



## آینده نگری صنعت برق ایران

دفتر آموزش و پژوهش  
سندیکای صنعت برق ایران

بِسْمِ اللَّهِ  
الرَّحْمَنِ  
الرَّحِيمِ



شناسنامه اثر:

- عنوان پروژه: آینده نگری صنعت برق ایران
- عنوان انگلیسی: Iranian Electric Power industries forecasting studies
- تدوین گزارش: علیرضا اسدی
- همکاران: اردشیر سیاح مفضلی، امیر هنرپور، زهرا ولی پور، درنا لطفی
- نسخه گزارش: نسخه نهایی
- تاریخ تدوین گزارش نهایی: ۱۳۹۳/۰۱/۳۰
- مدیریت پروژه: مرکز مطالعات و بررسی های اقتصادی اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران
- مجری: دفتر آموزش و پژوهش سندیکای صنعت برق ایران با همکاری موسسه پیشگراان عرصه سوم

## قدردانی

طرح پژوهشی «آینده نگری صنعت برق ایران» با هدف ارائه شناخت از آینده صنعت برق ایران و پشتیبانی از تصمیمات استراتژیک کارآفرینان و مدیران صنعت، آغاز و با کمک و همیاری متخصصان و صاحبان عرصه صنعت برق به اتمام رسید. نگارندگان این پژوهش بر خود لازم می دانند از کمک های بی شائبه تمامی عزیزان و دست اندرکاران سازمانهای دولتی و خصوصی که با ارائه نقطه نظرات ارزشمند و شرکت در مصاحبه ها و کارگاه های هم اندیشی به غنای طرح پژوهشی افزودند، قدردانی نمایند:

آقای دکتر محمد احمدیان معاونت نیروگاه های سازمان انرژی اتمی، آقای مهندس حجت مشاور شرکت صنایع، آقای مهندس بارزی مدیرعامل شرکت قشم ولتاژ، آقای مهندس بیات مدیرعامل شرکت پارس سوئیچ، آقای مهندس محمد پارسا عضو کمیسیون انرژی اتاق بازرگانی ایران، آقای مهندس هاشم خویی مشاور مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، آقای مهندس فتوره چی رئیس کمیته سازندگان دکل های فشار قوی سندیکای برق، آقای مهندس بهروز سلطانزاده از شرکت مینا نیرو، آقای مهندس علی اکبر سهیلی، آقای دکتر فریبرز موجبی از شرکت فرانیرو، خانم مهندس سوسن داوری رئیس پژوهشگاه انرژی پژوهشگاه نیرو، آقای مهندس کیانوش امیری از شرکت برق منطقه ای غرب، آقای سعید جلوانی از شرکت تولیدی رعد، آقای اکبری از شرکت پویس گستر صنعت، آقای مهندس سیارزادوست و آقای مهندس رحمان محرمی از شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی، خانم مریم مالمیر از شرکت توزیع برق استان کرمانشاه، آقای مهندس سیاسی راد مشاور اتاق بازرگانی تهران، آقای مهندس کتابچی قائم مقام سندیکای صنعت برق، آقای مهندس برزیمهر مدیر اجرایی سندیکای صنعت برق، آقای مهندس حدادی مدیرعامل موسسه پویسگران عرصه سوم، خانم زهرا ولی پور کارشناس دفتر آموزش و پژوهش سندیکای صنعت برق و خانم مهندس درنا لطفی.

بویژه از حمایتها و راهنمایی های آقای دکتر حسینی رئیس مرکز مطالعات و بررسی اقتصادی اتاق بازرگانی تهران و مساعدت آقای مهندس سید علی اصغر میرشکرایی دبیر سندیکای صنعت برق ایران و همکاری خانم محمدی مسئول دفتر پژوهشهای مرکز مطالعات و بررسی اقتصادی اتاق بازرگانی قدردانی می نمایم.

در اینجا لازم است یادآور شویم مسئولیت این تحقیق بر عهده نگارندگان بوده و تمامی نواقص و ایرادات متوجه تیم پژوهشی است.

فصل ۱- آینده پژوهی در صنعت برق

۱	مقدمه
۲	بیان مسئله و قلمرو تحقیق
۲-۱	قلمرو تحقیق
۳	اهمیت مطالعات آینده در صنعت برق
۴	مبانی نظری و روش شناسی تحقیق
۵	روش شناسی تحقیق
۵-۱	نوع مطالعه
۵-۲	انتخاب روشها
۵-۳	چیدمان و ترتیب استفاده از روشها
۶	مروری بر مطالعات آینده پژوهی صنعت برق در ایران و جهان
۶-۱	مطالعات آینده پژوهی صنعت برق در ایران
۶-۲	مطالعات آینده پژوهی صنعت برق در جهان

فصل ۲- پیش بینی روندهای اصلی صنعت برق

۱۷	مقدمه
۱۸	پیش بینی روندهای توسعه ظرفیت تولید برق
۱۸-۱	پیش بینی روند ظرفیت اسمی تولید برق در ایران
۲۱-۱	پیش بینی روند ظرفیت عملی تولید برق در ایران
۲۳-۱	پیش بینی ظرفیت تولید برق ایران بر اساس سناریوها
۲۴-۱	روند راندمان نیروگاههای حرارتی کشور
۲۷	پیش بینی روندهای تولید برق
۲۷-۱	پیش بینی روند تولید برق به تفکیک بخش های اقتصادی
۲۹-۲	پیش بینی روندهای تولید برق به تفکیک منابع انرژی مصرفی
۳۱-۲	پیش بینی روند سوختهای مصرفی نیروگاههای حرارتی کشور
۳۳-۲	پیش بینی تولید برق بر اساس سناریوها
۳۴	پیش بینی روند گسترش خطوط شبکه های انتقال و توزیع
۳۶	پیش بینی مصرف برق
۳۶-۱	پیش بینی روند مصرف برق
۳۹-۲	پیش بینی مصرف برق بر اساس سناریوها
۴۲	صادرات و واردات برق

### فصل ۳- عوامل اثرگذار بر آینده برق: دگرگون سازها

۴۵	مقدمه
۴۷	۱- دگرگون ساز یک: تغییرات جریان مالی برق
۴۷	۱-۱- قیمت برق
۴۹	۲-۱- مکانیزم قیمت گذاری برق
۴۹	۳-۱- سرمایه گذاری و تأمین مالی پروژه های توسعه ای
۵۲	۲- دگرگون ساز دو: تغییرات ساختار نهادی برق
۵۲	۱-۲- خصوصی سازی
۵۳	۲-۲- بازار برق و نهاد تنظیم گر
۵۳	۳-۲- بنگاه های بزرگ و زنجیره ساخت و تأمین تأسیسات برق
۵۷	۳- دگرگون ساز سه: بهره وری و اتلاف برق
۵۷	۱-۳- اتلاف و بهره وری در تولید، انتقال و توزیع برق
۵۸	۲-۳- اتلاف و بهره وری در مصرف برق
۵۸	۳-۳- نظام مدیریتی
۶۰	۴- دگرگون ساز چهار: رشد و توسعه اقتصادی
۶۰	۱-۴- درآمدهای نفتی و اقتصاد انرژی
۶۰	۲-۴- استراتژی توسعه
۶۱	۳-۴- رشد تولید ناخالص داخلی
۶۳	۵- دگرگون ساز پنج: تغییرات فناوری و انرژی های تجدید پذیر
۶۳	۱-۵- تغییرات فناوری
۶۳	۲-۵- انرژی های تجدید پذیر
	فصل ۴- سناریوهای آینده صنعت برق
۶۷	آینده های بدیل صنعت برق ایران
۶۹	۱- جریان مالی برق
۷۰	۲- ساختار نهادی
۷۲	۳- بهره وری و اتلاف برق
۷۳	۴- رشد و توسعه اقتصادی
۷۴	۵- تغییرات فناوری و انرژی های تجدید پذیر
۷۶	منابع

# فصل اول

## آینده پژوهی در صنعت برق

## فصل اول: آینده پژوهی صنعت برق

### ۱- مقدمه

صنعت برق یکی از صنایع زیر ساختی و حساس کشور است که انرژی مورد نیاز تمامی بخش های خانگی، صنعتی، بهداشتی و درمان، کشاورزی و حمل و نقل را تأمین می کند. این صنعت بدلیل وابستگی مستقیم تمامی بخش های اقتصادی کشور به برق، تأثیر مستقیمی بر توسعه دارد و بدون آن شریان حیاتی کشور متوقف خواهد شد و حتی در برخی مناطق گرمسیر جنوبی، امکان زیست از بین می رود. لذا امروزه با توجه به وابستگی بسیار گسترده همه بخش ها به برق، بروز خاموشی در شبکه برق بدلیل عدم پیش بینی میزان برق مورد نیاز و عدم اجرای طرح های توسعه ای فاجعه آمیز است.

از سوی دیگر ایجاد و توسعه تأسیسات صنعت برق در مراحل مختلف تولید، انتقال و توزیع سرمایه بر و زمانبر است و فاصله بین آغاز عملیات اجرایی تأسیسات یک نیروگاه یا ایجاد پست و خطوط انتقال نیرو تا زمان بهره برداری بیش از یکسال است، و از آنجا که برق کالایی است که در مقیاس کلان قابل ذخیره سازی نیست و به میزانی که تولید می شود باید مصرف شود، ضروری است که برآورد مناسبی از میزان مصرف و تولید برق کشور در آینده ارائه شود و بر اساس برآوردی که امروز از تقاضای برق و عرضه آن در آینده صورت می پذیرد، برای ایجاد و توسعه تأسیسات نیروگاهی و انتقال و توزیع برق، برنامه ریزی انجام شود.

همچنین با توجه به اینکه احداث تأسیسات نیروگاهی و انتقال نیرو نیازمند سطح بالای فناوری است و بهره برداری و نگهداری این تأسیسات به دانش و تخصص هایی بالایی نیاز دارد، لذا برای طراحی و اجرای پروژه های ساخت و توسعه در صنعت برق به شرکت های مهندسی مشاور و پیمانکار و سازنده تجهیزاتی نیاز است که دارای ظرفیت بالای مهندسی و فناوری باشند که بتوانند تأمین و عرضه برق را به انجام رسانند؛ این توان مهندسی به تدریج و با صرف زمان زیادی ایجاد می شود و حفظ آن نیز نیازمند بستری است که مبتنی بر دور نگری و آینده نگری باشد.

از این رو می توان گفت آینده نگری در صنعت برق بسیار حیاتی و ضروری است و ذینفعان این حوزه اعم از مدیران دستگاه های دولتی که سیاستگذار و متولی تأمین برق می باشند و هم شرکتهای و بنگاههای بخش خصوصی که متصدی اجرای پروژه های تأمین و توسعه صنعت برق هستند نیاز دارند در چهارچوب یک آینده نگری علمی و کارشناسی به تعریف مسائل امروز خود بپردازند و تصمیمات امروز را بر اساس برآوردهایی که از آینده این صنعت دارند، اتخاذ کنند. به عبارتی تصمیم گیری در این صنعت بیش از هرصنعت دیگری به مطالعات آینده پژوهی نیاز دارد و بدون درک دقیق آینده، نمی تواند مسائل خود را در بعد زمان حل کند. در این مطالعه توسط یک گروه پژوهشی مستقل و با حمایت اتاق بازرگانی تهران انجام شده است، با بکارگیری ترکیبی از روشهای کمی و کیفی علمی و با مشارکت خبرگان صنعت، برآوردی از آینده صنعت برق در افق سه ساله ارائه شده است.

### ۲- بیان مسئله و قلمرو تحقیق

از آنجا که هر نوع برنامه ریزی استراتژیک و تصمیم گیری اثربخش و کارآمد در سطح بنگاه و تشکل های اقتصادی نیازمند شناخت محیط و پیش بینی آینده است، ضروری است که سازمان ها و بنگاه ها در هر صنعتی به گزارش های مطالعات آینده که بیانگر روندهای پیش رو و تغییرات محتمل آینده هستند، دسترسی داشته باشند تا بتوانند استراتژی مناسبی را انتخاب کنند و به اجرا در آورند. همچنین با در نظر گرفتن شرایط محیطی ایران که سرعت تغییرات آن بسیار زیاد است و با چالش های جدی در حوزه های فناوری، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مانند طرح هدفمندی یارانه، تورم بالا، تحریم های بین المللی، تغییرات منطقه ای و نظام تجاری جهانی مواجه است که باعث افزایش عدم قطعیت ها در تصمیم گیری های راهبردی در حوزه های تولید و سرمایه



گذاری شده است؛ در نتیجه انجام مطالعاتی درباره آینده صنایع کلیدی برای بازیگران اقتصادی و صنعتی کشور حیاتی گشته است. از سوی دیگر انجام مطالعات آینده و پیش‌بینی روندها، پیشران‌ها و رویدادهای اثر گذار در سطح بنگاه‌های اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و خلاء این نوع مطالعات که به صورت نظام‌مند و مستمر انجام شده باشد کاملاً مشهود است. لذا با توجه به رسالت اتاق بازرگانی به عنوان نهاد بخش خصوصی کشور ضروری می‌نماید که مطالعات آینده‌نگری در صنایع کشور را در دستور کار خود قرار دهد و نسبت به رفع نیاز کارآفرینان اقتصادی کشور اقدام نماید.

بر این اساس، این مطالعه مطابق روش شناسی که در این فصل ارائه می‌گردد، به مطالعه آینده صنعت برق می‌پردازد تا به این پرسش‌ها پاسخ دهد:

- ۱-۲- نیروهای پیشران و رویدادهای تأثیر گذار بر آینده صنعت برق کدامند؟  
 ۲-۲- وضعیت روند تولید، انتقال، توزیع و مصرف برق در آینده چگونه می‌تواند باشد؟

### ۱-۲- قلمرو تحقیق:

موضوع مطالعه در این تحقیق صنعت برق می‌باشد. صنعت برق بر اساس تعریف کدهای ISIC4 شامل زنجیره تولید، انتقال و توزیع برق می‌باشد (کد ۳۵۱). صنعت برق یا تأمین انرژی الکتریکی از تبدیل انرژی‌های اولیه به انرژی برق در نیروگاهها آغاز می‌شود، سپس برق تولیدی از طریق شبکه‌های خطوط فشار قوی و فوق توزیع به مناطق مصرف انتقال داده می‌شود. بعد از طریق کاهش ولتاژ در پست‌های برق، این برق در شبکه‌های توزیع منتقل و به مصرف‌کنندگان رسانده می‌شود. نمودار ۱ زنجیره تأمین صنعت برق را نشان می‌دهد.



نمودار (۱) زنجیره تأمین صنعت برق

### ۳- اهمیت مطالعات آینده در صنعت برق

صنعت برق به عنوان یکی از صنایع زیر ساختی کشور حدود ۳ درصد تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص می دهد و بدلیل ویژگی هایی که دارد در توسعه سایر صنایع نقش حیاتی دارد [۶۸]. این ویژگیها که در سه بخش مالی، فنی و زیر ساختی در جدول ۱ ارائه شده است موجب شده اند که مطالعه آینده این صنعت نه تنها برای فعالان و سیاستگذاران این صنعت اهمیت یابد بلکه بدلیل تأثیر آن بر سرنوشت سایر بخشهای اقتصادی، مورد توجه مدیران و کارآفرینان مختلف اقتصادی می باشد [۳۸].

	ویژگیهای اقتصادی و مالی	ویژگیهای فنی	ویژگیهای زیر ساختی
ویژگیهای کلیدی صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سرمایه پر بودن طرح های صنعت برق</li> <li>- پایین بودن نرخ بازگشت سرمایه</li> <li>- گران بودن انرژی الکتریکی (بدلیل راندمان متوسط در تولید، سرمایه گذاری بالا در تولید، انتقال و توزیع، نیاز به ذخیره گردان در بخش تولید)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- پیچیدگی و سطح بالایی فناوری</li> <li>- زمانبر بودن ساخت واحدها و تاسیسات</li> <li>- لزوم ایمنی، دقت و استاندارد بالا در بهره برداری تاسیسات</li> <li>- سهولت تبدیل به دیگر انواع انرژی</li> <li>- راحتی انتقال انرژی الکتریکی</li> <li>- برق در مقیاس تجاری و کلان قابل ذخیره سازی نیست (میزان مصرف تویط مصرف کنندگان تعیین میشود)</li> <li>- یازدهی متوسط به هنگام تبدیل انرژی های دیگر به انرژی الکتریکی</li> <li>- انرژی پاک در هنگام مصرف</li> <li>- اتلاف بالای انرژی در تولید، انتقال، توزیع و مصرف</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- زیر ساخت تولید و ارتد صنعتی</li> <li>- نقش مؤثر و حیاتی در رفاه اجتماعی و زندگی روزمره مردم</li> <li>- نقش مؤثر در سیستم ها و تسهیلات درون شهری (بهیژه تهرهای بزرگ) مثل راهتمایی و رانندگی، مترو و ...)</li> <li>- نقش حیاتی و حساس در مراکز درمانی</li> <li>- نقش حساس سیاسی و اجتماعی در مراکز مهم اداری و سیاسی</li> <li>- وابستگی خدمات نهادهای شهری به برق</li> </ul>

جدول (۱) ویژگی های اصلی صنعت برق [۳۸]

در واقع برق چیزی بیش از نوعی از انرژی است، به نحویکه در قرن گذشته برق سرچشمه بسیاری از نوآوری های فنی و محرکی برای ایجاد صنایع، مشاغل و خدمات جدید بوده است. تأثیر برق چنان اهمیت داشته است که آکادمی ملی مهندسی امریکا «برق دار شدن» را به عنوان بزرگترین پیشرفت مهندسی قرن بیستم به حساب آورده است، به این معنی که «برق دار شدن» به دلیل تأثیر مثبتش در کیفیت زندگی در جایگاهی بالاتر از اتومبیل سازی، مخابرات، کامپیوتر قرار گرفته است. مطابق یکی از گزارش های آینده پژوهی انرژی، جهان ما جهان الکتریکی است و این جهان در آینده نیز الکتریکی خواهد بود و اساس تحولات آینده، انرژی و بویژه برق خواهد بود [۵۷].

هچنین دسترسی به برق به اندازه ای اهمیت دارد که بانک جهانی در ارزیابی محیط کسب و کار، شاخص دسترسی به برق را به عنوان یکی از شاخصهای سهولت کسب و کار تعریف کرده است [۷۳].

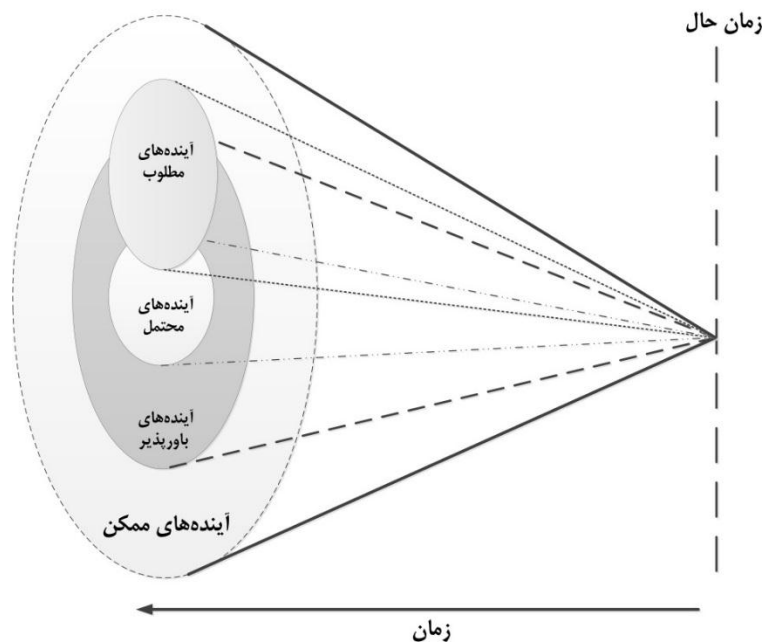
ملاکی و همکاران نیز در مطالعه ای که انجام داده اند بر ضرورت و اهمیت انجام پژوهش های آینده نگری در صنعت برق تأکید کرده اند. [۳۲] مسجدی نیز در مطالعه دیگری با مرور مفاهیم آینده نگاری، اهمیت و کاربرد آینده پژوهی در صنعت برق را نشان داده است. [۳۳]

بنابراین مطالعه آینده صنعت برق از ضروری ترین گزارش های مورد نیاز مدیران و کارآفرینان صنعتی و اقتصادی است که در تدوین برنامه ها و استراتژی های بنگاهها و موسسات بکار می رود و فرصتها و تهدیدات محیط کسب و کار را در حوزه انرژی برق نشان می دهد.

#### ۴- مبانی نظری و روش شناسی تحقیق

آینده به طور دقیق و کامل قابل پیش بینی نیست چرا که همواره امکان ظهور پدیده های جدید و رویدادهای شگفت انگیزی وجود دارد که روندهای موجود را می شکنند و آنرا غیر قابل پیش بینی می سازند [۴]. بنابراین کسی نمی تواند ادعا کند آینده را می داند. آینده باز است و مداخله بازیگران و نیروهای مختلف آنرا شکل می دهند و آینده های بدیلی را بوجود می آورند. بنابراین در پارادایم نوین مطالعه آینده، آینده پژوهی در برگیرنده مجموعه مطالعات منظم و سیستماتیکی است که با بهره گیری از تکنیک ها و روش های مختلف کمی و کیفی، به جای یک آینده، آینده های متکثر و بدیل را ارزیابی می کند. در این پارادایم آینده بسته نیست و آینده های بدیل می توانند وجود داشته باشند که هر یک از آنها بصورت یک سناریو تعریف می شوند. بنابراین آنچه که برای کنشگران اهمیت دارد، شناخت و یا پیش بینی یک آینده نیست، بلکه آمادگی پیدا کردن برای هر یک از آینده های باور کردنی، ممکن و محتمل است. [۸۱]

آینده پژوهی مجموعه ای از روشها و تکنیکهای مختلف کمی و کیفی را بکار می بندد تا بتواند طیفی از آینده های باور کردنی، ممکن، محتمل و مطلوب را ترسیم کند و تصمیم سازان را برای مواجه با این آینده ها یاری دهد [۸۳].



نمودار (۲) آینده های بدیل [۸۳]

هنگامی که برنامه ریزی فقط مبتنی بر یک آینده پیش بینی شده طراحی می شود بسیار شکننده است و هنگامیکه با تغییراتی روبرو می شود که همراستا با مفروضات پیش بینی صورت گرفته نیست، دچار غافلگیری می شود و آمادگی لازم را برای سناریوهای رقیب نخواهد داشت. لذا مطالعات آینده پژوهی بدنبال این است که از طریق برآورد هر یک از آینده های بدیل، به تصمیم گیران و سیاستگذاران کمک کند تا درباره آینده ها به شکل نظام مند و جامع تفکر کنند. آینده پژوهان مطالعات خود را بر اساس مفروضاتی انجام می دهند که مهمترین آنها عبارتند:

- ۱- کسی آینده را نمی داند اما طیفی از آینده های ممکن قابل شناخت است
  - ۲- احتمال هر یک از رویدادها یا شرایط آینده با تغییر سیاستها، می تواند تغییر کند و این سیاستها قابل پیش بینی هستند
  - ۳- پیش آگاهی از روندهای تدریجی و احتمالات قابل دستیابی است
  - ۴- هیچ تکنیکی به تنهایی قابل اعتماد نیست، از این رو تکنیکهای متقاطع و ترکیبی باید استفاده شود.
- با توجه به مبانی نظری و اصول اساسی مطالعات آینده پژوهی، طیف متنوعی از روشها و تکنیک های آینده پژوهی ابداع و توسعه یافته است که در این پژوهش مطابق روش شناسی ارائه شده در ادامه این فصل، شناختی از آینده های ممکن و محتمل برق بر این اساس ارائه خواهد شد که بتواند به عنوان ابزار هوشمند استراتژیک، مدیران و کارآفرینان این صنعت را در اتخاذ استراتژی های مناسب آینده های بدیل یاری رساند.

## ۵- روش شناسی تحقیق

### ۵-۱- نوع مطالعه

تحقیقات در حوزه آینده پژوهی به انواع مختلفی تقسیم بندی می شوند که لازم است در این بخش جایگاه این مطالعه در میان این انواع مطالعه شناسایی شود.

مطالعات آینده پژوهی از منظر اکتشافی یا هنجاری بودن به دو دسته عمده تقسیم می شوند. مطالعات اکتشافی منجر به شناخت آینده های باورپذیر و محتمل می گردند و مطالعات هنجاری در جهت ارائه تجویزهایی برای تحقق آینده مطلوب بکار می روند. در رویکرد تجویزی که مبتنی بر ارزش ها و هنجاری است، پرسش اصلی این است که ما چه آینده هایی را می خواهیم؟ و یا ما ترجیح می دهیم چه آینده ای محقق بشود؟ در مقابل، در رویکرد اکتشافی پرسش این است که چه چیزی ممکن است بدون توجه به خواست ما ظهور یابد. تعدادی از تکنیکها برای هر دو رویکرد قابل استفاده است و عده ای هم فقط در یک رویکرد معنا پیدا می کند.

این مطالعه با در نظر داشتن نیازها، منابع و محدودیتهای موجود، از نوع مطالعات اکتشافی است. نتایج این مطالعات می تواند در انواع برنامه ریزی بکار رود.

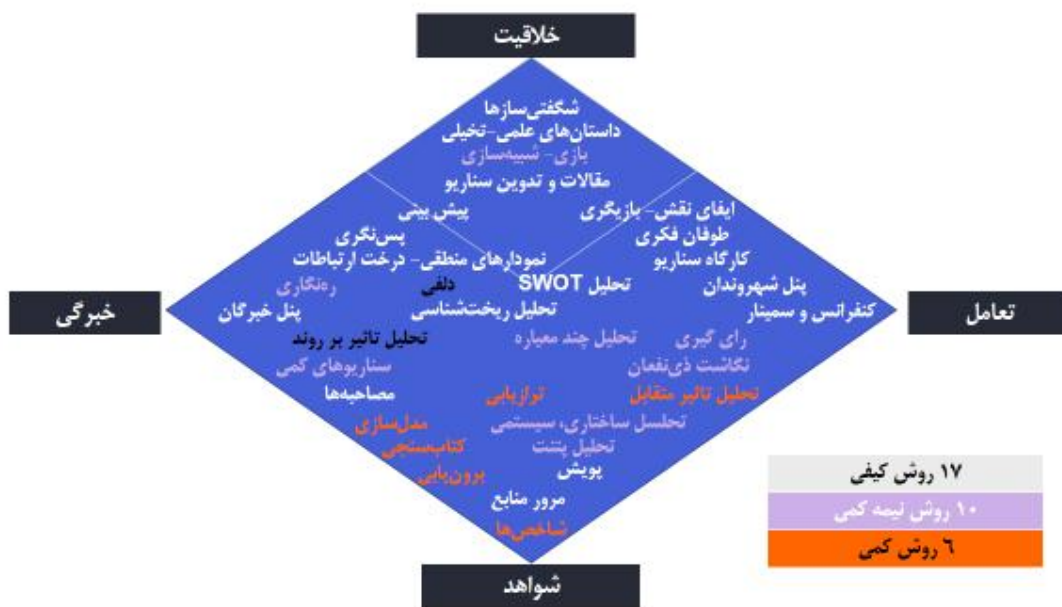
از منظر کیفی و یا کمی بودن این نوع مطالعات، در بخشهای مختلف مطالعه متفاوت است و بطور کلی ترکیبی از روشهای کمی و کیفی استفاده می شود.

قلمرو زمانی مطالعه، آینده های میان مدت تا ۵ سال (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶) است و قلمرو موضوعی تحقیق بررسی زنجیره تأمین برق با کدهای ۳۵۱ و ۳۵۱۰ از کدهای ISIC4 می باشد.

### ۵-۲- انتخاب روش ها

ابزارهای آینده پژوهی طی سالیان متمادی توسعه یافته و در اثر کاربرد در مطالعات آینده پژوهی نسل های متفاوتی از ابزارها با رویکردهایی توسعه یافته تدوین شده اند. دسته بندی ابزارها و روش های آینده پژوهی کاری دشوار است. چون این روش ها هنگام کاربرد منعطف هستند و به آسانی طبقه بندی نمی شوند و بطور کلی اجماعی برای نحوه انتخاب و یا ترکیب این تکنیک ها وجود ندارد. با این وجود دسته بندی های مختلفی از روش های آینده پژوهی ارائه شده است. در یکی از دسته بندی های اخیر که در دانشگاه منچستر انجام شده و بسیار هم متداول شده است تکنیکهای متداول آینده پژوهی در یک لوزی یا الماس بصورت زیر

دسته بندی شده است. بر اساس این دسته بندی، انتخاب روشها متناسب با اهداف تحقیق، نیازهای ذینفعان، منابع موجود و محدودیتهای زمانی به نحوی صورت می گیرد که تلفیقی از تکنیکهای مبتنی بر خلاقیت، تعامل، شواهد و خبرگی را شامل شود. در این چیدمان هفده روش کیفی، شش روش کمی و ده روش نیمه کمی<sup>۱</sup> شناسایی و معرفی شده اند [۸۴].



نمودار (۳) چارچوب چیدمان روش های آینده نگری [۸۴]

<sup>۱</sup> Semi-quantitative

### ۵-۳- چیدمان و ترتیب استفاده از روش‌ها

در این مطالعه با توجه به قلمرو تحقیق و محدودیتهای زمانی و منابع در دسترس روش شناسی طراحی شده است که در نمودار ۴ نمایش داده شده است:



نمودار (۴) اولویت بکارگیری روش‌ها در چارچوب روش‌های آینده‌نگاری

بر اساس این طرح تحقیق، ابتدا با استفاده از روش مرور منابع<sup>۲</sup> توصیف نظام‌مندی از صنعت برق بدست آمد. سپس با روش مصاحبه با خبرگان و تحلیل کیفی مصاحبه عوامل پیش‌رانی<sup>۳</sup> که در روند متغیرهای صنعت تأثیر گذارند شناسایی شدند و دگرگون‌سازهای<sup>۴</sup> صنعت تحلیل شدند. در مرحله بعدی با روشهای برون‌یابی<sup>۵</sup> و تحلیل سری‌های زمانی، روندهای هر یک از متغیرهای اصلی پیش‌بینی شدند. سپس با استفاده از روش تحلیل تأثیر بر روند TIA<sup>۶</sup> و پرسشنامه‌هایی که خبرگان تکمیل کرده‌اند، پیش‌بینی‌های انجام شده بصورت سناریوهای کمی شامل سناریو اصلی، حد بالا و حد پایین<sup>۷</sup> و سناریو TIA ارائه شدند.

در نهایت از تلفیق نتایج بدست آمده در تحلیل‌های کمی و کیفی، و با کمک کارگاه سناریو نگاری که برگزار گردید آینده صنعت برق بصورت سناریو‌ها جمع‌بندی و ارائه شده است. نمودار ۵ الگوریتم مطالعه این طرح را نشان می‌دهد.

<sup>2</sup> Literature review

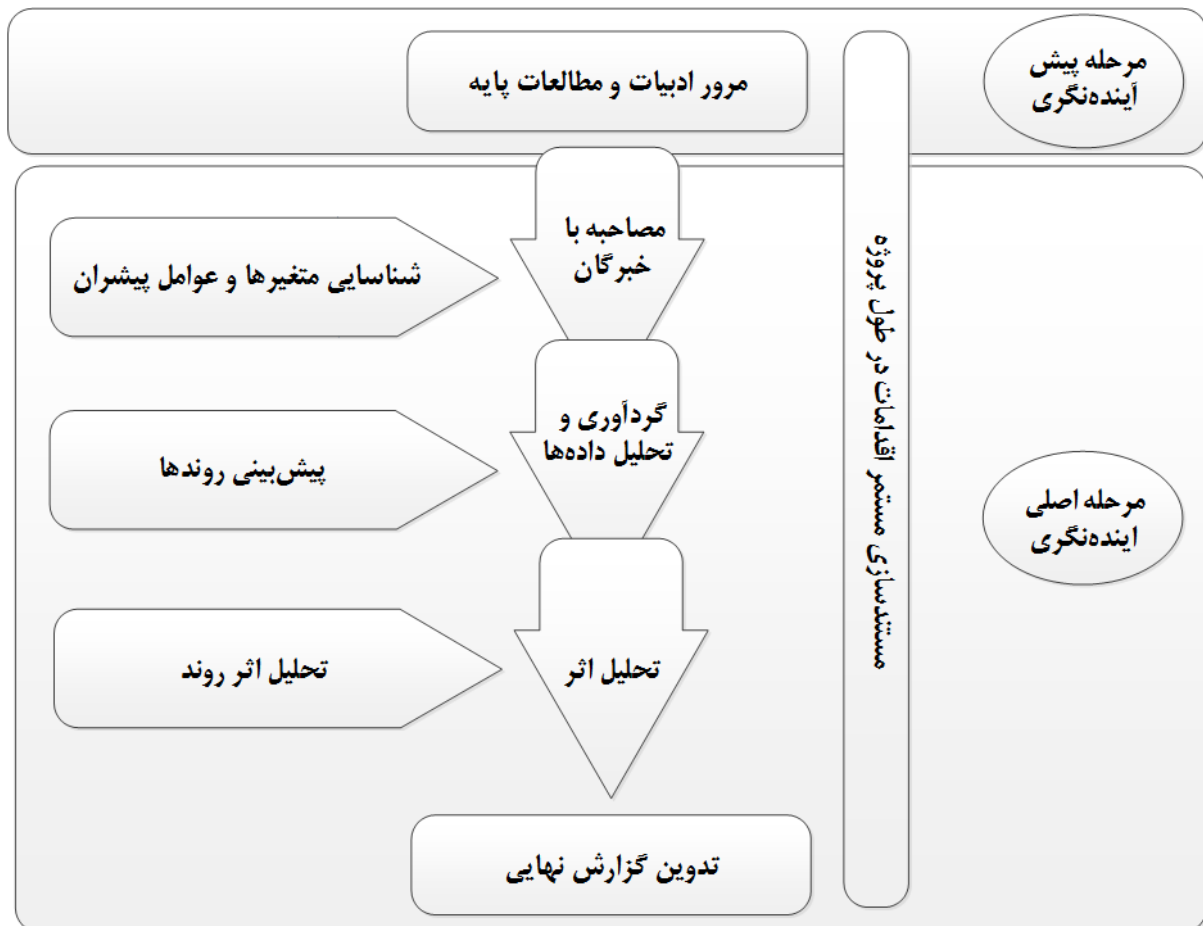
<sup>3</sup> Driving forces

<sup>4</sup> Game-changer

<sup>5</sup> Trend extrapolation

<sup>6</sup> Trend Impact Analysis

<sup>7</sup> Baseline, Best and Worse Scenarios



نمودار (۵) - الگوریتم مطالعات طرح

## ۶- مروری بر مطالعات آینده پژوهی صنعت برق در ایران و جهان

مطالعات آینده پژوهی صنعت برق با توجه به تاثیرگذاری این صنعت بر اقتصاد و توسعه کشورها سابقه زیادی در دنیا دارد و ضروری است که برای انجام تحقیقات آینده پژوهی صنعت برق به این مطالعات مراجعه شود، در این جا نیز با هدف شناسایی روش شناسی این مطالعات و بکارگیری نتایج آنها در طرح انواع آینده های بدیل و باور کردنی صنعت برق، مروری بر مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته است.

### ۶-۱- مطالعات آینده پژوهی صنعت برق در ایران

مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام در سال ۸۹ مطالعه آینده پژوهی صنعت برق را انجام داده است. در این مطالعه مروری بر مطالعات آینده پژوهی برق در جهان شده است و از آن جمله مسیر راه فناوری آمریکا مرور گشته است. همچنین نگاهی به چالشهای صنعت برق ایران شده و بر انجام مطالعات آینده پژوهی در این صنعت تأکید شده است. بعلاوه در این گزارشی مروری بر روشهای آینده نگاری فناوری و نقشه راه فناوری برق برخی کشورها به غیر از آمریکا شده است. [۳۱] چهارسوقی و همکارانش از طریق پرسشنامه و با آزمون تاپ سیس شاخص های تأثیر گذار بر مدیریت انرژی را رتبه بندی کردند و با شناسایی عدم قطعیت های اصلی در سیاست خارجی، تحولات سیاسی منطقه، تأمین منابع مالی، وضع مقررات

زیست محیطی و جذب سرمایه گذار خارجی، سه سناریو برای آینده انرژی شناسایی کردند: سناریو فن سالار، سناریو رکود و سناریو خودکفایی. در سناریو فن سالار ایران به سازمان تجارت جهانی می پیوندد و تحریم ها برداشته می شود، ریسک سرمایه گذاری کاهش می یابد و با هدفمند شدن یارانه ها و افزایش رقابت، بهره وری افزایش می یابد. مقررات مقابله با آلاینده ها مطرح می شود و انرژی های تجدیدپذیر در اولویت سرمایه گذاری قرار می گیرند. در سناریو رکود، تحریم ها ادامه پیدا می کند و امنیت انرژی کاهش می یابد. دلیل بالا رفتن ریسک سرمایه گذاری بخش خصوصی تمایلی به سرمایه گذاری ندارد و بدلیل عدم انتقال فناوری جدید و عدم استفاده از انرژی های تجدیدپذیر آلاینده های تجدیدپذیر افزایش می یابد و ارگانیک های زنده در محیط زیست به خطر می افتند. در سناریو خودکفایی، ریسک سرمایه گذاری بالا بوده و در نتیجه افزایش ظرفیت تولید صورت نمی گیرد و امنیت انرژی کم می شود. مقررات مقابله با مخاطرات زیست محیطی اصلاح می شود و سرمایه گذاری در انرژی های تجدیدپذیر در اولویت قرار می گیرد. همچنین اصلاح نظام قیمت گذاری و هدفمندی یارانه انجام می شود. [۳۵]

رازمی و همکاران نیز در مطالعه ای توسعه نیروگاههای ایران را بر اساس طراحی سناریو ها پیش بینی کرده اند. در این مقاله سه سناریو با سه فرض اصلی برای تولید برق مطرح می شود. در هر سناریو فرض می شود که سهم یکی از منابع انرژی مصرفی در تولید برق بیشتر باشد. در سناریو اول، ادامه وضع موجود بوده و تأکید بر سوختهای فسیلی است. در سناریو دوم انرژی هسته ای و در سناریو سوم انرژی تجدیدپذیر در اولویت نظام برنامه ریزی است. بر اساس این فرضها، با توجه به پیش بینی میزان تقاضا، دو برنامه ۵ ساله برق طراحی می شود. در سناریو اول سهم انرژی های فسیلی ۸۲ درصد است، در سناریو توسعه انرژی هسته ای، سهم منابع فسیلی ۶۷ درصد بوده و در صورت تأکید بر انرژی های تجدیدپذیر سهم این نوع انرژی ها در تأمین برق تا سال ۱۴۰۹، ۲۷ درصد خواهد بود. [۳۶]

در مقاله ای آینده پژوهی و صنعت برق ایران محورهای یارانه، خصوصی سازی، محیط زیست، انرژی های نو، تحریم و منابع انسانی به عنوان پیشرانهای صنعت شناسایی شده است و بر اساس آن ۴ سناریو برای آینده صنعت برق تدوین شده است: سناریو ال ای دی، سناریو لامپ مهتابی، لامپ ال‌تهدایی و چراغ گردسوز. در سناریو اول تحریم ها کاهش می یابد و فضای اقتصادی باز می شود، یارانه ها حذف می شود و خصوصی سازی محقق می شود. تولید پراکنده برق و انرژی های نو گسترش می یابد و قوانین لازم برای کاهش گازهای گلخانه ای تدوین می شود. در این سناریو تا سال ۱۴۰۴ نیروگاه بخاری ۱۰ درصد ظرفیت تولید برق را تشکیل می دهند و نیروگاههای گازی و سیکل ترکیبی و هسته ای جایگزین می شوند. ظرفیت تولید پراکنده برق و تا ۱۰۰۰ مگاوات در سال رشد می کند. خصوصی سازی موجب بالا رفتن راندمان نیروگاهها می شود و شبکه برق مدرن می شود. در این سناریو کشور در پایان سال ۱۴۰۴ به ظرفیت تولید برق ۱۰۰ هزار مگاوات رسیده است و یک کشور پیشرفته در تولید برق است. در سناریو لامپ مهتابی تحریم ها ادامه می یابد و اما مدیریت منابع انسانی ارتقاء پیدا می کند. در این سناریو خصوصی سازی رشد می کند و در انتهای سال ۱۴۰۴، ۸۰ درصد نیروگاهها و تمام توزیع در اختیار بخش خصوصی است. انرژی ها نو در حدود ۱ تا ۲ درصد برق کشور را تأمین می کند و کشور به دانش بومی در این زمینه رسیده است. در سناریو لامپ ال‌تهدایی پژوهش توفیقی نداشته است و خصوصی سازی بطور ناقص انجام می شود. یارانه ها حذف می شود و سهم انرژی های نو کمتر از ۱ درصد خواهد بود. تولید گازهای آلاینده با وضع قوانین، محدود می شود. در سناریو چهارم، خصوصی سازی به صورت ناقص انجام می شود و نیروگاهها به نهادهای غیر تخصصی منتقل می شود و بدلیل رانت خواری، خصوصی سازی شکست می خورد. تحریم ها افزایش می یابد و یارانه ها ادامه پیدا می کند. افزایش بازدهی نیروگاه اتفاق نمی افتد. آلودگی افزایش می یابد و در تولید برق از انرژی های نو توفیقی بدست نمی آید. ظرفیت تولید برق در این سناریو در سال ۱۴۰۴، ۵۰ هزار مگاوات خواهد بود. [۳۴]



چنگی آشتیانی و جلولی نیز در مطالعه ای که بر پیش بینی تقاضای برق انجام داده اند با روشهای اقتصادسنجی و مدلسازی تابع تقاضای برق، میزان برق مورد نیاز ایران را در سال ۱۳۹۶، ۲۰۲۷۱۱ میلیون کیلووات ساعت و در سال ۱۴۰۴، ۲۴۰۰۲۰ میلیون کیلووات ساعت برآورد کرده اند. [۳۹]

درباره آینده صنعت برق ایران مهم ترین گزارش بین المللی که منتشر شده است گزارش بیزنس مانیتور است که بصورت ادواری منتشر می شود و نسخه سال ۲۰۱۳ آن در این مطالعه مورد استناد قرار گرفته است. این گزارش با روشهای کمی پیش بینی و مدل‌های رگرسیونی، آینده برق در ایران را در یک سناریو اصلی تا سال ۲۰۲۲ پیش بینی کرده است. بر اساس این گزارش میزان تولید برق ایران در سال ۲۰۱۶، ۲۳۹.۹۳ تراوات ساعت و در سال ۲۰۲۲، به ۲۸۷.۲۱ تراوات ساعت خواهد رسید. متوسط رشد سالیانه برق ۲.۷ درصد خواهد بود. ظرفیت تولید برق در سال ۲۰۱۶، ۶۴۰۱۷.۲۷ مگاوات و در سال ۲۰۲۲ به ۷۴۷۰۶.۸۵ مگاوات خواهد رسید و ۷۲.۸ درصد ظرفیت تولید برق از منابع گازی خواهد بود. بر اساس این گزارش ایران ظرفیت تولید ۶.۵ گیگاوات برق از انرژی بادی را دارد و ظرفیت زیادی برای توسعه انرژی های خورشیدی دارد. میزان مصرف خالص برق در سال ۲۰۱۶، ۲۰۱.۸۳ تراوات ساعت و در سال ۲۰۲۲، ۲۴۵.۵۳ تراوات ساعت خواهد بود و رشد مصرف برق در ایران از ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۲ بطور متوسط سالیانه ۳.۲ درصد خواهد بود. کاهش تلفات انتقال و توزیع بسیار کم است و از ۱۵.۴ درصد در سال ۲۰۱۲ به ۱۴.۱ درصد در سال ۲۰۲۲ خواهد رسید [۵۶]

#### ۲-۶- مطالعات آینده پژوهی صنعت برق در جهان

در زمینه مطالعه آینده برق و انرژی الکتریکی گزارش های متعددی در کشورهای مختلف تدوین می شود و هریک متناسب با اهداف و مسائل تحقیق به جنبه هایی از آینده برق می پردازند. برخی گزارش ها مثل چشم انداز انرژی جهان بطور ادواری تهیه می شوند و در این نشریات یک بخش به پیش بینی روندهای تولید و مصرف برق پرداخته می شود و در برخی مطالعات بصورت موردی تهیه می شوند. در اینجا ابتدا به تعدادی از مطالعات موردی آینده صنعت برق اشاره می شود و بعد خلاصه ای از گزارش های ادواری ارائه می شود.

گزارش «تولید هوشمند برق» با بررسی روندهای جهانی، ۵ چالش پیش روی آینده انرژی جهان را شناسایی کرده است. این مطالعه نشان می دهد روند «رشد جمعیت» نیاز به غذا، انرژی و آب در سال ۲۰۳۰، ۵۰ درصد بیشتر از امروز است. بنابراین پیدا کردن روشهای جدید تولید انرژی و بویژه روشهای ترکیبی سوخته های فسیلی و انرژی های تجدیدپذیر مهمترین مسئله در مواجهه با رشد جمعیت خواهد بود. همچنین هر چه کشورهای در حال توسعه، پیشرفته تر می شوند، «استاندارد های زندگی» بالاتر می رود و در نتیجه تقاضا برای انرژی بیشتر می شود. بیشتر وسایل امروزی وابسته به برق هستند. کشورهای در حال توسعه برای تولید انرژی و برق شدیداً به سوخته های فسیلی وابسته اند و در بیشتر موارد به دلیل محدودیتهای جغرافیایی مثل نبود رودهای بزرگ، امکان تولید برق از انرژی های تجدید پذیر موجود محدود است. عامل دیگر «تغییرات جوی» است که بطور جهانی در حال وقوع است و یک مسئله سیاسی نیست بلکه یک واقعیت علمی است و با بالا رفتن متوسط دما، تابستان های گرمتر و زمستانها ملایمتر خواهند شد. بسیاری از پدیده های جوی مثل سرعت بادهای، میزان بارندگی و پوشش برفها تغییر خواهد کرد و این بر تولید انرژی تأثیر خواهد داشت. همچنین برق بیش از پیش در زندگی های امروز اهمیت یافته است و وابستگی جوامع به برق امر واضحی است که براحتی فراموش می شود. وابستگی جامعه مدرن به برق بسیار ریشه ای و درونزاد است که حتی نمی توانیم درباره آن فکر کنیم. این گزارش برای مواجهه با چالشهای آینده و افزایش رشد جمعیت و تقاضای انرژی، سه آینده بدیل پیش بینی کرده است که سه سناریو را تشکیل می دهند: زمین سبز، جهان آبی و دنیای خاکستری و در هریک از سناریو ها آینده تولید برق تغییر خواهد کرد. در سناریو زمین سبز شهروندان و افراد نقش اصلی را ایفا می کنند و آنها کیمیایی

منابع انرژی را پذیرفته اند و روی انرژی های تجدیدپذیر و زندگی پایدار تمرکز می کنند. در سناریو دنیای خاکستری قدرت در دست دولتهاست و تضاد بین آنها بدلیل کمیابی انرژی افزایش می یابد. تمرکز روی منابع داخلی است و سطح زندگی در لبه است. در سناریو جهان آبی قدرت در دست صنایع است و انرژی فراوان است. تمرکز روی ذغال سنگ می ماند و زندگی الکتریکی می شود [۵۷].

دانشگاه MIT مجموعه گزارشهایی درباره آینده صنعت برق انجام داده است که از آن جمله آینده شبکه های برق است. در این مطالعه که یک گروه تحقیقاتی ۲۵ نفره آنرا انجام داده اند چالشها و فرصتهای پیش روی صنعت برق آمریکا در شبکه ها بررسی شده و درباره نحوه تقویت شبکه انتقال و سیستم عملیاتی بحث کرده است. در این مطالعه به یکپارچه کردن شبکه با توجه به تنوع بخشی منابع تأمین برق و انرژی های تجدید پذیر به عنوان یک چالش مهم پرداخته است. همچنین به شبکه برق و اتصال خودرو های الکتریکی به شبکه پرداخته است و نهایتاً برنامه توسعه و بهبود شبکه های برق را ارائه کرده است [۶۵].

انجمن برق کانادا در گزارش آینده پژوهی که از صنعت برق انجام داده است پیش بینی کرده است با توجه به فرسودگی تأسیسات برق این کشور، کانادا برای ۲۰ سال آینده نیاز به ۳۵۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری دارد (۱۵ میلیارد دلار در سال). این سرمایه گذاری تا سال ۲۰۳۰ پس از کسر ۴۲ میلیارد دلار درآمد ایجاد خواهد کرد. برای این کار لازم است در مقررات صنعت برق اصلاحاتی انجام شود. کانادا بزرگترین تأمین کننده برق خارجی آمریکا است و در سال ۲۰۱۲ خالص صادرات برق کانادا به آمریکا ۴۷۰۰۰ گیگاوات ساعت بوده است. [۶۹]

موسسه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا مطالعه گسترده ای در سال ۲۰۱۲ درباره آینده پژوهی انرژی های تجدیدپذیر انجام داده است که نتایج آنرا در چهار جلد منتشر کرده است. این مطالعات به یکپارچگی شبکه ها و انرژی های تجدید پذیر و فرصتها و چالشهای صنعت برق آمریکا پرداخته است و موضوعات مختلف تکنولوژیکی در این رابطه را بررسی کرده است و به سوالات مطرح درباره نفوذ گسترده انرژیهای تجدید پذیر به شبکه های برق سراسری ملی بررسی شده است. نتایج مطالعه نشان می دهند که تولید برق از منابع تجدیدپذیر از نظر فناوری اقتصادی شده است و ترکیب آن با سیستم های انعطاف پذیر برق می تواند تا ۸۰ درصد برق مورد نیاز آمریکا را تا سال ۲۰۵۰ تأمین کند. [۷۹]

مطالعاتی با عنوان سری مطالعات آینده برق در انگلستان در سال ۲۰۱۳ انجام شده است که در یکی از گزارش های آن به نقش انرژی های تجدیدپذیر در آینده پرداخته است. در این مطالعه به نقش دولت در توسعه فناوری های انرژی تجدیدپذیر و تأثیر آن بر سرمایه گذاری در این بخش پرداخته است. بر اساس یافته های این مطالعه حمایت از توسعه انرژی های تجدیدپذیر پیشران کلیدی انرژی الکتریکی تا ۲۰۲۰ خواهد بود و منافع اقتصادی فراوانی خواهد داشت. [۷۰]

موسسه شبکه ملی انگلستان گزارش هایی درباره آینده شبکه برق و گاز در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ تدوین کرد. در این گزارشها سه سناریو برای آینده برق با استفاده از روشهای مختلف مصاحبه، کارگاه هم اندیشی و پرسشنامه تدوین شده است: سناریو پیشرفت آهسته، حرکت سبز و پیشرفت سریع. در این گزارش مفروضات هریک از سناریوها تعریف شده است و بر اساس هر سناریو پیش بینی ها انجام شده است و بصورت نمودارها و جداول در کمتر از ۱۰۰ صفحه اطلاعات ارائه شده است. [۷۲]

روزن در مطالعه ای با روش مدلسازی نقش انرژی های تجدیدپذیر در تأمین انرژی اروپا را در شرایط مختلف تحلیل کرده است و سیاستهای ملی و بین المللی را در زمینه انرژی و مقررات محیط زیستی شبیه سازی کرده است. [۵۸]

موسسه رن<sup>۱</sup> گزارشی از آینده انرژی های تجدید پذیر منتشر کرده است که در آن سناریو های مختلفی برای آینده برق انرژی های تجدید پذیر شناسایی کرده است. این گزارش هم نشان می دهد بازار انرژی های تجدیدپذیر به شدت رشد خواهد کرد

و در کشورهای مختلف برنامه‌هایی در سطوح مختلف برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح است. برخی کشورهای اروپایی مثل دانمارک (۱۰۰٪) و آلمان (۶۰٪) عمده برق خود را از این منبع تأمین خواهند کرد. در سایر کشورها نیز پیش‌بینی می‌شود سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۰ تا ۵۰ درصد تولید برق را تشکیل دهد. خبرگان انرژی سیاستهای مختلفی را برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر شامل تغییر قوانین بازار برای تعادل در ارائه خدمت و تعادل در شبکه‌ها و دسترسی به آن را پیشنهاد کرده‌اند. متخصصان مالی سیاست جذب ریسک را برای حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر به جای دیدگاه‌های سنتی هزینه-سود پیشنهاد کرده‌اند. بسیاری از سناریو‌ها از یک جابجایی بزرگ یاد کرده‌اند که محدود به تغییرات فناوری نیست بلکه تغییرات اجتماعی، اقتصاد و نهادی را در برمی‌گیرد. این جابجایی اساسی با نیاز آینده به بازسازی نهادی و تکنیکی سیستم‌های انرژی الکتریکی برای هم‌نوایی با شبکه‌های حمل و نقل متنوع و وسایل نقلیه مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر است. این جابه‌جایی به معنای متناسب کردن انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختار فعلی نیست بلکه به معنای تغییر همه تکنولوژی با نقش‌های متفاوت برای سیستم جدید انرژی جهانی است. [۷۱]

موسسه جهانی انرژی<sup>۹</sup> طی مطالعه‌ای از مدیران انرژی صنعت آمریکا درباره آینده این صنعت نظرخواهی کرده است که نتایج این نظرخواهی نشان می‌دهد، فعالان حوزه انرژی در سال ۲۰۱۴ بیشترین نگرانی را نسبت به موضوع مقررات‌گذاری صنعت دارند (۵۶ درصد) و بعد از آن مسئله عدم قطعیت‌های اقتصادی، قیمت‌های نهاده‌ها تولید و هزینه‌های عملیاتی است که چالش‌های حوزه انرژی را شکل می‌دهد. از نگاه مخاطبان این نظرسنجی، گاز طبیعی بیشترین اولویت را برای صنایع سازگار با محیط زیست دارد [۸۰]

از جمله گزارش‌های ادواری آینده پژوهی انرژی در جهان، گزارش‌هایی است که اداره اطلاعات انرژی آمریکا<sup>۱۰</sup> بطور سالانه درباره آینده انرژی آمریکا و جهان تهیه و منتشر می‌کند که در نسخه سال ۲۰۱۳ این سازمان، سناریو‌های آینده برق این کشور تحت تأثیر سه عدم قطعیت اصلی قرار دارد:

۱. عدم قطعیت درباره سیاست‌های زیست محیطی و تأثیرات آن
۲. عدم قطعیت ناشی از رشد تقاضای برق و قیمت سوخت‌های فسیلی
۳. عدم قطعیت ناشی از مقررات‌گذاری در صنعت برق. [۵۹].

گزارش «چشم‌انداز انرژی جهان ۲۰۱۳» روندهای تولید برق در جهان را بررسی کرده است و نشان می‌دهد که انرژی مصرفی نیروگاه‌ها در چند دهه گذشته تغییر زیادی کرده است. ذغالسنگ همچنان بیشترین سهم را دارد و انرژی هسته‌ای در دهه ۷۰ و ۸۰ رشد سریعی کرد، گاز طبیعی از دهه ۸۰، ۹۰ و ۲۰۰۰ به سرعت رشد کرد و نفت کاهش یافت. [۶۰]

بر اساس این گزارش از آغاز دهه اول ۲۰۰۰ با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و ملاحظات زیست محیطی گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف این سوخت‌ها، توسعه انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح شده است. بر اساس سناریو مرجع در مدت‌مدت نقش این دو منبع افزایش می‌یابد و انرژی‌های تجدیدپذیر با سرعت بیشتری بطور متوسط ۲.۸ درصد بین سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۰ رشد خواهند کرد. بویژه انرژی‌های تجدیدپذیر غیر از برق‌آبی سریع‌ترین رشد را خواهند داشت و با رشد سالیانه ۴ درصد، پیش‌بینی می‌شود ۹ درصد سهم بازار برق را به خود اختصاص دهند و بیشتر رشد مربوط به انرژی‌های بادی است. بعد از انرژی‌های تجدیدپذیر، گاز طبیعی و انرژی هسته‌ای با رشد متوسط ۲.۵ درصد سالانه تا ۲۰۴۰ رشد خواهند کرد.

<sup>۹</sup> KPMG Global Energy Institute

<sup>۱۰</sup> U.S. Energy Information Administration (EIA)

ذغالسنگ با رشد آهسته ۱.۸ درصد همچنان بیشترین سهم تولید برق را در سال ۲۰۴۰ خواهد داشت. هر چند که مقررات ملی و بین‌المللی در مورد محدود کردن رشد گازهای گلخانه‌ای می‌تواند این روندها را تحت تأثیر قرار دهد. [۶۰]

تولید برق در خاورمیانه با رشد ۲.۱ درصدی در سال رشد خواهد کرد و از ۷۵۸ میلیارد کیلووات ساعت در سال ۲۰۱۰ به ۱۴۰۵ میلیارد کیلووات ساعت در ۲۰۴۰ می‌رسد. به دلیل دسترسی به منابع نفت و گاز فراوان در این منطقه بیشترین رشد تولید برق از این دو منبع خواهد بود. سهم گاز طبیعی در تولید برق با رشد متوسط سالانه ۲.۵ درصد جایگزین نفت می‌شود. [۶۰]

ایران تنها کشور منطقه خاورمیانه است که برق از انرژی هسته‌ای بصورت تجاری تولید می‌کند، اما سایر کشورهای منطقه امارات، و عربستان سعودی بدنبال ساخت نیروگاه هسته‌ای هستند. پیش‌بینی می‌شود ظرفیت تولید برق از انرژی هسته‌ای در این منطقه به ۱۵ گیگاوات در سال ۲۰۴۰ برسد. [۶۰]

آژانس بین‌المللی انرژی نیز هر سال گزارشی درباره وضعیت انرژی جهان و چشم‌انداز آینده آن ارائه می‌کند که در آخرین گزارش سال ۲۰۱۳، این گزارش پیش‌بینی کرده است بر اساس سناریو مرجع، تولید خالص برق در جهان از ۲۰.۲ تریلیون کیلووات ساعت در ۲۰۱۰ با ۹۳ درصد افزایش به ۳۹ تریلیون کیلووات ساعت در سال ۲۰۴۰ می‌رسد. بطور کلی رشد تقاضای برق در OECD که بازار برق پیشرفته‌ای دارد و نیازها اشباع است بسیار کمتر از مناطق غیر OECD که هنوز بسیاری از مردم دسترسی به برق ندارند خواهد بود. تولید برق در مناطق غیر OECD ۳/۱ درصد در سال افزایش خواهد یافت و در این میان کشورهای آسیایی شامل چین و هند با افزایش سالانه ۳/۶ درصدی، پیشتاز خواهند بود. در مقایسه، رشد تولید سالانه OECD ۱/۱ درصد خواهد بود. [۳۷]

بر اساس این گزارش در بسیاری از مناطق جهان نگرانی در مورد امنیت تأمین انرژی و نیز نگرانی از مشکلات زیست‌محیطی دولتها را و می‌دارد که سیاستهایی را در جهت حمایت از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به اجرا در آورند. نتیجه این خواهد بود که تولید برق از تجدیدپذیرها بیشترین رشد را خواهد داشت و رشد سالانه آن در این دوره ۲/۸ درصد خواهد بود. بعد از آن تولید برق هسته‌ای و تولید برق با استفاده از گاز طبیعی با ۲/۵ درصد رشد سالانه قرار خواهد داشت. اما در مورد ذغالسنگ علی‌رغم اینکه تولید برق با استفاده از آن سالانه تنها ۱/۸ درصد رشد خواهد داشت اما کماکان به عنوان بزرگترین منبع مورد استفاده برای تولید برق باقی می‌ماند. البته چشم‌انداز در مورد ذغالسنگ بر مبنای سیاستهای سخت‌گیرانه‌تر زیست‌محیطی دولتها و یا توافقات بین‌المللی در زمینه کاهش آلاینده‌ها، ممکن است تغییر کند.

همچنین ۸۰ درصد از افزایش تولید برق از محل تجدیدپذیرها، از ناحیه برق آبی‌ها یا توربین بادی خواهد بود. سهم انرژی بادی در دهه گذشته رشد سریعی داشته است و ظرفیت نصب شده آن از ۱۸ گیگاوات در پایان سال ۲۰۰۰ به ۱۸۳ گیگاوات در پایان سال ۲۰۱۰ رسیده است و این روند در آینده ادامه خواهد داشت. پیش‌بینی می‌شود که از ۵/۴ تریلیون کیلووات ساعت ظرفیت جدیدی که در طول این دوره از محل تجدیدپذیرها اضافه خواهد شد، ۲/۸ تریلیون یا ۵۲ درصد آن مربوط به برق-آبی و ۱/۵ تریلیون کیلووات ساعت یا ۲۸ درصد از ناحیه توربین‌های بادی باشد. بیشترین افزایش تولید برق-آبی (۸۲ درصد) در کشورهای غیر OECD و بیش از نیمی از افزایش تولید برق بادی در مناطق OECD خواهد بود.

در مورد تولید برق بادی و خورشیدی، بالاتر بودن هزینه سرمایه‌گذاری آنها در مقایسه با مولدهای سنتی و نیز متناوب نبودن تولید آنها مانع مهمی در مسیر رشدشان محسوب می‌شود. اما در آینده توسعه فناوری تولید باتری‌های قوی‌تر و با ظرفیت بیشتر و پراکنده توربین‌های بادی و سیستم‌های خورشید در نقاط مناسبتر جغرافیایی می‌تواند این مشکلات را کاهش داده و زمینه توسعه را فراهم کند.

تولید برق هسته ای در جهان از ۲۶۲۰ میلیارد کیلو وات ساعت در ۲۰۱۰ به ۵۴۹۲ میلیارد کیلووات ساعت در ۲۰۴۰ افزایش خواهد یافت، نگرانی در مورد گازهای گلخانه ای و امنیت انرژی از توسعه نیروگاه های هسته ای حمایت می کند. فاجعه نیروگاه دای ایچی فوکوشیما در ژاپن در جریان سونامی ماه مارس سال ۲۰۱۱، چشم اندازها را تغییر داده و تحت سیاست های جدید اتحادیه اروپا بسیاری از نیروگاهها بازنشسته خواهند شد و بیشترین افزایش تولید در کشورهای آسیایی غیر OECD خواهد بود. ژاپن تحت تأثیر حوادث زلزله و سونامی، تولید برق هسته ای خود را به شدت کاهش داده و در ۱۵ ماه گذشته تحت تأثیر ۴ توربین صدمه دیده فوکوشیما، ۵۰ توربین دیگر را خاموش کرده است. ژاپن این نیاز خود را با افزایش تولید برق از گاز و نفت و ذغال سنگ و با اجرای طرح های بهینه سازی مصرف جبران کرده است. بر اساس سناریوی مرجع در ژاپن تولید برق از سوخت های فسیلی و برنامه های ارتقاء کارائی انرژی برای جبران برق هسته ای دنبال خواهد شد.

حادثه نیروگاه دای ایچی فوکوشیما تا مدتها بر توسعه تولید برق هسته ای تأثیر خواهد گذاشت. حتی در چین که در سناریوی مرجع برای آن افزایش تولید برق هسته ای پیش بینی شده است، محدودیتی وضع شده که هیچ راکتور جدیدی تا مرجع نظارتی دولتی تأیید نکند وارد مدار الکتریک نخواهد شد. آلمان و سوئیس اعلام کرده اند که راکتورهای فعال خود را به ترتیب در سالهای ۲۰۳۳ و ۲۰۳۴ از مدارتولید خارج خواهند کرد. با این حال اگرچه در سناریوی مرجع آثار فاجعه نیروگاه دایای چی مورد توجه قرار گرفته است و عدم اطمینان در مورد برنامه هسته ای ژاپن و سایر کشورها در اثر این حادثه، بیش از پیش افزایش یافته است، اما هنوز افزایش عمده در تولید برق هسته ای پیش بینی می شود. [۳۷]

این آژانس در سال ۲۰۱۰ در گزارشی وضعیت انرژی عراق را بررسی کرده و چشم انداز آینده انرژی این کشور را ترسیم کرده است. بنابر گزارش این موسسه صنعت برق عراق تا سال ۲۰۱۵ با کمبود برق مواجه است و نیازمند سرمایه گذاری در سه حوزه تولید، انتقال و توزیع است. این گزارش پیش بینی کرده است که مصرف برق در عراق سالانه بطور متوسط ۶/۵ درصد رشد خواهد کرد و تا سال ۲۰۳۰ به دو برابر مصرف فعلی خواهد رسید. بنابر این پیش بینی عراق در ساخت نیروگاههای گازی و سیکل ترکیبی و توسعه شبکه نیازمند سرمایه گذاری بسیار زیادی است. پیش بینی شده است که با رشد ۱۲ درصدی در سال تولید برق عراق از ۵۷ تراوات ساعت در سال ۲۰۱۰ به ۱۷۰ تراوات ساعت در سال ۲۰۳۵ برسد تا بتواند کمبود برق و رشد تقاضای برق را پوشش دهد. در سناریو اصلی سهم بخش خانگی در مصرف برق سال ۲۰۳۵، ۴۵ درصد باشد. در سناریو مرجع ظرفیت تولیدبرق عراق از ۱۶ گیگاوات در سال ۲۰۱۰ به ۶۰ گیگا وات در سال ۲۰۲۰ و ۸۳ گیگا وات در سال ۲۰۳۵ می رسد. عمده توسعه ظرفیت برق عراق از طریق نیروگاههای گازی و سیکل ترکیبی خواهد بود. عراق نیازمند بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری در برق در این دوره است که معادل ۳۵ درصد GDP آن در سال ۲۰۱۰ و ۳ درصد دآمدهای نفتی آن در این دوره است. تا سال ۲۰۲۰ در سناریو مرجع، عراق بطور متوسط سالیانه نیازمند ۸.۵ میلیارد دلار سرمایه گذاری در صنعت برق است. [۶۲]

شرکت نفتی اکسون موبیل<sup>۱۱</sup> در گزارشی که در سال ۲۰۱۳ منتشر کرده است، آینده انرژی در جهان را پیش بینی کرده است. بر اساس سناریو های این گزارش، پیش بینی می شود که سوخت ذغالسنگ در تولید انرژی الکتریکی نقش کمتری می یابد و نقش گاز طبیعی، انرژی هسته ای و انرژی های تجدید پذیر افزایش پیدا می کند. در حال حاضر ذغالسنگ بیشترین مزیت رقابتی را از نظر اقتصادی برای تولید برق دارد که این مزیت رقابتی با افزایش هزینه های ناشی از سیاستهای گازهای گلخانه ای، کاهش می یابد و گاز طبیعی جای آنرا می گیرد چرا که تولید دی اکسیدکربن ناشی از تولید برق با گاز طبیعی ۶۰

<sup>11</sup> Exxon Mobil Corporation

درصد کمتر از تولید برق با ذغالسنگ است. به همین دلیل پیش بینی می شود انرژی های تجدید پذیر (بادی و خورشیدی) در تأمین برق در آینده نقش بیشتری ایفا کنند [۶۳]

پیش بینی های شرکت نفتی بی پی هم نشان می دهد که انرژیهای هسته ای و تجدیدپذیر با رشد زیادی در دهه آینده در تولید برق سهم خواهند داشت. بخش برق پیشران کلیدی در رشد جهانی انرژی خواهد بود و کل مصرف برق دنیا با رشد متوسط سالانه ۲.۵ درصد در سال ۲۰۳۰، ۶۱ درصد بیشتر از سال ۲۰۱۱ خواهد بود. برق با رشد اقتصادی و صنعتی شدن درآمیخته است و تقاضای برق در دنیا با شروع صنعتی شدن چین رشد سریعی پیدا کرد و از ۲۰۲۰ با کاهش رشد سرمایه گذاری چین در انرژی، رشد برق کم خواهد شد. با افزایش کارایی در تولید برق، سوخت مصرفی نیروگاه رشد کمتری بطور متوسط ۲.۱ درصد خواهد داشت [۶۱].

### جمع بندی

در مجموعه مطالعاتی که درباره آینده برق و انرژی انجام شده است با توجه به روش مطالعه، نتایج مختلفی بدست آمده است. در بیشتر موارد از ترکیبی از روشها استفاده شده است، و نیروهای پیشران و عدم قطعیت های حاکم بر آنها سناریو های مختلفی را رقم زده است. در واقع هدف اولیه از مرور مطالعات آینده پژوهی گسترده کردن دایره آینده های ممکن برق بر اساس دیدگاهها و پژوهش های سایر محققان است که در اینجا طیف متنوعی از آینده های ممکن و باورپذیر برای برق و انرژی بصورت کمی و کیفی بدست آمد. از سوی دیگر این مطالعات نشان می دهد عدم قطعیت های مختلفی بر نیروهای پیش برنده آینده برق مانند تغییرات جمعیتی، تغییرات فناوری، تغییرات اقلیمی و تغییرات محیط نهادی تاثیر گذار است و در هر یک از سناریو ها، منابع تولید برق، میزان تولید برق و شبکه های تولید و انتقال و توزیع متفاوت خواهند بود. همچنین مرور این مطالعات نشان می دهد که برون یابی، تحلیل روند و سناریو نگاری از جمله پرکاربردترین ابزارها و تکنیک های آینده پژوهی هستند که در مطالعه آینده برق متداول می باشند.

## فصل دوم

پیش بینی روندهای اصلی صنعت برق

برای تحلیل روندهای صنعت برق و پیش بینی متغیرهای این صنعت از روشهای مختلفی می توان استفاده کرد که در این پژوهش از دو روش استفاده شد. در روش اول از مدل‌های پیش بینی سری های زمانی یک متغیره استفاده شده است و در روش دوم با توجه به اینکه مدل‌های پیش بینی کمی سری زمانی صرفاً مبتنی بر داده های گذشته است و تغییرات احتمالی را پوشش نمی دهد، از تکنیک تحلیل اثر روند (TIA) استفاده شده است که یک روش ترکیبی کمی و کیفی است که با نظرات خبرگان، پیش بینی های کمی را تصحیح می کند. در روش اول با رویکرد تحلیل سری های زمانی یک متغیره، بر اساس مقادیر گذشته و جاری متغیرها و همچنین مقادیر گذشته و جاری جملات خطا، مدلسازی و پیش بینی انجام شده است. این مدلها در برابر مدل‌های ساختاری قرار دارند که ماهیتاً چند متغیره هستند. مدل‌های سری زمانی بر اساس تئوری بنا نمی شوند و تلاش می شود تا از نظر تجربی ویژگی های مربوط به داده های مشاهده شده را تبیین نمایند. برای تحلیل سری های زمانی تک متغیره روش های مختلفی مانند روش میانگین گیری متحرک و هموار سازی نمایی وجود دارد که در بین آنها مدل‌های اتو رگرسیو میانگین متحرک جمعی یا ARIMA که بر مبنای روش باکس و جنکینز (۱۹۷۶) ساخته می شوند، به شکل موثر و کارآمدی می توانند برای پیش بینی استفاده شوند [۷ و ۸].

در این پژوهش از مدلسازی ARIMA برای پیش بینی متغیرها و تمامی روندهای تولید و مصرف برق استفاده شده است. برای بررسی اینکه سری از نوع نوفه سفید باشد از آزمون آماری لیونگ-باکس استفاده گردید و برای مقایسه مدلها از معیارهای مختلف آماری از جمله MSE، RMSE، MAPE،  $R^2$  و همچنین معیار اطلاعات آکائیک استفاده شده است.

داده های مورد استفاده در سری های زمانی از منابع وزارت نیرو استخراج شده است و بازه زمانی بر اساس داده های در دسترس از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱ در نظر قرار گرفته است. [۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶]. در این مطالعه بر اساس محدوده تعریف شده تحقیق، «روند ظرفیت اسی تولید برق»، «روند ظرفیت عملی تولید برق»، «روند کارایی نیروگاههای حرارتی»، «روند تولید برق» به تفکیک بخش های اقتصادی و به تفکیک منابع مصرفی، «روند مصرف سوخت نیروگاه ها»، «روند گسترش خطوط انتقال و توزیع برق»، «روند مصرف برق» به تفکیک بخش های مصرف و روند صادرات و واردات برق بررسی شد و در مجموع برای ۴۳ سری زمانی مدلسازی صورت گرفت و روند آنها پیش بینی شد.

در بخش دوم تحلیل ها از تکنیک تحلیل اثر روند (TIA) استفاده شده است. در این روش که توسط گوردون و استور (۱۹۷۶) ابداع گردیده است، نظرات خبرگان با نتایج حاصل از پیش بینی مدل‌های کمی ترکیب می شود و تا تاثیر تغییرات احتمالی آینده را در روندهای گذشته نشان دهد [پیوست ۱] [۷۴، ۷۵ و ۷۷]. در این گزارش برای انجام تحلیل اثر روند ابتدا لیستی از خبرگان صنعت برق با همکاری سندیکای صنعت برق ایران تهیه شد و بعد از مکاتبه و پیگیری نهایتاً با ۱۰ نفر از آنها مصاحبه های عمیق انجام شد [۱۰ تا ۲۰] و برای دریافت دیدگاههای برخی از مدیران ارشد وزارت نیرو از مصاحبه های نوشتاری و رسانه ای استفاده شده است [۲۱ تا ۲۵]. داده های این مصاحبه ها برای تحلیل کیفی و شناخت دگرگون سازهای صنعت و تدوین سناریوها نیز استفاده شد. همچنین برای جمع بندی نظرات خبرگان در تحلیل روندهای برق، پرسشنامه ای تدوین گردید و در این پرسشنامه نظرات خبرگان درباره تاثیر تغییر نظام قیمت گذاری برق، تغییر ساختار نهادی برق و کوچک شدن دولت، تامین سرمایه از خارج وزارت نیرو و رشد اقتصادی بر روندهای تولید و مصرف برق جمع آوری شد [پیوست ۲]. نهایتاً تاثیر این رویدادها بر روی روندهای صنعت برق (ظرفیت تولید برق، تولید برق و مصرف برق) محاسبه گردید و نتایج آن به عنوان سناریو TIA در کنار سناریو های مدل پیش بینی کمی که مبتنی بر ادامه سیاستهای فعلی و روند وضع موجود است، ارائه شده است.

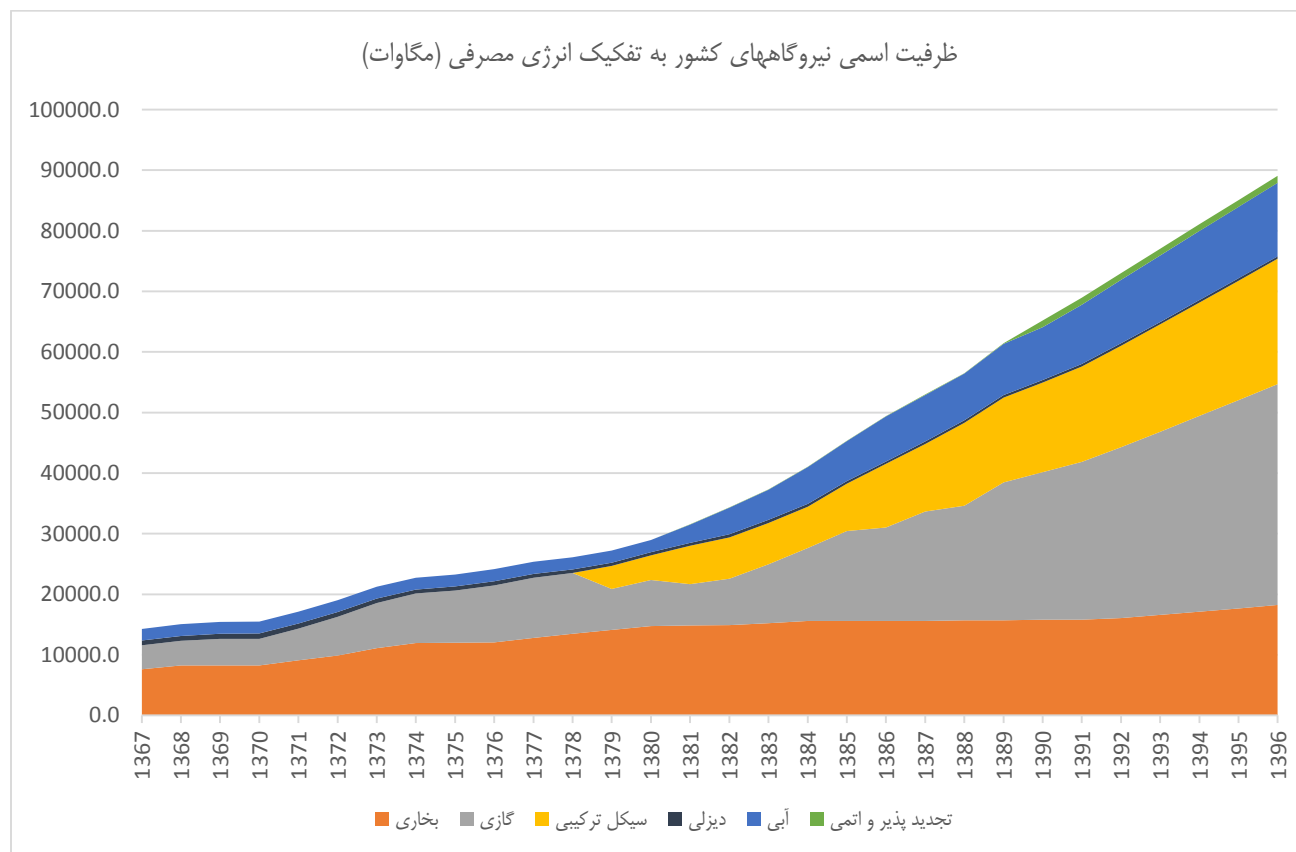


## ۱- پیش بینی روند های توسعه ظرفیت تولید برق

در این بخش پیش بینی روندهای توسعه ظرفیت برق ارائه می‌شود. بدین منظور «پیش بینی روند ظرفیت اسمی تولید برق در ایران»، «پیش بینی روند ظرفیت عملی تولید برق در ایران»، «پیش بینی ظرفیت تولید برق ایران بر اساس سناریوها» و «روند راندمان نیروگاههای حرارتی کشور» مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در هر بخش ضمن ارائه اطلاعات تکمیلی نظیر نمودارها و جداول استخراج اطلاعات، تغییرات هریک از متغیرها بررسی شده و روند آنها تا سال ۱۳۹۶ پیش بینی شده است.

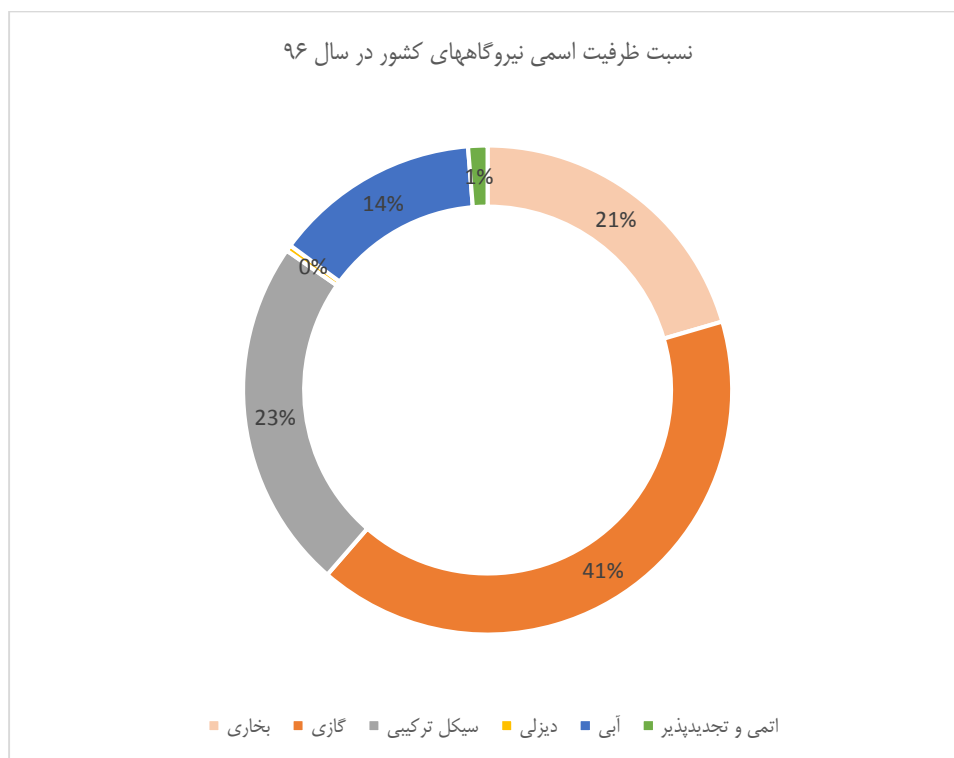
### ۱-۱- پیش بینی روند ظرفیت اسمی تولید برق در ایران

یکی از موضوعاتی که در این مطالعه بدان پرداخته شده است «پیش بینی روند ظرفیت اسمی تولید برق در ایران» است. در نمودار ۱ روند ظرفیت اسمی تولید برق به تفکیک انرژی مصرفی مشاهده می‌شود. این نمودار داده‌های مربوط به ظرفیت اسمی نیروگاههای «گازی»، «سیکل ترکیبی»، «دیزلی»، «آبی» و «اتمی و انرژی تجدیدپذیر»، را در بازه زمانی سال ۱۳۶۷ تا سال ۱۳۹۶ را پوشش می‌دهد. اطلاعات گردآوری شده مربوط به ۲۵ سال گذشته (از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱) است و اطلاعات برون‌یابی شده مربوط به ۵ سال بعد تا سال ۱۳۹۶ پیش بینی شده است.



نمودار (۱) برون‌یابی روند ظرفیت اسمی نیروگاههای کشور به تفکیک انرژی مصرفی تا سال ۱۳۹۶

همانگونه که مشاهده می‌شود ظرفیت اسمی نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی که انرژی مصرفی آنها گاز طبیعی است از دهه ۸۰ با شیب زیادی در حال افزایش است و چنانچه روند موجود ادامه یابد، نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی ۶۴ درصد ظرفیت اسمی تولید برق کشور را تشکیل می‌دهند و نیروگاه‌های اتمی و تجدید پذیر به غیر از نیروگاه‌های برقی، حدود ۱ درصد ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور را تشکیل خواهند داد.



نمودار (۲) - پیش بینی نسبت ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور به تفکیک انرژی مصرفی در سال ۱۳۹۶

اطلاعات استفاده شده در نمودار فوق‌الذکر در جدول (۱) نمایش داده شده است. به عنوان مثال همانگونه که مشاهده می‌شود از سال ۱۳۸۷، تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تغییری را در روند تولید برق نیروگاه‌های گازی ایجاد کرده است. اما در مجموع ظرفیت نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی رو به افزایش است.

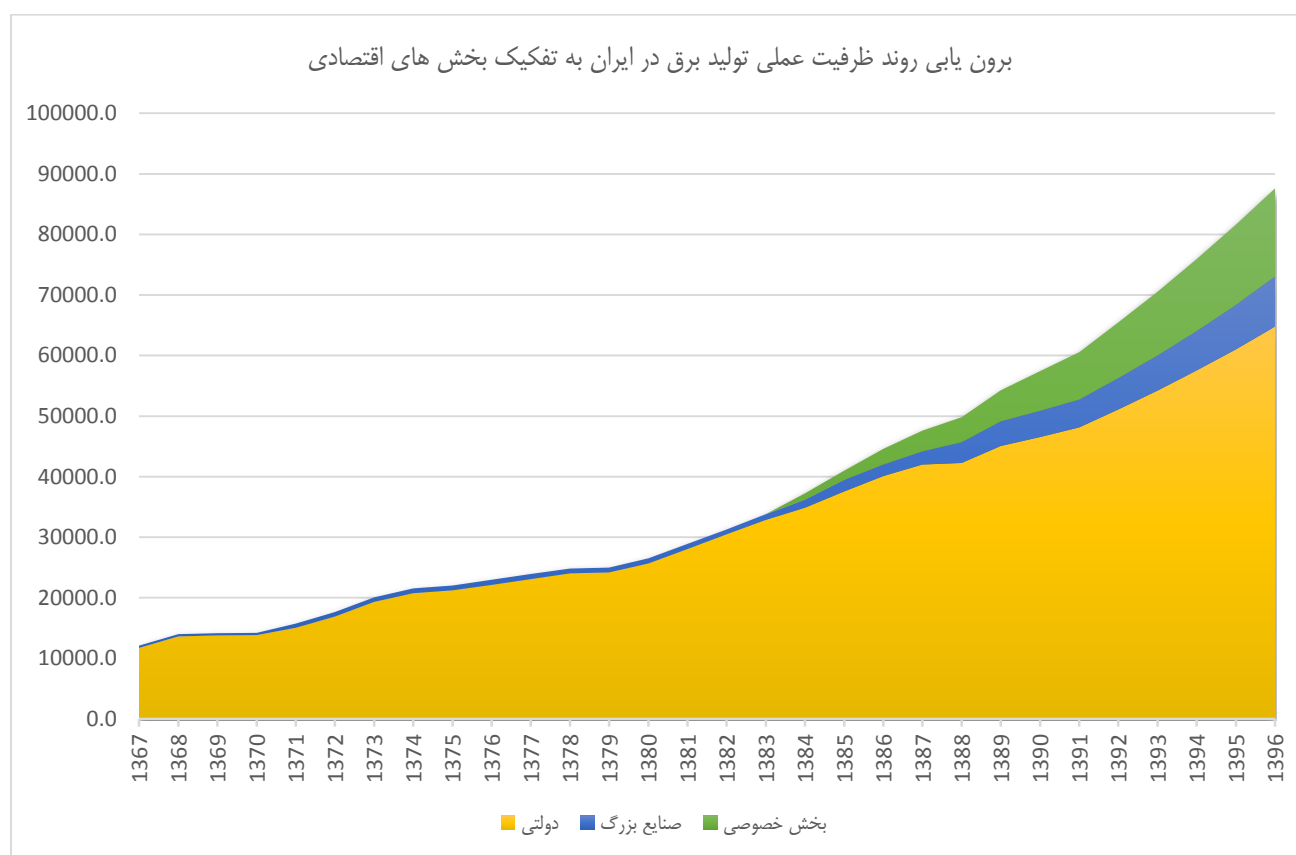
حداکثر ظرفیت نیروگاهی کشور در سال ۱۳۹۱ نزدیک به ۷۰ هزار مگاوات بوده که با فرض تداوم این روند بدون تغییر، در سال ۱۳۹۶ شاهد افزایش ۱۸۶۰۰ مگاوات در ظرفیت اسمی کشور خواهیم بود. طرح‌های فعلی احداث نیروگاه‌های وزارت نیرو در صورت تحقق افزایش ۱۵۸۶۴ مگاوات را برای سال ۱۳۹۵ برآورد کرده است.

جدول (۱) اطلاعات مجموع ظرفیت اسمی نیروگاه های کشور به تفکیک نوع نیروگاه (مگاوات)

سال	بخاری	گازی	سیکل ترکیبی	دیزلی	آبی	اتمی	بادی	خورشیدی	بیوگاز سوز	جمع
۱۳۶۷	۷۶۳۹۰	۳۹۴۵	-	۸۰۳	۱۹۱۴	-	-	-	-	۱۴۳۰۱۰
۱۳۶۸	۸۲۵۰۰	۴۰۵۶	-	۸۰۳	۱۹۵۳	-	-	-	-	۱۵۰۶۲۰
۱۳۶۹	۸۲۵۰۰	۴۳۹۶	-	۸۲۴	۱۹۵۳	-	-	-	-	۱۵۴۲۳۰
۱۳۷۰	۸۲۵۰۰	۴۳۹۶	-	۸۶۹	۱۹۵۳	-	-	-	-	۱۵۴۶۸۰
۱۳۷۱	۹۰۸۴۰	۵۲۵۰	-	۸۵۶	۱۹۵۳	-	-	-	-	۱۷۱۴۳۰
۱۳۷۲	۹۸۸۷۰	۶۳۹۰	-	۸۱۲	۱۹۵۳۰۲	-	-	۰۰۰۵	-	۱۹۰۴۲۰۲
۱۳۷۳	۱۱۱۱۶۰	۷۴۱۶	-	۷۵۸	۱۹۵۷۰۹	-	۱۰	۰۰۳۲	-	۲۱۲۴۹۰
۱۳۷۴	۱۱۹۳۱۰	۸۲۰۲	-	۶۵۸	۱۹۵۷۰۹	-	۱۰	۰۰۳۲	-	۲۲۷۵۰۰
۱۳۷۵	۱۱۹۹۶۰	۸۶۲۴	-	۶۶۲	۱۹۷۳۰۹	-	۱۰	۰۰۳۲	-	۲۳۲۵۷۰
۱۳۷۶	۱۲۰۵۹۰	۹۴۲۳	-	۶۷۷	۲۰۰۳۰۹	-	۳۶۵	۰۰۳۲	-	۲۴۱۶۶۰۶
۱۳۷۷	۱۲۷۷۴۰	۹۹۴۹	-	۶۱۶	۲۰۰۳۰۹	-	۹۰۹	۰۰۳۲	-	۲۵۳۵۲۰۹
۱۳۷۸	۱۳۴۷۶۰	۱۰۰۵۷	-	۵۷۴	۲۰۰۶۰۷	-	۱۰۰۸	۰۰۳۲	-	۲۶۱۲۴۰۶
۱۳۷۹	۱۴۱۲۶۰	۶۷۷۰	۳۷۶۰	۵۳۳	۲۰۰۶۰۷	-	۱۰۰۸	۰۰۱۱	-	۲۷۲۰۶۰۶
۱۳۸۰	۱۴۷۷۶۰	۷۵۶۵	۴۰۶۰	۵۳۳	۲۰۰۷۰۶	-	۱۰۰۸	۰۰۱۱	-	۲۸۹۵۲۰۵
۱۳۸۱	۱۴۸۴۰۰	۶۸۵۷	۶۲۹۰	۴۹۰	۳۰۳۶۰۷	-	۱۱۰۴	۰۰۱۴۹	-	۳۱۵۲۵۰۲
۱۳۸۲	۱۴۹۰۴۰۴	۷۶۶۳۰۳	۶۸۳۱۰۷	۴۹۲۰۶	۴۴۲۰۰	-	۱۶۰۹	۰۰۱۴۹	-	۳۴۳۲۹۰
۱۳۸۳	۱۵۲۲۹۰۴	۹۷۰۹۰۳	۶۸۳۱۰۷	۴۹۳۰۱	۵۰۱۱۰۷	-	۲۴۰۹	۰۰۱۴۴	-	۳۷۳۰۰۰۲
۱۳۸۴	۱۵۵۷۸۰	۱۲۰۴۹۰۳	۶۸۳۱۰۷	۴۹۳۰۱	۶۰۴۳۰۹	-	۴۷۰۶	۰۰۱۴۴	-	۴۱۰۴۳۰۷
۱۳۸۵	۱۵۵۷۷۰	۱۴۸۶۰۰۹	۷۸۳۵۰۵	۴۱۷۰۹	۶۵۷۲۰۲	-	۵۸۰۸	۰۰۶۷	-	۴۵۳۲۲۰۴
۱۳۸۶	۱۵۵۹۸۰	۱۵۴۳۳۰۷	۱۰۴۷۸۰۵	۴۱۷۰۹	۷۴۲۲۰۳	-	۷۴۰	۰۰۶۷	-	۴۹۴۲۴۰۵
۱۳۸۷	۱۵۵۹۸۰	۱۸۰۷۶۰۷	۱۱۱۱۶۰۵	۴۱۸۰	۷۶۷۲۰۵	-	۸۹۰۸	۰۰۷۳	-	۵۲۹۷۱۰۶
۱۳۸۸	۱۵۷۰۳۰۶	۱۸۹۱۷۰۱	۱۳۶۶۳۰۵	۴۲۴۰۵	۷۷۰۴۰۷	-	۹۰۰۳	۰۰۹۷	۱۰۸۶	۵۶۵۰۵۰۷
۱۳۸۹	۱۵۷۰۴۰۱	۲۲۷۷۵۰۶	۱۳۹۸۳۰۵	۴۰۸۰۴	۸۴۸۷۰۸	-	۹۲۰۹	۰۰۹۷	۱۰۸۶	۶۱۴۵۴۰۳
۱۳۹۰	۱۵۸۲۱۰۲	۲۴۳۴۱۰۷	۱۴۷۷۹۰۵	۴۰۸۰۴	۸۷۴۶۰۲	۱۰۲۰	۹۸۰۲	۰۰۹۷	۱۰۸۶	۶۵۲۱۷۰۲
۱۳۹۱	۱۵۸۲۹۰	۲۶۰۰۲۰	۱۵۷۴۴۰	۴۳۹۰	۹۷۴۵۰	۱۱۸۱۰	۱۰۳۰۵	۰۰۱		۶۸۹۴۰۰
۱۳۹۲	۱۶۰۵۴۰۷	۲۸۲۴۸۰۴	۱۶۷۴۲۰۷	۴۲۳۰۸	۱۰۴۳۳۰۸		۱۰۸۰۸	۰۰۱		۷۲۶۶۲۰۸
۱۳۹۳	۱۶۵۷۶۰	۳۰۲۲۰۰	۱۷۷۴۱۰۳	۴۰۸۰۷	۱۰۹۵۹۰		۱۱۴۰۱	۰۰۱		۷۶۳۸۵۰۶
۱۳۹۴	۱۷۱۱۴۰۲	۳۲۳۲۰۰۴	۱۸۷۴۰۰	۳۹۳۰۵	۱۱۳۹۸۰		۱۱۹۰۴	۰۰۱		۸۰۱۰۸۰۵
۱۳۹۵	۱۷۶۶۹۰۹	۳۴۳۶۰۰۵	۱۹۷۳۸۰۷	۳۷۸۰۳	۱۱۷۹۱۰۵		۱۲۴۰۷	۰۰۱		۸۳۸۳۱۰۳
۱۳۹۶	۱۸۲۴۳۰۷	۳۶۴۲۸۰۸	۲۰۷۳۷۰۳	۳۶۳۰۲	۱۲۱۶۱۰		۱۳۰۰	۰۰۱		۸۷۵۵۴۰۱

## ۱-۲- پیش بینی روند ظرفیت عملی تولید برق در ایران

با توجه به اینکه ظرفیت عملی نیروگاهها با ظرفیت اسمی آنها تفاوت معنا داری دارد، برای تحلیل ظرفیت تولید برق، لازم است که ظرفیت عملی نیروگاهها مورد بررسی قرار گیرد. در این بخش ظرفیت عملی نیروگاههای کشور با توجه به نوع مالکیت و بخش اقتصادی پیش بینی شده است. همانطور که نمودار شماره (۳) نشان می دهد با ادامه روند موجود ظرفیت عملی نیروگاه های کشور افزایش پیدا خواهد کرد و همچنان سهم بخش دولتی بالای ۷۰ درصد خواهد بود. در سناریو عدم تغییر سیاستهای فعلی، خصوصی سازی نیروگاهها با شیب زیادتری ادامه می یابد و سهم این بخش در ظرفیت نیروگاه های کشور به ۱۷ درصد خواهد رسید.



نمودار (۳) برون یابی روند ظرفیت عملی نیروگاه های کشور به تفکیک بخش های تولید برق تا سال ۱۳۹۶

جدول شماره ۲ اطلاعات مربوط به روند تغییر ظرفیت عملی نیروگاههای تولید برق کشور را به تفکیک بخش های اقتصادی نشان می دهد. تا سال ۱۳۸۳ بخشی از نیروگاههای دولتی خارج از وزارت نیرو قرار داشت ولی از سال ۸۳ تمام این نیروگاهها به مجموعه وزارت نیرو منتقل شد. بخش خصوصی از سال ۱۳۸۴ با اجرای سیاستهای تجدید ساختار صنعت برق وارد عرصه تولید برق شده است. روند موجود بیانگر آن است که علی رغم سیاستهای دولت برای ایجاد نیروگاهها توسط بخش خصوصی و واگذاری نیروگاههای فعلی، بخش خصوصی تمایل زیادی برای حضور در عرصه تولید برق ندارد و در روند موجود بار اصلی تولید برق بر عهده دولت باقی می ماند. پیش

بینی روند موجود با روش برون یابی نشان می دهد در سال ۹۶ بخش خصوصی ۱۴ هزار مگاوات و بخش دولتی ۶۵ هزار مگاوات ظرفیت عملی تولید برق را در اختیار خواهند داشت.

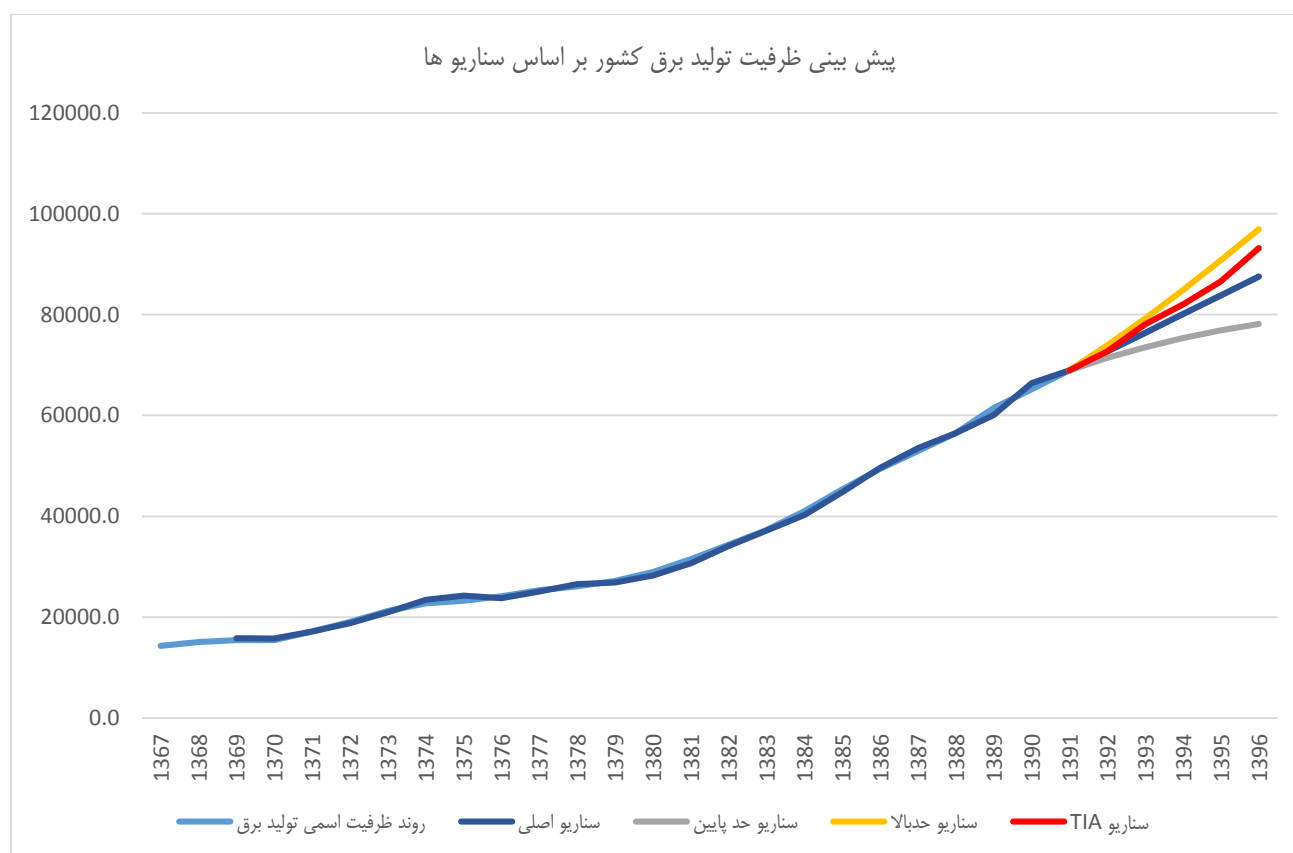
جدول (۲) مجموع ظرفیت عملی نیروگاه های کشور به تفکیک بخش های تولید برق (مگاوات)

سال	وزارت نیرو	صنایع بزرگ	بخش خصوصی	جهاد کشاورزی	سازمان انرژی اتمی	دولتی	جمع
۱۳۶۷	۱۱۷۳۴	۳۶۱	۰	۰	۰	۱۱۷۳۴.۰	۱۲۰۹۵.۰
۱۳۶۸	۱۳۶۳۴	۳۶۱	۰	۰	۰	۱۳۶۳۴.۰	۱۳۹۹۵.۰
۱۳۶۹	۱۳۷۶۲	۳۶۱	۰	۰	۰	۱۳۷۶۲.۰	۱۴۱۲۳.۰
۱۳۷۰	۱۳۸۳۵	۳۶۱	۰	۰	۰	۱۳۸۳۵.۰	۱۴۱۹۶.۰
۱۳۷۱	۱۵۰۲۹	۷۲۷	۰	۰	۰	۱۵۰۲۹.۰	۱۵۷۵۶.۰
۱۳۷۲	۱۶۹۲۱	۷۲۷	۰	۰.۱۹	۰	۱۶۹۲۱.۲	۱۷۶۴۸.۲
۱۳۷۳	۱۹۳۲۶	۷۲۸	۰	۴.۹۴	۱	۱۹۳۳۱.۹	۲۰۰۵۹.۹
۱۳۷۴	۲۰۷۵۸	۸۰۳	۰	۴.۹۴	۱	۲۰۷۶۳.۹	۲۱۵۶۶.۹
۱۳۷۵	۲۱۲۱۰	۸۰۳	۰	۴.۹۴	۱	۲۱۲۱۵.۹	۲۲۰۱۸.۹
۱۳۷۶	۲۲۱۴۱	۸۴۰	۰	۴.۹۴	۳.۶۸۲	۲۲۱۴۹.۶	۲۲۹۸۹.۶
۱۳۷۷	۲۳۰۵۰	۸۴۰	۰	۴.۹۴	۹.۹۳۲	۲۳۰۶۴.۹	۲۳۹۰۴.۹
۱۳۷۸	۲۳۹۹۰	۸۴۰	۰	۷.۷۴	۱۰.۸۳۲	۲۴۰۰۸.۶	۲۴۸۴۸.۶
۱۳۷۹	۲۴۱۴۷	۸۴۰	۰	۷.۷۴	۱۰.۹۰۹	۲۴۱۶۵.۶	۲۵۰۰۵.۶
۱۳۸۰	۲۵۶۴۵	۸۴۰	۰	۸.۶۴	۱۰.۹۰۹	۲۵۶۶۴.۵	۲۶۵۰۴.۵
۱۳۸۱	۲۸۰۰۸.۶	۸۴۰	۰	۸.۶۹	۱۰.۹۰۹	۲۸۰۲۸.۲	۲۸۸۶۸.۲
۱۳۸۲	۳۰۴۳۹.۳	۸۴۰	۰	۰	۱۶.۳۵۹	۳۰۴۵۵.۷	۳۱۲۹۵.۷
۱۳۸۳	۳۲۸۵۰.۳	۹۳۰	۰	۰	۲۱.۰۸۹	۳۲۸۷۱.۴	۳۳۸۰۱.۴
۱۳۸۴	۳۴۸۵۳.۷	۱۳۲۸.۷	۱۰۶۷.۰	۰	۰	۳۴۸۵۳.۷	۳۷۲۴۹.۴
۱۳۸۵	۳۷۵۴۰.۴	۱۹۰۸.۱	۱۵۴۷.۰	۰	۰	۳۷۵۴۰.۴	۴۰۹۹۵.۵
۱۳۸۶	۴۰۰۷۷.۳	۱۹۱۴.۱	۲۶۰۲.۳	۰	۰	۴۰۰۷۷.۳	۴۴۵۹۳.۶
۱۳۸۷	۴۱۹۸۰.۵	۲۱۶۴.۱	۳۴۷۲.۳	۰	۰	۴۱۹۸۰.۵	۴۷۶۱۶.۸
۱۳۸۸	۴۲۲۵۵.۳	۳۴۱۶.۱	۴۱۳۴.۵	۰	۰	۴۲۲۵۵.۳	۴۹۸۰۵.۹
۱۳۸۹	۴۵۰۷۷.۴	۴۰۷۸.۱	۵۱۱۶.۵	۰	۰	۴۵۰۷۷.۴	۵۴۲۷۲.۰
۱۳۹۰	۴۶۵۶۵.۲	۴۳۲۱.۵	۶۵۳۵.۵	۰	۰	۴۶۵۶۵.۲	۵۷۴۲۲.۲
۱۳۹۱	۴۸۱۲۸.۰	۴۵۹۷.۰	۷۸۴۵.۰	۰	۰	۴۸۱۲۸.۰	۶۰۷۲۳.۰
۱۳۹۲	۵۱۰۷۲.۱	۵۱۷۱.۶	۹۲۰۲.۹	۰	۰	۵۱۰۷۲.۱	۶۴۹۹۱.۷
۱۳۹۳	۵۴۱۹۶.۳	۵۸۱۸.۰	۱۰۵۳۹.۴	۰	۰	۵۴۱۹۶.۳	۶۹۵۶۰.۵

سال	وزارت نیرو	صنایع بزرگ	بخش خصوصی	جهاد کشاورزی	سازمان انرژی اتمی	دولتی	جمع
۱۳۹۴	۵۷۵۱۱.۶	۶۵۴۵.۲	۱۱۸۸۵.۴			۵۷۵۱۱.۶	۷۴۴۵۰.۴
۱۳۹۵	۶۱۰۲۹.۷	۷۳۶۳.۳	۱۳۲۲۷.۱			۶۱۰۲۹.۸	۷۹۶۸۴.۱
۱۳۹۶	۶۴۷۶۳.۰	۸۲۸۳.۶	۱۴۵۷۰.۸			۶۴۷۶۳.۱	۸۵۲۸۵.۷

### ۳-۱- پیش بینی ظرفیت تولید برق ایران بر اساس سناریوها

در این مطالعه برای پیش بینی وضعیت تولید برق کشور علاوه بر روشهای کمی برون یابی سری های زمانی از تحلیل خبرگان و سناریو TIA نیز استفاده شد. در این بخش اطلاعات بدست آمده از تحلیل کمی و تحلیل کمی- کیفی آینده تولید برق آورده شده است. همانطور که نمودار (۴) نشان می دهد روند افزایش ظرفیت تولید برق در تمامی سناریو ها ادامه می یابد. همچنین در سناریو TIA که ترکیبی از نظرات خبرگان و مدل های کمی است، شیب افزایش ظرفیت تولید برق بیش از سناریو اصلی (ادامه وضع موجود) است.



نمودار (۴) - پیش بینی ظرفیت اسمی تولید برق بر اساس سناریوهای کمی و سناریو TIA تا سال ۱۳۹۶

در جدول ۳ اطلاعات بدست آمده از هر یک از پیش بینی ها آمده است. در سناریو های اصلی، حد پایین و حد بالا، میزان افزایش ظرفیت تولید برق در ادامه روند موجود می باشد به عبارتی ظرفیت اسمی تولید برق ایران در سناریو اصلی در سال ۱۳۹۶ کمتر از ۹۰ هزار مگاوات می باشد اما در سناریو TIA میزان ظرفیت اسمی تولید برق در سال ۱۳۹۶ از مرز ۹۰ هزار مگاوات خواهد گذشت و به ۹۳ هزار مگاوات خواهد رسید.

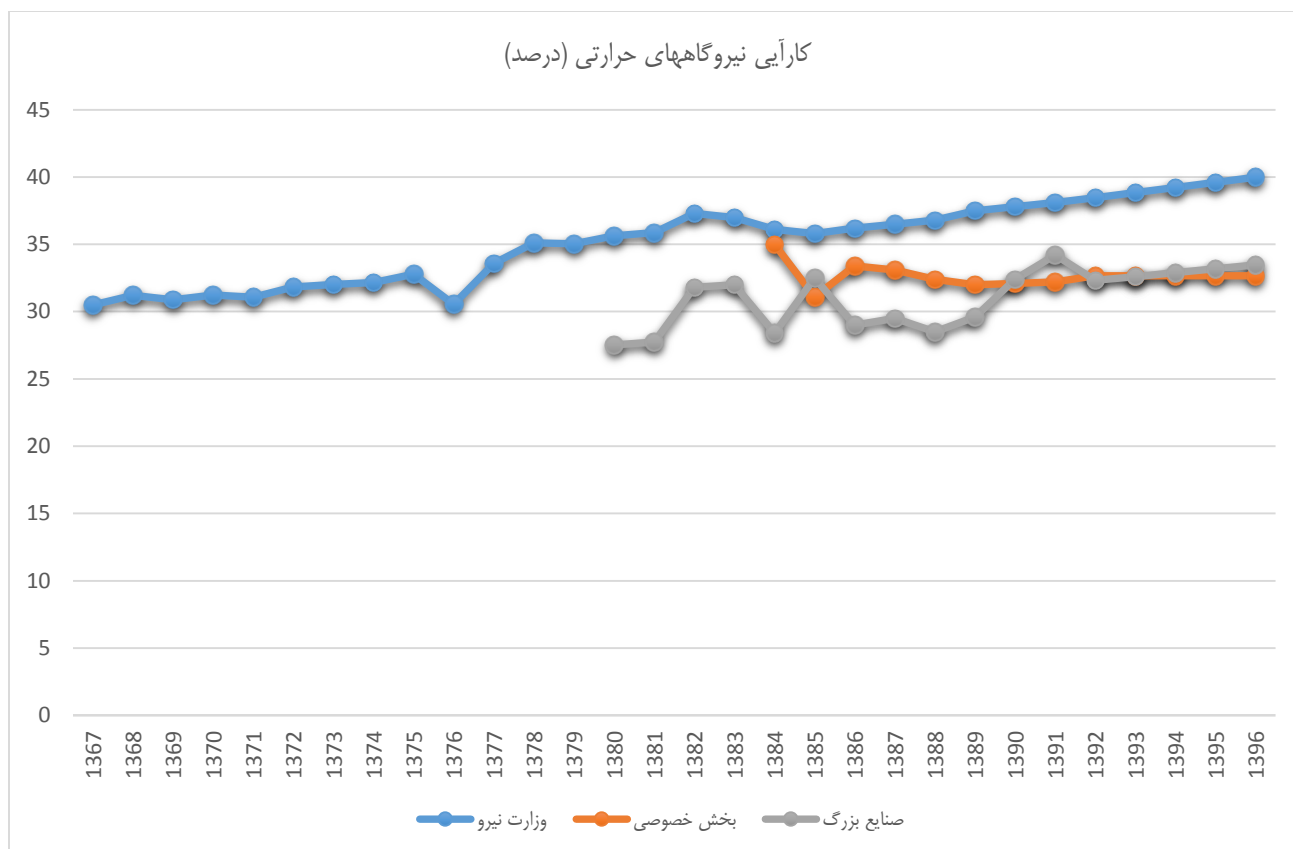
جدول (۳) پیش بینی ظرفیت اسمی تولید برق بر اساس سناریو های کمی و سناریو TIA

سال	سناریو اصلی	سناریو حد پایین	سناریو حد بالا	سناریو TIA
۱۳۹۲	۷۲۶۶۲.۸	۷۱۳۹۴.۱	۷۳۹۳۱.۵	۷۲۶۶۲.۸
۱۳۹۳	۷۶۳۸۵.۶	۷۳۵۴۸.۷	۷۹۲۲۲.۶	۷۸۰۸۷.۸
۱۳۹۴	۸۰۱۰۸.۵	۷۵۳۶۱.۳	۸۴۸۵۵.۶	۸۲۰۰۷.۳
۱۳۹۵	۸۳۸۳۱.۳	۷۶۸۸۲.۲	۹۰۷۸۰.۴	۸۶۶۱۰.۹
۱۳۹۶	۸۷۵۵۴.۱	۷۸۱۴۵.۰	۹۶۹۶۳.۲	۹۳۱۹۹.۶

افزایش ظرفیت اسمی نیروگاههای کشور نیازمند سرمایه گذاری زیادی در این صنعت خواهد بود. بر اساس برآورد مدیران وزارت نیرو افزایش هر هزار مگاوات برق نیازمند، ۸۰۰۰ میلیارد تومان سرمایه گذاری در نیروگاهها و ۸۰۰۰ میلیارد تومان در احداث خطوط و پستهای شبکه توزیع می باشد. بر این اساس اگر روند موجود ادامه یابد، صنعت برق ایران در سناریو اصلی، برای رسیدن به ظرفیت اسمی ۸۷ هزار مگاواتی سال ۱۳۹۶، نیازمند ۱۴۹ هزار میلیارد تومان سرمایه گذاری است و در سناریو TIA، میزان سرمایه گذاری مورد نیاز تا سال ۱۳۹۶، ۱۹۴ هزار میلیارد تومان خواهد بود.

#### ۴-۱- روند راندمان نیروگاههای حرارتی کشور

بهره وری و راندمان نیروگاههای حرارتی از جمله متغیرهای مهم و تاثیر گذار در اقتصاد صنعت برق ایران است. در این بخش وضعیت راندمان نیروگاههای حرارتی کشور بررسی شده است. همانطور که نمودار ۵ نشان می دهد راندمان نیروگاه های حرارتی کشور در بخش های مختلف تولید متفاوت است. در بخش دولتی روند بهبود راندمان با شیب بسیار ملایمی ادامه یافته است و پیش بینی روند موجود نشان می دهد که این وضعیت تا سال ۹۶ ادامه خواهد یافت. این درحالی است که راندمان نیروگاههای بخش خصوصی نسبت به نیروگاههای دولتی به مراتب نامناسبتر است و در روند آن بهبودی دیده نمی شود. این نمودار نشان می دهد که راندمان در بخش خصوصی در ابتدا نوسان نزولی و صعودی داشته است اما بعد در یک مقدار ثابت ۳۲ درصدی باقی مانده است. این موضوع بیانگر آن است که واگذاری نیروگاههای به بخش خصوصی موجب افزایش بهره وری نشده است و از نظر شاخص بهره وری افت محسوسی بوجود آمده است.



نمودار (۵) برونیابی روند کارایی نیروگاههای حرارتی کشور به تفکیک بخش های اقتصادی<sup>۱</sup>

جدول ۴ اطلاعات مربوط به راندمان نیروگاههای کشور به تفکیک بخش های اقتصادی از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ را نشان می دهد. در این جدول میزان راندمان نیروگاه های وزارت نیرو، بخش خصوصی و صنایع بزرگ ۲۵ سال گذشته و پیش بینی راندمان بر اساس روند فعلی تا سال ۱۳۹۶ را پوشش می دهد. داده های جدول حاکی از آن است که متوسط راندمان نیروگاههای کشور در سال ۱۳۹۱، ۳۷.۲ درصد می باشد و با شیب تدریجی انتظار می رود که به میزان ۳۸.۹ درصدی بهبود پیدا کند. این افزایش راندمان بیشتر متعلق به نیروگاههای وزارت نیرو می باشد که از ۳۸.۱ درصدی سال ۹۱ به ۴۰ درصدی سال ۹۶ افزایش خواهد یافت.

<sup>۱</sup> با توجه به اینکه بخش خصوصی از سال ۸۴ وارد عرصه تولید برق شد اطلاعات آن از این سال به بعد ایجاد شده است. در مورد صنایع بزرگ نیز داده های آن موجود نبوده است لذا نمودار های مربوط به بخش خصوصی و صنایع بزرگ نسبت به بخش وزارت نیرو کمتر بوده است.



جدول (۴) روند راندمان نیروگاههای حرارتی کشور به تفکیک بخش های اقتصادی

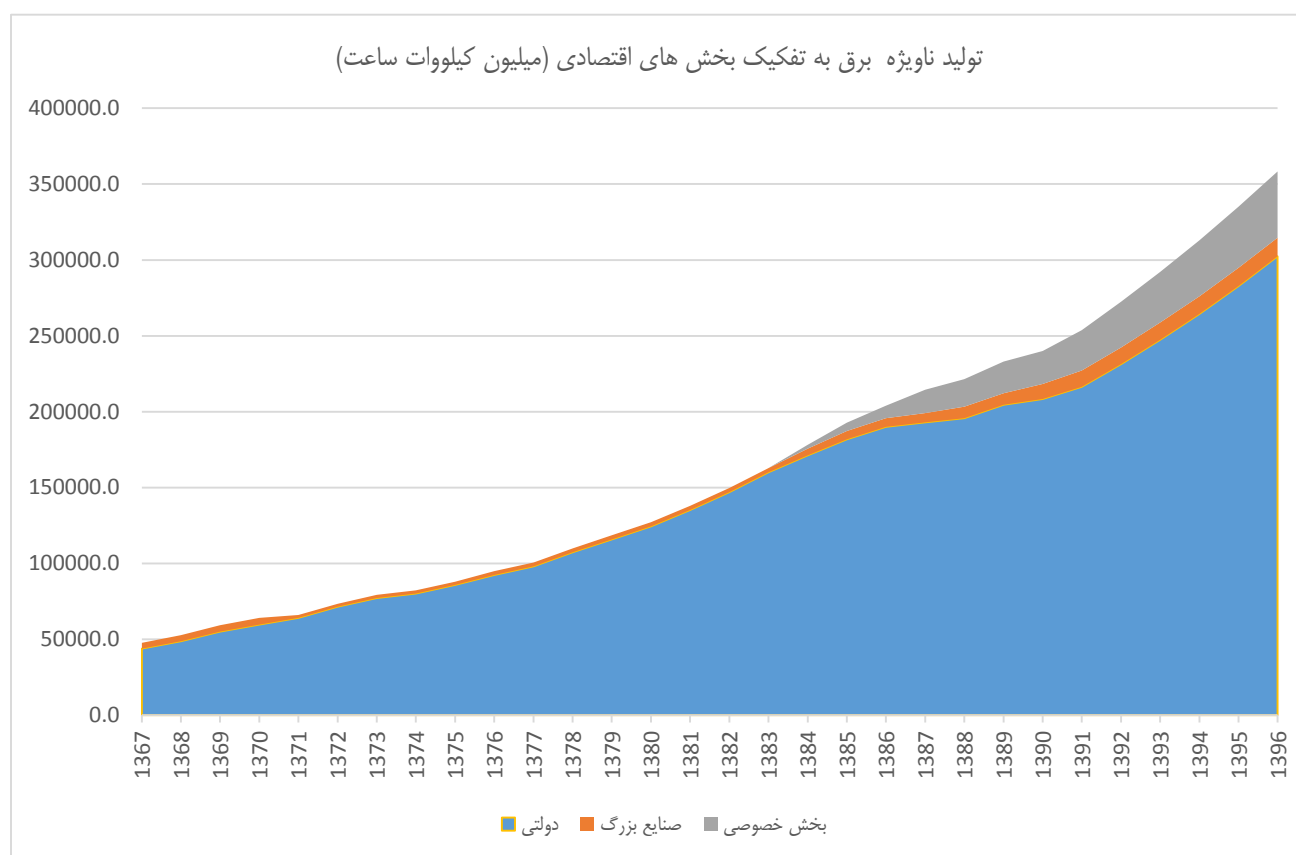
سال	وزارت نیرو	بخش خصوصی	صنایع بزرگ	کل کشور
۱۳۶۷	۳۰.۵			۳۰.۵
۱۳۶۸	۳۱.۲۲			۳۱.۲۲
۱۳۶۹	۳۰.۸۸			۳۰.۸۸
۱۳۷۰	۳۱.۲۴			۳۱.۲۴
۱۳۷۱	۳۱.۰۷			۳۱.۰۷
۱۳۷۲	۳۱.۸۴			۳۱.۸۴
۱۳۷۳	۳۲.۰۱			۳۲.۰۱
۱۳۷۴	۳۲.۱۶			۳۲.۱۶
۱۳۷۵	۳۲.۷۹			۳۲.۷۹
۱۳۷۶	۳۰.۵۵			۳۰.۵۵
۱۳۷۷	۳۳.۵۸			۳۳.۵۸
۱۳۷۸	۳۵.۱۱			۳۵.۱۱
۱۳۷۹	۳۵.۰۳			۳۵.۰۳
۱۳۸۰	۳۵.۶۳		۲۷.۵۲	۳۵.۳۸
۱۳۸۱	۳۵.۸۷		۲۷.۷۳	۳۵.۶۶
۱۳۸۲	۳۷.۳		۳۱.۸	۳۷.۲
۱۳۸۳	۳۷.۰		۳۲.۰	۳۶.۰
۱۳۸۴	۳۶.۱	۳۵.۰	۲۸.۴	۳۵.۸
۱۳۸۵	۳۵.۸	۳۱.۱	۳۲.۵	۳۵.۵
۱۳۸۶	۳۶.۲	۳۳.۴	۲۹.۰	۳۵.۸
۱۳۸۷	۳۶.۵	۳۳.۱	۲۹.۵	۳۶.۰
۱۳۸۸	۳۶.۸	۳۲.۴	۲۸.۵	۳۶.۰
۱۳۸۹	۳۷.۵	۳۲.۰	۲۹.۶	۳۶.۶
۱۳۹۰	۳۷.۸	۳۲.۱	۳۲.۴	۳۶.۹
۱۳۹۱	۳۸.۱	۳۲.۲	۳۴.۲	۳۷.۲
۱۳۹۲ف	۳۸.۵	۳۲.۷	۳۲.۳	۳۷.۵
۱۳۹۳ف	۳۸.۹	۳۲.۷	۳۲.۶	۳۷.۹
۱۳۹۴ف	۳۹.۲	۳۲.۷	۳۲.۹	۳۸.۲
۱۳۹۵ف	۳۹.۶	۳۲.۷	۳۳.۲	۳۸.۵
۱۳۹۶ف	۴۰.۰	۳۲.۷	۳۳.۵	۳۸.۹

## ۲- پیش بینی روندهای تولید برق

در این بخش پیش بینی روندهای تولید برق ارائه می‌شود؛ «پیش بینی روند تولید برق به تفکیک بخش های اقتصادی»، پیش بینی روند تولید برق به تفکیک منابع انرژی مصرفی»، «پیش بینی برق سوخت مصرفی نیروگاهها»، «پیش بینی تولید برق ایران بر اساس سناریوها» مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در هر بخش ضمن ارائه اطلاعات تکمیلی نظیر نمودارها و جداول استخراج اطلاعات، روند تغییرات هریک از متغیرها بررسی شده و روند آن تا سال ۱۳۹۶ پیش بینی شده است.

### ۱-۲- پیش بینی روند تولید برق به تفکیک بخش های اقتصادی

در این بخش روند تولید برق و یا انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاههای کشور بررسی شده است. نمودار ۶ روند تولید ناویژه برق کشور را به تفکیک بخش های اقتصادی در بازه سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ را نشان می دهد. در این نمودار روند تولید برق کشور با شیب زیادی افزایش یافته است و پیش بینی می شود که این روند افزایش تا سال ۱۳۹۶ ادامه یابد.



نمودار (۶) برونمایی روند تولید ناویژه انرژی الکتریکی به تفکیک بخش های تولید برق در کشور (میلیون کیلووات ساعت)

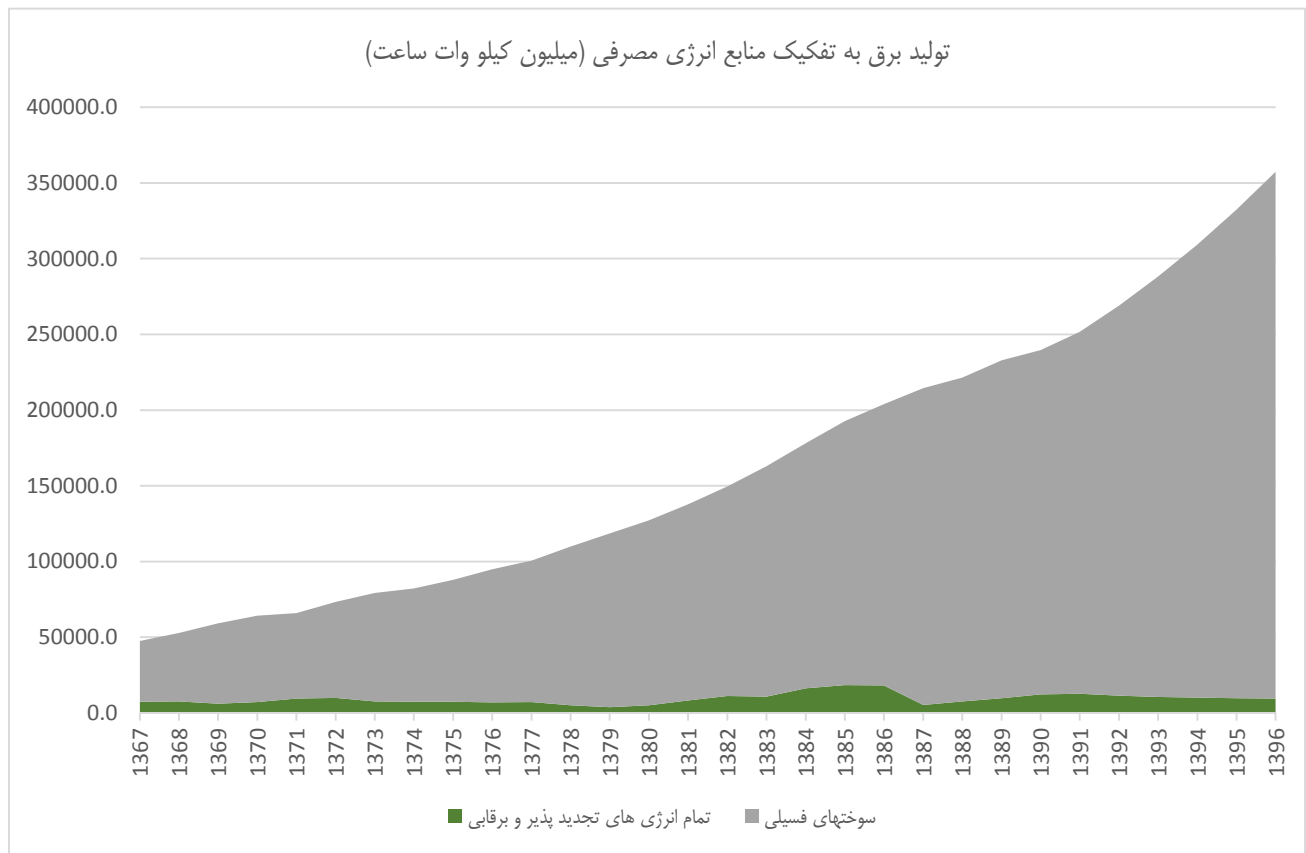
در جدول ۵ اطلاعات میزان تولید برق کشور در بخش های مختلف آورده شده است. برونمایی این روندها نشان می دهد در صورت ادامه سیاستهای فعلی، میزان تولید ناویژه برق کشور در سال ۹۶ از مرز ۳۶۰ هزار میلیون کیلووات ساعت خواهد گذشت. همچنین اطلاعات این جدول نشان می دهد که میزان تولید برق ایران در ده سال گذشته دو برابر شده است و از ۱۲۰ هزار در سال ۱۳۸۰ به ۲۴۰ هزار میلیون مگاوات ساعت در سال ۱۳۹۰ رسیده است.

جدول ۵- تولید ناویژه انرژی الکتریکی به تفکیک بخش های تولید برق در کشور (میلیون کیلووات ساعت)

سال	وزارت نیرو	صنایع بزرگ	بخش خصوصی	جهاد کشاورزی	سازمان انرژی اتمی	جمع
۱۳۶۷	۴۳۷۷۵.۰	۳۸۲۵				۴۷۶۰۰.۰
۱۳۶۸	۴۸۷۲۵.۰	۳۹۸۷				۵۲۷۱۲.۰
۱۳۶۹	۵۴۸۹۶.۰	۴۲۰۶				۵۹۱۰۲.۰
۱۳۷۰	۵۹۷۱۰.۰	۴۴۱۶				۶۴۱۲۶.۰
۱۳۷۱	۶۳۹۸۲.۰	۲۰۱۶				۶۵۹۹۸.۰
۱۳۷۲	۷۱۳۳۵.۳	۱۹۲۶		۰.۲		۷۳۲۶۱.۵
۱۳۷۳	۷۷۰۸۵.۸	۲۰۴۲		۵.۷	۰.۳	۷۹۱۳۳.۹
۱۳۷۴	۸۰۰۴۳.۷	۲۰۳۴		۱۲.۸	۳.۹	۸۲۰۹۴.۴
۱۳۷۵	۸۵۸۲۴.۸	۲۱۳۵		۱۶.۵	۴.۲	۸۷۹۸۰.۵
۱۳۷۶	۹۲۳۱۰.۸	۲۵۴۳		۲۰.۹	۶.۸	۹۴۸۸۱.۵
۱۳۷۷	۹۷۸۶۲.۴	۲۶۵۹		۲۵.۶	۱۷.۶	۱۰۰۵۶۴.۵
۱۳۷۸	۱۰۷۲۰۷.۹	۲۴۹۸		۲۴.۸	۳۵.۱	۱۰۹۷۶۵.۸
۱۳۷۹	۱۱۵۷۰۸.۳	۲۷۳۳		۱۴.۵	۳۶.۶	۱۱۸۴۹۲.۴
۱۳۸۰	۱۲۴۲۷۵.۰	۲۸۶۳		۲۰.۲	۳۳.۸	۱۲۷۱۹۱.۹
۱۳۸۱	۱۳۵۱۴۶.۱	۲۶۳۷		۳۵.۱	۳۰.۲	۱۳۷۸۴۸.۳
۱۳۸۲	۱۴۶۹۶۲.۷	۲۶۸۸			۲۷.۵	۱۴۹۶۷۸.۲
۱۳۸۳	۱۵۹۹۸۸.۰	۲۸۴۱.۵			۳۹.۷	۱۶۲۸۶۹.۳
۱۳۸۴	۱۷۱۱۷۳.۵	۴۵۲۴.۴	۲۳۹۰.۹			۱۷۸۰۸۸.۹
۱۳۸۵	۱۸۱۶۸۵.۱	۵۵۱۰.۱	۵۴۸۶.۶			۱۹۲۶۸۱.۸
۱۳۸۶	۱۹۰۰۳۲.۲	۵۶۵۳.۴	۸۳۰۰.۷			۲۰۳۹۸۶.۲
۱۳۸۷	۱۹۲۹۵۱.۸	۶۰۹۰.۵	۱۵۴۸۸.۰			۲۱۴۵۳۰.۴
۱۳۸۸	۱۹۵۶۳۴.۷	۷۵۵۰.۲	۱۸۱۸۵.۱			۲۲۱۳۷۰.۰
۱۳۸۹	۲۰۴۴۷۵.۳	۷۵۷۹.۴	۲۰۹۰۰.۱			۲۳۲۹۵۴.۸
۱۳۹۰	۲۰۸۴۱۴.۰	۹۸۳۵.۶	۲۱۸۱۳.۶			۲۴۰۰۶۳.۲
۱۳۹۱	۲۱۶۳۷۰.۰	۱۰۷۴۰.۰	۲۶۵۳۷.۰			۲۵۴۲۶۵.۰
۱۳۹۲	۲۲۳۴۶۴.۴	۱۱۰۲۸.۱	۲۹۹۸۶.۴			۲۷۲۷۲۶.۴
۱۳۹۳	۲۳۰۶۱۱.۹	۱۱۳۱۶.۳	۳۳۴۳۵.۹			۲۹۲۵۲۸.۲
۱۳۹۴	۲۳۷۷۵۹.۴	۱۱۶۰۴.۴	۳۶۸۸۵.۳			۳۱۳۷۶۷.۷
۱۳۹۵	۲۴۴۹۰۷.۰	۱۱۸۹۲.۵	۴۰۳۳۴.۸			۳۳۶۵۴۹.۴
۱۳۹۶	۲۵۲۰۵۴.۵	۱۲۱۸۰.۶	۴۳۷۸۴.۲			۳۶۰۹۸۵.۲

## ۲-۲- پیش بینی روند تولید برق به تفکیک منابع انرژی مصرفی

موضوع تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر از جمله مسائل مهم تولید برق است. در این بخش وضعیت روندهای تولید برق با توجه به نوع انرژی اولیه آن برآورد شده است. نمودار ۷ نشاندهنده روند تولید برق به تفکیک سوختهای فسیلی و انرژی های تجدیدپذیر در بازه ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ پیش بینی شده است. با توجه به اینکه تولید برقآبی بخش اصلی انرژی های تجدیدپذیر را تشکیل می دهد و تولید آن به متغیرهای زیادی بستگی دارد، میزان تولید برق از منابع تجدید پذیر در صورت ادامه سیاستهای فعلی رشد چندانی نخواهد داشت و همچنان بخش اصلی انرژی برق از سوختهای فسیلی تامین خواهد شد.



نمودار (۷) برونیابی میزان تولید برق ایران به تفکیک انرژی های مصرفی نیروگاهها از ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶

اطلاعات استفاده شده در نمودار ۷ در جدول زیر آمده است. همانطور که جدول ۶ نشان می دهد سهم انرژی های تجدید پذیر (برقآبی، بادی، خورشیدی و بیوگازسوز) از کل تولید برق ایران در سال ۹۱ حدود ۵ درصد است و این میزان تا سال ۱۳۹۶ در نوسان است و با ادامه روند موجود از میزان ۵ درصد افزایش نخواهد یافت.

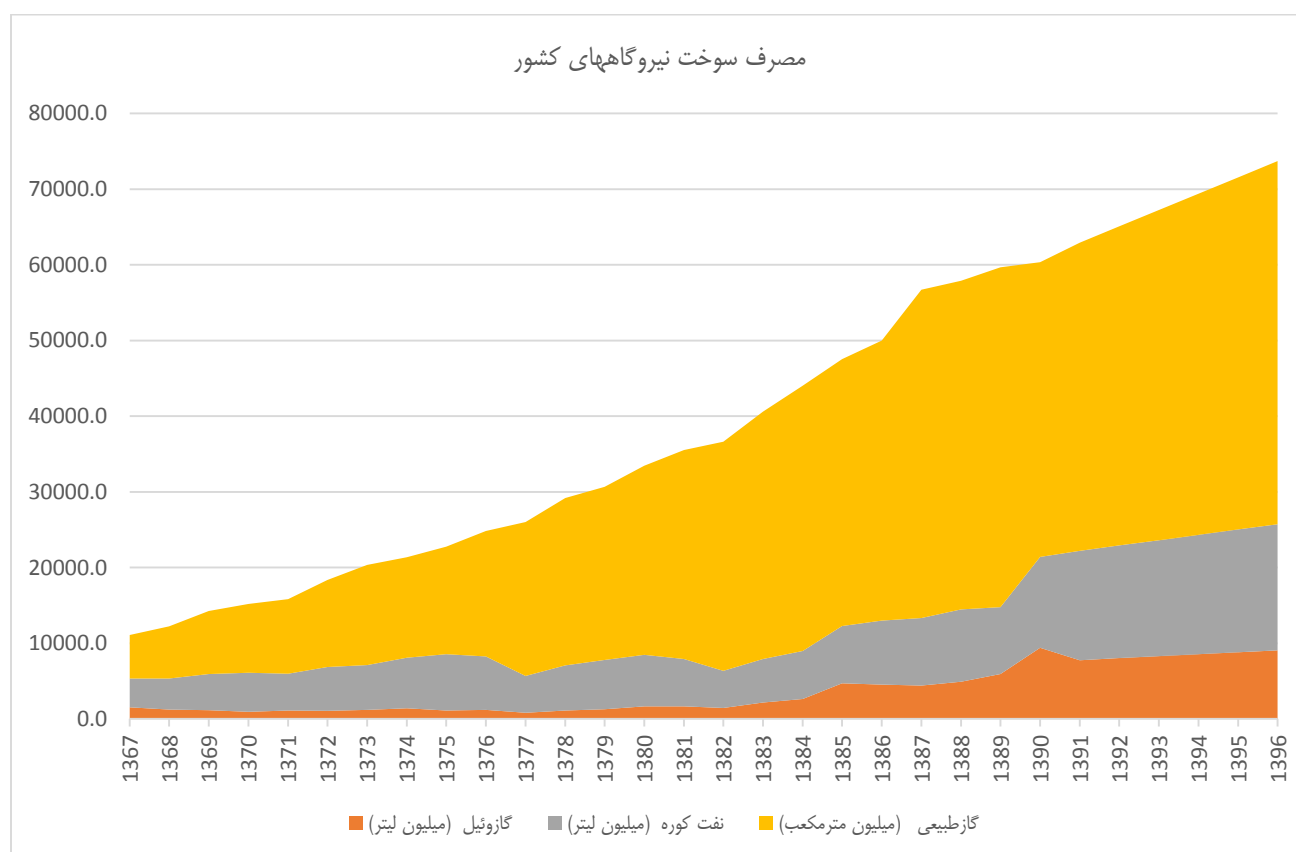
جدول ۶- میزان تولید برق ایران به تفکیک انرژی های مصرفی نیروگاه ها از ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ (میلیون کیلو وات ساعت)

سال	انرژی های تجدید پذیر (برقآبی، بادی، خورشیدی و بیوگاز سوز)	سوخته های فسیلی
۱۳۶۷	۷۳۱۱.۰	۴۰۲۸۹.۰
۱۳۶۸	۷۵۲۲.۰	۴۵۱۹۰.۰
۱۳۶۹	۶۰۸۳.۰	۵۳۰۱۹.۰
۱۳۷۰	۷۰۵۶.۰	۵۷۰۷۰.۰
۱۳۷۱	۹۵۳۰.۰	۵۶۴۶۸.۰
۱۳۷۲	۹۸۲۳.۶	۶۳۴۳۷.۸
۱۳۷۳	۷۴۵۰.۸	۷۱۶۸۳.۰
۱۳۷۴	۷۲۹۲.۲	۷۴۸۰۲.۳
۱۳۷۵	۷۳۹۶.۷	۸۰۵۸۳.۹
۱۳۷۶	۶۹۳۵.۷	۸۷۹۴۵.۸
۱۳۷۷	۷۰۵۷.۷	۹۳۵۰۶.۸
۱۳۷۸	۵۰۰۲.۸	۱۰۴۷۶۳.۰
۱۳۷۹	۳۷۰۱.۱	۱۱۴۷۹۱.۳
۱۳۸۰	۵۱۱۰.۶	۱۲۲۰۸۱.۳
۱۳۸۱	۸۱۱۵.۷	۱۲۹۷۳۲.۷
۱۳۸۲	۱۱۱۲۶.۲	۱۳۸۵۵۱.۹
۱۳۸۳	۱۰۶۷۳.۰	۱۵۲۱۹۶.۲
۱۳۸۴	۱۶۱۷۱.۲	۱۶۱۹۱۷.۷
۱۳۸۵	۱۸۳۹۱.۰	۱۷۴۲۹۰.۸
۱۳۸۶	۱۸۱۳۰.۴	۱۸۵۸۵۵.۹
۱۳۸۷	۵۱۹۹.۷	۲۰۹۳۳۰.۷
۱۳۸۸	۷۴۵۹.۷	۲۱۳۹۱۰.۳
۱۳۸۹	۹۶۹۴.۸	۲۲۳۲۶۰.۰
۱۳۹۰	۱۲۲۷۷.۰	۲۲۷۴۲۷.۲
۱۳۹۱	۱۲۶۵۵.۰	۲۳۹۱۳۴.۰
۱۳۹۲	۱۱۳۵۴.۸۷	۲۵۷۷۴۴.۱۸
۱۳۹۳	۱۰۵۴۲.۸	۲۷۷۸۰۲.۶۷
۱۳۹۴	۱۰۰۳۵.۵۶	۲۹۹۴۲۲.۱۷
۱۳۹۵	۹۷۱۸.۷۴	۳۲۲۷۲۴.۱۷
۱۳۹۶	۹۵۲۰.۸۵	۳۴۷۸۳۹.۶۱

### ۳-۲- پیش بینی روند سوختهای مصرفی نیروگاههای حرارتی کشور

با توجه به اهمیت نیروگاههای با سوختهای فسیلی در تأمین انرژی برق، یکی از موضوعات مهم صنعت برق میزان مصرف سوخت این نیروگاه ها است. در این بخش «روند سوخت های مصرفی نیروگاههای حرارتی کشور» بررسی شده است. در نمودار ۸ این روند قابل مشاهده است. در این نمودار داده های مربوط به مصرف گاز طبیعی، گاز کوره و گازوئیل که سوختهای اصلی نیروگاههای کشور هستند در بازه زمانی ۲۵ سال گذشته (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱) گردآوری شده و بر اساس آن میزان مصرف این سوخت ها برای پنج سال بعدی یعنی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶، برونمایی شده است.

همانطور که در نمودار دیده می شود سهم گاز طبیعی در تأمین سوخت نیروگاههای حرارتی کشور به شدت افزایش یافته است و هم اکنون نیروگاههای کشور یکی از مصرف کنندگان بزرگ گاز طبیعی در بخش انرژی (حدود ۷۹ درصد) می باشند.



نمودار (۸) برون یابی روند مصرف سوختهای اصلی نیروگاههای کشور تا سال ۱۳۹۶

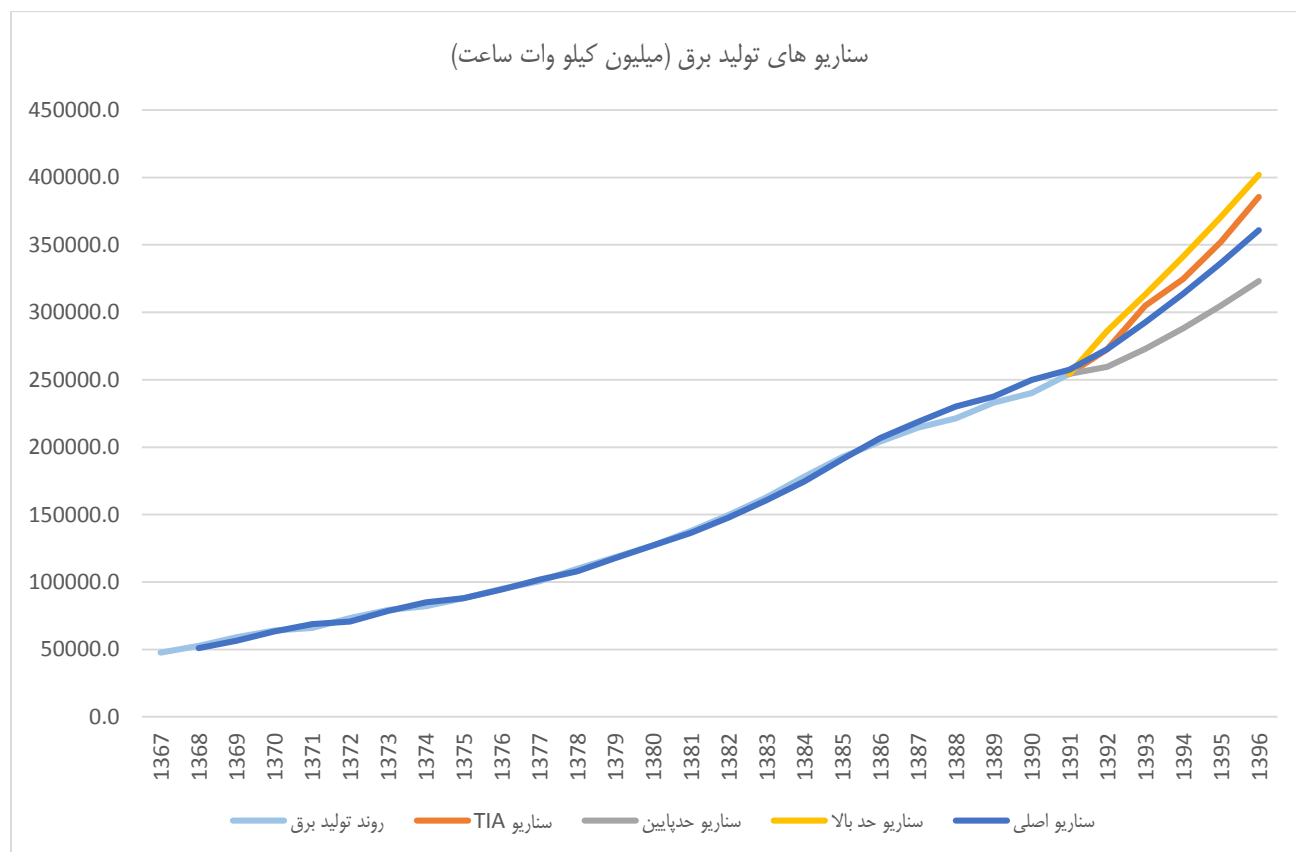
جدول ۷ اطلاعات مورد استفاده در نمودار ۸ را بطور تفصیلی ارائه کرده است. بر اساس اطلاعات این جدول میزان گاز مصرفی نیروگاههای کشور در طی ۱۰ سال ۱.۵ برابر شده است و از ۲۵۰۰۱.۱ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۱ به ۴۰۶۹۲.۰ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۱ رسیده است. در صورت ادامه وضع موجود پیش بینی می شود مصرف گاز طبیعی در نیروگاههای کشور بطور متوسط سالیانه ۳ درصد رشد داشته باشد و در سال ۹۶، نزدیک به ۴۸ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در این نیروگاههای مصرف شود.

جدول (۷) میزان سوخت مصرفی نیروگاههای حرارتی به تفکیک نوع سوخت

سال	گازوئیل (لیتر میلیون)	نفت کوره (میلیون لیتر)	گاز طبیعی (میلیون مترمکعب)
۱۳۶۷	۱۵۱۷.۰	۳۸۳۹.۰	۵۷۳۰.۰
۱۳۶۸	۱۲۵۹.۰	۴۱۰۱.۰	۶۸۶۳.۰
۱۳۶۹	۱۱۴۳.۰	۴۸۱۰.۰	۸۳۱۶.۰
۱۳۷۰	۹۶۵.۰	۵۱۴۴.۰	۹۰۹۹.۰
۱۳۷۱	۱۱۰۳.۰	۴۸۵۳.۰	۹۸۵۸.۰
۱۳۷۲	۱۰۷۲.۸	۵۷۸۶.۳	۱۱۵۰۰.۶
۱۳۷۳	۱۲۲۰.۱	۵۸۸۷.۵	۱۳۲۲۷.۳
۱۳۷۴	۱۴۱۱.۰	۶۷۰۰.۱	۱۳۲۳۳.۶
۱۳۷۵	۱۱۱۰.۴	۷۴۴۵.۹	۱۴۱۹۶.۴
۱۳۷۶	۱۲۰۱.۷	۷۰۳۸.۰	۱۶۵۷۴.۵
۱۳۷۷	۸۲۸.۵	۴۸۷۰.۲	۲۰۳۳۶.۸
۱۳۷۸	۱۱۲۴.۰	۵۹۴۵.۶	۲۲۱۱۷.۳
۱۳۷۹	۱۲۸۲.۷	۶۴۹۱.۸	۲۲۸۸۲.۸
۱۳۸۰	۱۶۶۶.۹	۶۷۹۸.۸	۲۵۰۰۱.۱
۱۳۸۱	۱۶۵۲.۵	۶۲۷۵.۳	۲۷۵۹۸.۰
۱۳۸۲	۱۴۳۹.۲	۴۹۳۷.۸	۳۰۲۶۸.۴
۱۳۸۳	۲۱۸۸.۵	۵۷۳۶.۱	۳۲۶۸۱.۵
۱۳۸۴	۲۶۴۹.۲	۶۳۲۹.۰	۳۵۰۵۲.۵
۱۳۸۵	۴۷۰۱.۳	۷۵۸۷.۱	۳۵۲۳۸.۷
۱۳۸۶	۴۵۵۷.۲	۸۴۳۴.۷	۳۶۹۷۴.۷
۱۳۸۷	۴۴۰۲.۹	۸۹۱۰.۶	۴۳۴۱۱.۲
۱۳۸۸	۴۹۳۴.۱	۹۵۴۱.۵	۴۳۴۰۴.۰
۱۳۸۹	۵۹۱۹.۰	۸۸۵۸.۸	۴۴۸۹۰.۰
۱۳۹۰	۹۴۰۶.۳	۱۲۰۱۸.۹	۳۸۹۰۱.۱
۱۳۹۱	۷۷۶۸.۰	۱۴۴۵۰.۰	۴۰۶۹۲.۰
۱۳۹۲	۸۰۲۸.۵	۱۴۸۹۲.۱	۴۲۱۴۶.۴
۱۳۹۳	۸۲۸۸.۹	۱۵۳۳۴.۳	۴۳۶۰۳.۶
۱۳۹۴	۸۵۴۹.۴	۱۵۷۷۶.۴	۴۵۰۶۰.۷
۱۳۹۵	۸۸۰۹.۸	۱۶۲۱۸.۵	۴۶۵۱۷.۸
۱۳۹۶	۹۰۷۰.۳	۱۶۶۶۰.۶	۴۷۹۷۴.۹

#### ۴-۲- پیش بینی تولید برق بر اساس سناریوها

در این مطالعه برای پیش بینی وضعیت مصرف برق کشور علاوه بر روشهای کمی برونابی سری های زمانی از تحلیل خبرگان و سناریو TIA نیز استفاده شد. در این بخش اطلاعات بدست آمده از تحلیل کمی و تحلیل کمی - کیفی آینده مصرف برق آورده شده است. در نمودار (۹) روند تولید برق در تمامی سناریو ها افزایشی است و در سناریو TIA که ترکیبی از نظرات خبرگان و مدل های کمی است، میزان افزایش تولید برق بیش از سناریو اصلی (ادامه وضع موجود) است.



نمودار (۹) پیش بینی تولید برق بر اساس سناریوهای کمی و سناریو TIA تا سال ۱۳۹۶

در جدول ۸ اطلاعات بدست آمده از هر یک از پیش بینی ها آورده شده است. در سناریو های اصلی (ادامه وضع موجود) میزان افزایش تولید برق بطور متوسط سالیانه ۷.۲ درصد رشد می یابد در حالیکه در سناریو TIA رشد سالیانه بطور متوسط ۸.۷ درصد است.

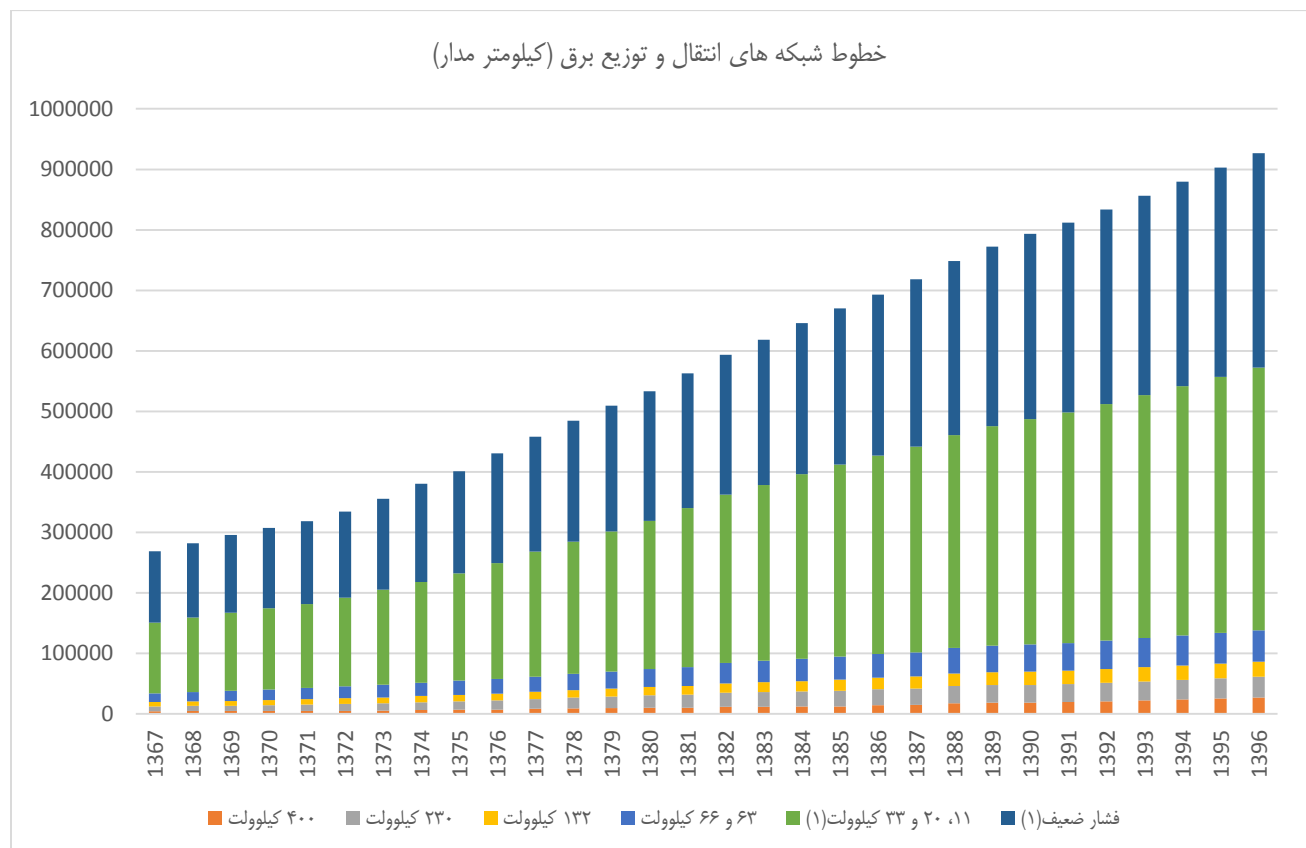


جدول (۸) پیش بینی تولید برق بر اساس سناریو های کمی و سناریو TIA تا سال ۱۳۹۶ (میلیون کیلو وات ساعت)

سال	سناریو اصلی	سناریو حد پایین	سناریو حد بالا	سناریو TIA
۱۳۹۲	۲۷۲۷۲۶.۴	۲۵۹۶۷۸.۱۷	۲۸۶۲۷۱.۲۲	۲۷۲۷۲۶.۴
۱۳۹۳	۲۹۲۵۲۸.۲	۲۷۲۸۸۹.۰۲	۳۱۳۳۳۲.۶۶	۳۰۴۹۵۰.۹
۱۳۹۴	۳۱۳۷۶۷.۷	۲۸۸۱۲۲.۴۴	۳۴۱۱۲۶.۹۲	۳۲۴۷۱۱.۴
۱۳۹۵	۳۳۶۵۴۹.۴	۳۰۴۹۴۶.۹۴	۳۷۰۶۰۲.۸۶	۳۵۲۲۱۴.۰
۱۳۹۶	۳۶۰۹۸۵.۲	۳۲۳۲۵۵.۸۹	۴۰۲۰۰۰.۴۸	۳۸۵۵۹۴.۴

### ۳- پیش بینی روند گسترش خطوط شبکه های انتقال و توزیع

شبکه های انتقال، فوق توزیع و توزیع بخشی از زنجیره تولید صنعت برق است که می تواند تحت تأثیر تغییرات فناوری، تحولات عمیقی را پذیرا شود. در این بخش وضعیت روندهای گسترش خطوط شبکه های انتقال، توزیع و فوق توزیع با توجه به سطح ولتاژ خطوط بررسی شده است. نمودار ۱۰ روند توسعه خطوط برق در بخش انتقال، فوق توزیع و توزیع برق به تفکیک سطح ولتاژ در بازه زمانی ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ نشان می دهد. در این نمودار، داده های مربوط به ۲۵ سال گذشته خطوط برق از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱ گردآوری شده است و بر اساس آن وضعیت شبکه در ۵ سال بعد تا سال ۱۳۹۶ برنیابی شده است.



نمودار (۱۰) برون یابی روند گسترش خطوط انتقال، فوق توزیع و توزیع برق کشور تا سال ۱۳۹۶

اطلاعات نمودار فوق در جدول ۹ به تفصیل آمده است. بر اساس داده های گردآوری شده روند گسترش خطوط در ۲۵ سال گذشته می توان گفت که خطوط فشار ضعیف و شبکه های توزیع با سرعت کمتری در سالهای اخیر رشد کرده است و خطوط فشار قوی انتقال با سرعت بیشتری رشد کرده است. این موضوع با رتبه ایران در دادن دسترسی به برق همراستا است، چرا که ایران با رتبه ۱۶۹ در شاخص دسترسی به برق بانک جهانی وضعیت بسیار نامطلوبی دارد و متقاضیان برق مدت زیادی را برای دریافت انشعاب برق باید تحمل کنند علی رغم اینکه ایران برق مازاد مصرف داخلی را صادر می کند.

جدول (۹) روند گسترش خطوط انتقال، فوق توزیع و توزیع برق کشور (کیلومتر مدار)

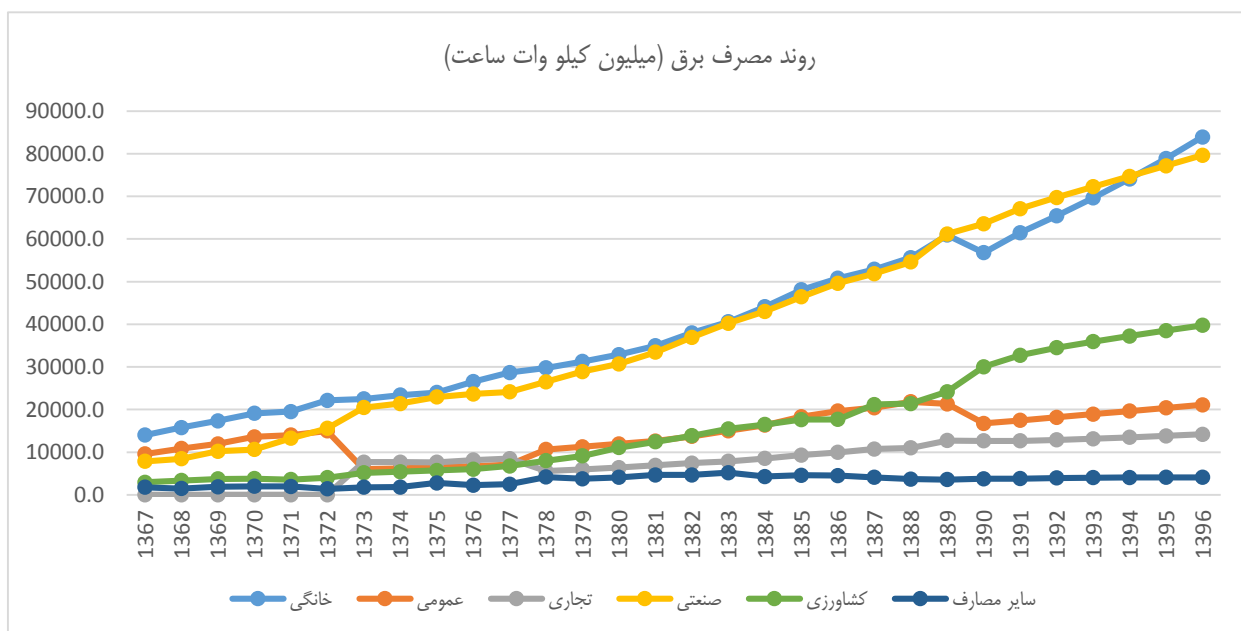
سال	۴۰۰ کیلوولت	۲۳۰ کیلوولت	۱۳۲ کیلوولت	۶۳ و ۶۶ کیلوولت	۲۰، ۱۱ و ۳۳ کیلوولت <sup>(۱)</sup>	فشار ضعیف <sup>(۱)</sup>
۱۳۶۷	۴۵۰۶	۷۸۹۶	۷۱۲۳	۱۴۳۹۹	۱۱۷۰۹۰	۱۱۷۹۴۸
۱۳۶۸	۴۶۸۴	۸۵۰۴	۷۴۲۷	۱۵۶۰۴	۱۲۳۰۶۶	۱۲۲۸۵۴
۱۳۶۹	۴۶۸۴	۸۷۷۶	۷۸۹۵	۱۶۹۶۶	۱۲۹۰۳۳	۱۲۸۱۶۶
۱۳۷۰	۴۷۷۰	۹۵۷۴	۸۳۱۵	۱۷۵۶۸	۱۳۴۴۶۵	۱۳۲۷۱۳
۱۳۷۱	۴۷۷۰	۱۰۷۱۷	۸۹۲۷	۱۸۵۹۱	۱۳۸۴۹۹	۱۳۶۸۶۷
۱۳۷۲	۵۰۹۰	۱۱۵۸۱	۹۳۵۴	۱۹۷۲۸	۱۴۶۳۳۱	۱۴۲۲۵۶
۱۳۷۳	۵۱۶۵	۱۲۲۷۱	۹۶۶۰	۲۰۹۵۴	۱۵۷۲۰۵	۱۵۰۰۰۶
۱۳۷۴	۶۱۸۴	۱۳۱۷۸	۱۰۳۴۸	۲۱۶۸۴	۱۶۶۷۲۳	۱۶۲۰۸۱
۱۳۷۵	۶۷۳۰	۱۴۱۱۵	۱۰۶۴۷	۲۳۳۳۶	۱۷۷۳۱۳	۱۶۸۷۴۲
۱۳۷۶	۶۹۶۵	۱۵۲۵۱	۱۱۲۷۱	۲۴۲۱۰	۱۹۱۷۲۱	۱۸۱۲۵۰
۱۳۷۷	۸۳۱۳	۱۶۳۱۵	۱۱۶۸۵	۲۵۲۵۱	۲۰۶۷۴۷	۱۸۹۸۲۹
۱۳۷۸	۹۱۵۶	۱۸۰۲۸	۱۲۱۰۷	۲۶۷۸۸	۲۱۸۴۳۲	۲۰۰۰۵۸
۱۳۷۹	۹۷۷۰	۱۸۹۹۲	۱۳۰۷۹	۲۸۲۵۱	۲۳۱۳۴۰	۲۰۷۹۵۲
۱۳۸۰	۹۹۲۴	۲۰۷۳۱	۱۳۸۵۷	۲۹۴۰۰	۲۴۵۱۳۹	۲۱۴۲۴۴
۱۳۸۱	۱۰۳۱۷	۲۱۳۸۱	۱۴۲۰۰	۳۱۳۳۵	۲۶۲۸۲۰	۲۲۲۷۴۵
۱۳۸۲	۱۱۸۳۲	۲۳۰۰۷	۱۵۶۱۹	۳۳۶۵۱	۲۷۸۲۵۷	۲۳۱۰۴۲
۱۳۸۳	۱۱۸۴۸	۲۴۱۵۱	۱۶۵۱۳	۳۵۲۷۴	۲۹۰۶۲۳	۲۳۹۷۹۶
۱۳۸۴	۱۲۱۳۸	۲۴۹۳۱	۱۷۰۴۷	۳۶۷۲۰	۳۰۵۱۹۸	۲۴۹۵۹۶
۱۳۸۵	۱۲۴۴۰	۲۵۶۳۴	۱۸۵۲۸	۳۷۹۷۳	۳۱۷۶۳۲	۲۵۸۱۶۱
۱۳۸۶	۱۴۱۹۱	۲۶۴۵۵	۱۹۱۸۵	۳۹۲۳۲	۳۲۷۹۹۷	۲۶۵۸۲۶
۱۳۸۷	۱۴۸۲۳	۲۷۰۸۲	۱۹۹۸۶	۳۹۷۳۲	۳۴۰۱۴۳	۲۷۶۷۰۶
۱۳۸۸	۱۷۴۳۸	۲۸۴۸۷	۲۰۷۰۳	۴۲۳۳۹	۳۵۱۹۱۳	۲۸۷۵۳۶
۱۳۸۹	۱۸۷۶۱	۲۹۱۱۷	۲۱۱۱۱	۴۴۰۰۷	۳۶۲۳۴۷	۲۹۷۱۰۷
۱۳۹۰	۱۸۶۲۵.۱	۲۹۱۵۷.۹	۲۲۰۹۰.۹	۴۴۹۵۵.۷	۳۷۲۴۶۳	۳۰۶۱۳۶
۱۳۹۱	۱۹۴۰۶	۲۹۶۵۶	۲۲۴۳۱	۴۵۵۴۷	۳۸۱۵۰۰	۳۱۳۳۰۰
۱۳۹۲	۲۰۸۱۳	۳۰۴۹۴	۲۳۰۴۵	۴۶۷۸۶	۳۹۱۰۷۹	۳۲۱۴۴۰
۱۳۹۳	۲۲۲۴۵	۳۱۳۸۵	۲۳۵۶۵	۴۸۰۷۶	۴۰۱۶۱۴	۳۲۹۵۷۹
۱۳۹۴	۲۳۷۷۶	۳۲۲۸۵	۲۴۰۸۵	۴۹۳۷۱	۴۱۲۳۳۲	۳۳۷۷۱۹
۱۳۹۵	۲۵۴۱۲	۳۳۱۸۶	۲۴۶۰۵	۵۰۶۶۶	۴۲۳۰۷۳	۳۴۵۸۵۹
۱۳۹۶	۲۷۱۶۱	۳۴۰۸۷	۲۵۱۲۶	۵۱۹۶۰	۴۳۴۲۷۰	۳۵۳۹۹۸

#### ۴- پیش بینی مصرف برق

در این بخش روندهای مصرف برق پیش بینی می‌شود بر این اساس ابتدا پیش بینی «رشد مصرف برق به تفکیک بخش های اقتصادی» ارائه می‌شود و سپس روند مصرف برق ایران بر اساس سناریوهای کمی و سناریوهای TIA ارائه می‌شود. در هر بخش ضمن ارائه اطلاعات تکمیلی نظیر نمودارها و جداول استخراج اطلاعات، روند تغییرات هریک از متغیرها بررسی شده و روند آن تا سال ۱۳۹۶ پیش بینی شده است.

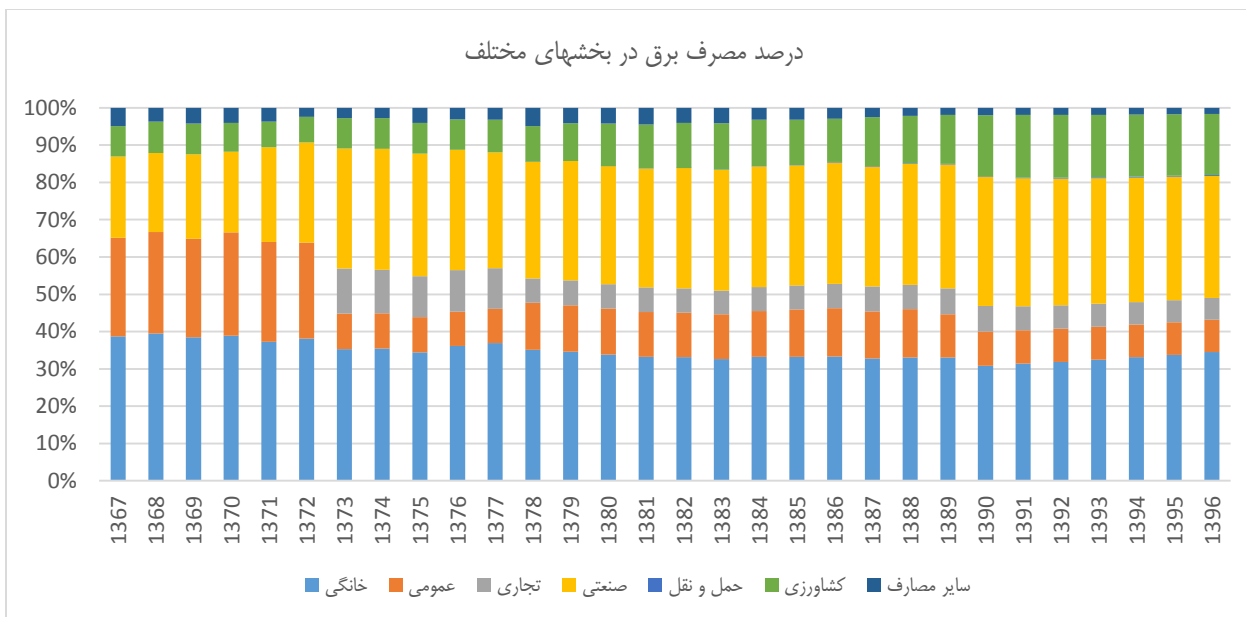
#### ۱-۴ - پیش بینی روند مصرف برق

در این بخش روند مصرف برق ایران در بخش های مختلف بررسی شده است. این روند در نمودار ۱۱ مشاهده می‌شود. در این نمودار اطلاعات مربوط به میزان مصرف برق هریک از بخش های اقتصادی، خانگی، صنعتی، کشاورزی، تجاری و عمومی از ۲۵ سال قبل آورده شده است و بر اساس آن میزان مصرف برق ۵ سال بعد یعنی از ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ پیش بینی شده است. همانطور که نمودارها نشان می‌دهد با ادامه سیاستهای موجود روند مصرف برق در تمام بخش های اصلی اقتصاد افزایشی خواهد بود و برای پاسخگویی به این میزان مصرف برق، نیاز به تولید برق و رشد ظرفیت نیروگاهی و شبکه خطوط انتقال و توزیع می‌باشد.



نمودار (۱۱) برونمایی روند مصرف برق در بخش های مختلف اقتصادی تا سال ۱۳۹۶

نمودار ۱۱ درصد مصرف برق هر یک از بخش های اقتصادی را بین سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهد که بر اساس آن مصرف برق ۵ سال بعد پیش بینی شده و در نمودار آمده است. همانطور که این نمودار نشان می‌دهد بخش خانگی و صنعتی بطور متوسط هر یک حدود ۳۳ درصد مصرف برق را تشکیل داده اند و به اضافه بخش کشاورزی ۸۵ درصد مصرف برق را در برمی‌گیرند.



**نمودار (۱۲) برونیابی روند سهم مصرف برق هر یک از بخش های اقتصادی تا سال ۱۳۹۶**

اطلاعات استفاده شده در نمودار های ۱۱ و ۱۲ در جدول ۱۰ آمده است. همانطور که اطلاعات جدول نشان می دهد، در سال ۱۳۹۰ با اجرای طرح هدفمندی یارانه ها در بخش خانگی و عمومی کاهش مصرف داشته ایم اما در بخش صنعت و کشاورزی کاهش مصرفی اتفاق نیفتاده است. اطلاعات جدول نشان می دهد که میزان مصرف برق بخش های اصلی اقتصاد یعنی خانگی، صنعت و کشاورزی در ۱۰ سال گذشته تقریباً دو برابر شده است.

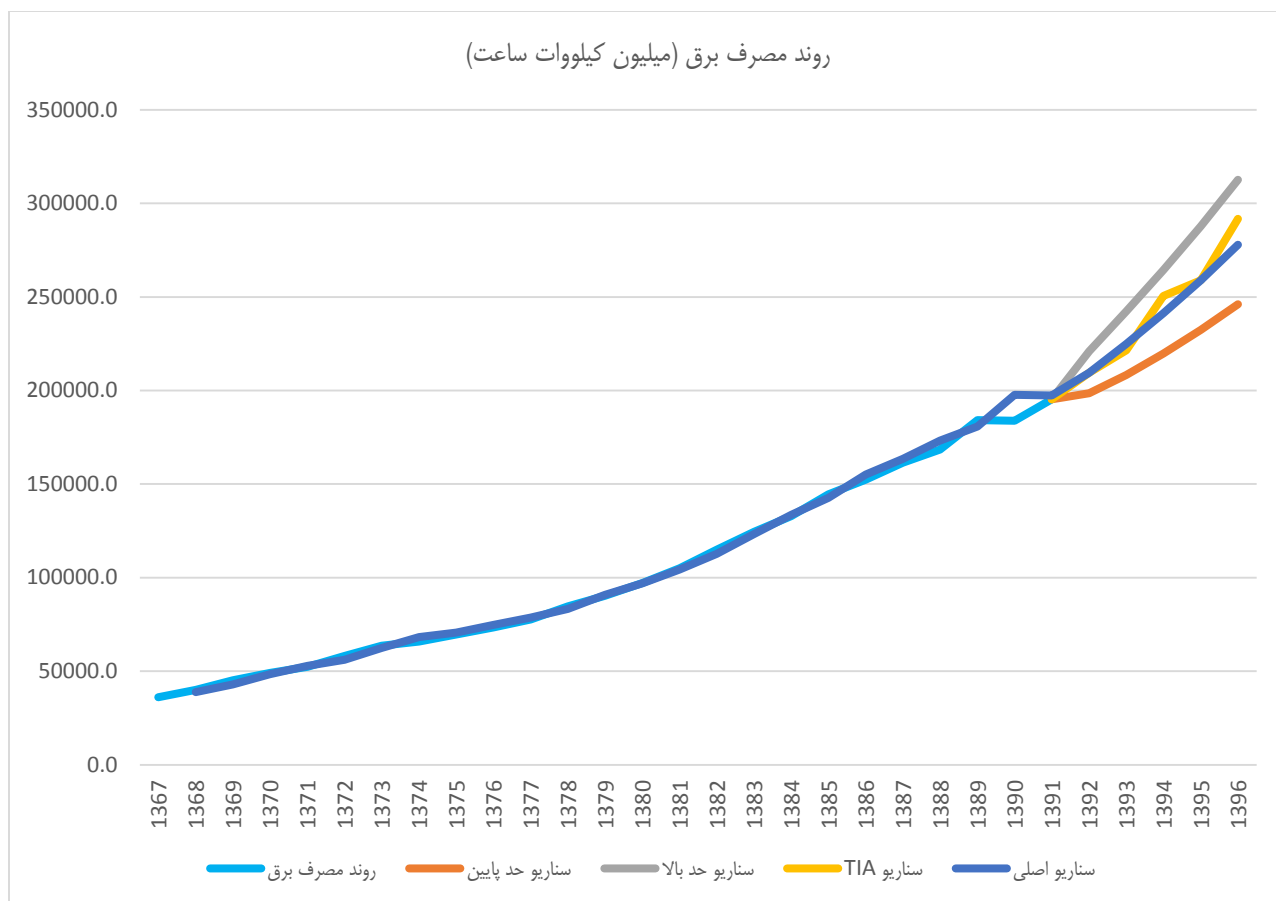
**جدول (۱۰) روند مصرف برق در هر یک از بخش های اقتصادی از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ (میلیون کیلو وات ساعت)**

سال	خانگی	عمومی	تجاری	صنعتی	حمل و نقل	کشاورزی	سایر مصارف	جمع
۱۳۶۷	۱۳۹۹۴.۰	۹۵۶۹.۰	-	۷۸۵۲.۰	-	۲۹۴۷.۰	۱۷۸۵.۰	۳۶۱۴۷.۰
۱۳۶۸	۱۵۷۹۱.۰	۱۰۸۶۷.۰	-	۸۴۶۶.۰	-	۳۳۵۲.۰	۱۴۸۰.۰	۳۹۹۵۶.۰
۱۳۶۹	۱۷۳۴۴.۰	۱۱۹۳۰.۰	-	۱۰۲۲۰.۰	-	۳۷۱۶.۰	۱۸۹۷.۰	۴۵۱۰۷.۰
۱۳۷۰	۱۹۱۲۸.۰	۱۳۶۰۹.۰	-	۱۰۶۳۷.۰	-	۳۷۹۲.۰	۲۰۰۹.۰	۴۹۱۷۵.۰
۱۳۷۱	۱۹۵۰۹.۰	۱۴۰۰۴.۰	-	۱۳۲۶۲.۰	-	۳۵۷۶.۰	۱۹۵۵.۰	۵۲۳۰۶.۰
۱۳۷۲	۲۲۱۴۳.۵	۱۴۹۸۴.۱	-	۱۵۵۷۱.۹	-	۴۰۲۳.۳	۱۳۹۲.۰	۵۸۱۱۴.۸
۱۳۷۳	۲۲۴۷۳.۰	۶۰۶۰.۰	۷۶۸۷.۴	۲۰۴۷۰.۶	-	۵۱۶۹.۰	۱۷۶۶.۰	۶۳۶۲۶.۰
۱۳۷۴	۲۳۳۷۴.۴	۶۲۰۳.۰	۷۶۵۵.۲	۲۱۳۸۹.۹	-	۵۴۰۱.۷	۱۸۳۰.۰	۶۵۸۵۴.۲
۱۳۷۵	۲۳۹۹۲.۹	۶۵۹۵.۰	۷۶۲۲.۰	۲۲۹۲۵.۰	-	۵۷۳۰.۹	۲۸۰۴.۸	۶۹۶۷۰.۶
۱۳۷۶	۲۶۵۲۳.۰	۶۷۲۷.۰	۸۱۶۰.۰	۲۳۶۶۱.۰	-	۶۰۰۹.۰	۲۲۷۸.۰	۷۳۳۵۸.۰
۱۳۷۷	۲۸۶۸۶.۰	۷۰۷۷.۰	۸۴۸۴.۰	۲۴۱۴۰.۰	-	۶۷۸۲.۰	۲۴۷۷.۰	۷۷۶۴۶.۰

سال	خانگی	عمومی	تجاری	صنعتی	حمل و نقل	کشاورزی	سایر مصارف	جمع
۱۳۷۸	۲۹۷۵۴.۱	۱۰۶۲۲.۲	۵۵۶۷.۳	۲۶۴۹۲.۰	۱۱.۲	۸۰۱۸.۹	۴۱۹۰.۳	۸۴۶۵۶.۰
۱۳۷۹	۳۱۲۶۵.۹	۱۱۲۷۱.۱	۵۹۹۰.۴	۲۸۹۲۳.۷	۱۳.۳	۹۱۴۷.۵	۳۷۵۳.۹	۹۰۳۶۵.۸
۱۳۸۰	۳۲۸۹۰.۷	۱۱۹۵۱.۱	۶۳۹۳.۸	۳۰۷۲۱.۶	۱۷.۸	۱۱۰۷۹.۴	۴۱۱۶.۸	۹۷۱۷۱.۲
۱۳۸۱	۳۴۹۴۵.۸	۱۲۶۳۰.۰	۶۹۲۵.۰	۳۳۴۵۵.۶	۱۳.۳	۱۲۴۳۴.۷	۴۶۷۱.۰	۱۰۵۰۷۵.۴
۱۳۸۲	۳۷۹۶۷.۰	۱۳۷۱۴.۰	۷۴۶۱.۰	۳۶۹۳۷.۰	۱۴.۳	۱۳۸۵۹.۰	۴۶۷۲.۰	۱۱۴۹۰۹.۵
۱۳۸۳	۴۰۵۶۳.۹	۱۵۰۲۰.۶	۷۸۶۲.۷	۴۰۲۴۷.۸	۸۹.۷	۱۵۴۸۹.۱	۵۱۸۸.۰	۱۲۴۴۶۱.۸
۱۳۸۴	۴۴۱۰۸.۳	۱۶۳۵۰.۰	۸۵۴۱.۷	۴۳۰۱۴.۶	۱۰۸.۴	۱۶۴۶۹.۴	۴۳۰۵.۴	۱۳۲۸۹۷.۸
۱۳۸۵	۴۸۰۸۵.۵	۱۸۳۲۸.۶	۹۳۱۹.۵	۴۶۴۳۰.۲	۱۴۴.۲	۱۷۶۶۶.۲	۴۶۰۷.۵	۱۴۴۵۸۱.۷
۱۳۸۶	۵۰۷۷۶.۷	۱۹۶۴۸.۰	۹۹۵۲.۶	۴۹۶۰۱.۹	۱۶۹.۸	۱۷۶۷۰.۰	۴۵۰۹.۹	۱۵۲۳۲۹.۰
۱۳۸۷	۵۲۸۹۶.۱	۲۰۴۲۸.۰	۱۰۷۴۱.۸	۵۱۸۶۳.۹	۲۴۵.۸	۲۱۱۷۸.۷	۴۰۹۰.۹	۱۶۱۴۴۵.۱
۱۳۸۸	۵۵۶۲۹.۶	۲۱۸۲۶.۶	۱۱۰۱۵.۳	۵۴۶۰۵.۴	۲۸۲.۱	۲۱۴۰۵.۱	۳۶۷۴.۳	۱۶۸۴۳۸.۳
۱۳۸۹	۶۰۹۰۷.۷	۲۱۳۰۸.۱	۱۲۷۲۶.۸	۶۱۱۸۳.۴	۲۹۹.۴	۲۴۱۸۸.۸	۳۵۶۷.۶	۱۸۴۱۸۱.۸
۱۳۹۰	۵۶۷۷۳.۷	۱۶۷۵۱.۵	۱۲۶۶۳.۶	۶۳۵۹۰.۷	۳۵۳.۶	۳۰۰۲۰.۳	۳۷۵۲.۱	۱۸۳۹۰۵.۴
۱۳۹۱	۶۱۴۵۸.۰	۱۷۴۵۹.۰	۱۲۶۵۰.۰	۶۷۰۸۹.۰	۳۹۱.۴	۳۲۷۳۱.۰	۳۸۲۲.۰	۱۹۵۲۱۹.۰
۱۳۹۲	۶۵۴۰۵.۵	۱۸۱۹۰.۱	۱۲۸۶۷.۳	۶۹۷۳۵.۹	۴۳۱.۶	۳۴۴۸۴.۵	۳۹۶۲.۲	۲۰۹۵۰۱.۰
۱۳۹۳	۶۹۶۰۶.۵	۱۸۹۲۱.۱	۱۳۱۵۲.۲	۷۲۲۳۰.۲	۴۷۱.۸	۳۵۹۰۹.۸	۴۰۳۶.۵	۲۲۴۸۲۷.۹
۱۳۹۴	۷۴۰۷۷.۳	۱۹۶۵۲.۱	۱۳۴۷۶.۱	۷۴۶۹۷.۱	۵۱۱.۹	۳۷۲۲۲.۶	۴۰۷۵.۸	۲۴۱۲۷۶.۰
۱۳۹۵	۷۸۸۳۵.۳	۲۰۳۸۳.۲	۱۳۸۲۱.۸	۷۷۱۵۹.۱	۵۵۲.۱	۳۸۴۹۶.۹	۴۰۹۶.۶	۲۵۸۹۲۷.۵
۱۳۹۶	۸۳۸۹۹.۰	۲۱۱۱۴.۲	۱۴۱۷۸.۹	۷۹۶۲۰.۲	۵۹۲.۳	۳۹۷۵۷.۹	۴۱۰۷.۶	۲۷۷۸۷۰.۴

#### ۴-۲- پیش بینی مصرف برق بر اساس سناریو ها

در این مطالعه برای پیش بینی وضعیت مصرف برق کشور علاوه بر روشهای کمی برونپایی سری های زمانی از تحلیل خبرگان و سناریو TIA نیز استفاده شد. در این بخش اطلاعات بدست آمده از تحلیلهای کمی و تحلیل کمی- کیفی آینده تولید برق آورده شده است. همانطور که نمودار (۱۳) نشان می دهد روند افزایش مصرف برق در تمامی سناریو ها ادامه می یابد. در سناریو TIA که ترکیبی از نظرات خبرگان و مدل های کمی است، شیب مصرف برق نوسانی است و با شیب یکسانی افزایش پیدا نمی کند. بر اساس این سناریو ها مصرف برق در سال ۱۳۹۶ بین ۲۵۰ تا ۳۱۰ هزار میلیون کیلو وات ساعت پیش بینی شده است.



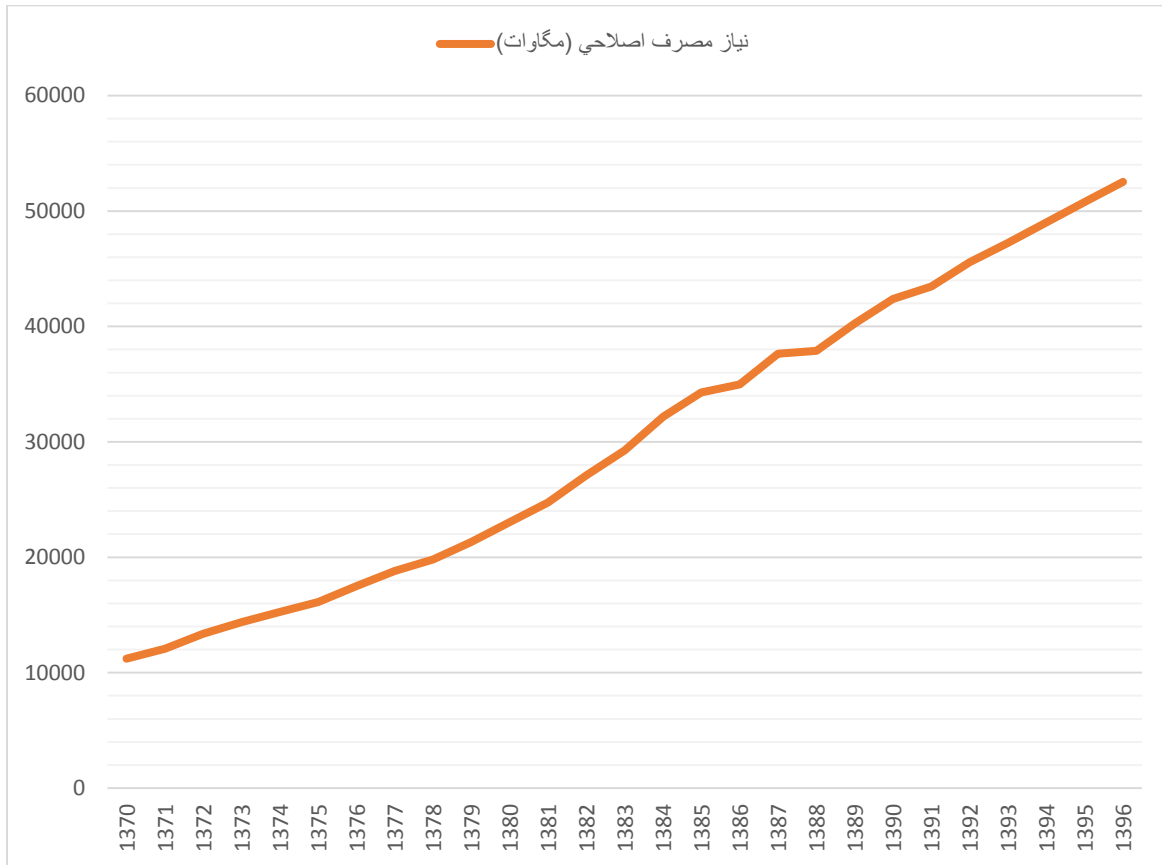
نمودار (۱۳) پیش بینی مصرف برق بر اساس سناریوهای کمی و سناریو TIA تا سال ۱۳۹۶

در جدول ۱۱ اطلاعات بدست آمده از هر یک از پیش بینی ها آورده شده است. در سناریوی اصلی (ادامه وضع موجود) میزان افزایش مصرف برق بطور متوسط سالانه ۷.۳ درصد رشد می یابد و در سناریو TIA میزان رشد مصرف برق در ۱۳۹۳ کمتر از سناریو اصلی و در سالهای بعدی بیشتر از سناریو اصلی وضع موجود است.

جدول (۱۱) پیش بینی مصرف برق در سناریوهای کمی و TIA تا سال ۱۳۹۶

سال	سناریو اصلی	سناریو حد پایین	سناریو حد بالا	سناریو TIA
۱۳۹۲	۲۰۹۵۰۱.۰	۱۹۸۵۱۹.۲	۲۲۰۹۴۲.۴	۲۰۹۵۰۱.۰
۱۳۹۳	۲۲۴۸۲۷.۹	۲۰۸۳۰۳.۱	۲۴۲۳۳۹	۲۲۱۵۲۲.۹
۱۳۹۴	۲۴۱۲۷۶.۰	۲۱۹۶۹۹.۲	۲۶۴۴۴۰.۶	۲۵۰۵۴۱.۸
۱۳۹۵	۲۵۸۹۲۷.۵	۲۳۲۳۳۸.۲	۲۸۷۷۸۸.۶	۲۵۸۹۲۷.۵
۱۳۹۶	۲۷۷۸۷۰.۴	۲۴۶۱۲۳.۸	۳۱۲۶۶۴.۱	۲۹۱۷۸۷.۹

نمودار ۱۴ روند حداکثر نیاز مصرف اصلاحی را در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۶ نشان می دهد که در این نمودار داده های مربوط به سالهای ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ برونمایی روند فعلی می باشد. این نمودار نشان می دهد حداکثر بار سال ۱۳۹۶ در صورت ادامه وضع موجود از مرز ۵۲ هزار مگاوات عبور خواهد کرد.



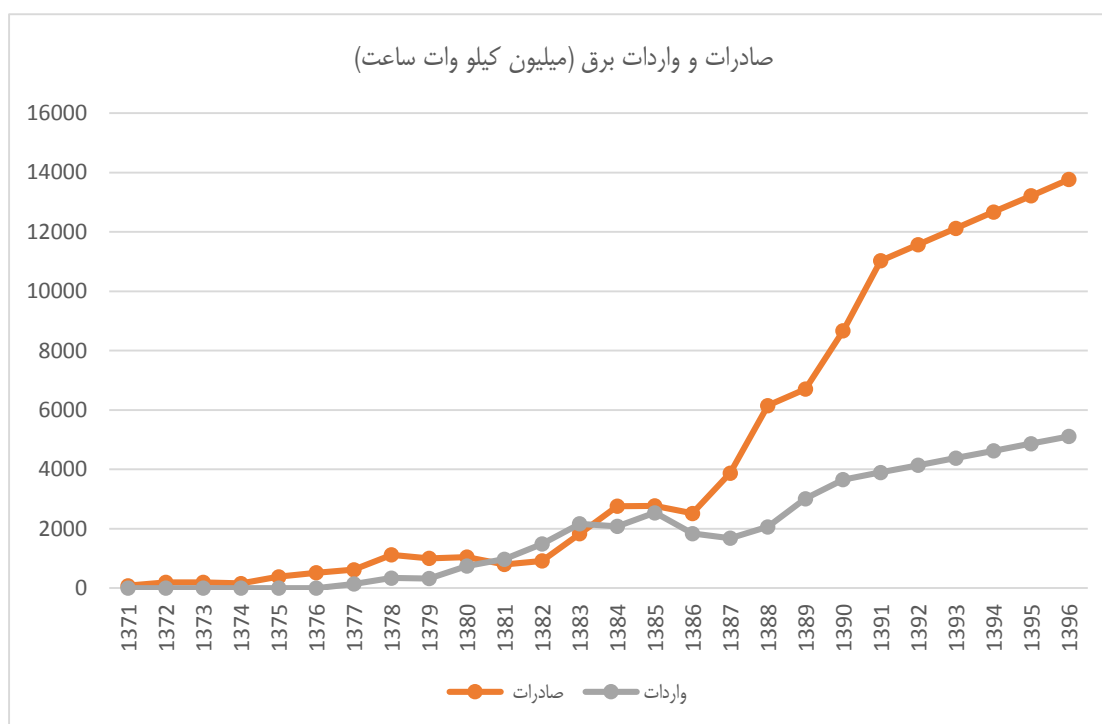
نمودار (۱۴) برونمایی روند حداکثر نیاز مصرف اصلاحی (مگاوات) تا سال ۱۳۹۶

## ۵- صادرات و واردات برق

در این بخش وضعیت صادرات و واردات برق ایران بررسی شده است. نمودار ۱۵ روند تبادلات الکتریکی ایران را با کشورهای منطقه نشان می دهد. در این نمودار روند واردات و صادرات برق از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱ آورده شده است و بر اساس آن میزان تبادلات الکتریکی کشور تا سال ۱۳۹۶ پیش بینی شده است.

همانطور که نمودار نشان می دهد روند صادرات برق کشور از سال ۱۳۸۶ با شیب بسیار زیادی افزایش یافته است و در سال ۹۱ صادرات خالص برق ایران به منطقه از مرز ۱۰ هزار میلیون کیلووات ساعت عبور کرده است و روند واردات برق در حدود ۴ هزار مگاوات قرار دارد.

با ادامه سیاستهای فعلی پیش بینی می شود که روند افزایشی صادرات برق ادامه یابد و در سال ۱۳۹۶ به ۱۴ هزار مگاوات برسد.



نمودار (۱۵) برونیایی روند صادرات و واردات برق تا سال ۱۳۹۶

اطلاعات نمودار ۱۵ در جدول زیر آمده است. در این جدول مجموع صادرات و واردات برق کشور آورده شده است. بر اساس اطلاعات این جدول، ایران تا بین سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۶ فقط صادرات برق داشته است و از ۱۳۷۷ واردات برق هم انجام شده است. در طی ۱۰ سال گذشته صادرات برق تقریباً ۱۴ برابر شده است و از ۷۹۹ میلیون کیلووات ساعت سال ۱۳۸۱ به ۱۱۰۲۹ میلیون کیلووات در سال ۱۳۹۱ رسیده است. در صورت ادامه سیاستهای فعلی، خالص صادرات برق ایران از ۸ هزار میلیون کیلووات ساعت بیشتر خواهد شد.



جدول (۱۲) روند میزان صادرات و واردات برق (میلیون کیلو وات ساعت)

واردات	صادرات	سال
-	۸۲	۱۳۷۱
-	۱۹۵	۱۳۷۲
-	۱۹۷	۱۳۷۳
-	۱۵۷	۱۳۷۴
-	۳۸۴	۱۳۷۵
-	۵۲۲	۱۳۷۶
۱۴۴	۶۲۲	۱۳۷۷
۳۴۰	۱۱۲۵	۱۳۷۸
۳۲۶	۱۰۰۳	۱۳۷۹
۷۴۴.۶	۱۰۴۹.۳	۱۳۸۰
۹۷۷.۲	۷۹۹	۱۳۸۱
۱۴۸۸.۷	۹۱۸.۶	۱۳۸۲
۲۱۶۹.۶	۱۸۳۷.۱	۱۳۸۳
۲۰۸۳.۷	۲۷۵۹.۴	۱۳۸۴
۲۵۴۱.۱	۲۷۷۴.۵	۱۳۸۵
۱۸۴۲.۰	۲۵۲۰.۰	۱۳۸۶
۱۶۸۴.۲	۳۸۷۵.۳	۱۳۸۷
۲۰۶۸.۱	۶۱۵۲.۴	۱۳۸۸
۳۰۱۵.۴	۶۷۰۷.۰	۱۳۸۹
۳۶۵۶.۱	۸۶۶۸.۲	۱۳۹۰
۳۸۹۷	۱۱۰۲۹	۱۳۹۱
۴۱۴۰.۳	۱۱۵۷۶.۴	۱۳۹۲
۴۳۸۳.۵	۱۲۱۲۳.۷	۱۳۹۳
۴۶۲۶.۷	۱۲۶۷۱.۱	۱۳۹۴
۴۸۷۰.۰	۱۳۲۱۸.۴	۱۳۹۵
۵۱۱۳.۲	۱۳۷۶۵.۸	۱۳۹۶

# فصل سوم

عوامل اثرگذار بر آینده برق: دگرگون سازها

شناخت آینده بدلیل عدم قطعیت های عمیق و پیچیدگی بسیار زیاد عوامل اثر گذار نمی تواند صرفا با یک تکنیک انجام شود، لذا در آینده پژوهی<sup>۱</sup> علاوه بر روش های کمی و مبتنی بر شواهد و داده ها که در پارادایم پیش بینی<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار می گیرد و عموما مبتنی بر مدل های ساختاری و یا مدل های تحلیل روند می باشد، از روش های مبتنی بر خبرگی، تعاملی و خلاقیت که روش های کیفی هستند که و متکی به داده ها نمی باشند، نیز برای تحلیل آینده بدیل استفاده می شود [۸۲].

بر این اساس مطابق روش شناسی طرح تحقیق، در این مطالعه علاوه بر روش های کمی پیش بینی از روش های کیفی و مبتنی بر خبرگی نیز استفاده گردید. برای این منظور مصاحبه های عمیقی با خبرگان صورت گرفت و کارگاه هم اندیشی سناریو برگزار شد و داده های بدست آمده از این مصاحبه در کنار شواهد و گزارش های موجود بکار گرفته شد تا تحلیلی از عوامل اثر گذار بر آینده صنعت برق ارائه شود. برای تحلیل عوامل اثرگذار بر آینده صنعت برق از تکنیک تحلیل دگرگون سازها<sup>۳</sup> که در تدوین گزارش آینده پژوهی جهان که با عنوان جهان های بدیل روندهای جهانی ۲۰۳۰ (ویرایش سال ۲۰۱۲) استفاده شده است، بکار گرفته شد. این گزارش ها که بصورت ادواری هر چهار سال یکبار توسط دفتر شورای ملی اطلاعات آمریکا و دفتر تحلیل های استراتژیک بلندمدت آمریکا منتشر می شود، یکی از مهمترین اسناد آینده پژوهی است که برای ارائه به سیاستگذاران و رئیس جمهور ارائه می شود [۷۸].

در این روش، آینده از درهم کنش روندهای کلیدی و متغیرها یا دگرگون ساز هایی ساخته خواهد شد که سناریو های آینده را شکل می دهند. دگرگون سازها مجموعه عوامل و متغیرهایی هستند که بر آینده سیستم ها تأثیر می گذارند و خود تحت تأثیر نیروهای پیشرانی هستند که آنها را شکل خواهند داد.

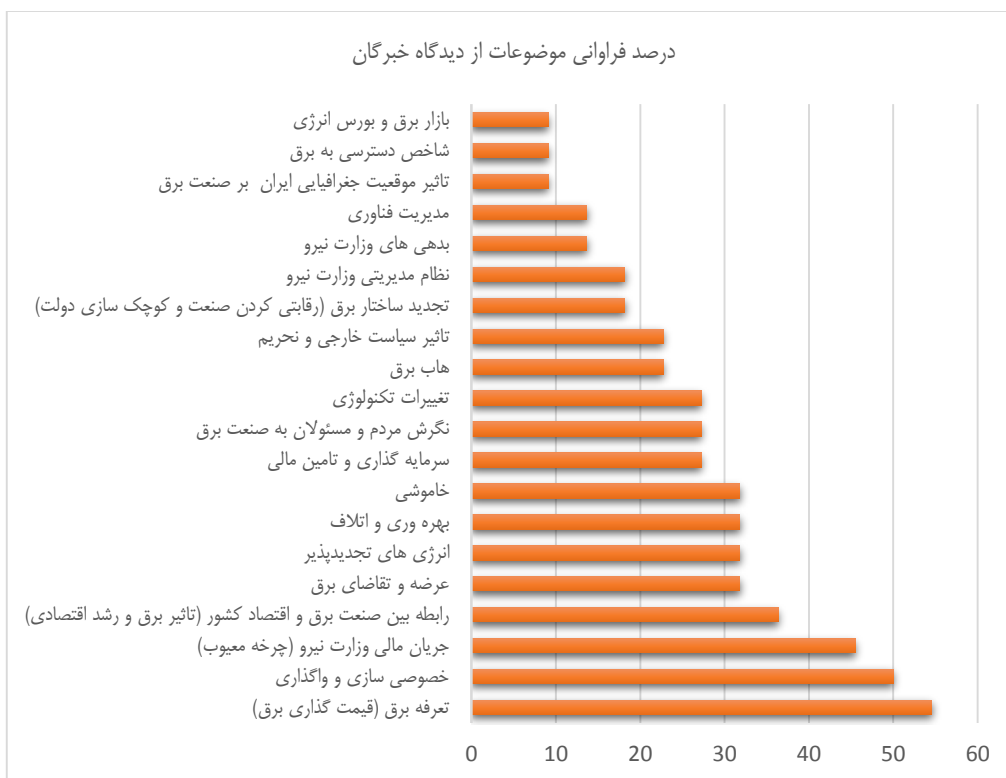
بدین ترتیب، آینده صنعت برق از درهم کنش روندهای کلیدی و دگرگون ساز هایی ساخته خواهد شد که منجر به پدید آوردن آینده های مختلفی خواهند شد که سناریو های این صنعت را تشکیل می دهند. این دگرگون سازها در تعامل با روندهای کلیدی صنعت، سناریو های مختلفی را برای صنعت برق بوجود خواهند آورد که وقوع هر یک از آنها دنیای متفاوتی را برای بازیگران و ذینفعان این صنعت شکل خواهد داد. درک آینده صنعت برق و تحلیل سناریوهای این صنعت نیازمند شناسایی دگرگون سازهایی است که خطوط تغییر آینده را رقم خواهند زد.

برای شناسایی و تحلیل دگرگون سازها و پیشرانهایی که هر یک از این متغیرها را شکل می دهند با ۱۰ نفر از خبرگان صنعت مصاحبه عمیق انجام شد [۱۰ تا ۲۰] و از گزارش های موجود نیز بهره گرفته شد و فهرستی از عوامل و متغیرهای مهم تأثیر گذار بر آینده صنعت برق شناسایی شد. نمودار ۱ مهمترین موضوعاتی که در این مصاحبه ها مطرح شده بود را ارائه کرده است.

<sup>۱</sup> Futures studies

<sup>۲</sup> Forecasting

<sup>۳</sup> Game-changer



نمودار (۱) درصد فراوانی مهم ترین موضوعات صنعت برق در مصاحبه های خبرگان صنعت

همانطور که نمودار ۱ نشان می دهد موضوع تعارفه برق، خصوصی سازی و واگذاری شرکتهای دولتی، جریان مالی وزارت نیرو، رابطه بین صنعت برق و اقتصاد کشور، عرضه و تقاضای برق، انرژی های تجدیدپذیر، بهره وری و اتلاف برق، خاموشی، سرمایه گذاری و تامین مالی و نگرش مردم و مسئولان به برق ۱۰ موضوع اصلی هستند که در مصاحبه های خبرگان مورد توجه قرار گرفته است. همچنین کارگاه هم اندیشی که با حضور ۸ نفر از متخصصان صنعت در سندیکای صنعت برق ایران تشکیل شد و نتایج بدست آمده تحلیل شد. در نهایت ۵ عامل کلیدی اثرگذار بر آینده صنعت برق به عنوان دگرگون سازهای صنعت برق شناسایی شدند. این دگرگون سازها عبارتند از:

۱- جریان مالی برق

۲- تغییرات ساختار نهادی برق

۳- بهره وری و اتلاف برق

۴- رشد و توسعه اقتصادی

۵- تغییرات فناوری و انرژی های تجدیدپذیر

هر یک از این دگرگون سازها روندی داشته اند و تحت تأثیر پیشرانهایی تغییر می کنند و بر روندهای تولید، انتقال و توزیع و مصرف برق تأثیر گذارند. در این فصل این دگرگون سازها بررسی می شوند.

## ۱- دگرگون ساز یک: تغییرات جریان مالی برق

آینده صنعت برق در ایران تحت تأثیر تغییرات جریان مالی برق است و این جریان دچار ناپایداری مالی شده است. تعرفه برق که بصورت تکلیفی با لایحه پیشنهادی دولت در چهارچوب قانون بودجه و توسط مجلس شورای اسلامی تصویب می شود، نقش تعیین کننده ای در پایداری مالی این صنعت دارد. تعرفه ای که نسبت به قیمت تمام شده آن همواره فاصله معناداری داشته است و دولت یارانه هایی را بابت تأمین برق به وزارت نیرو پرداخت می کرده است. اختلال در جریان مالی وزارت نیرو که ناشی از نحوه قیمت گذاری و هزینه های تمام شده تأمین برق بوده است، موجب شده است وزارت نیرو نتواند تعهدات خود را به بخش خصوصی که وارد عرصه تولید برق شده بودند، پرداخت کند و این وزارت خانه با ۱۶۰۰۰ میلیارد تومان بدهی، بیشترین بدهی را به بخش خصوصی داشته باشد، و سرمایه گذاری در برق کاهش پیدا کند [۲۲]. مصاحبه های ما با خبرگان و دیدگاه های مطرح شده توسط مدیران وزارت نیرو نشان می دهد که یکی از چالشهای اصلی صنعت برق موضوع جریان مالی برق است و هر تغییری در جریان مالی برق بر آینده این صنعت تأثیر خواهد داشت.

### ۱-۱- قیمت برق

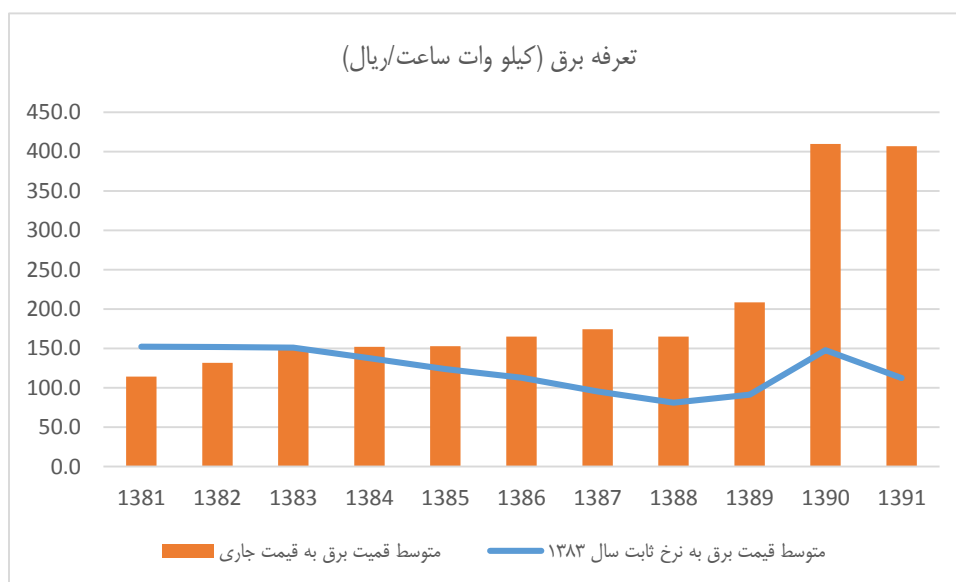
بانک جهانی در گزارشی که در سال ۷۴ به مقامات ایرانی که برای بازسازی و توسعه صنعت برق درخواست وام کرده بودند، بعد از بررسی اقتصاد صنعت برق ایران، قیمت گذاری برق را یکی از چهار مشکل اصلی صنعت برق ایران عنوان کردند و به ایرانی ها پیشنهاد کردند قیمت برق را به تدریج افزایش دهند تا به سطح هزینه های نهایی برسد [۴۴]. توصیه ای که مقامات ایرانی در تدوین برنامه سوم و چهارم پیاده سازی کردند و قیمت برق با نرخ ۱۶.۵ درصد در فاصله سالهای ۷۴ تا ۸۳ افزایش یافت. در سال ۸۳ مجلس هفتم شورای اسلامی با تصویب اصلاحیه ای برای ماده ۳ قانون برنامه چهارم توسعه روند افزایش تدریجی قیمت حامل های انرژی از جمله برق را محدود کرد. در سال ۹۰ با اجرای مرحله اول طرح هدفمندی یارانه ها قیمت برق بطور متوسط به ۴۰۹ ریال افزایش پیدا کرد که از این افزایش، ۱۶۶ ریال آن مجدداً به سازمان هدفمندی یارانه ها مرجوع می شود و بصورت یارانه نقدی به مردم داده می شود.

در حال حاضر بر اساس اعلام مقامات وزارت نیرو تعرفه برق با قیمت تمام شده برق فاصله معناداری دارد؛ قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق در سال ۹۲ مبلغ ۶۸ ریال اعلام می شود که شامل هزینه تبدیل، انتقال و توزیع است. در این قیمت هزینه سوخت فسیلی نیروگاهها محاسبه نشده است. بنابراین با کسر ۲۶۴ ریال هدفمندی یارانه ها و سایر کسورات، ۲۲۰ ریال درآمد فروش برق به وزارت نیرو جهت مصارف جاری و توسعه ای پرداخت می گردد که با توجه به فروش ۲۰۰ میلیارد کیلو وات ساعتی که در سال ۹۱ تولید کرده است، درآمد این صنعت حدود ۵ هزار میلیارد تومان است، در حالیکه مسئولین نیرو اعلام کرده اند هزینه مصارف جاری این دستگاه در بخش برق، ۱۳ هزار میلیارد تومان است، و حدود ۱۶ هزار میلیارد تومان دیگر برای توسعه شبکه های نیروگاهی و انتقال و توزیع برای پاسخ به رشد تقاضا نیاز دارد [۲۲]، بنابراین اداره کنندگان صنعت برق بطور ساختاری با کسری بودجه ای بسیار چشمگیری مواجه هستند که اداره صنعت برق را با ساختار موجود غیر ممکن می سازد و انتظار می رود اگر تغییر در این ساختار جریان مالی صورت نگیرد، صنعت برق کاملاً ورشکسته شود و تأمین پایدار برق مختل شود و خاموشی ها اتفاق بیفتند. در تابستان سال ۱۳۸۷، سه سال پس از تثبیت قیمت های برق، خاموشی های گسترده ای در زمان پیک مصرف اتفاق افتاد به نحوی که شرکت

های توزیع برق برنامه های خاموشی سراسری را در اطلاعیه ای اعلام کردند. این درحالی بود که برخی نمایندگان مجلس همان زمان خاموشی برق را بر اثر اجرای این سیاست پیش بینی کرده بودند.

هر چند که داده های فوق حاکی از کسری بودجه سنگین شرکتهای تابعه وزارت نیرو یعنی توانیر و برق های منطقه ای است و منطقاً این شرکتها باید ضرر ده باشند، اما در لایحه بودجه سال ۹۳، تمامی شرکتهای فوق سودده تعریف شده اند و هیچ یک ضررده نیستند [۹].

سیاست تثبیت قیمت حامل های انرژی و از جمله تعرفه برق که از سال ۸۳ تا ۸۹ انجام شد، موجب شد فاصله بین قیمت واقعی و قیمت تکلیفی بدلیل نرخ تورم، افزایش پیدا کند، قیمت حدود ۴۱۰ ریال کیلو وات ساعتی برق در سال ۹۱ معادل ۱۱۲ ریال سال ۸۳ به قیمت ثابت باشد، در حالیکه قیمت برق در سال ۸۳، کیلو وات ساعتی ۱۵۱ ریال بوده است. [۲۲] برآورد کارشناسان نشان می دهد میزان یارانه ۲۰ هزار میلیاردی که دولت در سال ۸۳ پرداخت می کرده است، به ۳۰۰ هزار میلیارد تومان افزایش یافته است. در حالی که اگر سناریو افزایش تدریجی قیمت ها متناسب با نرخ تورم اتفاق می افتاد، دولت از این محل، حدود ۶۰۰ هزار میلیارد تومان درآمد می داشت که و مالیات بر عملکرد و مالیات بر ارزش افزوده دولت به رقم ۱۵۰ هزار میلیارد تومان می رسید که برابر با بودجه جاری دولت می باشد، در نتیجه وابستگی دولت به درآمدهای نفتی از بین می رفت. [۱۳]



نمودار (۲) روند تعارفه برق از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ بر اساس قیمت جاری و قیمت ثابت

بنابراین تغییر قیمت برق و افزایش آن یکی از موضوعاتی است که در تغییر جریان مالی صنعت برق تأثیر گذار است. مدیران وزارت نیرو مدعی هستند که قیمت پایین برق در سبب هزینه های خانوار موجب شده است که مصرف کنندگان، برق را بی رویه مصرف کنند و در نتیجه مصرف برق در ایران از متوسط جهانی بالاتر برود و نیاز به سرمایه گذاری برق رشد شدیدی داشته باشد. برخی تحقیقات نشان می دهد که افزایش قیمت برق در بلند مدت بر مصرف برق و رشد اقتصادی ایران تأثیر نمی گذارد اما با توجه به تأثیر کوتاه مدت، توصیه می شود که افزایش قیمت برق تدریجی باشد. [۲۸]

### ۱-۲- مکانیزم قیمت گذاری برق

تعرفه یا قیمت فروش برق محصول مکانیزم قیمت گذاری است که پیامدهای خاص خود را دارد. در مکانیزم بازار، قیمت های تعادلی از طریق عرضه و تقاضای برق تعیین می شود و در مکانیزم های حسابداری، قیمت تمام شده بر اساس هزینه های نهاده های تولید تعیین می شود. برق بدلیل ویژگی های ذاتی که دارد از جمله غیر قابل ذخیره بودن آن در مقیاس وسیع و تطابق لحظه ای تولید و مصرف، و انحصار طبیعی که در شبکه های انتقال و توزیع دارد، به سهولت کالاهای دیگر از مکانیزم های بازار پیروی نمی کند و طراحی بازار برای این کالا پیچیدگی های فنی و اقتصادی و حقوقی دارد که پیاده سازی آن نیازمند مقررات گذاری پیشرفته ای است که در همه کشور ها تحقق نیافته است و از مصادیق شکست بازار بوده است. از سوی دیگر قیمت گذاری بر اساس قیمت تمام شده نیازمند اطلاعات شفاف و وسیع از تمامی نهاده های تولید دارد که بتواند اطمینان طرف تقاضا را فراهم کند هرچند که همواره تهدید تحمل هزینه های مازاد بدلیل بهره وری پایین و شکست سیستمی وجود دارد.

مکانیزم قیمت گذاری در ایران بصورت تکلیفی توسط مجلس شورای اسلامی در فرآیند تصویب لایحه قانون بودجه تعیین می شود. این نحوه قیمت گذاری عملاً مبتنی بر هیچ یک از مکانیزم های اقتصاد بنگاهی نبوده و در نتیجه اختلالات ناشی از آن چالش آینده این صنعت را تهدید می کند. روند فعلی نشاندهنده آن است که هر دو مکانیزم در دستور کار سیاستگذاران قرار دارد. از سویی با راه اندازی بورس برق گرایش به سمت ایجاد بازار رقابتی و کشف قیمت های تعادلی وجود دارد و از سوی دیگر مبنای قیمت تمام شده در فرآیند تدوین لایحه بودجه دیده می شود. بنابراین عدم قطعیتی که در مکانیزم قیمت گذاری برق بدلیل رویکردهای متفاوت ذی مدخلان مختلفی که در این موضوع می توانند اثر گذار باشند یعنی وزارت نیرو، دولت و مجلس شورای اسلامی وجود دارد، سناریو های مختلفی را برای آینده برق رقم خواهد زد.

### ۱-۳- سرمایه گذاری و تأمین مالی پروژه های توسعه ای

سرمایه گذاری در برق بدلیل ویژگی های ذاتی این صنعت مثل زمان طولانی بازگشت سرمایه، حجم زیاد سرمایه مورد نیاز و پیچیدگی های مکانیزم های خرید و فروش برق، همواره با چالش مواجه بوده است و گزارشهای جهانی نشان می دهد این سرمایه گذاری به سادگی محقق نخواهد شد. [۱۵] کمبود سرمایه گذاری در برق در کشورهای منطقه نشاندهنده محدودیت های این حوزه است. با توجه به متوسط رشد ۷ درصدی مصرف برق در ایران، مدیران نیرو معتقدند بطور متوسط سالی ۵۰۰۰ مگاوات باید به قدرت عملی نیروگاهها و شبکه انتقال افزوده شود و برآورد می شود برای تحقق این موضوع حدود ۲ میلیارد یورو در سال و یا ۱۶۰۰۰ میلیارد تومان سرمایه گذاری مورد نیاز است [۲۲]. عدم سرمایه گذاری موجب می شود ظرفیت عرضه برق متناسب با رشد تقاضا افزایش نیابد در نتیجه عرضه برق با کاهش کیفیت مواجه شود و یا در زمانهای پیک، دچار خاموشی شود.

این سرمایه گذاری یا از مسیر دولت و منابع بودجه ای دولت یعنی درآمدهای نفتی می تواند تأمین شود که تحقق آن بدلیل تحریم و مشکلات فروش نفت با چالش مواجه است، و یا از طریق بخش خصوصی داخلی و خارجی می تواند تأمین شود که منوط به اصلاح جریان مالی برق و پرداخت تضمینی قیمت برق متناسب با هزینه های تولید بر اساس مکانیزم های بازار و یا نهاد رگولاتوری مستقل می باشد، به نحوی که بدهی های قبلی پرداخت شود و بدهی جدیدی ایجاد نشود، که در حال حاضر شرایط آن وجود ندارد. بنابراین یکی دیگر از عدم قطعیت هایی که آینده صنعت برق را تحت تأثیر قرار خواهد داد مکانیزم سرمایه گذاری در برق و میزان سرمایه گذاری در این صنعت زیر بنایی است.

جدول (۱) اجزا، روند، پیشرانها و تأثیرات دگرگون ساز یک: تغییرات جریان مالی برق

جریان مالی برق				
اثر	پیشران	روند	وضعیت فعلی	اجزا
افزایش قیمت تمام شده، در صورت ثابت بودن قیمت فروش موجب اختلال جریان مالی صنعت برق و ناپایداری سیستم می شود	هزینه های تولید اعم از هزینه انرژی های اولیه و هزینه دستمزی و سیستمی در حال افزایش است. تغییر قیمت نهاده های تولید برق ناشی از تغییر قیمت سوخته های فسیلی و تورم اقتصاد داخلی روی قیمت تمام شده اثر می گذارد	قیمت تمام شده برق به نهاده های تولید، انتقال و توزیع بستگی دارد که مدیریت این نهاده ها در ساختار فعلی توسط بنگاه های دولتی به انجام می رسد و هزینه این نهاده ها با توجه به تورم افزایش داشته است بنابراین روند قیمت تمام شده نرخ صعودی خواهد داشت	قیمت تمام شده در سال ۹۲ حدود ۶۸ ریال اعلام شد که شامل هزینه تبدیل، انتقال و توزیع است. در این قیمت هزینه سوخت فسیلی نیروگاهها محاسبه نشده است.	قیمت تمام شده برق
تعرفه برق روی درآمدهای فروش برق تأثیر مستقیم دارد و پایداری مالی سیستم تأمین برق کاملاً تحت تأثیر این قیمت ها است. هر نوع تغییری در تعرفه برق، جریان تولید و توسعه برق را تغییر خواهد داد	قیمت برق بر هزینه های تولید تمامی بخش ها اثر گذار است بنابراین به عنوان یک ابزار سیاستگذاری مورد توجه نهادهای تصمیم گیر است. نگرش مردم و مدل ذهنی مسئولان نسبت به جریان مالی برق روی تعرفه برق اثر گذار است. برق به عنوان یک کالای همگانی یا یک کالای اقتصادی است؟	تعرفه برق با توجه به رویکرد مدیران جدید در حال افزایش و نزدیک شدن به قیمت تمام شده حسابداری آن است	قیمت فروش برق در سال ۹۲ مبلغ ۴۳۰ ریال است و این قیمت از قیمت تمام شده برق و متوسط قیمت های جهانی برق (حداقل ۴ سنت) کمتر است	تعرفه برق (قیمت فروش)
مکانیزم قیمت گذاری می تواند بهره وری تولید را افزایش دهد و تغییر قیمت برق را توجیه پذیر کند و در نتیجه اقتصادی شدن صنعت برق را ممکن سازد	بی اعتمادی به مکانیزم قیمت گذاری حسابداری با توجه به عدم شفافیت اطلاعات شرکتهای دولتی تأمین برق می تواند مکانیزم تعیین قیمت برق را تحت تأثیر قرار دهد	فرآیند قیمت گذاری برق همچنان تحت تأثیر مکانیزم قیمت تمام شده حسابداری و با نگاه حاکمیتی و غیر بنگاهی تدوین می شود.	قیمت گذاری برق تکلیفی است و توسط نهادهای غیر تخصصی (مجلس و کمیسیون ها) تصویب می شود	فرآیند قیمت گذاری



<p><b>سرمایه گذاری</b></p>	<p>سرمایه گذاری در صنعت برق بدلیل جریان ناپایدار مالی گذشته آن نا کافی است و ظرفیت تولید برق متناسب با نرخ رشد تقاضا نبوده است</p>	<p>روند سرمایه گذاری در برق کاهش داشته است و بسیاری از پروژه ها بدلیل کمبود منابع معلق شده اند.</p>	<p>مکانیزم قیمت گذاری برق روی سرمایه گذاری در این صنعت اثر مستقیم دارد. حضور سرمایه گذار خارجی و یا بخش خصوصی داخلی تحت تاثیر سیاستهای کلان اقتصادی مثل نرخ بهره و برابری دلار و قیمت گذاری برق است. همچنین سرمایه گذار خارجی تهدیدی برای تولید سازندگان تجهیزات داخلی است بنابراین با مقاومت سازندگان مواجه خواهد شد و آینده آن را تحت تاثیر قرار می دهد</p>	<p>در صورت عدم سرمایه گذاری به موقع در برق، خاموشی ها اجتناب ناپذیر خواهند بود. هزینه های اقتصادی و اجتماعی خاموشی در اقتصاد کشور بدلیل وابستگی بیشتر زندگی دیجیتال به برق، بسیار بالا رفته است</p>
<p><b>بدهی های وزارت نیرو</b></p>	<p>در حال حاضر وزارت نیرو ۱۶ هزار میلیارد تومان به بخش خصوصی بدهی دارد</p>	<p>با توجه به ساختار جریان مالی این بدهی رو به افزایش است و چشم اندازی برای حل کوتاه مدت دیده نمی شود</p>	<p>بدهی وزارت نیرو معلول چرخه معیوب صنعت برق و بالاتر بودن هزینه ها نسبت به درآمدهای این صنعت است</p>	<p>افزایش بدهی ها باعث کاهش نقدینگی بخش خصوصی و تحلیل توان پیمانکاری و ساخت کشور می گردد که در دراز مدت به زوال و نابودی این بنگاهها منجر می شود</p>

جدول ۱ اجزا دگرگون ساز یک یعنی جریان مالی صنعت برق را بطور خلاصه نشان می دهد. در این جدول روند هر یک از مولفه های آن و وضعیت فعلی آن بررسی شده است. همچنین نیروهای پیشران بر این عوامل و تاثیرات آن بر صنعت برق تبیین شده است.

## ۲- دگرگون ساز دو: تغییرات ساختار نهادی برق

برق یکی از صنایع شبکه ای و زیربنایی است که بدلیل ویژگی های فیزیکی آن که قابل ذخیره در مقیاس وسیع نیست، و تولید و مصرف تطابق لحظه ای دارند، ساختار نهادی پیچیده ای را برای زنجیره تولید و مصرف تجربه کرده است. اگر چه در بدو عرضه آن به عنوان یک کالای با ارزش اقتصادی، بصورت رقابتی عرضه می شد، به تدریج با ظهور شبکه های انتقال سراسری و انحصار طبیعی شبکه های انتقال و توزیع، ساختارهای متمرکز و عمدتاً دولتی در برق حاکم شدند. ساختارهای متمرکز و غیر رقابتی با چالش بهره وری و اتلاف منابع مواجه بودند و مجدداً طراحی نهادهای غیر متمرکز عرضه و تولید برق مبتنی بر مکانیزم های بازار مطرح شد. این بازارها بدلیل ویژگی های کالای برق بدون نهادهای تنظیم گری دچار شکست بازار شدند و مکانیزمهای تعادلی درونزاد که صرفاً تحت تأثیر صرف نیروهای رقابت عمل می کردند در بسیار از کشورها با نقصان بهینگی همراه شدند لذا طراحی ساختار نهادی از موضوعات چالش انگیز اقتصاد برق در دهه های اخیر بوده است.

ساختار نهادی صنعت برق در ایران با اجرای برنامه های توسعه ای کشور از قبل از انقلاب اسلامی به سمت متمرکز شدن و دولتی شدن سوق پیدا کرد و تا دهه هفتاد نیز کاملاً متمرکز و دولتی باقی ماند. از اوایل دهه هفتاد موضوع تجدید ساختار صنعت برق در دستور کار دولتها قرار گرفت و سیاستهایی برای کاهش نقش دولت و مشارکت بخش خصوصی شکل گرفت. این سیاستها منجر به حضور برخی نهادهای مالی و عمومی تحت عنوان بخش خصوصی در تولید برق گردید به نحوی که در سال ۹۱ حدود ۱۰ درصد برق توسط این بخش نوظهور در صنعت برق تولید گردید.

تغییرات ساختار نهادی برق یکی از مهمترین دگرگونی های است که می تواند آینده های مختلفی را برای صنعت برق شکل دهد؛ دولت توان تأمین همه منابع مورد نیاز توسعه برق متناسب با رشد کشور را ندارد و با چالش سرمایه گذاری مورد نیاز توسعه برق مواجه است، همچنین سیاست اداره دولتی برق تضعیف شده و بحران بهره وری تشدید شده است، از سویی نهادهای مالی بزرگ و بخش های عمومی متمایل به حضور در صنعت برق شده اند و از طریق سیاستهای اصل ۴۴ و تهاوت مطالبات خود با دولت صاحب تعدادی از نیروگاهها شده اند. این تغییرات صنعت برق را از ساختار متمرکز و انحصاری در وزارت نیرو به سمت ساختار غیرمتمرکزی هدایت خواهد کرد که سرنوشت این صنعت را شکل خواهد داد.

## ۲-۱- خصوصی سازی

حضور بخش خصوصی در صنعت برق از طریق قرار دادهای BOT و BOO در دهه هفتاد آغاز شد. این سیاست بدون آنکه بتواند سرمایه گذاران غیر دولتی و خارج نهادهای عمومی را جلب کند، توانست بخشی از سرمایه های بانکی را وارد عرصه تولید برق کند و نیروگاههایی در خارج وزارت نیرو راه اندازی شود. با ابلاغ اصل ۴۴ قانون اساسی وزارت نیرو موظف گردید نیروگاههای دولتی را به بخش خصوصی واگذار کند. ۲۲ نیروگاه واگذار شده است و این روند باید ادامه یابد، هر چند که چرخه معیوب جریان مالی صنعت برق جذابیت خرید نیروگاه ها را برای سرمایه گذاران کاهش داده است. اصلاح جریان مالی برق و مکانیزم قیمت گذاری از یک سو، و عدم تعهد دولت به پرداخت بهای برق به نیروگاههای بخش خصوصی، روند خصوصی سازی را تحت تأثیر قرار داده است. واگذاری شرکتهای توزیع، بخش دیگری از فرایند خصوصی سازی در برق است که بدلیل عدم شفافیت نقل و انتقالات و ابهامات حقوقی - مالی سهام این شرکتها که با قانون استقلال شرکتهای توزیع نیز تشدید گردید، ساختار نهادی بخش توزیع با عدم قطعیت

همراه شده است؛ از سویی حاکمیت شرکتی وزارت نیرو بر شرکتهای توزیع کاهش یافته و از سوی دیگر انحصار توزیع در خرید برق عمده فروشی و خرده فروشی باقی مانده است.

بنابراین تغییر مالکیت بخش تولید و توزیع یکی از عدم قطعیت هایی است که می تواند ساختار نهادی برق را در جهت های مختلفی شکل دهد. اما آنچه که در این روندها وجود دارد تمرکز زدایی از وزارت نیرو و شکل گیری ساختار غیر متمرکز در تولید و توزیع برق خواهد بود.

## ۲-۲- بازار برق و نهاد تنظیم گر

تشکیل بازار برق، بخشی از فرایند تجدید ساختار برق بوده است که از سال ۱۳۸۳ امکان خرید و فروش عمده برق را با مکانیزم قیمت بازار فراهم کرده است. هدف از ایجاد بازار برق، بالا بردن بهره وری از طریق شکل گیری رقابت بین تولید کنندگان برق (دولتی و خصوصی) و رسیدن به قیمت های تعادلی در بازار می باشد. شکل گیری تالار بورس برق در بورس انرژی بخش دیگری از فرآیند ایجاد نهاد بازار برق است که از سال ۹۱ راه اندازی شده است. بازار برق بدلیل ویژگیهای فیزیکی تولید و عرضه برق، نیازمند نهاد تنظیم گر یا مدیریت بازار برای برقراری رقابت و عملی شدن خرید و فروش و بهره برداری از شبکه خطوط است که این نهاد در حال حاضر شرکت مدیریت شبکه برق ایران است که وابسته به وزارت نیرو است که تولید کننده عمده برق است و ۸۷ درصد سهم بازار را دارا می باشد. بنابراین استقلال نهاد تنظیم گر از زنجیره تولید و مصرف برق که بتواند قواعد بازار را بدون تبعیض و در جهت رقابت پذیری بازار پیاده سازی کند از یک سو و انحصار شرکتهای توزیع و اعمال قیمت های تکلیفی خرده فروشی برق از سوی دیگر، نیروهایی هستند که بر آینده عملکرد سیستم تعادلی نهاد بازار اثر می گذارند و تغییر هریک از آنها سناریوهای مختلفی را برای آینده ساختار نهادی برق رقم خواهد زد.

بخش دیگری از سناریوهای آینده برق، ایجاد هاب برق و شکل گیری بازار برق منطقه ای در ایران است. ایران بدلیل موقعیت جغرافیایی ممتازی که در منطقه دارد و برخورداری از زیر ساختهای منحصر به فرد برق در منطقه و ذخایر نفت و گاز بالا، آمادگی تشکیل هاب انرژی در منطقه را دارد. در مقابل این فرصتها، تهدید تعاملات سیاسی مخرب در منطقه و عملکرد مدیران دولت در شکل دهی این بازار وجود دارد که آینده بلندمدت برق ایران را تحت تأثیر قرار می دهد.

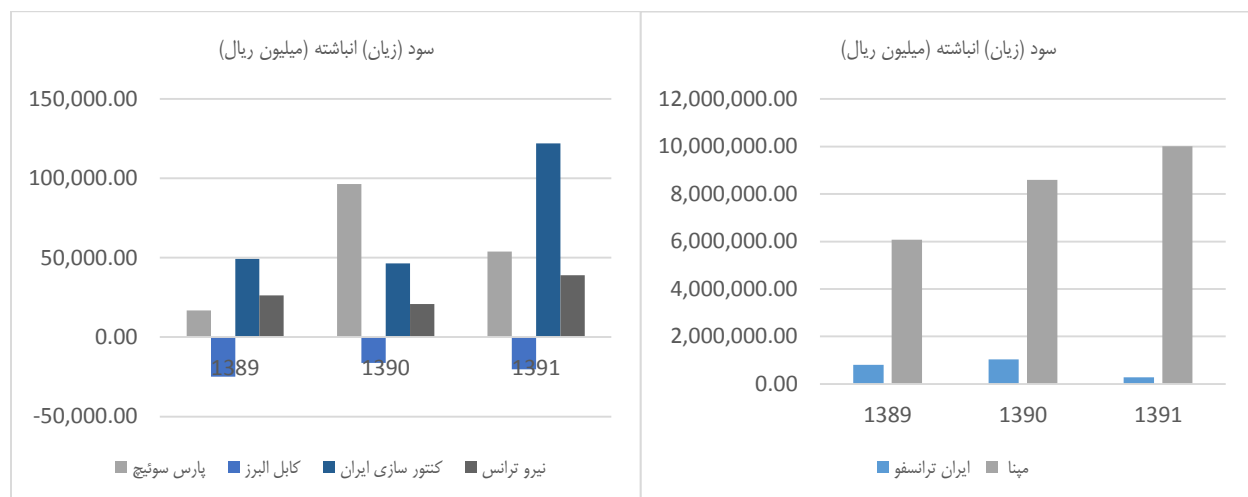
## ۲-۳- بنگاه های بزرگ و زنجیره ساخت و تأمین تأسیسات برق

زنجیره ساخت و تأمین تأسیسات برق در مسیر رشد صنعت به ساختاری رسیده است که نقش تعیین کننده ای در آینده برق دارد. در بخش پیمانکاری و مشاوره ساخت تأسیسات نیروگاهی، خطوط انتقال و توزیع برق شرکتهای ایرانی کاملاً خودکفا شده اند و توانسته اند به بازارهای صادراتی نیز وارد شوند. بنگاههای بزرگی چون مپنا و صنایع نقش مهمی در صادرات خدمات مهندسی و ساخت پروژه های احداث تأسیسات برق داشته اند و سهم زیادی از بازار ساخت و اجرای تأسیسات برقی را به خود اختصاص می دهند. همچنین ورود قرارگاه خاتم الانبیاء به برخی پروژه های بزرگ وزارت نیرو در دولت دهم در بازار این شرکتهای تأثیر گذار بوده است.

در زمینه ساخت تجهیزات هر چند که بخش هایی از تجهیزات برق ساخت داخل می شود اما این ساخت داخل در زنجیره تأمین خود برای تأمین قطعات و مواد اولیه به سازندگان خارجی وابسته است. شرکتهای بزرگی چون ایران ترانسفو، پارس سوئیچ، کابل البرز، نیرو ترانس در بورس پذیرش شده اند و توانسته اند از مزایای بازار سرمایه برخوردار شوند و سهم زیادی از بازار را در اختیار

داشته باشند و در برخی کالاها تنها تولید کننده بازار باشند. در نمودار های زیر اطلاعات شاخص سود (زیان) انباشته این شرکتها در سه سال گذشته آورده شده است. شرکتهای ایران ترانسفو و مپنا بزرگترین شرکتهای صنعت برق هستند که بیشترین سودآوری را دارند.

روند تغییرات ترکیب جمعیتی زنجیره ساخت و تأمین تأسیسات برق تحت تأثیر دو نیروی اصلی قرار دارد؛ ادغام های عمودی و افقی که منجر به بزرگ شدن بنگاهها و برخورداری از مزیت صرفه به مقیاس و در نتیجه انباشت سرمایه در این موسسات می شود، روندی که در مپنا اتفاق افتاده است و دیگری نیروی تجزیه شرکتهای متوسط به شرکتهای کوچک بدلیل ضعف بنگاه داری و مشکلات حکمرانی شرکتی است که منجر به رقابتهای افقی و کاهش توان رقابتی بنگاهها می شود.



نمودار (۳) روند سود(زیان) انباشته تعدادی از شرکتهای بورسی صنعت برق از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ [۵۴]

جدول (۲) - اجزا، روند ها، پیشرانها و تأثیرات تغییرات ساختار نهادی برق

تغییرات ساختار نهادی صنعت برق				
اجزا	وضعیت فعلی	روند	پیشران	تأثیر
واگذاری نیروگاهها	۲۸ نیروگاه کشور (۱۵ درصد ظرفیت تولید برق) به بخش غیر دولتی واگذار شده است که بیشتر خریداران موسسات مالی و نهادهای عمومی بستانکار دولت بوده اند	دولت مکلف است بخش تولید برق را خصوصی کند و تا ۸۰ درصد سهام نیروگاه را به بخش خصوصی واگذار کند و نقش دولت ۲۰ درصد شود. سند خصوصی سازی در وزارت نیرو تصویب شده است	سیاستهای اصل ۴۴ قانون اساسی و اصلاح جریان مالی صنعت برق روند واگذاری را شکل خواهند داد	واگذاری نیروگاهها، انحصار تولید برق را از بین می برد و با ایجاد بازار کارآمد عمده فروشی برق، برق بصورت یک کالای اقتصادی و رقابتی عرضه می شود.
واگذاری شرکت های توزیع برق	سهامدار عمده شرکت های توزیع، شرکت شبه دولتی صبا و وزارت نیرو می باشند که با تصویب قانون استقلال شرکت های توزیع از برق های منطقه ای، وضعیت مالکیت و دارایی این شرکتها دچار ابهام شد.	روابط پیچیده در مالکیت و دارایی شرکت های توزیع برق روند خصوصی سازی را دچار ابهام کرده است.	انحصار طبیعی شبکه های برقرسانی، اصلاح جریان مالی صنعت برق و روابط مالکیتی وزارت نیرو و شرکت صبا، و تفکیک بخش فنی از بخش امور مشترکین روند خصوصی سازی را تحت تأثیر قرار می دهد.	روند خصوصی سازی بخش توزیع برق جزئی از تغییرات نهادی صنعت برق است که اقتصاد برق را به سمت رقابتی شدن پیش می برد و در بازار عمده فروشی و خرده فروشی برق تأثیر گذار است
بازار برق	ایجاد بازارهای عمده فروشی برق بخشی از فرایند تجدید ساختار برق است که در سال ۸۳ شکل گرفت و با تأسیس تالار بورس برق به مرحله جدیدی رسیده است	بازار برق در ایران هنوز به شکوفایی خود نرسیده است. اعمال سیاست قیمت های تکلیفی که با قیمت های طرف عرضه اختلاف چشمگیری دارد شرایط رقابتی بازار را نامتعادل کرده است.	بازار کالای برق که در مقیاس وسیع قابل ذخیره نیست و عرضه و تقاضا، تطابق لحظه ای دارند از پیچیدگی ها فنی و اقتصادی برخوردار است تا بتواند در به کشف قیمت های تعادلی منجر شود.	بورس برق مکانیزی برای کشف قیمت های تعادلی است که تحت تأثیر نیروی رقابتی می تواند قیمت های پهنه را تعیین کند و از تحمیل هزینه های مستقیم و غیر مستقیم به مصرف کننده جلوگیری کند. بورس برق باعث شفاف سازی اقتصاد برق و ایجاد اعتماد برای جذب سرمایه گذاران در این صنعت شود

<p><b>نهاد تنظیم گر</b></p>	<p>دولت به عنوان مسئول تأمین برق انحصار تولید، انتقال و توزیع را داشته است و نهاد تنظیم کننده برق خارج از زنجیره تولید و عرضه شکل نگرفته است.</p>	<p>همزمان با واگذاری بخش تولید و توزیع برق، نیاز به نهاد رگولاتوری یا تنظیم گر برای رفع نواقص بازار برق ضروری است.</p>	<p>بازار برق پیچیده است و بدون نهاد های تنظیم گر دچار شکست بازار می شود. پیچیدگی بازار برق، انحصار های طبیعی شبکه های برق، و ضرورت مداخله دولت برای رفع نواقص بازار ایجاد نهاد تنظیم گر بازار برق مستقل از طرف عرضه را تحت تأثیر قرار می دهد</p>	<p>نهاد تنظیم گر برق می تواند ناسامانی های احتمالی ناشی از عدم تمرکز بازارهای برق را کاهش دهد و با رفع نواقص بازار برق، بهینه شدن قیمت در بازارهای تعادلی را تضمین کند و موجب بهبود عملکرد بازار شود.</p>
<p><b>بنگاههای بزرگ و زنجیره تأمین و ساخت</b></p>	<p>بنگاههای بزرگ صنعت برق ایران همچون مپنا، ایران ترانسفو و تعدادی دیگری از شرکتهای بزرگ نقش تعیین کننده ای در زنجیره تأمین صنعت برق دارند که سهامداران اصلی آنها دولت یا نهادهای شبه دولتی هستند.</p>	<p>ادغام های (عمودی و افقی) یا تجزیه بنگاههای بزرگ روندهایی بوده است که در زنجیره تأمین صنعت برق اتفاق افتاده است و این روندها را با عدم قطعیت مواجه کرده است</p>	<p>نیاز به ادغام های افقی و عمودی برای حضور در بازارهای صادراتی و ایجاد صرفه به مقیاس حاصل از بزرگ شدن بنگاهها برای کاهش هزینه ها در جهت رقابتی شدن صنعت در مقابل نبود ضعف بنگاه داری و عدم رعایت اصول حکمرانی شرکتی، گرایش به تجزیه شدن بنگاهها را شکل می دهد. همچنین خصوصی سازی این روند را تشدید می کند.</p>	<p>بنگاههای بزرگ با انباشت سرمایه ناشی از صرفه به مقیاس تولید و اجراء، امکان نوآوری و تولید و انتقال فناوری را فراهم می کنند و قابلیت رقابتی در بازارهای صادراتی را کسب می کنند. این بنگاهها بر سرنوشت تعداد زیادی از بنگاههای کوچک و متوسط تأثیر گذارند؛ پایداری صنعت برق ارتباط مستقیمی با این بنگاهها خواهد داشت</p>
<p><b>هاب انرژی منطقه</b></p>	<p>ایران با کشورهای همجوار تبادل الکتریکی دارد و صادر کننده برق به کشورهای همجوار است (بالغ بر ۸۰۰ میلیون دلار فروش برق)</p>	<p>ایران گرایش به ایجاد بازار برق منطقه و تبدیل شدن به هاب برق و انرژی منطقه دارد.</p>	<p>موقعیت ویژه جغرافیایی ایران، صنعت برق قدرتمند در منطقه، و ذخایر بالای نفت و گاز پیشرانهایی است که روند ایجاد هاب برق منطقه را تقویت می کند. در مقابل منازعات سیاسی منطقه ای و نحوه ابتکار عمل مدیران دولت می تواند این روند را تضعیف کند.</p>	<p>شکل گیری هاب برق منطقه در ایران، موجب بزرگ شدن اقتصاد برق، افزایش بهره وری شبکه، و رونق صنعت شود. همچنین در تقویت تعاملات سیاسی و امنیتی با کشورهای همجوار تأثیر گذار خواهد بود</p>

جدول ۲ اجزا دگرگون ساز دو یعنی ساختار نهادی برق را بطور خلاصه نشان میدهد. در این جدول روند واگذاری نیروگاهها، واگذاری شرکتهای توزیع، بازار برق، نهاد تنظیم گر، بنگاههای بزرگ و زنجیره تأمین برق، و هاب انرژی منطقه وضعیت فعلی آن بررسی شده است. همچنین نیروهای پیشران بر این عوامل و تاثیرات آن بر صنعت برق تبیین شده است.

### ۳- دگرگون ساز سه: بهره وری و اتلاف برق

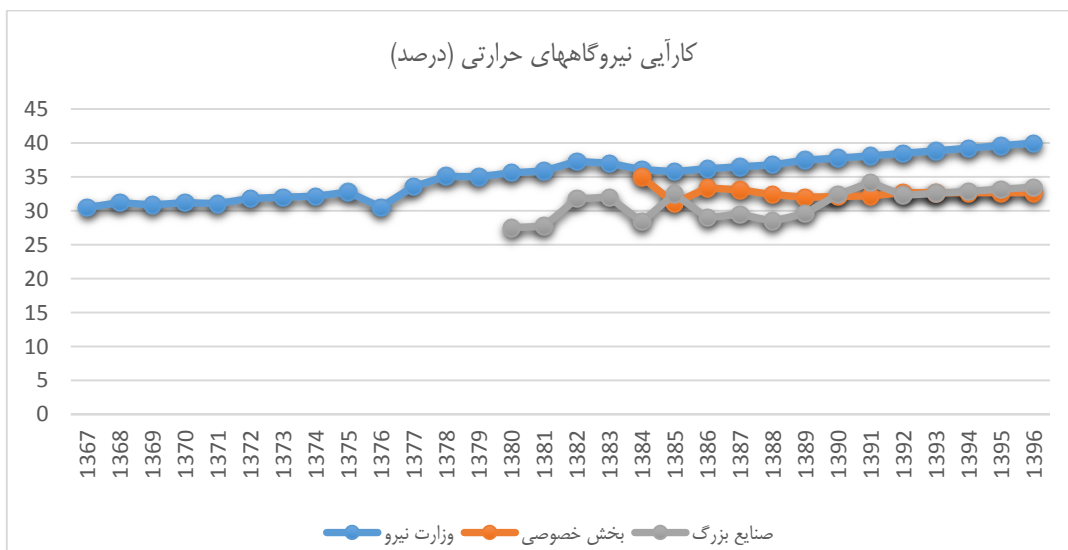
با توجه به اینکه هزینه نهایی برق در تعیین قیمت برق اثر زیادی دارد و حاشیه سود و نرخ بازگشت سرمایه در این صنعت بسیار پایین است، مسئله بهره وری و اتلاف برق در زنجیره عرضه بسیار مهم است.

#### ۳-۱ - اتلاف و بهره وری در تولید، انتقال و توزیع برق

راندمنان نیروگاههای حرارتی در ایران حدود ۳۸ درصد است و در ده سال گذشته با شیب بسیار کمی ادامه داشته است و حدود ۳ درصد افزایش داشته است. وزارت نیرو برای افزایش راندمنان و کاهش اتلاف تولید، راهکارهایی از جمله تبدیل نیروگاه گازی به نیروگاه سیکل ترکیبی و استفاده از فناوری هایی مانند CCHP و CHP در تولید پراکنده برق را دستور کار دارد. میزان اتلاف در شبکه های انتقال و توزیع حدود ۱۵ درصد است که نزدیک به دو برابر متوسط جهانی است. روند کاهش اتلاف شبکه های انتقال و توزیع با شیب کمی ادامه دارد. کاهش اتلاف در شبکه های انتقال توزیع نیازمند سرمایه گذاری در فناوری های شبکه، بازسازی خطوط انتقال و توزیع است.

بالا رفتن راندمنان نیروگاههای حرارتی و کاهش اتلاف شبکه های انتقال و توزیع، مصرف سوختهای فسیلی را کاهش می دهد، و نیاز به سرمایه گذاری احداث نیروگاههای جدید را کاهش می دهد. با توجه به بحران سرمایه گذاری و تأمین مالی پروژه های ساخت نیروگاهی، مسئله افزایش راندمنان و کاهش اتلاف شبکه ها اولویت بیشتری پیدا می کند.

نمودار ۴ روند راندمنان نیروگاههای حرارتی کشور را نشان می دهد. همانطور که در نمودار ها مشاهده می شود روند بهبود راندمنان نیروگاهها با شیب بسیار ملایمی تداوم داشته است. هر چند که با واگذاری نیروگاهها به بخش خصوصی انتظار می رفت که با رقابتی شدن تولید برق و تشکیل بازار عمده فروشی، سازماندهی تولید برق به سمت بهره وری بیشتر هدایت شود اما تغییر راندمنان برق در بخش خصوصی روند منفی داشته است. این تغییر بسیار معنادار است و بی ارتباط با نحوه واگذاری ها و چرخه معیوب جریان مالی و انباشت بدهی های دولت به بخش خصوصی نیست.



نمودار (۴) برونیایی راندمنان نیروگاههای حرارتی تا سال ۱۳۹۶

### ۳-۲- اتلاف و بهره‌وری در مصرف برق

متوسط مصرف برق در ایران از متوسط برق در جهان بسیار بالاتر است که بخشی از آن ناشی از اتلاف برق در هنگام مصرف است و بخشی ناشی از شرایط اقلیمی گرمسیری و نیاز به وسایل سرمایشی در فصول گرم سال است. مصرف برق بطور متوسط در ۱۰ سال گذشته سالانه ۷/۵ درصد رشد داشته است و هر ده سال مصرف برق در ایران دو برابر شده است. عواملی مانند قیمت بسیار پایین برق که سهم آن کمتر از ۱ درصد اقلام سبد خانوار است در مقایسه با سایر اقلام مانند هزینه ارتباطات که حدود ۴ درصد است و نسبت به قیمت جهانی نیز بسیار پایین است [۲۵ و ۲۶]، الگوی نادرست مصرف ناشی از نگرش مصرف‌کنندگان به برق به عنوان یک کالای دولتی ارزان و میزان بازدهی وسایل الکتریکی در اتلاف برق مصرف‌کننده خانگی تأثیر گذار بوده است. در بخش صنعت و کشاورزی، نوع صنعت و فناوری تولید بر مصرف و اتلاف برق تأثیر گذارند. همچنین استفاده از فناوری‌های اندازه‌گیری هوشمند مصرف برق عاملی است که می‌تواند منجر به مدیریت بهینه مصرف شود. با کاهش اتلاف مصرف و مصرف بهینه برق، نیاز به سرمایه‌گذاری برق کاهش می‌یابد و امکان صادرات برق به کشورهای همجوار فراهم می‌گردد.

نیاز به سرمایه‌گذاری برای پاسخگویی به رشد مصرف برق، حدود ۳ درصد تولید ناخالص داخلی بوده است که از نرخ متوسط جهانی بسیار بالاتر است. در حالیکه اگر نرخ رشد تقاضای برق از ۷/۵ درصد به ۵/۵ درصد کاهش بیابد بین ۱/۵ تا ۲/۸ درصد GDP در نیاز به سرمایه‌گذاری در صنعت برق کاهش می‌یابد و در مصرف گاز صرفه‌جویی زیادی خواهد شد (حدود ۰/۱۲ درصد تولید ناخالص داخلی) [۶۷ و ۶۸].

### ۳-۳- نظام مدیریتی

نظام مدیریتی حاکم بر صنعت برق مبتلا به عوارض سازمانهای دولتی است که در بازار انحصاری شکل گرفته‌اند و با چالش بهره‌وری و نوآوری مواجه است. در بخش خصوصی نیز بدلیل وابستگی به کارفرمای دولتی از رقابت پذیری پایینی در مقیاس جهانی برخوردار است. اگرچه نظام مدیریت صنعت برق در فضای پس از جنگ، با ابتکارهای مالی و اقتصادی رشد شتابانی را در صنعت برق ایجاد کرد اما در دهه اخیر با محافظه‌کاری و شعار زدگی، اقتصاد صنعت برق را به بحران مالی رسانید. نظام مدیریتی صنعت برق در بخش دولتی و خصوصی در بالارفتن بهره‌وری و نوآوری و تولید و انتقال فناوری که موجب کاهش تلفات و استفاده بهینه از منابع می‌شود نقش ویژه‌ای دارد.

چالش جریان مالی ناپایدار صنعت و خصوصی سازی بخش تولید و توزیع، نظام مدیریتی این صنعت را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد و به سمت آینده‌نگری و رقابت پذیری و یا اضمحلال و ورشکستگی هدایت کند.



جدول (۳) اجزا، روند ها، پیشران ها و تأثیرات بهره وری و اتلاف برق

دگرگون ساز ۳- بهره وری و اتلاف برق				
نوع	وضعیت فعلی	روند موجود	پیشران	تأثیر
اتلاف تولید	راندمان تولید نیروگاههای حرارتی حدود ۳۸ درصد است که از متوسط جهانی پایین تر است.	روند افزایش راندمان نیروگاههای حرارتی با شیب کمی ادامه داشته است و کاهش اتلاف تولید و بالابردن راندمان از اولویتهای وزارت نیرو است	ایجاد نیروگاه های سیکل ترکیبی و استفاده از فناوری هایی مانند فناوری CHP می تواند راندمان تولید را بالا ببرد. رقابتی شدن تولید برق در اثر تشکیل بازار عمده فروشی سازماندهی تولید برق را به سمت بهره وری بیشتر سوق می دهد	کاهش اتلاف تولید و بالابردن راندمان نیروگاههای حرارتی، مصرف سوختهای فسیلی را کاهش می دهد و از سوی دیگر می تواند نیاز به سرمایه گذاری احداث نیروگاههای جدید را کاهش دهد.
اتلاف انتقال و توزیع	میزان اتلاف در شبکه های انتقال و توزیع حدود ۱۵ درصد است که نزدیک به دو برابر متوسط جهانی است	روند کاهش اتلاف شبکه های انتقال و توزیع با شیب کمی ادامه دارد.	کاهش اتلاف در شبکه های انتقال توزیع نیازمند سرمایه گذاری در فناوری های شبکه، بازسازی خطوط انتقال و توزیع و است.	کاهش اتلاف شبکه های انتقال و توزیع علاوه بر صرفه جویی در هزینه های عرضه برق، نیاز به سرمایه گذاری برای تولید و انتقال برق را کاهش می دهد
اتلاف مصرف	متوسط مصرف برق در ایران از متوسط برق در جهان بسیار بالاتر است که بخشی از آن، اتلاف برق در هنگام مصرف است	متوسط مصرف سرانه برق در بخش خانگی بطور متوسط در ۱۰ سال گذشته سالانه ۷/۵ درصد رشد داشته است	قیمت برق، نگرش نسبت به برق به عنوان یک کالای دولتی ارزان یا یک کالای اقتصادی گرانبها و میزان بازدهی وسایل الکتریکی در اتلاف برق مصرف کننده خانگی و نوع صنعت در اتلاف برق بخش صنعت تأثیر گذارند. فناوری های اندازه گیری هوشمند مصرف برق بر مدیریت مصرف اثر گذارند	با کاهش اتلاف مصرف و مصرف بهینه برق، نیاز به سرمایه گذاری برق کاهش می یابد و امکان صادرات برق به کشورهای همجوار فراهم می گردد.
نظام مدیریتی	نظام مدیریتی حاکم بر صنعت برق مبتلا به عوارض سازمانهای دولتی است که در بازار انحصاری شکل گرفته اند و با چالش بهره وری و نوآوری مواجه است. در بخش خصوصی نیز دلیل وابستگی به کارفرمای دولتی از رقابت پذیری پایینی در مقیاس جهانی برخوردار است	مدیریت صنعت برق در فضای پس از جنگ، با ابتکارهای مالی و اقتصادی توسعه رشد شتابانی را در صنعت برق ایجاد کرد که در دهه اخیر با محافظه کاری و شعار زدگی، اقتصاد صنعت برق را به بحران مالی رسانید.	چالش جریان مالی ناپایدار صنعت و خصوصی سازی بخش تولید و توزیع، نظام مدیریتی این صنعت را می تواند تحت تأثیر قرار دهد و به سمت آینده نگری و رقابت پذیری و یا اضمحلال و ورشکستگی هدایت کند.	نظام مدیریتی صنعت برق در بخش دولتی و خصوصی در بالارفتن بهره وری و نوآوری و تولید و انتقال فناوری که موجب کاهش تلفات و استفاده بهینه از منابع می شود نقش ویژه ای دارد.

#### ۴- دگرگون ساز چهار: رشد و توسعه اقتصادی

##### ۴-۱- درآمدهای نفتی و اقتصاد انرژی

اقتصاد ایران به نفت وابسته است؛ حدود ۲۲ درصد تولید ناخالص داخلی، ۴۰ درصد بودجه دولت و ۸۰ درصد درآمدهای صادراتی ایران از منابع نفت و گاز بدست می آید [۴۷]. این وابستگی به درآمدهای نفتی باعث شده است شاخص های اقتصاد کلان با تغییر درآمدهای نفتی نوسان کنند و بی ثباتی اقتصادی و تورم را به همراه داشته است. درآمدهای نفتی خود تابعی از قیمت نفت، و روابط تجاری ایران با کشورهای خریدار نفت است که بدلیل تحریم های اقتصادی سالهای اخیر این روابط تجاری محدود شده است و درآمدهای نفتی ایران تا ۴۰ درصد کاهش یافته است [۵۵]. هر گونه تغییر در درآمدهای نفتی تأثیر مستقیمی بر عملکرد دولت و بودجه های عمرانی و زیرساختی دارد و با توجه به ماهیت دولتی بودن صنعت برق، توسعه و رشد این صنعت تحت تأثیر درآمدهای نفتی خواهد بود. چنانچه درآمدهای نفتی دولت افزایش پیدا نکند، مسئله سرمایه گذاری برای توسعه ظرفیت تولید و شبکه انتقال و توزیع از سوی دولت محدود خواهد شد و دولت ملزم می شود جریان مالی صنعت برق را اصلاح کند تا از یک سو تقاضای برق تعدیل شود و از سوی دیگر امکان جذب سرمایه گذاران غیر دولتی فراهم شود بنابراین لازم می شود ساختار صنعت برق به سوی ساختار غیر متمرکز و رقابتی حرکت کند. در نقطه مقابل اگر توافقات سیاست خارجی دولت یازدهم نتیجه دهد، و توافقات ژنو به حل منازعه هستی ایران بیانجامد و با کاهش تحریم ها درآمدهای ارزی ایران افزایش یابد، گرایش به نقش آفرینی دولت در اقتصاد برق تجدید می شود.

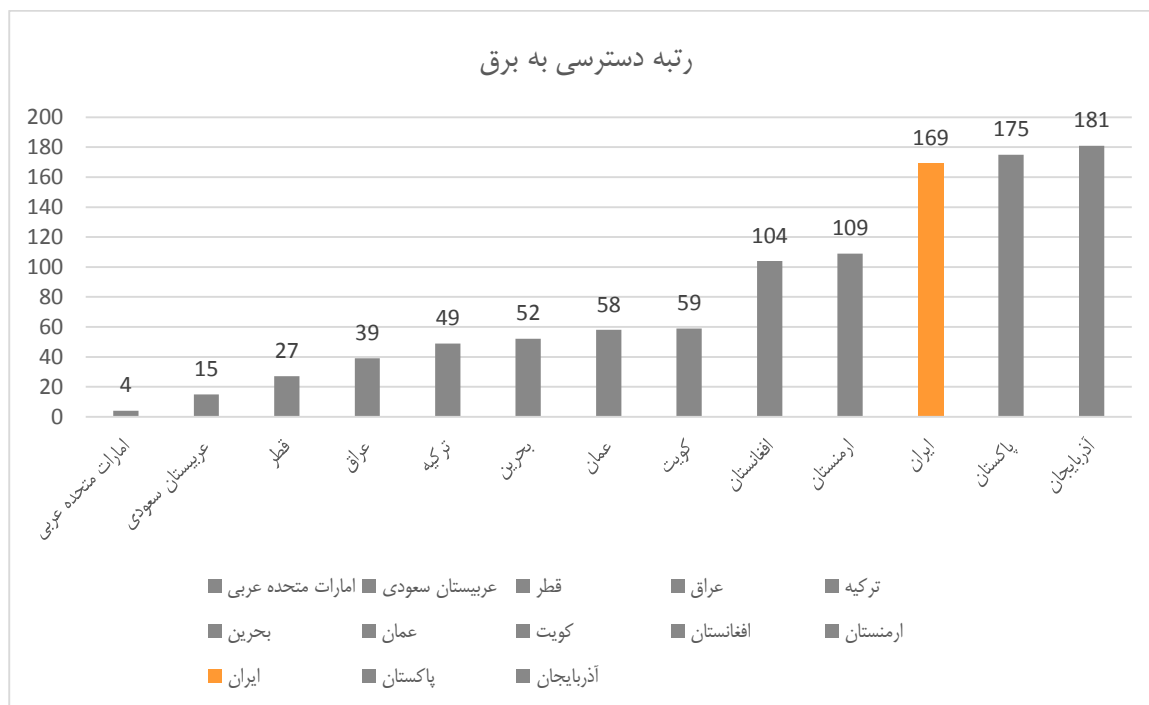
همچنین برق به عنوان شکلی از انرژی، تابعی از اقتصاد انرژی است بویژه آنکه در سالهای اخیر نقش گاز در تأمین انرژی های اولیه نیروگاههای حرارتی افزایش یافته است و حدود ۷۰ درصد سوخت نیروگاهها از گاز طبیعی تأمین می شود. هرچند که در حال حاضر سوخت نیروگاهها بصورت یارانه ای به نیروگاهها داده شود و هزینه آن در قیمت تمام شده تأمین برق لحاظ نمی شود ولی این موضوع از اهمیت اقتصادی آن نمی کاهد. تغییر در اقتصاد نفت و گاز، صنعت برق را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

##### ۴-۲- استراتژی توسعه

روند توسعه کشور در جهت رشد صنایع انرژی بر بوده است و ادامه این روند نیاز به برق را در دوره رشد اقتصادی شتاب می دهد. در حال حاضر شاخص شدت مصرف انرژی در ایران تا سال ۲۰۰۸ تقریباً دو برابر شاخص جهانی بوده است و بدلیل افزایش قیمت انرژی این شاخص بهبود یافت ولیکن همچنان صنایع کشور انرژی بر هستند. حدود ۳۲ درصد مصرف برق در بخش صنعت است، لذا تغییر در الگوی توسعه صنعتی، نیاز به برق را تغییر می دهد. اگر استراتژی توسعه کشور به سمت صناعی انرژی بر ادامه نیابد، نیاز به توسعه برق محدود می شود. همچنین باید در نظر داشت که برق یکی از صنایع زیر بنایی است و توسعه صنعتی با دردسترس بودن برق رابطه مستقیم دارد. این موضوع در ارزیابی محیط کسب و کار مورد توجه بوده است و شاخص دسترسی به برق (الکتریسیته) یکی از ۱۱ شاخص مورد بررسی سهولت کسب و کار<sup>۴</sup> بانک جهانی است. وضعیت ایران در این شاخص نامطلوب است و در بین ۱۸۹ کشور رتبه ۱۶۹ را دارد. نمودار ۵ وضعیت رتبه ایران را از نظر شاخص دسترسی به برق با کشورهای منطقه مقایسه کرده است. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود وضعیت این شاخص از کشورهای مثل عراق، ترکیه و افغانستان که ایران برق خود را به آنها صادر می کند بدتر است.

<sup>۴</sup> Doing Business

عواملی مانند نظام بازار اقتصاد جهانی و مزیت‌های نسبی کشور، گفتمان توسعه ای نخبگان اقتصادی و علمی کشور و چشم انداز سیاستمداران از مسیر توسعه، در انتخاب الگوی توسعه ای و اولویت‌های صنعتی کشور و در نتیجه نوع فناوری های تولید تأثیر گذار است.



نمودار (۵) رتبه کشورهای منتخب منطقه در دسترسی به برق در سال ۲۰۱۳ [۷۳]

#### ۳-۴- رشد تولید ناخالص داخلی

یکی از متغیرهایی که بر تقاضای برق تأثیر دارد میزان درآمد یا تولید ناخالص داخلی است [۳۹] و در مدل‌های کلان پیش بینی تقاضای برق تولید ناخالص داخلی روی تقاضای برق اثر می‌گذارد. بنابراین با رشد اقتصادی نیاز به برق افزایش می‌یابد و با رکود اقتصادی تقاضای برق کمتر خواهد بود. هرچند که تقاضای برق با توجه به قیمت فعلی کاهش ندارد اما در صورت تغییر سیاست‌های قیمت‌گذاری و حرکت به سمت آزاد سازی قیمت‌ها و رقابتی شدن آن، تابع تقاضای برق تغییر خواهد کرد.

در سال‌های اخیر رشد اقتصادی ایران کاهش یافته است و رکود اقتصادی و کاهش فعالیت بخش صنعت موجب شده است تقاضای برق تعدیل شود و در صورتیکه رشد اقتصادی رخ دهد و تولید ناخالص داخلی افزایش یابد تقاضا برای برق هم افزایش می‌یابد.

رشد اقتصادی نیز تابعی از تعاملات جهانی و سیاست‌های اقتصادی دولت است و چنانچه تعاملات جهانی بهبود پیدا کند و سیاست‌های اقتصادی دولت تغییر کند، رشد اقتصادی رخ خواهد داد.

جدول (۴) اجزا، روند ها، پیشرانها و تأثیرات رشد و توسعه اقتصادی

دگرگون ساز ۴- رشد و توسعه اقتصادی				
اجزا	وضعیت فعلی	روند موجود	پیشران	تأثیر
درآمدهای نفتی و اقتصاد انرژی	اقتصاد ایران به نفت وابسته است؛ حدود ۲۲ درصد تولید ناخالص داخلی، ۴۰ درصد بودجه دولت و ۸۰ درصد درآمدهای صادراتی ایران به نفت وابسته است.	درآمدهای نفتی در اقتصاد ایران نقش زیادی ایفا می کند و شاخص های اقتصاد کلان با تغییر درآمدهای نفتی و نحوه ورود آن به اقتصاد نوسان کرده است و بی ثباتی اقتصادی و تورم را به همراه داشته است.	قیمت جهانی نفت، و تحریم های اقتصادی عامل تعیین کننده ای در درآمدهای های نفتی ایران است و رفع تحریم ها می تواند درآمدهای فروش نفت و درآمد ارزی ایران را افزایش دهد.	هر گونه تغییر در درآمدهای نفتی تأثیر مستقیمی بر عملکرد دولت و بودجه های عمرانی و زیرساختی دارد و با توجه به ماهیت دولتی بودن صنعت برق، توسعه و رشد این صنعت تحت تأثیر درآمدهای نفتی خواهد بود.
استراتژی توسعه	بخش صنعت و کشاورزی حدود ۵۰ درصد مصرف برق را تشکیل می دهند و بنابراین تغییر در الگوی توسعه صنعتی و کشاورزی نیاز به برق را تغییر می دهد.	روند توسعه کشور در جهت رشد صنایع انرژی بر بوده است و ادامه این روند نیاز به برق را در دوره رشد اقتصادی شتاب می دهد. اگر استراتژی توسعه کشور به سمت صناعی انرژی بر ادامه نیابد، نیاز به توسعه برق محدود می شود.	نظام اقتصاد جهانی، گفتمان توسعه ای نخبگان اقتصادی و علمی کشور و چشم انداز سیاستمداران از مسیر توسعه، در انتخاب الگوی توسعه ای و اولویتهای صنعتی کشور و در نتیجه نوع فناوری های تولید تأثیر گذار است.	با توجه به اینکه برق یکی از صنایع زیر بنایی است، الگوی توسعه صنعتی در میزان نیاز به برق و سرمایه گذاری این صنعت تأثیر مستقیم می گذارد.
رشد تولید ناخالص داخلی	رشد تولید ناخالص داخلی ایران منفی است	بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی برق ارتباط وجود دارد. افزایش تولید ناخالص داخلی موجب افزایش تقاضا برای برق می شود. در سالهای اخیر رکود اقتصادی، تقاضای برق را تعدیل کرده است.	سیاستهای اقتصادی دولت و تعاملات جهانی بر میزان رشد اقتصادی تأثیر گذار خواهد بود.	در دراز مدت رشد اقتصادی موجب تقاضای بیشتر برق می شود

## ۵- دگرگون ساز پنج: تغییرات فناوری و انرژی های تجدیدپذیر

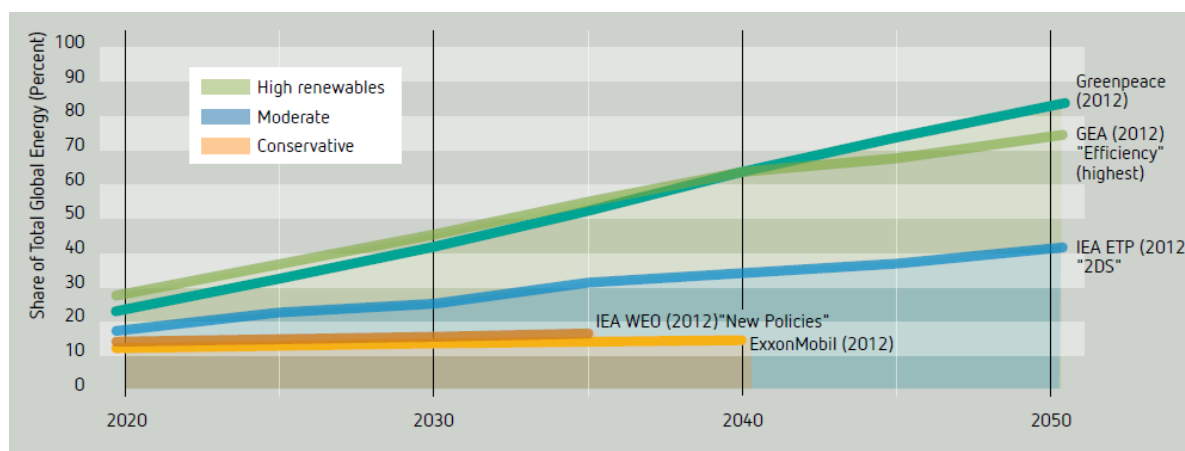
### ۵-۱- تغییرات فناوری

فناوری های تولید، انتقال و توزیع برق در حال رشد است و ایران بدلیل خودکفایی تولید برخی اقلام و کمبود تحقیق و توسعه و کم شدن تعاملات جهانی، با چالشهای فناوری متعددی روبرو است؛ وزارت نیرو در سند نقشه راه وزارت نیرو ۱۰ چالش اصلی فناوری را شناسایی کرده است [۴۸]. بخشی از تغییرات فناوری ها مربوط به تولید برق از انرژی های غیر فسیلی است که موجب می شود استفاده از انرژی های تجدید پذیر و تولید پراکنده برق گسترش بیابد. اما بخش دیگری از تغییرات فناوری مربوط به اتوماسیون شبکه های انتقال و توزیع و هوشمند سازی شبکه ها است. این تغییرات فناوری موجب کنترل بهتر شبکه و کاهش تلفات شبکه و افزایش بهره وری و نهایتاً کاهش هزینه های تمام شده برق می شوند.

تعاملات جهانی و رفع تحریم های بین المللی، اصلاح جریان مالی صنعت برق و غیردولتی شدن صنعت برق از جمله نیروهای هستند که در سطح فناوری های صنعت برق ایران تأثیر گذارند.

### ۵-۲- انرژی های تجدید پذیر

سهم انرژی های تجدیدپذیر از کل برق تولیدی کشور در سال ۱۳۹۰ حدود ۵/۳ درصد است که حدود ۵ درصد آن مربوط به نیروگاه برقآبی و کمتر از ۰/۳ درصد، سایر انرژی های تجدید پذیر (بادی، خورشیدی و بیوگازسوز) است. روند تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر در ایران رشد اندکی داشته است در حالیکه روند جهانی تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر رشد زیادی از سال ۲۰۰۰ داشته است. تا سال ۲۰۱۱ سالانه ۲۶۰ میلیارد دلار در صنعت انرژی های تجدید پذیر سرمایه گذاری شده است و در بازه پنج ساله ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲، ظرفیت نصب شده سلول های خورشیدی به طور متوسط سالانه ۶۰ درصد، نیروگاههای حرارتی خورشیدی سالانه ۴۰ درصد، و توربین های بادی سالانه ۲۵ درصد رشد داشته اند. هم اکنون ۱۹ درصد تولید برق جهان از انرژی های تجدیدپذیر است و پیش بینی های حاصل از سناریو های مختلف نشان می دهد تا سال ۲۰۳۰، ظرفیت برق بادی ۴ تا ۱۲ برابر، سلول های خورشیدی ۷ تا ۲۵ برابر، ظرفیت نیروگاههای خورشیدی ۲۰ تا ۳۵۰ برابر، ظرفیت برق زیستی ۳ تا ۵ برابر، ظرفیت زمین گرمایی ۴ تا ۱۵ برابر رشد خواهد داشت. نمودار ۶ سناریو های مختلف توسعه انرژی های تجدیدپذیر را در سناریو های خوش بینانه، واقع بینانه محافظه کارانه و بدبینانه در مقیاس جهانی نشان می دهد [۶۶].

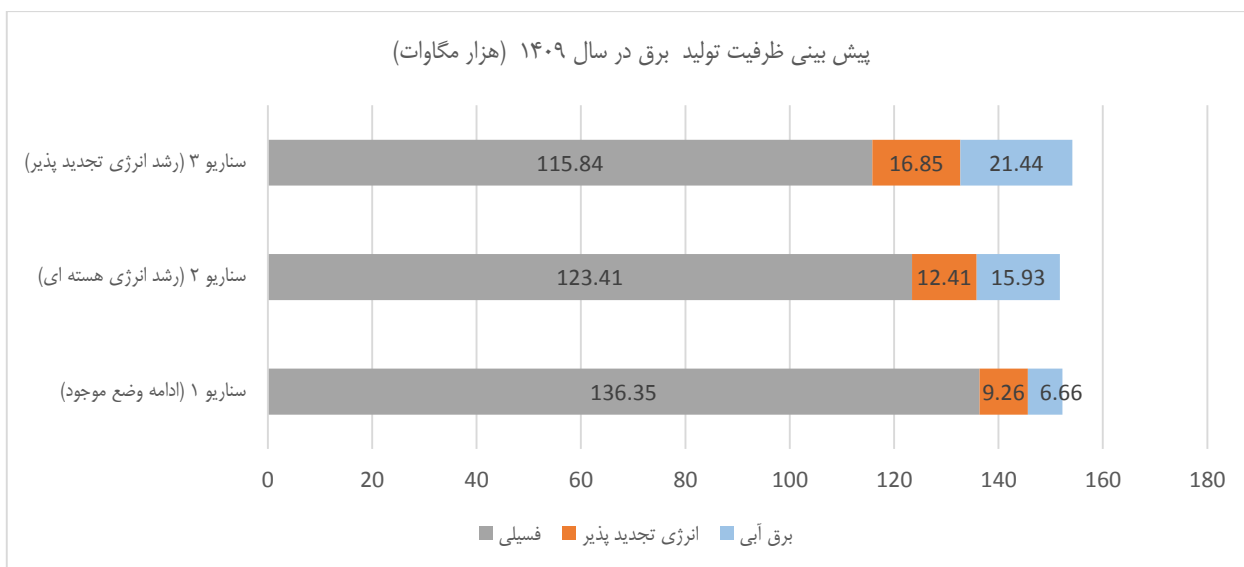


نمودار (۶) سهم انرژی های تجدیدپذیر در تأمین برق جهان در سناریو های محافظه کارانه، میانه و خوشبینانه انرژی های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ [۶۶]

پیش بینی هایی که برای انرژی های تجدید پذیر در سناریو های مختلف در مطالعه ای صورت گرفته است، نقش انرژی های تجدید پذیر و اتمی را بین ۱۰ تا ۲۵ درصد برای سال ۱۴۰۹ برآورد کرده است. وضعیت هر یک از این سناریو ها در نمودار ۷ مقایسه شده است [۳۶].

در مقیاس جهانی در آینده انرژی های تجدید پذیر موضوعاتی نظیر یکپارچه سازی منابع تجدید پذیر با شبکه های برق، ساختمانها و صنایع مطرح است و چالش آینده انرژی تجدید پذیر، فناوری و یا مشکلات اقتصادی نیست، بلکه برابری شبکه و سایر اقدامات رقابتی در زمینه منابع تجدید پذیر به عنوان چالش پیش آمده اند یا خواهند آمد؛ این دیدگاهها بیان می کند آینده انرژی های تجدید پذیر یک انتخاب است و یک نتیجه ناخواسته از روندهای فناوری و اقتصادی نیست [۶۶].

در آینده انرژی های تجدید پذیر در صنعت برق ایران موضوعاتی از قبیل فراوانی ذخایر سوختهای فسیلی بویژه گاز در ایران و هزینه پایین تولید برق از سوختهای فسیلی نسبت به هزینه تمام شده بالای برق انرژی های تجدید پذیر، چالشهای فناوری تولید برق فناوری های انرژی های تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشیدی، محدودیت تولید برق آبی و بادی با توجه به اقلیم نیمه خشک و بیابانی ایران بر روند تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر اثر منفی دارد. الزام های کاهش آلودگی محیط زیستی و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای و رسیدن به انرژی پاک روندهای آنرا تقویت می کند.



نمودار (۷) پیش بینی ظرفیت تولید برق در سه سناریو فرضی در سال ۱۴۰۹ ماخذ [۳۶]

جدول (۵) اجزا، روند ها، پیشرانها و تأثیرات تغییرات فناوری و انرژی های تجدیدپذیر

دگرگون ساز ۵: تغییرات فناوری و انرژی های تجدیدپذیر				
تأثیر آن بر آینده برق	پیشران	روند موجود	وضعیت فعلی	اجزا
تغییرات فناوری در تولید، انتقال و توزیع برق در قیمت تمام شده برق، بهره وری صنعت و رشد دراز مدت و پایداری برق تأثیرگذار است.	تعاملات جهانی و رفع تحریم های بین المللی، اصلاح جریان مالی صنعت برق و غیردولتی شدن صنعت برق نیروهای هستند که فناوری های برق را تغییر خواهند داد.	فناوری های تولید، انتقال و توزیع برق مانند اتوماسیون شبکه و هوشمند سازی توزیع، در حال رشد است و ایران در برخی اقالام، بدلیل محدودیت تعاملات بین المللی و کمبود تحقیق و توسعه با چالشهای فناوری متعددی روبرو است .	صنعت برق در انتقال فناوری در گذشته موفق بوده است و توان ساخت داخل بسیاری از کالاها را بدست آورده است و در برخی زمینه ها نیز به نوآوری و تولید فناوری های نائل شده است	تغییرات فناوری
انرژی های تجدیدپذیر در آینده بلندمدت صنعت برق تأثیر زیادی دارند و در سناریو های جهانی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد برق از محل این انرژی ها تأمین می شود.	فراوانی ذخایر سوختهای فسیلی بویژه گاز در ایران و هزینه پایین تولید برق از سوختهای فسیلی نسبت به هزینه تمام شده بالای برق انرژی های تجدید پذیر، چالشهای فناوری تولید برق فناوری های انرژی های تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشیدی، محدودیت تولید برق آبی و بادی با توجه به اقلیم نیمه خشک و بیابانی ایران بر روند تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر اثر منفی دارد. الزام های کاهش آلودگی محیط زیستی و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای و رسیدن به انرژی پاک روندهای آنرا تقویت می کند. موضوع یکپارچه سازی منابع تجدید پذیر با شبکه های برق، ساختمانها و صنایع موضوع مهمی است. همچنین نرخ برابری شبکه برای انرژی های تجدیدپذیر مطرح است و مسئله فناوری و چالش اقتصادی بودن چندان مطرح نیست	روند تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر در ایران رشد اندکی داشته است در حالیکه روند جهانی تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر رشد زیادی داشته است و هم اکنون ۱۹ درصد تولید برق جهان از انرژی های تجدیدپذیر است	سهم انرژی های تجدیدپذیر از کل برق تولیدی کشور حدود ۵/۳ درصد است که حدود ۵ درصد آن مربوط به نیروگاه برقی و کمتر از ۰/۳ درصد، سایر انرژی های تجدید پذیر (بادی، خورشیدی و...) است.	انرژی های تجدیدپذیر

## فصل چهارم

# سناریو های آینده صنعت برق



## آینده های بدیل صنعت برق ایران

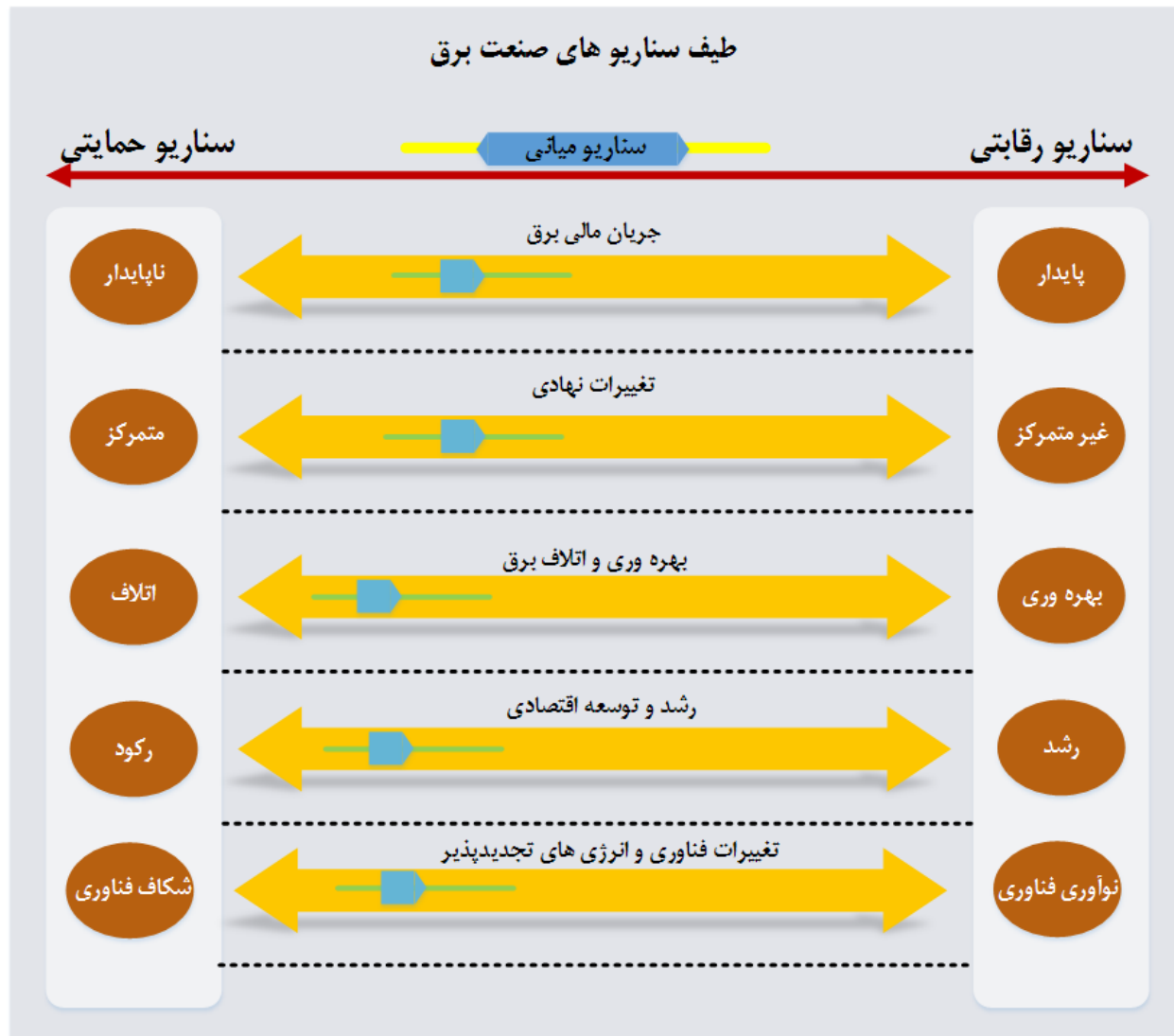
آینده صنعت برق ایران از برهم کنش روندهای صنعت و متغیرهای دگرگون ساز شکل می گیرد. همانگونه که در فصل ۳ بیان شد دگرگون سازهای صنعت برق، «جریان مالی برق»، «ساختار نهادی برق»، «بهره وری و اتلاف برق»، «رشد و توسعه اقتصادی» و «فناوری و انرژی های تجدیدپذیر» هستند. این روندها و دگرگون سازها هر یک تحت تأثیر متغیرها و پیشرانهایی هستند که به دلیل عدم قطعیت هایی که وجود دارد، سناریو های مختلفی را شکل می دهند. در این گزارش نتایج تحلیلهای کیفی و کمی، منجر به شناسایی طیفی از سناریو ها شده است که دو قطب بدیل و متقابل آن صنعت برق **رقابتی** و صنعت برق **حمایتی** هستند. در بین این طیف سناریو هایی هستند که ترکیبی از اجزا هر دو سناریو را دارا می باشند.

آنچه مسلم است، آینده صنعت برق ایران، دقیقاً مشابه هیچ کدام از این سناریوها به تنهایی نخواهد بود و در آینده های ممکن و محتمل این صنعت بسیاری از عناصر سناریو هایی که در این گزارش به آن اشاره می شود دیده خواهد شد ولیکن تدوین این سناریو ها این امکان را برای بازیگران این صنعت فراهم می سازد که درباره فضاهای متفاوتی که صنعت برق در آینده می تواند با آن مواجه گردد با خلاقیت و هوشمندی بیشتری فکر کنند و استراتژی های مناسبی را برای مواجه با عدم قطعیت های آینده آن اتخاذ کنند.

در **سناریو حمایتی**، دولت مسئول تأمین برق به عنوان یک کالای همگانی برای همه اقشار است و ملزم است از منابع خود برای توسعه این صنعت به هر نحوی که ممکن است استفاده کند. در این سناریو دولت یا وزارت نیرو به برق به عنوان یک کالای اقتصادی نمی نگرد و مردم نیز برخورداری از برق ارزان را حق خود می دانند. دولت به عنوان متولی عرضه برق و تأمین کننده منابع مالی ساخت تأسیسات تولید برق (نیروگاه ها و پست های فشار قوی) ساختاری متمرکز دارد و در بازار ساخت و توسعه تأسیسات انرژی برق، کارفرمای بزرگ و انحصاری صنعت است. در این وضعیت، انحصار شبکه تولید و توزیع در وزارت نیرو باقی می ماند و بخش غیر دولتی محدود به پیمانکاری و ساخت تجهیزات تأسیسات تولید برق است و در تجارت کالای برق نقشی ایفا نخواهد کرد. در سناریو حمایتی جریان مالی برق ناپایدار و نامتوازن است، اتلاف برق در تولید و مصرف بالاست. رکود اقتصادی ادامه می یابد در فناوری های تولید و انتقال تغییری ایجاد نمی شود. انرژی های تجدیدپذیر سهم ناچیزی در تولید برق خواهند داشت.

در **سناریو صنعت برق رقابتی**، برق یک کالای همگانی نیست بلکه یک کالای اقتصادی است که بر اساس مکانیزم های تعادلی عرضه و تقاضای بازار ارائه می شود و مصرف کنندگان باید بهای اقتصادی برق را پرداخت کنند در نتیجه جریان مالی برق پایدار خواهد بود. در این حالت دولت دیگر تأمین کننده کالا برق نبوده بلکه نهاد تنظیم گر بازار کالای برق است و ساختار تولید و توزیع برق دیگر انحصاری نبوده و بصورت غیر متمرکز اداره می شود. بنابراین وزارت نیرو دیگر تنها کارفرما برق نبوده و نمی تواند به تنهایی صنعت برق را اداره کند. در این حالت بخش های خارج وزارت نیرو اعم از بخش های خصوصی و عمومی وارد تجارت برق شده و در زنجیره تولید، انتقال و توزیع کالای برق نقش ایفا می کنند. بهره وری برق افزایش می یابد و همراه با رشد اقتصادی صنعت برق بطور متوازن توسعه می یابد. فناوری های جدید در شبکه وارد می شوند و شبکه برق به سمت اتوماسیون و هوشمند شدن حرکت می کند. سهم انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده قابل توجه خواهد بود.

در سناریو میانی، ساختارهای بینابینی در تجارت برق شکل می‌گیرد. بازار برق ایجاد می‌شود اما مداخله دولت در آن زیاد است و مکانیزم‌های عرضه و تقاضا در تعادل طبیعی قرار نمی‌گیرند. رقابت‌ها در زنجیره تأمین تجهیزات برق نامتوازن است و برخی بازیگران قدرت انحصاری خود را در بازار حفظ می‌کنند ولی روندهای صنعت تحت کنترل ساختار سلسله‌مراتبی وزارت نیرو نخواهد بود.



نمودار (۱) طیف سناریو های صنعت برق بر اساس تغییرات دگرگون‌سازهای صنعت.

در نمودار فوق تغییرات موضوعات اصلی صنعت برق در هریک از سناریو‌ها دیده می‌شود. برای ترسیم این سناریوها پنج دگرگون‌ساز کلیدی این صنعت شامل «جریان مالی برق»، «ساختار نهادی برق»، «بهره‌وری و اتلاف برق»، «رشد و توسعه اقتصادی» و «فناوری و انرژی‌های تجدیدپذیر» در نظر گرفته شده‌اند. بر اساس این نمودار، سناریو رقابتی، و سناریو حمایتی دو

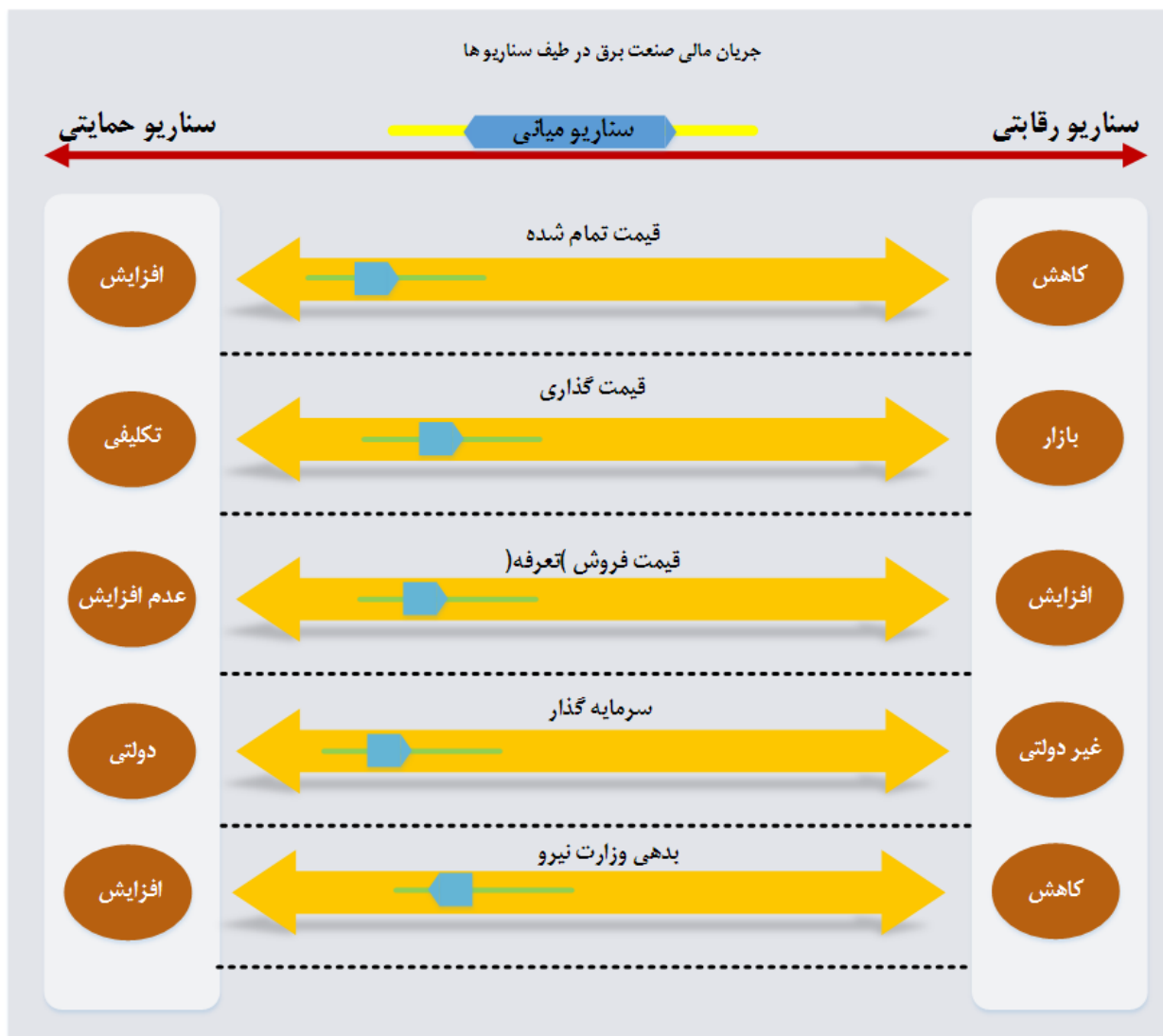
قطب اصلی طیف تغییرات دگرگون سازهای صنعت برق و پیشرانهای صنعت هستند. بین دو سر این طیف، حالت‌های مختلفی از سناریوهای تلفیقی و ترکیبی می‌تواند ظاهر شود.

وقوع هر یک از سناریوهای رقابتی و یا حمایتی بستگی به جهت تغییرات دگرگون سازهای صنعت است که بصورت نماگرهایی در نمودارهای ۱ تا ۶ آمده است؛ بدین ترتیب که اگر جهت نماگرها بسمت سناریو رقابتی باشد (حرکت کلی نماگرها به سمت راست)، می‌توان گفت سناریو رقابتی در حال وقوع است و برعکس اگر جهت تغییرات نماگرها به سمت چپ یعنی فضای حمایتی باشد، بیانگر آن است که سناریو حمایتی در حال وقوع است. آنچه که در نمودارها نشان داده شده است بدست آمده از تحلیل خبرگان و تحلیل اسناد و مدارک موجود است. در ادامه این بخش هر یک از سناریو و اجزا آن با توجه به تغییرات نیروهای پیشران و تغییرات در دگرگون سازها ترسیم شده است که به آن پرداخته می‌شود.

### ۱- جریان مالی برق

در سناریو برق حمایتی، بدلیل انحصار در تولید و عرضه برق، نیرویی برای کاهش قیمت تمام شده وجود ندارد بنابراین قیمت تمام شده بالا خواهد بود. مکانیزم قیمت گذاری در سناریو حمایتی کاملاً تکلیفی است و قیمت فروش برق در سناریو حمایتی نمی‌تواند متناسب با محیط اقتصادی رشد کند و بطور دستوری ثابت نگهداشته می‌شود. سرمایه گذاری در صنعت برق در سناریو حمایتی صرفاً دولتی است، و نهایتاً در سناریو حمایتی بدلیل افزایش هزینه‌های تمام شده و تثبیت دستوری قیمت فروش برق، صنعت برق دچار کسری بودجه شده و بدهی دولت به بخش خصوصی افزایش می‌یابد.

در سناریو رقابتی، با شکل‌گیری نیروی رقابت بین عرضه کنندگان برق و کاهش انحصار، تأمین کنندگان برق مجبور به کاهش قیمت تمام شده از طریق بهبود بهره‌وری خواهند شد. قیمت برق از طریق مکانیزم بازار و تعادل عرضه و تقاضا تعیین می‌شود. در نتیجه قیمت فروش برق متناسب با شرایط اقتصادی و تورم افزایش می‌یابد. در این سناریو بدلیل اینکه برق یک کالای اقتصادی است و منطق سرمایه‌گذاری آنرا توجیه می‌کند، نهادهای مالی غیردولتی وارد سرمایه‌گذاری در برق می‌شوند و با اقتصادی شدن تجارت برق، کسری بودجه وزارت نیرو کاهش یافته و بخش غیردولتی می‌تواند در تأمین منابع مالی صنعت برق مشارکت کند. در سناریوهای میانی (رقابتی - حمایتی)، مکانیزم‌های قیمت‌گذاری بدرستی عمل نمی‌کنند و در نتیجه جریان مالی برق نمی‌تواند پایدار باشد.



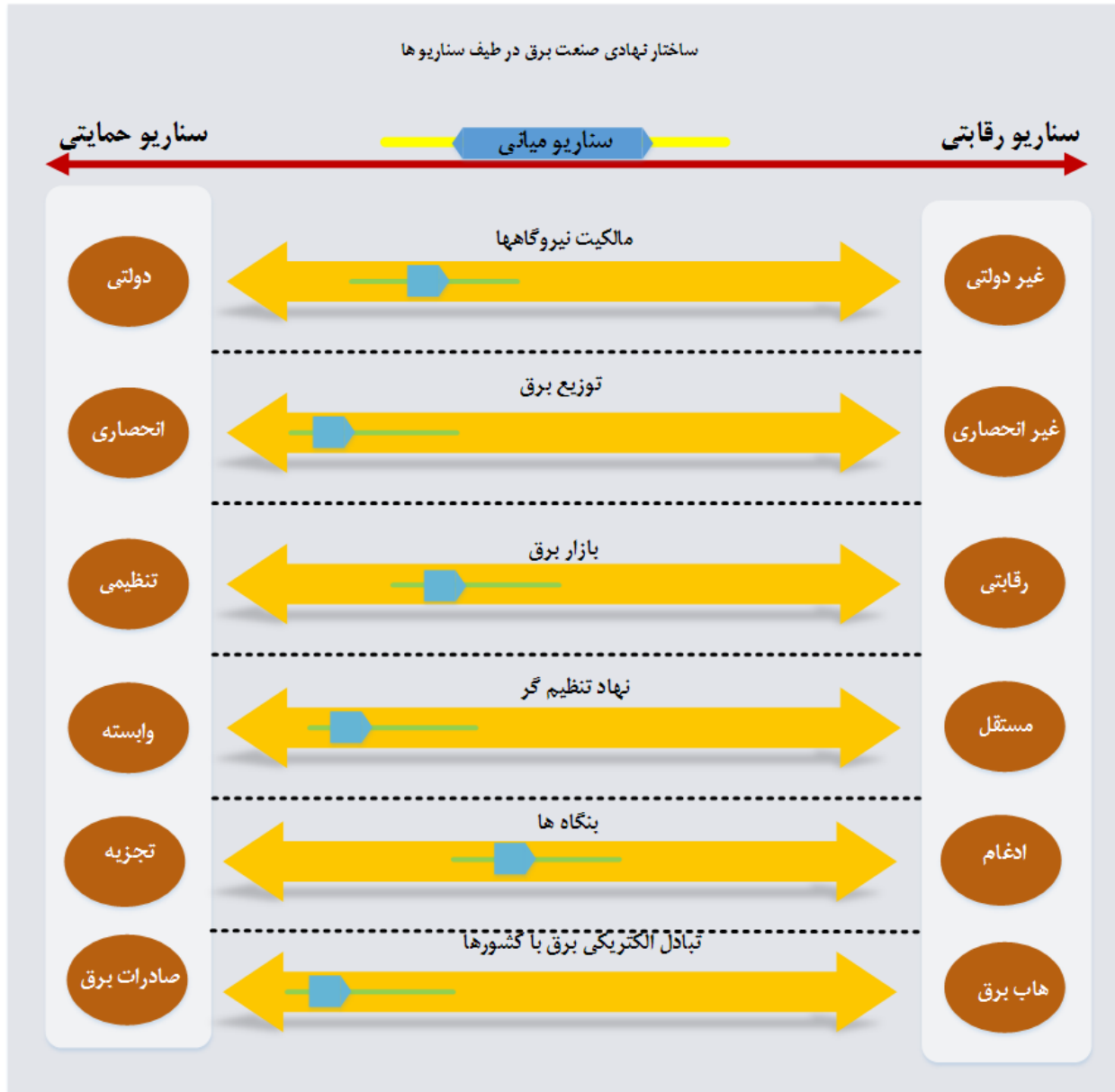
نمودار (۲) جریان مالی صنعت برق در طیف سناریو های رقابتی - حمایتی

تغییر وضعیت نماگرها و نشانه هایی که در نمودار ۲ ارائه شده است، نشان می دهد که جریان مالی برق به سمت سناریو رقابتی متمایل شده است. هر چند که عدم قطعیت هایی که در نیروهای پیشران اجزا این دگرگون ساز وجود دارد موجب می شود هر یک از این سناریو ها محتمل باشند و در آینده برق حضور داشته باشند.

## ۲- ساختار نهادی

در سناریو حمایتی، ساختار نهادی برق متمرکز و انحصاری است، وزارت نیرو قواعد بازی را تعریف می کند، و خودش بیشترین نقش را ایفا می کند و داور آن نیز خود وزارت نیرو است. در سناریو حمایتی، مالکیت نیروگاهها بیشتر دولتی باقی می ماند و شرکت های توزیع انحصاری خواهند بود. در واقع دولت متصدی اصلی زنجیره تولید انرژی برق است و تجارت برق انحصاری است. بازار برق بصورت دستوری و تنظیمی کنترل می شود و نیروی رقابت نقشی در مکانیزم های تعیین قیمت ندارد. نهاد تنظیم کننده

برق وابسته به متصدی تولید و عرضه برق است، در واقع وزارت نیرو هم قواعد را تعیین می کند و هم خودش اجرا می کند. بنگاهها برای جذب منابع و رانت، تجزیه می شوند و تکثر بیشتری پیدا می کنند. تبادل الکتریکی با کشورهای همجوار به سمت صادرات بیشتر برق هدایت می شود چرا که صادرات برق با یارانه های سوختی که وزارت نیرو دریافت می کند از فروش داخلی به صرفه تر است.



نمودار (۳) اجزای ساختار نهادی صنعت برق در طیف سناریوها

در سناریو رقابتی، عمده نیروگاهها به خارج وزارت نیرو (بخش خصوصی و عمومی) منتقل می شود در نتیجه بازیگران تولید برق متنوع شده و غیرمتمرکز می شود، و عمده فروشی و خرده فروشی برق بصورت رقابتی و در بازار صورت می گیرد. در این سناریو،

ساختار نهادی برق غیر متمرکز خواهد شد و وزارت نیرو نمی تواند به تنهایی قواعد بازی را تغییر دهد و تحقق چشم اندازهای صنعت نیازمند ایفای نقش بازیگران مختلفی است که در زنجیره ارزش صنعت برق حضور دارند. وزارت نیرو محدود به سیاستگذاری است و برای تحقق سیاستها نیازمند مشارکت دهی ذیفنغان خواهد بود. ساختار برق سلسله مراتبی نخواهد بود و وزیر نیرو نمی تواند بدون همراهی سایر بازیگرانی که مستقل از سلسله مراتب دستگاه وزارت نیرو هستند، اهداف صنعت را محقق کند.

نهاد تنظیم کننده بازار برق مستقل از عرضه کنندگان برق خواهد بود و بین تولید کننده و مقررات گذار تمایز ایجاد می شود. بنگاههای صنعت برق برای رسیدن به قیمت پایین تر و بالا بردن توان رقابتی نیازمند بالا بردن بهره وری صرفه به مقیاس خواهند بود در نتیجه به سمت ادغام و یکپارچه شدن خواهند رفت. تبادل الکتریکی با کشورهای همجوار برای بالا بردن بهره وری شبکه انگیزه بالایی برای ایجاد هاب برق در منطقه خواهد داشت و شکل گیری هاب برق منطقی خواهد بود.

در سناریوهای میانی (رقابتی-حمایتی)، تلفیقی از عناصر هر یک از دوسناریو با شدت ضعف مختلفی می تواند بروز یابد. در سناریو های ترکیبی، نهاد بازار و نهاد برنامه ریزی متمرکز بصورت ناقص و ناکارآمدی عمل خواهند کرد. سردرگمی بازیگران بیشتر خواهد شد و امکان اقدامهای استراتژیک و دورنگر کاهش می یابد. ساختار نهادی سناریو ترکیبی ناهمگون بوده و نمی تواند هماهنگی مورد نیاز تعاملات تجارت برق و توسعه صنعت را فراهم بیاورد. این سناریو فاقد تعادل پایدار نهادی است و شکننده است و در دراز مدت به سمت یکی از دو قطب حمایتی یا رقابتی شیفیت پیدا می کند.

نماگرها و نشانه های نمودار ۳ نشان می دهد که سناریو ترکیبی در حال وقوع است هرچند کشش بازیگران در درازمدت تغییر این ساختار نهادی است و با توجه به تمایل ذیفنغان امکان بازگشت به سناریو حمایتی و یا حرکت به سمت سناریو رقابتی وجود دارد.

### ۳- بهره وری و اتلاف برق

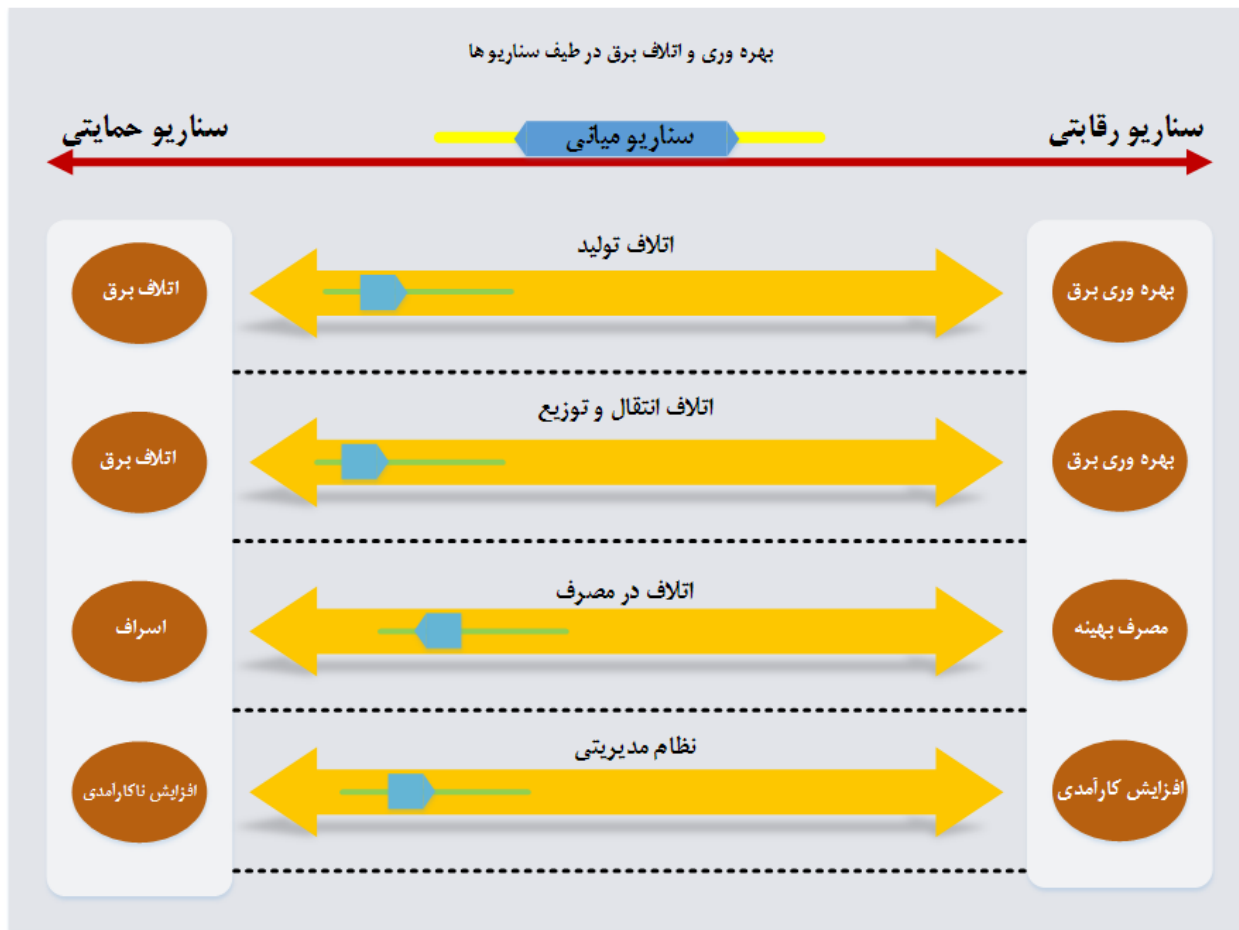
در سناریو حمایتی بدلیل انحصار تولید و عرضه برق و عدم وجود نیروهای رقابتی، بهره وری پایین است و اتلاف برق بالا خواهد بود. با توجه به وجود یارانه های مصرف، استفاده از برق اقتصادی نیست و مصرف برق بطور بی رویه افزایش می یابد و برق زیادی تلف می شود. در این سناریو نظام مدیریتی برق دستوری و سلسله مراتبی تصمیم گیری می کند و بدلیل بزرگ بودن تشکیلات وزارت نیرو اجرای تصمیمات کارآمدی ندارد و نیرویی برای تغییر نظام مدیریتی از نظر بهره وری وجود ندارد. در نتیجه در سناریو حمایتی از منابع استفاده بهینه نمی شود و هزینه امور بالا است.

در سناریو رقابتی، بدلیل وجود نیروی رقابت و شکست انحصارها، تولید کنندگان و توزیع کنندگان برق نیازمند بهره وری بالاتر و کاهش اتلاف برق هستند. مصرف برق بدلیل اقتصادی شدن آن، رشد کمتری خواهد داشت و استفاده از برق در دراز مدت بهینه خواهد شد. همچنین در این سناریو نظام مدیریتی برق غیر متمرکز است و مدیریت های ناکارآمد بدلیل نیروی رقابت محکوم به فنا هستند و جای خود را به مدیریت های کارآمد خواهند داد. بنابراین نیروی رقابتی موجب تغییر مدیریت ها و کارآمدی سیستم خواهد شد.

در سناریو میانی (رقابتی-حمایتی)، مداخله دولت در بازار موجب اختلال کارکرد بازار می شود و تولید و عرضه برق علائم روشنی برای تصحیح رفتار خود پیدا نمی کنند، راندمان تولید در بخش های غیر رقابتی افزایش نمی یابد اما در مصرف برق بدلیل افزایش قیمت های فروش برق، اتلاف کاهش می یابد و به سمت مصرف بهینه می رود. بنابراین تقاضا برای برق افزایش نمی یابد. در سناریو ترکیبی ناکارآمدی نظام مدیریتی مبهم بوده و بخش های ناکارآمد سیستم می توانند بدون آنکه فشاری را تحمل کنند به بقای خود

ادامه بدهند. در این سناریو نظام مدیریتی وزارت نیرو بدون متحمل شدن ریسکهای بهبود می تواند مسئولیت ناکارآمدی را به بخش های بیرونی متقل کند.

در نمودار زیر وضعیت روند فعلی هر یک از اجزای بهره وری و اتلاف برق نشان داده شده است. این روند تحت تأثیر عدم قطعیت نیروهای پیشران آن در طیفی از سناریو ها قرار گرفته است که در بین دو قطب سناریو رقابتی و حمایتی قرار گرفته اند. نمودار ۴ نشان می دهد وضعیت فعلی می تواند به سناریو حمایتی نزدیک شود هر چند که نیروهای زیادی آن را به سمت سناریو رقابتی پیش می برد.



نمودار (۴) اجزای بهره وری برق در طیف سناریوها

#### ۴- رشد و توسعه اقتصادی

در سناریو حمایتی، در آمدهای نفتی می تواند منابع تولید و توسعه برق را تأمین کند، و بدلیل ارزان بودن برق، گرایش استراتژی توسعه صنعتی به سمت صنایع سنگین و با شدت انرژی بالا خواهد رفت. در شرایط رکودی سناریو حمایتی می تواند پاسخگوی نیاز برق باشد اما در صورت رشد اقتصادی بالا سناریو حمایتی نمی تواند انرژی کافی مورد نیاز بخش های اقتصادی را تأمین کند.

در سناریو رقابتی درآمدهای نفتی محدود است و دولت نمی تواند منابع کافی برای تولید و توسعه برق را تأمین کند بنابراین نیازمند مشارکت بازیگران دیگر است و به سمت اقتصادی شدن کالای برق و رقابتی شدن آن پیش می رود. در این سناریو، استراتژی توسعه به سمت صنایع کم مصرف گرایش یافته است در نتیجه واقعی شدن قیمت برق در رشد اقتصادی اثر منفی ندارد و سناریو رقابتی شدن برق می تواند محقق شود. رشد اقتصادی نیازمند توسعه تأسیسات برق و افزایش عرضه برق است و سناریو رقابتی می تواند پاسخگوی افزایش تقاضای منطقی برق باشد.

در سناریو میانی، رشد نامتوازن اقتصادی و بدون اولویتهای استراتژیک، تقاضای برق را تحت تأثیر قرار می دهد و تلفیقی از عرضه دولتی و خصوصی برق می تواند محقق شود



نمودار (۵) شرایط رشد اقتصادی و توسعه در طیف سناریوها

نماگرهای نمودار فوق بیانگر آن است که عدم قطعیت عمیقی از این جهت در شکل گیری سناریوهای برق وجود دارد و هر یک از سناریوهای می تواند زنجیره تولید و توزیع برق را تغییر دهد.

##### ۵- تغییرات فناوری و انرژی های تجدیدپذیر

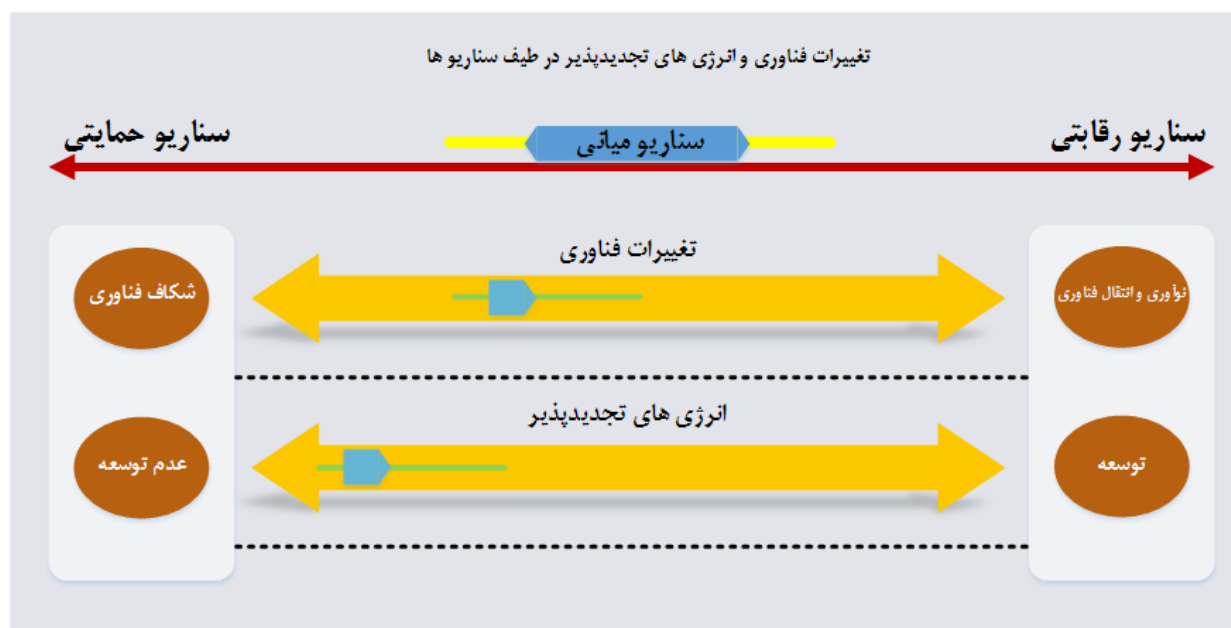
در سناریو حمایتی، نوآوری و انتقال فناوری ها محدود است و شبکه های انتقال و توزیع تغییر چندانی نخواهند کرد و بصورت متمرکز و محدود کنترل می شوند. دولت انگیزه زیادی برای نوآوری ندارد و نیروی پیشبرنده آن، اسناد بالادستی است. در نتیجه سیستم بطور برونزاد به سمت انتقال فناوری و نوآوری حرکت می کند و شکاف فناوری می تواند اتفاق بیفتد. در سناریو حمایتی



توسعه انرژی های تجدیدپذیر توسط وزارت نیرو در مقیاس وسیع و در اتصال به شبکه سراسری انجام می شود و نیاز به انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده زیاد نیست.

در سناریو رقابتی، تغییرات فناوری بویژه در شبکه های انتقال و توزیع اتفاق می افتد و اتوماسیون و هوشمند سازی شبکه امکان کنترل منعطف و غیرمتمرکز برق را فراهم می کند در نتیجه بازیگران زیادی می توانند در عرضه و تقاضای برق بصورت غیرمتمرکز وارد شبکه شوند. مدل های تبادل برق گسترده و هوشمند می گردد. در این سناریو انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده نقش پررنگی را ایفا می کنند و در عرضه انرژی الکتریکی سهم بیشتری خواهند داشت. ساختارهای منعطف و غیر متمرکز انرژی های تجدیدپذیر می تواند به شکل گیری فضای رقابتی تجارت برق کمک کند.

سناریو میانی، وضعیت احتمالی است که تغییرات فناوری و انرژی های تجدیدپذیر بصورت محدودی اتفاق افتاده است، اتوماسیون شبکه و تولید پراکنده برق جزئی از سناریو ترکیبی خواهند بود.



نمودار (۶) روند تغییرات فناوری و انرژی های تجدید پذیر در طیف سناریو ها

در نمودار بالا نماگرهای تغییرات فناوری و انرژی های تجدید پذیر ارائه شده است. شواهد نشان می دهد عدم قطعیت های زیادی در حوزه فناوری و انرژی های تجدید پذیر وجود دارند که می توانند شکل گیری هر یک از سناریو ها را موجب شوند.

## منابع

### منابع فارسی:

- [۱] دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو (۱۳۹۲). مروری بر ۲۴ سال آمار انرژی کشور (۹۰-۱۳۶۷). بازیابی وب سایت وزارت نیرو: [/http://pep.moe.gov.ir](http://pep.moe.gov.ir)
- [۲] دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو (۱۳۹۲). ترازنامه انرژی سال ۹۰. بازیابی وب سایت وزارت نیرو: [/http://pep.moe.gov.ir](http://pep.moe.gov.ir)
- [۳] دفتر فن آوری اطلاعات و آمار شرکت توانیر (۱۳۹۲). آمار تفصیلی صنعت برق ایران تولید نیروی برق سال ۱۳۹۱. بازیابی از وب سایت توانیر: [/http://amar.tavanir.org.ir](http://amar.tavanir.org.ir)
- [۴] دفتر فن آوری اطلاعات و آمار شرکت توانیر (۱۳۹۲). آمار تفصیلی صنعت برق ایران انتقال نیروی برق سال ۱۳۹۱. بازیابی از وب سایت توانیر: [/http://amar.tavanir.org.ir](http://amar.tavanir.org.ir)
- [۵] دفتر فن آوری اطلاعات و آمار شرکت توانیر (۱۳۹۲). آمار تفصیلی صنعت برق ایران توزیع نیروی برق سال ۱۳۹۱. بازیابی از وب سایت توانیر: [/http://amar.tavanir.org.ir](http://amar.tavanir.org.ir)
- [۶] دفتر فن آوری اطلاعات و آمار شرکت توانیر (۱۳۹۱). چهل و پنج سال صنعت برق ایران در آینه آمار (۱۳۹۰-۱۳۴۶). بازیابی از وب سایت توانیر: [/http://amar.tavanir.org.ir](http://amar.tavanir.org.ir)
- [۷] عبدالله خانی، علی (۱۳۹۰). فنون پیش بینی. تهران: موسسه فرهنگی مطالعات و تحقیقات بین المللی ابرار معاصر تهران.
- [۸] سوری، علی (۱۳۹۱). اقتصاد سنجی، ویراست چهارم. تهران: نشر فرهنگ شناسی.
- [۹] لایحه بودجه سال ۱۳۹۳ (۱۳۹۲). بازیابی از وب سایت شرکت توانیر [http://www.tavanir.org.ir/](http://www.tavanir.org.ir)
- [۱۰] مصاحبه نگارنده با آقای محمد احمدیان، ۲۵ آذر ۱۳۹۲
- [۱۱] مصاحبه نگارنده با آقای اصغر بارزی، ۹ آذر ۱۳۹۲
- [۱۲] مصاحبه نگارنده با آقای ولی الله بیات، ۲ آذر ۱۳۹۲
- [۱۳] مصاحبه نگارنده با آقای محمد پارسا، ۱۰ آذر ۱۳۹۲
- [۱۴] مصاحبه نگارنده با آقای محمود حجت، ۱۱ آذر ۱۳۹۲
- [۱۵] مصاحبه نگارنده با آقای هاشم خویی، ۱۰ آذر ۱۳۹۲
- [۱۶] مصاحبه نگارنده با آقای محمود فتوره چی، ۴ دی ۱۳۹۲
- [۱۷] مصاحبه نگارنده با آقای بهروز سلطانزاده، ۳ دی ۱۳۹۲
- [۱۸] مصاحبه نگارنده با آقای علی اکبر سهیلی، ۷ دی ۱۳۹۲
- [۱۹] مصاحبه نگارنده با آقای فریبرز موجبی، ۵ آذر ۱۳۹۲
- [۲۰] مصاحبه نگارنده با خانم سوسن داوری، ۲۱ دی ۱۳۹۲
- [۲۱] حیدری، حسن؛ سی سومین نشست فصلی کمیته انرژی، ۱۶ دی ۱۳۹۲
- [۲۲] فلاحیان، هوشنگ؛ معاون امور برق و انرژی وزارت نیرو، سخنرانی سی سومین نشست فصلی کمیته انرژی، ۱۶ دی ۱۳۹۲
- [۲۳] منظور، داوود؛ رئیس کمیته ملی انرژی، سخنرانی سی سومین نشست فصلی کمیته انرژی، ۱۶ دی ۱۳۹۲
- [۲۴] قاضی زاده؛ رئیس پژوهشگاه نیرو، سخنرانی سی سومین نشست فصلی کمیته انرژی، ۱۶ دی ۱۳۹۲
- [۲۵] چیت چیان، حمید؛ وزیر نیرو، مجموعه مصاحبه های مهر تا دی ۱۳۹۲، بازیابی از وب سایت: <http://barghnews.com>

[۲۶] دائمی؛ معاون برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو، مصاحبه های مهر تا دی ۱۳۹۲، بازیابی از وب سایت:

<http://barghnews.com>

[۲۷] محمودی، قائم مقام وزارت نیر، مجموعه مصاحبه های مهر تا دی ۱۳۹۲، بازیابی از وب سایت: <http://barghnews.com>

[۲۸] حائری، همایون؛ مدیر عامل شرکت توانیر، مجموعه مصاحبه های مهر تا دی ۱۳۹۲، بازیابی از وب سایت: <http://barghnews.com>

[۲۹] امیری خامکانی؛ عضو کمیسیون انرژی مجلس شورای اسلامی، مجموعه مصاحبه های مهر تا دی ۱۳۹۲، بازیابی از وب سایت:

<http://barghnews.com>

[۳۰] مطالعات آینده پژوهی در صنعت برق ایران (۱۳۸۶). گروه نوآوری و توسعه فناوری برق و انرژی

[۳۱] بشارتی راد، زهره و طباطبایی، سید محمد (۱۳۸۹). آینده صنعت برق (نگاهی به ایران و جهان). تهران: مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام.

[۳۲] ملاکی، محمد، طباطبایی، سید محمد، بشارتی راد، زهره، و پسندیده، اشرف السادات (۱۳۸۵). مطالعات آینده شناسی در صنعت برق یک ضرورت ملی. همایش آینده پژوهی، فناوری و چشم انداز توسعه. تهران: دانشگاه امیرکبیر.

[۳۳] مسجدی، سعیده (بی تا) آینده نگاری، آینده پژوهی و برنامه ریزی در بخش انرژی (صنعت برق).

[۳۴] آینده پژوهی و صنعت برق ایران (۱۳۹۰). هشتمین همایش ملی انرژی ۱۸ مهرماه ۱۳۹۰، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران.

[۳۵] چهار سوقی، سید کمال، رحمتی، مهرداد، معمارپور، مهدی و رجب زاده، علی (۱۳۹۱). آینده پژوهی در حوزه انرژی و ارزیابی راهبردهای مدیریت انرژی کشور با استفاده از برنامه ریزی سناریو، مجله بهبود مدیریت، ۴(۱۸)، ۵-۳۳

[۳۶] رازینی، صالح، مقدس تفرشی، سید مسعود و بطحایی، سید محمد تقی (۱۳۸۹). سناریو نگاری با هدف آینده پژوهی در صنعت تولید برق ایران. نشریه انرژی، ۱۳ (۳)، ۱-۱۴.

[۳۷] حسن تاش، غلامحسین (۱۳۹۲). چشم انداز جهانی انرژی. پژوهشگاه مطالعات انرژی.

[۳۸] احمدیان، محمد (۱۳۸۱). تغییرات ساختاری و مبانی آن در صنعت برق کشور، گزارش علمی تخصصی، شماره ۳۳-۳۴.

[۳۹] چنگی آشتیانی، علی و جلولی، مهدی (۱۳۹۱). برآورد تابع تقاضای برق و پیش بینی آن برای افق چشم انداز ۱۴۰۴ ایران و نقش آن در توسعه کشور با توجه به هدفمند شدن یارانه های انرژی. فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، ۲ (۷)، ۹۱-۱۰۱.

[۴۰] ابونوری، اسمعیل و لاجوردی، حسن (۱۳۹۲). تاثیر تشکیل بازار برق ایران بر کارایی نیروگاههای برق. نشریه علمی پژوهشی کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران. ۲ (۳)، ۵۰-۵۷.

[۴۱] منظور، داود و نیاکان، لیلی (۱۳۹۱). توسعه انرژی های تجدیدپذیر در کشور: موانع و راهبردها. نشریه انرژی ایران. ۱۵ (۳)، ۱-۱۵.

[۴۲] وزارت نیرو (۱۳۹۰). وزارت نیرو ۱۴۰۴- برنامه راهبردی. در وب سایت وزارت نیرو.

[۴۳] حیدری، حسن، نجار فیروزجایی، محمد و سعیدپور، لسیان (۱۳۹۰). بررسی رابطه بین مصرف برق، قیمت برق و رشد اقتصادی در ایران. فصلنامه پژوهش ها و سیاستهای اقتصادی. ۱۹ (۵۹)، ۱۷۵-۲۰۰.

[۴۴] ملکی، رضا (بی تا). بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید داخلی در ایران. مجله برنامه و بودجه، ۸۹، ۶۵.

[۴۵] اداره بررسی های اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۹). بهره وری و شدت انرژی در ایران و جهان.

[۴۶] چیت چیان، حمید (۱۳۹۲) متن کامل برنامه های چیت چیان برای وزارت نیرو. خرداد ۱۳۹۲.

[۴۷] دانش جعفری، داوود (۱۳۹۲) وابستگی اقتصاد ایران به نفت. همشهری آنلاین. در وب سایت ???

[۴۸] دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو (۱۳۹۲). گزارش خلاصه مدیریتی سند مسیر راه فناوری صنعت برق ایران. خرداد ۱۳۹۲.

- [۴۹] جهان انرژی (۱۳۸۴). بورس برق و خصوصی سازی. مجله جان انرژی. شماره ۳.
- [۵۰] دولو، گلناز (۱۳۶۸). خصوصی سازی در صنعت برق با نگاهی به کشور برزیل. مجله اقتصاد انرژی، شماره فرودین و اردیبهشت. ۶۷-۷۱.
- [۵۱] لطفعلی پور، محمدرضا، شعبانی، محمد علی و ذبیحی، اعظم (۱۳۸۹). تاثیر تجدید ساختار بر بهره وری در صنعت برق ایران. مجله دانش و توسعه. ۱۷(۳۲). ۱-۲۵.
- [۵۲] موسسه تحقیقات برق آمریکا (۱۳۸۵). ترجمه: بشارتی راد، زهره. مسیر آینده فناوری برق (مواجه با چالشهای قرن ۲۱). تهران: انتشارات پیام متن
- [۵۳] امامی میبیدی، علی (۱۳۷۸). گزارش تحقیقی: قیمت گذاری و ملاحظات کارایی در صنعت برق کشور. مجله اقتصاد انرژی، شماره ۵، مهر ۱۳۷۸.

[۵۴] بورس اوراق بهادار تهران. بازیابی از وب سایت: <http://www.irbourse.com/>

[۵۵] همشهری آنلاین (۱۸ دی ۱۳۹۱). بازیابی از وب سایت <http://www.hamshahrionline.ir/details/197145>

### منابع انگلیسی:

- [56] Business Monitor (2013) *Iran Power Repot Q2 2013*. Retrieved from Business Monitor International website: <http://www.businessmonitor.com/iran>
- [57] Hotakainen, M., Klimstra, J., & Finland, W., (2011) *Smart power generation* (ISBN 978-951-692-846-6) Retrieved from <http://www.smartpowergeneration.com>
- [58] Rosen, J. (2007) *the future role of renewable energy sources in European electricity supply*. Demand: Universitätsverlag Karlsruhe. Retrieved from: [www.uvka.de](http://www.uvka.de)
- [59] U.S. Energy Information Administration (EIA), (2013) *The Annual Energy Outlook 2013 With Projections to 2040* (AEO2013) Retrieved from WEB site: [www.eia.gov/forecasts/aeo](http://www.eia.gov/forecasts/aeo).
- [۶۰] U.S. Energy Information Administration (EIA), (2013) *The International Energy Outlook 2013*, Retrieved from : [www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf).
- [61] Dudley, B. (2013). *BP's Energy Outlook 2030 booklet*. Retrieved from: [www.bp.com](http://www.bp.com)
- [62] International Energy Agency (IEA), (2011). *Iraq Energy Outlook* Retrieved from: [www.iea.org](http://www.iea.org).
- [63] Exxon Mobil Corporation (2013). *the Out Look for Energy: A View TO 2040*. Retrieved from: [exxonmobil.com/energyoutlook](http://www.exxonmobil.com/energyoutlook).
- [64] Hayward, J., A., Graham, P., W., & Campbell, P., K. (2011). *Projections of the future costs of electricity generation technologies An application of CSIRO's Global and Local Learning Model (GALLM)*. EP104982, CSIRO Energy Transformed Flagship, Retrieved from: [www.csiro.au](http://www.csiro.au).
- [65] Massachusetts Institute of Technology (2011) *the Future of the Electric Grid*. Retrieved from: <http://web.mit.edu/mitei/research/studies/the-electric-grid-2011.shtml>
- [66] REN21 (2013). *Renewables Global Status Report*. Retrieved from: [www.ren21.net/gsr](http://www.ren21.net/gsr)
- [67] *Iran – Power Sector Strategy Note* (2007) Retrieved from: [www.globalclearinghouse.org](http://www.globalclearinghouse.org)
- [68] World Bank (2007). *Islamic Republic of Iran Power Sector Note, Sustainable Development Department Middle East and North Africa Region, Report No. 38360-IR*. Retrieved from: [www.wds.worldbank.org](http://www.wds.worldbank.org)

- [69] Canadian Electricity Association (2013). *Power for the Future: Electricity's Role in a CANADIAN ENERGY STRATEGY*, Retrieved from: [www.powerforthefuture.ca](http://www.powerforthefuture.ca).
- [70] Carbon Connect (2013). Future Electricity Series, part2: Power from Renewables, Creative Commons Attribution-NonCommerical-NoDerivs 3.0 Unported License. Retrieved from: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>
- [71] REN21 (2013). *Renewables Global Future Report*. Retrieved from: <http://www.ren21.net/gfr>.
- [72] National Grid (2012) *UK Future Energy Scenarios, UK gas and electricity transmission*. Retrieved from: [www.nationalgrid.com](http://www.nationalgrid.com)
- [73] Doing Business Project (2013). The World Bank. Retrieved from: <http://www.doingbusiness.org/data/exploretopics/getting-electricity>
- [74] Gordon, T. J. (1994). Trend impact analysis. *Futures research methodology*, V2.0, Millennium Project. Retrieved from: <http://www.millennium-project.org/>
- [75] Gordon, T. J., Becker, H. S., & Gerjuoy, H. (1974). *Trend impact analysis: a new forecasting tool*. Futures Group.
- [76] Agami, N. M. E., Omran, A. M. A., Saleh, M. M., & El-Shishiny, H. E. E. D. (2008). An enhanced approach for trend impact analysis. *Technological forecasting and social change*, 75(9), 1439-1450.
- [77] Hennen, W. H. G. J., & Benninga, J. (2009). Application of Trend Impact Analysis for predicting future fruit consumption. *The journal of horticultural science & biotechnology*, (1), 18.
- [78] National Intelligence Council (2012). *GLOBAL TRENDS 2030: ALTERNATIVE WORLDS*. Retrieved from: [www.dni.gov/nic/globaltrends](http://www.dni.gov/nic/globaltrends)
- [79] National Renewable Energy Laboratory. (2012). *Renewable Electricity Futures Study*. Hand, M.M.; Baldwin, S.; DeMeo, E.; Reilly, J.M.; Mai, T.; Arent, D.; Porro, G.; Meshek, M.; Sandor, D. eds. 4 vols. NREL/TP-6A20-52409. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. [http://www.nrel.gov/analysis/re\\_futures/](http://www.nrel.gov/analysis/re_futures/).
- [80] KPMG Global Energy Institute, (2013). *Energy Industry Outlook Survey*.
- [81] Wendell, B. (1996). What do we mean by futures studies? In *New thinking for a new millennium*. Edited by Richard A. Slaughter, London: Rutledge, pp. 03-25
- [82] Popper, R. (2008). How are foresight methods selected?. *Foresight*, 10(6), 62-89.
- [83] Voros, J. (2003). A generic foresight process framework. *Foresight*, Vol. 5, N.3, pp 10-21
- [84] Dator, J. (1996). Futures studies as applied knowledge In *New thinking for a new millennium*. Edited by Richard A. Slaughter, London: Rutledge, pp105-115
- [85] Glenn J. C., Gordon, T., & Florescu, E. (2011), *State of the Future 2012, the Millennium Project*, Washington.
- [86] United Nations. (2008). *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC)*, Rev. 4 Page: 166
- [87] Armstrong, J. S. (Ed.). (2001). *Principles of forecasting: a handbook for researchers and practitioners* (Vol. 30). Springer.
- [88] Smith, S. K. & T. Sincich (1988), "Stability over time in the distribution of population forecast errors," *Demography*, 25, 461–474.
- [89] Schnaars, S. P. (1984), "Situational factors affecting forecast accuracy," *Journal of Marketing Research*, 21, 290–297.

## پیوست ۱: روش تحلیل اثر

در روش های کمی پیش بینی روندها، از داده های گذشته برای برونمایی روند استفاده می شود و تاثیر رویدادهای آتی که مسبوق به سابقه نباشند را در نظر نمی گیرد. این مدل های کمی فرض می کنند که نیروهایی که در گذشته بر سیستم تاثیر می گذاشتند بدون تغییر در آینده هم اثر بگذارند. این فرض قابل قبول نبوده و تغییرات محیطی به نحوی است که برخی از نیروهای وارد بر سیستم ماهیتشان تغییر می کند و در نتیجه روندها تداوم پیدا نمی کنند. این چالش در تمامی روش های کمی که بر اساس تکنیک های اقتصادسنجی و صرفا از روی سری های زمانی برون یابی می کنند مطرح است. روش تحلیل اثر روند روشی است برای برطرف کردن این چالش. این تکنیک در دهه هفتاد توسط آینده پژوهان آمریکا و توسط گوردن<sup>۱</sup> و استور (۱۹۷۶) ابداع گردیده است تا به نحوی بتواند بتواند اثر احتمالی رویدادهایی را که هنوز داده هایی از آن وجود ندارد اما می توان آنها را در نظر گرفت را در برون یابی سری های زمانی لحاظ کند. در این روش، نظرات خبرگان با نتایج حاصل از پیش بینی مدل های کمی ترکیب می شود تا تاثیر تغییرات احتمالی آینده را در روندهای گذشته نشان دهد. روش تحلیل روند این امکان را فراهم می کند که برون یابی داده های تاریخی را با در نظر گرفتن وقایع محتمل آینده تصحیح کرد [۷۴] و [۷۵] و [۷۷].

این روش در مطالعات مختلفی بکار رفته است، از جمله می توان به مطالعاتی که «فیوچر گروپ<sup>۲</sup>»، برای دولت فدرال آمریکا، بنیاد ملی علوم، اداره انرژی، اداره حمل و نقل و دیگر بخشها انجام داده است، اشاره کرد. «پروژه ملنیوم<sup>۳</sup>» نیز بارها از این روش برای تولید گزارش های «شاخص وضعیت آینده<sup>۴</sup>» استفاده کرده است.

در این روش ابتدا بر اساس داده های سری زمانی با روشها و مدل های کمی برون یابی روند ها انجام می شود. سپس از خبرگان خواسته می شود، تا رویدادهای احتمالی که می تواند اتفاق بیفتد و روی برون یابی روندها تاثیر داشته باشد را شناسایی کنند. برای هر رویدادی قضاوت خبرگان بصورت احتمالی از وقوع و شدت تاثیر آن در تابعی از زمان بر روندهای آینده تعریف می شود. رویدادهای با بیشترین تاثیر، انتظار می رود که روند را در جهت مثبت یا منفی نسبت به حالتی که آن رویداد واقع نشود جابجا کنند. در محاسبه کامپیوتری، تاثیر قضاوتهای احتمالی رویدادها با نتایج برون یابی ترکیب می شود. این تحلیل معمولا شامل تخمین حد بالا و حد پایین برآوردها است که مقدار مورد انتظار از محاسبه حاصل جمع نتایج تاثیر قضاوتهای احتمالی خبرگان در سال مورد نظر و مقدار پیش بینی شده مدل سری زمانی بدست می آید. در این حالت می توان فرض کرد که رویدادها مستقل از هم هستند و احتمال آنها روی همدیگر اثر ندارد. انحراف پیش بینی تحلیل اثر برابر مجموع انحراف برون یابی روند به علاوه انحراف تاثیر روند حاصل از تاثیر رویدادهای محاسبه شده از احتمالات می باشد.

سه روش برای محاسبه حد بالا و حد پایین وجود دارد. در روش اول از جدول تابع توزیع پیرسون استفاده می شود و حد بالا و پایین با توجه به چهار عدد اول محاسبه می شود، در روش دوم از مثبت و منفی میانگین خطا استفاده می شود. در روش سوم از شبیه سازی مونت کارلو برای بر آورد های بالا و پایین استفاده می شود.

<sup>1</sup> Theodore J. Gordon

<sup>2</sup> The Futures Group

<sup>3</sup> Millennium Project

<sup>4</sup> State of the Future Indexes

روش TIA می تواند به جای یک پیش بینی نقطه ای، طیفی از پیش بینی ها را اضافه کند، بنابراین عدم قطعیت ها می تواند در تحلیل تصمیم ها ارزیابی شود. بنابراین روش TIA می تواند برای اضافه کردن کمی سازی به سناریو استفاده شود.

از محدودیتهای روش TIA آن است که همواره این امکان وجود دارد که لیست رویدادها کامل نباشد. حتی اگر لیست رویدادها کامل باشد، در مورد صحت احتمالات و تاثیر قضاوتها اطمینانی وجود ندارد.

در این پژوهش برای تدوین سناریو های TIA، ابتدا متغیرهای تولید و مصرف با مدلسازی ARIMA برونمایی شدند، سپس بر اساس مطالعات انجام شده و مصاحبه خبرگان، رویدادهای مهم فهرست شدند و نهایتاً این رویدادها در چهار موضوع کلی تر جمع بندی شدند: ۱- افزایش تعرفه برق ۲- تامین مالی پروژه ها از خارج وزارت نیرو ۳- تغییر ساختار نهادی صنعت و کوچک شدن دولت ۴- رشد اقتصادی. سپس احتمال وقوع این رویدادها و شدت تاثیر آنها بر روندها بصورت تابعی از زمان با استفاده از داده های بدست آمده از پرسشنامه ای که توسط خبرگان صنعت تکمیل شده بود، تعریف شد و با اضافه کردن این نتایج به روندهای پیش بینی شده، سناریو TIA، برای تولید برق و مصرف برق بدست آمد. پرسشنامه مورد استفاده در ادامه آمده است.

## پرسشنامه تحلیل اثر روند

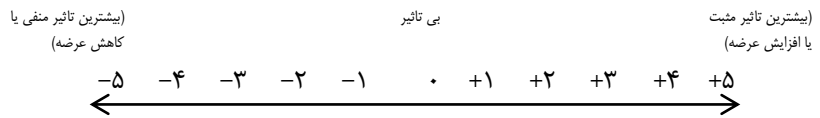
### رویداد ۱: اصلاح نظام قیمت گذاری برق و افزایش تعرفه برق:

توضیح: بر اساس مطالعات، اصلاح نظام قیمت گذاری برق و افزایش تعرفه رویدادی است که می تواند روندهای صنعت برق را تغییر دهد. لذا مدنظر است که وقوع این رویداد و تاثیرات احتمالی آن، با تکنیک TIA بر اساس تخمین خبرگان بصورت کمی پیش بینی شود است. بنابراین هدف از سوال ۱، تخمین احتمال وقوع این رویداد است. سوال ۲ و ۳ برای آن است که زمان وقوع و تاثیر گذاری این اتفاق تخمین زده شود. و در سوال ۴ و ۵، هدف آن است که تاثیر نسبی افزایش تعرفه، بر میزان تولید و مصرف برق برآورد شود.

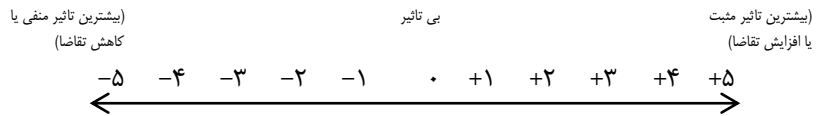
۱- احتمال اینکه اصلاح نظام قیمت گذاری برق اتفاق بیفتد را چه میزان تخمین می زنید (بین ۰ تا ۱۰۰ درصد)؟

- ۲- از چه سالی اصلاح نظام قیمت گذاری برق بر روندهای صنعت برق اثر گذار می شود؟  
 ۹۷    ۹۶    ۹۵    ۹۴    ۹۳
- ۳- در چه سالی تاثیر اصلاح نظام قیمت گذاری برق بر روندهای صنعت برق به بیشترین مقدار خود می رسد؟  
 ۹۷    ۹۶    ۹۵    ۹۴    ۹۳

۴- میزان تاثیر گذاری اصلاح نظام قیمت گذاری برق را بر روند تولید، انتقال و توزیع برق (عرضه) چه میزان برآورد می کنید:



۵- میزان تاثیر گذاری اصلاح نظام قیمت گذاری برق را بر روند مصرف برق (تقاضا) چه میزان برآورد می کنید:



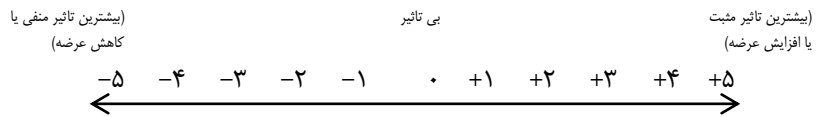
### رویداد ۲: تامین مالی پروژه ها از خارج وزارت نیرو

توضیح: بر اساس نظرات خبرگان، تامین مالی پروژه های احداث در صنعت برق توسط نهادهای خارج وزارت نیرو، عاملی است که در صورت وقوع می تواند روندهای صنعت برق را تغییر دهد. لذا مدنظر است که وقوع این رویداد و تاثیرات احتمالی آن، با تکنیک TIA بر اساس تخمین خبرگان بصورت کمی پیش بینی شود است. بنابراین هدف از سوال ۶، تخمین احتمال وقوع این رویداد است. سوال ۷ و ۸ برای آن است که زمان وقوع و تاثیر گذاری این اتفاق تخمین زده شود. و در سوال ۹ و ۱۰، هدف آن است که تاثیر نسبی این رویداد، بر میزان تولید و مصرف برق برآورد شود.

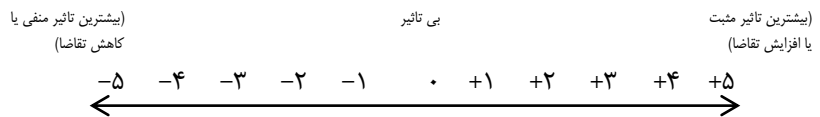
۶- احتمال اینکه تامین مالی از خارج وزارت نیرو اتفاق بیفتد را چه میزان تخمین می زنید (بین ۰ تا ۱۰۰ درصد)؟

- ۷- از چه سالی تامین مالی از خارج وزارت نیرو بر صنعت برق اثر گذار می شود؟  
 ۹۷    ۹۶    ۹۵    ۹۴    ۹۳
- ۸- در چه سالی تاثیر تامین مالی از خارج وزارت نیرو بر صنعت برق به بیشترین مقدار خود می رسد؟  
 ۹۷    ۹۶    ۹۵    ۹۴    ۹۳

۹- میزان تاثیر گذاری تامین مالی از خارج وزارت نیرو را بر روند تولید، انتقال و توزیع برق (عرضه) چه میزان برآورد می کنید:



۱۰- میزان تاثیر گذاری تامین مالی از خارج وزارت نیرو را بر روند مصرف برق (تقاضا) چه میزان برآورد می کنید:





### رویداد ۳: اصلاح ساختار صنعت برق : کاهش نقش تصدی گری دولت رقابتی شدن تولید و عرضه برق:

توضیح: بر اساس نظرات خبرگان، تغییر ساختار صنعت برق که منجر به کاهش تصدی گری دولت و رقابتی شدن تولید و عرضه برق شود، رویدادی است که در صورت وقوع می تواند روندهای صنعت برق را تغییر دهد. لذا مدنظر است که وقوع این رویداد و تاثیرات احتمالی آن ، با تکنیک TIA بر اساس تخمین خبرگان بصورت کمی پیش بینی شود است. بنابراین هدف از سوال ۱۱ ، تخمین احتمال وقوع این رویداد است. سوال ۱۲ و ۱۳ برای آن است که زمان وقوع و تاثیر گذاری این اتفاق تخمین زده شود. و در سوال ۱۴ و ۱۵، هدف آن است که تاثیر نسبی این رویداد، بر میزان تولید و مصرف برق برآورد شود.

۱۱- احتمال اینکه اصلاح ساختاری صنعت برق اتفاق بیفتد را چه میزان تخمین می زنید (بین ۰ تا ۱۰۰ درصد) ؟

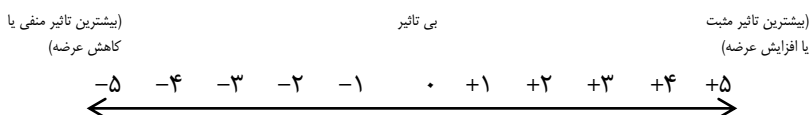
□۹۷ □۹۶ □۹۵ □۹۴ □۹۳

۱۲- از چه سالی اصلاح ساختاری بر صنعت برق اثرگذار می شود؟

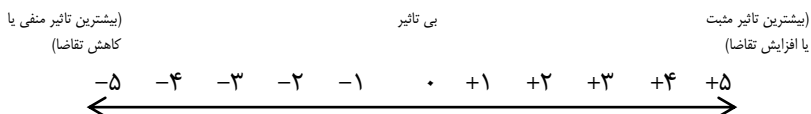
□۹۷ □۹۶ □۹۵ □۹۴ □۹۳

۱۳- در چه سالی تاثیر اصلاح ساختاری بر صنعت برق به بیشترین مقدار خود می رسد؟

۱۴- میزان تاثیر گذاری اصلاح ساختاری صنعت برق را بر روند تولید، انتقال و توزیع برق (عرضه) چه میزان برآورد می کنید:



۱۵- میزان تاثیر گذاری اصلاح ساختاری صنعت برق را بر روند مصرف برق (تقاضا) چه میزان برآورد می کنید:



### رویداد ۴: رشد اقتصادی

توضیح: بر اساس مطالعات، رشد اقتصادی عاملی است که در صورت وقوع می تواند روندهای صنعت برق را تغییر دهد. لذا مدنظر است که وقوع این رویداد و تاثیرات احتمالی آن ، با تکنیک TIA بر اساس تخمین خبرگان بصورت کمی پیش بینی شود است. بنابراین هدف از سوال ۱۶ ، تخمین احتمال وقوع این رویداد است. سوال ۱۷ و ۱۸ برای آن است که زمان وقوع و تاثیر گذاری این اتفاق تخمین زده شود. و در سوال ۱۹ و ۲۰، هدف آن است که تاثیر نسبی این رویداد، بر میزان تولید و مصرف برق برآورد شود.

۱۶- احتمال اینکه رشد اقتصادی اتفاق بیفتد را چه میزان تخمین می زنید (بین ۰ تا ۱۰۰ درصد) ؟

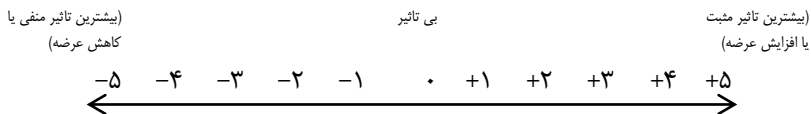
□۹۷ □۹۶ □۹۵ □۹۴ □۹۳

۱۷- از چه سالی رشد اقتصادی بر صنعت برق اثرگذار می شود؟

□۹۷ □۹۶ □۹۵ □۹۴ □۹۳

۱۸- در چه سالی تاثیر رشد اقتصادی بر صنعت برق به بیشترین مقدار خود می رسد؟

۱۹- میزان تاثیر گذاری رشد اقتصادی را بر روند تولید، انتقال و توزیع برق (عرضه) چه میزان برآورد می کنید:



۲۰- میزان تاثیر گذاری رشد اقتصادی را بر روند مصرف برق (تقاضا) چه میزان برآورد می کنید:

