

ارائه مدل‌های انرژی در برنامه‌های توسعه اجتماعی-اقتصادی

دکتر محمدرضا مقدم^۱

چکیده

انرژی یکی از نیازهای حیاتی جهت توسعه اقتصادی و اجتماعی هر جامعه‌ای می‌باشد. با افزایش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در یک کشور، تقاضای انرژی نیز افزایش می‌یابد. فرمول بندی یک مدل انرژی به محققین کمک خواهد کرد که بتوانند به نحو بهینه از منابع گسترده انرژی‌های تجدیدپذیر موجود نظیر انرژی‌های خورشیدی، باد، بیوانرژی و آبی جهت پاسخ دادن به نیاز آینده جهان به انرژی استفاده نمایند. در طول دهه اخیر چندین مفهوم جدید جهت مدیریت و برنامه‌ریزی برای انرژی از قبیل: برنامه‌ریزی غیرمتمرکز، صرفه‌جویی در انرژی از طریق بهبود تکنولوژی، بازیافت زباله، طراحی چرخه کامل انرژی، معرفی منابع انرژی تجدیدپذیر و بالاخره پیش‌بینی‌های مربوط به انرژی ارائه شده است.

در این مقاله کوشش شده است تا موارد گوناگون مدل سازی انرژی معرفی و مرور شوند. این مدل‌ها عبارتند از: مدل‌های برنامه‌ریزی انرژی، مدل‌های عرضه و تقاضای انرژی، مدل‌های پیش‌بینی، مدل‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، مدل‌های کاهش انتشار و مدل‌های بهینه‌سازی. همچنین مدل‌هایی که اساس آنها شبکه عصبی و تئوری فازی است نیز مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت. مرور و بازبینی مدلسازی انرژی در این مقاله زمینه‌های مطالعاتی متعددی را برای طراحان، محققین و سیاستگذاران مسائل انرژی به طور گسترده فراهم می‌آورد و مرجع مناسبی برای آنان محسوب خواهد شد.

واژگان کلیدی: مدل انرژی، مدل پیش‌بینی، منطق فازی، شبکه‌های عصبی، منابع انرژی تجدیدپذیر و پایدار

JEL: Q31- Q41-Q56

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۲۱

^۱ عضو هیات علمی پژوهشگاه نفت mr_moghaddam@yahoo.com

۱ - مقدمه

امروزه «مدلها» به ابزاری استاندارد برای برنامه ریزی برای انرژی تبدیل شده‌اند. در سالهای اخیر تلاش‌های زیادی برای فرموله کردن و بکارگیری استراتژی‌های برنامه ریزی انرژی در کشورهای در حال توسعه صورت گرفته است. از جمله مسائل گریبانگیر این کشورها می‌توان به وابستگی شدید آنها به منابع سنتی انرژی اشاره نمود که بیش از ۹۰ درصد انرژی مصرفی این کشورها را تامین می‌نماید و این امر خود باعث بروز مشکلاتی از قبیل تخریب سریع جنگلها، کاهش حاصلخیزی خاک و غیره گردیده است. ازاینرو حجم وسیعی از اطلاعات جهت توصیف روابط بین پارامترها و ابزار گوناگونی جهت تحلیل موارد مختلف مورد نیاز می‌باشد تا بتوان به کمک آنها به نتایج متعددی دست یافت که بتوانند محققین را در انجام فرآیند طراحی یاری رسانند.

یکی از شاخص‌های بهبود کیفیت زندگی که در اثر مدرنیزه شدن جوامع حاصل گردیده، "میزان مصرف سرانه انرژی" است. این شاخص در دهه‌های اخیر روند روبه رشد و آرامی را به خود گرفته است. نتیجه اصلی این پدیده، چندین برابر شدن تقاضای انرژی است. ولی استفاده از تکنولوژی‌های ناکارآمد سنتی و اکتفا نمودن به منابع محلی محدود نمی‌توانند پاسخگوی این میزان تقاضای انرژی باشند. پیش از بحران نفتی دهه ۷۰، برنامه ریزان و سیاستمداران جهان سوم، همگام با کشورهای توسعه یافته سعی در توانمندساختن مناطق روستایی خود می‌نمودند. آنها امیدوار بودند که مدل‌های انرژی بتوانند منجر به توسعه برنامه ریزی‌های مربوط به انرژی و پیش‌بینی و بهینه‌سازی منابع انرژی شوند. تجربیات بدست آمده در طول دهه گذشته نشان داده‌اند که غیر متمرکز نمودن تکنولوژی‌های انرژی براساس منابع محلی می‌توانند بعنوان آلترناتیو مناسبی جهت تامین انرژی مورد نیاز ایفای نقش نمایند.

متدولوژی‌های مناسبی جهت انجام نمونه‌گیریهای آماری صورت گرفته که به کمک آنها می‌توان نیازمندیهای به انرژی را بطور بخشی تخمین و برنامه ریزی نمود. در ادامه به اختصار به مرور انواع گوناگون مدلسازی انرژی پرداخته می‌شود.

۲ - مدل‌های برنامه ریزی انرژی

محققین و دانشمندان کوشش زیادی نموده‌اند تا یک مدل انرژی یکپارچه^۱ طراحی نمایند که به هر دو نوع منبع انرژی تجاری و قابل بازیافت مرتبط گردد. در سال ۱۹۷۷ یک مدل ساده توسط پیترا^۲ ارائه گردید که به کمک آن کاربر می‌توانست شرایطی را تعیین کند که تبدیل انرژی

خورشیدی به حرارتی و یا تبدیل انرژی خورشیدی به فتو ولتائیک ۳ اقتصادی باشد. در همان سال یک مدل ترکیبی جهت جایگزینی انرژی های اولیه با بهره گیری از متغیرهای بهره وری، درصد باسودی و میزان بر خورداری از منابع معدنی توسط مارچتی ۴ و یک مدل شبه تعادلی و پویا جهت عرضه منابع پایان پذیر نظیر نفت خام و مدیریت مصرف انرژی حرارتی در ساختمان ها توسط استرن ۵ ارائه گردید. در سال ۱۹۸۷ فاکس ۶ مدلی را ارائه نمود که مدیریت انرژی را در دو مبحث نحوه صحیح مصرف انرژی در منازل و جایگزینی گیاهان در قالب چک لیست مدیران مورد بررسی قرار می داد.

در سال ۱۹۸۸ رحمان ۷ با استفاده از متغیرهای تولید ناخالص داخلی و تشکیل سرمایه ثابت ناخالص، یک مدل شبیه ساز اقتصادسنجی و اقتصاد انرژی را جهت مطالعات مربوط به سیاستگذاری و پیش بینی عرضه انرژی در بلندمدت فرمول بندی نمود.

در خصوص سیاستگذاری انرژی و برنامه ریزی های آتی کشورهای در حال توسعه ناتارجان ۸ در سال ۱۹۹۰ رابطه بین مصرف انرژی، درآمد ملی و استاندارد زندگی را مورد بررسی قرار داد. در همین سال کاپروس ۹ و همکارانش مبانی نظری و تجربی ساخت یک سیستم کوتاه مدت و میان مدت مرتبط با اقتصاد انرژی را عرضه نمودند. همچنین انواع مدل‌های جایگزین و کاربرد آنها در تجارت، آلترناتیوهای سرمایه گذاری و تصمیم گیریهای استراتژیک نیز توسط همین گروه مورد بررسی قرار گرفت.

تکامل تکنیکهای ورودی- خروجی و مدل‌های برنامه ریزی خطی و غیرخطی مرتبط با آنها به محققین در توسعه مدل‌ها کمک می نمایند. به طور مثال یک مدل از سیستم یکپارچه انرژی برای بخش روستایی با اندکی اصلاحات در روستایی در بنگلادش مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل به عنوان مبنایی برای توسعه یک مدل کامپیوتری جهت برنامه ریزی بکار گرفته شد. جنکینز و پوچ ۱۰ در مقاله ای در سال ۱۹۹۵ متدولوژی برنامه نویسی دینامیک به همراه مثالی از نحوه بکارگیری برنامه نویسی دینامیک در یک مدل توسعه یافته جهت برنامه ریزی سیستم‌های انبساطی الکتریکی به اختصار مورد اشاره قرار داده اند. آنها چندین تکنیک چند منظوره و برگرفته از متدهای ساده تا الگوریتم‌های پیچیده را به همراه الگوریتمی که فرآیند تصمیم گیری سلسله مراتبی غیرمتمرکز را با اهداف چندگانه تلفیق می کند مورد بررسی قرار داده اند.

بووه ۱۱ و همکارانش در سال ۱۹۹۰ نحوه استفاده از مدل‌های مارکوف را در برنامه ریزی اقتصاد مهندسی ارائه نمودند. مدل‌های مارکوف عدم قطعیت‌ها را در یک محیط تصمیم‌گیری اقتصاد مهندسی مورد لحاظ قرار می‌دهند. همچنین در این مطالعه مراحل فرمول‌بندی مدل، تخمین پارامترهای به‌کاررفته و ارایه راه‌حل‌های مربوطه تشریح شده‌اند.

سودرسترون و نیلسون ۱۲ در سال ۱۹۹۳ یک مدل برنامه‌ریزی تولید را با توجه به عرضه الکتریکی بهینه انرژی الکتریکی و با توجه به کاربردهای آن در صنعت که بتواند راندمان یک واحد صنعتی را که از انرژی‌های دیزلی، آبی و بادی به‌طور ترکیبی استفاده نماید حداکثر نماید را برای یکی از ایالات هند ارایه نمودند. همچنین ترکیب بهینه‌ای از تکنولوژی‌های جدید و مرسوم انرژی که از مدل برنامه‌ریزی خطی صحیح و سازگار با کامپیوترهای شخصی استفاده می‌نمود نیز معرفی گردید. در سال ۱۹۹۴ سودرسترون و جانسون ۱۳ به بررسی و مرور فرضیات و نکات مهم تئوری‌های سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی پرداخت. تئوری‌های مورد اشاره شامل مدل قیمت‌گذاری کل سرمایه، نظریه قیمت‌گذاری در معاملات و تئوری سرمایه‌گذاری برگشت‌ناپذیر بود.

در سال ۱۹۹۵ راماناتما و گانش ۱۴ از یک مدل برنامه‌نویسی فرآیند سلسله‌مراتبی (AHP) جهت ارزیابی هفت منبع انرژی مورد استفاده در روشنایی منازل و براساس ۱۲ هدف تعیین شده در یک سیستم سه پارامتری محیط-اقتصاد-انرژی استفاده نمودند. تحلیل حساسیت سنجی نیز بر روی این سیستم‌ها صورت گرفت. مطالعات آماری در خصوص تحلیل تصمیم‌گیری در زمینه مدل‌سازی محیطی و انرژی، به دو دسته طبقه‌بندی گردیدند: ۱- از نظر تکنیک بکار رفته جهت آنالیز تصمیم و ۲- زمینه و ناحیه مورد کاربرد مطالعات. بر این اساس، آنها دریافتند که مهمترین تکنیک بکار رفته در این زمینه فرآیند تصمیم‌گیری تحت شرایط وجود عدم قطعیت بوده و مهمترین ناحیه کاربرد این مطالعات آنالیز سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی است.

آبل و توماس ۱۵ در سال ۱۹۹۶ مزایا و نیازهای انتقال تکنولوژی انرژی‌های قابل‌بازیافت را به کشورهای در حال توسعه مورد بحث قرار داد. همچنین آنها مدل‌های مختلف انتقال تکنولوژی انرژی‌های قابل‌بازیافت را جهت گسترش در کشورهای در حال توسعه و مدل‌های مختلف مربوط به انرژی‌های حرارتی (گرمایش خانگی و گرمایش استخرهای شنا)، روشنایی و اتلاف انرژی در ترانسفورماتورهای الکتریکی نیز توسط وی مورد اشاره قرار گرفته است. در این مطالعه یک مدل

طراحی انرژی جهت استفاده در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ توسط تکنیک برنامه‌ریزی چند منظوره دارای ۵ هدف: (۱) به حداقل رسانیدن انرژی ورودی، (۲) به حداکثر رسانیدن بازدهی کل، (۳) به حداقل رسانیدن سرمایه مورد استفاده، (۴) به حداقل رسانیدن هزینه های کارگری و (۵) به حداقل رسانیدن ریسک عدم دسترسی به منابع انرژی مورد نیاز، مورد استفاده قرار گرفته است. در سال ۲۰۰۱ روزاکیس ۱۶ و همکارانش یک مدل پلکانی برنامه ریزی خطی عدد صحیح و ترکیبی چند سطحی و میکرو اقتصادی کامل را جهت تخمین تولید انرژی در سطح ملی کشور فرانسه ارائه نمودند.

۳- مدل های عرضه و تقاضای انرژی

در این مقاله تلاش بر این است که با مرور نسبتاً مفصل مدل های مختلف عرضه انرژی، مدل های تقاضای انرژی و مدل های عرضه و تقاضای انرژی یک روش کلی برای مدل‌سازی مسائل انرژی معرفی گردد.

در سال ۱۹۸۵ هالیول ۱۷ یک مدل پیش بینی تقاضا و قیمت انرژی را جهت تخمین قیمت انرژی و میزان تقاضای برق مصرفی معرفی کرد. لایس ۱۸ در سال ۱۹۹۰ مدل‌های عرضه از نوع اقتصاد سنجی را مورد بحث و بررسی قرار داد. متدهای اقتصاد سنجی روشی را جهت مدل‌سازی عرضه معرفی می نمایند که در آن تاخیرات زمانی، فواصل زمانی و تشکیل سرمایه از عوامل مهم مدل تلقی می شوند. وی در مدل‌سازی عرضه پیشنهادهای را برای بهبود اعتبار و افزایش کارایی مدل‌های مذکور ارائه کرد، بخصوص مدل‌هایی که جهت تقویت تحلیل های سیاست گذاری مورد استفاده قرار می گرفت.

در سال ۱۹۹۲ بورگس و پریرا^{۱۹} یک مدل دو مرحله ای را برای تقاضای انرژی در بخش کارخانجات سازنده کشور پرتغال معرفی نمودند؛ که در اولین مرحله، یک شبکه چهار متغیره شامل سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد اولیه جهت تحلیل قابلیت جایگزینی بین انواع حامل‌های انرژی در مفهوم عام آن و دیگر فاکتورهای دخیل در تولید، مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله دوم، کل تقاضای انرژی به سه جزء تقاضا برای نفت، تقاضا برای ذغال سنگ و تقاضا برای برق تقسیم می گردید. این دو مرحله در کنار هم به ایجاد یک مدل تلفیقی منجر گردید. ترکیب انرژی در مرحله اول و قیمت‌ها در مرحله دوم بدست می آمدند. در این مدل نقش تغییرات قیمت در پیش

بینی میزان تقاضای انرژی و سیاستگذاری های مربوط به آن بطور کامل مورد پوشش قرار می گیرد.

یک مدل اقتصاد سنجی توسط بلکمر^{۲۰} و همکارانش در سال ۱۹۹۴ معرفی گردید که جهت مطالعه تاثیرات تقاضای انرژی بخشهای صنایع تولیدی در بازار انرژی انگلستان در فاصله سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۷ مورد استفاده قرار گرفت.

در سال ۲۰۰۰ کولشرشتا و پاربخ^{۲۱} یک مدل برداری اتورگرسیو را برای پیش بینی تقاضای ذغال سنگ در ۴ بخش اصلی کشور هند، با استفاده از داده های سری زمانی سالیانه از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۵ بکار گرفتند. انجام پیش بینی در این مدلها با استفاده از سیستم خودبرگشتی برداری موسوم به VAR صورت گرفت و یک مدل وقفه توزیع شده خودبرگشتی یا (ARDL) Auto Regressive Distributed Lag جهت تخمین رابطه تقاضای مصرف انرژی خانوارهای کشور دانمارک استفاده گردید. تخمین های صورت گرفته توسط مدل ARDL با تخمینهای بدست آمده از تکنیکهای همراهی^{۲۲} و مدلهای تصحیح خطا (ECM) مقایسه گردید.

۴- مدل های پیش بینی

مدل های پیش بینی انرژی با بکارگیری متغیرهای مختلفی از قبیل جمعیت، درآمد، قیمت، فاکتورهای رشد و فناوری فرمول بندی می شوند. هدف از مرور مدلهای پیش بینی در این مقاله، تعیین الگوهای توزیع انرژی می باشد. بدین منظور مدل های پیش بینی در دو گروه بررسی می شوند؛ مدل های انرژی تجاری^{۲۳} و مدل های انرژی تجدید پذیر.

۴-۱- مدل های انرژی تجاری

در سال ۱۹۷۸ یوری^{۲۴} مدلی را معرفی نمود که از ترکیب یک مدل اقتصاد سنجی با یک مدل پیش بینی سری های زمانی و بر اساس روش باکس-جنکینز و با در نظر گرفتن تغییرات متغیرهای اقتصادی و آب و هوایی مربوطه، حداکثر میزان انرژی ماهیانه مورد نیاز را برای یک وسیله مصرف کننده خاص پیش بینی می نمود.

نونل^{۲۵} نیز با استفاده از همین روش یک مدل پیش بینی کوتاه مدت از نوع سری های زمانی را برای پیش بینی تولید گاز طبیعی و نفت خام و مدلی را جهت تخمین میزان منابع نفتی کشف نشده در ایالات متحده مورد بررسی و آزمایش قرار داد.

در دهه نود مدل های اقتصاد سنجی پیچیده ای برای صنایع مصرف کننده انرژی معرفی گردیده است. در سال ۱۹۹۱ وولد و جیورجیس^{۲۶} از مدل مصرف انرژی در صنعت جهت آنالیز الگوهای مصرف انرژی در سه کارخانه تولید سیمان، کارخانه نساجی و کارخانه صنایع غذایی در کشور اتیوپی استفاده نموده است.

در سال ۱۹۹۳ مکی و هاموند^{۲۷} یک مدل پیش بینی ارائه نمودند که میزان عرضه و تقاضای نفت و گاز انگلستان را تا سال ۲۰۱۰ پیش بینی می نمود. همچنین یک مدل پیش بینی رگرسیونی نیز جهت پیش بینی مصرف انرژی الکتریکی در نواحی شرقی عربستان سعودی بر اساس تابعی از داده های آب و هوایی، میزان جهانی تابش های خورشیدی و جمعیت صورت پذیرفت. بدین منظور داده های مربوط به ۵ سال جهت فرمول بندی مدل مصرف انرژی مورد استفاده قرار گرفت و تکنیک رگرسیون مرحله ای جهت انتخاب متغیرها بکار گرفته شد.

در سال ۱۹۹۶ رانو و پاربخ^{۲۸} میزان تقاضای فرآورده های نفتی در کشور هند را مورد تحلیل قرار دادند. بدین منظور بر اساس سریهای زمانی، یک مدل اقتصاد سنجی از نوع ترانسلوگ جهت انجام پیش بینی معرفی گردید. به کمک این مدل پیش بینی های تقاضا تا سال ۲۰۱۰ برای فرآورده های نفتی مختلف صورت پذیرفت.

۴-۲- مدل‌های انرژی تجدیدپذیر

خورشید، باد و بیوماس به عنوان منابع انرژی وابسته، کاملاً در دسترس و قابل بازیافت به حساب می آیند. در ادامه، انواع مدل‌های انرژی تجدیدپذیر مرور می شوند.

۴-۲-۱- مدل‌های انرژی خورشیدی

در سال ۱۹۸۶ هابان^{۲۹} و همکارانش حالت اصلاح شده ای از مدل‌های تابش خورشیدی را جهت تعیین میزان تابشهای خورشیدی حاصله از تعدادی از ایستگاههای نصب شده در مناطق آب و هوایی گرم و خشک معرفی نمودند. بر این اساس داده های واقعی جهت تشعشعات مستقیم (direct) و انتشاری (diffuse) مورد آنالیز قرار گرفت.

در سال ۱۹۹۴ میکاک^{۳۰} بازار بین المللی محصولات فتو ولتائیک و پیشرفتهای مربوط به آن را تا سال ۲۰۱۰ پیش بینی نمود. در سال ۱۹۹۵ سولر^{۳۱} مدل پرتوافکنی انتشاری را جهت پیش بینی میزان تابش های منتشر شده روزانه در یک عرض جغرافیایی نسبتاً گسترده معرفی نمودند. بدین

منظور آنها از داده‌های مرتبط به تابش‌های کروی و انتشاری چندین سال متمادی در ۴۰ نقطه مختلف کره زمین استفاده کردند.

در سال ۱۹۹۷ اوامر^{۳۲} توانست اطلاعات چندین ساله سرعت باد، زمانهای طلوع و غروب خورشید و تابشهای خورشیدی حاصله از یک سطح افقی در کشور سودان را ترکیب، ارزیابی و نهایتاً ارائه نماید. وی توانست تابشهای خورشیدی کروی نسبی را بر اساس تابعی از مدت زمان نسبی درخشندگی خورشید در آسمان ارائه نماید. ضریب رگرسیون حاصله جهت پیش‌بینی تابش خورشیدی کروی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین بر اساس مقادیر تابش پیش‌بینی شده، نقشه تابش کشور سودان تهیه گردید. متوسط سرعت ماهیانه باد و میانگین توان تولیدی مربوطه بر اساس آنالیز اطلاعات به دست آمده از ۷۰ ایستگاه مختلف در کشور سودان محاسبه گردید. همچنین نقشه نمایشگر میزان باد کشور سودان بر این اساس تهیه گردید.

در سال ۱۹۹۹ بادیسکو^{۳۳} توانست فرمولی ارائه نماید که در آن بر اساس تعداد ساعتهای روزانه درخشش خورشید در آسمان و یا درصد کل میزان ابر در آسمان برای کشور رومانی، میانگین روزانه تابش خورشیدی کروی در هر ماه مشخص محاسبه گردید. وی از یک رابطه همبستگی تجربی جهت تخمین میزان تابشهای خورشیدی کروی در کشور عربستان سعودی استفاده نمود. همچنین وی رابطه همبستگی خود را با سایر مدل‌های موجود تحت شرایط جغرافیایی و آب و هوایی مختلف مقایسه نمود.

در سال ۲۰۰۰ مییر^{۳۴} بر اساس دو پارامتر تابشهای روزانه کل و حداکثر درجه حرارت محیط موفق به ارائه یک مدل انرژی گردید. از این مدل انرژی می‌توان جهت پیش‌بینی میزان انرژی تولید شده از مدولهای فتوولتائیک تحت شرایط آب و هوایی معین استفاده نمود. بدین منظور با استفاده از آنالیز رگرسیون می‌توان به گونه‌ای مدل را فرمول‌بندی نمود که تنها با استفاده از دو پارامتر ذکر شده، مدولهای روزانه انرژی پیش‌بینی گردند.

در سال ۲۰۰۱ سن و تان^{۳۵} نیز از یک مدل ساده سه پارامتری جهت پیش‌بینی ماهانه، روزانه و ساعتی تابشهای انتشاری و یا کروی در نواحی شمال غرب کشور ترکیه استفاده نمودند. بدین منظور با در نظر گرفتن ساعات تابش خورشید در روز از هفت مدل طراحی شده بود میزان متوسط تابش روزانه کروی پیش‌بینی گردید.

ارائه مدل‌های انرژی در برنامه های توسعه اجتماعی_اقتصادی.....۱۶۳

در سال ۲۰۰۲ اولیویه^{۳۶} و همکارانش جهت پیش بینی مقادیر ماهیانه، روزانه و ساعتی تابش های خورشیدی انتشاری بر یک سطح افقی در شهر سائوپائولوی برزیل از یک مدل همبستگی استفاده نمودند. بدین منظور آنان از دو روش مختلف برای تعیین میزان تابشهای انتشاری متغیر با زمان از فاکتورهای سایه ای زاویه دار و محاسبه این فاکتورها بر اساس برنامه مونت کارلو تکنیک ردیابی پرتوهای بازگشتی را مورد استفاده قرار دادند.

چین^{۳۷} در سال ۲۰۰۳ با استفاده از تکنیک باکس جنکینز یک مدل تصادفی معرفی نمود که جهت اندازه گیری میزان تابش خورشیدی و مدت زمان تابش روزانه خورشید در یکی از شهرهای بوتساوانا مورد استفاده قرار گرفت. داده های مورد استفاده میزان متوسط ماهیانه زمان تابش روزانه خورشید و میزان تابش خورشیدی بود. وی و همکارانش مدل‌های دو متغیره ای معرفی نمودند که میزان تابش های خورشیدی را با مدت زمان تابش روزانه خورشید و نیز میزان تابشهای خورشیدی را با دماهای حداقل و حداکثر روزانه مرتبط می ساخت.

۴-۲-۲- مدل‌های انرژی باد

باد به عنوان یک منبع انرژی ارزان و قابل اعتماد شناخته می شود. پیشرفتهای تکنولوژیکی صورت گرفته در پنج سال اخیر باعث تثبیت جایگاه باد در رقابت با تکنولوژیهای مرسوم تولید کننده انرژی گردیده است. در ادامه، مدل‌های گوناگون انرژی باد معرفی می گردند.

در سال ۱۹۸۲ هاک^{۳۸} به منظور تعیین میزان انرژی حاصله در یک سیستم مبدل انرژی باد، از یک مدل شبیه ساز کامپیوتری استفاده نمود. داده های ورودی مورد استفاده وی عبارت بودند از: سرعت باد، میزان تقاضای الکتریسیته در منازل مسکونی و پارامترهایی از ژنراتور، مبدل و تاسیسات ذخیره کننده انرژی.

در سال ۱۹۹۰ پاندا^{۳۹} و همکارانش تحلیل تصادفی از پتانسیل تولید انرژی باد در هفت ایستگاه هواشناسی مختلف هند به عمل آوردند. بر اساس داده های باد و پتانسیل مربوطه یک مدل احتمالی ایجاد گردید. در سال ۱۹۹۵ جمیل^{۴۰} و همکارانش از تابع توزیع احتمال جهت تعیین میزان دانسیته انرژی باد و سایر پارامترهای مربوطه که در مرکز تحقیقات انرژی و مواد خورشیدی شهر تهران صورت می پذیرفت استفاده نمودند.

یک کار مقایسه ای از تکنیکهای مختلف پیش بینی کننده، بر اساس میزان متوسط سرعت باد در هر ساعت توسط سفستوس^{۴۱} در سال ۲۰۰۲ صورت پذیرفته است. وی از آنالیز سریهای زمانی،

مدلهای خطی، شبکه‌های عصبی، سیستمهای تداخلی فازی - عصبی و شبکه‌های منطقی عصبی استفاده نمود. مدل پیش بینی میانگین سرعت باد نیز به کمک آنالیز سریهای زمانی ارائه گردیده است.

در سال ۲۰۰۳ بارتولی^{۴۲} و همکارانش وضعیت و جایگاه کنونی استفاده از انرژی باد در کشور مجارستان را مورد بحث و بررسی قرار داده‌اند. آنان در این مطالعه تغییرات در سیاستگذاری دولت مجارستان و دغدغه‌های این دولت در پیوستن به اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۴ را بیان نموده‌اند. اتومی^{۴۳} و همکارانش با استفاده از داده‌های مربوط به اندازه‌گیری‌های سرعت و جهت باد که هر سه ساعت یکبار در ایستگاه هواشناسی یکی از شهرهای کشور الجزایر قرائت گردیده بود، یک مدل‌سازی دو متغیره آماری از انرژی باد ارائه نمودند.

۳-۲-۴- مدلهای بیوماس و بیوانرژی

در این بخش انواع گوناگونی از مدل‌های بیوماس و بیوانرژی مرور می‌گردد. یک مدل ریاضی جهت یافتن تأثیر واحدهای بیوگاز در الگوهای استفاده از انرژی در منازل روستایی کشور هند توسط راجسواران^{۴۴} و همکارانش فرمول بندی گردیده است. یک سیستم شبکه‌ای عمومیت یافته جهت آنالیز اقتصادی واحدهای بیوگاز با در نظر گرفتن تأثیرات ظرفیت واحد بیوگاز در افزایش سوددهی، توسط کندپال^{۴۵} و همکارانش در سال ۱۹۹۱ ارائه گردیده است. همچنین در سال ۱۹۹۳ آنها مروری از مدلهای پیش بینی کننده جهت توصیف نحوه کار سایت‌های تولید گاز توسط انجام داده‌اند. جهت آنالیز سیستم انرژی، روشی جامع که دربرگیرنده روابط بین سوخت، علوفه و کود مصرفی می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفته است.

کیمینز^{۴۶} در سال ۱۹۹۷ مدل‌های شبیه ساز هیبریدی را مورد بررسی قرار می‌دهد. این مدل‌ها جهت ارزیابی دوام کشت بیوانرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال ۱۹۹۹ الم^{۴۷} و همکارانش یک مدل شبیه ساز پویای کمی را جهت مطالعه مصرف سوخت بیومس در منازل روستایی بنگلادش فرمول بندی کردند. پارامترها، محدودیت‌ها و مقادیر اولیه به کار گرفته در مدل، معرف شرایط کنونی می‌باشد. این مدل جهت نشان دادن حالت سیستم در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی شبیه سازی گردیده است. استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت دانستن میزان عرضه بیوانرژی در نقاط جغرافیایی مختلف و همچنین در مقیاس ناحیه‌ای استفاده از سیستم

ارائه مدل‌های انرژی در برنامه های توسعه اجتماعی_اقتصادی.....۱۶۵

مدل سازی تحت GIS جهت پیش بینی پتانسیل عرضه انرژی حاصله از محصولات انرژی زا توسط گراهام^{۴۸} و همکارانش در سال ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت.

عواملی که ساخت یک مدل بیوانرژی را پیچیده می نماید توسط راس^{۴۹} و همکارانش در سال ۲۰۰۰ معرفی گردیده‌اند. بدین منظور آنان ضمن بیان توصیه‌هایی متذکر شده اند که جهت بهبود دقت مدل باید عوامل مختلفی نظیر هزینه تولید انرژی، فقدان اطلاعات کافی، عوامل اجتماعی، اقتصادی، اقتصاد خانوار، ملاحظات استراتژیک و عدم قطعیت های موجود در سیاست گذاری به هنگام انجام مدلسازی در نظر گرفته شوند.

در سال ۲۰۰۲ باس^{۵۰} و همکارانش براساس تصاویر ماهواره‌ای یک مدل پیش بینی بلند مدت را جهت ارزیابی محلی سوخت های جنگلی ایجاد نمودند.

۵ - مدل‌های بهینه سازی

انرژی های خورشیدی، باد و بیوماس به عنوان منابع انرژی بازگشت پذیر وابسته و کاملاً در دسترس تلقی می گردند. فرمول بندی مدل‌های خاص این منابع کمک خواهد نمود تا تخصیص مناسبی از تقاضای انرژی برای هر یک از این منابع در آینده فراهم گردد. در اینجا انواع مختلف مدل های بهینه‌سازی مرور می گردند.

در سال ۱۹۷۹ گریف^{۵۱} یک مدل بهینه‌سازی با دقت بالا جهت تعادل انرژی سوخت معرفی نمود. ماسگریو^{۵۲} از آنالیز حداقل هزینه تنزیل شده جهت سیستم انرژی استرالیا در فاصله سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۰ استفاده نمود. مدل وی یک مدل برنامه‌ریزی خطی است که از کل هزینه تنزیل شده به عنوان تابع هدف و از تبدیل نفت و تقاضا به عنوان محدودیت استفاده می نماید.

یک مدل برنامه‌ریزی خطی ماسگریو جهت ایجاد استراتژی های کاهش باران های اسیدی در نواحی شرقی آمریکای شمالی، توسط الیس^{۵۳} و همکارانش در سال ۱۹۸۵ مورد بررسی قرار گرفت. هدف این مدل به حداکثر رسانیدن هزینه های نهایی براساس محدودیت های آب و هوایی است.

در سال ۱۹۸۷ داس^{۵۴} یک مدل بهینه‌سازی پویا براساس برنامه‌ریزی خطی چند منظوره را معرفی نمود تا سیاست گذاری انرژی های قابل بازیافت را در ایالت تامپل نادو کشور هند تحلیل نماید. در سال ۱۹۹۸ سارما و ساتسانگی^{۵۵} گزینه‌های احتمالی جهت برآورده نمودن نیازهای اقتصاد هند به

انرژی در سال ۲۰۰۱-۲۰۰۰ را مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف این مدل به حداقل رسانیدن هزینه‌ها براساس محدودیت‌های منابع، ظرفیت و میزان حداقل یا حداکثر‌های موجود می‌باشد.

در سال ۱۹۹۲ سوگانتی^{۵۶} یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی سه پارامتری (انرژی، اقتصاد و محیط) را ایجاد نمود. این مدل نسبت تولید ناخالص ملی به انرژی را براساس محدودیت‌های محیطی و با هدف برآورده نمودن نیاز به انرژی در سالهای ۲۰۱۱-۲۰۱۰ به حداکثر می‌رساند.

مروری از تحقیقات انجام شده در زمینه برنامه‌ریزی انرژی توسط لوهانگا^{۵۷} و همکارانش در سال ۱۹۹۳ استفاده ترکیبی از مدل‌های بهینه‌سازی و پیش‌بینی را انجام داده‌اند. بر این اساس دو مدل ایجاد گردیده‌اند به طوری که مدل اول ترکیب بهینه منابع انرژی را در حالت حداقل هزینه تعیین می‌نماید و مدل دوم تعداد بهینه تجهیزات بیوماس و میزان زمین مورد نیاز جهت تبدیل به جنگل را گونه‌ای که کمبود سوخت حاصل از چوب درختان مرتفع گردد، محاسبه می‌نماید.

در سال ۱۹۹۵ گروسکارت^{۵۸} مدلی را معرفی نمود که سیستم‌های انرژی شهری و منطقه‌ای را در قالب شبکه‌های جریان داده توصیف می‌نماید. این مدل ابزار کاملاً "انعطاف‌پذیری" را برای به حداقل رسانیدن تقاضای انرژی اولیه و هزینه‌های مالی فراهم می‌آورد. تکنیک‌های متداول عرضه انرژی، استفاده نسبی از انرژی، اندازه‌گیری‌های بخش تقاضا و بهره‌گیری از منابع انرژی قابل بازیافت، جملگی در این مدل لحاظ گردیده‌اند.

یک مدل کمیته‌سازی هزینه حمل واردات زغال سنگ در کشور تایوان در سال ۱۹۹۶ توسط یون و ون^{۵۹} ایجاد گردیده است. این مدل جهت برنامه‌ریزی استراتژیک واردات زغال سنگ در آینده و همچنین جهت مطالعه تأثیر تغییرات قیمت براساس انجام آزمونهای حساسیت سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در سال ۱۹۹۷ راجا^{۶۰} و همکارانش با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی، مدل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی انرژی را جهت توسعه کشاورزی در ایالت تامیل نادو کشور هند ارائه نمودند. این مدل براساس در دسترس بودن منابع مختلف انرژی، احتیاجات گوناگون انسان و فعالیت‌های کشاورزی، توسعه یافته است. آنها با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، یک مدل بهینه‌سازی جهت به حداقل رسانیدن میزان مازاد بیوماس ایجاد نمودند. البته بیوماس مورد استفاده در کود حیوانات و سوخت شامل این مجموعه نمی‌گردد. همچنین این مدل استفاده از منابع موجود نظیر نیروی کار انسان، حیوان و تراکتور را نیز در نظر می‌گیرد.

در سال ۱۹۹۸ مدل انرژی قابل بازیافت توسط جاگادیسان^{۶۱} جهت یافتن سطح بهینه استفاده از منابع انرژی قابل بازیافت هند در سال ۲۰۲۱-۲۰۲۰ معرفی گردید. هدف این مدل به حداقل رسانیدن نسبت هزینه به راندمان و پیدا کردن میزان بهینه تخصیص یافته هر یک از منابع انرژی قابل بازیافت موجود می باشد. محدودیت های به کار رفته در این مدل عبارتند از سطح پذیرش اجتماعی، میزان تقاضا و درجه قابل اطمینان بودن سیستم. همچنین عملکرد و درجه اطمینان سیستم های انرژی باد و تأثیراتش در مدل مورد توجه ویژه قرار گرفته است. با در نظر گرفتن عوامل فوق الذکر مدل را می توان جهت آنالیز سیستم انرژی باد، سیستم انرژی خورشیدی و سیستم انرژی بیوماس مورد استفاده قرار داد. اختصاص منابع انرژی پایان پذیر به مصارف نهایی انرژی نظیر روشنایی، پخت و پز، پمپاژ، گرمایش، سرمایش و حمل و نقل توسط همین مدل برای سالهای اشاره شده صورت پذیرفته است.

یک مدل اقتصاد سنجی اصلاح شده که مصرف انرژی را با اقتصاد، فن آوری و محیط مرتبط می سازد، از طریق مقایسه با مدل رگرسیون سریهای زمانی و اقتصاد سنجی توسط سوگناتی و آناند^{۶۲} در سال ۱۹۹۹ مورد تأیید قرار گرفته است. بر این اساس نیاز به زغال سنگ، نفت و الکتریسته که از مدل اصلاح شده بدست می آید، به عنوان ورودی مدل (مدل برنامه ریزی ریاضی انرژی- اقتصاد- محیط) مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

به نظر می رسد که در آینده نزدیک، منابع انرژی قابل بازیافت نقش مهمی را در تامین نیازمندی های کشورهای در حال توسعه نظیر هند به انرژی، بازی نماید. در سال ۲۰۰۳ کورمینو^{۶۳} و همکارانش با استفاده از متدولوژی برنامه ریزی خطی و براساس مدل بهینه سازی جریان انرژی توانستند یک مدل بهینه سازی سیستم انرژی از پایین به بالا را ارائه نمایند. این مدل با هدف تقویت سیاستهای برنامه ریزی و گسترش فرهنگ استفاده از منابع انرژی قابل بازیافت ارائه گردیده است. محدودیتهای زیست محیطی نیز در این مدل لحاظ گردیده است.

۶ - مدل های انرژی براساس شبکه های عصبی

استفاده از تکنولوژی های هوش مصنوعی (AI) جهت حل مسائل عملی پیچیده در بخشهای مختلف روز به روز متداول تر می گردد. سیستم هایی که براساس هوش مصنوعی عمل می نمایند روز به روز در حال توسعه و پیشرفت بوده و در سرتاسر جهان کاربردهای بیشمار پیدا می کنند. دلیل اصلی این امر مستدل بودن، منعطف بودن و قابلیت خود تشریحی اینگونه سیستمها است.

تئوری فازی^{۶۴} در بهینه‌سازی منطقی بخشهای عرضه و تقاضا مورد استفاده قرار گرفته تا بدین وسیله اهمیت نسبی و یا درجه وابستگی بین عوامل تعیین‌کننده عرضه و تقاضا مورد ارزیابی قرار گیرد. الگامی و نظامی^{۶۵} در سال ۱۹۹۵ جهت ایجاد رابطه بین مصرف انرژی الکتریکی در ایالت شرقی عربستان سعودی با داده‌های آب و هوایی و جمعیت، از یک مدل پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرده‌اند. جهت ساخت این مدل و معتبر ساختن آن، داده‌های مربوط به ۷ سال مورد استفاده قرار گرفته است.

در سال ۱۹۹۸ از این فناوری جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی مصرف ماهانه انرژی الکتریکی در بخش بومی بخشهای شرقی عربستان سعودی مورد استفاده قرار گرفت. مهندس^{۶۶} و همکارانش در سال ۱۹۹۸ پس از مشاهده مشخصات آماری متوسط سرعت ماهیانه و روزانه باد در جده عربستان، یک مدل شبکه عصبی را جهت پیش‌بینی سرعت باد طراحی نموده و سپس عملکرد آن را با مدل اتورگرسیو (خودهمبسته) مقایسه نمودند. همچنین آنالیز سریهای زمانی تصادفی به عنوان ابزار سودمندی جهت توصیف مدل اتورگرسیو مورد استفاده قرار گرفت. مدل اتورگرسیو از بازه زمانی یک ماه جهت پیش‌بینی میانگین ماهیانه و از بازه زمانی یک روز جهت پیش‌بینی میانگین روزانه سرعت باد استفاده می‌نماید.

در سال ۱۹۹۹ روش برنامه‌ریزی خطی چند منظوره فازی جهت عمل تخصیص منابع انرژی، توسط جدید^{۶۷} و همکارانش ارائه گردید. بدین منظور ۹ منبع انرژی و ۶ مصرف‌کننده نهایی در نظر گرفته شدند. همچنین تحلیل حساسیت سنجی بر روی سیستمهای انرژی صورت پذیرفت. در سال ۲۰۰۰ کالوگرو^{۶۸} از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین میزان انرژی گرمایی مصرفی در ساختمانها و پیش‌بینی مصرف انرژی در یک ساختمان خورشیدی استفاده نمود. جهت فرمول‌بندی مدل برای پیش‌بینی میزان مصرف کوتاه مدت الکتریسیته با استفاده از تکنیک شبکه عصبی صورت پذیرفت.

در سال ۲۰۰۱ سینگ و آگراوال^{۶۹} جهت تخصیص منابع انرژی برای آشپزی در خانوارهای کشور هند یک تحلیل چند منظوره را براساس منطق فازی بعمل آوردند. مهمترین هدفهای موجود در این مدل را نگرانی‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و فنی تشکیل می‌دهد.

در سال ۲۰۰۲ چیانگ هسو^{۷۰} با جمع‌آوری داده‌های تجربی، یک مدل شبکه عصبی مصنوعی را جهت پیش‌بینی زمانهای اوج مصرف در کشور تایوان، فرمول‌بندی نمودند.

۷ - مدل های کاهش انتشار^{۷۱}

ادموندز^{۷۲} یک مدل اقتصاد انرژی کلی بلند مدت را در خصوص آزاد شدن گاز CO₂ به هنگام استفاده از سوخت های فسیلی ارائه نموده است. وی دریافت که اگر روند کنونی ادامه یابد با حجم قابل توجه و وحشتناکی از آلودگی روبرو خواهیم بود. متعاقباً ادموندز موفق به ارائه سه سناریو جهت انجام پیش بینی گردید. تاثیر استفاده از انرژی های جایگزین به جای سیستم های انرژی اقتصادی در ۱۰۰ سال آینده توسط وی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. میزان کلی CO₂ در اتمسفر زمین و تغییرات درجه حرارت که از سناریوهای مختلف CO₂ حاصل می گردید.

در سال ۱۹۹۴ کامیوتو^{۷۳} موفق به ارائه یک مدل ساده چرخه جهانی کربن گردیده که جهت پیش بینی میزان آبی غلظت CO₂ در اتمسفر زمین مورد استفاده قرار می گیرد. وی بر اساس مدل‌های نظری موجود در زمینه چرخه جهانی کربن و با در نظر گرفتن تاثیرات به کارگیری کودهای حاوی CO₂ جهت استفاده در مناطق با پوشش های گیاهی، مدل خود را معرفی نموده است. وی یک مدل ساده چرخه جهانی کربن که دارای سه منبع ذخیره اصلی به نامهای اتمسفر، بیوسفر و اقیانوس می گردید را معرفی نمود. این مدل فرآیند تبادل CO₂ بین مخازن مورد اشاره را توصیف می نماید. البته کامیوتو از فرآیند تبادل CO₂ بین بیوسفر و اقیانوسها صرف نظر نمود. مدل ارائه شده به منظور بازسازی پیشینه زمانی نرخ آلودگی حاصل از قطع جنگلی و تغییرات در نحوه استفاده از زمینهای حاصلخیز در خلال ۲۰۰ سال گذشته به کار گرفته شد. همچنین به کمک این مدل نرخ انتشار CO₂ بین مخازن مورد اشاره برای سال ۱۹۸۰ برآورد گردید.

در سال ۱۹۹۶ دمیرچیان^{۷۴} یک مجموعه مدل برای چرخه جهانی کربن، جمعیت جهان و میزان CO₂ در اتمسفر ارائه کرده است. در سال ۱۹۹۸ سوندسن^{۷۵} نیز آئین نامه ای کلی در رابطه با CO₂ جهت استفاده در کشور دانمارک مدلسازی نموده است. این آئین نامه می تواند به عنوان راهنمایی جهت تعیین خط مشی سایر کشورها در زمینه انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

در سال ۲۰۰۰ اسناکین^{۷۶} جهت ارزیابی انرژی های گرم کننده هوا و انتشار گازهای گلخانه ای از یک مدل مهندسی منطقه ای برای منطقه ای در کشور فنلاند استفاده کرده است. هدف از این مدلسازی، بهبود کیفی و کمی داده های مربوط به انرژیهای گرمایی و انتشار گازهای گلخانه ای بخصوص جهت استفاده در تصمیم گیری های محلی می باشد.

برخی از نیازهای اساسی یک مدل کاهش گاز گلخانه‌ای توسط مارک^{۷۷} در سال ۲۰۰۰ مرور شده است. داهسلر^{۷۸} نیز یک مدل ارزیابی را جهت محاسبه میزان تاثیر فعالیتهای الکتریکی خاص در ایجاد انتشار گلخانه‌ای ارائه نموده اند. همچنین ابزار و مدل‌های جهت شبیه‌سازی و ارزیابی گزینه‌های مختلف در بخش‌های عرضه و تقاضای الکتریسته ایجاد گردیده است. روش برنامه‌ریزی چند منظوره در ترکیب با مدل صنعتی لئونتیف جهت ارزیابی تاثیر سیاستهای حفاظت از انرژی در کاهش انتشار CO₂ و انجام اصلاحات صنعتی در تایوان مورد استفاده قرار گرفته است. یک مدل کاهش CO₂ که از ۲ معادله هدف و ۱۳۴۰ معادله محدودیت تشکیل یافته، توسط چو و هسو^{۷۹} در سال ۲۰۰۰ ایجاد گردید تا سناریوهای آلترناتیو را شبیه‌سازی نماید.

در سال ۲۰۰۱ ماتوز^{۸۰} مدل‌های استاندارد را جهت ارزیابی انتشار کربن و انرژی سیستمهای تولیدکننده سوختهای بیولوژیکی، با تاکید بر تولید چوب از بیشه‌زارهای با دوره عمر کوتاه ارائه نموده است. تحلیل سریهای زمانی انتشار کربن و رابطه آن با مصرف انرژی و تولید ناخالص ملی در کشور کره برای سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۸، توسط آنگ و چوئی^{۸۱} مورد مطالعه قرار گرفته است.

۸ - نتیجه‌گیری

در این مقاله مدل‌های گوناگون انرژی که در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار گرفته اند، مرور گردید. دانستیم که فاکتورهای مهم در بهره‌برداری از انرژی نظیر تولید ناخالص ملی و داخلی، سود، میزان کمی انرژی، نسبت تولید ناخالص ملی به مصرف انرژی، کارایی انرژی و تولید انرژی به عنوان توابع هدف در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی لحاظ می‌گردند. همچنین مشخص گردید که فن‌آوری، راندمان، عرضه، تقاضا، به‌کارگیری منابع و در دسترس بودن آن به عنوان محدودیتهای مدل در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این مشاهده گردید که مدل‌های اقتصادسنجی و مدل‌های ماکرو آماری، انعکاس‌دهنده مشخصات کلی عرضه و مصرف انرژی بوده و روز به روز قابلیت پیش‌بینی این مدل‌ها افزوده می‌گردد. مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، از انواع مختلف آن می‌تواند بطور موثر در کلیه قالب‌های زمانی مورد استفاده قرار گیرد. مدل‌های اقتصادسنجی جزو مناسب‌ترین مدل‌ها و به عنوان پارامتر کلیدی در فرمول‌بندی توابع هدف قلمداد می‌گردند.

در این مقاله ملاحظه گردید که مدل‌های اقتصاد-انرژی می‌توانند در فهم روشهایی که در آن بر هم کنش‌های اقتصاد-انرژی صورت می‌گیرد، کمک‌شایانی نمایند. علاوه بر این، این مدل‌ها برنامه‌ریزان را در انجام پیش‌بینی و برنامه‌ریزیهای آینده‌یاری می‌رساند. به‌طور کلی این گونه

می توان نتیجه گیری نمود که استفاده از این مدلها باعث می گردد تا در تنظیم قوانین و تعیین خط مشی ها، به نحوه مطلوبی بهبودی حاصل گردد بطوریکه این خط مشی ها متناسب با موقیعت های خاص مکانی و زمانی هدف گذاری گردد.

هر اندازه بخواهیم استفاده و به کارگیری از منابع انرژی قابل بازیافت را بیشتر مورد توجه قرار دهیم، باید فاکتورهای اولیه نظیر دوره عمر سیستم، درجه اطمینان به سیستم، انتخاب سایت، سرمایه گذاری و سطح پذیرش اجتماعی را بیشتر مورد تحلیل و بررسی قرار دهیم. در پایان پیشنهاد می گردد که از شبکه های عصبی در انجام پیش بینی های مربوط به انرژی و از منطق فازی جهت تخصیص منابع انرژی کشور استفاده گردد.

پی نوشت ها

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1-integrated | 28- Rao and Parikh |
| 2- Peter | 29-Habbane |
| 3-photovoltaic | 30-Maycock |
| 4-Marchetti | 31-Soler |
| 5-Stern | 32-Omer |
| 6-Fawkes | 33-Badescu |
| 7-Rahman | 34-Meyer |
| 8-Natarjan | 35-Sen and Tan |
| 9-Capros | 36-Oliveira |
| 10-Poch و Jenkins | 37-Jain |
| 11-Bowe | 38-Haack |
| 12- Soderstron and Nilsson | 39-Panda |
| 13-Johnson | 40-Jamil |
| 14-Ramanathma and Ganesh | 41-Sfetsos |
| 15-Able and Thomas | 42-Bartholy |
| 16-Rozakis | 43-Ettoumi |
| 17-Halliwell | 44-Rajeswaran |
| 18-Labys | 45-Kandpal |
| 19-Borges and Periera | 46-Kimmings |
| 20-Blakemore | 47-Alam |
| 21-Kulshreshtha and Parikh | 48-Graham |
| 22-Co-Integrating | 49-Roos |
| 23-Commercial | 50-Baath |
| 24-Uri | 51-Gurfel |
| 25-Noel | 52-Musgrave |
| 26-Wolde and Ghiorgis | 53-Ellis |
| 27-Mackay and Hammond | 54-Das |
| 55-Sarma and Satsangi | 69-Singh and Agrawal |
| 56-Suganthi | 70-Chiang Hso |
| 57-Luhanga | 71-Emission Reduction |
| 58-Groscurth | 72-Edmonds |
| 59-Yon and Wen | 73-Kamiuto |
| 60-Raja | 74-Demirchian |

61-Jagadeesan	75-Svendsen
62-Sugnathi and Anand	76-Snakin
63-Cormio	77-Mark
64-Fuzzy	78-D'haeseleer
65-Al-Gami and Nizami	79-Chou and Hsu
66-Mohandes	80-Mathews
67-Chedid	81-Ang and Choi
68-Kalogirou	

منابع

- Able-Thomas U(1996). Models of renewable energy technology transfer to developing countries. *Renew Energy*; 9:1104-7.
- Alam MS, Islam KK, Huq AMZ(1999). Simulation of rural household fuel consumption in Bangladesh. *Energy*; 24:743-52.
- Alawaji SH(1996). Wind energy resource assessment in Saudi Arabia—I. Network design and description. *Renew Energy*; 7:319-28.
- Al-Garni AZ, Zubair SM, Nizami JS(1994). A regression model for electric-energy consumption forecasting in Eastern Saudi Arabia. *Energy*; 1043-9.
- Ang BW, Ng TT(1992). The use of growth curves in energy studies. *Energy*;17:25-36.
- Bala BK, Khan MdFR(2003). Modelling of energy and environment. *Energy technologies for sustainable development*. Uttar Pradesh, India: Prime Publishing House; p. 571-76.
- Bartholy J, Radics K, Bohoczky F(2003). Present state of wind energy utilization in Hungary: policy, wind climate, and modeling studies. *Renew Sustain Energy*; 7:175-86.
- Blakemore FB, Davies C, Isaac JG. UK energy market: an analysis of energy demands. Part I. A disaggregated sectorial approach. *Applied Energy* 1994; 261:277.
- Borges AM, Pereira AM(1992). Energy demand in Portuguese manufacturing: a two-stage model. *Energy*; 17:61-77.
- Bowe TR, Dapkus WD, Patton JB(1990). Markov models. *Energy*;15:661-76.
- Boyd G, Fox J, Hanson D(1990). Set of models. *Energy*; 15:345-62.
- Capros P, Karadeloglou P, Mentzas G, Samouilidis JE(1990). Short and medium-term modelling and problems of models linkage. *Energy*; 15:301-24.
- Capros P, Karadeloglou P, Mentzas G, Samouilidis JE(1990). Short and medium-term modeling and problems of models linkage. *Energy*; 15:301-24.
- Chedid R, Mezher T, Jarrouche C(1999). A fuzzy programming approach to energy resource allocation. *Int J Energy*; 23:303-17.
- Choi K-H, Ang BW(2001). A time-series analysis of energy-related carbon emissions in Korea. *Energy Policy*; 29:1155-61.
- Chow LC-h(2001). A study of sectoral energy consumption in Hong Kong (1984-97) with special emphasis on the household sector. *Energy Policy*;29:1099-110.
- Cormio C, Dicorato M, Minoia A, Trovato M(2003). A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints. *Renew Sustain Energy*; 7:99-130.
- De Musgrove AR(1984). A linear programming analysis of liquid-fuel production and use options for Australia. *Energy*; 9:281-302.
- Demirchian KS, Demirchian KK(1996). A simple model of carbon cycle for upgrading global fossil fuels consumption and carbon emission forecasts validity. *Energy Converse Manage*; 37:1265-70.
- Edmonds J, Reilly J(1983). A long-term global energy-economic model of carbon dioxide release from fossil use. *Energy Econ*; 74-88.

- Ellis JH, McBean EA, Farquhar GJ(1985). Deterministic linear programming model for acid rain abatement. *J Environ Eng*; 111:119–39.
- Fawkes S(1987). Soft-systems model of energy management and checklists for energy managers. *Applied Energy*; 27:229–41.
- Gustafsson S-I(1993). Mathematical modeling of district-heating and electricity loads. *Applied Energy*; 46: 149–59.
- Halliwel C, Sherif F(1985). The EMR energy demand and price modeling system. *IMACS*; 227–32.
- Hammond GP, Mackay RM(1993). Projection of UK oil and gas supply and demand to 2010. *Applied Energy*; 44:93–112.
- Hektor B(2000). Planning models for bio-energy: some general observations and comments. *Biomass Bioenergy*; 18:279–82.
- Hsu GJY, Leung PS, Ching CTK(1987). A multiobjective programming and interindustry model for energy economic planning in Taiwan. *Energy System Policy*; 11:185–204.
- Iniyani S, Suganthi L, Jagadeesan TR(1998). Renewable energy planning for India in 21st century. *Renew Energy*; 14:453–7.
- Iniyani S, Sumathy K, Suganthi L, Samuel AA(2000). Sensitivity analysis of optimal renewable energy mathematical model on demand variations. *Energy Convers Manage*; 41:199–211.
- Iniyani S, Sumathy K. An optimal renewable energy model for various end-uses. *Energy* 2000; 25:563–75.
- Islam SMN(1997). Sustainable economic developments in the Australian energy sector: findings of the Australian energy planning system optimization model (AEP-SOM). *Renew Sustain Energy Rev*; 1:229–38.
- Jai Persaud A, Kumar U(2001). An eclectic approach in energy forecasting: a case of natural resources Canada's (NRCan's) oil and gas outlook. *Energy Policy*; 29:303–13.
- Jain PK, Lungu EM, Prakash J(2003). Bivariate models: relationships between solar irradiation and either sunshine duration or extremum temperatures. *Renew Energy*; 28:1121–223.
- Jain PK, Lungu EM(2002). Stochastic models for sunshine duration and solar irradiation. *Renew Energy*; 27: 197–209.
- Kalogirou SA, Bojic M(2000). Artificial neural networks for the prediction of the energy consumption of a passive solar building. *Energy*; 25:479–91.
- Kalogirou SA(2000). Applications of artificial neural networks for energy systems. *Appl Energy*; 67:17–35.
- Kamiuto K(1994). A simple global carbon-cycle model. *Energy* 1994; 19:825–9.
- Kamiuto K(1994). Forecasts of future atmospheric CO₂ concentrations for a simple global carbon-cycle model. *Energy*; 19:1099–101.
- Kandpal TC, Joshi B, Sinha CS(1991). Economics of family sized biogas plants in India. *Energy Converse Manage* ;32: 101–13.
- Kimmins JP(1997). Predicting sustainability of forest bio-energy production in the face of changing paradigms. *Biomass Bioenergy*; 13: 201–12.
- Kulshreshtha M, Parikh JK(2000). Modelling demand for coal in India: vector autoregressive models with cointegrated variables. *Energy*; 25: 149–68.
- Kumar A, Bhattacharya SC, Pham HL(2003). Greenhouse gas mitigation potential of biomass energy technologies in Vietnam using the long range energy alternative planning system model. *Energy*; 28: 627–54.
- Labys WC, Asano H(1990). Process models. *Energy*;15: 237–48.
- Labys WC, Kuczowski T, Infanger G(1990). Special programming models. *Energy*;15: 607–17.

- Labys WC, Weyant JP(1990). Integrated models. *Energy*; 15:341–4.
- Labys WC(1990). Econometric supply models. *Energy*; 15: 545–7.
- Mackay RM, Probert SD(2001). Forecasting the United Kingdom's supplies and demands for fluid fossil-fuels. *Appl Energy*; 69: 161–89.
- Mackay RM, Probert SD(1994). Modified logit-function demand model for predicting natural crude-oil and natural-gas consumptions. *Applied Energy*; 49: 75–90.
- Mackay RM, Probert SD(1993). Predicted supplies of oil: a controversy revisited. *Applied Energy*; 46: 113–47.
- Marchetti C(1977). Primary energy substitution models: on the interaction between energy and society. *Techno Forecast Social Change*;10: 345–56.
- Matthews RW(2001). Modeling of energy and carbon budgets of wood fuel coppice systems. *Biomass Bio-energy*;21:1–19.
- Maycock PD(1994). International photovoltaic markets, developments and trends forecast to 2010. *Renew Energy*;5: 154–61.
- Meyer EL, Van Dyk EE(2000). Development of energy model based on total daily irradiation and maximum ambient temperature. *Renew Energy*; 21:37–47.
- Mohandes MA, Rehman S, Halawani TO(1998). A neural networks approach for wind speed prediction. *Renew Energy* ;13: 345–54.
- Mohanty B, Panda H(1993). Integrated energy system for industrial complexes: part I: a linear programming approach. *Appl Energy*;46: 317–48.
- Natarajan R(1990). Some essential considerations in energy policy and planning for the future. *Urja 1990*; 27/1: 39–50.
- Oliveira AP, Escobedo JF, Machado AJ, Soares J(2002). Correlation models of diffuse solar-radiation applied to the city of Sao Paulo, Brazil. *Applied Energy*;71:59–73.
- Omer AM(1997). Compilation and evaluation of solar and wind energy resources in Sudan. *Renew Energy*; 12:39–69.
- Parishwad GV, Bhardwaj RK, Nema VK(1997). Estimation of hourly solar radiation for India. *Renew Energy*;12: 303–13.
- Poch LA, Jenkins RT(1990).Dynamic programming models. *Energy*;15: 573–81.
- Rahman SH(1988). Aggregate energy demand projections for India: an econometric approach. *Pacific Asian J Energy*;2: 32–46.
- Raja R, Sooriamoorthi CE, Kanniappan P, Ramachandran T(1997). Energy planning and optimization model for rural development—a case of sustainable agriculture. *Int. J Energy Resources*.; 21: 527–48.
- Ramanathan R, Ganesh LS(1995). Energy alternatives for lighting in households: an evaluation using an integrated goal programming-AHP model. *Energy*;20: 63–72.
- Rao RD, Parikh JK(1996). Forecast and analysis of demand for petroleum products in India. *Energy Policy*; 24:583–92.
- Rehman S(1999). Empirical model development and comparison with existing correlations. *Applied Energy*; 64:369–78.
- Reilly J, Edmonds J(1985). Global energy and carbon-di-oxide. *IMACS*; 245–50.
- Rozakis S, Sourie J, Vanderpooten D(2001). Integrated micro-economic modeling and multi-criteria methodology to support public decision-making: the case of liquid bio-fuels in France. *Biomass Bio-energy*; 20: 385–98.
- Satsangi PS, Sarma EAS(1988). Integrated energy planning model for India with particular reference to renewable energy prospects. *Solar Energy Society of India, energy options for the 90's*. New Delhi: Tata McGraw Hill; p. 596–620.
- Sen Z, Tan E(2001). Simple models of solar radiation data for northwestern part of Turkey. *Energy Converse Management*;42: 587–98.

- Sfetsos A(2002). A novel approaches for the forecasting of mean hourly wind speed time series. *Renew Energy*; 27:163–74.
- Sfetsos A(2000). A comparison of various forecasting techniques applied to mean hourly wind speed time series. *Renew Energy*; 21: 23–35.
- Singh S, Singh IP, Singh S, Pannu CJS(1996). Energy planning of a Punjab village using multiple objectives compromise programming. *Energy Convers Manage*; 37: 329–42.
- Snakin JPA(2000). An engineering model for heating energy and emission assessment: the case of North Karelia, Finland. *Applied Energy*;67: 353–81.
- Sorensen B, Meibom P(1999). GIS tools for renewable energy modeling. *Renew Energy*; 16: 1262–7.
- Stern MO(1977). A policy-impact model for the supply of depletable resources with applications to crude oil. *Energy*; 2: 257–72.
- Suganthi L, Williams A(2000). Renewable energy in India—a modeling study for 2020–2021. *Energy Policy*; 28: 1095–109.
- Uri ND, Flanagan SP(1979). Short-term forecasting of crude petroleum and natural gas production. *Applied Energy*; 5: 297–310.
- Uri ND, Hassanein SA(1985). Modelling the high frequency demand for energy. *Appl Energy*; 19: 49–59.
- Uri ND(1978). Forecasting peak system load using a combined time series and econometric model. *Applied Energy*; 4: 219–27.
- Uri ND(1980). Models for estimating undiscovered oil resources. *Applied Energy*; 6: 257–64.
- Wong LT, Chow WK(2001). Solar radiation model. *Applied Energy*;69: 191–224.
- Wu R-H, Chen C-Y(1990). On the application of input–output analysis of energy issues. *Energy Econ*; Jan: 71–6.
- Yamamoto H, Yamaji K, Fujino J(2000). Scenario analysis of bio-energy resources and CO2 emissions with a global land use and energy model. *Applied Energy*; 66: 325–37.