فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال نوزدهم / شماره ۸۰/ بهار ۱۴۰۳ / صفحات ۸۹-۶۳

سناریوهای کمی مصرف انرژی الکتریکی در افق ۱۴۱۰: مطالعه موردی اصفهان

رضا نیکو[۱]

کارشناس ارشد مهندسی صنایع، اصفهان، ایران. nik1375@yahoo.com

علی ذاکری

استادیار گروه مهندسی صنایع و آینده‌پژوهی، دانشکده فنی و مهندسی ، دانشگاه اصفهان، ایران
a.zackery@ast.ui.ac.ir

علیرضا گلی

استادیار گروه مهندسی صنایع و آینده‌پژوهی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، ایران
Alireza.g88@ gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

چکیده

باتوجه به رشد روزافزون جمعیت جهان و نیازهای روبه افزایش انرژی، آینده انرژی الکتریکی به‌عنوان راهکاری پایدار و قابل‌اعتماد برای تأمین انرژی به نظر می‌رسد. با امکاناتی که فناوری‌های جدید و نوآوری‌ها در این حوزه ارائه می‌دهند، برنامه‌ریزان و محققان می‌توانند به طراحی و اجرای سیستم‌های هوشمند و پایدار انرژی الکتریکی کمک کنند. در این مقاله، ابتدا به بررسی روندهای آینده در حوزه انرژی الکتریکی پرداخته می‌شود. این روندها شامل شناخت رفتار مصرف انرژی الکتریکی و متغیرهای مؤثر بر آن است. در همین راستا در پژوهش حاضر، ابتدا با استفاده از داده‌های تجمیعی و تفکیکی مصرف برق اصفهان در سه بخش خانگی، صنعتی و کشاورزی، سناریوی پایه مصرف انرژی اصفهان در افق ۱۴۱۰ با کمک روش سری‌های زمانی استخراج شد. در گام دوم فهرستی از رخدادهای روند گریز و احتمال وقوعشان از طریق بررسی ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان تشکیل شد. در گام آخر سناریوی پیش‌بینی پایه به کمک روش روندهای اصلاح‌شدهٔ احتمالی به سه سناریو تبدیل و برای هر کدام از سناریوها، روایتی نوشته شد. سناریوها با کم‌کردن فاصلهٔ ذهنی مدیران با آینده و ایجاد بستری برای گفتگوهای راهبردی می‌توانند نقش مؤثری در اتخاذ تصمیم‌های راهبردی ایفا کنند. در نتیجه، درک روندها، چالش‌ها و فرصت‌های آینده در حوزه انرژی الکتریکی از اهمیت بالایی برخوردار است. باتوجه‌به این موضوع، این مقاله به‌عنوان یک آشنایی اولیه با موضوع و به‌عنوان یک‌پایه برای تحقیقات بیشتر در این حوزه می‌تواند مفید باشد.

طبقه‌بندی JEL: Z10, O10, Z13, C10.

کلیدواژه: پیش‌بینی مصرف برق؛ رخدادهای روندگریز؛ انرژی الکتریکی؛ سناریوهای کمی؛ روندهای اصلاح‌شدهٔ احتمالی

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

۱- مقدمه

بشر در آینده نه‌چندان دور علاوه بر مشکل آلودگی محیط‌زیست ناشی از مصرف منابع فسیلی با اتمام سریع این منابع مواجه است (مشهدی زاده و همکاران، ۱۳۹۶). رشد اقتصادی کشورها منوط به مدیریت صحیح منابع انرژی است. بااین‌حال، افزایش تقاضای انرژی در سراسر جهان، وابستگی به سوخت‌های فسیلی با ذخایر محدود و گرمایش جهانی، دولت‌ها را برای تأمین انرژی پایدار با چالش جدی مواجه نموده است. اهداف مرتبط با انرژی پایدار، با اثرات منفی بر پایداری اقتصادی همراه است (اوزدمیر، ۲۰۲۱). انرژی الکتریکی یکی از اشکال اصلی انرژی است که در زندگی امروزه نقش غیرقابل انکاری ایفا می‌نماید و میزان تقاضای آن بر اساس کیفیت زندگی، کارایی و رقابت‌پذیری در جامعه جهانی به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه روبه افزایش و رشد است (کاوادیراوغلو ۲۰۱۱[۲]) از آنجاکه رشد مصارف نهایی مختلف برق به طور نابرابری توزیع شده است، نه‌تنها به حجم کل بستگی دارد، بلکه تغییر تقاضا می‌تواند پیامدهای طراحی سیستم‌های انرژی آینده را تغییر دهد (باومن[۳]، ۲۰۱۳).

یکی از پیش‌نیازهای ضروری برای مطالعه و مدیریت یک سیستم انرژی، پیش‌بینی دقیق تقاضاست که نه‌تنها برای سرمایه‌گذاری کارا در زمینه گسترش ظرفیت موردنیاز است، بلکه نقش مؤثری در نظارت بر مسائل زیست‌محیطی و همچنین تعرفه‌گذاری و طرح‌های مطالعاتی دارد (آکای و آتاک[۴]، ۲۰۰۷). یکی از رویکردهایی که در کنار روش‌های کمی پیش‌بینی مصرف برق می‌تواند میزان آمادگی برای مصرف آتی انرژی را افزایش دهد، رویکردهای مبتنی بر آینده‌نگاری انرژی است. آینده‌نگاری تلاش می‌کند تا باتوجه‌به محیط واکنشی و پویا و پیامدهای بالقوه پدیده‌های نوظهور، برای طیفی از آینده‌های ممکن، سناریوسازی نماید. آینده‌نگاری پس از نتایج موفقیت‌آمیز برای واقعه افزایش چشمگیر قیمت نفت قبل از بحران نفتی ۱۹۷۳، وارد ادبیات حوزهٔ راهبرد شد (ایوانس[۵]، ۲۰۱۴) و (آیوگر[۶]۲۰، ۱۷). آینده‌نگاری را می‌توان به صورتی

1. Ozdemir
2. Kavaklioglu
3. Boßmann
4. Akay and Atak
5. Evans
6. Auger

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

تلفیق روش‌های کیفی و کمی انجام داد. این رویکرد به بسیاری از اهداف اساسی، مانند نشان‌دادن امکان‌سنجی فنی و اقتصادی و تشریح الزامات برای تحققِ سناریوها کمک می‌کند (ویکرز[1]، ۲۰۱۷)، (پاپا دیس[2]، ۲۰۲۰). آینده‌نگاری یک رویکرد برنامه‌ریزی جدید برای سیستم‌های انرژی که به‌سرعت در حال تکامل هستند و به تغییرات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فنی وابسته‌اند می‌تواند رویکرد مناسبی باشد. آینده‌نگاری همچنین ممکن است آینده‌های قابل‌تصور دیگری را با احتمالات نامشخص مورد بررسی قرار دهد (گیلمور[3]، ۲۰۲۲). آینده‌نگاری ممکن است دامنه وسیع‌تری را ارائه دهد؛ زیرا مطالعات مدل‌های عددی سناریوهای پیش‌بینی‌شده ایجاد نمی‌کنند. در عوض، آینده‌نگاری به شکلی قابل دسترس و جذاب، مانند ارائه گرافیکی یا روایت توصیفی، نمایش داده می‌شوند. این قالب عمداً جذاب و در دسترس است و به‌عنوان یک بستر مشترک برای ذینفعان مختلف برای بحث در مورد نتایج بالقوه عمل می‌کند. هنگام آماده شدن برای آینده، مغز از این تصورات آینده مانند خاطرات واقعی استفاده می‌کند که به ذینفعان اجازه می‌دهد تا تصویری از آینده‌های بدیل که ممکن است شباهتی با زمان حال نداشته باشند در ذهن خود بسازند (ساندندورف[4]، ۲۰۰۷). روش‌های کمی پیش‌بینی مصرف برق از محدودیت‌هایی رنج می‌برند؛ چراکه این روش‌ها قادر به درنظرگرفتن نوآیندها و شگفتی‌سازها نیستند و نمی‌توانند تضمینی برای سازگاری با تغییرات برای مصرف در زمان‌های مختلف بدون به خطر انداختن مصرف نهایی برق ارائه کنند (بارسلو[5]، ۲۰۲۲).

هدف این مطالعه آینده‌نگاری، ترکیب روش‌های کمی پیش‌بینی مصرف برق شهر اصفهان با رویکردهای آینده‌نگاری به منظور ایجاد تصویری کل‌گرایانه و دقیق‌تر از سناریوهای آینده مصرف در افق ۱۴۱۰ می‌باشد. به این منظور روش‌های مبتنی بر سری‌های زمانی با روش «تحلیل تأثیر روند»[6] تلفیق شده‌اند. نتایج پژوهش نشان

1. Vickers
2. Papadis
3. Gilmore
4. Suddendorf
5. Barceló
6. Trend Impact Analysis

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

می‌دهد که «تثلیث روشی[1]» نتایج قابل اعتمادتری را در اختیار برنامه‌ریزان و خط‌مشی گزاران حوزه انرژی قرار می‌دهد.

۲- مرور ادبیات گذشته

در مطالعات انجام شده در موضوع آینده‌نگاری انرژی الکتریکی به مباحث مختلفی پرداخته شده است. کاستیلو[2] و همکاران، ۲۰۲۲ موضوع آینده تقاضا انرژی برق جهانی را مورد پژوهش قرار دادند. آنها با ارائه مدلی ریاضی برای تخمین مصرف در نواحی مختلف جهان میزان مصرف را برآورد و با داده‌های واقعی مقایسه کردند و درنهایت براساس مدل به‌دست‌آمده میزان مصرف برق را برای آینده پیش‌بینی کردند. در پژوهش مشابهی، کایو[3] و همکاران، ۲۰۱۶ موضوع تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای تولید و مصرف برق در چین، منطقه یورو، اتحادیه اروپا و ایالات متحده را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله تحلیل‌های روند مختلفی انجام شده که با پیشرفت‌های تولید و مصرف برق مرتبط هستند. تحلیل روند این مقاله نشان می‌دهد که ساختارهای تولید برق و ترکیب سبد انرژی در حال تغییر هستند به‌نحوی‌که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق در حال افزایش و نقش تولید برق مبتنی بر نفت در حال کاهش است.

علاوه بر پژوهش‌هایی که سعی بر شناسایی روندهای مصرف و پیش‌بینی میزان مصرف در افق‌های مختلف و مناطق جغرافیایی گوناگون دارند، گروهی از مطالعات به بررسی عوامل مؤثر بر میزان مصرف پرداخته‌اند. در یکی از جدیدترین پژوهش‌هایی از این جنس، کرارتی[4]، ۲۰۲۱ موضوع تأثیر همه‌گیری بیماری کرونا بر میزان تقاضای برق در کشور امریکا را مورد بررسی قرار داده است. در این پژوهش، هدف اصلی بررسی تحلیل، شناسایی تأثیر الگوهای زندگی در خانه بر مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی و تقاضای برق قبل و بعد از قرنطینه‌های کووید ۱۹ را بوده است. در پژوهشی دیگر، اندره[5]، ۲۰۱۵ روند استفاده جهانی از برق در فناوری ارتباطات تا سال ۲۰۳۰ را مطالعه نمود. در مطالعه وی سه سناریو برای استفاده و تولید دستگاه‌های مصرف‌کننده،

1. Method triangulation
2. Castillo
3. Kaivo-oja
4. Krarti
5. Andrae

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

شبکه‌های ارتباطی و مراکز داده بررسی شده است. سه سناریوی مختلف شامل بهترین، بدترین و محتمل‌ترین سناریوها هستند. در یک پژوهش آینده‌نگاری انرژی دیگر، وایت[1] و همکاران، ۲۰۱۷ موضوع روند جهانی تقاضای برق شهری برای سرمایش و گرمایش را بررسی کردند. این مطالعه یک ارزیابی پایه از تقاضای برق شهری برای سرمایش و گرمایش در ۳۵ شهر جهانی ارائه می‌دهد. در این مطالعه تقاضای برق برای آسایش حرارتی، با استفاده از تقاضای تجربی برق و داده‌های هواشناسی برآورد گردیده است.

بخش دیگری از ادبیات این حوزه به آینده‌نگاری نقش انرژی‌های تجدیدپذیر، مسائل محیط زیستی و «نوآیندهای حوزه انرژی» اختصاص دارد. به‌عنوان نمونه اول، باومن[2] و همکاران، ۲۰۱۶ مطالعه‌ای در کشور آلمان انجام دادند که در آن با رویکرد آینده‌نگری ذخیره‌سازی انرژی در سیستم‌های الکتریکی به بررسی سناریوها و امکان‌سنجی سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی تا سال ۲۰۵۰ پرداختند. بررسی‌ها نشان داد که در مقیاس زمانی از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰، امکان ذخیره‌سازی بالقوه بالایی وجود دارد. گیلمور[3] و همکاران، ۲۰۲۲ موضوع آینده‌نگاری انرژی پاک در کشور استرالیا را مورد پژوهش قرار دادند. آنها سه سناریوی احتمالی برای تولید انرژی پاک ارائه کردند: سناریوی اول شامل تولید برق با انرژی خورشیدی، باد، ذخیره‌سازی باتری و پمپ‌های هیدرولیکی است. سناریوی دوم تولید سوخت قدرتمند شامل تولید هیدروژن، سوخت‌های بیوزیستی و برق مستقیم را شامل می‌شود و در نهایت سناریوی سوم، تولید برق با انرژی هسته‌ای و مدیریت کاهش کربن را ترسیم می‌کند. مقاله در ادامه، مزایای هرکدام از این سناریوها را با توجه ظرفیت‌های کشور استرالیا بررسی می‌نماید. در پژوهشی مشابه، پروسکوریاکوا[4]، ۲۰۱۹ موضوع آینده بخش انرژی‌های تجدیدپذیر روسیه را مطالعه نموده است؛ این پژوهش سه حوزه تبدیل انرژی خورشیدی به برق، تبدیل انرژی باد به برق و تبدیل زیست توده به انرژی حرارتی و الکتریسیته را مورد بررسی قرار داده است. هدف از این مطالعه، پیش‌بینی و توافق بر سر آینده‌ای رویایی برای بخش نوپای انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور روسیه و فراهم کردن زمینه‌های موجه علمی برای تصمیم‌گیران دولت و شرکت‌ها بوده است.

1. Waite
2. Baumann
3. Gilmore
4. Proskuryakova

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

بخش دیگری از ادبیات از روش‌های مبتنی بر آینده‌نگاری برای اتخاذ تصمیم‌ها و راهبردها استفاده کرده است. به‌عنوان نمونه، لیسین[1] و همکاران، ۲۰۱۴ پژوهشی تحت عنوان «تحلیل سناریوی نوسازی ساختاری و فناوری صنعت برق در چارچوب بازارهای رقابتی برق» انجام دادند. این پژوهش وضعیت فعلی و روندهای توسعه در صنعت برق را در بازار رقابتی برق تحلیل می‌کند و محتمل‌ترین سناریوی نوسازی ساختاری و تکنولوژیکی صنعت برق و تجدید ساختار بازار انرژی به‌عنوان استراتژی پیشنهادی موردبحث قرار گرفته است. پریرا[2] و همکاران، ۲۰۱۸ موضوع تحلیل آینده‌نگاری انطباق سیاست برای صنعت توزیع برق اتحادیه اروپا به‌منظور هوشمندسازی و پایدارسازی سیستم توزیع برق مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌عنوان یک چشم‌انداز و هدف کلان راهبردی، اتحادیه اروپا به دنبال ایجاد شبکه برق هوشمندتر و پایدارتر و سازگاری با تغییرات اقلیمی و تحولات فناورانه است. تحقق این چشم‌انداز نیازمند طراحی مجدد بازار برق، با توجه به رشد تولید پراکنده و افزایش قابلیت‌های کنترل و نظارت است. این مطالعه آینده‌نگاری در مورد نوآوری مدل کسب‌وکار، انطباق فناوری، و جایگزین‌های سیاست طراحی بازار و تحقق چشم‌انداز اتحادیه اروپا پیشنهاداتی ارائه می‌دهد.

در ایران نیز پژوهش‌هایی در زمینه پیش‌بینی و آینده‌نگاری مصرف برق انجام شده است. در استفاده از مدل‌های کلاسیک سلیمی فر و همکاران، ۱۳۹۶ به‌پیش بینی تقاضای برق در بخش صنعت با استفاده از روش خود توزیع با وقفه‌های توزیعی (ARDL[3]) پرداختند. در این روش یک مدل شامل سایر متغیرها مانند حامل‌های جایگزین برق و سایر عوامل تولیدی بررسی شده است. نتایج نشان داده که ارزش‌افزوده ناشی از بخش صنعت تأثیر مثبت بر تقاضا دارد. همچنین میان متغیرها در بلندمدت رابطه تعادلی برقرار است. افزایش قیمت برق بر مصرف آن تأثیری ندارد؛ بلکه افزایش سایر حامل‌های جایگزین باعث افزایش مصرف می‌شود. با توجه به ارزان بودن و یارانه‌ای بودن قیمت برق این عامل بر افزایش مصرف آن تأثیری ندارد. قاسمی و قبادیان، ۱۳۹۴ در موضوع ترسیم آینده برق ایران با استفاده از روش نقشه شناختی و رتبه‌بندی و تحلیل سناریو پژوهشی انجام داده‌اند. در این پژوهش ۲۰ متغیر و تأثیر آن‌ها بررسی و ۴

1. Lisin
2. Pereira
3. Autoregressive Distributed Lag

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

سناریوی طراحی شده و رتبه‌بندی آن‌ها با استفاده از روش تاپسیس انجام شده است. گودرزی و عادلی، ۱۴۰۱ موضوع تأثیر تغییر در تعرفه برق بر مصرف برق مشترکین را بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این بود که با واردشدن شوک قیمتی میزان مصرف برق در بخش خانگی نسبت به بخش صنعتی کاهش بیشتری داشته است. علاوه بر این شوک قیمتی منجر به افزایش سرمایه‌گذاری، تولید ناخالص داخلی و مصرف در سطح اقتصاد کلان شده است. حاتمی و همکاران، ۱۳۹۲ در موضوع بهبود کارایی پیش‌بینی تقاضای برق با استفاده از طراحی آزمایش‌های تاگوچی را مورد پژوهش قرار دادند. در این تحقیق، روش تاگوچی برای بررسی عوامل قابل‌کنترل مدل پیش‌بینی به کـار برده است نتایج نشان داده که مدل پیشنهادی سبب بهبود کیفیت پیش‌بینی و کاهش هزینه‌های آن می‌شود.

۳- روش تحقیق

۳-۱- کلیات روش

روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش شامل تلفیق دو روش کمی (سری‌های زمانی- نمایی) و روشی مبتنی بر روش‌های آینده‌نگاری (تحلیل تأثیر روند[1]) است.

۳-۲- روش کمی (سری‌های زمانی با روش نمایی[2])

روش نمایی یکی از روش‌های پیش‌بینی سری زمانی است که می‌تواند برای پیش‌بینی متغیرهایی که دارای روند مشخصی هستند، (مانند مصرف برق)، مؤثر باشد. این روش، یک روش ساده و پرکاربرد برای پیش‌بینی سری‌های زمانی است که برای پیش‌بینی مقادیر آینده، با توجه به مقادیر گذشته استفاده می‌کند. در روش نمایی، به هر مقدار یک وزن داده می‌شود و برای پیش‌بینی مقادیر آینده، مقادیر قبلی با وزن‌دهی کم‌تر و کم‌کم فراموش می‌شوند. به‌این‌ترتیب، مقدار پیش‌بینی برای هر دوره، به‌دقت میزان روند مشخص شده در داده‌های گذشته را نمایش می‌دهد. همچنین، در این روش از پارامترهایی مانند ضریب نسبی و یا ضریب تنظیم (α) استفاده می‌شود که به کاربر این

1. Trend Impact Analysis
2. Exponential smoothing

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

امکان را می‌دهد تا دقت پیش‌بینی را تنظیم کنند (گاردنر[1]، ۲۰۰۶). هر چه (α) بزرگ‌تر باشد، اهمیت و نقش داده‌های اخیر در تعیین و پیش‌بینی مقدارهای آینده بیشتر شده و اثر داده‌های گذشته کم‌رنگ‌تر می‌شود. این فاکتور مقداری در بازه (۰ و ۱) دارد که فرمول آن به‌صورت زیر است:

$$S_t=\alpha x_t +(1-\alpha)\ S_{t-1}$$

۳-۳- روش آینده‌نگاری (تحلیل تأثیر روند احتمالی)

تکنیک آینده‌نگاری استفاده شده برای بهبود پیش‌بینی‌های سری زمانی، تکنیک روندهای اصلاح شده احتمالی[2] است. این تکنیک شامل تحلیل تأثیر دو عامل بر یکدیگر و تحلیل تأثیر روند است. ایده اصلی توسعه این تکنیک رفع اشکال روش‌های متداول پیش‌بینی کمی به کمک سری‌های زمانی است؛ روش‌های سنتی پیش‌بینی با استفاده از سری‌های زمانی مبتنی بر داده‌های گذشته است؛ لذا این تکنیک‌ها تأثیر رخدادها و مسائل نوظهور را نادیده می‌گیرند. در این تکنیک به کمک خبرگان فهرستی از رخدادهایی که می‌توانند مسیر روندها را تغییر دهند به همراه احتمال وقوع آن‌ها در بازه‌های مختلف تهیه می‌شود (گلین[3]، ۲۰۰۹) و (آگامی[4]، ۲۰۰۸). سپس تأثیر این رخدادها و احتمال وقوع آن‌ها با پیش‌بینی رخدادشان در افق‌های زمانی مختلف با پیش‌بینی‌های سری زمانی تلفیق می‌شود و به‌جای یک پیش‌بینی، سه سناریو مختلف تشکیل می‌شود. جدول شماره ۱ نمونه‌ای است که از طریق مصاحبه با خبرگان بین‌رشته‌ای پر خواهد شد.

جدول ۱. فهرست رویدادهای احتمالی و احتمال وقوعشان

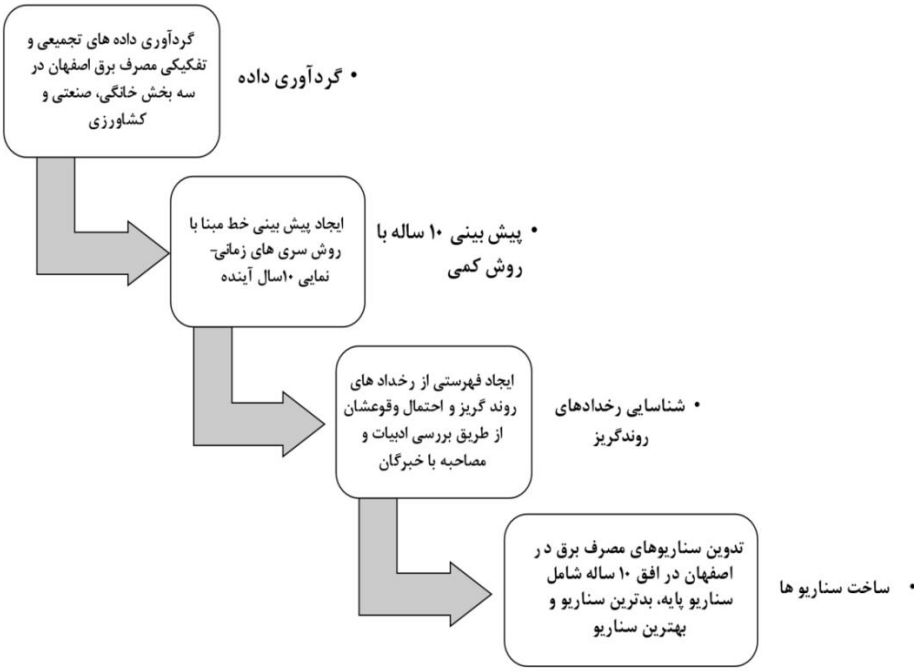
رویداد	احتمال اتفاق‌افتادن در طی ۱۰ سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
A	-	-	-
B	-	-	-
C	-	-	-

1. Gardner
2. Probabilistic modified trends
3. Glenn
4. Agami

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

۳-۴- گردآوری داده‌ها

در راستای انجام این طرح، از داده‌های سازمان توزیع برق استان اصفهان که شامل دوره ۱۰ساله از ابتدای فروردین ماه ۱۳۹۱ تا پایان اسفندماه ۱۴۰۰ به‌صورت تجمیعی سالیانه از سه بخش صنعتی، خانگی و کشاورزی استفاده شده است. در این پژوهش ابتدا باتوجه‌به داده‌های موجود از گذشته با استفاده از روش کمی موردنظر پیش‌بینی پایه‌ای صورت پذیرفته و خط مبنای تحلیل مشخص می‌شود.



شکل ۱. گام‌های انجام پژوهش

در ادامه باتوجه‌به مرور ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان ۹ عاملی که می‌تواند روند مصرف برق را تحت‌تأثیر قرار دهد مشخص شده و تأثیر آن باتوجه‌به سناریوهای انتخابی مورد تحلیل قرار گرفته است. خبرگان بین‌رشته‌ای شامل، ۲ نفر متخصص در حوزۀ انرژی برق، یک نفر متخصص در حوزۀ فناوری‌های نوظهور، ۲ آینده‌پژوه و یک اقتصاددان بودند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

۳-۵- به‌دست‌آوردن پیش‌بینی مبنا

داده‌ها در سه بخش خانگی، صنعتی و کشاورزی به‌صورت ماهیانه در سال‌های مختلف جمع‌آوری گردید. سپس به‌صورت تجمیع کلی هر سه بخش با یکدیگر مقادیر سالیانه به‌دست آمده است. پس از آن با روش هموارسازی نمایی که توضیح آن در بخش قبلی آمده است با ضریب اطمینان ۹۵ درصد پیش‌بینی پایه ۱۰ساله به‌دست‌آمده است.

۴- یافته‌های پژوهش

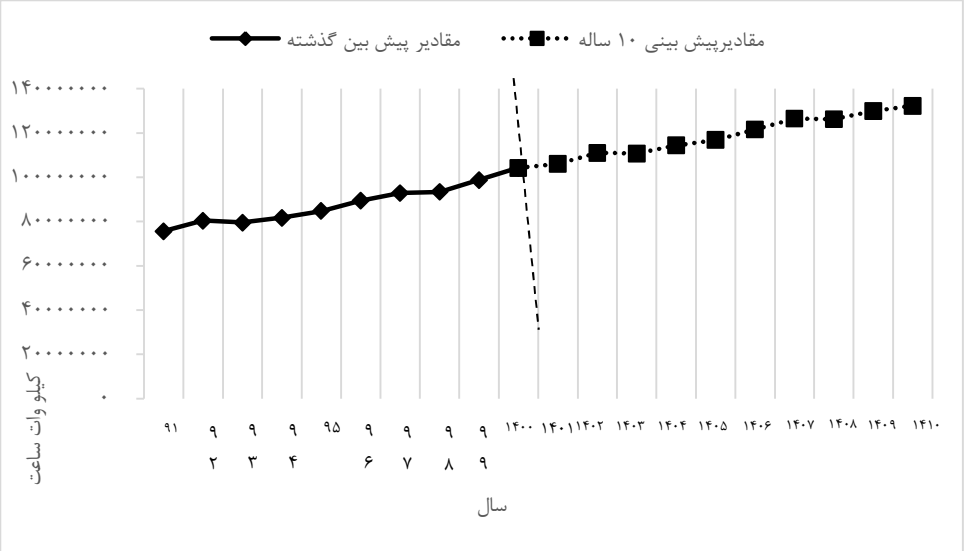
۴-۱- پیش‌بینی مبنا

همان‌طور که در نمودار ۱ مشخص است روند نمودار مصرف برق طی ۱۰ساله گذشته در سه بخش خانگی، صنعتی و کشاورزی به‌دست‌آمده است.

نمودار ۱. نمودار ۱۰ساله در بخش‌های مختلف

باتوجه به نمودار ۲پیش‌بینی پایه و به‌صورت تجمیعی در سه بخش خانگی، صنعتی و کشاورزی انجام شده و خط مبنای پیش‌بینی در دوره ۱۰ساله به‌دست‌آمده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]



نمودار۲. نمودار پایه پیش‌بینی ۱۰ساله

۴-۲- رویدادهای خاص

در این قسمت ۹رویداد بررسی شده و تأثیر آنها بر مصرف برق و احتمال اتفاق‌افتادن آن‌ها در جدول ۲ گردآوری شده است. در ادامه دو سناریو از تأثیر رویدادها بر خط پایه به دست آمد.

۱. افزایش قیمت باتوجه‌به تصمیمات و جهش معمول قیمتی در کشور:
(این رویداد نشان می‌دهد که قیمت‌های حامل انرژی به‌صورت معمول و طبق افزایش سالانه دولت افزایش یابد)

۲. افزایش قیمت برق در ایران از ۱۳۱ کیلووات‌ساعت به ۱۱۴۰ کیلووات‌ساعت به متوسط قیمت برق جهانی (سایت قیمت‌های حامل انرژی جهانی، ۲۰۲۲)
(این رویداد نشان می‌دهد که همچنان که قیمت‌های حامل‌های انرژی در جهان واقعی است در کشور نیز این اتفاق صورت گیرد و قیمت‌ها مانند قیمت‌های جهانی شود)

۳. لحظه‌ای شدن قیمت برق (آلکات[1]، ۲۰۰۹)

1. Allcott

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

(رویداد دیگری که می‌توان محتمل دانست لحظه‌ای شدن قیمت برق است به‌طوری که به‌عنوان‌مثال در ساعات اوج مصرف قیمت‌ها بیشتر باشد.)

۴. توافقات سیاسی - اقتصادی با جهان و باز شدن مسیر سرمایه‌گذاری خارجی (دائی کریم‌زاده و چاووشی، ۱۳۹۶)
(برداشته‌شدن تحریم‌ها و افزایش رشد اقتصادی، ورود تکنولوژی‌ها، وسایل بهینه صرف برق که یا با کاهش یا افزایش مصرف روبرو خواهیم بود)

۵. تصویب قانون الزام خودکفایی ساختمان‌ها و کارخانه‌های جدیدالتأسیس به تأمین انرژی خود (دی رابیس، [1]۲۰۱۸). (ساختمان‌های مسکونی ملزم هستند به‌عنوان‌مثال با نصب پنل‌های خورشیدی برق موردنیاز خود را تأمین کنند، همچنین از الزامات راه‌اندازی مراکز تولیدی به تأمین انرژی خود به‌صورت انرژی‌های تجدیدپذیر باشند.)

۶. خودکفا شدن صنایع با مصرف برق بالا در زمینه تولید برق با احداث نیروگاه‌های داخلی/ انرژی‌های تجدیدپذیر

۷. تصویب قانون مالیات برای ردپای کربن صنایع (سامر[2] ۲۰۱۱) و (سلیمی و پیری، ۱۴۰۲)
(اخذ مالیات از مراکزی تولیدی که با مصرف برق باعث افزایش آلایندگی از جمله افزایش کربن می‌شوند.)

۸. بهترین سناریویی دمایی برای ایران در افق ۲۰۴۰ و افزایش ۱/۱۳ درجه‌ای دما (زرین[3]، ۲۰۲۱).

۹. بدترین سناریویی دمایی برای ایران در افق ۲۰۴۰ و افزایش ۱/۲۶ درجه‌ای دما (زرین، ۲۰۲۱).

در جدول ۲ تأثیر احتمالی هر رویداد بر مصرف از شبکه توزیع با تجمیع پیش‌بینی‌های خبرگان را نشان می‌دهد. این تجمیع به این صورت است که باتوجه‌به حوزه مربوط به خبره مورد نظر آن رویداد در اختیار خبره قرار گرفته و ایشان نظر خود را به‌صورت سالیانه بیان داشته به‌این‌ترتیب که ابتدا احتمال وقوع آن رویداد، سپس

1. De Rubeis
2. Sumner
3. Zarrin

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

تأثیر بر مصرف و این که چقدر این تأثیر می‌تواند مؤثر باشد به‌دست‌آمده است. از ضرب این دو عامل با یکدیگر تأثیر احتمالی به‌دست‌آمده است.

جدول ۲. جداول رویدادها

(درصد)

رویداد ۱	افزایش قیمت باتوجه‌به تصمیمات و جهش معمول قیمتی در کشور		
سال	احتمال وقوع	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۹۵	۰.۵	۰.۵
۱۴۰۲	۹۵	۰.۵	۰.۵
۱۴۰۳	۹۵	۰.۵	۰.۵
۱۴۰۴	۹۵	۰	۰.۰
۱۴۰۵	۹۵	۰	۰.۰
۱۴۰۶	۹۵	۰	۰.۰
۱۴۰۷	۹۵	۰	۰.۰
۱۴۰۸	۹۵	۰	۰.۰
۱۴۰۹	۹۵	۰	۰.۰
۱۴۱۰	۹۵	۰	۰.۰

(درصد)

رویداد ۲	افزایش قیمت برق در ایران از ۱۳۱ کیلووات‌ساعت به ۱۱۴۰ کیلووات‌ساعت به متوسط قیمت برق جهانی		
سال	احتمال وقوع	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۲	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۳	۱۰	-۵	-۰.۵
۱۴۰۴	۱۵	-۳	-۰.۵
۱۴۰۵	۲۰	-۳	-۰.۶
۱۴۰۶	۲۰	-۲	-۰.۴
۱۴۰۷	۲۵	-۲	-۰.۵
۱۴۰۸	۳۰	-۲	-۰.۶
۱۴۰۹	۴۰	-۱	-۰.۴
۱۴۱۰	۵۰	-۱	-۰.۵

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

(درصد)

رویداد ۳	لحظه‌ای شدن قیمت برق		
سال	احتمال وقوع	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۲	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۳	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۴	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۵	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۶	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۷	۱۰	-۵	-۰.۵
۱۴۰۸	۱۵	-۳	-۰.۵
۱۴۰۹	۲۰	-۲	-۰.۴
۱۴۱۰	۳۰	-۱	-۰.۳

(درصد)

رویداد ۴	توافقات سیاسی - اقتصادی با جهان و باز شدن مسیر سرمایه‌گذاری خارجی		
سال	احتمال اتفاق‌افتادن در سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۳۰	۰	۰
۱۴۰۲	۵۰	۲	۱
۱۴۰۳	۶۰	۲	۱
۱۴۰۴	۷۰	۳	۲
۱۴۰۵	۷۰	۵	۴
۱۴۰۶	۷۵	۵	۴
۱۴۰۷	۸۰	۵	۴
۱۴۰۸	۸۰	۷	۶
۱۴۰۹	۹۰	۱۰	۹
۱۴۱۰	۹۵	۱۰	۱۰

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

(درصد)

رویداد ۵	تصویب قانون الزام خودکفایی ساختمان‌ها و کارخانه‌های جدیدالتأسیس		
سال	احتمال اتفاق‌افتادن در سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۲	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۳	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۴	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۵	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۶	۱۵	۲-	۳-۰.
۱۴۰۷	۲۰	۲-	۴-۰.
۱۴۰۸	۲۵	۳-	-۰.۸
۱۴۰۹	۳۰	۴-	۱,۲-
۱۴۱۰	۳۰	-۵	.۵۱-

(درصد)

رویداد ۶	خودکفا شدن صنایع با مصرف برق بالا در زمینه تولید برق با احداث نیروگاه‌های داخلی/ انرژی‌های تجدیدپذیر		
سال	احتمال اتفاق‌افتادن در سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰
۱۴۰۲	۰	۰	۰
۱۴۰۳	۰	۰	۰
۱۴۰۴	۵	۲۰-	-۱
۱۴۰۵	۶	-۲۱	-۱
۱۴۰۶	۷	-۲۴	۲-
۱۴۰۷	۱۰	-۲۵	۳-
۱۴۰۸	۱۲	-۳۰	۴-
۱۴۰۹	۱۵	۳۵-	-۵
۱۴۱۰	۱۸	-۴۰	-۷

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

(درصد)

رویداد ۷	تصویب قانون مالیات برای ردپای کربن صنایع		
سال	احتمال اتفاق‌افتادن در سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۲	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۳	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۴	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۵	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۶	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۷	۲۰	۳-	-۰.۶
۱۴۰۸	۲۰	.۵۳-	-۰.۷
۱۴۰۹	۲۵	.۵۳-	۹-۰.
۱۴۱۰	۳۰	-۵	.۵۱-

(درصد)

رویداد ۸	بهترین سناریویی دمایی برای ایران در افق ۱۴۲۰ و افزایش ۱/۱۳ درجه‌ای دما		
سال	احتمال اتفاق‌افتادن در سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۲	۵	۱	۱.۰
۱۴۰۳	۷	۱	۱.۰
۱۴۰۴	۱۰	۲	۲۰.
۱۴۰۵	۱۵	۲	۳۰.
۱۴۰۶	۲۰	۲	۴۰.
۱۴۰۷	۲۵	۳	۰.۸
۱۴۰۸	۳۰	۴	۲.۱
۱۴۰۹	۳۵	۵	.۸۱
۱۴۱۰	۴۰	۵	.۰۲

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

(درصد)

رویداد ۹	بدترین سناریویی دمایی برای ایران در افق ۱۴۲۰ و افزایش ۱/۲۶ درجه‌ای دما		
سال	احتمال اتفاق‌افتادن در سال	تأثیر، بر مصرف از شبکه توزیع سراسری	تأثیر احتمالی
۱۴۰۱	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۲	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۳	۰	۰	۰.۰
۱۴۰۴	۵	۵	۳۰.
۱۴۰۵	۷	۸	۰.۶
۱۴۰۶	۱۰	۹	۹۰.
۱۴۰۷	۱۵	۱۰	.۵۱
۱۴۰۸	۲۰	۱۰	.۰۲
۱۴۰۹	۳۰	۱۰	.۰۳
۱۴۱۰	۳۵	۱۰	.۵۳

۴-۳- سناریوهای احتمالی

باتوجه‌به داده‌های گذشته و روند به‌دست‌آمده از روش هموارسازی نمایی سناریوی پایه‌ای به دست می‌آید. در ادامه با درنظرگرفتن رویدادهای ذکر شده برای هر سه بخش دو سناریوی دیگر به دست می‌آید.

۴-۳-۱- سناریوی پایه

این سناریو بر اساس روش هموارسازی نمایی و بر اساس اطلاعات گذشته به دست می‌آید.

۴-۳-۲- سناریوی ۱

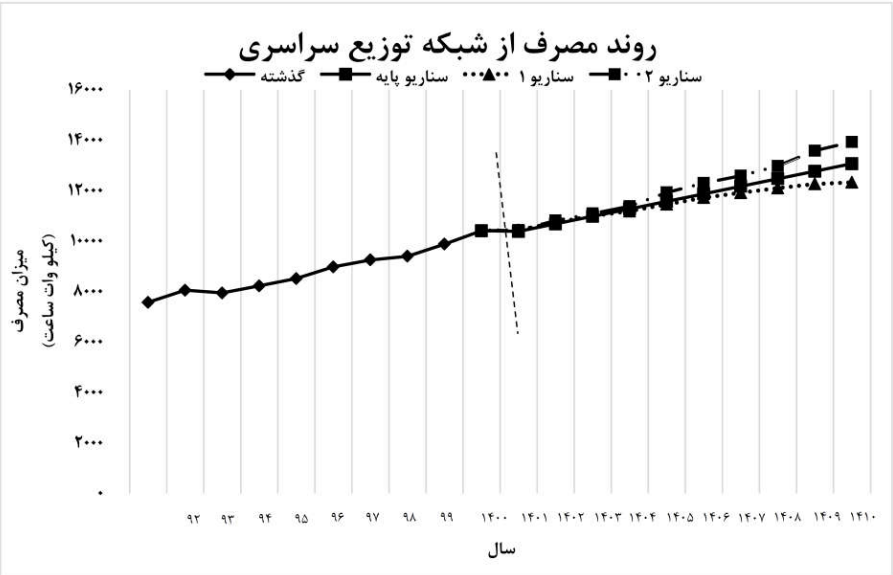
باتوجه به جنس رخدادها، تأثیر آن‌ها در بخش صنعتی، کشاورزی و خانگی می‌تواند متفاوت باشد. به همین دلیل، در این سناریو تأثیر رویدادهای ۱، ۲، ۵و ۸ انتخاب شده‌اند. دلیل انتخاب این رویدادها این است که می‌توانند بر مصرف خانگی مؤثرتر

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

باشند، به‌عنوان‌مثال اگر قیمت‌ها به یکباره افزایش یابد چه اتفاقی برای افزایش مصرف در بخش خانگی می‌افتد؟، همچنین تأثیر رویدادهای ۱ و ۸ برای بخش کشاورزی که به‌عنوان‌مثال می‌توان اشاره کرد در صورت افزایش دما و مشکل خشکسالی مصارف برق در کشاورزی به چه صورت خواهد بود؟، به این ترتیب در بخش صنعتی نیز تأثیر رویدادهای ۱، ۲، ۵، ۶و ۷ برای بروی خط پایه مورد بررسی قرار گرفته است و نمودار ۳ به‌دست‌آمده است. همان‌طور که در نمودار ۳ قابل مشاهده است تأثیر این رویدادها بر بخش‌های مختلف باعث شده روند مصرف در شبکه توزیع سراسری کاهشی باشد.

۴-۳-۳- سناریوی ۲

در این سناریو تأثیر رویدادهای ۱، ۲، ۹، ۳، ۵و ۸ برای بخش خانگی، تأثیر رویدادهای ۱، ۹، ۴ و ۸ برای بخش کشاورزی و تأثیر رویدادهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶و ۷ برای بخش صنعتی بروی خط پایه مورد بررسی قرار گرفت و نمودار ۳ به دست آمد. از مشاهده نمودار ۳ متوجه این امر می‌شویم که تأثیر رویدادهای ذکر شده بر خط پایه باعث افزایش مصرف از شبکه توزیع سراسری می‌شود.

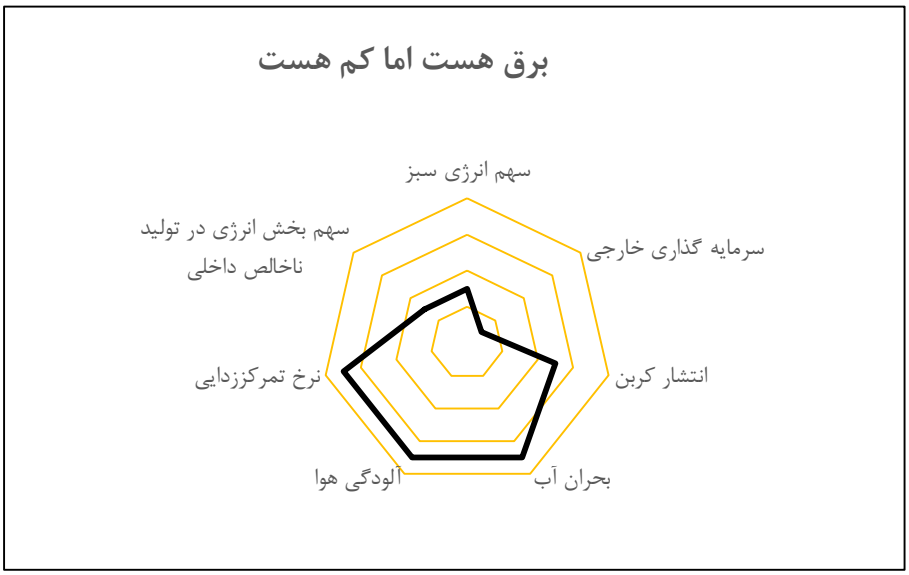


نمودار ۳. سناریوهای روندی مصرف برق

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

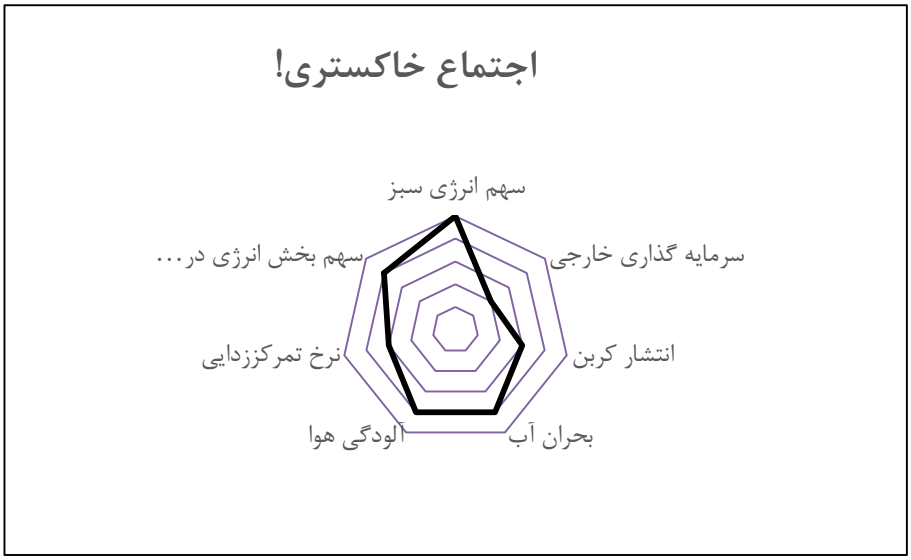
۴-۴- داستانک سناریوها

در این پژوهش برای درک بهتر و ملموس بودن شرایط آینده سه سناریو طراحی شده است. در ادامه سناریوهای طراحی شده با هفت شاخصی که می‌تواند بر اوضاع سیاسی-اجتماعی مؤثر باشند آورده شده‌اند (که عبارت‌اند از: سهم انرژِی سبز، میزان سرمایه‌گذاری خارجی، میزان انتشار کربن، بحران آب، آلودگی هوا، نرخ تمرکززدایی و سهم بخش انرژی در تولید ناخالص داخلی) و توسط خبرگان مناسب تشخیص‌داده‌شده ارزیابی گردیده است. در شکل‌های شماره ۲-۳-۴ ارزیابی نسبی و مقایسه‌ای این عوامل را در سناریوهای مختلف می‌بینید. در سناریو پایه، شرایط به‌گونه‌ای توصیف شده است که مطابق به تصمیمات و روند کنونی جامعه است. در سناریو «به بی برقی عادت کنید» شرایط و اوضاع جامعه به سمت روند بدتری پیش می‌رود و در نهایت در سناریو «سبز سبزم» شرایط جامعه مطلوب و ایدئال توصیف گردیده است. این سناریوهای لزوماً منطبق بر سناریوهای روندی شکل ۴ نیستند.

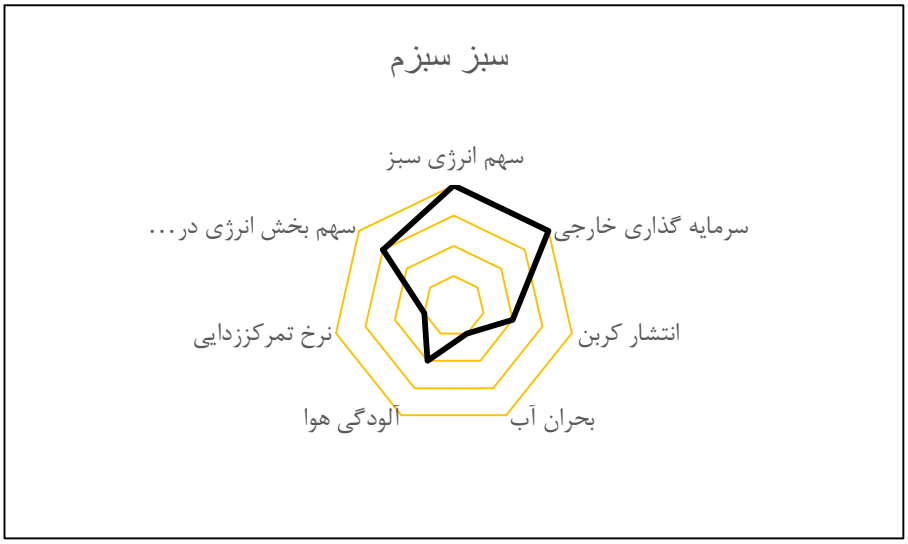


شکل ۲. سناریوی پایه

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]



شکل ۳. سناریوی ۱



شکل ۴. سناریوی ۲

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

سناریو یک: (برق هست اما کم هست)

امروز ۶ مرداد ۱۴۱۰ کشور شرایط بدترین حالت مصرف برق را تجربه می‌کند. با توجه به شرایط کنونی کشور و عدم اقدامات کافی در زمینه توسعه برق و مدیریت منابع، مشکلات عمده‌ای در حوزه مصرف برق به وجود آمده است کاهش تولید داخلی برق و وابستگی به واردات انرژی، باعث کمبود برق و قطعی‌های مکرر در سراسر کشور شده است. سیستم قدیمی شبکه برق در حال عملکرد نامناسب و ناتوانی در تأمین نیازهای روزافزون جامعه باعث اختلالات و قطعی‌های مکرر در تأمین برق می‌شود. مصرف بیش از حد و عدم کنترل صحیح در سطح افراد و صنایع نیز به کمبود برق بیشتر کمک کرده است.همچنین، عدم مدیریت مناسب منابع انرژی و اعتماد کافی به انرژی‌های تجدیدپذیر، باعث از بین رفتن فرصت‌های احداث نیروگاه‌های خورشیدی و بادی برای تأمین برق پایدار می‌شود. نیروگاه‌های قدیمی و آلوده، که بر اساس سوخت‌های فسیلی مانند ذغال سنگ و نفت کار می‌کنند، به علت کمبود سوخت و زیست محیطی ناپایدار، نتوانسته‌اند تولید برق کافی را فراهم کنند. بنابراین، کشور در معرض کمبود برق جدی قرار دارد. تأثیرات این کمبود برق در تمام جوانب زندگی اجتماعی و اقتصادی قابل مشاهده است. صنایع و کارخانجات از فعالیت متوقف شده و از بین رفته اند، تولیدات کاهش و بیکاری و فقر افزایش یافته است. از طرف دیگر قانون پرداخت مالیات کربن از سال ۱۴۰۸ در بیشتر کشورها اجباری شده است اما در ایران هنوز خبری از این قانون نیست. از طرف دیگر افرادی که توانایی داشته در فصول گرم سال در خانه ی دوم خود که در شمال کشور تهیه کرده اند زندگی می کنند.

سناریو دو: اجتماع خاکستری!

در روزهای متوالی مرداد ماه ۱۴۱۰ بیشینه ی دمای اصفهان برای چندین روز متوالی به بالای ۵۵ درجه رسیده است. در فصل گرم سال آب و برق دیگر به عنوان یک جریان پیوسته مطرح نیستند. در تمامی روزهای گرم سال، برق در نقاط مختلف شهر به صورت مقطعی در دسترس است. در فصول گرم سال، برق تمامی روستاهای کوچک اطراف اصفهان در طول روز قطع است. فروش موتورهای برقی که با سوخت های فسیلی کار می کنند در طی دو سال گذشته ۱۰ برابر شده است و کاهش چشم گیری در فروش لوازم برقی غیر ضروری مانند ماشین لباسشویی، قهوه ساز و توستر را شاهد بوده ایم. بخش هایی از اصفهان به دلیل فرونشست و عدم تامین آب و برق خالی از سکنه شده اند. قیمت برق افزایش چشم گیری یافته است. سال ۱۴۰۶ با رسیدن قیمت دلار به بالای دویست هزار تومان، دولت تصمیم به حذف شش صفر از پول ملی گرفت اما بازهم تورم کنترل نشد. کشور در شرایط ابر تورمی قرار دارد و بسیاری از صنایع آب و برق بر تعطیل شده اند. تعدادی از شرکت های بزرگ مانند فولاد مبارکه که قبل تر نیروگاه و مزرعه ی خورشیدی تاسیس کرده بودند، تاب آوری خوبی از خود نشان داده اند و مازاد تولید خود را به شرکت برق منطقه ای می فروشند. شرکت توزیع برق اصفهان فرهنگ سازی گسترده ای را آغاز کرده است تا شهروندان فقط برای مصارف ضروری مانند سرمایش یخچال و روشنایی برای مطالعه استفاده کنند. در محلات ثروتمند اصفهان، تقریبا در تمامی پشت بام ها سلول های خورشیدی نصب شده اند. بدلیل افت فشار گاز در فصول سرد، شهروندان به استفاده از بخاری های نفتی روی آورده اند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

سناریو سه: سبزِ سبزم

پس از دیدار رئیس جمهور ایران و همتای آمریکاییش در مالزی در بهار ۱۴۰۴، سفارت آمریکا در تهران پس ار نیم قرن بازگشایی شد. صادرات نفت در همان سال به بالای ۷ میلیون بشکه رسید. وزارت کشاورزی در سال‌های اخیر رویه تولید را اصلاح‌کرده است و کشاورزان به سمت کشاورزی مدرن و محصولاتی ارگانیک و نانو سوق داده است و دیگر از آن کشاورزی سنتی و به شکل غرقابی خبری نیست و شاهد محصولاتی که ۹۰ درصد آب کمتری برای تولید مصرف می‌کنند هستیم. سیر ورود سرمایه‌گذاری‌های خارجی هم زیاد شده است .شرکت جینکو سولار که از معروف‌ترین شرکت‌های تولیدکننده پنل‌های خورشیدی است قراردادی ۵ساله منعقد کرده و در حال ساخت بزرگ‌ترین مزرعه خورشیدی در کویر لوت در خاورمیانه است. تمامی ساختمان های جدید التاسیس در اصفهان خودکفا هستند. پروژه خط لوله ی امید در سال ۱۴۰۸ افتتاح شده است و شیرین سازی آب در خلیج فارس تا حدی تنش آبی را در قسمت مرکزی فلات ایران تلطیف کرده است. برق در ایران و اروپا هم قیمت هستند. دولت به کمک افزایش تولید ناخالص داخلی و صادرات غیرنفتی توانست در مدت ۵ سال آن تورم ۹۹ درصدی را به ۱۰ درصد کاهش دهد؛ حدود ۱۵٪ انرژی مصرفی در اصفهان از انرژی های تجدید پذیر تامین می شود. اصفهان به شهر دوچرخه ی خاورمیانه تبدیل شده است و در سال ۱۴۰۹ پذیرای ۱۰ میلیون نفر توریست بود. قانون پرداخت مالیات کربن در سال ۱۴۰۷ تصویب شد و تمامی صنایع، خانه ها، مراکز خدماتی، رستوران ها و شهروندانی عادی مالیات کربن پرداخت می کنند. رد پای کربن سرانه ی هر ایرانی به ۷تن کاهش یافته است

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، آینده‌نگاری انرژی الکتریکی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی روندها نشان داد که انرژی الکتریکی در آینده نقش بسیار مهمی در تأمین نیازهای انرژی جامعه خواهد داشت. آینده‌نگاری در حوزه انرژی الکتریکی به ما امکان می‌دهد تا به طراحی و پیش‌بینی تغییرات آتی صنعت انرژی الکتریکی، بپردازیم.

در این پژوهش، از یک روش احتمالی که تأثیر وقایع مختلف را بر خط مبنا مورد بررسی قرار می‌دهد، استفاده شد. در این روش، میزان تأثیر عوامل مختلف توسط خبرگان مشخص شده و روند مصرف برق نیز تحت بررسی قرار گرفته است. سپس، سناریوهایی بر اساس این روش تدوین شدند که به توصیف آینده‌ای ۱۰ساله و شرایط اقتصادی و اجتماعی می‌پردازند. سناریوی اول نشان می‌دهد که اگر تصمیم‌گیران بخواهند به‌شیوه کنونی ادامه دهند با چه مواردی روبرو خواهند شد؟ (از جمله کمبود و قطعی برق). در سناریوی دوم که حالت متعادل‌تری دارد توجه بیشتری به انرژی‌های

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی معطوف شده پرداخته شده است؛ اما باتوجه به عدم مدیریت صحیح جامعه همچنان درگیر مشکلات اقتصادی و اجتماعی است. در نهایت در سناریوی سوم که شرایطی ایده‌آل را توصیف می‌کند و نشان می‌دهد باتوجه‌به افزایش مصرف برق تکنولوژی پیشرفت کرده و با تعاملات بین‌المللی اوضاع اقتصادی - اجتماعی نیز بهبود خواهد یافت.

این سناریوها به‌منظور پیش‌بینی و تحلیل وضعیت آینده در حوزه انرژی الکتریکی، ابزار قدرتمندی محسوب می‌شوند. این سناریوها به ما کمک می‌کنند تا درک بهتری از چگونگی تأثیر عوامل مختلف بر تولید و مصرف برق داشته باشیم و از طریق این بررسی‌ها، بهترین راهکارها و سیاست‌های مدیریتی را برای آینده بیابیم. از جمله عوامل مورد توجه در این سناریوها، می‌توان به رشد جمعیت، تغییرات اجتماعی - اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی و سیاست‌های دولتی اشاره کرد. با درنظرگرفتن این عوامل و تحلیل تأثیر آنها، می‌توان به نتایجی که درباره آینده انرژی الکتریکی به دست می‌آید، پیامدها و راهکارهای مدیریتی مختلف را در نظر گرفت. با ترکیب تحقیقات علمی، توسعه فناوری‌های نوین و سیاست‌های مناسب، می‌توانیم به یک آینده پایدار و قابل‌اعتماد در تأمین و استفاده از انرژی الکتریکی هدایت شویم. این آینده می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، کاهش آلودگی هوا و محیط‌زیست، ایجاد شغل‌های جدید و رشد اقتصادی سبب شود. در نتیجه، آینده‌نگاری در حوزه انرژی الکتریکی امکانات و فرصت‌های بسیاری را برای توسعه پایدار و بهره‌وری بیشتر در این زمینه فراهم می‌کند. باتوجه‌به اهمیت انرژی الکتریکی در زندگی روزمره و تأثیر آن بر جوامع بشری، آینده‌نگاری در این حوزه به‌عنوان یک موضوع بحرانی و حیاتی موردتوجه قرار گرفته است و نیازمند همکاری بین صنعت، دولت و تحقیقات علمی برای دستیابی به یک آینده بهتر و پایدار است.

۵-۱- پیشنهادهای پژوهش

۱. **توسعه منابع تجدیدپذیر**: استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی و بیوگاز می‌تواند به تأمین برق پایدار و پاک کمک نماید. نیروگاه‌های خورشیدی و بادی، به‌عنوان منابع اصلی تولید برق در آینده، باید توسعه و بهینه شوند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

۲. **بهره‌برداری بهینه از انرژی**: استفاده بهینه از انرژی و افزایش کارایی در مصرف برق می‌تواند کمک کند تا نیاز به تولید برق بیشتر کاهش یابد. این شامل استفاده از فناوری‌های هوشمند مانند خانه هوشمند، شبکه‌های الکتریکی هوشمند و مدیریت بار است.

۳. **ذخیره‌سازی انرژی**: توسعه فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌ها، سیستم‌های هیدروژن و ذخیره‌سازی حرارتی، می‌تواند در مواجهه با نوسانات تقاضای برق و کمبود برق مفید باشد. ذخیره‌سازی انرژی می‌تواند امکان استفاده از انرژی تولید شده در ساعات پایین تقاضا و استفاده از آن در ساعات پرتقاضا را فراهم کند.

۴. **توسعه شبکه‌های برق هوشمند**: تحول شبکه‌های الکتریکی به شبکه‌های هوشمند با ارتباطات دوطرفه و مدیریت هوشمند بار، می‌تواند کمک کند تا تولید و مصرف برق بهبود یابد. شبکه‌های هوشمند قابلیت تشخیص و ردیابی خطاها، بهبود توزیع بار بین منابع مختلف و افزایش کارایی را فراهم می‌کنند.

۵. **سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های برق**: سرمایه‌گذاری در توسعه و بهبود زیرساخت‌های برق مانند نیروگاه‌ها، خطوط انتقال برق و تجهیزات توزیع، ضروری است. تقویت زیرساخت‌های برق می‌تواند به جلوگیری از کمبود برق و بهبود امنیت و پایداری سیستم برق کمک کند.

۶. **توسعه فناوری‌های جدید**: تحقیق و توسعه در حوزه فناوری‌های جدید

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

منابع

- چاووشی ناصر، دائی کریم زاده سعید. بررسی توان رقابتی شرکت‌های پالایش نفت از طریق اندازه‌گیری شاخص‌های ضریب حمایت- مطالعه موردی شرکت پالایش نفت اصفهان. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۳۹۶; ۱۳ (۵۳) :۱۶۵-۱۸۴
- سلیمی وحید، پیری مهدی. الزامات قانونی گذار از انرژی فسیلی به تجدیدپذیر با مقایسه نظام حقوقی اتحادیه اروپا، چین و ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۴۰۲; ۱۹ (۷۷) :۳۳-۵۷
- قاسمی، احمدرضا و قبادیان، محمدرضا، ۱۳۹۴، ترسیم و رتبه بندی سناریوهای آینده صنعت برق ایران با بهره گیری از نقشه شناختی فازی و تحلیل سناریو، https://civilica.com/doc/665438.
- گودرزی فراهانی یزدان، عادلی امیدعلی. تأثیر تغییر در تعرفه برق بر مصرف برق مشترکین و متغیرهای کلان اقتصادی با رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۴۰۱; ۱۸ (۷۴) :۱۲۵-۱۵۸
- م.سلیمی فر، ا.سیفی، س.شعوری، مطالعه تأثیر ارزش‌افزوده بخش صنعت برتقاضای برق این بخش و پیش‌بینی تقاضای برصنعت باتوجه‌به اصلاحات قیمتی. تحقیقات اقتصادی، ۱۳۹۶.
- مروتی شریف آبادی علی، حاتمی منش مهدی، بنی فاطمه علی محمد، کشاورز مهناز. بهبود پیش بینی تقاضای برق با استفاده از طراحی آزمایشات تاگوچی. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۳۹۳; ۱۰ (۴۱) :۱۷۵-۱۹۳
- مشهدیزاده محمد، دستگیر محسن، سلحشور سهیل. ارزیابی اقتصادی پروژه‌های خورشیدی در شرایط عدم اطمینان با رویکرد اختیار واقعی فازی - مطالعه موردی: نیروگاه برق فتوولتاییک ۲ مگاواتی جنوب اصفهان. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۳۹۹; ۱۶ (۶۵) :۲۲۱-۲۶۳
- Agami, N.M.E., et al., An enhanced approach for trend impact analysis. Technological forecasting and social change, 2008. 75(9): p. 1439-1450.
- Allcott, H., Real time pricing and electricity markets. Harvard University, 2009. 7.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

- Andrae, A.S. and T. Edler, On global electricity usage of communication technology: trends to 2030. Challenges, 2015. 6(1): p. 117-157.
- Auger, J., Speculative design: crafting the speculation. Digital Creativity, 2013. 24(۱): p. 11-35.
- Baumann, M., A.B. Moniz, and M. Weil, Energy storage systems in the future German electricity system: A foresight approach. IET Working Papers Series, 2016: p. -126.
- Boßmann, T., B. Pfluger, and M. Wietschel. The shape matters! How structural changes in the electricity load curve affect optimal investments in generation capacity. in 2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM). 2013. IEEE .
- Castillo, V.Z., et al., Future global electricity demand load curves. Energy, 2022. 258: p. 124741.
- De Rubeis, T., et al., Is a self-sufficient building energy efficient? Lesson learned from a case study in Mediterranean climate. Applied Energy, 2018. 218: p. 131-145.
- Energy price data2022; Available from: https://www.globalpetrolprices.com/data./
- Evans, M., Researching the future by design, in The Routledge Companion to Design Research. 2014, Routledge. p. 190-202.
- Freire-Barceló, T., et al., Storage and demand response contribution to firm capacity: Analysis of the Spanish electricity system. Energy Reports, 2022. 8: p. 10546-10560.
- Gardner Jr, E.S., Exponential smoothing: The state of the art—Part II. International journal of forecasting, 2006. 22(4): p. 637-666.
- Gilmore, N., et al., Clean energy futures: An Australian based foresight study. Energy, 2022. 260: p. 125089.
- Glenn, J.C. and T.J. Gordon, The millennium project: futures research methodology. 2009, Version.
- Haydt, G., et al., The relevance of the energy resource dynamics in the mid/long-term energy planning models. Renewable energy, 2011. 36(11): p. 3068-3074.
- Kaivo-oja, J., J. Vehmas, and J. Luukkanen, Trend analysis of energy and climate policy environment: Comparative electricity production and consumption benchmark analyses of China, Euro area, European Union, and United States. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. 60: p. 464-474.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]

- Kavaklioglu, K., Modeling and prediction of Turkey's electricity consumption using Support Vector Regression. Applied Energy, 2011. 88(1): p. 368-375.
- Krarti, M. and M. Aldubyan, Review analysis of COVID-19 impact on electricity demand for residential buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. 143: p. 110888.
- Lisin, E., et al., Analysis of scenario of structural and technological modernization of the power industry in the context of competitive electricity markets. Int Econ Lett, 2014. 3(3): p. 105-114.
- Ozdemir, G., Long-term electrical energy demand forecasting by using artificial intelligence techniques–a case study of Turkey. 2022.
- Papadis, E. and G. Tsatsaronis, Challenges in the decarbonization of the energy sector. Energy, 2020. 205: p. 118025.
- Pereira, G.I., P.P. da Silva, and D. Soule, Policy-adaptation for a smarter and more sustainable EU electricity distribution industry: A foresight analysis. Environment, Development and Sustainability, 2018. 20(Suppl 1): p. 231-267.
- Proskuryakova, L.N. and G.V. Ermolenko, The future of Russia's renewable energy sector: Trends, scenarios and policies. Renewable Energy, 2019. 143: p. 1670-1686.
- Suddendorf, T. and M.C. Corballis, The evolution of foresight: What is mental time travel, and is it unique to humans? Behavioral and brain sciences, 2007. 30(3): p. 299-313.
- Sumner, J., L. Bird, and H. Dobos, Carbon taxes: a review of experience and policy design considerations. Climate Policy, 2011. 11(2): p. 922-943.
- Vickers, N.J., Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? Current biology, 2017. 27(14): p. R713-R715.
- Waite, M., et al., Global trends in urban electricity demands for cooling and heating. Energy, 2017. 127: p. 786-802.
- Zarrin, A. and A. Dadashi-Roudbari, Projected changes in temperature over Iran by 2040 based on CMIP6 multi-model ensemble. Physical Geography Research Quarterly, 2021. 53(1): p. 75-90.

[Downloaded from iiesj.ir on 2024-04-20]