مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۳
پاییز ۱۳۹۶
صص. ۵۳۸- ۵۱۵

Journal of Industrial Management
DOI: 10.22059/imj.2017.240128.1007296

مدل‌سازی عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی با استفاده از نگاشت شناختی فازی (FCM)

محمّدرضا مهرگان[۱]، مصطفی زندیه[۲]، عالیه کاظمی[۳]، محمّدرضا اخوان انوری[۴]

چکیده: امروزه در مناسبات بین‌المللی، انرژی یکی از مهم‌ترین ارکان چرخهٔ اقتصادی کشورهاست. همچنین با توجه به نوسان‌های قیمت نفت در بازارهای جهانی و تأثیر آن در اقتصاد جهانی، انتظار می‌رود صنعت گاز در جهان و استفاده از آن به‌عنوان انرژی جایگزین، از اهمیت دوچندانی برخوردار شود. بنابراین مطالعه و تحقیق دربارهٔ منابع و مصارف انرژی به‌ویژه گاز طبیعی و بررسی عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف مصرفی، اهمیت فراوانی دارد. در این پژوهش، پس از شناسایی و استخراج عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و مصاحبه با خبرگان صنعت گاز از طریق روش تحلیل محتوا، مدل علّی روابط مستقیم و غیرمستقیم میان متغیرها و شدت تأثیرگذاری آنها از طریق نگاشت شناختی فازی (FCM) طراحی و ترسیم شده است. شایان ذکر است، در مدل‌سازی علّی صورت گرفته، برای نخستین‌بار متغیرهای کیفی از جمله متغیرهای فرهنگی و اجتماعی استفاده شده است. نتایج گویای اهمیت فراوان متغیرهای فرهنگی در کنار متغیرهای اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی است.

واژه‌های کلیدی: بخش خانگی، تحلیل محتوا، صنعت گاز، مصرف گاز، نگاشت شناختی فازی (FCM).

۱. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشیار مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۰۳
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۱۷
نویسندهٔ مسئول مقاله: محمّدرضا اخوان انوری
E-mail: mrakhavan@ut.ac.ir

مقدمه

انرژی یکی از منابع حیات بشری و عامل تداوم آن است. یکی از عواملی که می‌تواند بر رشد و توسعهٔ پایدار کشورها تأثیرگذار باشد، استفادهٔ بهینه از انرژی و حامل‌های آن است. در قرن حاضر، نفت و گاز میان سایر انرژی‌ها از جمله مهم‌ترین کالاهای راهبردی است؛ زیرا منابع مطمئن انرژی هستند و در تحول جامعهٔ صنعتی نقش بسزایی دارند. گاز طبیعی به‌دلیل برخورداری از مزیت‌های فراوان و تأمین بخش عمده‌ای از انرژی اولیهٔ کشور، میان سایر منابع انرژی اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد.

گاز طبیعی یکی از مهم‌ترین عناصر معادلهٔ انرژی کشورهاست؛ از این رو، برای توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی کشورها انرژی حیاتی تلقی می‌شود. رشد مصرف گاز طبیعی اساساً با رشد اقتصادی و اجتماعی کشورها همبسته است (آزاده و همکاران، ۲۰۱۱).

وجود ذخایر گازی فراوان در ایران، ارزان‌تر بودن آن نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی و فراورده‌های نفتی، هزینهٔ کمتر استخراج، پالایش، فراوری و انتقال آن نسبت به نفت، ماندگاری و قابلیت استفاده از ذخایر گاز طبیعی تا سه قرن آتی، گستردگی شبکهٔ گازرسانی در کشور، پاک بودن سوخت گاز نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی و مصرف بالای فراورده‌های نفتی، انتخاب گاز طبیعی را به‌عنوان سوخت جانشین از دیدگاه اقتصادی توجیه می‌کند. با افزایش نگرانی در خصوص اتمام منابع نفتی و احساس خطر نسبت به آلودگی روزافزون محیط زیست، از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت برتر قرن ۲۱ یاد می‌شود که در صورت توسعهٔ فناوری و ایجاد زمینهٔ استفادهٔ گسترده‌تر از آن در بخش‌های مختلف اقتصادی، این منبع انرژی در سدهٔ حاضر از اهمیت دوچندانی برخوردار خواهد شد (اشراق‌نیای جهرمی و ایقانی یزدلی، ۱۳۸۷). از این رو، شناسایی میزان مصرف، صادرات و به تبع آن واردات گاز طبیعی در کشور، یکی از اصلی‌ترین گام‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری بخش انرژی در حوزهٔ گاز طبیعی است. در نتیجه، پیش‌بینی وضعیت تقاضای گاز طبیعی در آینده و شناسایی و بررسی عوامل مؤثر بر مصرف آن در بخش‌های مختلف اهمیت بسزایی دارد.

به موجب اهمیت و نقش انرژی در توسعه و رفاه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی، مطالعات و تحقیقات بسیاری در زمینهٔ تقاضای انرژی انجام شده است. آنچه در مباحث مرتبط با مصرف و تقاضای انرژی اهمیت دارد، اطلاع از الگوهای مصرف افراد و جامعه، میزان حساسیت و واکنش آنها نسبت به تغییر هریک از عوامل مؤثر بر مصرف است (بختیاری و یزدانی، ۱۳۹۱). این نقش انرژی در ایران که دارای ذخایر عظیم انرژی است، اهمیت دوچندانی دارد. جمهوری اسلامی ایران با برخورداری از ۳۴ تریلیون متر مکعب ذخیرهٔ گاز که ۱۸/۱ درصد کل ذخایر گاز جهان

است، رتبهٔ نخست را در این زمینه دارد. این مهم، لزوم و ضرورت استفادهٔ بهینه و سیاست‌گذاری مناسب در حوزهٔ مصرف گاز طبیعی را به همراه دارد. از این رو، هرگونه برنامه‌ریزی در این حوزه به آگاهی کافی از وضعیت کنونی و روندهای آتی نیاز دارد (صادقی و موسویان، ۱۳۹۴).

با توجه به اهمیت مصرف انرژی و جایگاه آن در اقتصاد و توسعه‌یافتگی کشور، لزوم برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مصرف انرژی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین به‌منظور برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در این عرصه، شناسایی و تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف مصرفی کشور، شناسایی نحوهٔ تأثیرگذاری متغیرها بر مصرف و در نهایت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی، از جمله مهم‌ترین گام‌هایی است که می‌تواند فراروی محققان این حوزه‌ها قرار گیرد.

پیشینهٔ پژوهش

عوامل بسیار زیادی بر مصرف و تقاضای گاز طبیعی مؤثرند و این مسئله به تفکیک تابع تقاضا به بخش‌های مختلف نیاز دارد. بر اساس ترازنامهٔ انرژی کشور در سال ۱۳۹۳، یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف گاز طبیعی بخش خانگی است که با بیش از ۴۱ درصد کل مصارف نهایی گاز طبیعی کشور در مقایسه با بخش‌های تجاری و عمومی، حمل و نقل، کشاورزی، صنعت و سوخت و خوراک پتروشیمی، بیشترین میزان مصرف را به خود اختصاص داده است.

در برخی مطالعات مربوط به مصرف گاز در بخش خانگی، مصرف گاز به‌عنوان تابعی از قیمت گاز و درآمد، قیمت‌های نسبی یا قیمت‌های جانشین آن، دمای هوا یا تعداد روزهای سرد، تعداد انشعابات یا جمعیت و متغیرهایی از این دست در نظر گرفته شده است (صادقی و موسویان، ۱۳۹۴). بر اساس یک دسته‌بندی، عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی به عوامل اقتصادی، فنی، اجتماعی، سیاسی، مکانی، زمانی، محیطی و سیاست‌گذاری‌های حاکم بر بخش انرژی تقسیم می‌شوند (اصغرپور، بهبودی و قزوینیان، ۱۳۸۷).

به زعم برخی محققان، عوامل مؤثر بر میزان تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی عبارت‌اند از قیمت گاز طبیعی، درآمد سرانه، درجهٔ حرارت و تعداد خانوارها. عوامل دیگری همچون تعداد وسایل گازسوز و میزان بازدهی آنها، نوع سیستم حرارتی به‌کار رفته در منازل (شوفاژ یا بخاری)، زیربنای واحدهای مسکونی و مواردی از این دست نیز می‌تواند میزان تقاضا و مصرف گاز طبیعی را در بخش خانگی تحت تأثیر قرار دهد. همچنین از دیدگاه کلان، مصرف انرژی در سطح ملّی و منطقه‌ای، اغلب تحت تأثیر درآمد، آب و هوا (تغییرات جوی)، قیمت انرژی، جمعیت و سایر عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در بخش خانگی است (لین، چن، لو و لیانگ، ۲۰۱۴).

در جدول ۱، به بررسی و مرور برخی از تحقیقات مختلف خارجی و داخلی در زمینهٔ عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و گاز طبیعی اشاره شده است.

جدول ۱. پیشینهٔ تحقیقات در زمینهٔ عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و گاز طبیعی

پژوهشگر[ان]	عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و گاز طبیعی
ایساک و ون وورن، ۲۰۰۹	دمای هوای روزانه، گرمایش آب و هوا
آلبرینی، گانز و ولز لوپز، ۲۰۱۱	قیمت و درآمد
گونست و ویل، ۲۰۱۲	تغییرات آب و هوایی
ژو و همکاران، ۲۰۱۳	گرمای روزانه [دمای هوا]، وضعیت اقتصادی ـ اجتماعی، متغیرهای مکانی، سطح درآمد و رفاه اجتماعی و بازه‌های زمانی
نی و کمپ، ۲۰۱۴	افزایش تعداد وسایل انرژی‌بر، زیربنای ساختمان، جمعیت و ترکیب انرژی
فو، وانگ و تانگ، ۲۰۱۴	تغییرات جمعیتی، شهرنشینی و پیر شدن جمعیت
هینونن و جونیلا، ۲۰۱۴	بافت روستایی، بافت شهری
اسپولادور، بورلی، دویا، مورا و شنون، ۲۰۱۶	دمای هوای روزانه
رینا و چستر، ۲۰۱۷	دمای هوا [تغییرات آب و هوایی]
ژائو، لی و ما، ۲۰۱۱	جمعیت، درآمد خانوار، ساختار و کارایی
بهرنگ، عصاره، عصاری و قنبرزاده، ۲۰۱۱	جمعیت، صادرات، واردات و تولید ناخالص داخلی
برونن، کوک و کوئگلی، ۲۰۱۲	ویژگی‌ها و مشخصات ساختمان نظیر عمر ساختمان و نوع ساختمان، درآمد، ساختار سنی اعضای خانواده
چن، وانگ و استیمرز، ۲۰۱۳	ساختار سنی سکنهٔ ساختمان، درآمد
سو و گوان، ۲۰۱۴	خانوارهای تک‌نفره، اندازهٔ خانه، استفاده از تجهیزات گرمایشی فضا، اندازهٔ خانوار و سیستم گرمایشی
سو، یانگ و سولوانگ، ۲۰۱۴	جمعیت
خان، ۲۰۱۵	قیمت، درآمد و GDP
شیخ و جی، ۲۰۱۶	رشد جمعیت
اولیور، دوفی، انریقت و اکنور، ۲۰۱۷	دمای هوا، سرمای حاصل از وزش باد، انرژی خورشیدی

ادامهٔ جدول ۱

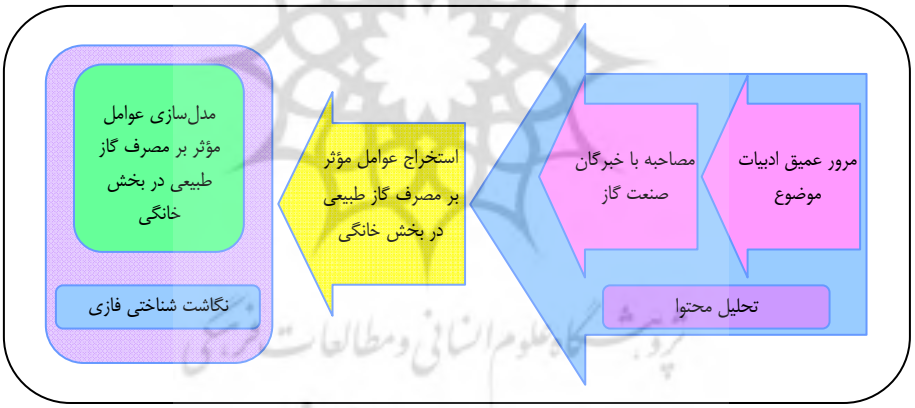
پژوهشگر[ان]	عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و گاز طبیعی
کشاورز حداد و میرباقری جم، ۱۳۸۶	دمای هوا، قیمت گاز طبیعی و درآمد مصرف‌کننده، تعداد انشعاب‌های هر استان، تعداد خانوارهای تحت پوشش گازرسانی و جمعیت
اصغرپور، بهبودی و قزوینیان، ۱۳۸۷	رشد اقتصادی (تولید ناخالص داخلی)
عصاری، عصاره و بهرنگ، ۱۳۸۹	جمعیت، تولید ناخالص داخلی، ارقام صادراتی و وارداتی
بختیاری و یزدانی، ۱۳۹۱	قیمت (نرخ تعرفه)، درآمد، حذف یارانه‌ها و تعداد مشترکان
صادقی و موسویان، ۱۳۹۴	تغییرات دما، قیمت و تعداد مشترکان
جلایی، قاسمی و ستاری، ۱۳۹۴	درآمد، تولید ناخالص داخلی (GDP)، رشد نقدینگی
اشراق‌نیای جهرمی و ایلقای یزدلی، ۱۳۸۷	قیمت، ارزش افزودهٔ بخش‌های اقتصادی، قیمت‌واقعی فراورده‌های نفتی به عنوان کالای جانشین
کریمی، صادقی مقدم و رهنما فلاورجانی، ۱۳۸۹	تغییرات دما
امامی میبدی، محمدی و سلطان علمایی، ۱۳۸۹	قیمت گاز مصرفی، هزینهٔ حقیقی مصرف‌کنندگان و متوسط دمای هوا
حاج ملا علی کنی، عباس‌پور و عابدی، ۱۳۹۲	درآمد، تعداد مصرف‌کنندگان و متوسط دمای هوا
بابازاده، قدیمی دیزج و قربانی، ۱۳۹۳	تولید ناخالص داخلی، قیمت حقیقی گاز طبیعی در بخش خانگی و قیمت حقیقی برق در بخش خانگی
کاظمی و شوال‌پور، ۱۳۹۵	قیمت، درآمد

شکاف تحقیقاتی موجود در این بخش، نبود مطالعه یا مدل جامعی برای عوامل مؤثر بر مصرف انرژی، به‌ویژه گاز طبیعی در بخش‌های مختلف مصرف نهایی انرژی است. محققان و دانشمندان حوزهٔ انرژی و به‌ویژه گاز طبیعی، طی مطالعات خود به بررسی و پیش‌بینی میزان مصرف و تقاضای انرژی و گاز طبیعی با مدنظر قرار دادن چند متغیر تأثیرگذار بر مصرف پرداخته‌اند. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در هریک از تحقیقات خارجی و داخلی، تأثیر یک یا چند متغیر بر مصرف سنجیده شده است. برای مثال، کاظمی و شوال‌پور (۱۳۹۵) در تحقیق خود به بررسی تأثیر قیمت و درآمد بر مصرف پرداختند. شیخ و جی (۲۰۱۶) تأثیر رشد جمعیت بر میزان مصرف را مطالعه کردند. بنابراین، در پژوهش حاضر مدل‌سازی جامع عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی برای نخستین‌بار صورت پذیرفته است.

از این رو، با مطالعه و بررسی مقاله‌هایی که در جدول ۱ درج شده‌اند و نظرسنجی از خبرگان صنعت گاز، روابط ابتدایی میان متغیرها به‌دست آمد. شکل ۲، متغیرهای مؤثر بر مصرف گاز طبیعی که از مطالعات سایر پژوهشگران استخراج شده را به تصویر کشیده است. شکل ۳ نیز متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف گاز که از فرایند مصاحبه با خبرگان صنعت به‌دست آمده‌اند را نمایش می‌دهد. متغیرهای تأثیرگذار با استفاده از تحلیل محتوا و بررسی فراوانی آنها در مقاله‌ها و مصاحبه‌ها بازنگری و پالایش شدند و فهرست نهایی متغیرها برای ترسیم نقشهٔ علّی استفاده شد.

روش‌شناسی پژوهش

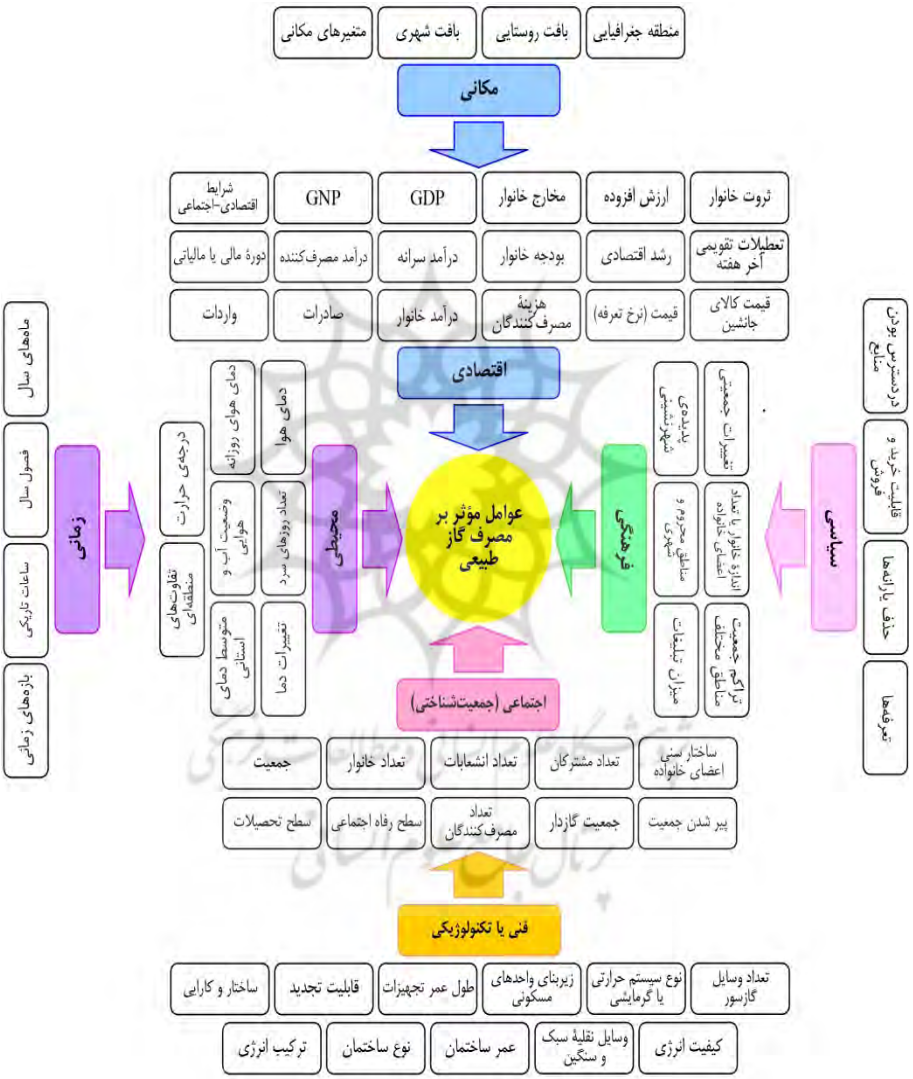
پژوهش حاضر در دو مرحله اجرا شده و در آن داده‌های کیفی و کمّی به‌صورت متوالی استفاده شده است. همچنین این پژوهش از نظر هدف کاربردی ـ توسعه‌ای به‌شمار می‌رود و از لحاظ نحوهٔ گردآوری داده‌ها از نوع توصیفی/تحلیلی است. شکل ۱، مراحل پژوهش حاضر را به تصویر کشیده است.



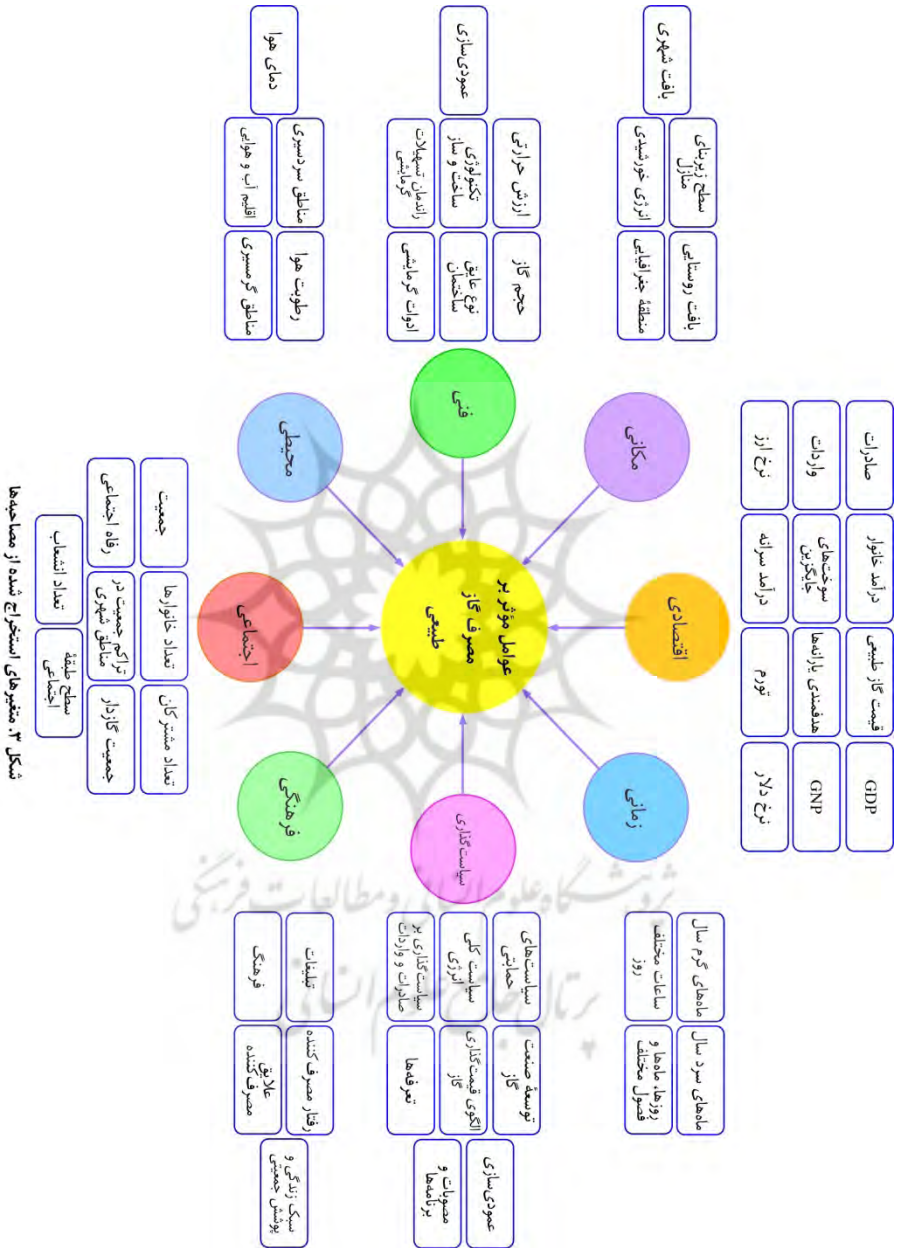
شکل ۱. مراحل پژوهش

در این پژوهش به‌کمک روش تحلیل محتوا، پس از مطالعهٔ عمیق ادبیات موضوع (شکل ۲) و مصاحبه با خبرگان صنعت گاز (شکل ۳)، عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی شناسایی و استخراج شدند. پس از شناسایی و استخراج متغیرها، به ادغام و پالایش آنها اقدام شد و متغیرهای تکراری، چند بُعدی و متغیرهایی که با ساختار اقتصادی و اجتماعی کشور همخوانی نداشتند، حذف شدند و در نهایت ۳۰ متغیر انتخاب شد. سپس، به‌منظور بررسی روابط علّی و شدت روابط آنها، از روش نگاشت شناختی فازی (FCM) استفاده شد.

شایان ذکر است، خبرگان این پژوهش با استفاده از روش غیراحتمالی نمونه‌گیری قضاوتی هدفمند، از میان مدیران، کارشناسان و خبرگان صنعت گاز که در بخش‌های برنامه‌ریزی تلفیقی، گازرسانی، امور تعرفه‌ها و معاونت پژوهش شرکت ملّی گاز ایران مشغول به فعالیت هستند، انتخاب شده‌اند.



شکل ۲. متغیرهای استخراج شده از پیشینهٔ موضوع



شکل ۳. متغیرهای استخراج شده از مصاحبه‌ها

نگاشت شناختی فازی (FCM)[1]

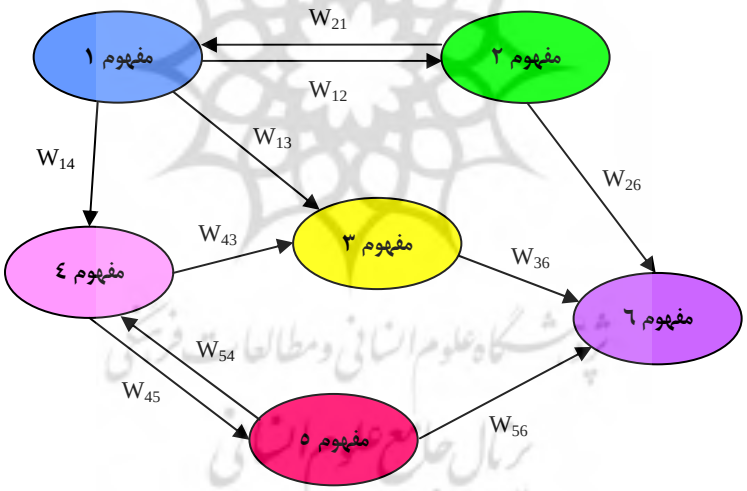
مفهوم نقشهٔ شناختی برای نخستین‌بار توسط آکسلرود، دانشمند علوم سیاسی، در سال ۱۹۷۶ میلادی معرفی و به‌کار گرفته شد (رودریگز رسپیو، استچی و سالمرون، ۲۰۰۷). نقشهٔ شناختی فازی (FCM) روشی برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده با بهره‌گیری از دانش موجود و تجربهٔ خبرگان است. FCM راهی است برای نشان دادن دانش سیستم‌هایی است که با عدم اطمینان و فرایندهای پیچیده شناخته می‌شوند (پاپاجرجیو و سالمرون، ۲۰۱۴). نقشه‌های شناختی فازی نوعی روش مدل‌سازی است که منطق فازی و شبکه‌های عصبی را ترکیب می‌کند. این نقشه‌ها توسط کاسکو در نتیجهٔ بسط نقشه‌های شناختی توسعه یافتند و به طبقهٔ سیستم‌های عصبی/ فازی تعلق دارند که قادرند دانش بشری را در خود جای داده و آن را در راستای رویه‌های یادگیری به‌کار ببرند. نقشه‌های شناختی فازی توسط خبرگان و در طی یک رویهٔ تعاملی[2] کسب دانش طراحی می‌شوند (استیلیوس و گرومپوس، ۱۹۹۹؛ پاپاجرجیو، پارسوپولوس، استیولیوس، گرومپوس و وراهاتیس، ۲۰۰۵؛ گری، گری، دیکوک، هلفگات و اودیویر، ۲۰۱۵). مشابه سایر نقشه‌های شناختی، FCM ها بازنمایی‌های گرافیکی یک سیستم هستند که روابط میان مفاهیم کلیدی یا گره‌های یک سیستم و روابط بازخور در آنها را به‌صورت بصری نشان می‌دهند (گری و همکاران، ۲۰۱۵). نقشهٔ شناختی فازی ابزار فراگیری برای مدل‌سازی پویای سیستم‌های پشتیبانی از تصمیم است. این نقشه‌ها می‌توانند هم برمبنای دانش خبرگان و هم برمبنای داده‌های تاریخی شکل گیرند. نقشه‌های شناختی ساخته شده توسط داده‌ها نسبت به نقشه‌های شناختی ساخته شده بر مبنای دانش خبرگان، اعتبار بیشتری دارند (پوزتا، کوبوس، یاستربوف و پاپاجرجیو، ۲۰۱۸). در یک نقشهٔ ساختاری، روابط به‌صورت منطقی با اتصال مفاهیم از طریق ارتباطات معنایی یا سایر معانی مرتبط تعریف می‌شوند. بازنمایی شناخت به‌وسیلهٔ نقشه‌های ساختاری، ریشه در روان‌شناسی برساخت‌گرایانه دارد و معتقد است افراد در تعامل با یکدیگر و از طریق بازنمایی‌های درونی که به تفسیر و معنابخشی به محرک‌ها و تجربه‌های محیطی آنها کمک می‌کند، آگاهی و معرفت می‌بخشد (گری و همکاران، ۲۰۱۵).

مدل FCM نیز دربرگیرندهٔ تعدادی مفهوم است که به‌واسطهٔ تعریف روابط علّی میان آن مفاهیم، نحوهٔ تأثیرگذاری عناصر مربوط به یک پدیده را بر یکدیگر نمایش می‌دهند. نقشهٔ شناختی فازی، همانند سایر نقشه‌های شناختی از تئوری گراف جورج کِلی نشئت گرفته است. نقشهٔ شناختی فازی شامل گره‌ها یا مفاهیم (C_i) و روابط (e_{ij}) بین مفهوم C_i و مفهوم C_j است.

---

1. Fuzzy Cognitive Maps
2. Interactive Procedures

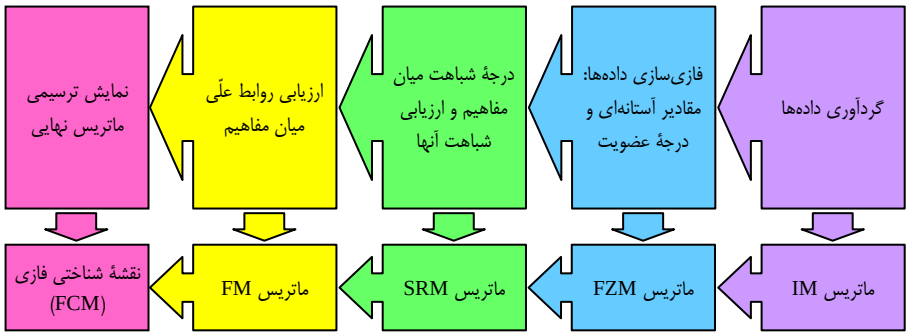
بنابراین یک نقشهٔ شناختی فازی، مدلی از سیستم پیچیدهٔ پویاست که دربردارندهٔ مجموعه‌ای از مفاهیم و روابط علت و معلولی میان این مفاهیم است. همانند نقشه‌های شناختی در FCM نیز خطوط واصل، نشان‌دهندهٔ روابط علّی میان مفاهیم است. افزون بر این، در FCM، وزن و کیفیت روابط میان مفاهیم نیز به‌صورت یک عدد فازی و در دامنهٔ [۱ و ۱−] بیان می‌شود. شکل ۴ بیان‌کنندهٔ یک نقشهٔ شناختی فازی ساده برای بیان مفاهیم توضیح داده شدهٔ فوق است (استیلیوس و گرومپوس، ۱۹۹۹؛ گلایکاس، ۲۰۱۰؛ گرومپوس، ۲۰۱۰). همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است، جهت روابط نشان‌دهندهٔ رابطهٔ علت یا معلولی بین مفاهیم نقشه است. وزن هریک از روابط نیز، کیفیت روابط میان مفاهیم را نشان می‌دهد. در ادبیات نقشه‌های شناختی فازی، یک نقشه علاوه بر بیان شماتیک، به‌صورت ریاضی و ماتریسی نیز نشان داده می‌شود که این ماتریس با عنوان ماتریس همجواری یا مجاورت شناخته می‌شود. در ادامه، گام‌های ساخت نگاشت شناختی فازی (FCM) به‌کار رفته در این پژوهش، همراه با یافته‌ها ارائه و به بحث گذاشته می‌شود.



شکل ٤. شمایی از یک نقشهٔ شناختی فازی (FCM) ساده

یافته‌های پژوهش

در شکل ۵، گام‌های ساخت و ترسیم نقشه‌های شناختی فازی به‌طور کامل نمایش داده شده است (رودریگز رسپیو و همکاران، ۲۰۰۷) که در ادامه هر یک از گام‌ها به‌صورت تفصیلی توضیح داده می‌شود.



شکل ۵. گام‌های ساخت و ترسیم نقشهٔ شناختی فازی (FCM)

گام نخست: طراحی فرایند مصاحبه و پرسشنامهٔ نگرش‌سنجی از خبرگان: به‌منظور استخراج روابط علّی میان مفاهیم مختلف مدل، ابتدا بر اساس مدل مفهومی استخراج شده از ادبیات موضوع و مصاحبهٔ با خبرگان، فرایند مصاحبهٔ نیمه ساختاریافته همراه با پرسشنامه طراحی و صورت پذیرفت. در این مصاحبه‌ها، خبرگان به تعیین روابط علّی میان مفاهیم در فرایند مصاحبه پرداختند.

گام دوم: محاسبهٔ ماتریس اولیه (IM)[1]**:** ماتریس اولیه (IM) یک ماتریس $n \times m$ است که در تحقیق حاضر این ماتریس ۱۲ × ۳۰ در نظر گرفته شده است. در این ماتریس n تعداد مفاهیم یا متغیرها و به بیان دیگر، عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی است (۳۰ متغیر نهایی) و m تعداد خبرگان صنعت گاز (۱۲ خبره) را نشان می‌دهد که به‌منظور گردآوری اطلاعات با آنها مصاحبه به عمل آمده است. هریک از عناصر A_{ij} از این ماتریس، گویای میزان اهمیتی است که هر فرد j برای هر مفهوم یا متغیر i در نظر می‌گیرد. سپس مقادیر این جدول به مقادیر یک مجموعهٔ فازی با مقادیر ۰ و ۱ تغییر می‌یابد. عناصر $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}$ عناصر بردار V_i هستند (رودریگز رسپیو و همکاران، ۲۰۰۷).

گام سوم: محاسبهٔ ماتریس فازی شده (FZM)[2]**:** بردارهای عددی V_i به مجموعه‌های فازی تغییر می‌یابد که هر مجموعهٔ فازی نشان‌دهندهٔ درجهٔ عضویت عنصر A_{ij} از بردار V_i به خودِ بردار V_i است. برای تبدیل بردارهای عددی به مجموعه‌های فازی با مقادیر [۱ و ۰]، به کران بالای بردار V_i عدد یک $\left(MAX\ (A_{iq}) \rightarrow \mathrm{X}(A_{iq}) = ۱\right)$ و به کران پایین بردار V_i عدد صفر $\left(Min\ (A_{ip}) \rightarrow \mathrm{X}(A_{ip}) = ۰\right)$ اختصاص می‌یابد. نسبت سایر عناصر بردار V_i، مطابق رابطهٔ ۱ به مقادیر فازی در بازهٔ [۱ و ۰] تبدیل می‌شود.

---

1. Initial Matrix
2. Fuzzified Matrix (FZM)

$$X_i(A_{ij}) = \frac{A_{ij} - Min\,(A_{ip})}{Max\,(A_{iq}) - Min\,(A_{ip})}$$ رابطهٔ ۱)

که در آن $X_i(A_{ij})$ درجهٔ عضویت عنصر A_{ij} به بردار V_i است (رودریگز رسپیو و همکاران، ۲۰۰۷؛ جرجینیس، پاپادوپولو و پاپاجرجیو، ۲۰۱۲).

برآورد مستقیم مقادیر در بازهٔ [۱ و ۰]، ممکن است درجهٔ عضویت‌ها را به‌گونه‌ای تعیین کند که منعکس‌کنندهٔ دنیای واقعی نبوده و به لحاظ منطقی مستدل نباشند. در چنین مواردی باید مقادیر آستانه‌ای[1] بالا یا پایین از طریق تحلیل داده‌های خبرگان تعریف شود. بنابراین، اگر V_i بردار عددی عنصر m به مفهوم i مرتبط و $A_{ij}(j = ۱, ۲, \ldots, m)$ متشکل از بردار V_i باشد، مقادیر آستانهٔ بالا و پایین (به‌ترتیب $\propto_u$ و $\propto_۱$) از طریق رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه خواهند شد.

$$\forall_{j=1,\ldots,m} \qquad A_{ij}(A_{ij} \geq \propto_u) \Rightarrow X_i(A_{ij}) = 1$$ رابطهٔ ۲)

$$\forall_{j=1,\ldots,m} \qquad A_{ij}(A_{ij} \leq \propto_l) \Rightarrow X_i(A_{ij}) = 0$$ رابطهٔ ۳)

عناصر حاصل از بردار، به‌طور متناسب در بازهٔ [۱ و ۰] برآورد می‌شود. تمام مقادیر آستانه‌ای در خلال فرایند معرفی می‌شوند تا ماتریس فازی شده (FZM) بهتر محاسبه شود (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۷؛ جرجینیس و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهش حاضر، مقادیر آستانه‌ای با توجه به مقادیر سنجه‌های پرسشنامه که از ۰ تا ۱۰ بوده، تعیین شده است. بر این اساس مقدار آستانهٔ بالا مقدار ۸ ($\propto_u = ۹$) و مقدار آستانهٔ پایین ۲ ($\propto_l = ۱$) در نظر گرفته شده است.

گام چهارم: ماتریس قدرت [شدت] روابط (SRM)[2]: ماتریس قدرت روابط یک ماتریس $n \times n$ (در این پژوهش ۳۰ × ۳۰) است. سطرها و ستون‌های این ماتریس نشان‌دهندهٔ مفاهیم یا متغیرها یعنی عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی است و هریک از عناصر که با H_{ij} در این ماتریس نشان داده می‌شود، معرف رابطهٔ میان متغیر i اُم با متغیر j اُم است. هریک از عناصر این ماتریس، یعنی H_{ij}ها می‌توانند مقادیری در بازهٔ [۱ و ۱−] اختیار کنند. اگر $H_{ij} > ۰$ باشد، رابطهٔ علّی بین مفاهیم i و j مستقیم (مثبت) است؛ به این معنا که افزایش در مقدار مفهوم i سبب افزایش در مقدار مفهوم j شده و کاهش در مقدار مفهوم i منجر به موجب کاهش در مقدار مفهوم j می‌شود. اگر $H_{ij} < ۰$ باشد، رابطهٔ علّی بین مفاهیم i و j معکوس (منفی) است؛ یعنی افزایش در مقدار مفهوم i سبب کاهش در مقدار مفهوم j شده و افزایش در

1. Threshold Values
2. Strength of Relationships Matrix (SRM)

مقدار مفهوم i موجب کاهش در مقدار مفهوم j می‌شود. در نهایت چنانچه $H_{ij} = 0$ باشد، به این معناست که هیچ رابطهٔ علّی بین مفاهیم i و j برقرار نیست (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۷؛ جرجینیس و همکاران، ۲۰۱۲).

برای بردارهایی که با یکدیگر رابطهٔ مستقیم دارند و بردارهایی که رابطهٔ معکوسی برقرار کرده‌اند، فاصلهٔ (d_j) میان عنصر j اُم بردارهای V_1 و V_2 به ترتیب از طریق رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه می‌شود:

رابطهٔ ۴) $$d_j = |X_1(v_j) - X_2(v_j)|$$

رابطهٔ ۵) $$d_j = |X_1(v_j) - (1 - X_2(v_j))|$$

میانگین فاصلهٔ[1] میان بردارهای V_1 و V_2 برابر است با:

رابطهٔ ۶) $$AD = \frac{\sum_{j=1}^{m} |d_j|}{m}$$

نزدیکی یا شباهت[2] میان دو بردار نیز از طریق رابطهٔ ۷ محاسبه می‌شود:

رابطهٔ ۷) $$S = 1 - AD$$

در بردارهای با رابطهٔ مستقیم اگر درجهٔ شباهت میان دو مفهوم برابر با ۱ باشد ($S = 1$)، نشان‌دهندهٔ بیشترین شباهت است و چنانچه درجهٔ شباهت میان دو مفهوم صفر باشد ($S = 0$)، کمترین درجهٔ شباهت را نشان می‌دهد. جدول ۱ ماتریس SRM این پژوهش را نشان می‌دهد.

گام پنجم: تشکیل ماتریس نهایی (FM): هنگامی که ماتریس قدرت روابط تکمیل شد، برخی داده‌های موجود در آن بی‌استفاده و گمراه‌کننده‌اند. تمام روابطی که در ماتریس نشان داده شده است، همواره برقرار نمی‌شود و همواره میان همهٔ متغیرها رابطهٔ علّیت وجود ندارد. از این رو با بهره‌مندی از نظر افراد خبره، داده‌ها تجزیه و تحلیل شدند و ماتریس قدرت روابط (SRM) به ماتریس نهایی (FM) تبدیل شد (رودریگز رسپیو و همکاران، ۲۰۰۷؛ جرجینیس و همکاران، ۲۰۱۲). جدول ۲ ماتریس FM این پژوهش را نشان می‌دهد.

---

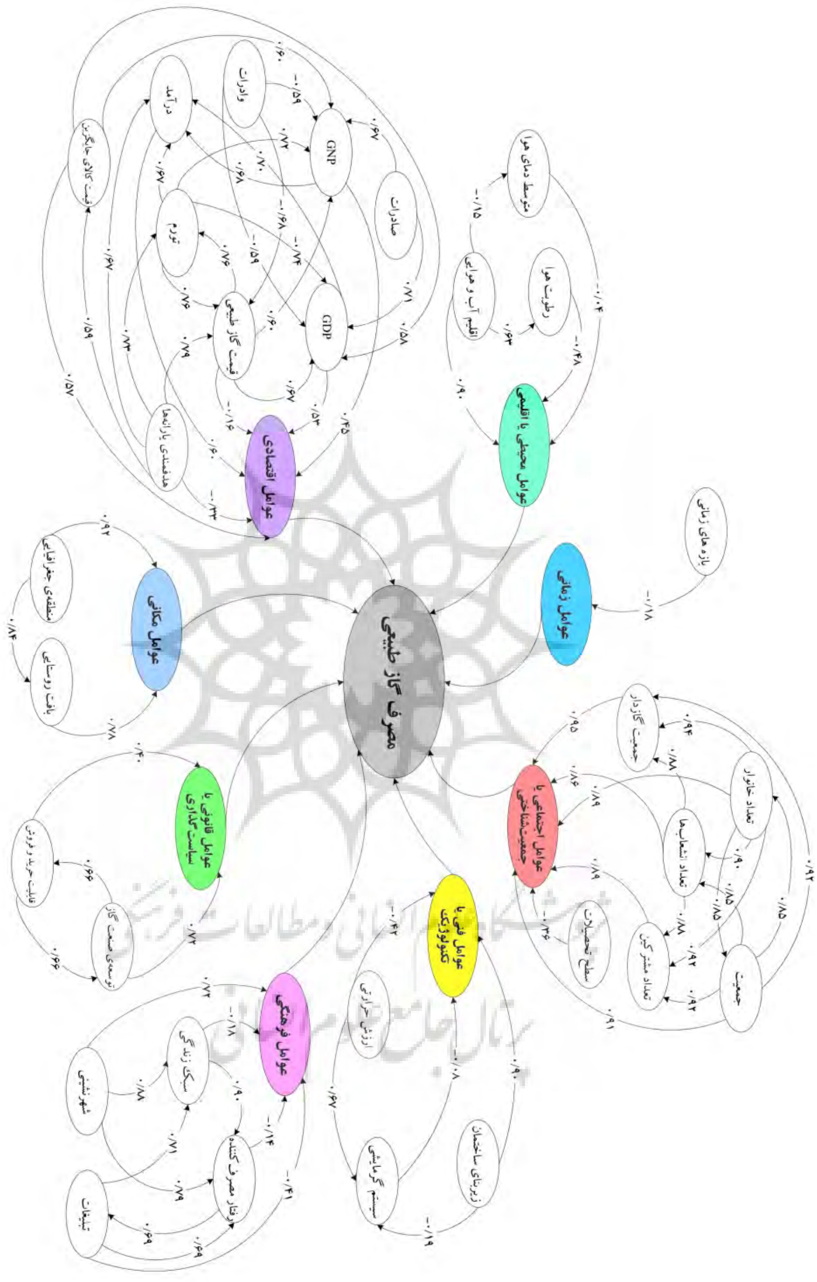
1. Average Distance (AD)
2. Similarity

جدول ۲. ماتریس قدرت روابط (SRM)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31
F1		۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۴۶	-۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۰	۰/۷۳	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۵۹	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۵۳	۰/۸۱	۰/۷۵	-۰/۱۶
F2	۰/۷۶		۰/۶۸	-۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۷۰	۰/۷۲	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۸۲	۰/۶۶	۰/۶۰
F3	۰/۷۳	۰/۶۸		۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۵۳	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۵۷
F4	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۵۸		۰/۷۱	-۰/۵۹	۰/۷۰	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۸۲	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۷۳	۰/۶۳	۰/۵۳
F5	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۷۱		۰/۸۰	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۶۴	۰/۸۲	۰/۴۱	۰/۸۲	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۳۲
F6	-۰/۶۸	۰/۶۰	۰/۶۴	-۰/۵۹	۰/۸۰		۰/۶۵	-۰/۵۹	۰/۵۲	۰/۴۰	-۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۶۶	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۶۲	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۶
F7	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۵۳	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۶۵		۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۸۱	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۶۰
F8	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۹۲	۰/۶۷	-۰/۵۹	۰/۶۸		۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۴۵
F9	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۵۹	۰/۷۲	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۶۶		۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۸	-۰/۳۳
F10	۰/۸۶	۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۲۶	۰/۴۰	۰/۶۵	۰/۴۹	۰/۷۱		-۰/۱۵	۰/۵۶	۰/۶۷	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۵۹	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۶۳	۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۴۴	۰/۷۶	۰/۸۶	-۰/۰۴
F11	۰/۸۶	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۶۹	-۰/۱۵		۰/۶۳	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۷۰	۰/۷۶	۰/۶۶	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۴۴	۰/۷۴	۰/۸۰	۰/۹۰
F12	۰/۵۹	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۸۱	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۶۳		۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۶۰	۰/۵۷	-۰/۴۸
F13	۰/۸۳	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۷۰	۰/۴۷	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۸۶	۰/۶۴		۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۶۵	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۶۶	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۶۸	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۸۸
F14	۰/۸۱	۰/۷۲	۰/۶۵	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۶۴	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۵۹	۰/۹۰		۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۷۲	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۶
F15	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۶۱	۰/۸۵	۰/۸۵		۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۶۷	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۸۳	۰/۶۴	۰/۹۵	۰/۸۳
F16	۰/۸۳	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۶۶	۰/۵۰	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۵۷	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۹۲		۰/۹۸	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۶۰	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۹۵	۰/۸۳	۰/۶۴	۰/۹۵	۰/۸۳	۰/۸۳
F17	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۵۷	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۸		۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۶۱	۰/۹۳	۰/۸۱	۰/۹۷
F18	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۷۸	۰/۶۷	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۷		۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۷۷	-۰/۳۶
F19	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۳	۰/۷۹	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۸۸		۰/۷۱	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۹۲	۰/۸۰	۰/۶۴	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۲
F20	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۶۶	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۷۹	۰/۷۱		۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۷۵	۰/۵۶	-۰/۴۱
F21	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۶۶	۰/۶۰	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۶۶	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۷۱		۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۸۱	-۰/۱۸
F22	۰/۷۹	۰/۷۰	۰/۵۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۶۴	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۹۰		۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۵۱	۰/۸۳	۰/۸۱	-۰/۱۴
F23	۰/۸۶	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۶۳	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹		۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۵۰	۰/۸۲	۰/۹۰
F24	۰/۸۶	۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۶۹	۰/۵۳	۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۶۰	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۷۲	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۶	-۰/۱۹		۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۶۷	۰/۸۸	۰/۵۰	۰/۸۲	۰/۹۰
F25	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۶۴	۰/۸۲	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۸۶	۰/۶۷		۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۶۴	-۰/۴۲
F26	۰/۸۵	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۵۲	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۹۲	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۷۶		۰/۸۴	۰/۵۷	۰/۸۳	۰/۷۴	۰/۷۸
F27	۰/۸۴	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۴۱	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۶۳	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۷۲	۰/۸۰	۰/۶۴	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۸۴		۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۸۰	۰/۹۲
F28	۰/۵۳	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۸۲	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۷۶	۰/۸۶	۰/۷۴	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۴۸		۰/۷۴	۰/۴۶	۰/۴۰
F29	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۵۷	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۷۴		۰/۶۶	۰/۷۲
F30	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۰	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۷۲	۰/۸۶	۰/۸۰	۰/۵۷	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۶۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۵۷	۰/۷۹		-۰/۱۸
F31	-۰/۱۶	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۶۰	۰/۴۵	-۰/۳۳	-۰/۰۴	۰/۹۰	-۰/۴۸	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۹۷	-۰/۳۶	-۰/۴۱	-۰/۱۸	-۰/۱۴	-۰/۱۳	۰/۹۰	-۰/۱۸	-۰/۴۲	-۰/۰۸	۰/۷۸	۰/۹۲	۰/۴۰	۰/۷۲	-۰/۱۸	

جدول ۳. ماتریس نهایی (FM1)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31
F1		۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۴۶	-۰/۶۸		۰/۶۰	۰/۷۳																						-۰/۱۶
F2	۰/۷۶			-۰/۷۴			۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۷۳																						
F3	۰/۷۳			۰/۵۸			۰/۶۰		۰/۵۹																						
F4	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۵۸		۰/۷۱	-۰/۵۹																									
F5	۰/۴۶			۰/۷۱		-۰/۸۰	۰/۶۴	۰/۶۷																							
F6	-۰/۶۸			-۰/۵۹	-۰/۸۰		۰/۶۵	-۰/۵۹																							
F7		۰/۶۷		۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۶۵		۰/۶۸	۰/۶۷																						
F8	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۶۰		۰/۶۷	-۰/۵۹	۰/۶۸																								
F9		۰/۷۳	۰/۵۹																												
F10											-۰/۱۵																				
F11												۰/۶۳																			
F12													۰/۶۴	۰/۹۰	۰/۸۵																
F13														۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۲															
F14															۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸													
F15																۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲													
F16																	۰/۹۲	۰/۸۸													
F17																		۰/۹۲													
F18																			۰/۷۹	۰/۸۸											
F19																				۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۸۸	۰/۷۹								
F20																					۰/۷۱	۰/۶۹									
F21																						۰/۹۰	۰/۹۰								
F22																															
F23																								-۰/۱۹							
F24																									۰/۶۷						
F25																										۰/۷۶					
F26																											۰/۸۴				
F27																												۰/۶۶			
F28																													۰/۷۲		
F29																														۰/۷۸	
F30																															-۰/۱۸
F31	-۰/۱۶		-۰/۵۷	-۰/۵۳			۰/۶۰	۰/۴۵	-۰/۳۳	-۰/۰۴	۰/۹۰	-۰/۴۸	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۹۷	-۰/۳۶	۰/۷۲	-۰/۴۱	-۰/۱۸	-۰/۱۴	۰/۹۰	-۰/۰۸	-۰/۴۲	۰/۷۸	۰/۹۲	۰/۴۰	۰/۷۲	-۰/۱۸		



شکل ٦. نقشهٔ شناختی عوامل تأثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی به همراه روابط علی

گام ششم: نمایش تصویری نقشهٔ شناختی فازی (FCM): نمایش ترسیمی ماتریس نهایی به ایجاد نقشهٔ شناختی فازی (FCM) در حوزهٔ مد نظر منجر خواهد شد. در نمایش نهایی نقشه، هر پیکان (فلش) که عوامل i و j را به هم متصل می‌کند، وزنی دارد که با $\pm W_{ij}$ نشان داده می‌شود. این مقدار که در ماتریس نهایی و در محل تلاقی سطر و ستون به‌ترتیب عامل i و j قرار می‌گیرد، بیان‌کنندهٔ شدت یا قدرت رابطهٔ علّی مستقیم یا معکوس بین دو عامل است (رودریگز رسپیو و همکاران، ۲۰۰۷؛ جرجینیس و همکاران، ۲۰۱۲). شکل ۶، نگاشت شناختی فازی حاصل شده را نمایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از پژوهش حاضر شناسایی و تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش مصرف خانگی کشور، شناسایی و تعیین نحوهٔ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرهای فوق بر یکدیگر و در نهایت ارائه و طراحی مدل جامع از شاخص‌های تأثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی کشور بود. همان‌طور که از نتایج مدل مشخص است، متغیرهای اقتصادی، اجتماعی یا جمعیت‌شناختی، فرهنگی، فنی یا تکنولوژیک، زمانی، محیطی یا اقلیمی، سیاست‌گذاری یا قانونی و مکانی، از جمله متغیرهای کلانی هستند که در زیرمجموعهٔ آنها متغیرهای مختلف تأثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی شناسایی شدند و تأثیرات آنها بر مصرف بررسی شد. مطالعات مختلف داخلی و خارجی که در حوزهٔ مصرف انرژی‌ها و به‌ویژه گاز طبیعی صورت پذیرفته، به‌طور عمده به معرفی یک یا چند متغیر اکتفا کرده و تأثیر آن را بر مصرف بررسی کرده‌اند. در این پژوهش برای نخستین بار ضمن ارائهٔ مدل جامعی از متغیرها، روابط آنها با استفاده از نگاشت شناختی فازی بررسی شد.

از جمله نتایج مدل به‌دست آمده، استخراج عوامل فرهنگی و اجتماعی مختلف و بررسی میزان تأثیرگذاری آنها بر مصرف گاز در بخش خانگی برای نخستین بار است. اغلب متغیرهای فرهنگی یا اجتماعی از نوع کیفی هستند و سنجش و اندازه‌گیری سطوح آنها دشوار است. همین دشواری در سنجش متغیرهای کیفی، محدودیت‌هایی را فراروی محققان این حوزه برای مطالعهٔ تأثیر و رفتار آنها قرار می‌دهد. همان‌طور که در مدل مشخص است، رفتار مصرف‌کنندگان و علاقه و سلیقهٔ هر یک در استفاده از انرژی گاز که عموماً صرف دستگاه‌های گرمایشی، آب گرم و پخت و پز در بخش خانگی می‌شود، رابطهٔ معکوسی (۰/۱۴-) با مصرف گاز طبیعی دارند که نزدیک بودن این ضریب به صفر، قوت رابطهٔ عکس این دو متغیر را نشان می‌دهد. همچنین، سبک زندگی، پوشش مناطق مختلف کشور، جمعیت خانوارهایی که در یک واحد مسکونی

زندگی می‌کنند و تبلیغات شرکت ملّی گاز ایران در خصوص مصرف گاز طبیعی با مصرف رابطهٔ معکوسی (به‌ترتیب ۰/۱۸- و ۰/۴۱-) دارد. پدیدهٔ شهرنشینی و فرهنگ شهری از متغیرهای فرهنگی دیگر است که با مصرف گاز رابطهٔ مستقیمی برقرار می‌کند؛ بدین معنا که افزایش و رشد پدیدهٔ شهرنشینی موجب رشد مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی می‌شود. متغیرهای اجتماعی شناسایی شده‌ای مانند سطح تحصیلات (۰/۳۶-) به‌صورت معکوس و جمعیت (۰/۹۱)، جمعیت گازدار (۰/۹۵)، تعداد خانوار (۰/۸۹)، تعداد مشترکان (۰/۸۹) و تعداد انشعاب‌ها (۰/۸۶)، به‌طور مستقیم بر مصرف گاز طبیعی تأثیر می‌گذارند. از میان متغیرهای اقتصادی، قیمت گاز طبیعی (۰/۱۶-) و هدفمندی یارانه‌ها (۰/۳۳-) رابطهٔ معکوس و متغیرهای درآمد (۰/۶۰)، قیمت کالای جایگزین گاز طبیعی مانند نفت و برق (۰/۵۷)، GDP (۰/۵۳) و GNP (۰/۴۵) به‌طور مستقیم بر مصرف گاز خانگی تأثیر می‌گذارند. از میان متغیرهای مکانی، منطقهٔ جغرافیایی سردسیری (۰/۹۲) و بافت روستایی (۰/۷۸) به‌صورت مستقیم؛ متغیر بازه‌های زمانی و ماه‌های گرم سال (۰/۱۸-) و متغیرهای تکنولوژیک یا فنی مانند زیربنای ساختمان (۰/۹۰) به‌طور مستقیم بر مصرف گاز تأثیر می‌گذارند و بازدهی سیستم گرمایشی (۰/۰۸-) و ارزش حرارتی و کیفیت گاز (۰/۱۸-) به‌طور معکوس بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی مؤثرند. متغیرهای سیاست‌گذاری و قانونی نیز مانند توسعهٔ صنعت گاز (۰/۷۲) و قابلیت خرید و فروش گاز (۰/۴۰) به‌صورت مستقیم و متغیرهای اقلیمی نظیر دمای هوا (۰/۰۴-) و رطوبت هوا (۰/۴۸-) به‌طور معکوس و اقلیم آب و هوایی سرد و خشک (۰/۹۰) به‌صورت مستقیم بر میزان مصرف بخش خانگی تأثیر می‌گذارند.

بنابراین، دمای هوا، جمعیت گازدار کشور، بازدهی سیستم گرمایشی، منطقهٔ جغرافیایی سردسیر و همچنین متغیرهای فرهنگی که از جمله متغیرهای کیفی مورد مطالعه هستند، مانند رفتار و علایق مصرف‌کنندگان و نحوهٔ مصرف آنها، از مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی هستند. این موضوع نشان‌دهندهٔ اهمیت فرهنگ‌سازی در حوزهٔ مصرف انرژی و به‌ویژه گاز طبیعی و اصلاح الگوی مصرف میان اقشار مختلف جامعه است. پس از آزادسازی یارانه‌ها و افزایش قیمت‌های انرژی در بخش‌های مختلف از جمله خانگی، توجه بیش از پیش برنامه‌ریزان صنعت گاز به اهمیت فرهنگ‌سازی مصرف ضروری به نظر می‌رسد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، پژوهش حاضر را می‌توان از جنبه‌های بسیاری ادامه داد. در وهلهٔ نخست نتایج این پژوهش را با پیمایش متخصصان دیگر می‌توان آزمود و تعمیم‌پذیری آن را به محک آزمون گذاشت؛ ضمن آن که می‌توان از متدولوژی‌های کمّی، کیفی یا آمیختهٔ دیگر نیز، به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و حتی تبیین روابط میان این عوامل استفاده

کرد. همچنین می‌توان سایر بخش‌های مصرفی که در این پژوهش بررسی نشدند، مانند بخش‌های تجاری، صنعتی، حمل و نقل و... انتخاب کرد و به جست‌وجوی متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف گاز در آنها پرداخت. به منزلهٔ پیشنهاد آخر، می‌توان نتایج تحقیق حاضر را با سایر انواع انرژی اعم از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بررسی و مطابقت داد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر، بخشی از پایان‌نامهٔ مقطع دکتری تخصصی است که با حمایت مالی شرکت ملّی گاز ایران انجام شده است؛ به همین دلیل فرصتی است که از تمام مدیران، کارشناسان و عزیزانی که در انجام این مهم همکاری کرده‌اند، سپاسگزاری شود.

فهرست منابع

اشراق‌نیای جهرمی، ع.؛ ایقانی یزدلی، ر. (۱۳۸۷). مدل‌سازی مصرف گاز طبیعی و فراورده‌های نفتی، و بررسی امکان جانشینی گاز طبیعی به جای فراورده‌های نفتی در ایران. *مجلهٔ علمی پژوهشی شریف*، ۲۴(۴۵)، ۷۵-۶۵.

اصغرپور، ح.؛ بهبودی، د.؛ قزوینیان، م.ح. (۱۳۸۷). شکست ساختاری: مورد مصرف گاز طبیعی و رشد اقتصادی در ایران. *فصلنامهٔ اقتصاد مقداری*، ۵ (۱۹)، ۱۲۱-۱۰۵.

امامی میبدی، ع.؛ محمدی، ت.؛ سلطان‌العلمایی، س. م. ه. (۱۳۸۹). تخمین تابع تقاضای داخلی گاز طبیعی به روش فیلتر کالمن (مطالعهٔ موردی تقاضای بخش خانگی شهر تهران). *فصلنامهٔ اقتصاد مقداری*. ۷ (۳)، ۴۱-۲۳.

بابازاده، م.؛ قدیمی دیزج، خ.؛ قربانی، و. (۱۳۹۳). برآورد تابع تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت گاز طبیعی در بخش خانگی. *فصلنامهٔ مدل‌سازی اقتصادی*، ۸(۱)، ۱۱۳-۱۰۱.

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

جلایی، س. ع.؛ قاسمی، ا.؛ ستاری، ا. (۱۳۹۴). شبیه‌سازی تابع مصرف و پیش‌بینی میزان مصرف ایران تا افق ۱۴۰۴ با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO). *فصلنامهٔ پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعهٔ پایدار)*، ۱۵(۲)، ۴۷-۲۷.

حاج ملا علی کنی، ع.؛ عباسپور، م.؛ عابدی، ز. (۱۳۹۲). برآورد تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران: رویکرد مدل‌سازی غیرخطی. *فصلنامهٔ اقتصاد کاربردی*، ۴(۱۲)، ۷۵-۵۹.

صادقی، س. ک.؛ موسویان، س. م. (۱۳۹۳). تحلیل آماری و برآورد فاصلهٔ اطمینان پیش‌بینی شبکهٔ عصبی ARIMA: ترکیبی به‌منظور مقایسه با مدل خطی (مطالعهٔ موردی مصرف ماهانهٔ گاز طبیعی در بخش خانگی ایران. *فصلنامهٔ تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، (۲۰)، ۱۰۶-۷۶.

عصاری، م.ر.؛ عصاره، ا.؛ بهرنگ، م.ع. (۱۳۸۹). کاربردی از ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای برآورد مصرف گاز طبیعی در ایران. *نشریهٔ تبدیل انرژی*، ۱(۱)، ۳۱-۲۵.

کشاورز حداد، غ.؛ میرباقری جم، م. (۱۳۸۶). بررسی تابع تقاضای گاز طبیعی (خانگی و تجاری) در ایران. *فصلنامهٔ پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۹ (۳۲)، ۱۶۰- ۱۳۷.

کاظمی، ح.؛ شوال‌پور، س. (۱۳۹۵). بررسی تابع مصرف گاز ایران در بخش‌های خانگی و صنعتی و تولید برق. *دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع*. تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه خوارزمی.

کریمی، ت.؛ صادقی مقدم، م.ر.؛ رهنما فلاورجانی، ر. (۱۳۸۹). بررسی اثر دما بر مصرف گاز طبیعی در ایران. فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی. ۷ (۲۴)، ۲۱۸-۱۹۳.

Alberini, A., Gans, W., & Velez-Lopez, D. (2011). Residential consumption of gas and electricity in the US: The role of prices and income. *Energy Economics*, 33(5), 870-881.

Asgharpour, H., Behboudi, D., & Ghazvinian, M.H. (2009). Structural Failure: Case of Natural Gas Consumption and Economic Growth in Iran. *Quarterly Journal of Quantitative Economic*, 5 (19), 105-121. (*in Persian*)

Ashraqnia Jahromi, A., Ighani Yazdli, R. (2008). Modeling of natural gas and petroleum products, and the substitution of natural gas instead of petroleum products in Iran. *Sharif Journal*, 24(45), 65-75. (*in Persian*)

Assari, M.R., Assareh, E., Behrang, M.A., & Ghanbarzadeh, A. (2010). Application of Combination of Genetic Algorithm and Artificial Neural Network for Estimation of Natural Gas Consumption in Iran. *Journal of Energy Conversion*. 1(1), 25-31. (*in Persian*)

Azadeh, A., Asadzadeh, S. M., Saberi, M., Nadimi, V., Tajvidi, A., & Sheikalishahi, M. (2011). A neuro-fuzzy-stochastic frontier analysis approach for long-term natural gas consumption forecasting and behavior analysis: the cases of Bahrain, Saudi Arabia, Syria, and UAE. *Applied Energy*, 88(11), 3850-3859.

Babazadeh, M., Ghadimi Dizaj, Kh., & Ghorbani, V. (2014). Estimation Long Run and Short Run Natural Gas Demand in Home Consumption. *Quarterly Journal of Economical Modeling*, 8(1), 101-113. (*in Persian*)

Bakhtiari, S., & Yazdani, M. (2012). Strategic Importance of Natural Gas and Necessity of Management and Reform on its Consumption Pattern. *Quarterly Journal of Economic Strategy*, 1(2), 71-92. (*in Persian*)

Behrang, M. A., Assareh, E., Assari, M. R., & Ghanbarzadeh, A. (2011). Total energy demand estimation in Iran using bees algorithm. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 6(3), 294-303.

Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). Residential energy use and conservation: Economics and demographics. *European Economic Review*, 56(5), 931-945.

Chen, J., Wang, X., & Steemers, K. (2013). A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China. *Energy Build*, 66, 193–202.

Emami Meibodi, A., Mohammadi, T., Soltanololamaii, S.M.H. (2010). An Estimation of Natural Gas Domestic Demand Function by Using Kalman Filter Method (A Case Study of Residential Gas Demand Function in Tehran). *Quarterly Journal of Quantitative Economic*, 7(3), 41-23. (*in Persian*)

Fu, C., Wang, W., Tang, J. (2014). Exploring the sensitivity of residential energy consumption in China: Implications from a micro-demographic analysis. *Energy Research & Social Science*, 2, 1–11.

Gerogiannis, V. C., Papadopoulou, S., & Papageorgiou, E. I. (2012). Identifying factors of customer satisfaction from Smartphones: A fuzzy cognitive map approach. *In International Conference on Contemporary Marketing Issues (ICCMI)* (Vol. 271).

Glykas, M. (Ed.). (2010). *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in theory, methodologies, tools and applications (Vol. 247).* Springer Science and Business Media.

Gonseth, C., & Vielle, M. (2012). Modeling the impacts of climate change on the energy sector: a Swiss perspective. *In GTAP Events: 15th Annual Conference on Global Economic Analysis* (No. EPFL-CONF-177610).

Gray, S., Gray, S., De Kok, J. L., Helfgott, A., O'Dwyer, B., Jordan, R., & Nyaki, A. (2015). Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society*, 20(2).

Groumpos, P. P. (2010). *Fuzzy cognitive maps: Basic theories and their application to complex systems.* In Fuzzy cognitive maps (pp. 1-22). Springer Berlin Heidelberg.

Haj Mola Ali Kani, A.R., Abbaspour, M., & Abedi, Z. (2013). Estimation of Residential and Commercial Natural Gas Function in Iran: Non Linear Modeling Approach. *Practical Economic*, 4(12), 59-75. (*in Persian*)

Heinonen, J., & Junnila, S. (2014). Residential energy consumption patterns and the overall housing energy requirements of urban and rural households in Finland. *Energy and buildings*, 76, 295-303.

Isaac, M., & Van Vuuren, D. P. (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy policy*, 37(2), 507-521.

Jalaee, S.A., Ghassemi, A., & Sattari, A. (2015). Simulating Consumption Function and Forecasting Iran's Consumption until1404 Horizon Using Genetic and Particle Swarm Optimization Algorithm. *The Economic Research (Scientific Research Quarterly)*, 15(2), 27-47. (*in Persian*)

Karimi, T., Sadeghi Moghadam, M.R., & Rahnama Falavarjani, R. (2010). Investigating the Effect of Tempreture onNatural Gas Consumption in Iran. *Quarterly Energy Economics Review*, 7(24), 193-218. (*in Persian*)

Kazemi, H., & Shavalpour, S. (2016). Investigation of Iranian Consumption Function in Residential and Industrial and Electricity Production. *12th International Conference on Industrial Engineering* (PP. 2060-2066). Tehran, Iran. (*in Persian*)

Keshavarz Haddad, Gh. R., & Mirbagheri Jam, M. (2009). Estimition of Residential and Commercial Demand for Natural Gas in Iran Using the Structural Time Series Model. *Economic Research*, 9(32), 137-160. (*in Persian*)

Khan, M. A. (2015). Modelling and forecasting the demand for natural gas in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1145-1159.

Lin, W., Chen, B., Luo, S., & Liang, L. (2014). Factor analysis of residential energy consumption at the provincial level in China. *Sustainability*, 6(11), 7710-7724.

Nie, H., & Kemp, R. (2014). Index decomposition analysis of residential energy consumption in China: 2002–2010. *Applied Energy*, 121, 10-19.

Oliver, R., Duffy, A., Enright, B., & O'Connor, R. (2017). Forecasting peak-day consumption for year-ahead management of natural gas networks. *Utilities Policy*, 44, 1-11.

Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2014). Methods and algorithms for fuzzy cognitive map-based modeling. *In Fuzzy cognitive maps for applied sciences and engineering (pp. 1-28).* Springer Berlin Heidelberg.

Papageorgiou, E. I., Parsopoulos, K. E., Stylios, C. S., Groumpos, P. P., & Vrahatis, M. N. (2005). Fuzzy cognitive maps learning using particle swarm optimization. *Journal of Intelligent Information Systems*, 25(1), 95-121.

Poczeta, K., Kubuś, Ł., Yastrebov, A., & Papageorgiou, E. I. (2018). Application of Fuzzy Cognitive Maps with Evolutionary Learning Algorithm to Model Decision Support Systems Based on Real-Life and Historical Data. *In Recent Advances in Computational Optimization (pp. 153-175).* Springer, Cham.

Reyna, J. L., & Chester, M. V. (2017). Energy efficiency to reduce residential electricity and natural gas use under climate change. Nature Communications, 8. doi:10.1038/ncomms14916.

Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. (2007). Modelling IT projects success with fuzzy cognitive maps. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 543-559.

Sadeghi, S.K., & Mosavian, S.M. (2015). Statistical Analysis and Costruction of Prediction Intervals for A Hybrid Neural Network in: A Case Study of Natural Gas Consumption in the Household Sector. *Journal of Economic Modeling Research*, (20), 76-106. (*in Persian*)

Shaikh, F., & Ji, Q. (2016). Forecasting natural gas demand in China: Logistic modelling analysis. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 77, 25-32.

Spoladore, A., Borelli, D., Devia, F., Mora, F., & Schenone, C. (2016). Model for forecasting residential heat demand based on natural gas consumption and energy performance indicators. *Applied Energy*, 182, 488-499.

Stylios, C. D., & Groumpos, P. P. (1999, June). Mathematical formulation of fuzzy cognitive maps. *In Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Control and Automation (pp. 2251-2261).*

Suo, C., Yang, Y., Solvang, W. (2014). Analysis of influence factors of rural residence transformation on residential energy consumption. *Modern Management*, 4, 493–515.

Tso, G. K., & Guan, J. (2014). A multilevel regression approach to understand effects of environment indicators and household features on residential energy consumption. *Energy*, 66, 722-731.

Zhao, X., Li, N., Ma, C. (2011). Residential energy consumption in urban China: A decomposition analysis. *Energy Policy*, 41, 644–653.

Zhu, D., Tao, S., Wang, R., Shen, H., Huang, Y., Shen, G., Wang, B., Li, W., Zhang, Y., Chen, H., et al. (2013). Temporal and spatial trends of residential energy consumption and air pollutant emissions in China. *Applied Energy*, 106, 17–24.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی