مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاستگذاری انرژی
سال یکم، شماره ۲،تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۲۸-۵

مروری بر مطالعات مدلسازی عرضه انرژی و انتخاب بهترین تحقیقات انجام‌شده در ایران با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی

عالیه کاظمی
aliyehkazemi@ut.ac.ir

حامد شکوری گنجوی
hshakouri@ut.ac.ir

زینب رئوفی
z.raoofi@ut.ac.ir

مهناز حسین‌زاده
mhosseinzadeh@ut.ac.ir

شیوا شکیبا
shakiba@alumni.ut.ac.ir

در این تحقیق، مطالعات انجام شده در خصوص مدلسازی عرضه انرژی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تحقیقات انجام شده با استفاده از مدل‌های مختلف عرضه انرژی شامل MARKAL، TIMES، EFOM، WASP، JASP، MESSAGE، RET Screen، LEAP، NPEP، MESAP، NEMS، ENERGY 2020 و همچنین سایر مدل‌های عرضه انرژی در ایران و جهان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. سپس با انتخاب شاخص‌های مناسب و دریافت نظر خبرگان با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، تحقیقات انجام شده در ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین مطالعات انجام شده در کشور در زمینه مدلسازی عرضه انرژی معرفی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: *انرژی، مدلسازی، مدل‌های عرضه انرژی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی.*

* **تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱٤** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/٤/۱۲**

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱. مقدمه

انرژی از عواملی است که در اکثر فعالیت‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امنیت ملی بسیاری از کشورهای جهان نیز در گرو دسترسی مطمئن به انرژی است. از اینرو آینده تولید و مصرف حامل‌های انرژی و کاربرد بهینه آن از اهمیتی خاص برخوردار است.

ایران به‌عنوان یک کشور صاحب ذخایر انرژی در دنیا شناخته شده است. نزدیک به ۱۱ درصد از ذخایر جهانی نفت و ۱۶ درصد از ذخایر جهانی گاز در ایران قرار گرفته است. منابع انرژی تجدیدپذیر نیز در ایران قابلیت استفاده فراوان دارند. با توجه به محدودیت‌های مربوط به افزایش تولید نفت‌خام و گاز طبیعی، رشد فزاینده مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز، وابستگی اقتصاد و بودجه عمومی به درآمدهای حاصل از فروش نفت‌خام و مالکیت نسل‌های آینده بر منابع طبیعی، لزوم بهینه‌سازی در بخش‌های عرضه و تقاضای انرژی، واقعیتی انکارناپذیر است.

مدل‌های انرژی، ابزاری استاندارد برای برنامه‌ریزی‌های انرژی هستند. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای فرموله‌کردن و اجرای استراتژی‌های برنامه‌ریزی انرژی انجام شده است و مدل‌های انرژی مختلفی در جهان ارائه شده‌اند. این تحقیق به بررسی تحقیقات انجام‌شده در زمینه مدلسازی عرضه انرژی می‌پردازد. ابتدا مطالعات انجام‌شده در ایران و جهان مرور می‌شوند. سپس از میان پروژه‌ها، مقالات و پایان‌نامه‌های انجام‌شده در ایران، بهترین آنها معرفی می‌شوند. برای انتخاب بهترین تحقیقات، از روش فرایند سلسله مراتبی استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب که با انتخاب شاخص‌های مناسب و دریافت نظر خبرگان، تحقیقات مختلف مورد مقایسه قرار گرفته و بهترین آنها انتخاب می‌شوند. در ادامه، در بخش ۲، مطالعات انجام‌شده در نقاط مختلف جهان در زمینه مدلسازی عرضه انرژی معرفی و مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش ۳، پایان‌نامه‌ها، مقالات و پروژه‌های انجام شده در زمینه مدلسازی عرضه انرژی ایران مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش۴، با استفاده از روش فرایند سلسله‌مراتبی، مطالعاتی که به مدلسازی عرضه انرژی کشور ایران پرداخته‌اند، مورد مقایسه قرار گرفته و بهترین آنها انتخاب می‌شوند. در بخش ۵، نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

۲. مروری بر مطالعات انجام‌شده در جهان در زمینه مدلسازی عرضه انرژی

در این بخش به مرور تحقیقات انجام شده با استفاده از ۱۲ مدل عرضه انرژی مورد استفاده در نقاط مختلف جهان پرداخته شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱.۲. مدل MARKAL

در سال ۲۰۰۳، رفج و کیپروس با استفاده از مدل جهانی چندمنطقه‌ای MARKAL قیمت داخلی در بخش برق را مشخص کرده‌اند. در این مدل، پنج منطقه جهانی در نظر گرفته شده است و بخش‌های مصرف‌کننده نهایی شامل بخش‌های صنعتی، خانگی و تجاری، بخش حمل و نقل، استفاده غیرتجاری از زیست‌توده و مصارف غیرانرژی می‌باشد. بخش عرضه شامل تکنولوژی‌های تولید برق، حرارت و تنوعی از سوخت‌های نهایی (فرآورده‌های نفتی، الکل، هیدروژن، گازطبیعی) از منابع فسیلی و غیرفسیلی و زنجیره‌های انتقال و توزیع می‌باشد. چن در سال ۲۰۰۵، با استفاده از مدل MARKAL-MACRO هزینه‌های انتشار کربن در چین را مورد بررسی قرار داد. سیستم انرژی تعریف شده شامل استخراج از معدن، واردات، صادرات انرژی، تبدیل، انتقال و توزیع به مصرف‌کننده نهایی است. انرژی‌های اولیه شامل سوخت‌های فسیلی متداول مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی و انرژی‌های تجدیدپذیر است. حدود ۵۰ تکنولوژی تبدیل برای تبدیل انرژی اولیه به انرژی نهایی تعریف شده است و بخش تقاضا شامل صنعت، کشاورزی، تجاری، خانگی شهری، خانگی روستایی و حمل‌ونقل می‌باشد. چن و همکاران با استفاده از سه مدل از خانواده مدل‌های MARKAL شامل MARKAL، MARKAL-ED و MARKAL-MACRO استراتژی‌های کاهش کربن در سیستم انرژی چین و اثرات آن بر اقتصاد را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

۲-۲. مدل TIMES

وایلانکورت و همکاران در سال ۲۰۰۷، با استفاده از مدل World-TIMES نقش انرژی هسته‌ای در سناریوهای آب و هوایی بلندمدت را تحلیل کرده‌اند.

۲-۳. مدل EFOM

کورمیو و همکاران در سال ۲۰۰۳، مدل برنامه‌ریزی انرژی شامل منابع انرژی تجدیدپذیر و محدودیت‌های محیطی را برای منطقه‌ای در جنوب ایتالیا توسعه داده‌اند. بخش‌هایی که در مدل لحاظ شده‌اند شامل بخش‌های عرضه اولیه، بخش‌های تولید برق و حرارت و مصرف‌کننده نهایی است. تابع هدف شامل هزینه کل تبدیل انرژی اولیه در طول افق زمانی مورد مطالعه است و محدودیت‌ها شامل محدودیت زمان ساخت، تامین تقاضای پیک، محدودیت میزان تولید نیروگاه‌ها، محدودیت پتانسیل انرژهای تجدیدپذیر، محدودیت میزان تولید برق، تعادل تولید و مصرف برق، محدودیت روی ورودی بخار توربین‌های بخار، محدودیت‌های زیست‌محیطی، محدودیت مصرف انرژی اولیه، تولید انرژی گرمایی و ... است. در این سال، دیکوراتو و همکاران، از مدل EFOM برای ارزیابی سهم تولید پراکنده و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

اقدامات مربوط به بهره‌وری انرژی استفاده کرده‌اند. متدولوژی ارائه شده، استخراج منابع اولیه، تولید برق و حرارت، انتشار آلاینده‌ها و بخش‌های مصرف‌کننده نهایی را به صورت کامل شرح می‌دهد.

۲-٤. مدل WASP

اونات و ارسوز در سال ۲۰۱۱، به بررسی شرایط بادی و پتانسیل انرژی باد در منطقه‌ای در ترکیه پرداختند. به منظور معین کردن ویژگی‌های بادی سه منطقه در ترکیه، یک مدل برای بررسی ارتباط بین سرعت باد و سایر متغیرهای آب و هوایی ارائه شده است. سپس، از نرم‌افزار WASP برای تکمیل تحلیل پتانسیل انرژی بادی با استفاده از داده‌های سرعت باد استفاده شده است و نهایتاً محاسبات مقدار انرژی الکتریکی‌ای که از لحاظ تکنیکی باید به‌دست بیاید و همچنین نرخ بهره‌برداری از ظرفیت توربین‌های نصب شده در صورتی که مزارع بادی در نواحی منتخب نصب شوند، انجام شده است.

۲-۵- مدل JASP

چن و همکاران در سال ۲۰۰۴، مدل برنامه‌ریزی تولید چین را توسعه دادند. در این مطالعه، مدل JASP مساله برنامه‌ریزی تولید را به یک مسأله تصمیم‌گیری سطح بالا در سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌ها و یک مساله برنامه‌ریزی عملیاتی سطح پایین تقسیم می‌کند و آنها را به کمک یک روش بهینه‌سازی حل می‌کند. از روش لاگرانژ برای حل مساله تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری نیروگاه‌ها و از روش شبیه‌سازی تولید احتمالی برای حل مساله برنامه‌ریزی عملیاتی استفاده شده است.

۲-٦. مدل MESSAGE

سیبرگتز و همکاران در سال ۱۹۹۹، تغییر درونزای تکنولوژی در مدل‌های سیستم انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند. این گزارش که گزارش مشترکی از انستیتوی PSI و موسسه IIASA می‌باشد نتایج و یافته‌های حاصل از یادگیری درونزای تکنولوژی که قبلاً به صورت مجزا در پروژه‌ای گزارش شده بودند را ترکیب می‌کند. این آزمایش‌ها با استفاده از سه مدل ERIS، MARKAL و MESSAGE صورت گرفته بود. مسنر و اشتراخن‌هولسر در سال ۲۰۰۰، با استفاده از مدل MESSAGE-MACRO یک مدل عرضه انرژی را با یک ماژول اقتصادکلان مرتبط ساخته و به حل ان پرداخته‌اند. سیستم انرژی مرجع برای مدل MESSAGE شامل حامل‌های زغال‌سنگ، نفت، گاز، هسته‌ای و منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر است. انرژی نهایی به صورت سوخت‌های مایع، جامد و گاز، برق و حرارت است و متانول و هیدروژن می‌توانند به عنوان جایگزینی برای حامل‌های انرژی موجود به کار روند. نتایج MESSAGE شامل عرضه انرژی و ساختارهای بهره‌برداری بهینه، پروفایل استخراج منابع، هزینه نهایی و مقادیر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

مبادلات بین‌المللی انرژی، نیازهای سرمایه‌گذاری در بخش انرژی و انتشار آلاینده‌ها است و تابع تولید MACRO شامل دو بخش تقاضای انرژی الکتریکی و غیر الکتریکی و یک تابع درجه دو است. یک استراتژی بهینه بلندمدت عرضه انرژی بر اساس حداقل‌سازی هزینه کل سیستم در سوریه توسط هاینون و همکاران با استفاده از مدل MESSAGE در سال ۲۰۱۰ توسعه داده شده است. سیستم انرژی ملی به صورت یک شبکه عرضه (مدل جریان فیزیکی) شامل سطوح انرژی نهایی، ثانویه و اولیه و منابع انرژی بومی (نفت، گاز، اورانیوم، معادن زغال‌سنگ و ...) ساخته شده است و ارتباط بین سطوح انرژی از طریق تکنولوژی‌های تبدیل برقرار شده است.

۲-۷. مدل RETScreen

در سال ۲۰۰۷، رحمن و همکاران با استفاده از داده‌های تداوم تابش ماهانه خورشید، به مطالعه توزیع تداوم تابش و تشعشع خورشید در عربستان صعودی پرداخته‌اند. این تحلیل شامل تولید انرژی تجدیدپذیر و ارزیابی اقتصادی نیروگاه ۵ مگاواتی فتوولتائیک برای تولید برق است. این مطالعه از نرم‌افزار RETScreen برای تولید انرژی و ارزیابی اقتصادی استفاده کرده است. هیمری و همکاران در سال ۲۰۰۹، با استفاده از نرم‌افزار RETSCreen توسعه یک مزرعه بادی در سه منطقه الجزیره را مطالعه کرده‌اند. این مقاله از داده‌های سرعت باد در طول یک دوره تقریباً ۱۰ ساله استفاده کرده است تا تولید انرژی یک مزرعه بادی ۳۰ مگاواتی در هر یک از این سه منطقه الجزیره را بر اساس انرژی ناخالص، تولید ویژه و فاکتور ظرفیت مزرعه بادی محاسبه کند. هاردر و گیبسون در سال ۲۰۱۱، پتانسیل یک نیروگاه ۱۰ مگاواتی فتوولتائیک در ابوظبی را از طریق نرم‌افزار مدلسازی RETScreen مرود مطالعه قرار دادند. تحلیل انجام شده در این مقاله دارای ۳ جزء مهم است، تخمین پتانسیل تولید انرژی و امکانپذیری مالی نیروگاه فتوولتائیک فرضی در ابوظبی، ارزیابی کاهش مورد انتظار در انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها در صورتی که نیروگاه ساخته شود و ارزیابی کمّی منافع اجتماعی ناشی از کاهش انتشار آلاینده‌ها. در همین سال، تریستان و همکاران یک نیروگاه برقابی کوچک در اسپانیا را از دیدگاه انرژی‌زایی و اقتصادی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق، امکان‌پذیری این پروژه از طریق نرم‌افزار RETSCreen بررسی شده است.

۲-۸. مدل LEAP

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فناوری‌های انرژی زیست‌توده در ویتنام با استفاده از مدل LEAP در سال ۲۰۰۳ توسط کومار و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، میزان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از برخی فناوری‌های تولید انرژی زیست‌توده برآورد شده است. از مدل LEAP سناریوهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شین و همکاران در سال ۲۰۰۵، اثرات تولید برق از گاز مستخرج از محل دفن زباله‌ها بر بازار برق، هزینه تولید برق و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کره با استفاده پایگاه داده زیست‌محیطی و فناوری در مدل LEAP مورد بررسی قرار داده‌اند. وینکلر و همکاران در سال ۲۰۰۶، به بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ۱۱ سناریو و سیاست انرژی در بخش عرضه و تقاضا به منظور توسعه پایدار شهر کیپ تاون در آفریقا پرداخته‌اند. این پژوهش در بخش عرضه به بررسی سناریوی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (منابع بادی) به عنوان منابع عرضه پرداخته است. تاکاسی و سوزوکی در سال ۲۰۰۹، وضعیت فعلی و روندهای آتی عرضه و تقاضای انرژی در ژاپن را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق، سیاست فعلی انرژی در ژاپن بر اساس اهداف تغییرات جوی، توسعه و به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر، آزادسازی بازارهای انرژی و تکامل بخش انرژی هسته‌ای مورد بحث قرار گرفته است. به علاوه به تشریح ساختار مدل LEAP در ژاپن و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف با تأکید بر توسعه انرژی هسته‌ای و کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای پرداخته شده است. یوفی و همکاران در سال ۲۰۱۰، مدل پیش‌بینی بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی در تایوان را با استفاده از مدل LEAP توسعه داده‌اند. در این پژوهش روند گذشته و وضعیت کنونی عرضه و تقاضای انرژی در تایوان به عنوان پیش‌نیازی برای تشریح و کاربرد مدل LEAP این کشور مورد بررسی قرار گرفته است. مدل LEAP برای مقایسه الگوهای آینده عرضه و تقاضای انرژی و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به سناریوها و سیاست‌های مختلف بخش انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. در همین سال، ونگ و همکاران روندهای اخیر توسعه در تولید انرژی، مصرف انرژی و برنامه‌ریزی استراتژیک انرژی و سیاست‌های چین تا ۲۰۳۰ را مورد بررسی قرار داده و با استفاده از نرم‌افزار LEAP آثار اجرای سیاست‌های محیطی و سیاست‌های انرژی جدید را مورد بررسی قرار داده‌اند. این پژوهش بخشی از پروژه امنیت انرژی آسیا است. داگر و رابل در سال ۲۰۱۱، با استفاده از نرم افزار LEAP به مدلسازی مسیرهای ممکن برای آینده صنعت برق لبنان و ارزیابی آنها پرداخته‌اند. سناریوی مرجع، وضعیت موجود در لبنان را منعکس کرده و محتمل‌ترین وضعیت تکامل این صنعت در لبنان را در شرایط عدم تغییرات آب و هوایی و عدم تغییرات در سیاست‌های فعلی، شبیه‌سازی می‌کند. در همین سال، کومار و همکاران یک مدل LEAP برای ایالت آلبرتا توسعه داده‌اند که متشکل از ماژول‌های عرضه، تقاضا، فرآیند تبدیل و ماژول زیست محیطی است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

هدف اصلی این پژوهش تخصیص منابع آب رودخانه‌ها به بخش‌های مختلف عرضه و تقاضا در آلبرتا می‌باشد.

۲-۹. مدل ENPEP

در سال ۱۹۹۷، مؤسسه ملی آرگون به بررسی تأثیر استراتژی‌های مختلف تنوع سوخت بر سیستم عرضه انرژی کشور اروگوئه پرداخته است. در این پژوهش مؤسسه ملی آرگون با حمایت شرکت‌های مختلف اروگوئه به پیش‌بینی تقاضای انرژی بر اساس روندهای گذشته، بررسی تأثیرات بالقوه واردات گاز و مبادلات برق، و تعیین میزان نفوذ بازار گاز طبیعی در سناریوهای مختلف با استفاده از ماژول BALANCE مدل ENPEP پرداخته است. سوالا در سال ۲۰۰۶، یک مدل برنامه‌ریزی استخراج و توزیع زغال‌سنگ که هماهنگ با مدل ENPEP است را برای کشور لهستان توسعه داده است. در همین سال، پژوهشی با عنوان مدلسازی بخش انرژی توسط مرکز تحلیل سیستم‌های انرژی، زیست محیطی و اقتصادی آرگون برای وزارت انرژی و منابع طبیعی ترکیه انجام شده است.این پژوهش به ترکیب اطلاعات حاصل از سایر پژوهش‌ها با اجرای یک تحلیل سیستمی یکپارچه که به ارائه راه‌حل‌های مختلف برای مسایل مختلف انرژی و زیست محیطی می‌پردازد، پرداخته و گزینه‌های متنوعی را پیشنهاد می‌کند. این پژوهش با استفاده از ماژول BALANCE در ENPEP صورت گرفته است. در سال ۲۰۰۷، با توجه به افت شدید تولید داخلی نفت و گاز طبیعی در رومانی، دولت رومانی تصمیم به توسعه یک استراتژی بلندمدت انرژی با هدف استفاده کارا از منابع انرژی گرفت. برای توسعه این استراتژی، از مرکز تحلیل سیستم‌های انرژی، زیست‌محیطی و اقتصادی آرگون دعوت به عمل آمد و یک چارچوب مدلسازی یکپارچه که دقیقاً متناسب با بخش انرژی رومانی طراحی شده بود، توسعه داده شد. این سیستم انرژی با شبیه‌سازی نیروهای بازار بر اساس سیگنال‌های قیمت، به اهداف خود دست می‌یابد. ابزار کامپیوتری اصلی مورد استفاده در این تحلیل ENPEP است. در سال ۲۰۰۸، کومار و رادهاکریشنا به بررسی میزان پیشرفت هند به سمت یک سیستم انرژی پایدار تا سال ۲۰۳۰ پرداخته‌اند. بدین منظور از ویژگی شبکه‌های تعاملی ماژول BALANCE در نرم افزار ENPEP استفاده شده و شبکه یکپارچه قدرت و انرژی برای هند ساخته شده است. همچنین از الگوریتم سهم بازار BALANCE برای شبیه‌سازی عملیات بازار استفاده شده است. رامپیدیس و همکاران در سال ۲۰۱۰، به بررسی بخش برق یونان و برنامه‌ریزی انرژی با سوخت‌های مختلف و تکنولوژی‌های پیشرفته پرداخته‌اند. این پژوهش با در نظرگرفتن قیمت‌های مختلف برای انتشار کربن، سناریوهای مختلف را طراحی و با استفاده از ماژول BALANCE در مدل ENPEP به برنامه‌ریزی انرژی پرداخته است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۲-۱۰. مدل MESAP

تامسیک و همکاران مدل عرضه و تقاضا در سولونیا را توسعه داده‌اند. برنامه‌ریزی انرژی در این پژوهش بر مبنای رویکرد برنامه‌ریزی یکپارچه منابع صورت گرفته است. مدل MESAP/PlaNet همراه با مدل‌های کمکی مانند نفوذ تکنولوژی، تحلیل تقاضای برق و برنامه‌ریزی برای گسترش بهینه (بسته نرم‌افزاری WASP) با توجه به معیارهای کل مصرف انرژی، اقتصادی، محیطی و اجتماعی- سیاسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. فری و نوبوئر در سال ۲۰۰۲، مدل عرضه انرژی برای سه شهر در آفریقای جنوبی را توسعه داده‌اند. هدف نهایی مدل‌ها، کمک به شناسایی مناطق بالقوه حاوی زغال‌چوب با تعریف استراتژی‌های مختلف و شناسایی استراتژی برتر برای جلوگیری از کاهش جنگل‌ها در این چرخه است. در این پژوهش از مدل MESAP برای شبیه‌سازی مدل‌های مختلف با گزینه‌های مختلف استفاده شده است. در سال ۲۰۰۶، وستریکوز و همکاران با هدف توسعه صنعت برق کشور لاتویا در بلندمدت، مدل شبیه‌سازی عرضه سوخت و انرژی را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی MESAP توسعه داده‌اند. بخش‌های مختلف مصرف در این پژوهش در قالب چهار گروه دسته‌بندی شده‌اند. مصرف نهایی بخش صنعت، خانگی، حمل و نقل و مصرف نهایی سایر مشتریان. منابع انرژی شامل منابع انرژی داخلی و تجدیدپذیر و منابع وارداتی هستند. رویت و همکاران در سال ۲۰۰۹، مدل چشم‌انداز انرژی پایدار در جهان را توسعه داده‌اند. سناریوی انقلاب انرژی ۲۰۰۸ روندهای اخیر در توسعه‌های اجتماعی- اقتصادی جهان را در نظر گرفته و این روندها را تا بدانجا که بر فرصت‌های دستیابی به هدف حفاظت از آب و هوای جهانی، تأثیر گذارند مورد تحلیل قرار داده است. هدف این سناریو کاهش میزان نشر گاز CO_2 در جهان تا سال ۲۰۵۰ است که خود پیش‌نیاز محدودکردن میانگین افزایش دمای جهانی در سطح ۲ درجه سانتی‌گراد و جلوگیری از مداخله انسانی در سیستم آب و هوایی است. در بخش عرضه نیز سناریوی متناظری در یک فرآیند تکراری و با همکاری نزدیک ذی‌نفعان و نخبگان دانشگاهی و صنایع NGO و انرژی‌های تجدیدپذیر توسعه داده شده است. این سناریو در قالب مدل سیستم انرژی جهانی در ۱۰ منطقه در محیط MESAP/PlaNet شبیه‌سازی شد.

۲-۱۱. مدل NEMS

کیدز در سال ۲۰۰۷، به بررسی تأثیر استانداردهای تولید پورتفولیوی انرژی‌های تجدیدپذیر بر بازار انرژی ایالت متحده پرداخته است. استاندارد ۲۰ درصد افزایش انرژی‌های تجدیدپذیر نخستین بار در نسخه دسامبر ۲۰۰۱ مدل NEMS توسعه یافته است. در این پژوهش، این سناریو در مقابل سناریوی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

مرجع که نشان‌دهنده وضعیت فعلی این کشور است با مدل NEMS شبیه‌سازی شده است. برون و بائک در سال ۲۰۱۰، به بررسی صنعت تولید فرآورده‌های جنگلی با اهداف انرژی و آب و هوا پرداخته‌اند. این پژوهش با استفاده از مدل NEMS به برآورد آینده صنعت فرآورده‌های جنگلی می‌پردازد.

۲-۱۲. مدل ENERGY2020

در سال ۲۰۱۰، آژانس حفاظت از محیط زیست کالیفرنیا تحلیل اقتصادی تغییرات آب و هوایی کالیفرنیا در برنامه چشم‌انداز به روز کرده‌اند. در این تحقیق با استفاده از مدل انرژی ۲۰۲۰، میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییرات در هزینه‌ها و مخارج سوخت‌ها، تغییرات در سرمایه‌گذاری‌های صورت‌گرفته و تغییرات در قیمت‌های مقرر برنامه کاهش گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در سال ۲۰۰۹، مدل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای ایالت هاوایی با استفاده از مدل ENERGY2020 توسعه داده شده است. این پروژه به شرح کامل مفروضات و داده‌های ورودی مورد نیاز تمامی بخش‌ها در توسعه سناریوی مرجع برای وزارت بازرگانی، توسعه اقتصادی و گردشگری هاوایی و همچنین منابع این داده‌ها به منظور دستیابی به هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. در سال ۲۰۱۰، تحلیل اثرات اقتصادی مربوط به بهبود شرایط آب و هوایی واشنگتن با استفاده از مدل ENERGY2020 مورد بررسی قرار گرفته است. در این پروژه اثرات بالقوه اقتصادی سیاست‌های پیشنهادی WCI که شامل استراتژی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱۳. سایر مدلسازی‌های عرضه انرژی

کامبو و همکاران در سال ۱۹۹۱، یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه خطی برای شهری در هند با توجه به مسائل زیست‌محیطی و ساختار اقتصادی فرمول‌بندی کرده‌اند. در سال ۱۹۹۸، مژر و همکاران مدل تخصیص منابع انرژی به مصرف‌کنندگان نهایی بخش خانگی در لبنان را با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی چندهدفه توسعه داده‌اند. در این تحقیق، فرایند تخصیص از دو دیدگاه اقتصادی و محیطی مورد توجه قرار گرفته است. محدودیت‌ها شامل محدودیت‌های تقاضا، محدودیت مربوط به استفاده از انرژی خورشیدی، انرژی بیوماس و انرژی هیدروالکتریک و محدودیت‌های مربوط به حدود بالا و پایین متغیرها است. در سال ۲۰۰۱، اگراوال و سینف مدل انرژی پخت و پز در خانوارهای هند را با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه فازی فرمول‌بندی کردند. توابع هدف شامل اهداف فنی، محیطی و اقتصادی است و محدودیت‌های مدل شامل محدودیت‌های تقاضا، محدودیت مربوط به استفاده از انرژی خورشیدی و بیوماس و محدودیت‌های مربوط به حدود بالا و پایین متغیرها است. در سال ۲۰۰۳،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

برگر و آنتونز مدل برنامه‌ریزی اقتصادی انرژی کشور پرتغال را با استفاده از تصمیم‌گیری چندهدفه فازی را فرمول‌بندی کردند. در این تحقیق اهداف شامل حداقل‌کردن واردات، حداکثرکردن تولید برق در داخل و حداقل‌کردن انتشار دی‌اکسیدکربن است و محدودیت‌ها شامل محدودیت مربوط به تعادل پرداخت‌ها، محدودیت مربوط به کسر درآمد عمومی، حدود بالا و پایین ظرفیت تولید و صادرات و واردات، محدودیت مربوط به ظرفیت ذخیره‌سازی و ذخیره امنیتی هیدروکربون‌ها، محدودیت‌های مربوط به کالا و خدمات و محدودیت‌های مربوط به ارزش افزوده ناخالص و تولید ناخالص داخلی است. دشموخ در سال ۲۰۰۹، الگوی مصرف انرژی در بخش خانگی یکی از روستاهای هند را برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت انرژی با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه فرمولبندی کرده‌اند. هیرمات و همکاران در سال ۲۰۱۰، مدل برنامه‌ریزی انرژی غیرمتمرکز در هند ارائه داده‌اند. در این تحقیق سناریوهای مختلف با رویکردهای اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه پایدار و ادامه روند فعلی تا سال ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جین‌تورکار و دشموخ در سال ۲۰۱۱، مدل برنامه‌ریزی چندهدفه ترکیبی عدد صحیح فازی برای برنامه‌ریزی انرژی پخت و پز و گرمایش در شهری در هند را توسعه داده‌اند. سناریوهای مختلف با در نظرگرفتن جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳. مروری بر مطالعات انجام‌شده در زمینه مدلسازی عرضه انرژی ایران

در این بخش پایان‌نامه‌ها، مقالات و پروژه‌های انجام شده در ایران برای مدلسازی عرضه انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳-۱. بررسی پایان‌نامه‌های دانشجویی در زمینه مدلسازی عرضه انرژی ایران

جبل‌عاملی در سال ۱۳۷۶، مدل توسعه بهینه سیستم انرژی با زیربخش‌های خودگردان را ارائه داده است. این مدل بر اساس برنامه‌ریزی خطی و بر مبنای روش تجزیه طراحی شده و شامل دو نوع مدل است. مدل ملی که تبادل انرژی بین مناطق را منعکس می‌سازد و اطلاعات لازم برای تخصیص منابع در سطح کلان را ارائه می‌کند و مدل‌های منطقه‌ای که ساختار بهینه سیستم انرژی در هر یک از مناطق را مشخص می‌سازد. مدل پایدار توسعه انرژی روستای عبدل‌آباد توسط وربوراژدری در سال ۱۳۸۱ توسعه داده شده است. هدف حداقل‌کردن هزینه‌ها شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری است و محدودیت‌ها شامل معادلات موازنه انرژی، محدودیت ظرفیت، قید جریان، ظرفیت، محدودیت دینامیکی جریان، معادلات منابع، معادلات اقتصادی منابع و معادلات

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

آلودگی است. در سال ۲۰۰۲، رستمی حضوری مدل استراتژی‌های انرژی و کنترل انتشار در ایران را با استفاده از مدل EFOM توسعه داده است. مفروضات درنظرگرفته شده در این تحقیق شامل کاهش آلایندگی در تهران، محدود بودن سرمایه‌گذاری خارجی، نیاز به واردکردن امکانات و تکنولوژی‌های استخراج و تبدیل به منظور توسعه بخش انرژی ایران، توزیع ناهماهنگ زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی که منجر به سطوح مختلف مصرف انرژی و در پی آن آلایندگی برای مناطق مختلف می‌شود، است. تابع هدف شامل هزینه منابع، هزینه توزیع، هزینه تقاضا، هزینه فرآیندها، هزینه ثابت، هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه کاهش آلودگی و هزینه اجتماعی به منظور تحلیل اثرات آلایندگی است. در سال ۱۳۸۲، رحیمی به بررسی سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت صادرات نفت، گاز طبیعی و فرآورده بر اساس مدل بهینه‌سازی جریان انرژی با رعایت ملاحظات زیست محیطی EFOM-ENV پرداخته است. در سال ۱۳۸۵، احمدی و کریمی مدل عرضه بهینه انرژی الکتریکی در شبکه برق ایران در شرایط فازی بار و هزینه تولید را توسعه داده‌اند. مدل پیشنهادی یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی است. تابع هدف در این مدل ارزش فعلی هزینه‌های سوخت و عملیاتی متغیر، هزینه‌های خاموشی (تقاضای برآورده نشده) و ذخیره تأمین نشده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری را در نظر گرفته است. محدودیت‌های مدل شامل محدودیت‌های تقاضا، ظرفیت، قابلیت اطمینان، خودکفایی و تعادل است. در این سال، اقلیمی الگوی استراتژی بهینه صادرات انرژی الکتریکی ایران در شرایط تغییرات دینامیکی تقاضا را تدوین کرده است. در این پروژه ضمن معرفی روش‌شناسی و ساختار الگوهای بهینه‌یابی کوتاه‌مدت شبکه‌های برق به هم متصل و الگوی بهینه‌یابی بلندمدت بازارهای برق منطقه‌ای، نتایج حاصل از اجرای الگوی کوتاه‌مدت و بلندمدت در خصوص مبادلات برق میان ایران و کشور ترکیه گزارش شده است. صادقی در سال ۱۳۸۶، به بررسی بازار عرضه انرژی الکتریکی ایران با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها پرداخته است. در این تحقیق با ارائه ساختار کلان برای تحلیل بازار برق و مدلسازی آن به تحلیل و بررسی تاثیرات متقابل برخی از پارامترهای تاثیرگذار بر عرضه تقاضای انرژی الکتریکی در سه نوع تکنولوژی تولیدی حرارتی، آبی و تجدیدپذیر پرداخته شده است. عوامل مؤثر مد نظر قرار گرفته در این بررسی بر میزان تولید و عرضه در بازار برق عبارتند از: میزان تقاضا ، قیمت بازار برق، پیشرفت تکنولوژی، میزان منابع در دسترس و سود آوری در ایجاد ظرفیت جدید. در این سال، عادل برخوردار به مدلسازی بازار فرآورده‌های نفتی ایران پرداخت. نگرش موجود در این مدل، نگرش یکپارچه به سیستم نفت‌رسانی است که در آن تمامی قسمت‌ها به صورت همزمان به تعادل می‌رسند. به کمک این مدل، تعادل بهینه در بازار نفت و فرآورده‌های نفتی جستجو می‌شود. تابع هدف حداقل‌کردن هزینه تولید است و محدودیت‌ها شامل محدودیت‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تأمین تقاضا و تراز جرم و انرژی، محدودیت‌های عرضه، محدودیت‌های سرمایه‌گذاری و محدودیت های ظرفیت‌سازی است. در سال ۱۳۸۶، رحیم‌آبادی مدل سیستم انرژی شهرستان بیرجند را توسعه داده است. به منظور ارزیابی توسعه سیستم عرضه بهینه از مدل ESM بهره گرفته شده است. هدف، حداقل‌کردن هزینه است و محدودیت‌ها شامل محدودیت منابع و قیمت آنها و محدودیت زیست محیطی است که هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار آلاینده‌ها در مدل را شامل می‌شود. در سال ۱۳۸۷، شیخ‌بهایی به بررسی عوامل موثر بهینه‌سازی در استحصال و عرضه و بهره‌وری و نرخ گاز پرداخته است. با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی سه طرح بهینه سازی مصرف گاز، ذخیره سازی و فروش فصلی گاز برای ارتقاء بهره‌وری و تامین نیازهای موجود و آتی مورد بررسی قرار گرفته است. در این سال، اخلاقی ریابی مدل برنامه‌ریزی بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی در شهر تهران را با استفاده از مدل LEAP توسعه داده است. در این تحقیق با مدل‌کردن وضعیت فعلی انرژی شهر تهران در بخش‌های مختلف، تلاش شده است اثر راه‌کارهای مختلفی که می‌تواند در جهت کاهش مصرف انرژی در این شهر به‌کار گرفته شود مورد بررسی قرار گیرد. جوادپور در سال ۱۳۸۸، به مطالعه مدل‌های مختلف عرضه انرژی که در ایران بیشتر به آنها مراجعه شده و همچنین مدل NewWorld پرداخته است. از میان مدل‌های موجود مدل NEMS و مدل MESSAGE با استقبال بیشتری در جامعه خبرگان ایرانی مواجه بوده‌اند. همچنین خبرگان انرژی ایران توافق خود را با بومی‌سازی مدل NewWorld3-03 برای ایران اعلام داشته‌اند. در سال ۱۳۸۸، شاه‌حسینی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها به مدلسازی پورتفولیوی گاز پرداخته شده است. همچنین اولویت‌بندی گزینه‌های تخصیص گاز به بخش‌های مختلف مصرف با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی انجام شده است. کاظمی در سال ۱۳۸۹، مدل ریاضی تخصیص بهینه نفت و گاز به بخش‌های مختلف مصرف را توسعه داده است. مدل پیشنهادی یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی است. اهداف با رویکردهای امنیت سیاسی و امنیت انرژی، زیست محیطی و اقتصادی مورد توجه قرار گرفته‌اند. محدودیت‌های مدل شامل محدودیت‌های تعادل، تقاضا وحدود بالا و پایین متغیرها است. جناب در سال ۱۳۸۹، به توسعه مدل سیستم‌های عرضه انرژی الکتریکی پرداخته است. در این تحقیق با هدف کاهش فشار بر ظرفیت‌های تولید مراکز تولید و بهره‌برداری مطلوب از ظرفیت‌های انتقال و بهینه‌سازی ظرفیت، مدل تحلیلی بر اساس مفروضات اصولی طراحی شده است که نتایج حل آن تعداد بهینه مراکز تولید انرژی برق، ظرفیت تولید و ساختار اتصال شبکه با رعایت محدودیت‌های اقتصادی، تکنولوژیکی و قابلیت اطمینان است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۳-۲. بررسی مقالات مدلسازی عرضه انرژی ایران

شفیعی و همکاران در سال ۱۳۸۵ به ارزیابی ترکیب بهینه حامل‌های انرژی در بخش خانگی استان تهران با استفاده از مدل عرضه انرژی پرداخته‌اند. این مدل یک مدل برنامه‌ریزی خطی است. هدف حداقل کردن ارزش حال کل هزینه‌ها و عوامل خارجی سیستم است و محدودیت‌های مدل شامل محدودیت‌های تقاضا، محدودیت‌های مربوط به شبکه توزیع و شبکه انتقال، محدودیت مربوط به سطح فرآورش، محدودیت‌های محیط‌زیستی و محدودیت مصرف منابع طبیعی و اقتصادی است. جعفری صمیمی و دهقانی در سال ۱۳۸۶، کاربرد الگوی پویا برای بهینه‌سازی درآمد ذخایر گازی ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مقاله، با استفاده از روش‌های نوین بهینه‌سازی مارکوویتز و تئوری تحلیل ترجیحات به تخصیص بهینه گاز طبیعی به گزینه‌های مختلف شامل صادرات، پتروشیمی و تزریق به میدان‌های نفتی پرداخته شده است. صفاریان و محمدی اردهالی در سال ۱۳۸۷، مدل برنامه‌ریزی انرژی الکتریکی ایران توسعه داده‌اند. مدل تهیه‌شده با کسب اطلاعات مورد نیاز از شکل مصرف نهایی، میزان انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور، ترکیب سوخت ورودی به نیروگاه‌ها، ترکیب بهینه تولید و چگونگی توسعه شبکه را با حداقل هزینه و با در نظر گرفتن محدودیت‌های انتشار آلاینده‌ها و ارضای تقاضا، محاسبه می‌کند. صادقی و میرشجاعیان در سال ۲۰۰۸، مدل برنامه‌ریزی انرژی یکپارچه برای بخش حمل و نقل ایران را با رویکرد فنی و اقتصادی توسعه دادند. در این تحقیق، الگوی مصرف بهینه سوخت‌ها در بخش حمل و نقل با تمرکز بر تکنولوژی‌های وسایل نقلیه مشخص شده است و با استفاده از مدل EFOM-ENV، طراحی سیستم انرژی مرجع مدل، پردازش داده‌ها و تحلیل سناریو انجام شده است. رنانی و همکاران در سال ۱۳۸۸، تعیین اولویت‌های کاربرد ذخایر گازی ایران پرداخته‌اند. با تعریف یک تابع رفاه اجتماعی، تخصیص گاز به مصارف داخل، تزریق، صادرات یا ذخیره و انتقال بین زمانی دوره‌های بهره‌برداری از منابع گاز در قالب یک مدل برنامه‌ریزی پویای غیرخطی، مدل‌سازی شده و اولویت‌های تخصیص گاز و مقدار مصارف گاز در بخش‌های مختلف در دوره (۱۴۱۰- ۱۳۸۵) مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در سال ۱۳۸۹، محقر و همکاران با شناسایی شاخص‌های مهم در خصوص اولویت‌بندی مصرف گاز و تعیین وزن نسبی آنها و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه TOPSIS به اولویت‌بندی تخصیص گاز به بخش‌های مختلف مصرف پرداخته‌اند و سپس با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی سهم بهینه بخش‌های مختلف مصرف را مشخص نموده‌اند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۳-۳. بررسی پروژه‌های عرضه انرژی ایران

موسسه تحقیقاتی استنفورد در اواخر دهه ۴۰ و نیمه اول دهه ۵۰ شمسی برنامه توسعه بخش انرژی را تدوین کرده است. برنامه بلندمدت انرژی بر نگرش حاکم در آن دوره مبتنی بوده و سعی بر آن بوده است ضمن برآورد تقاضای انرژی، پروژه‌های مربوط به سیستم‌های برق‌رسانی نفت و گاز طبیعی ارزیابی شوند. بر پایه ارزیابی سیستم‌های مختلف، ترکیب سوخت‌ها و تکنولوژی‌های عرضه انرژی پیشنهاد شده است. طیبی جزایری در سال ۱۳۶۶ ترکیب بهینه حامل‌های انرژی در بخش خانگی استان تهران را مورد بررسی قرار داده است. این مطالعه بر اساس برنامه‌ریزی خطی صورت گرفته و هدف از این بررسی، تعیین میزان تولید و نحوه تخصیص انواع انرژی با توجه به برآورد مصارف انرژی در کشور برای سال ۱۳۶۸ بوده است به نحوی که کل هزینه تولید و عرضه انرژی حداقل شود. در سال ۱۳۷۳، سازمان برنامه و بودجه با همکاری دانشگاه صنعتی شریف طرح جامع انرژی ایران را ارائه داده‌اند. با توسعه سیستم عرضه انرژی ایران با مدل MESSAGE، ترکیب بهینه حامل‌های انرژی، تکنولوژی‌های فرآورش و تبدیل و انتقال، توسعه ظرفیت‌های تکنولوژی‌های مناسب، روند بهره‌برداری از منابع انرژی و سرمایه‌گذاری مشخص شده است.

٤. انتخاب بهترین مطالعه عرضه انرژی ایران

در این بخش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، بهترین تحقیق انجام‌شده در خصوص مدلسازی عرضه انرژی برای ایران مشخص می‌شود. ابتدا فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی معرفی و سپس با استفاده از این روش بهترین مطالعات انجام‌شده برای کشور مشخص می‌شود.

٤-١. فرایند تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به منظور تصمیم‌گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های متعدد تصمیم با توجه به شاخص‌هایی که تصمیم‌گیرنده تعیین می‌کند، به کار می‌رود. این روش در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ساعتی ابداع و ارائه شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده، به حل آنها می‌پردازد. به‌کارگیری این روش مستلزم چهار گام عمده زیر است:

- مدلسازی: در این گام، مسأله و هدف از تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند، در می‌آید. عناصر تصمیم شامل شاخص‌های تصمیم‌گیری و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

گزینه‌های تصمیم است. سطح اول بیانگر اهداف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهنده شاخص‌های عمده و اساسی است (که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزئی‌تر در سطح بعدی شکسته شود). سطح سوم گزینه‌های تصمیم را ارائه می‌کند.

- قضاوت ترجیحی: مقایسه‌های زوجی بین گزینه‌های مختلف تصمیم، بر اساس هر شاخص صورت می‌گیرد. مقایسات زوجی همچنین در مورد شاخص‌های تصمیم نیز انجام می‌گیرد.

- محاسبات وزن‌های نسبی: وزن و اهمیت عناصر تصمیم نسبت به هم از طریق مجموعه‌ای از محاسبات عددی تعیین می‌شود. ابتدا مجموع اعداد هر ستون ماتریس مقایسات زوجی را محاسبه، سپس هر عنصر ستون بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم می‌شود. ماتریس جدیدی که به این روش به دست می‌آید، ماتریس مقایسات نرمال‌شده نامیده می‌شود. سپس میانگین اعداد هر سطر ماتریس مقایسات نرمال‌شده به دست می‌آید. این میانگین، وزن نسبی عناصر تصمیم متناظر با سطرهای ماتریس را نشان می‌دهد.

- ادغام وزن‌های نسبی: این گام به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم صورت می‌گیرد. در این گام، ماتریس وزن شاخص‌ها برای هر گزینه تصمیم در بردار وزن شاخص‌ها ضرب می‌شود.

- سازگاری قضاوت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. تجربه نشان داده است که اگر نسبت سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول است و در غیر اینصورت باید دوباره انجام گیرد. گام‌های زیر برای محاسبه نسبت سازگاری باید طی شود:

- محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی در بردار ستونی وزن‌های نسبی ضرب می‌شود. این بردار، بردار مجموع وزنی نامیده می‌شود.

- محاسبه بردار سازگاری: عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار اولویت نسبی تقسیم می‌شوند. بردار حاصل، بردار سازگاری نامیده می‌شود.

- به دست‌آوردن $\lambda_{\max}$: میانگین عناصر بردار سازگاری محاسبه می‌شود.

۱. محاسبه شاخص سازگاری: شاخص سازگاری به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - ۱} \qquad (۱)$$

n تعداد گزینه‌های موجود در مسأله است. (در تصمیم‌گیری‌های گروهی مخرج n در نظر گرفته می‌شود).

۲. محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفیه دست می‌آید.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۲)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

شاخص تصادفی از جدول زیر استخراج می‌شود.

جدول ۱. شاخص تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲
n	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
RI	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷

مأخذ: نتایج تحقیق.

٤-۲. اجرای فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب بهترین تحقیقات انجام‌شده در ایران در زمینه عرضه انرژی

٤-۲-۱.مدلسازی

همانگونه که ذکر شد در این مرحله، با توجه به هدف مسأله که انتخاب بهترین تحقیقات انجام‌شده در زمینه عرضه انرژی ایران است، شاخص‌هایی در نظر گرفته می‌شود و گزینه‌های مختلف شامل ۱۰ تحقیق انجام‌شده در ایران در زمینه عرضه انرژی است، مورد مقایسه و بهترین آنها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی معرفی می‌شوند.

تحقیقات زیر انتخاب و مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند:

- توسعه استراتژی‌های کنترل انتشار و انرژی در ایران
- مدلسازی و حل مساله عرضه بهینه انرژی الکتریکی در شبکه برق کشور در شرایط فازی بار و هزینه تولید
- طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه نفت و گاز به بخش‌های مختلف مصرف
- طراحی مدل سیاستگذاری انرژی در افق چشم انداز با رویکرد سیستم‌های پویا، مورد: حوزه گاز کشور
- مدل توسعه بهینه سیستم انرژی با زیربخش‌های خودگردان
- توسعه سیستم‌های عرضه انرژی الکتریکی (مدلسازی، بهینه‌سازی و رشد قابلیت اطمینان)
- مدلسازی بازار فرآورده های نفتی، مطالعه موردی: ایران
- بکارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی مصرف و تخصیص بهینه گاز طبیعی با رویکرد فازی
- تعیین اولویت‌های کاربرد ذخایر گازی ایران

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

- دورنمای توسعه در بخش انرژی در جمهوری اسلامی ایران

شاخص‌هایی که برای بررسی این تحقیقات مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارتند از:

- پوشش حامل‌های مختلف انرژی
- در نظرگرفتن عوامل غیرانرژی
- در نظرگرفتن عوامل زیست‌محیطی
- در نظرگرفتن محدودیت‌های سیاسی
- در نظرگرفتن ارتباطات بین‌المللی
- پوشش جغرافیایی
- روش‌شناسی، متدولوژی و ابزار ریاضی
- تنوع تکنولوژیک
- اطمینان به نرم‌افزار
- کاربرد آسان
- در نظرگرفتن سطوح مختلف انرژی
- سطوح هم‌فزونی
- نیازهای داده‌ای

شکل (۱)، مدل تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین تحقیقات را نشان می‌دهد.

٤-۲-۲.قضاوت ترجیحی

در این مرحله، مقایسه‌های زوجی بین گزینه‌های مختلف تصمیم و همچنین بین مدل‌های مختلف عرضه انرژی بر اساس هر شاخص، توسط خبرگان انجام شده است. خبرگان از میان اساتید دانشگاه‌های مختلف و کارشناسان وزارت نفت و وزارت نیرو انتخاب شده‌اند.

٤-۲-۳. محاسبات وزن‌های نسبی

در این مرحله، وزن‌های نسبی شاخص‌ها و وزن مدل‌های مختلف بر اساس شاخص‌ها مطابق با جداول (۲) و (۳) به‌دست آمده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

٤-۲-٤. ادغام وزن‌های نسبی

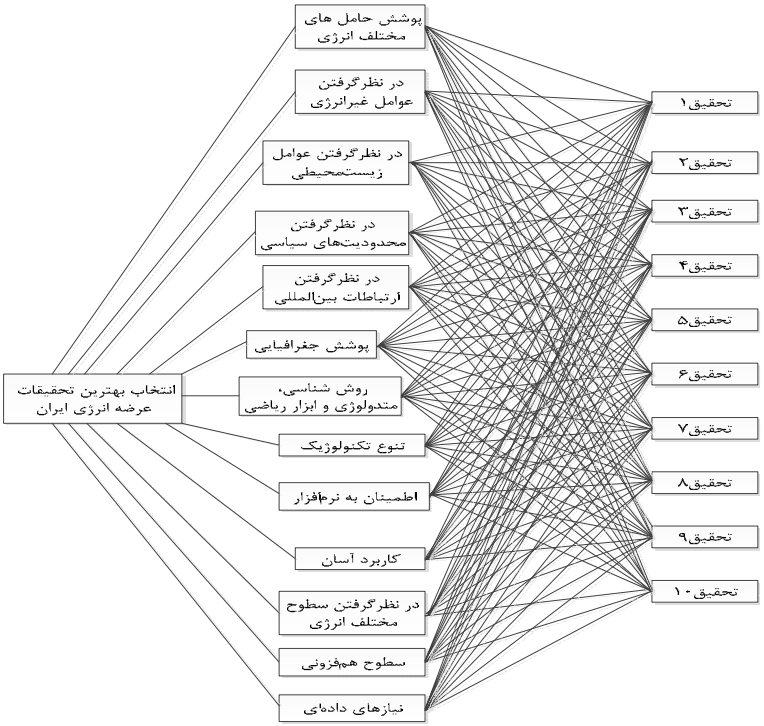
در این مرحله، ماتریس وزن شاخص‌ها برای هر مدل عرضه انرژی در بردار وزن شاخص‌ها ضرب و رتبه‌بندی مدل‌های عرضه انرژی انجام شده است.

٤-۲-٥. بررسی سازگاری قضاوت‌ها

در این مرحله، سازگاری ماتریس‌های مختلف تصمیم بررسی و مورد تأیید قرار گرفته است.

با توجه به نتایج به دست آمده ۳ تحقیق زیر به ترتیب با کسب امتیازهای ۰/۱۸۴، ۰/۱۸۰ و ۰/۱۷۱ بهترین تحقیقات انجام شده در زمینه مدلسازی عرضه انرژی کشور انتخاب شده‌اند.

- دورنمای توسعه در بخش انرژی در جمهوری اسلامی ایران
- مدل توسعه بهینه سیستم انرژی با زیربخش‌های خودگردان
- طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه نفت و گاز به بخش‌های مختلف مصرف



شکل ۱. مدل تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین تحقیقات انجام شده برای مدلسازی عرضه انرژی ایران

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۲. وزن شاخص‌ها

شاخص‌ها	پوشش حامل‌های مختلف انرژی	پوشش عوامل غیرانرژی	پوشش عوامل زیست‌محیطی	پوشش محدودیت‌های سیاسی	پوشش ارتباطات بین‌المللی	پوشش جغرافیایی	روش‌شناسی، متدولوژی و ابزار ریاضی	تنوع تکنولوژیک	اطمینان به نرم‌افزار	کاربرد آسان	پوشش سطوح مختلف انرژی	سطوح هم‌فزونی	نیازهای داده‌ای
وزن	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۸

مأخذ: نتایج تحقیق.

جدول ۳. وزن تحقیقات بر اساس شاخص‌های مختلف

شاخص‌ها تحقیق	پوشش حامل‌های مختلف انرژی	پوشش عوامل غیرانرژی	پوشش عوامل زیست‌محیطی	پوشش محدودیت‌های سیاسی	پوشش ارتباطات بین‌المللی	پوشش جغرافیایی	روش‌شناسی، متدولوژی و ابزار ریاضی	تنوع تکنولوژیک	اطمینان به نرم‌افزار	کاربرد آسان	پوشش سطوح مختلف انرژی	سطوح هم‌فزونی	نیازهای داده‌ای
۱	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۱۱
۲	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۱
۳	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹
۴	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۱۱
۵	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۰۷
۶	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۱
۷	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۱۱
۸	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۱۴
۹	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۱۱
۱۰	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۰۵

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، مطالعاتی که به مدلسازی عرضه انرژی در ایران و جهان پرداخته‌اند، مورد بررسی قرار گرفتند. سپس برای انتخاب بهترین تحقیقات انجام‌شده در ایران، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، شاخص‌های مناسب انتخاب و ۱۰ تحقیق انتخاب‌شده مورد مقایسه قرار گرفتند. تحقیق انجام شده در سال ۱۳۷۳ توسط سازمان برنامه و بودجه و دانشگاه صنعتی شریف با عنوان "دورنمای توسعه در بخش انرژی در جمهوری اسلامی ایران"، به‌عنوان بهترین تحقیق در زمینه عرضه انرژی کشور انتخاب شده است.

پیشنهاد می‌شود مدل‌های مختلف عرضه انرژی نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و مناسب‌ترین آنها برای کشور مشخص گردد.

منابع

اسعدی، فریدون، "اهمیت و ضرورت بهینه‌سازی و کاهش شدت مصرف انرژی"، مجلس و پژوهش، سال ۱۳، شماره ۵۴.

جبل‌عاملی، محمدسعید (۱۳۷۶)، مدل توسعه بهینه سیستم انرژی با زیربخش‌های خودگردان، پایان‌نامه دکتری، دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

بوربوراژدری، افشین (۱۳۸۱)، مدل پایدار توسعه انرژی روستایی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

رحیمی، غلامعلی (۱۳۸۲)، سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت صادرات نفت و گاز و فرآورده بر اساس مدل بهینه‌سازی جریان انرژی (EFOM-ENV) پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس، تهران ۱۳۸۲.

احمدی، حامد (۱۳۸۵)، مدلسازی و حل مساله عرضه بهینه انرژی الکتریکی در شبکه برق کشور در شرایط فازی بار و هزینه تولید، پایان‌نامه کارشناسی، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد، تهران.

اقلیمی، مهرداد (۱۳۸۵)، تدوین الگوی استراتژی بهینه صادرات انرژی الکتریکی ایران در شرایط تغییرات دینامیکی تقاضا، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد، تهران.

صادقی، ندا (۱۳۸۶)، بررسی بازار عرضه انرژی الکتریکی (با رویکرد سیستم دینامیک)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده صنایع دانشگاه تهران، تهران.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

عادل‌برخوردار، زهرا (۱۳۸۶)، مدلسازی بازار فرآورده‌های نفتی، مطالعه موردی: ایران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

رحیم‌آبادی، مجتبی (۱۳۸۶)، توسعه سیستم انرژی شهری مورد مطالعه شهرستان بیرجند، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

شیخ‌بهایی، مجتبی (۱۳۷۸)، اهمیت گاز در تأمین انرژی‌های لازم توسعه اقتصادی اجتماعی در بررسی عوامل موثر بهینه‌سازی در استحصال و عرضه و بهره‌وری و نرخ گاز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه امیرکبیر، تهران.

اخلاقی ریابی، امین‌ا... (۱۳۸۷)، برنامه‌ریزی بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی در شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

جوادپور، صدیقه (۱۳۸۸)، معرفی مدل پرتفولیو تولید، عرضه و مصرف انرژی در ایران با رویکرد جهانی و ملی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه کیش، کیش.

شاه‌حسینی، علی (۱۳۸۸)، طراحی مدل سیاستگذاری انرژی در افق چشم‌انداز با رویکرد سیستم‌های پویا، مورد: حوزه گاز، پایان‌نامه دکتری، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران.

کاظمی، عالیه (۱۳۸۹)، طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه نفت و گاز به بخش‌های مختلف مصرف، پایان‌نامه دکترا، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران.

جناب، کوروش (۱۳۸۹)، توسعه سیستم‌های عرضه انرژی الکتریکی (مدلسازی، بهینه‌سازی و رشد قابلیت اطمینان)، پایان‌نامه دکترا، دانشکده صنایع دانشگاه علم و صنعت، تهران.

شفیعی، سید احسان‌الدین، فاکهی، امیرحسین و فاطمه شاه‌محمدی (۱۳۸۵)، "ارزیابی ترکیب بهینه حامل‌های انرژی در بخش خانگی استان تهران با استفاده از مدل عرضه انرژی"، پنجمین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، اردیبهشت.

جعفری صمیمی، احمد و تورج دهقانی (۱۳۸۶)، "کاربرد الگوی پویا برای بهینه‌سازی درآمد ذخایر گازی ایران"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال نهم، شماره ۳۰، صص ۱۶۵-۱۹۲، بهار.

صفاریان، علی و مرتضی محمدی اردهالی (۱۳۸۷)، تدوین سیستم انرژی مرجع و توسعه مدل برنامه‌ریزی انرژی الکتریکی کشور، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال پنجم، شماره ۱۹، صص ۱۶۳- ۲۰۲، زمستان.

رنانی، محسن، علیمراد شریفی، رحمان خوش‌اخلاق و مصطفی دین‌محمدی (۱۳۸۸)، "بکارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی مصرف و تخصیص بهینه گاز طبیعی با رویکرد فازی"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال نهم، شماره سوم، صص ۱۵۱-۱۸۲، پاییز.

محقر، علی، مهرگان، محمدرضا و غلامرضا ابوالحسنی (۱۳۸۹)، "بکارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی مصرف و تخصیص بهینه گاز طبیعی با رویکرد فازی"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۴، صفحات ۹۱ تا ۱۱۹، بهار.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

سبوحی، یدا... (۱۳۷۳)، دورنمای توسعه در بخش انرژی در جمهوری اسلامی ایران، نتایج مرحله اول مطالعات طرح جامع انرژی کشور (پروژه)، سازمان برنامه و بودجه، موسسه عالی پژوهش در برنامه‌ریزی و توسعه و دانشگاه صنعتی‌شریف.

طیبی جزایری، سیدمحمدرضا (۱۳۶۶)، بهینه‌سازی تولید و تخصیص انواع انرژی برای تأمین نیازهای سال ۱۳۶۸ (پروژه)، وزارت نیرو، مدیریت برنامه‌ریزی انرژی، اردیبهشت.

مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳)، "پژوهش عملیاتی پیشرفته"، چاپ اول، نشر کتاب دانشگاهی.

Rafaj, P., Kypreos, S. (2003), Internalisation of External Cost in the Power Generation Sector: Analysis with Global Multi-Regional Markal Model, Energy Economics Modelling Group, General Energy Department, Paul Scherrer Institute, Switzerland.

Chen, W. (2005), "The Costs of Mitigating Carbon Emissions in China: Findings from China MARKAL-MACRO Modeling", *Energy Policy,* Vol. 33, PP. 885-896.

Chen, W., Wu, Z., He, J., Gao, P., Xu, Sh. , "Carbon Emission Control Strategies for China: A Comparative Study with Partial and General Equilibrium Versions of the China MARKAL Model", Article in Press.

Vaillancourt, K., Labriet, M., Loulou, R., Waaub, J.-Ph. (2007), The Role of Nuclear Energy in Long-Term Climate Scenarios: An Analysis with the World-TIMES Model, Les Cahiers du GERAD.

Cormio, C., Dicorato, M., Minoia, A., Trovato, M. (2003), "A Regional Energy Planning Methodology Including Renewable Energy Sources and Environmental Constraints", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 7, PP. 99-130.

Dicorato, M., Forte, G., Trovato, M. (2008), "Environmental-Constrained Energy Planning Using Energy-Efficiency and Distributed-Generation Facilities", *Renewable Energy,* Vol. 33, PP. 1297-1313.

Onat, N., Ersoz, S. (2011), "Analysis of Wind Climate and Wind Energy Potential of regions in Turkey", Energy, Vol. 36, PP. 148-156.

Chen, H., Wang, X., Zhao, X. (2004), "Generation Planning Using Lagrangian Relaxation and Probabilistic Production Simulation", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 26, PP. 597-605.

Seebregts, A.J., Kram, T., Schaeffer, G.J., Stoffer, A., Kypreos, S., Barreto, L., Messner, S., Schrattenholzer, L. (1999), "Endogenous Technological Change in Energy System Models, Synthesis of Experience With ERIS, MARKAL and MESSAGE".

Messner, S., Schrattenholzer, L. (2000), "MESSAGE-MACRO: linking an Energy Supply Model with a Macroeconomic Module and Solving it Iteratively", Energy, Vol. 25, PP. 267-282.

Hainoun, A., SeifAldin, M., Almoustafa, S. (2010), "Formulating an Optimal Long-Term Energy Supply Strategy for Syria Using MESSAGE Model", Energy Policy, Vol. 38, PP. 1701-1714.

Rehman, Sh., Bader, M.A., Al-Moallem, S. A. (2007), "Cost of Solar Energy Generated Using PV Panels", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 11, PP. 1843-1875.

Y. Himri, A. Boudghene Stambouli, B. Draoui (2009), "Prospects of Wind Farm Development in Algeria", Desalination, 239, PP. 130-138.

Harder, E., Gibson, J. M. D. (2011), "The Costs and Benefits of Large-Scale Solar Photovoltaic Power Production in Abu Dhabi, United Arab Emirates", Renewable Energy, Vol. 36, PP. 789-796.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Alonso-Tristan, C., Gonzalez-Pena, D., Diez-Mediavilla, M., Rodriguez-Amigo. M., Garcia-Calderon, T. (2011), Small hydropower plants in Spain: A case Study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 15, PP. 2729-2735.

Kumar, A., Bhattacharya, S. C., Pham, H. L. (2003), "Greenhouse Gas Mitigation Potential of Biomass Energy Technologies in Vietnam Using the Long Range Energy Alternative Planning System Model", Energy, Vol. 28, PP. 627–654.

Shin, H. C., Park, J. W., Kim, H. S., Shin, E. S. (2005), "Environmental and Economic Assessment of Landfill Gas Electricity Generation in Korea Using LEAP Model", *Energy Policy,* Vol. 33, PP. 1261–1270.

Winkler, H., Borchers, M., Hughes, A., Visagie, E., Heinrich, G. (2006), "Policies and Scenarios for Cape Town's Energy Future: Options for Sustainable City Energy Development", Journal of Energy in Southern Africa, Vol. 17, No. 1.

Takase, K., Suzuki, T. (2009), "The Japanese Energy Sector: Current Situation, and Future Paths", *Energy Policy,* Article in Press.

Yophy, H., Jeffrey, B. Y., Yu, P. C. (2010), "The Long-Term Forecast of Taiwan's Energy Supply and Demand: LEAP Model Application", *Energy Policy,* Article in Press.

Wang, Y., Gu, A., Zhang, A. (2010), "Recent Development of Energy Supply and Demand in China, and Energy Sector Prospects Through 2030", *Energy Policy,* Article in Press.

Dagher, L., Ruble, I. (2011), "Modeling Lebanon's Electricity Sector: Alternative Scenarios and Their Implications", *Energy,* Vol. 36, PP. 4315-4326.

Kumar, A., Subramanyam, V., Kabir, M. R. (2011), Development of Energy, Emission and Water Flow Sankey Diagrams for the Province of Alberta Through Modeling, Department of Mechanical Engineering, University of Alberta Edmonton, Canada, Prepared for Alberta Innovates – Energy and Environmental Solutions (EES) and Department of Energy, Government of Alberta, Final Report: April 11.

Argonne National Laboratory, Uruguay Energy Supply Options, Project Report Prepared for the Govrenment of Uruguay Guenter Conzelmann and Tom Veselka, July 1997.

SUWALA, W., COAL SECTOR MODEL: SOURCE DATA ON COAL FOR THE ENERGY AND POWER EVALUATION PROGRAM (ENPEP), PP. 125- 136.

MINISTRY OF ENERGY AND NATURAL RESOURCES GENERAL DIRECTORATE OF ENERGY AFFAIRS, GREENHOUSE GAS REDUCTION IN ENERGY SECTOR, WORKGROUP REPORT to Government of Turkey, Ankara, 2006.

Argonne National Laboratory (2007), "Development of a Fuel Policy for Romania: An Energy Supply and Demand Study", Project Report to Government of Romania, November 2007.

Kumar, J. A., Radhakrishna, C. (2008), "Sustainable Energy Future by AD2030 – India Case Study", IEEE Energy2030 Atlanta, GA USA, 17-18 November.

Rampidis, I.M., Giannakopoulos, D., Bergeles, G. C. (2010), "Insight Into the Greek Electric Sector and Energy Planning With Mature Technologies and Fuel Diversification", *Energy Policy,* Vol. 38, PP. 4076–4088.

Tomsic, M., Urbanci, A., Al Mansour, F., Merse, S., "ENERGY SUPPLY AND DEMAND PLANNING ASPECTS IN SLOVENIA: Integrated and Multicriterial Analysis for the National Energy Policy", Energy Efficiency Centre Ljubljana, Slovenia.

Frey, B., Neubauer, M. (2002), Energy Supply for Three Cities in Southern Africa, Part of the final Report of the CHAPOSA-Project Financed by the European Union Co-Funded by the Swedish International Development Cooperation Agency, July 2002.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

S.,Vostrikovs, Turlajs, D., Kundzina, A., Sarma, U. (2006), "Simulation of Fuel and Energy Supply in Latvia by Using MESAP Programming Model", Proceedings of the 8th WSEAS Int. Conference on Automatic Control, Modeling and Simulation, Prague, Czech Republic, PP. 226-231, March 12-14.

Krewitt, W., et.al, Energy Revolution 2008 – a Sustainable World Energy Perspective", Energy Policy, 2009 Doi:10.1016/j.enpol. 2009- 08- 042.

Kydes, A. S. (2007), "Impacts of a Renewable Portfolio Generation Standard on US Energy Markets", *Energy Policy,* Vol. 35, PP. 809–814.

Brown, M. A., Baek, Y. (2010), "The Forest Products industry at an Energy/Climate Crossroads", *Energy Policy,* Vol. 38, PP. 7665–7675.

California Environmental Protection Agency: Air Resource Board, Updated Economic Analysis of California's Climate Change Scoping Plan, Staff Report to the Air Resources Board, March 24, 2010.

Final report of ICF Consulting Canada, Greenhouse Gas Emission Reductions Modeling: ENERGY 2020 Model Inputs and Assumptions, Prepared for: Hawaii Department of Business, Economic Development & Tourism, 18 June, 2009.

Final report of ECONorthwest to The Washington State Department of Ecology and the Energy Foundation, Washington Western Climate Initiative Economic Impact Analysis, February 15, 2010.

Kambo, N. S., Handa, B. R., Bose, R. K. (1990), "A Linear Goal Programming Model for Urban Energy-Economy-Environment Interaction", Energy and Buildings, Vol. 15-16, PP. 537-551, 1990/91.

Mezher, T., Chedid, R., Zahabi, W. (1998), "Energy Resource Allocation Using Multi-Objective Goal Programming: the Case of Lebanon", Applied Energy, Vol. 61, PP. 175-192.

Agrawal, R. K., Singh, S. P. (2001), "Energy Allocation for Cooking in UP Household (India): A Fuzzy Multi-Objective Analysis", Energy Conversion and Management, Vol. 42, PP. 2139-2154.

Borges, A. R., Antunes, C. H. (2003), "A Fuzzy Multiple Objective Decision Support Model for Energy-Economy Planning", *European Journal of Operational Research,* Vol. 145, PP. 304-316.

Deshmukh, S. S., Deshmukh, M. K. (2009), "A New Approach to Micro-Level Energy planning-A Case of Northern Parts of Rajasthan, India", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, PP. 634–642.

Hiremath, R. B., Kumar, B., Balachandra, P., Ravindranath, N. H. (2010), "Bottom-up Approach for Decentralised Energy Planning: Case Study of Tumkur district in India", *Energy Policy,* Vol. 38, PP. 862–874.

Jinturkar, A. M., Deshmukh, S. S. (2011), "A Fuzzy Mixed Integer Goal Programming Approach for Cooking and Heating Energy Planning in Rural India", Expert Systems with Applications, Vol. 38, PP. 11377–11381.

Rostamihozori, N. (2002), *Development of Energy and Emission Control Strategies for Iran*, Universität Fridericiana zu Karlsruhe, February 2002.

Sadeghi, M., Mirshojaeian Hosseini, H. (2008), "Integrated Energy Planning for Transportation Sector- A Case Study for Iran with Techno-Economic Approach", *Energy Policy,* Vol. 36, PP. 850-866.

Stanford Research Institute (SRI), *A Long Range Energy Plan for Iran*, 1971.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]