت هر طرحی در گرو بالا بردن مشارکت عمومی است و مشارکت بدون دانش عمومی امکان پذیر نمی‌باشد و از آنجا که سیاست‌های پیشنهادی در جهت ارئه‌ی راهکارهای مناسب، منوط به برآورد دقیقی از دانش و معلومات عموم جامعه می‌باشد، ارزیابی این دانش برای موفقیت این طرح از

ضروریات می‌باشد تا براساس میزان آگاهی و دانش عمومی مردم راهبرد و برنامه‌ی مناسب برای ارتقاء آن پیشنهاد شود. این مطالعه سعی در ارائه‌ی روشی برای ارزیابی دانش انرژی و مسائل زیست محیطی آن داشته است. روش تحقیق این مطالعه‌ی میدانی و تکنیک تجزیه و تحلیل آن منطق فازی است، لذا ابتدا سعی در تهیه و توزیع تعداد ۴۰۰ پرسش‌نامه (بر اساس فرمول کوکران) شده که حاوی سوالاتی در شش سر فصل دانش منابع انرژی، مصرف انرژی، مصرف برق در خانه‌ها، تلاش‌های حفاظت انرژی در خانه‌ها، آلودگی ناشی از مصرف انواع انرژی و قیمت‌گذاری و سیاست‌های انرژی باشد که دانش عموم جامعه مورد مطالعه (مصرف‌کنندگان بخش خانگی شهر کرمان) را در زمینه‌های مختلف انرژی بسنجد. دلیل استفاده از منطق فازی اینست که این تکنیک قادر است داده‌های بزرگ را به مجموعه‌ای کوچک از قواعد متفاوت خلاصه کند. با جمع‌آوری نتایج حاصل شده از پرسش‌نامه‌ها در میان توده‌های مختلف جامعه به‌عنوان مثال دانش آموزان، زنان خانه‌دار و شهروندان تحصیل کرده و غیرتحصیل کرده، از منطق فازی که تکامل یافته‌ی منطق کلاسیک است برای استخراج نتایج استفاده شده است. برای این منظور با استفاده از داده‌های به دست آمده از نتایج پرسش‌نامه‌ها و در ادامه با ایجاد روابط فازی، تعریف و ایجاد پایگاه قواعد لازم، اعمال فرآیند دلالت، اجتماع خروجی‌ها و در نهایت با فرآیند فازی‌زدایی نتایج به‌دست آمده از سیستم استنتاج فازی فوق بیان شدند. متوسط کمی شش سرفصل یاد شده از دانش انرژی برای مردم کرمان ۳۸/۷۳ از ۱۰۰ بوده است که ضعف اطلاعات عموم جامعه را نشان می‌دهد و بیان میدارد که بدون بالا بردن این آگاهی‌ها، نباید به بهبود وضعیت فعلی چندان امیدوار بود. هم‌چنین نتایج جداگانه مربوط به هر شش سرفصل مرتبط با دانش انرژی نیز محاسبه و بیان شد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده لزوم افزایش دانش و آگاهی‌های عموم مردم (در شهر مورد مطالعه) به خوبی احساس می‌شود. با توجه به ترتیب نمرات حاصل شده در هر کدام از شش زمینه مسائل انرژی پیشنهاد می‌گردد در اولویت تنظیم برنامه‌های آموزشی در جهت ارتقای سطح دانش عمومی، به ترتیب بیش‌ترین توان را در زمینه دانش مصرف برق در منازل سپس دانش مصرف انرژی در ایران، سپس دانش مربوط به سیاست انرژی و قیمت‌گذاری در ایران، دانش منابع انرژی و در نهایت دانش مربوط به تلاش‌های حفاظت انرژی در خانه‌ها انجام گیرد. تقویت اطلاعات عموم از طریق برنامه‌های صدا و سیما، مراکز مشاوره رایگان در این زمینه، مطبوعات و آموزش و

پرورش از جمله تلاش‌هایی است که می‌تواند راهگشا باشد. هم‌چنین با تخصیص منابع مالی لازم می‌توان کتابچه‌ها و بروشورهایی را تهیه کرد و آنها در اختیار خانوارها قرار داد. ضمن این‌که واقعی کردن قیمت‌ها و حذف یارانه‌های موجود، باعث خواهد شد تا عموم مردم خود به دنبال افزایش دانش انرژی در جهت کاهش هزینه‌ها باشند.

فهرست منابع

- بهبودی، داود و گلعدانی، اسماعیل (۱۳۸۷)، اثرات زیست محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران، فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری، ۵ (۴ پیاپی ۱۹)، ۳۵-۵۳.
- سلیمی فر، مصطفی، حق شناس، امین و رحیمی، محسن (۱۳۸۹)، بررسی تأثیر عوامل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران: یک تجزیه و تحلیل مبتنی بر تابع تولید کاپ-داگلاس، مجله دانش و توسعه، سال هفدهم، شماره‌ی ۳۴، صفحات ۱۹-۱.
- غضنفری، سلمان، صفاری نیا، مجید و نوری خاجوی، مهرداد (۱۳۸۲)، نقش آموزش و آگاه‌سازی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی، چهارمین همایش ملی انرژی، پژوهشگاه نیرو، وزارت نیرو، (۱۳۸۹). ترازنامه‌ی انرژی.
- یاوری. کاظم و احمد زاده. خالد، (۱۳۸۹)، بررسی رابطه مصرف انرژی و ساختار جمعیت (مطالعه موردی: کشورهای آسیای جنوب غربی)، فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره‌ی ۲۵، صفحات ۶۲-۲۳.
- Abdelaziz, E.A, Saidur, R, Mekhilef, S, (2011), A Review On Energy Saving Strategies in Industrial Sector, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 150-168.
- Allcott, Hunt, (2011), Social Norms and Energy Conservation, Journal of Public Economics, 95, 1082-1095.
- Baddely , M, (2011), Energy, The Environment and Behavior Change: A Survey of Insights From Behavioral Economics, Cambridge Working Papers, 1162.
- Dixon, Robert , (2010), US Energy Conservation and Efficiency Policies: Challenges and Opportunities, Energy policy, 38, 6398-6408.
- Ek, Kristina, Soderholm, Patric, (2010), The Devil is The Details: Household Electricity Saving Behavior and The Role of Information, Energy Policy, 38, 1578-1587.

- Ivan, Faiella, (2011), The Demand For Energy of Italian Households, Economoc Working Paper, 822.S.
- Lin, Boqiang, Wu, Ya, Zhang, Li, (2011), Estimates of Potential for Energy Conservation in the Chinese Steel Industry, Energy Policy, 39, 3680-3689.
- Madloul, N, A, Saidur, R, Hossain, M. S, Rahim, N, A, (2011), A Critical Review on Energy Use and Saving in The Cement Industries, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 2042-2060.
- Marechal, Kevin, (2010), Not Irrational but Habitual: The Importance of “Behavioral Lock-in” in Energy Consumption, Ecological Economics, 69, 1104-1114.
- Melnichenko, Grigorii, (2010), Energy discriminant Analysis, Quantum Logic, and Fuzzy Sets, Journal of Multivariate Analysis, 101, 68-76.
- Sutterlin, Bernadette, Brnner, Thomas A, (2011), Who Puts The Most Energy into Energy Conservation? , Energy Policy, 39, 8137-8152.
- Yohanis, YigzawGoshu, (2012), Domestic Energy Use and Householder’s Energy Behavior, Energy Policy, 41, 654-665.
- Yun.Geun Young, Steemers. Koen, (2011), Behavioral, Physical and Socio-Economic Factors in Household Cooling Energy Consumption, Applied Energy, 88, 2191-2200.
- Zadeh, Lotfi, (1965). Fuzzy sets. Information Control 8, 338–353.