فصلنامهٔ مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲۹، زمستان ۹۷

اولویت‌بندی انواع انرژی در ایران با هدف افزایش امنیت انرژی در افق ۱۴۰۴ (با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی)[۱]

ابراهیم ایجابی،[۲] روح‌الله بیات،[۳] مسلم شیروانی ناغانی[۴]

چکیده

این مطالعه برای ارزیابی و اولویت‌بندی انواع مختلف انرژی در ایران شامل نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ، انرژی هسته‌ای، انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی برق‌آبی و زیست سوخت‌ها انجام شده است. قسمت اعظم مصرف انرژی در ایران مربوط به هفت نوع ذکر شده است. این انواع مختلف از انرژی از نظر مفاهیم چهارگانه انرژی شامل فراهم بودن (۶ مؤلفه)، در دسترس بودن (۴ مؤلفه)، قابل خرید بودن (۵ مؤلفه) و قابل قبول بودن (۳ مؤلفه) دارای سطح امنیت متفاوت هستند. در این مقاله قصد شده با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس انواع انرژی موجود در ایران را با هدف افزایش امنیت انرژی و با توجه به معیارهای ذکر شده ارزیابی و اولویت‌بندی آن‌ها را مشخص کنیم. ۲۰ فرد خبره ۷ نوع از انرژی را از نظر معیارهای چهارگانه (۱۸ زیرمعیار) با یکدیگر مقایسه و ارجحیت آن‌ها را مشخص کردند. برای ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار از مقیاس ۱ تا ۹ (مقیاس دوقطبی)

۱. تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸

۲. دانشجوی دکتری آینده‌پژوهی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین و عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا؛ رایانامه: ebrahimijabi@yahoo.com

۳. دکترای اقتصاد و دانشیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین؛ رایانامه: r.bayat@soc.ikiu.ac.ir

۴. دانشجوی دکتری آینده‌پژوهی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین (نویسندهٔ مسئول)؛ رایانامه: shirvanimoslem@yahoo.com

بهره گرفته شد و پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری در یک فرایند شش‌مرحله‌ای تکنیک تاپسیس انواع انرژی مورد استفاده در ایران اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان می‌دهد گاز طبیعی به دلیل نزدیکی به معیارهای مثبت و فاصله داشتن از معیارهای منفی به‌صورت همزمان، به عنوان مناسب‌ترین نوع انرژی در راستای تأمین امنیت انرژی مشخص شده (C_i=۰/۶۹۱۲۵) و انرژی‌های برقی تجدیدپذیر (C_i=۰/۶۷۳۵۴) و انرژی هسته‌ای (C_i=۰/۶۲۸۵۳) در اولویت‌های دوم و سوم هستند.

کلیدواژه‌ها: امنیت انرژی، تحلیل سلسله مراتبی، انواع انرژی، ایران، سیاست‌گذاری انرژی

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، اندیشمندان حوزهٔ روابط بین‌الملل به طور گسترده‌ای به مفهوم امنیت انرژی توجه و دربارهٔ آن مطالعه کرده‌اند. موضوع انرژی در ابتدا بیشتر دارای ابعاد اقتصادی بود، لیکن در سالیان اخیر و به‌ویژه پس از بحران گازی سال ۲۰۰۶ م بین روسیه و اوکراین، ابعاد امنیتی و سیاسی آن نیز پررنگ شده است. پس از وقوع مجدد این بحران در سال ۲۰۰۹ م، تنش‌های مکرر در منطقهٔ راهبردی خاورمیانه و خصوصاً پس از مناقشه روسیه و غرب در بحران اوکراین در سال ۲۰۰۴ م اهمیت آن دوچندان شده است. به غیر از ابعاد اقتصادی، سیاسی و نظامی/ امنیتی، امنیت انرژی دارای ابعاد فناوری، زیست‌محیطی، اجتماعی و فرهنگی نیز هست. همچنین براساس تعریف سواکول ابعاد امنیت انرژی عبارت‌اند از بعد قیمت انرژی، بعد محیط زیست، بعد دسترسی به انرژی، بعد تکنولوژی و بعد پایداری حکومت (Sovacool, 2010: 1-119).

در بسیاری از کشورهای جهان هم‌اکنون نگرانی‌هایی دربارهٔ امنیت محلی، منطقه‌ای و جهانی انرژی وجود دارد. ضروری است نه تنها در حوزهٔ نفت بلکه در سرتاسر زنجیرهٔ ارزش انرژی درک بهتری از نیازها و احتیاجات هر یک از ذی‌نفعان این حوزه (چه اشخاص حقیقی، چه شرکت‌های تک یا چندملیتی و چه بازیگران بخش بالا یا پایین‌دستی) داشته باشیم. بدین منظور لازم است با توجه به پیوند روزافزون میان سطوح محلی، منطقه‌ای و جهانی با نگاهی کل‌نگر به نظام تأمین انرژی در جهان بنگریم. حیاتی است در جهت استقبال از نظرهای مخالف تلاش کنیم و در مباحث خود عمل‌گرا و در هدف‌گذاری‌ها واقع‌گرا باشیم. درک هرچه بیشتر و بهتر ماهیت درهم تنیدهٔ تهدیدها و فرصت‌هایی که امروز با آن‌ها مواجهیم، ما را در اتخاذ تدابیر لازم به منظور دستیابی به اهدافمان یعنی تأمین امنیت انرژی، ایجاد ثبات در بازار و ترسیم آینده‌ای پایدار برای انرژی یاری می‌رساند (ملکی، ۱۳۹۳: ۶۳-۸۰).

انرژی به عنوان یکی از عوامل مهم تولید، نقش بسیار بزرگی در رشد و توسعهٔ اقتصادی کشورها داشته و سهم بزرگی در توسعهٔ تمدن بشری ایفا کرده است. برای چندین دهه،

امنیت انرژی مهم‌ترین موضوع مطرح و مورد توجه کشورهای صنعتی مصرف‌کنندهٔ انرژی تلقی و تعریف می‌شد. یعنی عرضهٔ مکفی انرژی در زمان مناسب و با قیمت مناسب، به عنوان کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی انتظار داشتند که برای تداوم توسعهٔ اقتصادی و رفاه مردم کشورشان، انرژی همواره در قیمت‌های مناسب و در هر دورهٔ زمانی که اقتصاد آن‌ها می‌طلبد، فراهم شود (مزرعتی، ۱۳۹۱: ۲۷).

مفهوم امنیت انرژی مفهومی چندبعدی است و هریک از ذی‌نفعان از دریچهٔ چشم خود بدان می‌نگرند. مصرف‌کنندگان انرژی با انجام اقداماتی در حوزهٔ صرفه‌جویی در انرژی، افزایش بازدهٔ انرژی، قوانین و قواعد مالیات‌بندی بر محصولات مصرف‌کنندهٔ انرژی، قواعد یارانه‌ای و... در پی ارتقای سطح امنیت انرژی خود هستند. این قواعد در حقیقت به دنبال مدیریت تقاضاست. این باور مهمی است که مدیریت تقاضا نقش بسیار مهمی در کاهش وابستگی انرژی به ویژه انرژی وارداتی دارد (Haghighi, 2007). یکی دیگر از اقدامات مهم در این حوزه، سیاست متنوع‌سازی است. در این سیاست، با متنوع کردن مبادی ورود انرژی و انواع انرژی مصرفی، می‌توان خطرات ناشی از اختلالات در عرضهٔ یک نوع انرژی یا یک کشور را در حد شایانی کاهش داد. اما از دیدگاه عرضه‌کنندگان، امنیت انرژی در امنیت برای تقاضای انرژی تعریف می‌شود. عرضه‌کنندگان تمایل دارند برای انرژی که تولید کرده و برای آن هزینه‌های زیادی متحمل شده‌اند، تقاضای مکفی وجود داشته باشد زیرا در غیر این صورت باید هزینه‌های زمانی زیادی را به دلیل معطلی سرمایه‌گذاریشان تحمل کنند. همچنین شرکت‌های نفتی که نقش بسیار مهمی در امنیت انرژی دارند به سودآوری فعالیت‌هایشان توجه زیادی می‌کنند. حاشیهٔ سود پایین منجر به سرمایه‌گذاری کم در فعالیت‌های پایین دستی، میان‌دستی و بالادستی توسط این شرکت‌ها می‌شود که نهایتاً اثر منفی بر امنیت انرژی دارد (Bahgat, 2007).

این پژوهش با هدف ایجاد امکان تصمیم‌سازی برای اولویت‌بندی انواع انرژی با رویکرد امنیت انرژی در ایران در افق ۱۴۰۴اقدام به تحلیل و بررسی معیارها و زیرمعیارهای امنیت انرژی کرده است. لازم به ذکر است که فقط حوزهٔ چهار A (قابلیت دستیابی، در دسترس بودن، قابل تحمل بودن و قابل قبول بودن) مد نظر بوده و سایر حوزه‌ها در قالب تحقیق‌های دیگر انجام خواهد شد.

ایجاد معیارهایی در زمینهٔ امنیت انرژی این امکان را فراهم می‌سازد که با استفاده از تکنیک تاپسیس که از جمله پرکاربردترین تکنیک‌های تحقیق در عملیات است، نسبت به اولویت‌بندی انواع انرژی در ایران اقدام کنیم.

سؤالات اصلی این پژوهش عبارت‌اند از:

۱. در حوزهٔ چهار A با توجه به امنیت انرژی جهت اولویت‌بندی انواع انرژی چه زیرمعیارهایی را باید مد نظر قرار داد؟
۲. با توجه به امنیت انرژی، انواع انرژی در ایران که از اهمیت بالایی برخوردارند کدام‌اند؟
۳. اولویت‌بندی انواع انرژی با رویکرد امنیت انرژی و بر مبنای روش‌شناسی علمی چگونه است؟

بدیهی است که نتیجهٔ این پژوهش می‌تواند کمک شایانی به سیاست‌گذاری انرژی با رویکرد امنیت انرژی در ایران کند.

در ادامه، پس از مطالعهٔ ادبیات موضوع مربوط به امنیت انرژی و انواع انرژی، مطالعات انجام‌شده پیرامون معیارها و زیرمعیارهای امنیت انرژی بررسی شده و در بخش بعد، با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته، چند زیرمعیار برای ارزیابی امنیت انرژی و انواع انرژی توسعه ارائه می‌شود. درنهایت نیز در بخش نتیجه‌گیری، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی انواع انرژی در ایران در افق ۱۴۰۴ با توجه به معیارها و زیرمعیارها و اهمیت معیارهای درنظر گرفته شده در بحث امنیت انرژی ذکر خواهد شد.

۲. ادبیات تحقیق

مقولهٔ امنیت انرژی از دیدگاه افراد مختلفی چون سیاست‌گذاران، صاحبان کسب وکار (مخصوصاً مصرف‌کنندگان عمدهٔ انرژی) و جوامع بزرگی که کیفیت زندگی آن‌ها به عرضهٔ بدون اختلال انرژی وابسته است، اهمیت بسیار زیادی دارد.

برخی از متخصصان سیاست‌گذاری انرژی معتقدند تعریف ثابتی از امنیت انرژی وجود ندارد و هر تعبیری می‌توان از آن داشت. بسیاری از تعاریف موجود از امنیت انرژی، با تکیه روی حفظ عرضهٔ انرژی (به‌ویژه عرضهٔ نفت) آغاز می‌شوند و معمولاً با همان نیز پایان می‌یابند. اساس این تمرکز روی عرضه را کاهش آسیب‌پذیری در برابر تهدیدها یا فشارهای خارجی، جلوگیری از بروز بحران عرضه و به حداقل رساندن تأثیر اقتصادی و نظامی بحران عرضه در صورت وقوع آن تشکیل می‌دهد. در آثار معدودی برای روشن ساختن مفهوم امنیت انرژی تلاش جدی به عمل آمده است. یکی از این تلاش‌ها برای به دست دادن تعریف روشنی از امنیت انرژی را کارگروه انرژی و امنیت آسیا[5] در مرکز بررسی‌های بین‌المللی مؤسسه فناوری ماساچوست (ام‌آی‌تی) صورت داده است. کارگروه یاد شده سه هدف مشخص امنیت انرژی را چنین برمی‌شمارد (Samuels, 1997: 4):

۱. کاهش آسیب‌پذیری در برابر تهدیدها یا فشار خارجی؛

5. Working Group on Asia Energy and Security

۲. جلوگیری از بروز بحران عرضه؛
۳. به حداقل رساندن تأثیر اقتصادی و نظامی بحران انرژی در صورت وقوع چنین بحرانی؛

این هدف‌ها کانون اصلی سیاست امنیت انرژی را امنیت در عرضه می‌دانند.

تعاریف متعددی از امنیت انرژی توسط محققان و سیاست‌گذاران بخش انرژی ارائه شده است. با این حال، هنوز هم تعریف جامع و موردتوافقی از امنیت انرژی ارائه نشده است، چون امنیت انرژی مفهومی متغیر است و یک جستجوی ساده نشان می‌دهد که هنوز در تعریف امنیت انرژی، توافق جامعی وجود ندارد. در مورد این مطلب که تعریف امنیت انرژی باید چه حوزه‌هایی را پوشش دهد، اتفاق نظر وجود دارد اما دربارهٔ اینکه دقیقاً چه باید باشد، هنوز به توافق نظری نرسیده‌اند. درواقع تعریف واحدی وجود ندارد که تمام تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، واردکنندگان، سیاست‌گذاران و... بر آن متفق‌القول باشند. از این رو، تفاوت‌هایی در تعاریف ارائه‌شده در مطالعات مشاهده می‌شود. ویوودا (Vivoda, 2010: 5258-5263) و چستر (Chester, 2010: 887-895) معتقدند که طبیعت امنیت انرژی پرمعنا و چندبعدی است. از دید لوشل و همکاران مفهوم امنیت عرضهٔ انرژی یا به طور خلاصه امنیت انرژی مبهم است (Löschel et al, 2010: 1665-1671). کرویت و همکاران معتقدند که امنیت انرژی مفهومی فرّار است. بنابراین باید انتظار داشت که تعریف امنیت انرژی به شدت وابسته به پس‌زمینهٔ استفاده شده در آن همچون شرایط ویژهٔ یک کشور، سطح توسعهٔ اقتصادی، درک ریسک، پایداری سیستم انرژی و مسائل ژئوپلیتیکی غالب باشد (Kruyt et al, 2009: 2166-2181).

سوواکول در کتاب خود ۴۵ تعریف برای امنیت انرژی ذکر می‌کند. البته او توضیح می‌دهد که برخی از این تعاریف اشتراکات زیادی با یکدیگر دارند (Sovacool, 2010: 1-119). وینزر نیز در مطالعهٔ خود، بیش از ۳۰ تعریف امنیت انرژی را از محققان مختلف در سال‌های اخیر جمع‌آوری و دسته‌بندی کرده است تا آن‌ها را با توجه به ویژگی‌های گوناگون از قبیل منبع ریسک و محدودهٔ اثر تحلیل کند (Winzer, 2012: 36-48).

تعریف فلورینی از امنیت انرژی دسترسی مطمئن به منابع انرژی با قیمت قابل پرداخت است (Florini, 2010: 151). درزل امنیت انرژی را عرضه یا داشتن منابعی چون سوخت‌های فسیلی، انرژی‌های بدیل و انرژی‌های تجدیدپذیر، کفایت یا مقدار کافی سوخت و خدمت‌رسانی از این منابع، اطمینان یا دسترسی داشتن به آن‌ها، ماندگاری یا منابع ترمیم‌پذیر و بادوام انرژی دربرابر قطع یا خسارت دیدن، و پایداری یا کاهش اتلاف و محدودسازی خسارت وارده به محیط زیست تعریف می‌کند (Drezel, 2009). مرکز پژوهش‌های انرژی آسیا ـ اقیانوسیه

معتقد است امنیت انرژی توانایی یک اقتصاد برای تضمین قدرت تأمین منابع انرژی به صورت پایدار و در طول زمان با سطح قیمتی است که تأثیر نامطلوبی بر عملکرد اقتصادی آن اقتصاد نگذارد. این تعریف، چهار عنصر فراهم بودن، در دسترس بودن، قابل قبول بودن و قابل خرید بودن را دربرمی‌گیرد (Asia Pacific Energy Research Center, 2007). آژانس توسعهٔ بین‌المللی ایالات متحده امنیت انرژی را فراهم بودن عرضهٔ انرژی قابل مصرف در محل مصرف نهایی به مقدار کافی و به موقع می‌داند تا با بذل توجه درخور به تشویق بهره‌وری انرژی، توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی کشور با محدودیت مادی روبرو نشود. (U.S. Agency for International Development, 2008: 2). وزارت انرژی ایالات متحده معتقد است ارتقای امنیت انرژی به کمک انرژی قابل اعتماد، پاک و قابل خرید میسر است (U.S. Department of Energy,2010). از نظر کمیسیون اروپا امنیت انرژی فراهم بودن بلاوقفه فیزیکی فرآورده‌های انرژی در بازار به قیمتی قابل پرداخت برای تمامی مصرف‌کنندگان است (Olz et al, 2007: 13). همچنین آژانس بین‌المللی انرژی، امنیت انرژی را دسترسی کافی، قابل خرید و مطمئن به سوخت‌ها و خدمات انرژی، شامل فراهم بودن منابع کاهش وابستگی به واردات، کاهش فشار وارد بر محیط زیست، رقابت و بازار کارآمد، اتکا به منابع بومی که از نظر زیست‌محیطی پاک باشند و خدمات انرژی قابل خرید و تقسیم شده به شکل منصفانه می‌داند (Olz et al, 2006). درنهایت، از نظر مجمع جهانی اقتصاد، امنیت انرژی عبارت است از خودمختاری، عرضهٔ انرژی که تحت کنترل کشور و فارغ از اختلال توسط عاملان خارجی باشد، قابل اعتماد بودن یا توزیعی که بی‌خطر باشد و بدون وقفه تقاضا را برآورد سازد، قابل خرید بودن یا قیمت‌هایی درحد قدرت خرید مصرف‌کنندگان داشتن، پایداری یا عرضهٔ کافی انرژی برای پشتیبانی از زندگی بسیار باکیفیت بدون خسارت زدن به محیط زیست (World Economic Forum, 2009).

۳. مفاهیم چهارگانه امنیت انرژی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، امنیت انرژی یک مفهوم به شدت وابسته به بعد یا پس‌زمینهٔ مورد مطالعه است و مطالعات مختلف، ابعاد گوناگونی را برای امنیت انرژی در نظر گرفته‌اند. این ابعاد عبارتند از در دسترس‌پذیری انرژی، زیرساخت، قیمت‌های انرژی، تأثیرات اجتماعی، محیط زیست، سیاست‌های حکومتی و کارایی انرژی. پوشش این ۷ بُعد بین مطالعات مختلف، تفاوت دارد و تعداد کمی از مطالعات هر ۷ بُعد را دربرمی‌گیرند (Ang & Choong & Ng, 2015: 1077-1093).

الف) قابلیت دستیابی (فراهم بودن):[6] منظور از فراهم بودن، نشان دادن میزان عرضهٔ یک منبع انرژی اولیهٔ مشخص برحسب ذخایر شناخته شده آن و توانایی مصرف کنندگان و بهره‌برندگان برای تأمین انرژی مورد نیازشان است. همچنین معیار فراهم بودن اشاره به این دارد که طی دورهٔ مشخصی از زمان سهم نسبی هر یک از منابع انرژی چه اندازه است. مصادیق و مؤلفه‌های فراهم بودن شامل استقلال، تنوع، بازار تجاری گسترده، توافق بین خریداران و فروشندگان، منابع فیزیکی کافی، سرمایه‌گذاری فناوری، چارچوب‌های حقوقی و مقرراتی و الگوی مصرف انرژی است (Kruyt et al, 2009: 2166-2181).

ب) در دسترس بودن:[7] در دسترس بودن اشاره به این دارد که با چه سهولتی می‌توان به ذخایر قطعی انرژی برای عرضه به بازار تکیه کرد. مصادیق و مؤلفه‌های در دسترس بودن شامل ظرفیت اضافی کافی، نسبت ذخایر به تولید، داده‌های تاریخی عرضه، دسترسی خانوارها، حفاظت دربرابر حملات تروریستی و اختلالات سیاسی، زیرساخت حمل‌ونقل، نوآوری، آموزش، زنجیرهٔ قوی و متنوع ارزش انرژی و اطلاعات کافی دربارهٔ بازارهای جهانی انرژی است (Kruyt et al, 2009: 2166-2181).

ج) قابل تحمل بودن (قابل خرید بودن):[8] قابل خرید بودن به بهایی که باید برای هر واحد انرژی پرداخت یا به توانایی خرید و پرداخت قیمت هر واحد انرژی مربوط است. این مفهوم نه تنها متضمن آن است که قیمت‌ها نسبت به درآمد پایین یا منصفانه باشد بلکه به معنای آن است که قیمت‌ها باثبات باشد و لحظه‌ای تغییر نکند (Elkind, 2010: 119-148). مصادیق و مؤلفه‌های قابل خرید بودن شامل انصاف، تأمین خدمات انرژی، به حداقل رساندن بی‌ثباتی قیمت‌ها، قیمت‌گذاری شفاف و انتظارات واقع‌بینانه دربارهٔ قیمت‌های آینده است.

د) قابل قبول بودن:[9] قابل قبول بودن به این مفهوم است که برای قلمرو صلاحیتی موردنظر، یک منبع انرژی تا چه اندازه پذیرفتنی است. همچنین به مخاطراتی مربوط است که یک عرضه‌کنندهٔ منبع خاصی از انرژی با آن‌ها سروکار دارد. مصادیق و مؤلفه‌های قابل قبول بودن شامل پایداری اجتماعی، پایداری زیست‌محیطی، حداقل سهم در شکل‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی آلودگی زیست‌محیطی، انتشار اندک گازهای گلخانه‌ای، حفاظت از نظام‌های انرژی در برابر تغییرات آب و هوایی، مخاطرات سیاسی و مخاطرات اقتصادی است (Kruyt et al, 2009: 2166-2181).

6. availability
7. accessibility
8. affordability
9. acceptability

جاناتان الکایند،[10] معاون اول دستیار وزیر انرژی ایالات متحده در حوزهٔ سیاست و انرژی بین‌المللی، عقیده دارد امنیت انرژی از چهار عنصر (مفهوم) تشکیل شده است: فراهم بودن، قابل اعتماد بودن، قابل خرید بودن و پایداری. منظور از فراهم بودن، توانایی مصرف‌کنندگان و بهره‌برندگان برای تأمین انرژی موردنیازشان است. این مستلزم وجود بازار تجاری گسترده، خریداران و فروشندگانی که به مبادلهٔ کالا بپردازند، طرف‌هایی که دربارهٔ شرایط مبادله با هم توافق کنند و نیز منابع فیزیکی کافی، سرمایه‌گذاری، فناوری و چارچوب‌های حقوقی و مقرراتی برای پشتیبانی از آن‌هاست. قابل اعتماد بودن[11] اشاره به این دارد که از خدمات انرژی چه اندازه در برابر قطع خدمات حفاظت می‌شود و این خود بر برخی معیارهای به هم مرتبط مبتنی است از جمله:

ـ متنوع سازی منابع عرضه (سوخت‌ها و فناوری‌های گوناگون)؛

ـ تنوع بخشی به زنجیرهٔ عرضه؛

ـ ترمیم‌پذیری یا توانایی برآمدن از پس شوک‌ها و بازتوانی پس از بروز نارسایی؛

ـ کاهش تقاضای انرژی برای کم کردن فشار وارد بر زیرساخت‌ها؛

ـ ظرفیت اضافی برای استفاده در صورت بروز نارسایی

ـ رساندن به موقع اطلاعات به بازارها.

علاوه بر ابعاد، حوزه‌های متمرکز معین نیز در انتخاب معیارها و چارچوب‌بندی یک مطالعهٔ امنیت انرژی مؤثر است. پنج نوع مختلف از حوزه‌های متمرکز معین وجود دارد که شامل موارد ذیل است:

ـ حوزهٔ اول: چهار A (قابلیت دستیابی، در دسترس بودن، قابل تحمل بودن و قابل قبول بودن)؛

ـ حوزهٔ دوم: عرضهٔ مشخص انرژی؛

ـ حوزهٔ سوم: بعد اقتصادی؛

ـ حوزهٔ چهارم: بعد زیست‌محیطی؛

ـ حوزهٔ پنجم: بعد اجتماعی.

علاوه بر پنج حوزهٔ فوق، برخی ابعاد و ملاحظات وجود دارد که در هیچ کدام از این حوزه‌ها نمی‌گنجد.

با در نظر گرفتن هدف این مقاله، این مطالعه در حوزهٔ اول (چهار A) انجام شده و با توجه به مطالعهٔ منابع، چهار مفهوم منتسب به امنیت انرژی و مؤلفه‌های مربوط به هر یک

10. Jonathan Elkind
11. reliability

از این مفاهیم در جدول شماره ۲ جمع‌بندی شده است.

٤. انواع انرژی

کشورهای معدودی از جهان از نظر سوخت‌های فسیلی شامل نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ و اورانیم مستقل هستند و این سوخت‌ها از نظر مکانی به شدت متمرکزند. ذخایر شناخته شده نفت جهان بالغ بر ۱/۲ تریلیون بشکه است و نیز بزرگ‌ترین شرکت‌های نفت جهان در مناطق بیثبات متمرکز هستند. توزیع سایر منابع مرسوم انرژی مانند زغال سنگ، گاز طبیعی و اورانیم هم به همین اندازه حالت متمرکز دارد (Kessel, 2008: 31). ۸۰ درصد نفت جهان را می‌توان در ۹ کشوری یافت که تنها ۵ درصد جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند. ۸۰ درصد گاز طبیعی جهان در ۱۳ کشور قرار دارد و ۸۵/۱ درصد زغال سنگ جهان را نیز می‌توان در ایالات متحده، روسیه، چین، هند، استرالیا و آفریقای جنوبی سراغ گرفت. همچنین شش کشور جهان بیش از ۸۰ درصد از منابع اورانیم جهان را در کنترل خود دارند (Marilyn & Sovacool, 2011).

جدول ۱. ذخایر قطعی انرژی ۱۵ کشور دارای بیشترین ذخایر (معادل میلیارد بشکه نفت)

کشور	نفت	گاز طبیعی	زغال سنگ	اورانیم	کل
ایالات متحده	۲۱	۳۷	۱۰۱۸	۲۳	۱۰۹۹
روسیه	۶۰	۲۹۴	۶۶۸	۱۳	۱۰۳۵
چین	۱۶	۱۴	۴۸۷	۴	۵۲۱
استرالیا	۲	۵	۳۲۶	۷۷	۴۱۰
ایران	۱۳۶	۱۷۱	۶	۱	۳۱۴
عربستان سعودی	۲۶۲	۴۲	۰	۰	۳۰۴
هند	۰	۷	۲۴۰	۵	۲۵۲
قزاقستان	۳۰	۱۸	۱۳۳	۵۵	۲۳۶
آفریقای جنوبی	۰	۰	۲۰۴	۰	۲۰۴
قطر	۱۵	۱۵۹	۰	۰	۱۷۴
اوکراین	۰	۷	۱۴۴	۰	۱۵۱
امارات متحده عربی	۹۸	۳۸	۰	۰	۱۳۶
عراق	۱۱۵	۲۰	۰	۰	۱۳۵
کویت	۱۰۲	۱۰	۰	۰	۱۱۲
ونزوئلا	۸۰	۲۷	۲	۰	۱۰۹
کل	۹۳۷	۸۴۹	۳۲۲۸	۱۷۸	۵۱۹۲

تمرکز منابع باعث ناپایداری قیمت سوخت‌های فسیلی می‌شود. هرچند مشخص نیست که جهان تا چه زمانی قادر به تولید میزان کافی نفت و حتی زغال سنگ، گاز طبیعی و اورانیم برای برآوردن تقاضای رو به رشد جهانی خواهد بود. روشن است که درصد فزاینده‌ای از تقاضای جهانی نفت را منابع خاورمیانه برآورد خواهد ساخت زیرا تقریباً نیمی (۴۵درصد) از ذخایر نفت متعارف جهان در ایران، عراق و عربستان سعودی متمرکز است. اگر نظام حمل و نقل همچنان وابسته به نفت بماند و مازاد تولید نفت در جهان به یک یا دو میلیون بشکه در روز محدود شود، کشورهای واردکنندهٔ نفت در سراسر جهان همچنان آسیب‌پذیر خواهند ماند؛ همان‌طور که از زمان جنگ اکتبر و تحریم نفتی سال ۱۹۷۳ در برابر شوک و بی‌ثباتی قیمت نفت آسیب‌پذیر بوده‌اند (Marilyn & Sovacool, 2011).

گاز طبیعی پس از نفت خام و زغال‌سنگ، سومین سوخت پراستفاده در جهان است که ۲۳/۷ درصد از مصرف انرژی جهان را به خود اختصاص داده و سهم آن در ترکیب انرژی جهان در حال افزایش است. از آنجا که گاز یک انرژی متمرکز، انعطاف‌پذیر و چندمنظوره است، نه‌تنها برای تولید برق در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود بلکه در بخش‌های مسکونی و صنایع نیز دارای کاربرد است؛ زیرا نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی کارایی بیشتری دارد، ذخیره‌سازی و حمل و نقل آن آسان‌تر است و آسیب کمتری به محیط زیست وارد می‌کند. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ ، مصرف گاز طبیعی بیشترین نرخ رشد را بین انرژی‌های مختلف داشته باشد. بازارهای در حال توسعه آسیا همچون هند و چین، نقاط کانونی این رشد خواهند بود و طبق پیش‌بینی‌ها، مصرف گاز در این قاره تا سال ۲۰۲۵ سه برابر خواهد شد (U.S. Energy Information Administration., 2015).

انرژی هسته‌ای هم برای افزایش تقاضای انرژی و هم از لحاظ لزوم توسعهٔ انرژی کمتر کربن‌زا دارای مقبولیت است. در ۲۰۰۸ بیش از ۴۴۰ نیروگاه هسته‌ای در ۳۱ کشور دایر بود که حدود ۱۵ درصد برق جهان را تامین می‌کردند(Sovacool, 2008: 1).

توسعهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر در یک فرایند چندده‌های به جریان اصلی میان دولت‌ها، کسب و کارها، مشتریان و شرکت‌های تأمین آب و برق بدل شده است. رشد این نوع از انرژی‌ها در سراسر جهان از دههٔ ۱۹۹۰ آغاز و در دههٔ ابتدایی قرن بیست و یکم به شدت به توسعهٔ آن افزوده شد. تا اینکه در سال ۲۰۱۱، ۲۶۰میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفت. دلیل این رشد را می‌توان در عواملی همچون توسعهٔ حمایت‌ها و سیاست‌های دولتی، افزایش قیمت حامل‌های انرژی متداول، کاهش شدید هزینهٔ فناوری‌های تجدیدپذیر و وجود صرفهٔ به مقیاس در تولید این تجهیزات دانست. سیاست‌ها در سطح ملی، ایالتی، استانی و محلی نقش مهمی در توسعهٔ بازارها، سرمایه‌گذاری‌ها و

رشد صنایع مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر در دو دهۀ گذشته داشته است (Sajid & Khan & Zhang , 2016: 945-952). انجام سیاست‌گذاری‌های مناسب در زمینۀ بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، بدون توجه به موانع و مشکلات توسعۀ این نوع از انرژی‌ها عملاً غیرممکن است. مطالعات بسیاری نیز در زمینۀ بررسی این مشکلات و ارائۀ راه‌حل‌های مناسب جهت غلبه بر آن‌ها انجام گرفته است. از جمله، بایر و همکاران تولید پراکنده از منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق دور از شبکۀ سراسری انتقال توان را به عنوان یک معضل در نظر دارند و استراتژی مبتنی بر ذخیره‌سازی انرژی را راه‌حل این مشکل بیان کرده‌اند (Beier et al, 2017: 648-661).

انواع کوچک و برقابی انرژی تجدیدپذیر هم چالش‌های مشخصی برای امنیت انرژی پیش می‌آورند. درمورد سدهای برقابی جنجالی‌ترین و پیچیده‌ترین مشکلات به از بین رفتن زیستگاه‌ها و زیست‌سامان‌ها، انتشارهای ناشی از ذخیره‌سازی‌ها، کیفیت آب و رسوب‌گذاری مربوط می‌شود (Gagnon, 1997: 7-13).

سرانجام در ارتباط با زیست‌سوخت‌ها، نگرانی‌ها حول کاربری زمین و امنیت غذایی دور می‌زند. مصرف ذرت، برنج و نیشکر به عنوان مواد اولیۀ تولید سوخت‌های زیستی را دست‌کم تا حدودی علت افزایش قیمت‌های جهانی مواد خوراکی دانسته‌اند (Naylor, 2007: 30-43).

۵. پیشینۀ تحقیق

سلیمی در نتیجه‌گیری مقالۀ «لوله‌های فرامرزی گاز و امنیت انرژی جمهوری اسلامی ایران» معتقد است گاز به دلیل مزیت نسبی نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی، در آینده قطعاً بیشتر مورد مبادلات جهانی قرار خواهد گرفت. اگر ایران به دنبال افزایش جایگاه خود در حوزۀ انرژی است، باید نسبت به رویکرد خود در قبال جایگاه لوله‌های فرامرزی گاز بازاندیشی و درخصوص صادرات گاز، راهبرد منسجمی برای کوتاه‌مدت و بلندمدت اتخاذ کند. در این میان، ایران می‌تواند از ظرفیت مجمع کشورهای صادرکننده گاز به‌عنوان یک سازمان هماهنگ‌کنندۀ سیاست‌های صادراتی کشورهای عضو نیز استفاده کند (سلیمی، ۱۳۹۶ ص ۸۸).

باید در نظر داشت سوخت‌های فسیلی، منابع انرژی غیرقابل تجدید و محدودی هستند که در زمانی نه‌چندان دور پایان می‌پذیرند و اتکای بیش از اندازه به آن‌ها علاوه بر بروز چالش‌هایی در سطح جهانی نظیر آلودگی محیط زیست، مشکلات گوناگون در سطح ملی و منطقه‌ای از قبیل درگیری‌های داخلی و مناقشات بین حکومت‌ها را نیز به همراه دارد. از این رو ضروری است به منظور جلوگیری از بروز بحران‌های گوناگون در حوزۀ انرژی و به خطر افتادن امنیت ملی، دولت‌ها در پی اجرای سازوکارهایی برای ارتقای امنیت انرژی

باشند. بسیاری از کشورهای صنعتی راهکارهایی از قبیل بهره‌وری و افزایش بازدهی انرژی، تنوع‌بخشی به سبد انرژی‌های اولیه و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر را جزء سیاست‌های امنیت انرژی خود قرار داده‌اند (یزدان‌پناه درو و همکاران، ۱۳۹۶: ۷۱۱ – ۷۲۹).

ساعی و پاشنگ (۱۳۹۵: ۲۳۳ـ۲۵۳) در پژوهشی تحت عنوان «ضرورت نگاه فراملی به امنیت انرژی» به بررسی قلمرو موضوعی و قلمرو مکانی مناسب برای مقولهٔ امنیت انرژی پرداخته‌اند. برونداد این پژوهش نشان می‌دهد که غالباً کشورهای مختلف، امنیت انرژی خود را در قالب پارادایم امنیت ملی تعریف می‌کنند. در حالی‌که موضوع سیاست‌های انرژی، ماهیتی فراملّی دارد و تصمیم‌گیری درمورد چالش‌هایی مثل تغییرات آب و هوایی ناشی از استفاد از انرژی‌های فسیلی، فقر انرژی و دیگر موضوعات مربوط به توسعهٔ پایدار در پارادیم محدود امنیت ملی نمی‌گنجد و ضرورت دارد یک پارادایم امنیتی جایگزین برای سیاست‌های انرژی تبیین شود که موضوعات ملی و فراملی مرتبط با انرژی را پوشش دهد. در پارادایم جایگزین باید به سیاست‌زدایی از بخش انرژی، ارائهٔ اطلاعات شفاف درمورد عوامل بنیادین و غیر بنیادین بازار، قوانین و مقررات و مسئولیت‌های هرکدام از بازیگران تأثیرگذار در امنیت انرژی جهانی توجه ویژه‌ای صورت بگیرد.

٦. روش بررسی

با توجه به نوع اطلاعات موردنیاز، در انجام این تحقیق از روش بررسی اسناد و مدارک موجود (روش کتابخانه‌ای) و تهیهٔ پرسش‌نامه برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. جامعهٔ آماری تحقیق حاضر شامل کلیهٔ متخصصان و صاحب نظران جهت اولویت‌بندی انواع انرژی در ایران است که ویژگی‌هایی از قبیل معلومات کافی، آشنایی با مقولهٔ انرژی، آشنایی با سیاست‌گذاری انرژی و امنیت انرژی دارند. از بین این افراد تعداد ۲۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب شده است. معیارهای مورداستفاده در این تحقیق بر مبنای مطالعهٔ ادبیات موضوع و نظرخواهی از افراد جامعهٔ نمونه استخراج شد و سپس با استفاده از نظرها و دیدگاه کارشناسان (جامعهٔ نمونه) بر مبنای ویژگی‌ها و خصوصیات معیارهای چهارگانهٔ امنیت انرژی زیرمعیارهای موردنیاز تعیین و نهایی شدند. برای افراد تصمیم‌گیرنده (خبره) جامعهٔ نمونه، هفت گزینه (انواع انرژی) و چهار معیار (معیارهای چهارگانه فراهم بودن (شامل ۶ زیرمعیار)، در دسترس بودن (شامل ۴ زیرمعیار)، قابل خرید بودن (شامل ۵ زیرمعیار) و قابل قبول بودن (شامل ۳ زیرمعیار) در نظر گرفته شده است. فرض بر این است که تصمیم‌گیرندگان برای ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار از مقیاس ۱ تا ۹ (۱= بی‌اهمیت، ۳= اهمیت ضعیف، ۵= اهمیت قوی، ۷= اهمیت خیلی قوی، ۹= اهمیت مطلق، ضمناً امتیازات ۲، ۴، ۶ و ۸ بیانگر ارزش‌های واسطه بین

قضاوت‌های فوق است) استفاده می‌کنند. درنهایت برای دستیابی به اولویت‌بندی انواع انرژی در ایران با هدف افزایش امنیت انرژی از تکنیک تاپسیس[12] گزینه‌ها (انواع انرژی) با توجه به معیارهایی که حائز اهمیت هستند، استفاده شده است. راه‌حل پیشنهادی توسط تاپسیس بر پایهٔ این مفهوم است که روش انتخابی به طور همزمان از ایدئال منفی دور و به ایدئال مثبت نزدیک است که این ویژگی، تکنیک تاپسیس را از سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری متمایز می‌کند.

۷. تاپسیس و تصمیم‌گیری گروهی

با توجه به مسائل مربوط به گزینه‌ها (انواع انرژی)، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM)[13] ابزارهایی مفید برای حل مسائل جهان واقعی است. تصمیم‌گیرنده با انتخاب، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی تعداد معینی از فعالیت‌ها مواجه است (Hwang & Yoon, 1981). از آنجا که تعداد بسیار زیادی تکنیک در این زمینه وجود دارد، هوانگ و یون[14] یک طبقه‌بندی از این تکنیک‌ها را به صورت انواع اطلاعات از تصمیم‌گیرندگان، ویژگی‌های برجسته اطلاعات و یک طبقهٔ اصلی از روش‌ها ارائه کردند. در حقیقت این طبقه‌بندی، یادگیری تکنیک‌های MADM را تسهیل می‌کند. از میان این تکنیک‌ها، تاپسیس با مفهوم معیار فاصلهٔ گزینه‌ها از راه‌حل ایدئال مثبت و راه‌حل ایدئال منفی که توسط هوانگ و یون (۱۹۸۱) ارائه شده، ساده و پرکاربردترین تکنیک در MADM است. این مدل یکی از پرکاربردترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است (Venkata, 2007). در این روش تصمیم‌گیری فرض می‌شود که k تصمیم‌گیرنده به ارزیابی m گزینه تصمیم‌گیری می‌پردازند که توسط n معیار ارزیابی می‌شوند (Chu & Lin, 2003: 284). معیارها به دو نوع معیار دسته‌بندی می‌شوند؛ معیاری از جنس سود که بیشتر بودن آن‌ها بهتر است و معیاری از جنس هزینه که کمتر بودن آن‌ها ارجحیت دارد. این تکنیک بر مبنای این مفهوم استوار است که گزینهٔ ایدئال مثبت نسبت به همه ویژگی‌های موردنظر بهترین وضعیت را دارد، درحالی‌که ایدئال منفی گزینه‌ای است با بدترین ویژگی‌ها. مدل تاپسیس نقاطی را به عنوان راه‌حل ارائه می‌دهد که از نظر فاصلهٔ اقلیدسی همزمان، نسبت به راه‌حل ایدئال منفی، دورترین و نسبت به راه‌حل ایدئال مثبت، نزدیک‌ترین باشد. در سال‌های اخیر، این مدل به طور موفقیت‌آمیزی در زمینه‌های مدیریت منابع انسانی (Chen & Tzeng, 2004: 12-22)، حمل‌ونقل (Tuzkaya et al, 2009)، طراحی محصول (Milani & Shanian & Madoliat, 2005: 312-318)، تولید (Ahi et al, 2009: 1478-1496)، کنترل کیفیت (Yang & Chou, 2005: 9-21) و تعیین

12. TOPSIS
13. Multiple Attribute Decision Making (MADM)
14. Hwang & Yoon

محل تسلیحات (Yong, 2006: 839) استفاده شده است.

در این قسمت، روش تاپسیس و مراحل اجرای آن به صورت مختصر ارائه شده است.

مفهوم اولیهٔ تاپسیس انتخاب بهترین گزینه از مجموعه گزینه‌های متفاوتی است که باید کوتاهترین فاصله را از راه‌حل ایدئال مثبت و دورترین فاصله را از راه حل ایدئال منفی در یک فضای اقلیدسی داشته باشد. روش تاپسیس ماتریس تصمیم ذیل را ارزیابی می کند که m گزینه برحسب n معیار است (جدول ۲). در جایی که A_i، i امین گزینه، C_j، j امین معیار، w_j وزن اختصاص داده شده به j امین معیار و r_{ij} رتبه (به عنوان مثال، در یک مقیاس ۱-۹ بالاترین رتبه، بهترین است) i امین گزینه بر حسب j امین معیار است. مراحل اجرا به صورت ذیل ارائه شده است (Asgharpoor, 2009):

جدول۲. ماتریس تصمیم‌گیری (R)

	C_1	C_2	C_3	...	C_n
گزینه‌ها	w_1	w_2	w_3	...	w_n
A_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	...	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	...	r_{2n}
A_3	r_{31}	r_{32}	r_{33}	...	r_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_m	r_{m1}	r_{m2}	r_{m3}	...	r_{mn}

گام۱. به دست آوردن وزن نسبی معیارها. روش‌های متعددی برای به دست آوردن وزن معیارها وجود دارد اما در این گام با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون به محاسبهٔ وزن نسبی هر یک از معیارها با توجه به ماتریس تصمیم می‌پردازیم (Asgharpoor, 2009).

گام۲. ساختن ماتریس تصمیم نرمال شده (N). این گام معیارهای ابعادی عملکرد را به ویژگی‌های غیرابعادی تبدیل می کند.

گام۳.ساختن‌ماتریس‌موزون‌نرمال‌شده. مجموعه‌وزن‌های $W = (w_1, w_2, ..., w_n)$ به شرط $\sum w_j = 1$، که توسط تکنیک آنتروپی شانون مشخص شده است، به همراه ماتریس نرمال شده N، ماتریس موزون نرمال شده V را به صورت رابطهٔ (۱) تشکیل می‌دهد.

$$V = W.N = [v_{\tilde{j}}]_{m \times n} \qquad (۱)$$

گام٤. تعیین راه‌حل‌های ایدئال مثبت و ایدئال منفی. راه‌حل‌های ایدئال مثبت A^+ و ایدئال منفی A^- به صورت رابطهٔ (۲) تعریف می‌شوند.

$$A^+ = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J'); i = ۱,۲,..., m \right\} = \left\{ v_۱^+, v_۲^+, ..., v_m^+ \right\}$$
$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J'); i = ۱,۲,..., m \right\} = \left\{ v_۱^-, v_۲^-, ..., v_m^- \right\} \quad (۲)$$

به طوری که: $J' = \{$jهای مربوط به معیارهای منفی$\}$ $\{$jهای مربوط به معیارهای مثبت$\} = J$

در این رابطه‌ها A^+ برترین راه‌حل (ایدئال مثبت) و A^- کم برترین راه‌حل (ایدئال منفی) را نشان می‌دهد.

گام٥. محاسبهٔ جداگانه فواصل. در این گام، مفهوم فاصلهٔ اقلیدسی n- بعدی برای اندازه‌گیری فواصل جداگانه، رتبه هر گزینه از راه‌حل ایدئال مثبت و راه‌حل ایدئال منفی استفاده می‌شود. رابطه‌های (۳) و (۴) فرمول مربوطه را نشان می‌دهد.

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{i=۱}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+ \right)^۲} \quad \text{for } i = ۱,۲,..., m \quad (۳)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{i=۱}^{n} \left(v_{ij} - v_j^- \right)^۲} \quad \text{for } i = ۱,۲,..., m \quad (۴)$$

در جایی که s_i^+ فاصلهٔ اقلیدسی رتبهٔ گزینه i از راه‌حل ایدئال مثبت و s_i^- فاصلهٔ اقلیدسی رتبهٔ گزینه i از راه‌حل ایدئال منفی است.

گام٦. محاسبهٔ ضریب نزدیکی نسبی. ضریب نزدیکی نسبی گزینه A_i با توجه به راه‌حل ایدئال مثبت A^+ به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود.

$$C_i = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \quad (۰ \le C_i \le ۱; i = ۱,۲,..., m) \quad (۵)$$

گام۷. اولویت‌بندی گزینه‌ها. بهترین گزینه می‌تواند مطابق با بیشترین مقدار C_i تصمیم گیری شود. به این معنا که توأمان کمترین فاصله را از راه‌حل ایدئال مثبت و بیشترین فاصله را از راه‌حل ایدئال منفی دارد.

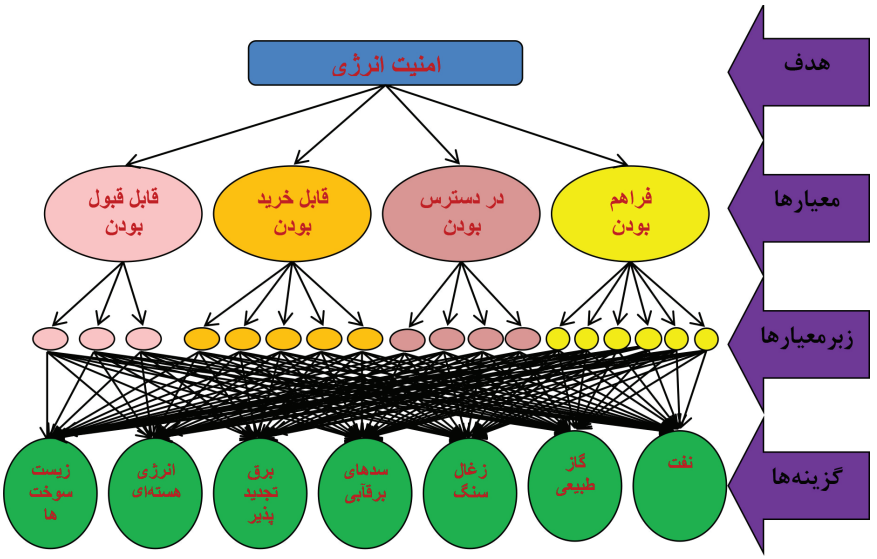
۸. جمع‌بندی و یافته‌ها

جدول ۳. معیارهای چهارگانه امنیت انرژی و زیرمعیارهای مربوط به هر کدام از آن‌ها

معیار	زیر معیارها
فراهم بودن	❖ بهره‌مندی تولیدکنندگان ❖ توانایی تولیدکنندگان، کشورهای محل عبور و مصرف‌کنندگان برای توافق روی شرایط تجاری ❖ راه‌حل‌های مبتنی بر فناوری برای تولید، انتقال، صرفه‌جویی، ذخیره‌سازی و توزیع ❖ سرمایه‌گذاری ❖ ساختارهای ماندگار حقوقی و مقرراتی ❖ رعایت مقررات زیست‌محیطی و دیگر مقررات الزام‌آور
قابل اعتماد بودن	❖ زنجیرهٔ قوی و متنوع ارزش انرژی ❖ ظرفیت اضافی کافی ❖ حفاظت در برابر حملات تروریستی و اختلالات سیاسی ❖ اطلاعات کافی دربارهٔ بازارهای جهانی انرژی
قابل خرید بودن	❖ حداقل بی‌ثباتی قیمت‌ها ❖ قیمت‌های منصفانه ❖ قیمت‌گذاری شفاف ❖ انتظارات واقع‌بینانه دربارهٔ قیمت‌های آینده ❖ قیمت‌هایی که همهٔ هزینه‌ها را منعکس سازند
قابل قبول بودن	❖ انتشار اندک گازهای گلخانه‌ای ❖ حداقل سهم در شکل‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی آلودگی زیست‌محیطی ❖ حفاظت از نظام‌های انرژی در برابر تغییرات آب و هوایی

با توجه به مطالب بالا معیارها و زیرمعیارهای موردتوجه مقاله جهت اولویت‌بندی انواع انرژی به شرح جدول زیر است:

همچنین با توجه به گزینه‌ها (انواع انرژی) و معیارها (چهار A) و زیرمعیارهای هر کدام از آنها نمودار سلسله‌مراتبی موضوع به شرح زیر ترسیم می‌شود. لازم به ذکر است زیر معیارها در جدول بالا مشخص شده و در این نمودار به علت محدودیت آورده نشده است.



شکل ۱. نمودار ساختار سلسله مراتبی برای انواع انرژی با رویکرد امنیت انرژی

ماتریس تصمیم‌گیری حاصل از نظرخواهی ۲۰ نفر تصمیم‌گیرنده (خبره) برای ۷ نوع از انرژی نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ، سدهای برقابی، برق تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای و زیست‌سوخت‌ها و چهار معیار متشکل از فراهم بودن (شامل ۶ زیرمعیار)، در دسترس بودن (شامل ۴ زیرمعیار)، قابل خرید بودن (شامل ۵ زیرمعیار) و قابل قبول بودن (شامل ۳ زیرمعیار) مطابق ماتریس زیر به دست آمده است

جدول ٤. ارزیابی هر روش با توجه به معیارها (ماتریس تصمیم‌گیری)

انواع انرژی	معیارها			
	+ قابل قبول بودن	+ قابل خرید بودن	+ در دسترس بودن	+ فراهم بودن
نفت	۸.۹۲	۸.۵۳	۹.۰۱	۵.۶۳
گاز طبیعی	۶.۷۶	۹.۱۱	۷.۳۲	۷.۳۴
زغال سنگ	۴.۱۲	۳.۱۱	۱.۲۴	۴.۷۶
برق تجدیدپذیر	۷.۰۲	۷.۲۱	۵.۴۳	۵.۶۷
سدهای برقابی	۱.۸۸	۹.۰۳	۴.۶۹	۵.۰۳
انرژی هسته‌ای	۱.۹۲	۷.۱۱	۶.۸۹	۴.۹۸
زیست سوخت‌ها	۲.۰۴	۷.۰۸	۲.۳۴	۵.۱۱

از آنجا که اهمیت هر یک از انواع انرژی نسبت به معیارها با اعداد نسبی ۱ تا ۹ توسط ۲۰ تصمیم گیرنده تعیین شده است، جهت تشکیل ماتریس تصمیم از میانگین حسابی اعداد در هر معیار استفاده شده است (جدول۴). اکنون برای به دست آوردن وزن نسبی هر معیار مطابق گام ۱ از داده‌های جدول ۴ استفاده شده است و نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. اهمیت (وزن) نسبی معیارها

	+ قابل قبول بودن	+ قابل خرید بودن	+ در دسترس بودن	+ فراهم بودن
E_j	۰.۹۱۲۸۱	۰.۹۷۹۵۲	۰.۹۳۰۷۴	۰.۹۹۴۷۳
d_j	۰.۰۸۷۱۹	۰.۰۲۰۴۸	۰.۰۶۹۲۶	۰.۰۰۵۲۷
w_j	۰.۴۷۸۵۶	۰.۱۱۲۳۹	۰.۳۸۰۱۴	۰.۰۲۸۹۱

در ادامه با تقسیم هر درایه بر جمع ستونی خودش ماتریس نرمال شده را مطابق گام ۲ محاسبه می کنیم (جدول۶) .

جدول ٦. ماتریس نرمال شده

		معیارها			
		+ قابل قبول بودن	+ قابل خرید بودن	+ در دسترس بودن	+ فراهم بودن
انواع انرژی	نفت	۰.۶۲۶۲۱	۰.۴۲۶۷۰	۰.۵۸۰۷۱	۰.۳۸۲۵۵
	گاز طبیعی	۰.۴۷۴۵۷	۰.۴۵۵۷۱	۰.۴۷۱۷۹	۰.۴۹۸۷۴
	زغال سنگ	۰.۲۸۹۲۴	۰.۱۵۵۵۷	۰.۰۷۹۹۲	۰.۳۲۳۴۳
	برق تجدیدپذیر	۰.۴۹۲۸۳	۰.۳۶۰۶۷	۰.۳۴۹۹۷	۰.۳۸۵۲۷
	سدهای برقابی	۰.۱۳۱۹۸	۰.۴۵۱۷۱	۰.۳۰۲۲۸	۰.۳۴۱۷۸
	انرژی هسته‌ای	۰.۱۳۴۷۹	۰.۳۵۵۶۷	۰.۴۴۴۰۷	۰.۳۳۸۳۸
	زیست سوخت‌ها	۰.۱۴۳۲۱	۰.۳۵۴۱۶	۰.۱۵۰۸۲	۰.۳۴۷۲۲

با ضرب ماتریس نرمال شده در بردار وزن معیارها به محاسبهٔ ماتریس موزون نرمال شده مطابق با گام ۳ می‌پردازیم (جدول۷).

جدول۷. ماتریس موزون نرمال شده

		معیارها			
		+قابل قبول بودن	+قابل خرید بودن	+در دسترس بودن	+فراهم بودن
انواع انرژی	نفت	۰.۲۹۹۶۸	۰.۰۴۷۹۶	۰.۲۲۰۷۵	۰.۰۱۱۰۶
	گاز طبیعی	۰.۲۲۷۱۱	۰.۰۵۱۲۲	۰.۱۷۹۳۵	۰.۰۱۴۴۲
	زغال سنگ	۰.۱۳۸۴۲	۰.۰۱۷۴۹	۰.۰۳۰۳۸	۰.۰۰۹۳۵
	برق تجدیدپذیر	۰.۲۳۵۸۵	۰.۰۴۰۵۴	۰.۱۳۳۰۴	۰.۰۱۱۱۴
	سدهای برقابی	۰.۰۶۳۱۶	۰.۰۵۰۷۷	۰.۱۱۴۹۱	۰.۰۰۹۸۸
	انرژی هسته‌ای	۰.۰۶۴۵۱	۰.۰۳۹۹۷	۰.۱۶۸۸۱	۰.۰۰۹۷۸
	زیست سوخت‌ها	۰.۰۶۸۵۴	۰.۰۳۹۸۱	۰.۰۵۷۳۳	۰.۰۱۰۰۴

مطابق با گام ۴ راه‌حل‌های ایدئال مثبت و ایدئال منفی با استفاده از جدول ۷ تعریف می‌شود. درنهایت برای اولویت‌بندی انواع انرژی ابتدا مطابق با گام ۵ به محاسبهٔ فواصل جداگانه رتبه هر گزینه از راه‌حل ایدئال مثبت و راه‌حل ایدئال منفی و سپس مطابق با گام ۶ براساس بیشترین مقدار ضریب نزدیکی به اولویت‌بندی آن‌ها می‌پردازیم (جدول۸).

جدول۸. فاصلهٔ اقلیدسی، ضریب نزدیکی و رتبه‌بندی

انواع انرژی	فاصله اقلیدسی		ضریب نزدیکی	رتبه‌بندی
	s_i^+	s_i^-	C_i	
نفت	۰.۱۸۳۶۰	۰.۳۰۵۱۵	۰.۶۲۴۳۴	۴
گاز طبیعی	۰.۱۰۰۱۱	۰.۲۲۴۱۳	۰.۶۹۱۲۵	۱
زغال سنگ	۰.۱۰۸۰۷	۰.۰۷۵۲۶	۰.۴۱۰۵۰	۶
برق تجدیدپذیر	۰.۰۹۸۰۱	۰.۲۰۲۲۲	۰.۶۷۳۵۴	۲
سدهای برقابی	۰.۰۷۷۴۲	۰.۰۹۰۸۵	۰.۵۳۹۸۹	۵
انرژی هسته‌ای	۰.۰۸۲۸۹	۰.۱۴۰۲۵	۰.۶۲۸۵۳	۳
زیست سوخت‌ها	۰.۱۰۳۶۶	۰.۰۳۵۴۱	۰.۲۵۴۶۱	۷

۹. نتیجه و پیشنهاد

یک تعریف پرکاربرد از امنیت عرضهٔ انرژی که مورد توافق اکثر مطالعات قرار گرفته، عبارت است از در دسترس‌پذیری دائمی انرژی در حالات مختلف، با مقادیر کافی و در سطوح قیمتی معقول. مشابه با تعریف امنیت عرضهٔ انرژی، می‌توان امنیت تقاضای انرژی را این‌گونه تعریف کرد: وجود یک تقاضای ثابت و منظم برای صادرات انرژی با قیمت‌های رقابتی (قیمتی که حداقل، هزینه‌های تولید و تراکنش را جبران می‌کند).

در این مقاله با توجه به رویکرد امنیت انرژی، اولویت‌بندی انواع انرژی شامل نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ، برق تجدیدپذیر، سدهای برقابی، انرژی هسته‌ای و زیست سوخت‌ها با توجه به چهار معیار (معیارهای چهارگانه) فراهم بودن شامل ۶ زیرمعیار، در دسترس بودن شامل ۴ زیرمعیار، قابل خرید بودن شامل ۵ زیرمعیار و قابل قبول بودن شامل ۳ زیرمعیار تجزیه و تحلیل شد. اهمیت معیارها با توجه به وزن به دست آمده به ترتیب به شرح زیر است:

- قابل قبول بودن با وزن ۰.۴۷۸۵۶
- در دسترس بودن با وزن ۰.۳۸۰۱۴
- قابل خرید بودن با وزن ۰.۱۱۲۳۹
- فراهم بودن با وزن ۰.۰۲۸۹۱

در مقالات مشابه و اسناد و مدارک مطالعه شده، اثر هر کدام از انواع انرژی بر امنیت انرژی مورد بحث بوده و هیچ صحبتی از اولویت آن‌ها به میان نیامده است. در این مقاله انواع انرژی با رویکرد امنیت انرژی اولویت‌بندی شد؛ همان‌طور که جدول ۸ نشان می‌دهد، انواع انرژی در ستون آخر برحسب مقدار ضریب نزدیکی (Ci) بیشتر در جهت تأمین امنیت انرژی در افق ۱۴۰۴ اولویت‌بندی شده‌اند و گاز طبیعی نیز به دلیل نزدیکی به ایدئال مثبت و همزمان دور بودن از ایدئال منفی در مقایسه با سایر انواع انرژی در اولویت اول قرار دارد و می‌توان آن را به عنوان اولین نوع انرژی جهت تأمین امنیت انرژی کشور ایران در افق ۱۴۰۴ پیشنهاد کرد. برق تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای، نفت، سدهای برقابی، زغال سنگ و زیست‌سوخت‌ها به ترتیب در اولویت‌های بعدی هستند.

در این مقاله، روشی برای به دست آوردن رتبه امنیت انرژی انواع مختلف انرژی معرفی کردیم. این روش بر چهار معیار و زیرمعیارهای مبتنی بر پایه‌های چهارگانه برای تعیین رتبهٔ منابع مختلف انرژی از ماتریس تصمیم استفاده می‌کند.

از ابعاد مختلف امنیت انرژی که تشریح شد، می‌توان برای پرداختن به انواع مخاطرات و ابهامات عادی و ریشه‌ای بهره گرفت که در برنامه‌ریزی، ساخت و فعالیت نظام‌های انرژی

پیش می‌آید.

برای به دست آوردن بردارهای رتبه‌بندی مختلف مربوط به انواع انرژی می‌توان هر تعداد ترکیب از دامنه‌های وزن‌ها را درمورد معیارها اعمال کرد. بدین ترتیب به کار برندهٔ این روش امکان می‌یابد سناریوهای مشروط مختلف را بررسی کند، از این راه بینش بیشتری دربارهٔ وضعیت منابع انرژی از نظر هر معیار به دست آورد و مسیرهای بالقوه‌ای به سوی منابع مختلف انرژی پیشنهاد دهد.

پیشنهاد می‌شود برای تثبیت و تقویت امنیت انرژی، سیاست‌گذاری‌های بخش انرژی به‌خصوص صادرات به اولویت‌بندی انواع انرژی حاصل از نتایج این مقاله توجه کنند. در نهایت توصیه می‌شود در سیاست‌گذاری‌های پیشرو به توسعهٔ گاز طبیعی و گسترش شبکه این نوع از انرژی بیشتر پرداخته شود.

کتابنامه

ساعی، احمد و مریم پاشنگ. ۱۳۹۵. «ضرورت نگاه فراملی به امنیت انرژی». *راهبرد*. سال۲۴ . شمارهٔ ۸۰ (پاییز) صص ۲۳۳– ۲۵۳.

سلیمی ترکمانی، حجت. ۱۳۹۶. «لوله‌های فرامرزی گاز و امنیت انرژی جمهوری اسلامی ایران». *فصلنامهٔ تحقیقات سیاسی بین‌المللی*. شماره۳۲ (پاییز) ص ۷۱–۸۸.

مزرعتی، محمد. ۱۳۹۱. «امنیت انرژی، دو روی یک سکه: امنیت عرضه و امنیت تقاضای انرژی». *فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی*. سال چهارم. شماره ۱۳ (تابستان) ص ۱۳–۲۷.

ملکی، عباس. ۱۳۹۳. *سیاست‌گذاری انرژی*. تهران: نشر نی.

یزدان‌پناه درو، کیومرث؛ ناهید پوررستمی، ریحانه یوسفی و محمدرضا حسین‌زاده.۱۳۹۶ . «بررسی تطبیقی ارتقای امنیت انرژی با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر؛ در مقایسهٔ ژئوپلیتیکی دو کشور ایران و ژاپن با الگوی مدیریت راهبردی». *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. دورهٔ ۴۹. شمارهٔ ۳ (پاییز) صص ۷۱۱ – ۷۲۹.

Ahi, Arshia & Aryanezhad, Mir.B & Ashtiani, Behzad & Makui, Ahmad.2009 . «A novel approach to determine cell formation, intracellular machine layout and cell layout in the CMS problem based on TOPSIS method». Computers & Operations Research. 36, 1478 – 1496.

Ang B. W & Choong W. L & Ng T. S. 2015. «Energy security: Definitions, dimensions and indexes». Renew Sustain Energy Rev. vol 42. pp 1077-1093.

Asgharpoor, M.J. 2009. «Multiple criteria decision making».

Asia Pacific Energy Research Center. 2007. «A Quest for Energy Security in the 21st Century: Resources and Constraints (Tokyo, APERC)».

Bahgat, Gawdat. 2007. «Energy Security: Pacific Asia and the Middle East, in Energy

Security in Asia, Edited by Michael Wesley». London and New York. Routledge.
Beier, J & Thiede, S & Herrmann C. 2017. « Energy flexibility of manufacturing systems for variable renewable energy supply integration: Real-time control method and simulation». Journal of Cleaner Production. 141.pp 648-661.
Chen, M.F & Tzeng, G.H. 2004. «combining gray relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host». Journal of Security (june). pp 12-22.
Chester, L. 2010. «Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature». Energy Policy. vol. 38. no 2. pp 887–895.
Chu, T.C & Lin, Y.C. 2003. « A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection». Int J Adv Manuf Technol. 21. Pp 284–290.
Drezel, Kleber. 2009. «The U.S. Department of Defense». Valuing Energy Security.
Elkind, Jonathan. 2010. «Energy Security: Call for a Broader Agenda». In Carlos Pascual and Jonathan Elkind(eds). «Energy Security: Economics, Politics, Strategies and Implications(Washingtonm DC: Brookings Institution Prss)» . pp 119 – 148.
Energy informatin administration (EIA). 2006. «Short-Term energy outlook, Sseptember». Avaiiable at http://www.eia.doe.gov/pub/forecasting/steo/oldsteos/sepo.
Florini, Ann. 2010. «Global governance and Energy» . In Carlos Pascual and Jonathan Elkind(eds). «Energy Security: Economics, Politics, Strategies, and Implications(Washington. DC: Brookings Institution)» . P 151-165.
Gagnon, L & van de vate, J. F. 1997. «Greenhouse Gas Emission from hydropower: The state of research in (1996)» . energy policy. 25. Pp 7-13.
Haghighi, Sanam. 2007. «Energy Security» . Portland. Hart Publishing.
Hwang, C.L & Yoon, K. 1981. «multiple attribute decision making: methods and applications». Springer. Berlin Heidelberg New York.
International atomic energy agency (IAEA). 2008. «Reinforcing the global nuclear order for peace amid Prosperity» . The role of IAEA to 2020 and Beyond (Vienna: IAEA).
Kessel, John & Stefan, Bakker & Bas, Wetzelaer. 2008. «Energy Security and the Role of Coal (Londan: IEA Clean Coal Center CCC/131)» . p 31.
Kruyt, B & van Vuuren, D. P & de Vries H. J. M & Groenenberg, H. 2009. «Indicators for Energy Security». Energy Policy. Pp 2166-2181.
Löschel, A & Moslener, U & Rübbelke, D. T. G. 2010. «Indicators of energy security in industrialised countries». Energy Policy. Vol 38. No 4. pp 1665–1671.
Marilyn Brown, A & Sovacool, B.K. 2011. «Climate Change and Global Energy Security: Technology and Policy Options(Cambridge, MA: MIT press)» .
Milani, A.S & Shanian, A & Madoliat, R. 2005. «the effect of normalization norms in multiple attribute decision making models: A case study in gear material selection». Structural Multidisciplinary Optimization. 29 (4). pp 312–318.
Naylor, Rosamond L &Adam, J & Liska, Marshall & B. Burke & Walter P & Falcon, Joanne C Gaskell & scott D. Rozelle & Kenneth G, Cassman. 2007. «the Ripple Effect: Food security, and the environment». Environment. 49(9). pp30-43.
Olz et al. contributions of renewables to Energy Security. International Energy Agency.

2006. «Enegy Technology Perspective: Senarios and Strategies to 2050 (Paris: OECD)» .
Olz, Samantha & Ralph, Sims & Nicolai, Kirchner. 2007. «contributions of renewables to Energy Security» . International Energy Agency Information Paper (Paris: OECD, April). pp 13-27.
Runge, Ford & Benjamin, Senauer. 2007. «How biofuels could starve the poor» Foreign affairs. 86(3) (May/June). pp41-45.
Sajid, Z & Khan, F& Zhang, Y. 2016. «Process simulation and life cycle analysis of biodiesel production» Renew. Energy. 85. pp 945-952.
Samuels, R. 1997. «Securing Asian Energy Investmentm». the MIT Japan Program Science. Technology and Management Report. 4(2). (September/October).
Sovacool, B.K. 2010. «The Routledge handbook of energy security». Routledge. London.
Sovacool, Benjamin K & christopher, Cooper. 2008. «Nuclear Nonsense: Why Nuclear Power is no answer to climate change and the world's Post-kyoto energy challenges». William & Mary environmental Law & Policy Review. 33(1) (Fall). pp 1-119.
Tuzkaya, Gülfem & Gülsün, Bahadır & Kahraman, Cengiz & Özgen, Dogan. 2009. «An integrated fuzzy multi-criteria decision making methodology for material handling equipment selection problem and an application». Expert Systems with Applications.
U.s. Agency for International Development. 2008. «Energy Security Quarterly». USAID South Asia Regional Initiative for energy (Washington, DC: USAID, January). pp 1-22.
U.S. Department of Energy. 2010. «About the Department of Energy». March. Available at http://www.energy.gov/about/index.htrn(accessed May 4. 2010).
U.S. Energy Information Administration. 2015. «Iran international analysis».
Venkata Rao, R. 2007. «Decision making in the manufacturing environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods». (Springer series in advanced manufacturing). Springer.
Vivoda, V. ۲۰۱۰. «Evaluating energy security in the Asia-Pacific region: A novel methodological approach». Energy Policy. vol 38. N 9. pp 5258–5263.
Winzer, C. 2012. «Conceptualizing energy security». Energy Policy. vol 46. pp 36–48.
World Economic Forum. 2009. «Global Risks 2009: A Global Risk Network Report(Davos: World Economic Forum, January)» .
Yang, T & Chou, P. 2005. «solving a multiresponse simulation–optimization problem with discrete variables using a multi-attribute decision-making method, Mathematics and Computers in Simulation». 68. pp 9–21.
Yong, Deng. 2006. «Plant location selection based on fuzzy TOPSIS». Int J Adv Manuf Technol. 28. pp 839–844.