



سندیکای صنعت برق ایران  
Iran Electrical Industry Syndicate

بررسی علل خاموشی برق و ارائه راهکارهای پیشگیری و مقابله با آن



سندیکای صنعت برق ایران

Iran Electrical Industry Syndicate

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: بررسی علل خاموشی و راهکارهای مقابله با آن

تدوین: معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی سندیکای صنعت برق ایران

پدیدآورندگان: علیرضا اسدی، زهرا ولی‌پور

تاریخ: خرداد ۱۴۰۰

## ۱- مقدمه

بروز خاموشی برق در زمستان سال گذشته و ابتدای سال جاری، علاوه بر خساراتی که بر بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی کشور وارد نمود، موجب نگرانی جامعه و ارکان مختلف حاکمیتی گردید بویژه آنکه دلایل ارائه شده از سوی دستگاه‌های اجرایی با نظرات خبرگان و متخصصان همسو نبود. در واقع با توجه به وابستگی شدید زیست اجتماعی به انرژی برق در دنیای امروز، با وقوع خاموشی، همه بخش‌های جامعه متحمل خسارت می‌شوند هر چند که مقدار این خسارات و لطامات، در همه بخش‌ها یکسان و جبران پذیر نیست. برای همین ضروری است علل بروز خاموشی شناسایی و راهکارهای مقابله و پیشگیری از آن شناسایی شود.

در این راستا، سندیکای صنعت برق ایران به عنوان نهاد تخصصی حوزه برق و انرژی کشور در جهت تبیین موضوع، با استفاده از اطلاعات منتشر شده و تحلیل روندهای کشور، به بررسی علل خاموشی برق در سال ۱۴۰۰ پرداخته و بر اساس آن، راهکارهایی برای پیشگیری و مقابله با خاموشی‌ها پیشنهاد کرده است.

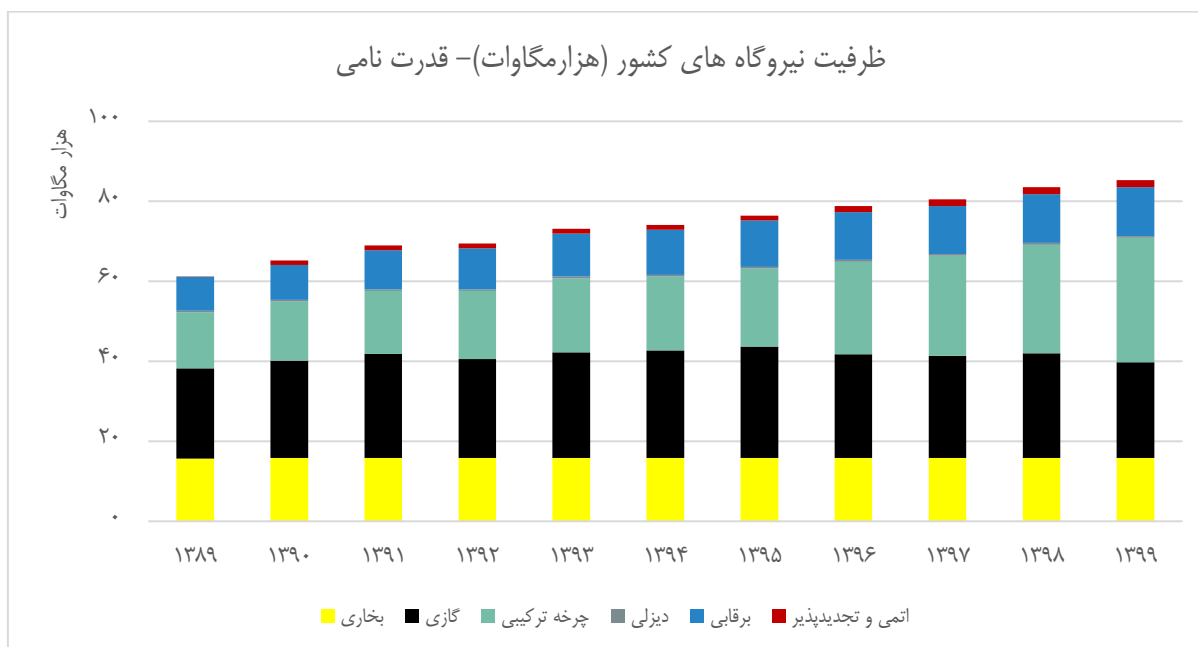
## ۲- تحلیل علل خاموشی برق

از آنجاکه برق به دلیل ویژگی‌های فیزیکی آن، به‌طور اقتصادی انباشت پذیر نمی‌باشد، بنابراین امکان ذخیره‌سازی ندارد، لذا مانند سایر کالاهای اقتصادی نیست که در صورت کمبود بتوان از خارج شبکه تولید و مصرف تهیه و توزیع نمود، در نتیجه مواقعی که میزان مصرف لحظه‌ای سمت تقاضا از مجموع میزان تولید و قابل توزیع پیشی می‌گیرد، خاموشی رخ می‌دهد. به عبارت دیگر با توجه به اینکه افزایش ظرفیت عرضه برق تنها با اضافه شدن تاسیسات تولیدی مقدور است و افزایش این ظرفیت زمان‌بر است (بصورت فوری و مقطعی قابل افزایش نیست)، می‌توان گفت پدیده خاموشی زمانی رخ می‌دهد که عرضه برق در مقابل تقاضا دچار کمبود باشد. بنابراین برای تحلیل خاموشی‌ها لازم است که وضعیت تولید و مصرف برق را مورد بررسی قرار دهیم که در ادامه ارائه شده است.

### ۲-۱- روند تولید و عرضه برق

خاموشی‌های گسترده زمانی بروز می‌یابد که ظرفیت تاسیسات عرضه برق متناسب با نرخ رشد تقاضا رشد نکرده باشد. شکل ۱ روند ظرفیت (نامی) نیروگاه‌های کشور از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نمودار دیده می‌شود ظرفیت تولید برق کشور با یک شیب ملایم در این ده سال افزایش یافته ولی ترکیب سبد عرضه برق تغییر چندانی نداشته است. در سال ۱۳۹۹ مجموع ظرفیت کشور ۸۵۳۱۳ مگاوات بوده که نسبت به سال ۱۳۹۸ رشدی معادل ۲٫۲ درصد داشته است. از این میزان ظرفیت، ۷۱۳۳۱ مگاوات مربوط به نیروگاه‌های حرارتی و ۱۳۹۸۲ مگاوات نیروگاه‌های تجدیدپذیر (نیروگاه‌های برقی و اتمی و تجدیدپذیر) بوده است.

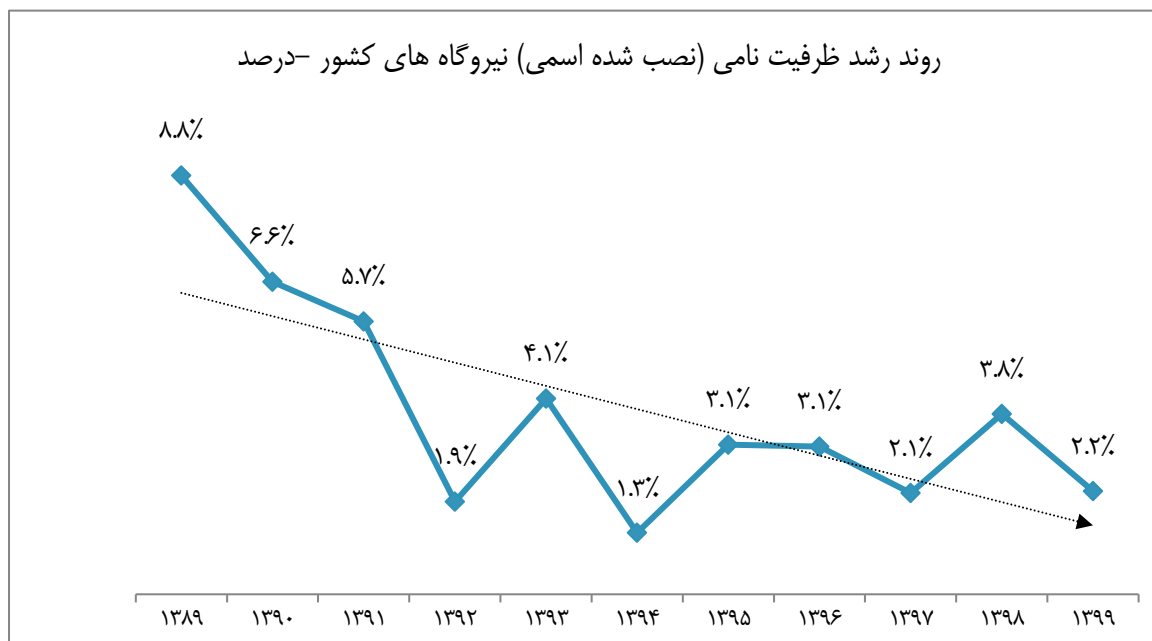
شکل ۱- روند ظرفیت نیروگاه‌های کشور (هزار مگاوات) - ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹



ماخذ: گزارش ۵۳ سال صنعت برق ایران در آینه آمار، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی سال ۱۳۹۹

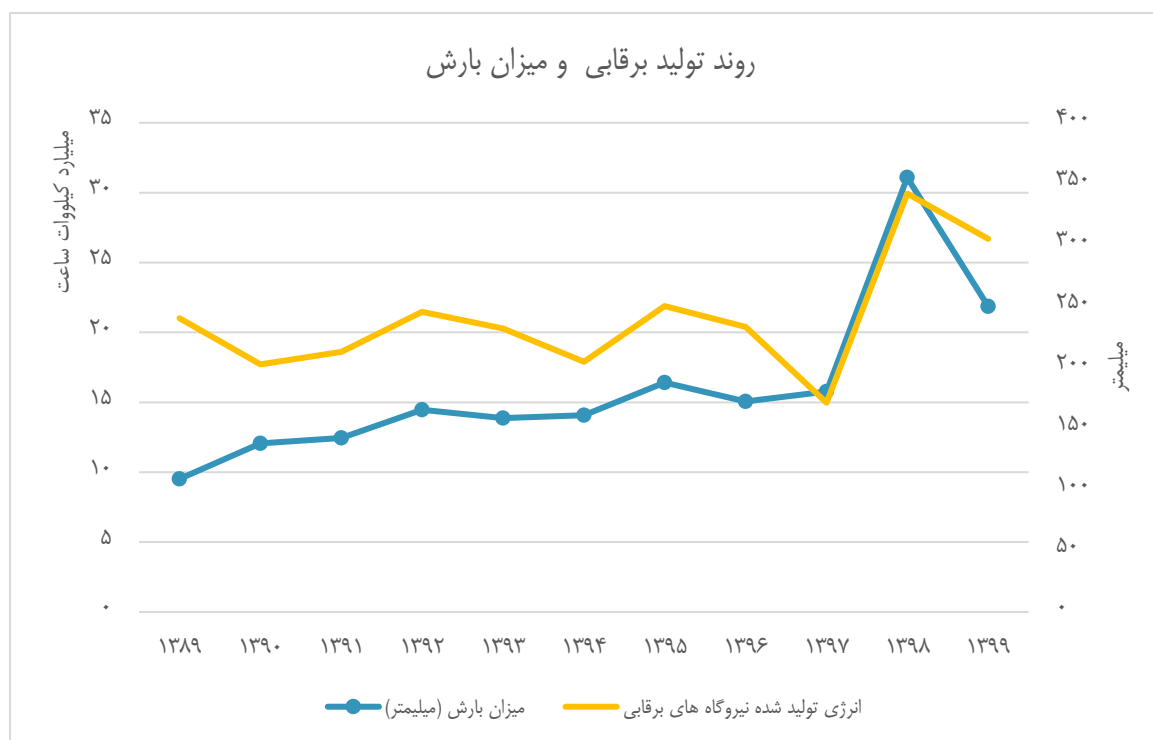
شکل ۲ روند رشد ظرفیت نیروگاهی کشور را نشان می‌دهد. همانطور که در این نمودار دیده می‌شود نرخ رشد ظرفیت نیروگاهی کشور از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ بطور کلی نزولی بوده است و از ۸٫۸ درصد در سال ۱۳۸۹ به ۲٫۲ درصد در سال ۱۳۹۹ کاهش یافته است و متوسط رشد سالانه در ده سال گذشته ۳ درصد بوده است.

شکل ۲- روند رشد ظرفیت نامی (نصب شده اسمی) نیروگاه‌های کشور



ماخذ: گزارش ۵۳ سال صنعت برق ایران در آینه آمار، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی سال ۱۳۹۹

شکل ۳- روند تولید برقی و میزان بارش از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹



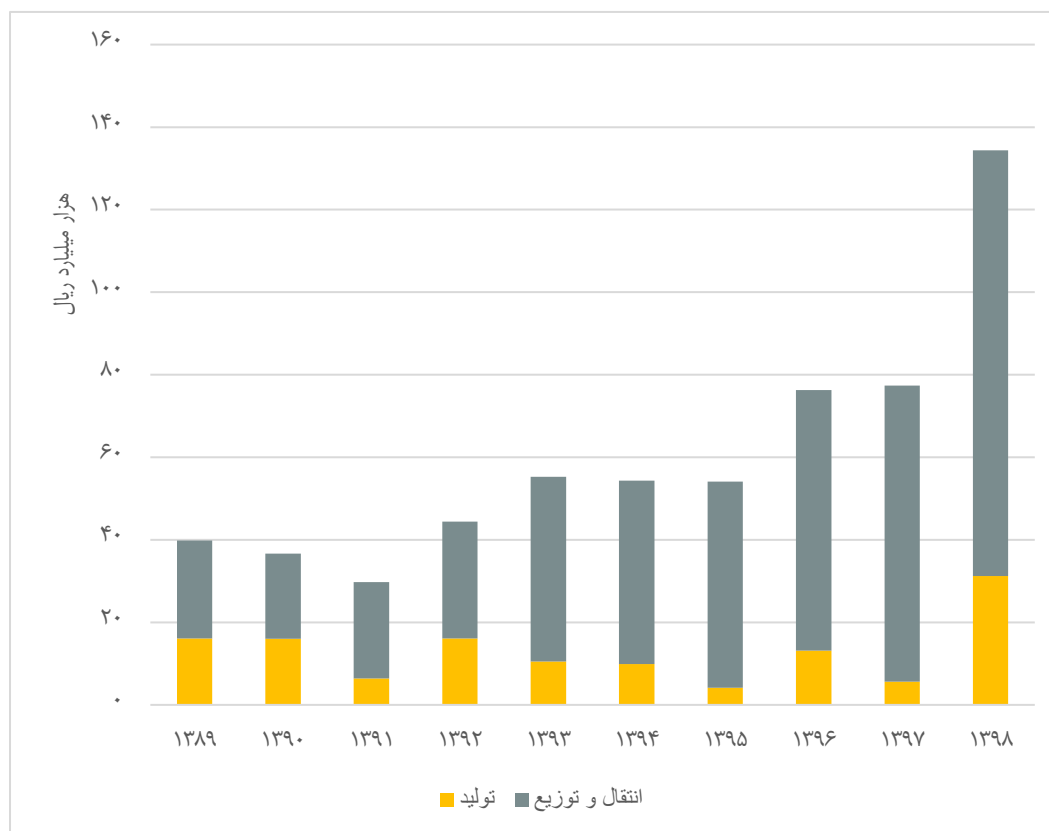
ماخذ: گزارش ۵۳ سال صنعت برق ایران در آیینیه آمار، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی سال ۱۳۹۹

از آنجا که حدود ۱۴ درصد ظرفیت تولید برق کشور متعلق به نیروگاه های برقایی می باشد و تولید برق این نیروگاه ها نیز متأثر از میزان بارش باران می باشد، لازم است توجه بیشتری به این بخش شود. همانطور که در شکل ۳ دیده می شود بین تولید برقایی ها و میزان بارش یک ارتباط مستقیم وجود دارد و متناسب با رشد یا کاهش بارش، میزان تولید برق نیز نوسان یافته است. این مسئله از آن جهت اهمیت دارد که با توجه به شرایط اقلیمی کشور و کم آبی، بروز خشکسالی نه فقط بخش های کشاورزی را متأثر می سازد، بلکه به دلیل حجم قابل توجه نیروگاه های برقایی در تامین برق کشور، عملاً عرضه برق نیز متأثر از خشکسالی نوسان می یابد و به ویژه در ایام پیک و در فصل های گرم سال این مسئله خود را بیشتر نشان می دهد.

با توجه به اینکه توسعه ظرفیت تولید و عرضه برق نیازمند سرمایه گذاری های زیادی می باشد، رشد تولید و عرضه برق متأثر از میزان سرمایه گذاری می باشد. شکل ۴ و شکل ۵ روند سرمایه گذاری در صنعت برق را طی سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۹ نشان می دهد. همانطور که در شکل ۴ دیده می شود بخش عمده سرمایه گذاری ریالی کشور در بخش توزیع و انتقال بوده است به نحوی که در ۵ سال اخیر سهم بخش تولید از مجموع سرمایه گذاری انجام شده حدود ۱۵ درصد می باشد. نکته مهم دیگر آن است که میزان سرمایه گذاری متناسب با نرخ تورم نبوده است به نحوی که اگر اثر تورم را از حجم سرمایه گذاری ها خنثی کنیم این روند نزولی می باشد. به عبارتی اگر معادل ارزی سرمایه گذاری انجام شده را محاسبه نماییم، مشاهده می شود که روند سرمایه گذاری در صنعت برق از سال ۱۳۸۷ نزولی شده و از ۶/۵ میلیارد دلار در سال ۱۳۸۷ به ۰/۶۳ میلیارد دلار در سال ۱۳۹۹ رسیده است. این روند نزولی سرمایه گذاری با روند نزولی نرخ رشد افزایش ظرفیت نیروگاهی کشور هم همخوانی دارد. به عبارت دیگر به وضوح دیده می شود که در دهه گذشته رشد سرمایه گذاری در بخش تولید برق منفی بوده و در نتیجه رشد ظرفیت تولید هم منفی می باشد.

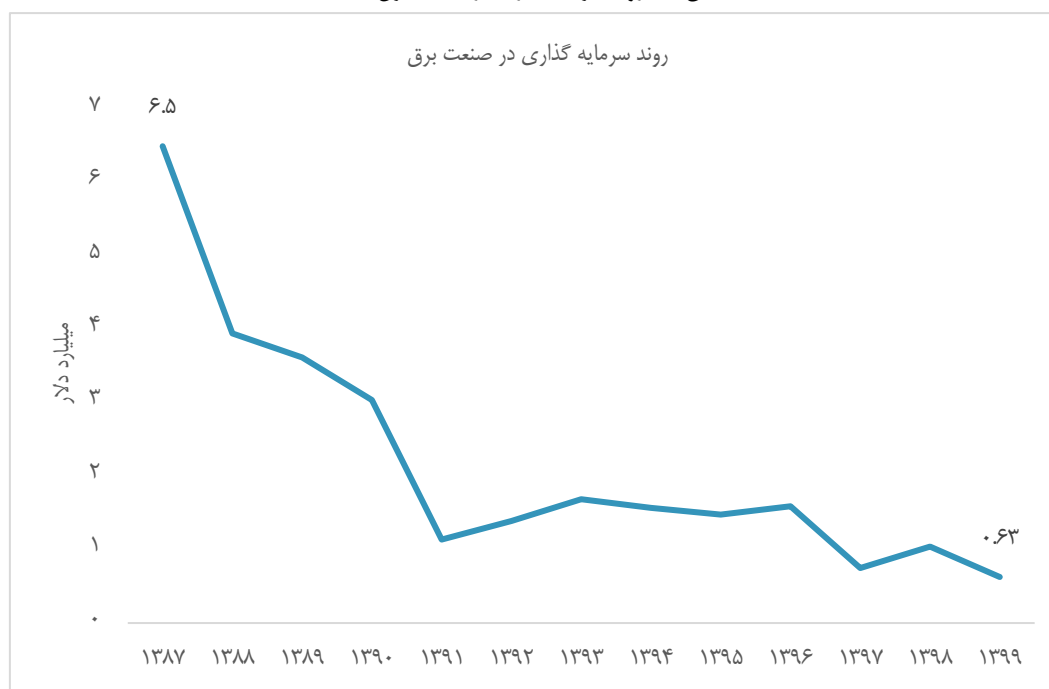


شکل ۴- روند سرمایه‌گذاری در صنعت برق بر اساس ریال



ماخذ: گزارش ۵۳ سال در آینه آمار صنعت برق- لایحه بودجه سال ۱۴۰۰

شکل ۵- روند سرمایه‌گذاری در صنعت برق

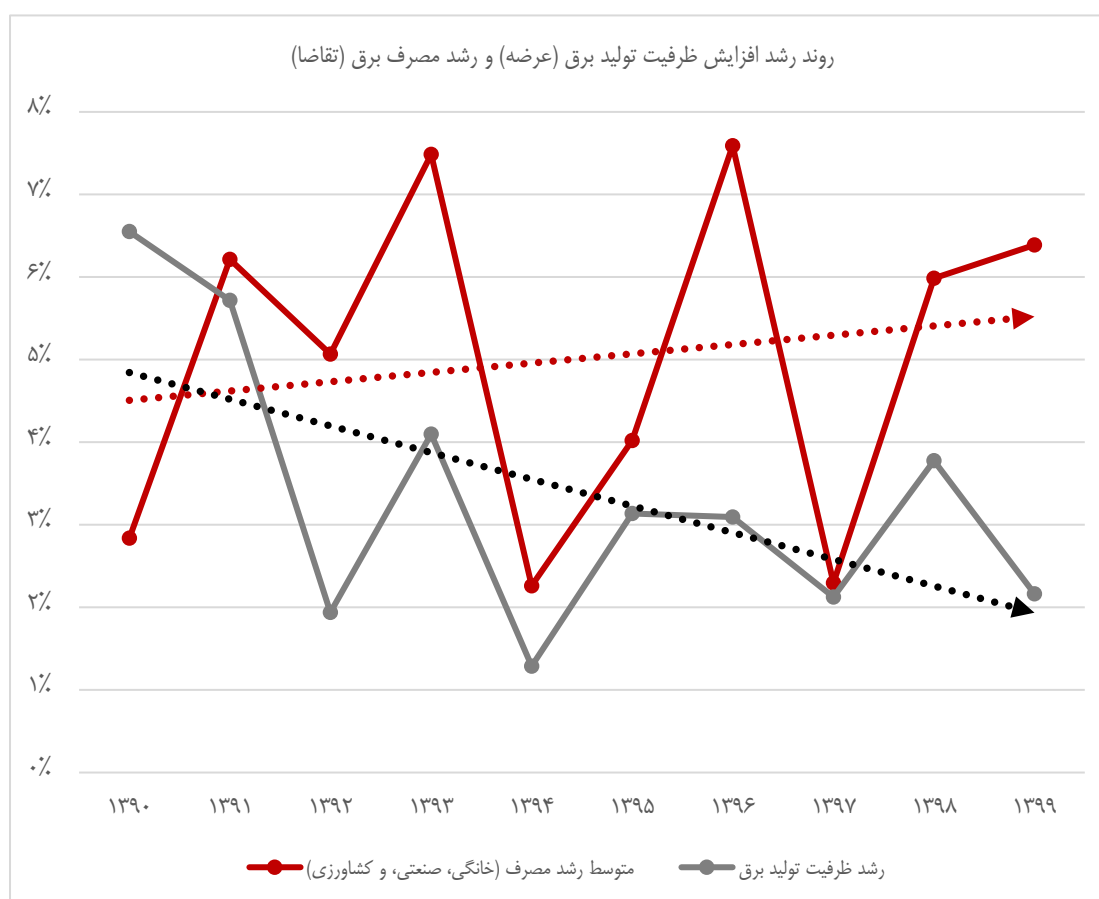


ماخذ: گزارش ۵۳ سال صنعت برق ایران در آینه آمار، لایحه بودجه سال ۱۴۰۰

## ۲-۲- روند مصرف و تقاضای برق

همانطور که بیان شد، پدیده خاموشی از شکاف بین عرضه و تقاضای برق ایجاد می‌شود. برای تحلیل روند تقاضا یا مصرف برق لازم است روند برخی از شاخص‌های آماری حوزه مصرف را مورد بررسی قرار دهیم. شکل ۶ مقایسه نرخ رشد تقاضا و رشد تولید برق (عرضه) را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، روند رشد تقاضا در دهه گذشته صعودی بوده و به‌طور متوسط ۵ درصد رشد داشته است. این در حالی است که روند رشد ظرفیت تولید برق کشور در ده سال گذشته به‌طور متوسط نزولی بوده و متوسط رشد آن سه درصد بوده است. همانطور که مشاهده می‌شود این تفاوت نرخ رشد منجر به شکاف عرضه و تقاضا می‌شود که در نتیجه آن حجم عرضه برق از حجم تقاضای برق جا می‌ماند و منجر به خاموشی می‌گردد.

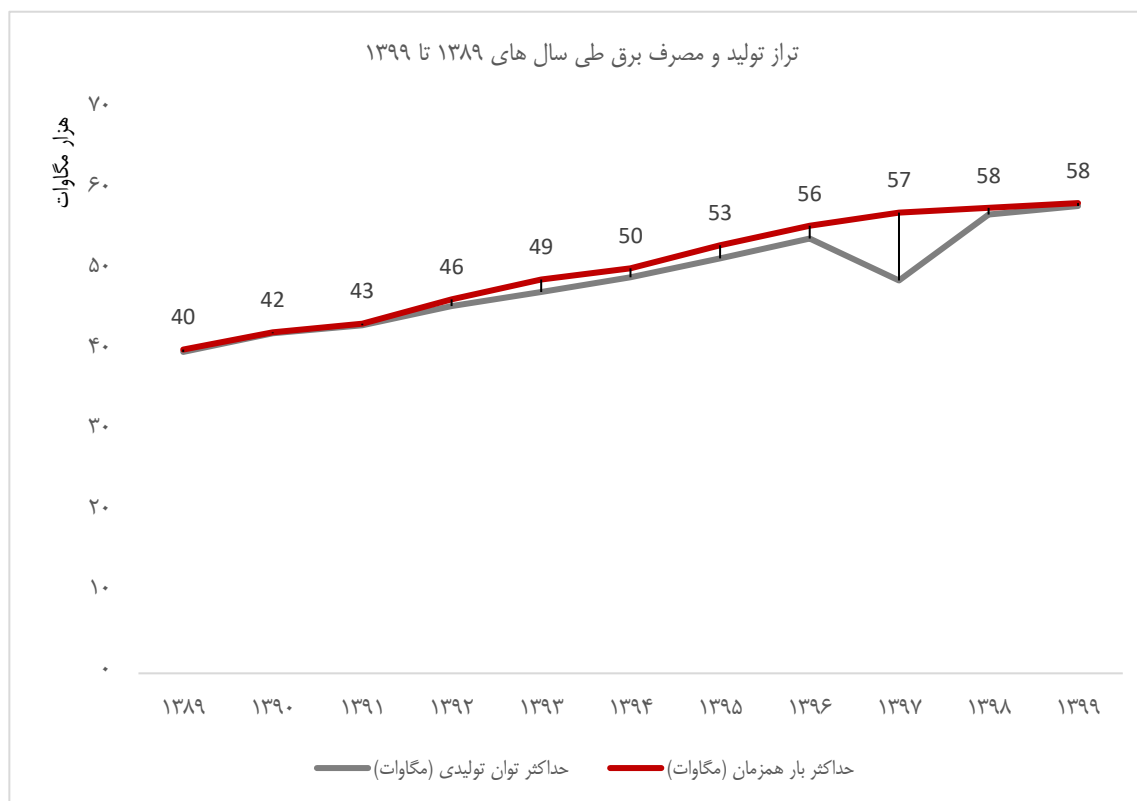
شکل ۶ - روند رشد افزایش ظرفیت تولید برق (عرضه) و رشد مصرف برق (تقاضا)



ماخذ: گزارش ۵۳ سال صنعت برق ایران در آیین آماری، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی سال ۱۳۹۹

شکل ۷ تراز تولید و مصرف برق طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. داده‌های این نمودار بیانگر آن است که روند رشد توان تولیدی نیروگاه‌های کشور طی ده سال گذشته افزایشی بوده و از ۳۹ هزار مگاوات در سال ۱۳۸۹ به ۵۸ هزار مگاوات در سال ۱۳۹۹ رسیده است هر چند که بین سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ تفاوت محسوسی دیده نمی‌شود که می‌توان موضوع رکود و کاهش فعالیت‌های ناشی از محدودیت‌های کرونا در سال ۱۳۹۹ را عامل این عدم افزایش دانست.

شکل ۷- تراز تولید و مصرف برق طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹



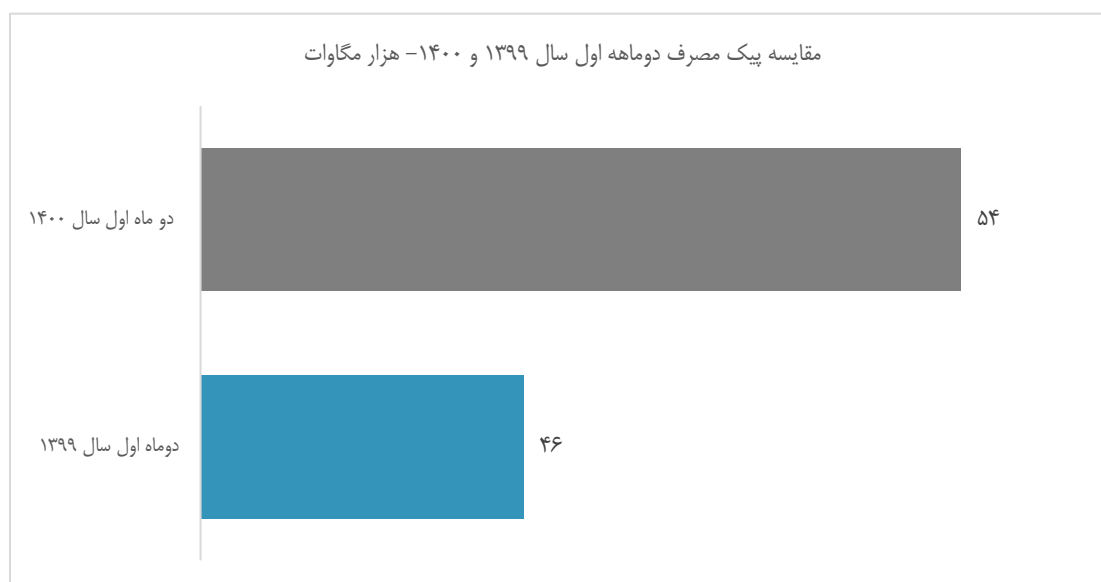
ماخذ: آمار تفصیلی صنعت برق ایران روند ده‌ساله صنعت برق ایران

در بررسی وضعیت مصرف برق در سال ۱۴۰۰ و بروز خاموشی‌های اخیر، بررسی پیک‌بار در دو ماه اول سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ و مقایسه آن با پیک سال ۱۳۹۹ جالب توجه است. همانطور که اطلاعات نمودار ۷ و ۸ نشان می‌دهد، میزان پیک‌بار در ابتدای سال ۱۴۰۰ کمتر از پیک تابستانی سال‌های ۱۳۹۹ بوده اما حجم خاموشی‌ها به مراتب بیشتر از سال‌های قبل بوده است. علت این امر را می‌توان در روش مدیریت خاموشی‌های وزارت نیرو دانست. به نظر می‌رسد در سال‌های گذشته، با مانورهای مدیریت مصرف که در تابستان‌ها اجرا می‌شده است، به جای خاموشی‌های اجباری، خاموشی‌های داوطلبانه به صنایع کشور داده می‌شده است (از طریق تفاهم‌نامه‌های عدم مصرف برق در زمان پیک) ولیکن در اوایل سال جاری این سازوکارها هنوز عملیاتی نشده بودند و به نوعی با بروز زود هنگامی ظهور پیک برق، روش‌های متعارف مدیریت مصرف جاماندند.

در پایان اشاره‌ای به موضوع مصرف برق تولیدکنندگان غیرقانونی رمز ارزها که به عنوان عامل بروز خاموشی‌های ابتدای سال ۱۳۹۹ مطرح شده است، ضروری است. اگرچه تحلیل‌های ارائه شده از سوی ذینفعان موضوع یعنی صاحبان صنایع تولید رمز ارز از یک سو و مدیران وزارت نیرو از سوی دیگر، متناقض هم می‌باشد، و به دلیل آنکه اطلاعات دقیقی وجود ندارد نمی‌توان مبتنی بر داده استدلال نمود، ولی می‌توان مدعی شد که موضوع رمز ارزها نمی‌تواند عامل مهمی باشد چرا که شکاف بین عرضه و تقاضای برق روندی داشته است که از سال‌های قبل وجود داشته است و بدون ظهور رمز ارزها (چه قانونی چه غیرقانونی)، پدیده خاموشی باز هم مشاهده می‌شده است.



شکل ۸- روند پیک مصرف برق



ماخذ: مدیریت شبکه برق ایران

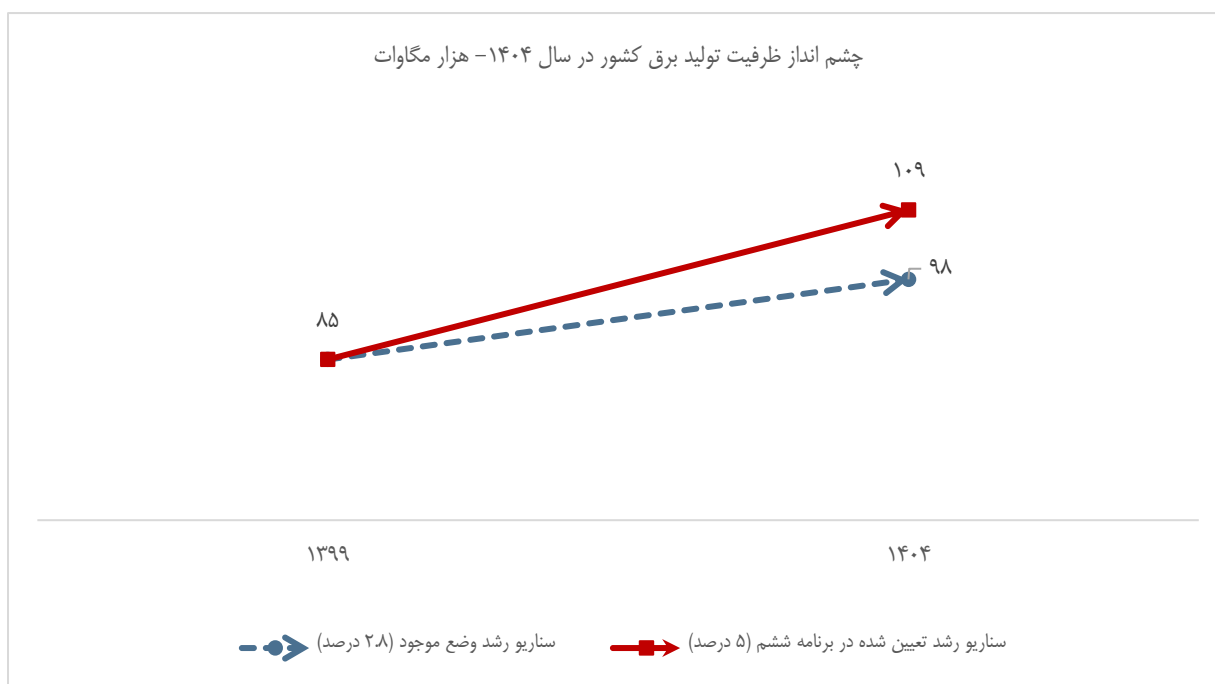
### ۳- راهکارهای مقابله با خاموشی

برای رفع مشکل خاموشی و جلوگیری از تکرار آن، لازم است که میزان عرضه و تقاضای برق در شبکه تراز شوند به عبارت دیگر مجموع تقاضا و مجموع عرضه در یک تعادل قرار گیرند. برای این منظور لازم است راهکارهای بکارگرفته شود که از یک طرف میزان تولید برق را افزایش دهد، و از طرف دیگر حجم تقاضا را بهینه و اختلاف پروفایل بار مصرفی را در ساعت غیرپیک و پیک به هم نزدیک کند. این راهکارها را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

#### ۳-۱- افزایش ظرفیت تولید و شبکه برق

ظرفیت تولید برق کشور در سال‌های گذشته رشد کمی داشته است. با توجه به اینکه در سال‌های گذشته با رکود اقتصادی مواجه بوده‌ایم، شکاف بین عرضه و تقاضا کمتر مشاهده می‌شده است؛ هرچند که انتظار می‌رود با کاهش تحریم‌ها و ظهور رشد اقتصادی، کمبود عرضه برق به شکل بحرانی بروز یابد. برای همین ضروری است حجم ظرفیت تولید کل برق کشور افزایش یابد. شکل ۹ چشم‌انداز افزایش ظرفیت تولید برق کشور را در دو سناریو نشان می‌دهد. در سناریو ادامه وضع موجود انتظار می‌رود سالانه بطور متوسط سالانه حدود ۲۵۰۰ مگاوات به ظرفیت تولید برق کشور اضافه شود و در سال ۱۴۰۴ به ظرفیت نامی حدود ۹۸ هزار مگاوات برسد. اما اگر دولت بخواهد در چهارچوب رشد اهداف برنامه ششم و متناسب با ظرفیت رشد اقتصادی مورد انتظار در اسناد بالادستی کشور، تولید برق کشور را افزایش دهد انتظار می‌رود سالانه حدود ۴۷۰۰ مگاوات به ظرفیت تولید برق کشور افزوده شود و در سال ۱۴۰۴ به ظرفیت نامی حدود ۱۰۹ هزار مگاوات دست پیدا کند.

شکل ۹- چشم‌انداز ظرفیت تولید برق کشور در سال ۱۴۰۴



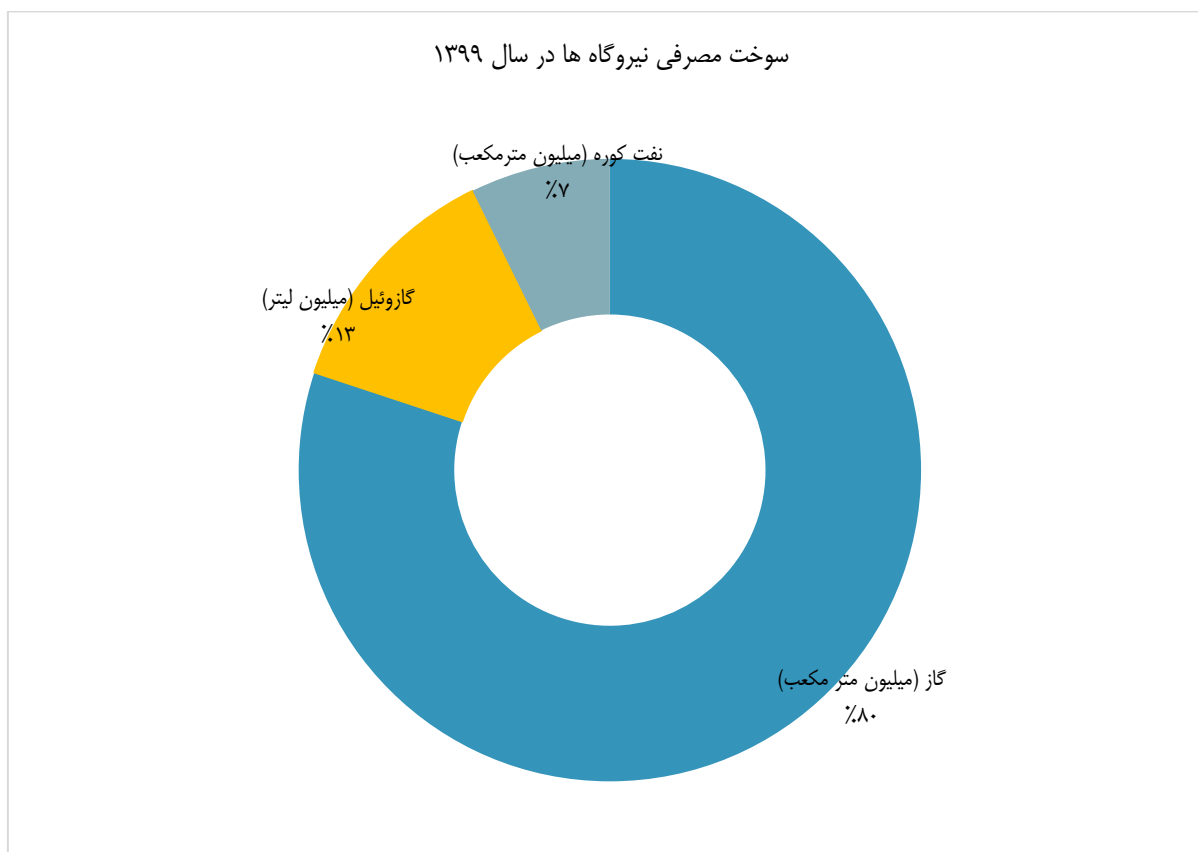
ماخذ: محاسبات محقق

افزایش راندمان نیروگاه‌های فعلی با اجرای طرح‌های فناورانه بهینه‌سازی و تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، روش‌هایی هستند که با سرمایه کمتر بازدهی بیشتری برای افزایش ظرفیت برق ایجاد می‌کنند. همچنین متناسب با افزایش تولید برق، نیاز است که ظرفیت شبکه انتقال و فوق توزیع نیز توسعه یابد. شواهد حاکی از آن است که در برخی از نواحی کشور به دلیل مشکلات بخش انتقال، پدیده برق حبس شده، وجود دارد. در این زمینه لازم است طرح‌های توسعه‌ای شبکه برق کشور اولویت بندی شوند و طرح‌های نیمه‌تمام و حیاتی شبکه، در اولویت قرار گیرند. با توجه به سناریوهای پیش روی صنعت، برآورد می‌شود در افق ۱۴۰۴ بطور متوسط بین ۸ تا ۱۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری مورد نیاز است که در شرایط موجود بدون اصلاح نظام مالی صنعت برق قابلیت چنین سرمایه‌گذاری وجود ندارد. برای همین ضروری است که سازوکارهای حاکم بر سرمایه‌گذاری صنعت برق به نحوی اصلاح شود که طرح‌های سرمایه‌گذاری توجیه اقتصادی پیدا کند تا بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری در این بخش علاقمند شود.

### ۳-۲- متنوع سازی سبد عرضه و تغییر مدل کسب و کار تولید-مصرف برق

باتوجه به اینکه در سال‌های گذشته عمده تولید برق وابسته به منابع گازی بوده است (شکل ۱۰) و از آنجا که در فصول سرما مصرف گاز برای گرمایش به پیک می‌رسد و به دلیل کمبود گاز خاموشی رخ می‌دهد، لازم است که سبد انرژی‌های اولیه کشور، تغییر کند و اتکا تولید برق به سوخت گاز کمتر شود. بنابراین در الگوی توسعه برق آینده کشور، ضروری است که تجدیدپذیرها به‌ویژه خورشیدی و تولید همزمان برق و گرما (CHP و CCHP) مورد توجه قرار گیرد. این الگوهای تولید برق نیازمند تغییر مدل کسب و کار تجارت برق از مصرف‌کننده صرف به مصرف‌کننده-تولیدکننده برق می‌باشد. برای این منظور لازم است سازوکارها و مدل‌های کسب و کاری جدیدی طراحی و ارتباط بین بخش عرضه و تقاضای برق اصلاح شود.

شکل ۱۰- سوخت مصرفی نیروگاه‌ها در سال ۱۳۹۹



ماخذ: آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی سال ۱۳۹۹

### ۳-۳- کاهش تلفات و بهینه‌سازی مصرف برق (کاهش شدت مصرف)

از آنجاکه یارانه زیادی به صورت پنهان به برق داده می‌شود، شدت مصرف انرژی برق در کشور بسیار بالا است و در بخش‌های مختلف اعم از خانگی، صنعتی و کشاورزی، از تجهیزات و فناوری‌هایی استفاده می‌شود که بازدهی پایینی دارند. همچنین بخش‌های زیادی از شبکه توزیع برق کشور به دلیل فرسودگی تجهیزات، تلفات بالایی دارند که نیاز به نوسازی و بازسازی در آنها ضروری است.

برای این منظور لازم است که از طریق جایگزینی تجهیزات پربازده به جای کم بازده و نوسازی شبکه‌های فرسوده توزیع برق، از اتلاف برق مصرف جلوگیری شود و برای این کار لازم است سرمایه‌گذاری شود و از فناوری‌های مختلفی استفاده شود. اجرای این طرح‌های بهینه‌سازی نیازمند اصلاح تعرفه‌های برق و شکل‌گیری عملی سازوکارهایی مانند بازار صرفه‌جویی است تا به تدریج شدت مصرف انرژی کشور اصلاح و تلفات برق کاهش یابد. سیاست‌های قبلی مانند ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید، به دلیل غیراقتصادی بودن این نوع طرح‌ها از یک طرف و آماده نبودن ساختارهای دولتی برای ارائه تسهیلات و پوشش ریسک‌های سرمایه‌گذاری از سوی دیگر، عملاً موفق نبوده است. برای همین ضروری است سیاست‌گذاری جامع انرژی کشور برای بهینه‌سازی مصرف برق کشور، ساختارهای نهادی و سازوکارهای مالی مناسبی را فراهم آورد تا با سرمایه‌گذاری و اجرای طرح‌های بهینه‌سازی، وضعیت مصرف بطور اساسی و پایدار اصلاح شود.



### ۳-۴- اصلاح منحنی بار شبکه برق (پیک سایه)

یکی دیگر از چالش‌های شبکه برق، اختلاف مصرف برق در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌باشد به نحوی که موجب کمبود برق در زمان‌های پیک و در نتیجه بروز خاموشی شده و در برخی ساعات اضافه تولید برق و کاهش بازدهی تولید می‌شود. در نتیجه تقاضای یکنواختی برای برق وجود نداشته و منحنی بار دارای اختلاف زیادی در زمان‌های مختلف می‌باشد. برای همین منظور لازم است منحنی بار اصلاح شود تا میزان مصرف و تولید برق یکنواخت تر شده و از نظر اقتصادی بهینه شود. اصلاح منحنی بار نیازمند اولاً ثبت مصرف در زمان‌های مختلف است و از سوی دیگر تعرفه‌های برق به نحوی منعطف گردد که مشتریان برای بهینه‌سازی هزینه‌های خود، الگوی مصرف خود را تغییر دهند. اجرای این سیاست نیازمند سرمایه‌گذاری برای اضافه شدن تجهیزاتی در شبکه برق برای ثبت اطلاعات پروفایل بار (یا استفاده از کنتورهای دیجیتال) و ابداع روش‌های نوین تجارت برق (تجمیع سازی صرفه‌جویی‌های مصرف‌کنندگان خرد و استفاده از مزایای آن) می‌باشد. این موارد نیز بدون اصلاح نظام مالی صنعت برق و ایجاد ساختارهای مناسب حقوقی برای هدایت سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و شرکت‌های فناور ممکن نمی‌باشد. برای همین ضروری است سازوکارهای اقتصادی و حقوقی برای پیک سایه به روش اقتصادی و مستقل از فشار حاکمیتی فراهم شود تا بصورت خودسامان‌یابنده و از طریق مکانیزم‌های بازار، بهینه شود.

### منابع و ماخذ:

- گزارشات وضعیت شبکه برق؛ مدیریت شبکه برق ایران
- آمار تفصیلی صنعت برق ایران روند ده‌ساله صنعت برق ایران، آمار صنعت برق، شرکت توانیر
- گزارش ۵۳ سال در آینه آمار، شرکت توانیر
- آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی سال ۱۳۹۹؛ شرکت توانیر
- گزارش لایحه بودجه سال ۱۴۰۰، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی