Quarterly Journal of Economic Research and Policies Vol. 34, No. 117, Spring 2026

Analysis of the power shortage in the hot season in Iran

Kioumars Heydari

Assistant Professor, Department of Economics, Niro Research Institute and Director, Institute for Policy and Governance Studies, Tehran, Iran.

kheydari@nri.ac.ir

The electric energy shortage during the summer months has engendered a crisis in Iran. The objective of this research is to identify the drivers of this crisis, the causal chain, and the means of extricating ourselves from it. Despite the extensive research literature and causality studies (for example, the relationship between economic growth and electricity consumption), the pathology of this crisis has not been considered. The present study has investigated and identified the roots of the crisis using an analysis model based on a conceptual model and exploratory causality (evidence-based) from two paths, namely supply and demand channels, as well as factors related to climatic conditions and the quality of governance. The findings indicate that the proliferation of cooling equipment, inadequate governance practices that promote excessive consumption during periods of crisis, and the exploitation of electricity price reductions in tropical regions as a political instrument are among the primary factors contributing to the electricity crisis in Iran. The present crisis can be conceptualised as a seesaw pattern. It is evident that the aforementioned mechanisms function in a manner that is analogous to the intensification of demand pressure, suppression of supply capacities, and curtailment of production capacity. Finally, a new measure has been introduced that makes the assignment of a new branch conditional on the provision of production capacity bonds, as well as the obligation to purchase capacity bonds to compensate for the excess demand of existing subscribers by creating the possibility of exchanging these bonds. This is intended to be a means of exiting the crisis.

JEL Classification: Q42, Q43, Q44, R21.
Keywords: Capacity Bonds, Iran's Electricity Crisis, Reverse Pricing Policy, Seesaw Pattern.

Reccived: 2025/06/09 Accepted: 2025/11/05

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

نشریه علمی (فصلنامه) پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی
سال سی و چهارم، شماره ۱۱۷، بهار ۱۴۰۵، صفحه ۲۰۹ - ۱۵۶

تحلیل کمبود برق در فصل گرم در ایران
طراحی مدل مفهومی و کاربست علیت اکتشافی (شواهد محور)

کیومرث حیدری
استادیار گروه اقتصاد پژوهشگاه نیرو و رئیس پژوهشکده مطالعات سیاستگذاری و حکمرانی، تهران، ایران.
kheydari@nri.ac.ir

کمبود انرژی الکتریکی در فصل گرم به یک بحران در ایران تبدیل شده است. پیشران‌های این بحران، زنجیره علیت و چگونگی خروج از این بحران، پرسش‌های اصلی این پژوهش است. با وجود غنی بودن ادبیات پژوهش و مطالعات علیت (مانند رابطه رشد اقتصادی و مصرف برق) آسیب‌شناسی این بحران مورد توجه قرار نگرفته است. این پژوهش با استفاده از الگوی تحلیل مبتنی بر یک مدل مفهومی و علیت اکتشافی (شواهد محور) از دو مسیر یعنی کانال‌های عرضه و تقاضا و همچنین عوامل مربوط به شرایط اقلیمی و کیفیت حکمرانی ریشه‌های بحران را بررسی و شناسایی کرده است. نتایج نشان می‌دهد گسترش استفاده از تجهیزات خنک‌کننده، حکمرانی ضعیف با تشویق مصرف در اوج بحران و بهره‌برداری از تخفیف قیمت برق در مناطق گرمسیر به عنوان یک ابزار سیاسی، از مهم‌ترین عوامل بحران برق در ایران هستند. این بحران از یک الگوی الاکلنگی تبعیت می‌کند. یعنی همان اهرم‌هایی، که موجب تشدید فشار تقاضا می‌شوند، در سمت مقابل ظرفیت‌های عرضه و توان تولید را سرکوب می‌کنند. در نهایت، مشروط کردن واگذاری انشعاب جدید به ارائه اوراق ظرفیت تولید و همچنین تکلیف به خرید اوراق ظرفیت جبرانی برای مازاد تقاضای مشترکین موجود با ایجاد امکان مبادله‌پذیری این اوراق، به عنوان ابزار خروج از بحران معرفی شده است.

طبقه‌بندی JEL: Q42, Q43, Q44, R21.
واژگان کلیدی: الگوی الاکلنگی، اوراق ظرفیت، بحران برق ایران، سیاست قیمت‌گذاری معکوس.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴ / ۳ / ۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴ / ۸ / ۱۴

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

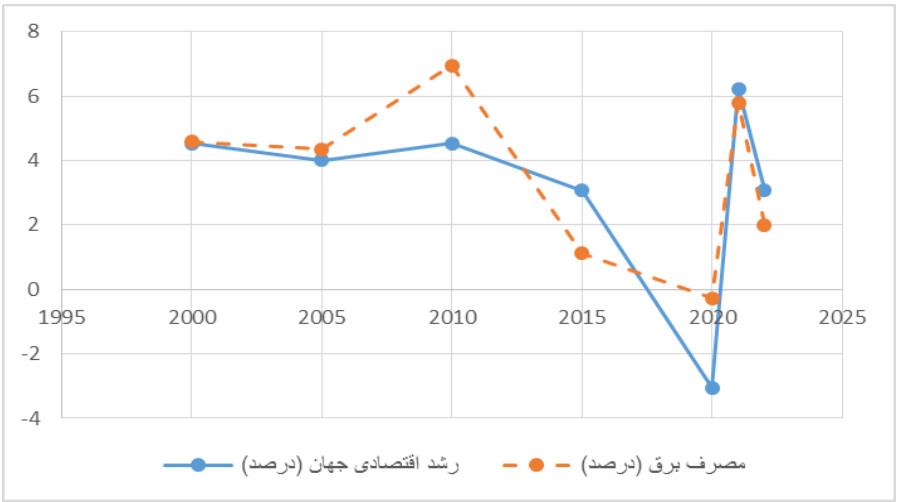
۱. مقدمه

در طول یک دهه اخیر، تأمین انرژی در ایران (گاز طبیعی و به دنبال آن برق در فصل سرد و همچنین برق در فصل گرم) به یک بحران فراگیر تبدیل شده است. به گونه‌ای که برای کنترل یا عبور از آن، ساعات فعالیت ادارات و واحدهای خدماتی تغییر می‌کند، صنایع و شهرک‌های صنعتی مشمول قطع برق می‌شوند، به صورت برنامه‌ریزی شده برق مناطق مسکونی قطع می‌شود و در موارد خاص، یک یا چند روز از سوی دولت تعطیل اعلام می‌شود. برخی منابع (سخنگوی صنعت برق) میزان کمبود ظرفیت‌های تولید و عرضه برق را تا ۲۰ هزار مگاوات عنوان کرده‌اند. چه عواملی منجر به شکل‌گیری بحران کمبود برق در ایران شده است؟

برق به عنوان یک حامل انرژی، برای تحقق دو هدف تولید و عرضه می‌شود. اول، تأمین صنایع به عنوان یک نهاده تولید یا کالای واسطه و دوم، تأمین تقاضای سایر مشترکین به عنوان کالای نهایی از جمله نیاز رفاهی خانوارها. بنابراین، افزایش تقاضا نسبت به ظرفیت عرضه می‌بایست ماحصل برآینده تقاضای فوق باشد. نمودار شکل (۱) روند رشد اقتصادی و مصرف برق در جهان را نشان می‌دهد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

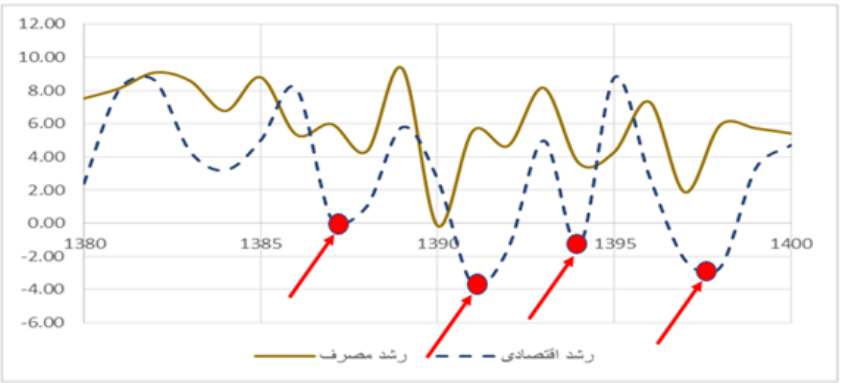


شکل ۱. مقایسهٔ رشد مصرف برق و رشد اقتصادی در جهان ـ بر حسب درصد

با توجه به همگرایی بالای تقاضای برق با رشد اقتصادی، افزایش معنی‌دار تقاضای برق نسبت به ظرفیت‌های عرضه و خروج بازار از تعادل، می‌تواند ناشی از رشد اقتصادی کشور باشد. شکل (۲) نمودار رشد اقتصادی کشور طی دو دهه اخیر را نشان می‌دهد. همچنان که ملاحظه می‌شود، علی رغم رشد ۸ درصد هدفگذاری شده در قوانین برنامه توسعه، حداقل چهار سال از هشت سال اخیر رشد اقتصادی ایران منفی یا نزدیک به صفر بوده است. از آنجایی که رشد ظرفیت نصب شده و تولید برق همواره بیش از رشد اقتصادی بوده است، نیاز نامتعارف بخش تولید کشور و رشد اقتصادی را نمی‌توان به عنوان عامل اصلی بحران برق، معرفی و تحلیل کرد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]



شکل ۲. وضعیت رشد اقتصادی و رشد مصرف برق در کشور
(حساب‌های ملی، بانک مرکزی و محاسبات تحقیق)

همچنان که اشاره شد، مصرف نهایی انرژی الکتریکی در بخش‌های غیر مولد (مانند نیاز رفاهی خانوارها) جزء دوم تقاضای برق را تشکیل می‌دهد. با فرض رفتار متعارف (نه الزاما بهینه و بهره ور) بخش تولیدی (صنعت و خدمات) و تناسب آن با رشد ظرفیت‌سازی و تولید برق، این فرضیه قابل طرح است که ریشه‌های بحران برق در فصل گرم را باید در جزء دوم تقاضای برق شناسایی و استخراج کرد. برای این منظور و با تمرکز بر مصارف نهایی (عمدتا رفاهی) برق، این پژوهش، دو سؤال کلیدی را مورد توجه قرار داده است:

۱.عوامل اصلی بحران انرژی الکتریکی در ایران کدامند؟

۲. چگونه می‌توان با کنترل و مدیریت این عوامل شرایط پایداری را شبکه برق ایجاد کرد؟

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

پیش از هر چیز و با هدف تدقیق مسئله، لازم است آنچه در بخش انرژی تحت عنوان ناترازی معرفی شده و به سایر بخش‌ها[۱] نیز تسری پیدا کرده، دقیق‌تر بررسی شده و ارتباط آن با سؤال تحقیق مشخص‌تر شود.

۱-۱. مفهوم ناترازی

در انرژی الکتریکی کمیت‌های مختلفی تعریف شده و هر یک کاربرد معینی دارند. توان و انرژی، از اهم متغیرهای مرتبط با موضوع این پژوهش هستند. در سمت تولید، توان الکتریکی، به مجموع قدرت تولیدی مولدها در یک بازه زمانی بسیار کوتاه (مثلا متوسط توان یک بازه ۱۵ دقیقه‌ای) اشاره دارد و بر حسب وات یا مضاربی از آن، مانند کیلووات یا مگاوات، اندازه گیری می‌شود. از سوی دیگر، انرژی، سطح پوشش داده شده توسط توان برای یک بازه زمانی مشخص، مثلا یک ساعت، را منعکس کرده و بر حسب واتساعت، کیلووات ساعت و ... اندازه گیری و بیان می‌شود. در سمت تولید، این دو کمیت برای مولدها و در سمت مصرف با بکارگیری اصطلاح بار الکتریکی به جای توان تولید، این دو برای مصرف کننده قابل شناسایی و معرفی هستند. یک شبکه قدرت می‌تواند قادر باشد بیش از مجموع انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان تولید نماید اما همچنان با بحران در تأمین برق مواجه باشد. دلیل این موضوع، عبور بار تقاضا شده از توان قابل تولید در یک بازه زمانی معین در کنار محدودیت ذخیره سازی انرژی الکتریکی در مقیاس گسترده است.

---

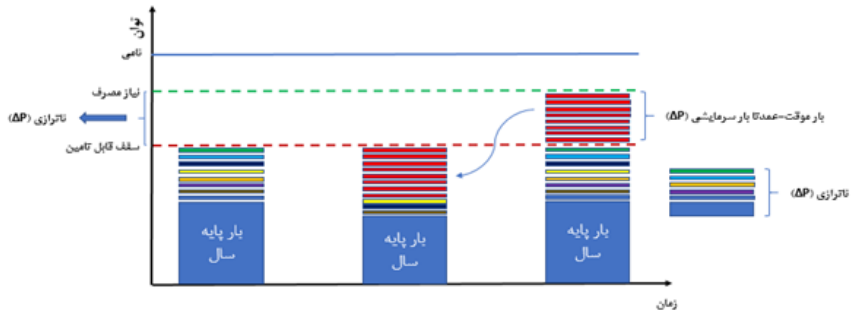
۱. مانند ناترازی مالی، ناترازی بانکی، ناترازی بودجه.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

آنچه در حال حاضر به عنوان ناترازی انرژی الکتریکی شناسایی و معرفی می‌شود، مقایسه دو کمیت یعنی ظرفیت آماده تولید عرضه و مجموع بار الکتریکی ثبت شده در شبکه قدرت به عنوان نیاز مصرف مشترکین است. به بیان دیگر در بعضی از ساعات سال و نه حتی الزاما تمام ساعات یک روز از فصل تابستان، نیاز مصرف از مجموع ظرفیت آماده تولید مولدهای برق عبور کرده و شبکه با کسری یا کمبود مواجه می‌شود. این حالت به عنوان ناترازی معرفی شده و تفاوت این دو (با تعدیل آن بر اساس پارامترهایی مانند افت قدرت، تلفات و ...) به عنوان مقدار ناترازی، کسری یا کمبود ظرفیت تولید شناسایی و معرفی می‌شود.

شکل (۳) این مفهوم را شفاف‌تر بیان می‌کند. ستوان سمت راست این شکل، مجموع بار الکتریکی ثبت شده (شامل بار سرمایشی افزوده شده در فصل گرم) را نشان می‌دهد. این نیاز، نسبت به نیاز مصرف فصل غیر گرم (ستون سمت چپ) به نحو معنی‌داری بیشتر است. بنابراین در شرایطی که ظرفیت تولید از کفایت برخوردار نباشد، بخشی از بارهای درخواستی (با قطع برق) با خاموشی مواجه می‌شوند. مجموع بارهای تأمین نشده(ΔP)، پس از تعدیل لازم، به عنوان کسری شناسایی می‌شود.



شکل ۳. مکانیزم تشخیص ناترازی در شبکه برق کشور

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

مهم‌ترین اشکال رویکرد فوق برای شناسایی و اندازه گیری کسری ظرفیت عرضه در شبکه برق، گسست بازار برق از نظریه است. واژه ناترازی عبارت متداولی در اقتصاد نیست.[۱] این واژه در زبان فارسی معمولاً در بنایی مصطلح است. با این حال می‌توان آن را مترادف متکی به کم‌دقتی برای تعادل بازار قلمداد کرد. نکته حائز اهمیت اینکه در بحث تعادل، نکته ظریفی وجود دارد و آن هم تمایز بین نیاز و تقاضا است. چنانچه به این نکته توجه نشود، هر بازاری با عدم تعادل مواجه بوده و یا با ترمینولوژی فوق دچار ناترازی است. مطلب اخیر از این جهت مهم است که هنگام تجویز برای ظرفیت‌سازی، آیا می‌توان پذیرفت برای پوشش هر نیازی[۲] باید سرمایه‌گذاری و ظرفیت‌سازی کرد؟

---

۱. به عبارتی مانند بازارها «تراز» یا «ناتراز» هستند، لااقل در فارسی، در متون درسی اقتصاد متداول نیست. در زبان فارسی این واژه بیشتر در بنائی متداول است و عمدتاً ناظر به هموار کردن یک یا هماهنگ کردن دو سطح فیزیکی است. در صنعت برق، تراز کردن (Balancing) در واقع یک مفهوم قابل فهم برای کنترل شبکه بوده و ناظر به رابطه دو کمیت فیزیکی (توان قابل تولید و بار مصرفی) است. صرف نظر از مباحثی مانند بودجه متوازن که بحث جداگانه‌ای است، در تحلیل اقتصادی باید بین این مفهوم و تعادل بازار (Market Equiliberioum) تمایز قائل شد. به همان اندازه که درک اولی برای کنترل و پایداری شبکه مهم است، درک صحیح دومی برای سیاست‌گذاری صحیح اقتصادی در بازار برق مهم است.

۲. این نکته بسیار مهم است که حتی در زمان تمرکز شدید صنعت برق (قبل از ایجاد بازارهای رقابتی و تجدید ساختار)، منظور از نیاز مصرف در برنامه‌ریزی توسعه تولید، به آن بخش از تقاضا اطلاق می‌شد که تأمین آن از نظر اقتصادی توجیه پذیر است یعنی مصرف کننده با پرداخت هزینه زنجیره تأمین (به عنوان متغیر جایگزین قیمت برق در یک بازار گمشده و مبتنی بر برنامه ریزی متمرکز)، همچنان در نقطه بی تفاوتی بوده یا خسارت خاموشی را بیش از آن ارزیابی می کند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

بنابراین، همچنان که در بخش‌های بعد با دقت بیشتری بررسی شده، چنانچه برخی متغیرهای کلیدی اقتصادی در محیط کسب و کار دچار اعوجاج شده باشند، اساساً آنچه به عنوان کمبود ظرفیت شناسایی و معرفی می‌شود، از قابلیت اعتماد قابل قبول برخوردار نیست.

برای این منظور، سازماندهی تحقیق به این شرح است. در خلال مقدمه و معرفی مسئله، ضمن اشاره به تعریف و روش اندازه‌گیری ناترازی، این مفهوم نقد و بررسی شده. سپس، به ادبیات تحقیق پرداخته شده است. در ادامه، چارچوب مفهومی پژوهش معرفی شده و براساس آن، عوامل اصلی شکل دهنده بحران انرژی الکتریکی مورد بررسی قرارگرفته‌اند. سپس، داده‌ها و شواهد تجربی بررسی و تحلیل شده و در نهایت جمعبندی و توصیه‌های سیاستی ارائه شده است.

۲. ادبیات تحقیق

تعادل بازار و تحلیل پایداری آن بخش مهمی از بحث بازارها را در اقتصاد خرد به خود اختصاص می‌دهد. از این منظر سه حوزه را باید از هم تفکیک کرد. اول، مدلسازی عرضه و تقاضا با هدف تشخیص نقطه تعادل بازار، دوم، تحلیل پایداری یا ناپایداری تعادل و سوم، عوامل تأثیرگذار بر خروج بازار از تعادل و امکان تعادل مجدد. از آنجا که از یک سو بررسی تعادل بازار حاصل شناخت و تحلیل عرضه و تقاضا بوده و از سوی دیگر این مطالعه منحصر به انرژی الکتریکی است، ادبیات تحقیق در هر دو زمینه بررسی شده است. نتایج به شرح زیر است.

ابتدا، چارچوب نظری تقاضای برق بررسی و متناسب با نیاز پژوهش بازاندیشی می‌شود. برای این منظور، در ارتباط با انرژی الکتریکی، لازم است به ارتباط و وجوه

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

اختلاف دو مفهوم توان و انرژی توجه شود. همچنان که در مثال جدول (۱) اشاره شد، هر کدام از تجهیزات الکتریکی مصرف‌کننده نیازمند مقدار معینی توان الکتریکی است. بنابراین در هر لحظه، بسته به تعداد وسایلی که به شبکه برق متصل است، یک مقدار بار الکتریکی تقاضا می‌شود. عدم تأمین این توان، امکان استفاده از تجهیزات مورد نظر را سلب می‌کند. توان مورد نیاز متاثر از هم زمانی استفاده از تجهیزات الکتریکی مختلف متعلق به مشترکین است. در حالت عمومی، قدرت نصب شده در طرف تولید (با احتساب عوامل تعدیل افت قدرت، تلفات و ...) می‌بایست بتواند پاسخگوی حداکثر مجموع توان همزمان درخواستی تمام مصرف کنندگان شبکه برق باشد. به طور مثال در ایران، اوج بار شبکه در سال ۱۴۰۳ معادل ۷۹/۸ هزار مگاوات اعلام شده و با توجه به اوج توان قابل تولید، یعنی ۶۲.۱ هزار مگاوات، عملاً ۱۷.۸ هزار مگاوات مشمول محدودیت یا عدم تأمین برق (خاموشی) شده است.

مفهوم مهم دیگر، انرژی مصرفی است. انرژی، استفاده از توان الکتریکی طی زمان است. به طور مثال برای روشن شدن یک کولر ممکن است یک کیلووات توان نیاز باشد. چنانچه همین تجهیز یک ساعت پیوسته کار کند، یک کیلووات ساعت، و اگر ۸ ساعت کار کند ۸ کیلووات ساعت انرژی مصرف خواهد کرد. در سال ۱۴۰۳ در ایران در مجموع حدود ۴۲۲ میلیارد کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید شده که با احتساب مصرف داخلی نیروگاه‌ها، تلفات و خالص مبادلات خارجی، در نهایت ۳۶۵ میلیارد کیلوواتساعت انرژی الکتریکی توسط مشترکین برق مصرف شده است. کمبود برق در ایران عموما به دو علت برمی‌گردد. اول، کمبود برق ناشی از محدودیت سوخت در روزهای بسیار سرد سال.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

دوم، کمبود ناشی از رشد بالای تقاضا (بار، نه انرژی) و عدم وجود ظرفیت کافی برای تولید برق در دوره گرم سال. این مطالعه بر گزینه دوم تمرکز دارد.

۱-۲. مدلسازی تقاضای برق (بار و انرژی)

مطالعات بسیار زیادی در ارتباط با تقاضای برق و مدلسازی آن انجام شده است. روستوم و همکاران[1] (۲۰۲۰) طیف بسیار وسیعی (نزدیک به ۱۰۰ مطالعه) را در این زمینه گردآوری، تلخیص و تحلیل کرده‌اند. با بررسی کلی ادبیات موضوع، در حالت کلی، دو شیوه کلی برای مدلسازی و برآورد تقاضا وجود دارد.

۱-۱-۲. مدل‌های پارامتریک

در این مدل‌ها، تقاضا (بار یا انرژی) به عنوان تابعی از متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده و با تصریح تابع تقاضا، بکارگیری روش‌های اقتصادسنجی و برآورد پارامترها، تابع تقاضا تخمین زده شده و با استفاده از مقادیر متغیرهای مستقل در آینده، تقاضای دوره‌های آتی پیش‌بینی می‌شود. شکل کلی این توابع به صورت زیر است:

$$D_P = f(x_1, x_2, x_3, \dots) \quad (۱)$$

$$D_E = f(y_1, y_2, y_3, \dots) \quad (۲)$$

در رابطه فوق Dp و De به ترتیب تقاضای توان (در اوج بار شبکه) و انرژی (در یک دوره زمانی مثلا یک سال) را نشان می‌دهند. xi و همچنین yi نیز متغیرهای مستقل و

1. Rostum, M., A., et. al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

تأثیرگذار بر تقاضای توان یا انرژی را نشان می‌دهند. به عنوان یک مثال خاص، مولیون (۲۰۲۱) مدل تقاضای بلندمدت برق را به صورت زیر تصریح و برآورد کرده است:

$$E_t = f_E(GDP_t, Pop_t, E_{t-1}, GDP_{t-1}, u_t, \beta_E) \quad (۳)$$

تأکید می‌شود مدل‌هایی که قیمت در آن غایب است، معمولاً برای مدلسازی و برآورد تقاضای بار استفاده می‌شود. در عین حال برای بلندمدت از مدل‌های ساختاری (برآمد از نظریه اقتصاد و شامل متغیرهای علی معلولی بنیادی مانند تأثیر رشد اقتصادی بر تقاضای انرژی) و برای کوتاه مدت عموماً از مدل‌های غیرساختاری (مثلا استفاده از وقفه‌ها و یا متغیرهایی مانند تغییرات جزیی دما و ...) و ناپارامتریکی (شبکه‌های عصبی، داده‌کاوی و...) استفاده می‌شود. باید توجه کرد اوج بار شبکه (روزانه یا سالانه)، عموما در لحظات کوتاهی رخ می‌دهد. بنابراین متغیری پیوسته و پایدار نیست که متاثر از قیمت انرژی باشد. برخلاف اوج بار، در مدلهای انرژی، قیمت به عنوان یک متغیر مستقل ظاهر می‌شود. با این وجود یارانه‌های غیر مستقیم سنگین می‌تواند قیمت را عملاً به عامل غیر تأثیرگذار و بی‌معنی تبدیل کند.

۲-۱-۲. روش‌های ناپارامتریک

طی چند دهه اخیر طیف وسیعی از روش‌ها (از جمله شبکه‌های عصبی، منطق فازی، الگوریتم مورچگان، شبکه و تبدیل موجک) در این گروه تعریف و بکار گرفته شده است (صادقی و ذوالفقاری، ۱۳۸۹ و همچنین قدس و کلانتر، ۲۰۱۱). با این حال، مدل محاسباتی جزء به کل همچنان روشی ساده و کاربردی در این دسته محسوب می‌شود. ژو و همکاران[1]

1. Ella Zhou, et. al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

(۲۰۲۳) این روش را گزارشی شامل بهترین تجربیات برآود بار در کشورهای مختلف و برای بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار داده‌اند. استفاده از این روش برای بررسی و تحلیل این مطالعه نیز مناسب‌تر از سایر روش‌ها و روش‌های پارامتریک است. زیرا ازیک‌سو اغلب روش‌های فوق، برای پیش‌بینی کوتاه مدت مناسب است و از سوی دیگر، با تجزیه تقاضا به عوامل جزیی (مثلاً وسایل متعارف خانوار و ضریب نفوذ آنها) و تجمیع تقاضای بخش ها، به تدریج بخش‌های مختلف را مدلسازی کرده و در نهایت تصویری از کل تقاضا به دست می‌آید. شکل کلی برآورد تابع تقاضا در این روش به صورت زیر است.

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{k} h_{ij}p_{ij}\,x_{ij} \qquad (۴)$$

در این رابطه، N تعداد مشترکین، k تعداد کل وسایل مورد استفاده مشترک، x تعداد وسیله i ام (مثلا ۳ لامپ ۷ وات) مورد استفاده مشترک j ام، p توان الکتریکی وسیله مورد نظر و، بسته به هدف یعنی برآورد انرژی یا حداکثر بار همزمان، h نیز می‌تواند تعداد ساعات استفاده از وسیله i ام یا ضریب همزمانی آن را بیان کند. به طور مثال فرض کنید اطلاعات مربوط به تجهیزات برقی یک خانوار نوعی به صورت جدول (۱) باشد.[۱]

---

۱. با وجود انجام مطالعاتی در ارتباط با وسایل برقی یک خانوار نوعی در ایران و تغییرات ضریب نفوذ و ساعت استفاده این وسایل، در اینجا هدف محقق برآورد میزان تقاضا به روش جزء به کل نیست. این جدول با دو هدف طراحی شده است. اول، توضیح عوامل مؤثر بر تقاضای انرژی و توان (اوج بار) و توجه به اهمیت این تفکیک. دوم، تمرکز توجه به آن دسته از وسایل برقی خانوار که ضمن همزمانی با اوج بار سالانه، تأثیر معنی داری بر رشد تقاضای اوج بار و گسترش کمبود فصلی دارند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

جدول ۱. وسایل متعارف یک خانوار و متغیرهای مؤثر بر تقاضای بار و انرژی

نام وسیله	توان (وات)	ضریب نفوذ	ساعات استفاده	ضریب همزمانی	
				اوج روز	اوج شب
لامپ کم مصرف	۲۰	۵	۴	۰/۲	۱
یخچال	۱۸۰	۱	۲۴	۱	۱
تلویزیون	۸۰	۱	۵	۰/۵	۱
جارو برقی	۱۰۰۰	۰/۸	۰/۵	۰/۳	۰
لباسشویی	۸۰۰	۰/۷	۱	۰/۳	۰/۱
ظرفشویی	۱۰۰۰	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۱
کولر	۵۰۰	۰/۸	۸	۱	۰/۵

مأخذ: اطلاعات تجهیزات برقی موجود در بازار و فروض تحقیق

بر اساس اطلاعات این جدول، تقاضای بار یک خانوار نوعی در اوج بار روز و شب به ترتیب و به طور تقریبی معادل۱/۲ و ۰/۶۵ کیلووات خواهد بود. همین خانوار طی یک شبانه روز تقریبا ۱۰ کیلووات ساعت برق مصرف خواهد کرد. بنابراین اگر ۴۰ میلیون از این خانوار نوعی به شبکه متصل باشند، اوج بار روز و شب به ترتیب تقریبا ۴۸ و ۲۶ هزار مگاوات بوده و در یک سال ۱۳۸ میلیارد کیلوواتساعت برق مصرف خواهند کرد. توجه به تمایز توان درخواستی از انرژی و همچنین عوامل مؤثر بر هر یک از این دو بسیار مهم است. مثلا ممکن است ظرفیت نیروگاهی نصب شده نتواند پاسخگویی اوج بار روزانه باشد اما اتفاقا بتواند دو برابر انرژی مصرف شده را نیز تولید و تأمین کند. همچنان که ملاحظه می‌شود چنانچه خانوار ساعات استفاده از وسایل برقی را جابجا نماید، حتی با مصرف انرژی بیشتر، می‌تواند اوج بار را کاهش دهد. چنانچه ساعات استفاده یا ضریب نفوذ تغییر کند، ممکن است یک یا هر دو عامل اوج بار و انرژی را متاثر کند . همچنین تغییر فرهنگ و

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

افزودن یک وسیله برقی جدید مانند قهوه ساز نیز، بسته به رژیم استفاده، می‌تواند بر هر دو عامل بار و انرژی تأثیرگذار باشد. در این مطالعه در بخش‌های بعد، با اتکاء به رابطه (۴) و مفاهیم بیان شده بر اساس جدول فوق، در سمت تقاضا، به طور خاص به نقش دو عامل در تشدید بحران برق در فصل گرم در ایران پرداخته خواهد شد. اول، افزودن مشترک جدید یعنی کمک به بالا رفتن تعداد خانوار نوعی با واگذاری انشعاب جدید و دوم، افزایش ضریب نفوذ تجهیزات خنک کننده (کولرگازی).

۲-۲. بازار متعادل ساز

آنچه در ایران به عنوان ناترازی شناسایی و معرفی شده در واقع مفهوم بسیار نزدیک به پایداری شبکه و بازارهای متعادل ساز است. با این وجود، در عین حال که بحث بازارهای متعادل ساز در بازار برق دارای ادبیات گسترده‌ای است (ژانویان وو و همکاران[1]، ۲۰۲۰: بوئنو لورنزو و همکاران[2]، ۲۰۱۳ : ایکه و همکاران[3]، ۲۰۲۱)، اختلافات مهمی بین بحث تعادل بازارها در اقتصاد خرد و بازارهای متعادل ساز برق وجود دارد. اهمیت بازارمتعادل ساز در برق عمدتا از آن جهت است که از یک سو صرفه اقتصادی ذخیره سازی انرژی الکتریکی در مقیاس وسیع همچنان تحصیل نشده و از سوی دیگر، به هر علت ممکن است در سمت تولید یا مصرف بخشی از بار یا ظرفیت تولید نسبت به برنامه‌ریزی انجام شده دچار انحراف شود. در بازار برق، برخلاف بازار سایر کالاهای اقتصادی، برابری لحظه‌ای دو کمیت فیزیکی تولید و مصرف مسئله‌ای جدی بوده و تراز کردن این دو متغیر یکی از

1. Zhaoyuan Wu, et al.
2. Miriam Bueno-Lorenzo, et al.
3. Anselm Eicke, et al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

اهداف اصلی مرکز کنترل برای حصول اطمینان از پایداری شبکه محسوب می‌شود.[۱] بنابراین، در کنار بازارهای مبادله تجاری انرژی الکتریکی، بازارهای متعادل ساز طراحی شده و ایفای نقش می‌کنند. این بازارها صرفاً در بازه‌های زمانی کوتاه مدت ایفای نقش می‌کنند. تعادل یا عدم تعادل بلندمدت بازار برق از مسیرهای دیگری دنبال می‌شود. تمرکز این مطالعات بر طراحی بازار و متعاقب آن مکانیزم بازار متعادل ساز است. موضوع تحلیل عواملی که موجب گسست ظرفیت‌های عرضه نسبت به تقاضای بازار می‌شوند را باید از مکانیزمی که با تمرکز بر انحراف کوتاه مدت از برنامه‌ریزی ایجاد می‌شود تفکیک کرد.

علاوه بر مطالعات طراحی بازار و همچنین تحلیل مکانیزم بازارهای متعادل ساز برق، سایر مطالعات مرتبط با این پژوهش را می‌توان به چند گروه تقسیم کرد.

۳-۲. مطالعات علیت

در کنار مباحث فوق، گروه دیگری از مطالعات، به بحث علیت پرداخته‌اند. بر اساس برخی معیارها که در ادامه معرفی می‌شود، این مطالعات را می‌توان به سه دسته به شرح زیر تقسیم کرد.

گروه اول: (از جمله مطالعات معرفی شده در جدول (۲) و همچنین اسدی، ۱۳۹۸، دهقان و همکارن ۲۰۲۱، حیدری و همکاران، ۱۳۹۰، کشاورزیان و طباطبایی نسب، ۱۴۰۰، مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۰، قادری مقدم و همکاران ۱۴۰۲) شامل مطالعاتی است که با تأکید بر مفهوم علیت، به عوامل تأثیرگذار بر تقاضای انرژی الکتریکی پرداخته‌اند. در

---

۱. به نظر می‌رسد مفهوم ناترازی از همین مسیر به ادبیات مدیران ارشد برق راه یافته و مورد پسند دیگران قرار گرفته است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

این زمینه، رابطه بین رشد اقتصادی و تقاضای برق در بخش تولید و نیاز واحدهای مسکونی به انرژی الکتریکی در بخش خانگی بیشتری توجه را به خود جلب کرده‌اند.

جدول ۲. برخی مطالعات در زمینهٔ مصرف انرژی الکتریکی و رشد اقتصادی

نام محقق	سال تحقیق	کشور مورد بررسی	نتایج کلی
کرافت و کرافت	۱۹۷۸	آمریکا	علیت یک‌طرفه از تولید ناخالص به مصرف انرژی
یو و هوانگ	۱۹۸۴	آمریکا	عدم تأیید علیت
یو و چوی	۱۹۸۵	پنج کشور منتخب	در برخی کشورها علیت یک‌طرفه مشاهده شده و در برخی نیز علیت تأیید نشده است
فرگوسن و همکاران	۲۰۰۰	۱۱۰ کشور	علیت تأیید شده و به‌طور خاص رابطهٔ مصرف برق و رشد اقتصادی تأیید شده است.
شیو و لام	۲۰۰۴	چین	علیت یک‌طرفه از مصرف برق به تولید ناخالص
سیارتا و زاراگا	۲۰۰۷	اسپانیا	علیت یک‌طرفه از تولید ناخالص به مصرف برق
بیلدریسی و کایکسی	۲۰۱۲	۹ کشور اروپایی	علیت دوجانبه بین مصرف برق و تولید ناخالص
اگوندیپ و آپاتا	۲۰۱۳	نیجریه	تأیید علیت دوجانبهٔ مصرف برق و رشد اقتصادی
اصلان	۲۰۱۴	ترکیه	تأثیر مثبت برق بر رشد اقتصادی و تأیید علیت دوجانبهٔ مصرف برق و رشد اقتصادی
بایار و اوزل	۲۰۱۴	کشورهای منتخب	تأیید علیت دوجانبهٔ مصرف برق و رشد اقتصادی
فیصل و همکاران	۲۰۱۵	روسیه	علیت متقابل بین رشد اقتصادی و مصرف برق
تران و همکاران	۲۰۲۲	OECD	وجود رابطهٔ مشروط بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی

مأخذ: اقتصاد برق (حیدری، ۱۴۰۳)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

گروه دوم: شامل مطالعاتی است که به تحلیل دلایل بحران انرژی در ایران پرداخته‌اند. در این زمینه مطالعات محدودی صورت گرفته است. گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۲) در ارتباط با ناترازی گاز طبیعی در ایران را می‌توان از معدود مطالعات قابل استناد این زمینه معرفی کرد.

گروه سوم: (از جمله عبدالله پور، ۱۴۰۳: قلی زاده و براتی، ۱۳۹۱، خداپرست، ۱۴۰۱، حافظی و رحیمی‌راد، ۱۴۰۳، باقری مقدم و همکاران، ۱۴۰۳) شامل مطالعاتی است که با فرض وجود کسری یا شکاف میان تولید و مصرف برق در ایران، در صدد توضیح دلایل مشخصی برای این مشکل بوده و با اتکاء به همان متغیر مسیر افزایش عرضه یا کاهش تقاضا را دنبال و آن را منتهی به توصیه سیاستی کرده‌اند.

۴-۲. خسارت کمبود (خاموشی) برق

در نهایت، گروه دیگری از مطالعات مرتبط با موضوع این پژوهش و کمبود انرژی الکتریکی، شامل آن دسته از پژوهش‌هایی است که بر تبعات وجود کمبود انرژی یا انرژی الکتریکی تمرکز کرده‌اند. این مطالعات تلاش کرده‌اند از روش‌های مختلف میزان خسارت احتمالی به مصرف کنندگان، ناشی از اعمال محدودیت در تأمین انرژی یا خاموشی، برآورد و محاسبه نمایند. نگاه برخی از این مطالعات (فریدزاد و همکاران، ۲۰۲۲ و همچنین احمدیان و عباس زاده، ۱۳۹۲) معطوف به خاموشی و خسارت مصرف کنندگان در ایران است، در جهان نیز گرچه سابقه این مطالعات به دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ برگشته و مطالعات گسترده‌ای (از جمله برنشتین و هنگازی، ۱۹۸۸، چن و ولا، ۱۹۹۴، سو و همکاران ۱۹۹۴،

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

جو و همکاران ۲۰۱۶) در این زمینه انجام شده، با این حال، گسترش بازارهای رقابتی به معنای کاهش اهمیت و تأثیرگذاری این مطالعات در سطح کلان است.

در ارتباط با آنچه در این پژوهش به عنوان شکاف تحقیق شناسایی شده، ابتدا باید تأکید کرد مطالعه قابل اتکایی در ارتباط با سؤال این پژوهش صورت نگرفته است. دلیل این امر می‌تواند به شرایط خاص صنعت برق ایران برگردد. در اغلب مطالعاتی که در ایران صورت گرفته (مطالعات مورد اشاره در بخش‌های قبل)، انرژی مصرفی در کانون توجه بوده و نه بار (توان). در عین حال، در مطالعات مرتبط با توان نیز روند بار، مدلسازی و پیش‌بینی مسئله تحقیق بوده است و نه تحلیل مفهوم ناترازی، تمایز آن از تعادل بازار در اقتصاد و آسیب شناسی دلایل آن.

مطالعه حاضر، بر بررسی و تحلیل بحران تأمین انرژی الکتریکی در ایران در فصل گرم متمرکز شده است. برخلاف گروه اول از مطالعات مرتبط با ادبیات تحقیق، این مطالعه در صدد مدلسازی و سنجش درجه تأثیر یک متغیر خاص، مانند تأثیر متقابل یا یک جانبه رشد اقتصادی و تقاضای برق نیست. در عین حال، خسارت ناشی از عدم تأمین برق (قطع برق یا تحمیل خاموشی) هر چه باشد و به هر شیوه‌ای توزیع شود را مسئله‌ای می‌داند که می‌بایست با تدارک شرایط لازم، امکان اجتناب از آن را برای فعالان اقتصادی فراهم کرد. در نهایت، مطالعاتی که با فرض کمبود انرژی الکتریکی و تمرکز بر یک عامل معین در صدد شناسایی و معرفی شیوه‌هایی بوده‌اند که منجر به اصلاح رفتار مصرف کننده یا عرضه کننده (بهبود بهره وری) خواهد شد نیز شکاف پژوهش را پوشش نمی‌دهند. هیچ یک از این مطالعات تصویری جامع و متکی به شواهد قابل اتکاء از بحران برق در فصل گرم در ایران و پیشران‌های اصلی آن ارائه نمی‌دهند. این مطالعه با بیان و نقد مفهوم ناترازی، مدل مفهومی

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

تحلیل بحران برق در فصل گرم در ایران را تدوین کرده و براساس رویکرد علیت اکتشافی (شواهد محور) ضمن شناسایی پیشران‌های اصلی بحران، مسیر کلی خروج پایدار از بحران را ترسیم می‌کند.

۵-۲. سمت عرضه

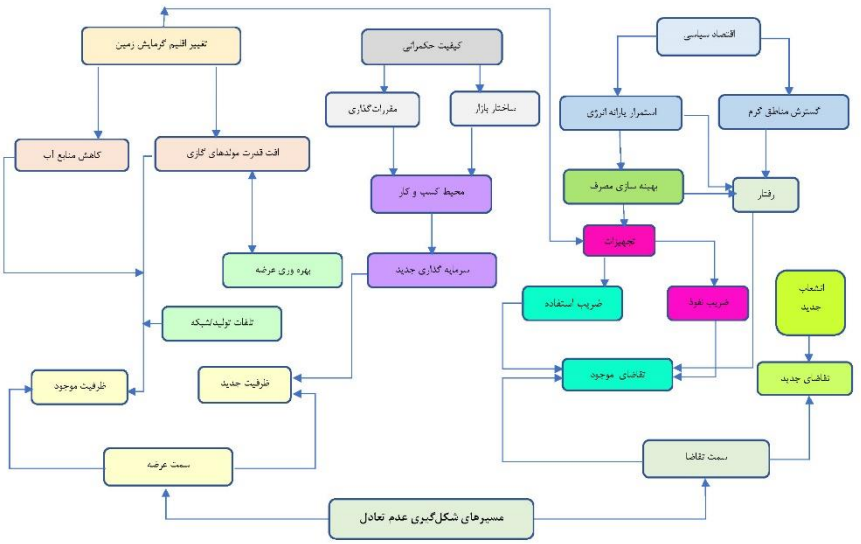
همچنان که اشاره شد، تحلیل عدم تعادل برق علاوه بر تقاضا، به تغییرات عرضه نیز بستگی دارد. سمت عرضه به دو شکل بررسی و تحلیل شده است. اول، چرخه علیت و شواهد تغییر ظرفیت‌های تولید. از این منظر عواملی که توان تولید برق را متاثر می‌کنند، به ویژه در دوره اوج بار سالانه، بررسی و کمی شده‌اند. از سوی دیگر، با هدف شکل دهی معماری بازار برای تشخیص عدم تعادل و حرکت خودکار به سمت تعادل، مکانیزم اوراق ظرفیت مورد توجه قرارگرفته است.

۳. چارچوب مفهومی

آنچه به بحران تأمین برق و اعمال محدودیت (خاموشی)، به ویژه در فصل گرم، در ایران منجر می‌شود، ریشه در عوامل مختلفی دارد. چارچوب مفهومی ارائه شده در شکل (۴) چگونگی بررسی و تحلیل هر یک از این عوامل را نشان می‌دهد. مبتنی بر این مدل کمبود فصلی برق در ایران بر اساس یک مدل مفهومی و علیت اکتشافی (شواهد محور) مورد بررسی قرارگرفته است. این چارچوب از دو مسیر یعنی پایین به بالا و بالا به پایین، به بررسی عوامل مؤثر بر کمبود فصلی برق در ایران می‌پردازد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]



شکل ۴. چارچوب مفهومی آسیب شناسی و تحلیل بحران انرژی الکتریکی در ایران

با بررسی و تحلیل عوامل از پایین به بالا، کل عوامل مؤثر به کمبود فصلی به دو گروه عوامل سمت عرضه و همچنین عوامل سمت تقاضا تقسیم شده‌اند. در سمت عرضه، محدودیت تولید می‌تواند ناشی از دو عامل اساسی باشد. اول، فقدان سرمایه‌گذاری کافی و به دنبال آن عدم نصب ظرفیت کافی. در کنار این عامل، مهم‌ترین دلیل دیگری که در سمت عرضه، منجر به کاهش تولید و عدم تعادل بازار می‌شود، به تغییراتی بر می‌گردد که در ظرفیت‌های تولید موجود رخ می‌دهد. در این گروه عوامل، لااقل باید به دو عامل اساسی توجه کرد. اول، افت ظرفیت تولید نیروگاه‌های برقابی و سایر نیروگاه‌هایی که متأثر از شرایط محیطی و بیرونی، امکان بهره‌برداری از ظرفیت کامل این مولدها فراهم نمی‌شود. کاهش بارندگی و به دنبال آن کاهش منابع آب در اختیار پشت سد، توان تولید مولدهای

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

برقابی را متأثر می‌کند. گروه دوم به عوامل مؤثر بر ظرفیت مولدهای گازی و شبکه برمی‌گردد. به طور مثال باید بررسی کرد آیا شرایط محیطی می‌تواند موجب افت قدرت و ظرفیت تولید مولدهای حرارتی (به ویژه گازی) شود؟ اگر پاسخ مثبت است، عوامل محیطی چه تغییری کرده و این اثر تا چه میزان بر افت قدرت این مولدها مؤثر است.

در سمت تقاضا نیز، رویکرد از پایین با بالا به دو شاخه قابل تقسیم است. اول، افزایش تقاضای جدید. واگذاری انشعاب جدید، ناشی از ساخت‌وساز مسکن، واحدهای تولید، خدماتی و یا دفاتر شرکت‌ها و سازمان‌های جدید، مهم‌ترین عامل در افزایش تقاضا و بنابراین محرکی برای عدم عدم تعادل و کمبود فصلی برق است. از سوی دیگر، مصرف کنندگان موجود نیز یک تقاضای ثابت ندارند. خانوارها، به عنوان مشترک برق، وسایل برقی جدید خریداری می‌کنند همچنین ممکن است از وسایل برقی قبلی بهره‌برداری بیشتری صورت دهند. به بیان دیگر، ضریب نفوذ وسایل برقی و زمان استفاده از این وسایل می‌تواند منجر به تغییر در تقاضای مصرف کنندگان موجود (بدون توجه به رشد جدید تقاضا) شود.

مسیر از بالا به پایین در نمودار شکل ۴ ، عواملی را شناسایی و معرفی می‌کند که می‌توانند محرک مثبت (شتاب دهنده) یا منفی (بازدارنده) محرک‌های رشد تقاضا یا سرکوب عرضه محسوب می‌شوند. تغییر اقلیم، کیفیت حکمرانی و اقتصاد سیاسی سه عامل اصلی در این زمینه محسوب می‌شوند. به طور مثال کیفیت قانون‌گذاری و همچنین گسترش مناطق گرمسیر، یعنی برخورداری از تعرفه‌های مخفف در فصل گرما و به دنبال آن تمایل

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

بیشتر به نصب وسایل خنک کننده و افزایش تقاضا، هر کدام چرخه‌های شتاب دهنده یا بازدارنده را شکل داده یا تقویت می‌کنند.

در مجموع و به طور خلاصه، بر اساس چارچوب مفهومی معرفی شده در شکل (۴)، روش بررسی و استخراج عوامل بر عدم تعادل عرضه و تقاضای بازار برق به صورت زیر قابل بررسی است.

۱-۳. مسیرهای شکل گیری و ظهور عدم تعادل

در مدل مفهومی طراحی شده، بر اساس یک رویکرد پایین به بالا، دو حوزه عرضه و تقاضا از هم تفکیک می‌شوند. در این دو حوزه، در سمت عرضه، ظرفیت‌های موجود و جدید از هم منفک و در سمت تقاضا نیز، تقاضای با منشاء واگذاری انشعاب جدید (اتصال متقاضیان جدید به شبکه) از کانال افزایش تقاضای مشترکین موجود شبکه از هم منفک می‌شود. این تفکیک، به صورت پیش رونده، متغیرهای کلیدی و تأثیرگذار در حلقه‌های بعدی را مورد توجه قرار داده و نقش آنها در تسکین یا تشدید بحران را آشکار می‌کند.

۲-۳. عوامل تسکین یا تشدید عدم تعادل

چنانچه در مدل مفهومی پژوهش، با تغییر جهت حرکت، تحلیل علیت از بالا به پایین دنبال شود، به جای مسیرهای آشکار سازی عدم تعادل، می‌توان به چگونگی تأثیر و نقش سه مولفه اساسی یعنی تغییر اقلیم و گرمایش زمین، کیفیت حکمرانی و اقتصاد سیاسی در واگرایی یا همگرایی جریان عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی پرداخت.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

۴. داده ها، شواهد تجربی و تحلیل علیت

در این بخش، با استفاده از مدل مفهومی معرفی شده در شکل (۴)، تأثیر زنجیره‌های طراحی شده و حلقه‌های اصلی معرفی شده بر بحران انرژی الکتریکی در فصل گرم در ایران بررسی و تحلیل خواهند شد. بدیهی است این تحلیل مستقل از نقطه شروع و مسیر تحلیل (از بالا به پایین یا پایین به بالا) می‌باشد.

۴-۱. تحلیل عوامل سمت تقاضا

سمت تقاضا، با تفکیک دو حوزه یعنی تغییرات مصرف کنندگان موجود و یا تقاضای جدید از محل افزایش تعداد مشترکین متصل به شبکه برق کشور، بررسی شده است. در بخش تغییر تقاضای موجود، به نقش عوامل پرداخته می‌شود که در طول زمان مصرف‌کنندگان را ناگزیر یا متمایل به تغییر مصرف (انرژی یا توان الکتریکی) می‌نمایند. از سوی دیگر، تمام تغییرات تقاضا ناشی از تغییر تمایل یا ترجیحات مشترکین (مصرف کنندگان) موجود شبکه برق نیست. شکل‌دهی فعالیت‌های تولیدی یا خدماتی جدید و یا ساخت‌وساز واحدهای مسکونی جدید، درخواست اتصال به شبکه برای جذب توان الکتریکی بیشتر را موجب می‌شود. چگونگی تأثیرگذاری این عوامل و شناخت دقیق پیش‌ران‌های آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدون این شناخت، سیاستگذاری کارامد برای خروج از بحران ناممکن است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

۱-۱-۴. واگذاری انشعاب جدید

با فرض تعادل شبکه برق، افزودن تقاضای جدید، با ثبات سایر شرایط، به عنوان یک عامل ناپایدار کننده عمل خواهد کرد. تقاضای جدید می‌تواند ریشه در عوامل مختلفی داشته‌باشد. رشد جمعیت، رشد تشکیل خانوارهای جدید، ساخت‌وساز برای تأمین مسکن خانوارهای جدید و به دنبال آن نیاز به تأمین انرژی در بخش خانگی، چرخه تقاضای جدید در این بخش را شکل می‌دهد. از سوی دیگر، در بخش تولید و خدمات نیز، تصمیم کارآفرینان برای راه اندازی فعالیت‌های جدید ضمن افزایش تقاضای ماشین آلات جدید، و یا افزایش ضریب بهره‌برداری از ماشین آلات و تجهیزات موجود، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد. بنابراین، حتی در شرایطی که شبکه قدرت در تعادل است، تقاضای جدید می‌تواند آن را از تعادل خارج و مشمول ناترازی نماید. اگر این تقاضا با ظرفیت‌سازی به هنگام پاسخ داده شود، همچنان تعادل برقرار خواهد بود. با این حال، چنانچه شبکه مشمول ناترازی بوده و تقاضای جدیدی به مجموع تقاضای قبلی افزوده شود، ناترازی تشدید خواهد شد. با افزودن مشترکین جدید به شبکه، رابطه (۴)، به صورت زیر تغییر می‌کند.

$$\sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{k} h_{ij}p_{ij}x_{ij} \qquad (۶)$$

در رابطه (۶) تعداد مشترکین جدید $(M-N)$ و متاثر از آن، تجهیزات مورد استفاده مشترکین جدید، مقدار تقاضای بار را تغییر می‌دهد. جدول (۳) روند افزایش مشترکین و توان درخواستی طی یک دهه گذشته را نشان می‌دهد. نکته حائز اهمیت و البته پنهان در اطلاعات این جدول این است که در طول زمان، سرانه تقاضای یک مصرف کننده جدید، افزایش یافته است. در حقیقت، بدون توجه به افت قدرت، تلفات و سایر عوامل

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

تعدیل‌کننده بار مصرفی برای محاسبه ظرفیت تولید، اتصال هر یک مشترک جدید در سال۱۴۰۲ معادل ۱/۸۲ کیلووات بار جدید به شبکه اضافه کرده است. این در حالی است که این رقم برای سال ۱۳۹۰، حدود ۱/۵۶ کیلووات بوده است. یعنی متقاضیان جدید، به دلیل افزایش ضریب نفوذ وسایل الکتریکی[1] افزایش سهم مشترکین با توان بالاتر و یا هر عامل مؤثر دیگر، نیاز بیشتری به ظرفیت‌سازی دارند.

جدول ۳. روند افزایش مشترکین و توان درخواستی در یک دهه گذشته

سال	مشترکین	حداکثر بار درخواستی (MW)	افزایش تعداد مشترکین (هزار)	افزایش توان درخواستی (MW)	توان به ازای مشترک (KW)
۱۳۹۰	۲۷۱۶۵	۴۲۳۶۷			۱/۵۶
۱۳۹۱	۲۸۷۵۲	۴۳۴۵۹	۱۵۸۷	۱۰۹۲	۱/۵۱
۱۳۹۲	۳۰۲۸۷	۴۶۴۷۴	۱۵۳۵	۳۰۱۵	۱/۵۳
۱۳۹۳	۳۱۶۷۲	۴۸۹۳۷	۱۳۸۵	۲۴۶۳	۱/۵۵
۱۳۹۴	۳۲۸۳۱	۵۰۳۲۱	۱۱۵۹	۱۳۸۴	۱/۵۳
۱۳۹۵	۳۳۸۲۴	۵۳۱۹۸	۹۹۳	۲۸۷۷	۱/۵۷
۱۳۹۶	۳۴۶۳۵	۵۵۶۱۶	۸۱۱	۲۴۱۸	۶۱/۱
۱۳۹۷	۳۵۶۸۸	۵۷۲۷۰	۱۰۵۳	۱۶۵۴	۱/۶
۱۳۹۸	۳۶۶۴۴	۵۷۸۶۱	۹۵۶	۵۹۱	۱/۵۸
۱۳۹۹	۳۷۶۱۸	۶۴۰۴۳	۹۷۴	۶۱۸۲	۱/۷
۱۴۰۰	۳۸۶۱۹	۶۷۲۰۵	۱۰۰۱	۳۱۶۲	۱/۷۴
۱۴۰۱	۳۹۶۳۷	۶۹۶۵۷	۱۰۱۸	۲۴۵۲	۱/۷۶
۱۴۰۲	۴۰۵۶۸	۷۳۶۶۳	۹۳۱	۴۰۰۶	۱/۸۲

مأخذ: آمار تفصیلی صنعت برق و روند ۵۶ ساله صنعت برق

۱. به طور مثال، برخلاف دهه‌های گذشته، در حال حاضر برای برخی ساخت و سازهای مسکونی یا اداری جدید، تجهیزات پرمصرف (مثلا داکت اسپلیت) پیش بینی و نصب می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

بر اساس اطلاعات جدول فوق، از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ [۱]، صرفاً در این بازه زمانی بیش از ۴ میلیون مشترک جدید (مقدار $(M-N)$ در رابطه (۴))به شبکه برق کشور افزوده شده است. اتصال این گروه از متقاضیان به شبکه، تقاضای اوج بار شبکه برق ایران را حدود ۱۶هزار مگاوات افزایش داده است. سؤال اساسی پیش روی لایه حکمرانی بخش برق این است که اگر ظرفیت‌های تولید برق قبلاً به مشترکین متصل به شبکه واگذار شده است، افزودن متقاضیان جدید، بدون پشتوانه تولید، چگونه امکان پذیر است؟ چنانچه مکانیزمی در جهت پیوند تقاضای جدید برقراری انشعاب با ایجاد ظرفیت تولید جدید طراحی و پیاده سازی نشود، اجابت درخواست جدید اتصال به شبکه، یکی از متغیرهای اصلی ناپایدار کننده شبکه برق خواهد بود. به عنوان یک توصیه سیاستی، متقاضیان جدید برای اتصال به شبکه می‌بایست اوراق ظرفیت خریداری و ارائه نمایند. درغیراین‌صورت، اتصال این گروه از مشترکین به شبکه، به معنای فروش مجدد ظرفیتی است که قبلاً به مشترکین موجود فروخته شده است. چنانچه این مکانیزم برقرار شود، ناترازی به شکلی که اکنون معرفی می‌شود، موضوعیت نخواهد داشت.[۲]

۲-۱-۴. افزایش تقاضای مشترکین فعلی

در جدول (۳) یک مشترک را فرض کنید که در سال ۱۳۹۰ به شبکه متصل شده و با ایجاد ظرفیت معادل، تقاضای توان وی در سطح ۱/۵۶ کیلووات تأمین شده است. سؤال

---

۱. دورانی که تحت عنوان دوره ناترازی عرضه و تقاضای برق شناسائی و معرفی شده است.

۲. این بحث مشابه این است که یک آژانس مسافرتی به تعداد صندلی‌های وسیله نقلیه بلیط صادر کرده و با فروش بلیط، دو مسافر بر سر یک صندلی مجادله نخواهند داشت.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

این است که آیا عواملی که متقاضیان جدید را به سمت افزایش تقاضای توان الکتریکی سوق داده، مشترکین موجود شبکه (همان متقاضیان قدیمی اتصال به شبکه) را نیز مجبور یا متمایل به افزایش توان درخواستی نمی‌کند؟

برای پاسخ به این سؤال، مناسب است مجدد رابطه (۴) یادآوری شود. در این رابطه k تعداد تجهیزات مورد استفاده یک خانوار را نشان می‌دهد. بدیهی است تمام خانوارها هر وسیله الکتریکی که در بازار موجود باشد را در اختیار ندارند. بسیاری از خانوارهای ایرانی مایکروویو، ظرفشویی، حتی وسایل متعارف‌تر مانند لباسشویی و ... را در اختیار نداشته اما خانوارهای دیگری هم ممکن است ضمن برخورداری از این وسایل، از هر وسیله (مثلاً یخچال) بیش از یک مورد را خریداری و استفاده نمایند.

همچنان که در رابطه (۴) اشاره شد، در این زمینه سه عامل بر مصرف برق مؤثر است. اول، تغییر ضریب نفوذ وسایل الکتریکی مورد استفاده خانوار. دوم، تغییر ضریب استفاده از وسایل برقی که قبلاً در اختیار خانوار بوده اما به هر دلیل کمتر یا بیشتر مورد استفاده قرارگرفته است. سوم، تغییر کارایی وسایل برقی (توان مصرفی) در دسترس مصرف کننده برق. از بین این عوامل، صرفاً به مورد اول پرداخته می‌شود. این مورد اخیر نیز صرفاً با تمرکز بر اوج بار سالانه شبکه برق کشور در فصل گرم بررسی می‌شود. به بیان دیگر ضریب برخورداری از کولرگازی که قبلاً برای برخی مشترکین صفر بوده، با خرید و بهره‌برداری از کولر، به یک تغییر کرده و منجر به افزایش تقاضای بار همزمان می‌شود.[۱] در حقیقت سؤال این است که در فصل گرم، ضریب نفوذ چه وسایلی ممکن است تغییر کند؟ پاسخ

۱. زیرا خرید کولر و نصب آن برای خنک کردن در فصل گرم است و با اوج بار سالانه همزمان است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

عمومی این سؤال، تمام تجهیزاتی است که خانوارها آن را ابزار مفیدی در مقابل گرما تشخیص دهند. از آنجایی که نقش وسایل خنک کننده و از میان این وسایل نقش کولرگازی به طور معنی‌داری متفاوت است،[1] صرفاً به تغییر ضریب نفوذ کولرگازی و آثار آن پرداخته می‌شود.

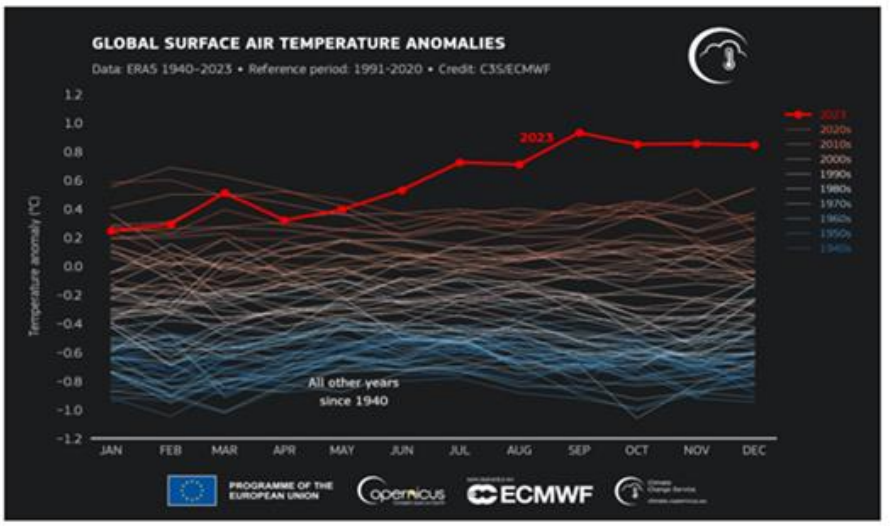
۳-۱-۴. تغییرات اقلیمی و آثار آن

اطلاعات منتشر شده از سوی ناسا نشان می‌دهد از سال ۱۹۴۰ تا ۲۰۲۳، اختلاف حداقل و حداکثر دمای ثبت شده حدود ۱/۵ درجه سانتی گراد بوده است. این تغییر کوچک در دمای سطح کره زمین، آثار مهمی بر تغییر اقلیم و شرایط آب و هوایی داشته است. یکی از مهم‌ترین آثار آن بر صنعت برق، نیاز انسانها به وسایل خنک کننده و تأثیر این وسایل بر تقاضای توان الکتریکی است.

۱. آن‌گونه‌که اشاره شد، یک مشترک خرد به طور تقریبی کمتر از ۲ کیلووات توان از شبکه درخواست می‌کند. این در حالی است که کولرهای گازی متعارف موجود در بازار به طور متوسط نیازمند ۲ کیلووات توان الکتریکی برای فعالیت هستند. در عین حال ضریب همزمانی آن با اوج بار شبکه هم تقریباً ۱ یا صد در صد است. بنابراین، هر خانوار از مشترکین که در سال‌های گذشته به شبکه متصل شده و برای تأمین برق نیز با مشکل مواجه نبوده است، با افزودن یک کولرگازی باردرخواستی خود از شبکه را دو برابر می‌کند. بنابراین آثار گسترش ضریب نفوذ این تجهیز، معنی دار و غیر قابل چشم پوشی است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]



نمودار ۵. روند افزایش دمای سطح زمین در فاصله سالهای ۱۹۴۰ تا ۲۰۲۳

در همین ارتباط گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی (IEA, 2018) حاکی از آن است که تغییرات درجه حرارت موجب شده این آژانس پیش‌بینی کند، تا سال ۲۰۵۰، نزدیک به ۵/۵ میلیارد دستگاه کولرگازی در جهان تهیه و نصب شود.[۱] این تغییر و نیاز در تمام کشورهای جهان متقارن نیست. کشورهایی که بیشتر در معرض موج گرما هستند، نیاز به وسایل سرمایشی نیز بیشتر خواهد بود. به بیان دیگر، در کشورهایی با اقلیم گرم و شرایط آب و هوایی مانند ایران، بیش از پیش از تغییر اقلیم متاثر شده و مشترکین برق در فصل

۱. همین گزارش ضمن برشمردن مزایای متعددی برای کولرگازی مانند جلوگیری از مرگ‌ومیر گروه‌های حساس، تأثیر هوای خنک بر یادگیری کودکان و همچنین تأثیر آن بر کاهش اختلافات خانوادگی، رویکرد مقابله با آن را تجویز نمی‌کند. درک این پدیده و ایجاد شرایط برای کنترل و هدایت آثار منفی آن مسئله است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

گرما نیاز به وسایل سرمایشی را بیشتر احساس خواهند کرد. تأثیر این وضعیت بر تقاضای انرژی الکتریکی و افزایش اوج بار سالانه (به دلیل همزمانی تقاضای وسایل سرمایشی با اوج بار سالانه) قابل پیش‌بینی بوده و دور از انتظار نخواهد بود.

بررسی میدانی (توانیر و همراه اول، ۱۴۰۳) و تحلیل وضعیت مصرف مشترکین برق نشان می‌دهد، حتی با اعمال فرض رشد صفر درصد برای تقاضای جدید برق، روند رو به رشد تهیه و بهره‌برداری از کولرگازی در مناطق مختلف کشور بر تقاضای اوج بار الکتریکی تأثیری معنی‌دار دارد. بر اساس این اطلاعات، رشد سالانه تهیه و نصب کولرگازی بیش از ۷ درصد در سال بوده و متوسط ضریب نفوذ کولرگازی در کشور در سال۱۴۰۳ به حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است. علاوه بر این، در استان‌هایی که به طور سنتی ییلاق محسوب می‌شدند، ضریب نفوذ کولرگازی رو به افزایش بوده و به بیش از ۸درصد بالغ شده است. در استان‌های ساحلی (شمال یا جنوب به دلیل شرایط شرجی) این ضریب به حدود ۱۰۰ درصد رسیده است. برای درک تأثیر این تغییر، باید به این نکته توجه کرد که با تدارک و نصب یکی از انواع متعارف کولرگازی موجود در بازار، حدود ۲کیلووات به توان درخواستی خانوار افزوده شده و آن را از سطح مورد انتظار قبلی به حدود دو برابر (۳/۵ تا ۴ کیلو وات) افزایش می‌دهد. گسترش تهیه و نصب کولرگازی، با فرض ناتوانی دولت در تحمیل محدودیت تأمین برق به صورت منصفانه و بر اساس معیاری مانند ظرفیت قراردادی منجر به تهاجم این گروه از مسترکین به حق سایر مشترکین خواهد شد. چرا که با عدم سرمایه‌گذاری و گسترش ظرفیت، به تناسب افزایش ضریب نفوذ

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

کولرگازی، عملاً پدیده‌ای مانند اثر خروج ناشی از ازدحام[1] رخ خواهد داد. به طور مثال، اگر از حدود ۳۵ میلیون مشترک کوچک تنها یک سوم آنها اقدام به خرید و نصب کولرگازی جدید نمایند، این بدین معنی است که در فصل گرما تقاضای این گروه از مشترکین نسبت به پیش از این رویداد، بیش از ۲۰ هزار مگاوات افزایش خواهد یافت. لذا اگر از یک سو برای پوشش این تقاضایی برنامه‌ریزی نشده باشد و از سوی دیگر، تأمین برق مشترکین خانگی و سایر مشترکین خرد در سایه مشترکین خانگی (به دلیل عدم امکان تفکیک این مشترکین از همدیگر و تجویز نسخه‌های متفاوت برای آنان)، یک خط قرمز قلمداد شود، آنگاه عملاً مشترکین خانگی به صورت تهاجمی ظرفیت برق سایر مشترکین را تصاحب می‌کند.[2] این گروه از مشترکین نیز در مقابل مازاد تقاضا می‌بایست ملزم به ارائه اوراق ظرفیت شوند. درغیراین‌صورت می‌بایست از سایر مشترکین موجود ظرفیت خریداری نمایند. این مکانیزم دقیقاً می‌تواند مشابه تدارک ظرفیت برای مشترکین جدید باشد با این تفاوت که منحصر به مازاد تقاضای سرمایشی است.[3]

---

1. Crowding Out Effect

۲. اعمال محدودیت به مشترکین صنعتی در ایام گرم در ایران عملا تسهیلگری در همین زمینه است که با حمایت و تاکید حاکمیت و در مواردی نهادهای امنیتی انجام می‌شود.

۳. برای شناسایی این گروه از مشترکین خانگی می‌توان مصرف ماهانه بالای ۶۰۰ کیلووات ساعت را ملاک قرار داد. برای تسهیل خرید اوراق ظرفیت آنان نیز می‌توان از ساز و کارهای مالی (مانند لیزینگ) استفاده کرد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

گر چه در حال حاضر در گزارش‌های غیر رسمی و فاقد تحلیل علمی، رمز ارزها به عنوان عامل اصلی بحران برق معرفی می‌شوند اما این تحلیل‌ها؛ اول، مستدل نیست.[۱] دوم، بحران برق در تابستان و فصلی است. این رشد مقطعی و همزمان با دوره گرم است این در حالی است که دستگاه‌های پردازنده رمز ارز پیوسته در طول سال فعالیت کرده و اتفاقاً به دلیل تأثیر گرم شدن تجهیزات، از بین دو دوره سرد و گرم سال، فصل سرد زمان مناسب‌تری برای این کار است. این بدین معنی نیست که تقاضای رمز ارز مهم نیست. این تقاضا، در مقایسه با بحران برق ایران و ارتباط آن با فصل گرم و تاسیسات سرمایشی اهمیت بالایی ندارد. ضمن آنکه ابعاد دیگری مانند استفاده از انرژی یارانه‌ای برای استخراج زیرزمینی رمز ارز حائز اهمیت است که موضوع پژوهش دیگری است.

۴-۱-۴. عوامل پیشران بحران برق سمت تقاضا

افزایش ضریب نفوذ کولرهای گازی صرفاً متاثر از تغییر اقلیم نیست. عوامل دیگری در این زمینه تأثیرگذار بوده و تسهیل‌گر هستند. یارانه‌های انرژی الکتریکی، به صورت عامل و سیاست قیمت‌گذاری معکوس در کنار بهره‌برداری از تعرفه مناطق گرم به عنوان یک ابزار

---

۱. متکی به آمارهای غیررسمی که کل تقاضای رمز ارز جهان را برآورد می‌کنند و کشورهای پیشرو در این زمینه را معرفی کرده اند، به نظر می‌رسد سهم توان در اوج بار برای استخراج رمز ارز بین ۲ تا ۳ هزار مگاوات باشد. نکته حائز اهمیت اینکه این برآورد توسط تیم تحقیق صورت گرفت. با این حال، در طول جنگ ۱۲ روزه و قطع موقت اینترنت، اطلاعات اعلام شده از سوی شرکت توانیر رقم ۲۴۰۰ مگاوات را به عنوان سهم رمز ارزها در تقاضای برق شناسائی کرده است. این برآورد، رقم قبلی اعلام شده توسط تیم تحقیق را تائید کرده است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

سیاسی، دو عامل کلیدی دیگری است که در تحلیل از بالا به پایین مدل مفهومی بر تشدید بحران برق در فصل گرم[۱] در ایران تأثیرگذار هستند.

۵-۱-۴. یارانه‌های انرژی الکتریکی

نیاز و تقاضا دو مفهوم کلیدی، مرتبط اما متمایز از هم در اقتصاد محسوب می‌شوند. به بیان ساده، تقاضا می‌تواند آن بخش از نیاز باشد که در یک قیمت معین برای کالای مورد بررسی، مصرف کننده توان و تمایل به پرداخت هزینه آن را دارد. چنانچه قیمت از مبادلات حذف شود. تقاضای کالای مورد بررسی تا مرز نیاز گسترش پیدا خواهد کرد. این ویزگی در کنار ویژگی برق به عنوان یک کالای اقتصادی یعنی کمیابی[۲] موجب ناتوانی در تأمین نیاز شده و بحران زاست. یارانه‌های انرژی به طور عام و انرژی الکتریکی به طور خاص، از این جهت که زمینه ساز گسترش تقاضای مصرف کننده تا مرز نیاز هستند، پیشران اصلی بحران محسوب می‌شوند.

در شکل (۶) کاهش تدریجی قیمت واقعی انرژی الکتریکی در نیم قرن گذشته نشان داده شده است. کاهش مستمر قیمت برق و نزدیک شدن آن به صفر، زمینه ساز گسترش تقاضای برق تا مرز نیاز است. بنابراین، بخشی از افزایش تقاضای مشترکین موجود شبکه برق، افزایش متقاضیان اتصال به شبکه و یا گسترش ضریب نفوذ تجهیزات، تغییر رفتار مصرفی و بی توجهی به بهینه سازی، حاصل این روند است. منابعی که شدت انرژی در

---

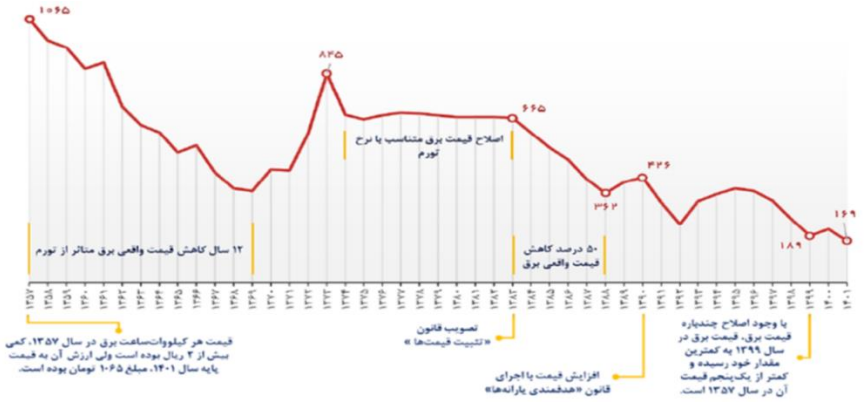
۱. همین عوامل به شکل دیگری در فصل سرد تشدید کننده بحران گاز طبیعی محسوب می‌شوند.

2. Scarcity

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

ایران را محاسبه و اعلام می‌کنند (EIA, 2023) نیز چنین روندی (تشدید شدت انرژی ایران) را تأیید می‌کنند.



نمودار ۶. روند قیمت واقعی برق – محاسبات مشترک شرکت توانیر و گروه آریانا

حذف تقریبی قیمت از مبادلات انرژی به این معنا نیست که شهروندان ایرانی هزینه تأمین انرژی را پرداخت نمی‌کنند. برعکس، باید تأکید کرد نه تنها هزینه‌های تمام شده تأمین انرژی به شهروندان ایرانی تحمیل می‌شود بلکه هزینه ناکارآمدی‌های سمت عرضه و خسارت خاموشی ناشی از محیط کسب و کار ناکارامد نیز به جامعه و اقتصاد تحمیل می‌شود. با این کار در حقیقت مدل قیمت‌گذاری و تحمیل هزینه به شهروندان تغییر کرده است. در حقیقت مدل قیمت گذاری انرژی در ایران در تشابه با مدل قیمت گذاری غذا در سه رستوران (قیمت هر پرس غذا جداگانه حساب شود، اخذ ورودی و آزادی در میل کردن غذا و در نهایت ورود بدون پرداخت مبلغ ورودی یا بهای هر پرس) همانند رستوران سوم است. با این توضیح که بهای غذای طبخ شده از مصرف کنندگان با فروش ثروت مشترک آنان، برداشت از حساب‌های مالیاتی و در نهایت تحمیل هزینه تولید غذا از محل

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

مالیات تورمی، به صورت نامتقارن و تشدید کننده نابرابری به دهک‌های مختلف جامعه تحمیل می‌شود.

سیاست قیمت‌گذاری معکوس

علاوه بر مشکل عمومی قیمت‌گذاری انرژی و برق، سیاست قیمت‌گذاری معکوس در ایران، نه تنها کمکی به تسکین در اوج بحران نمی‌کند بلکه موجب تشدید بحران می‌شود. برای این منظور لازم است ابتدا مفهوم قیمت گذاری بار اوج معرفی شود. در اقتصاد (لیارد و والترز، ۱۹۷۸) برای کالاهایی که تقاضای آن به دو زمان پیک و خارج از پیک[۱] قابل تفکیک است، افزایش کارایی قیمت‌گذاری بر اساس تناسب قیمت با شدت کمبود تعریف می‌شود.[۲] به این معنی که در دوره اوج تقاضا، به دلیل کمبود عرضه در مقایسه با تقاضا و به خطر افتادن تأمین بخشی از تقاضا، قیمت‌ها به سمت خسارت خاموشی میل می‌کند. برعکس، در ساعات کم باری شبکه، این مولدهای برق هستند که مشمول ریسک از دست دادن بازار هستند. بنابراین ممکن است وارد جنگ قیمت شده و قیمت‌ها کاهش یابند.

این در حالی است که در صنعت برق، نوع نگاه سیاست‌گذار برای حمایت و تسهیل‌گری تأمین برق خانوارهای ساکن مناطق گرمسیر، یک نمونه از سیاست‌گذاری

---

۱. این دو زمان می‌توانند تقاضای متفاوت در یک روز (مانند تقاضای روز و شب) باشند و یا تقاضای روزهای گرم سال در مقایسه با روزهای پائیز.

۲. به عنوان یک مثال غیربرقی، حتی اگر دولت‌ها قیمت بلیط برای سفر در ایام نوروز را سرکوب یا تثبیت کنند، مسافران به روش‌های مختلف (مانند ناگزیر بودن برای ایستادن در صف و...) پرهزینه بودن آن را تجربه می‌کنند. اما در روزهای میانی هفته‌های زمستان، عموما قیمت بلیط به پائین ترین سطح کاهش می‌یابد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

قیمت‌گذاری معکوس است. در این مناطق[1] با این توجیه که خانوار ناگزیر به استفاده از وسایل سرمایشی (کولرگازی) است، در اوج بحران برق یعنی فصل گرم، قیمت برق نسبت به قیمت یارانه‌ای عمومی سایر مناطق کشور مجددا مشمول تخفیف مضاعفی شده و تا در برخی مناطق تا میزان قابل ملاحظه‌ای بلوک کاهنده است. جدول (۴) تعرفه برق در ماه‌های گرم مناطق گرمسیر یک (مهم‌ترین منطقه گرم در ایران) را نشان می‌دهد. از آنجایی که برخورداری از یارانه برق مستلزم مصرف برق است، تأثیر این سیاست تخفیف قیمت در اوج بحران روشن است.

جدول ۴. تعرفه برق ماه‌های گرم در مناطق گرمسیریک

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال) ضریبی از هزینه تأمین برق	ضریب تعدیل
۰ تا ۲۵۰۰	۰/۲۵	۰/۲۵
مازاد بر ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰	۰/۷۵	۰/۴
مازاد بر ۳۰۰۰ تا ۳۷۵۰	۰/۷۵	۱
مازاد بر ۳۷۵۰ تا ۶۲۵۰	۱/۲۵	۱
مازاد بر ۶۲۵۰	۲/۵	۱

مأخذ: تعرفه‌های ابلاغی وزارت نیرو در سال ۱۴۰۳

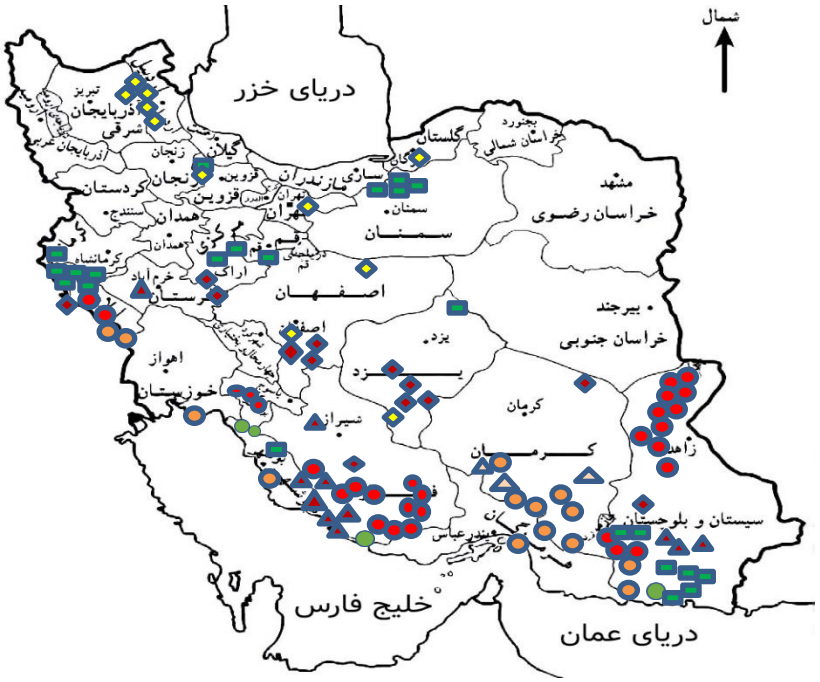
بر اساس تعرفه‌های تنظیم شده، به طور مثال در سال ۱۴۰۳، مصارف تا ۲۵۰۰ کیلووات ساعت در ماه صرفاً ۰/۲۵ قیمت تبدیل انرژی (بدون اعمال بهای واقعی سوخت) را پرداخت و همین مبلغ هم با ضریب ۰/۲۵ محاسبه می‌شود. بنابراین، چنانچه یک مشترک خانگی به

۱. مناطق گرمسیر در فصل گرم برای مشترکین برق و مناطق سردسیر در فصل سرد برای گاز طبیعی (با الگو برداری غلط و تعمیم مخرب تجربه برق به گاز).

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

جای ۳۰۰ کیلووات ساعت در ماه معادل ۲۵۰۰ کیلووات ساعت برق مصرف کند، یارانه دریافت شده در هر ماه ۱۵ میلیون ریال بیشتر خواهد بود. نکته مهم اینکه در همین مناطق گرمسیر، چنانچه خانوار به قدری آسیب پذیر باشد که نتواند کولرگازی تهیه کند، عملاً یارانه برق ویژه مناطق گرم نیز دریافت نخواهد کرد. مسئله تعرفه برق مناطق گرم صرفاً به اشکال اول محدود نمی‌شود. برخورداری از یارانه ویژه دوره گرم سال، با تصویب دولت امکان پذیر است. بنابراین، از یک سو با تغییر اقلیم و تغییر معیارهای پوشش مناطق گرم از یک سو و بده بستان‌های سیاسی، تقریبا می‌توان گفت دامنه نفوذ مناطق گرم به کل کشور توسعه یافته است. شکل (۷)



شکل ۷. تعمیم مناطق گرم به تمام نواحی کشور به ویژه در دو دهه اخیر

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

نکته مهم اینکه مناطق معین شده روی نقشه شکل (۷) از ابتدا جزو مناطق گرم نبوده‌اند. تجمع مناطق گرم، در ابتدا در مناطق جنوبی و حاشیه خلیج فارس بوده است. به تدریج و در طول دو دهه گذشته، امکان برخورداری از تعرفه منطقه گرم عملاً به ابزاری برای رقابت سیاسی به ویژه برای نمایندگان مجلس تبدیل شده و بسته به قدرت اشخاص، امتیازاتی در این زمینه از دولت اخذ می‌شود. این امتیازات شامل موافقت با برخورداری یک شهر از تعرفه مناطق گرمسیر، گسترش دوره زمانی برخورداری از قیمت مخفف ویژه دوره گرم تا ۹ ماه یا جابجایی بین مناطق گرم از تخفیف کمتر به تخفیف بیشتر می‌شود. در حقیقت با تغییر یک شهر از منطقه عادی به گرم، در مواردی تقاضای بار فصل گرم بعدی تا ۲ برابر نیز افزایش یافته است. این موضوع در چارچوب نظریه تلنگر (البته به جای تلنگر کاهنده مصرف، تلنگر رشد تقاضا) قابل توضیح است. این سیاستگذاری در مایسه با سیاست‌گذاری فرانسه[1] (سه رنگ پرچم این کشور)، معکوس و ناکارامد است. معکوس از این جهت که سرکوب قیمت بلیط سفر در تعطیلات سال نو، منجر به تشدید تقاضای سفر می‌شود نه کاهش آن.

۲-۴. معیارها یا عوامل سمت عرضه

اگر تعادل بازار یک کالای اقتصادی مانند انرژی الکتریکی را به شکل کلی به صورت زیر در نظر بگیریم،

$$D(x_1, x_2, x_3 \dots) = S(y_1, y_2, y_3 \dots)$$

۱. در فرانسه، روزهای عادی، روزهای کم‌تنش هستند و دارای تعرفه‌های پایین‌تری می‌باشند، در حالی که در روزهای بحران، تعرفه‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

بدیهی است تغییر هر یک از عرضه و تقاضا می‌تواند منجر به از دست رفتن تعادل شود. در حالت خاص، چنانچه عواملی موجب افزایش تقاضا و همان عوامل موجب کاهش عرضه شوند، چنین نیروهایی موجب تشدید عدم تعادل شده و به نوعی مدل عدم تعادل الاکلنگی را ایجاد می‌کنند. در بخش قبل، اهرم‌های فشار از سمت تقاضا بر شبکه برق ایران بررسی و تحلیل شد. با این حال، بحران برق در فصل گرما در ایران، حاصل یک مکانیزم الاکلنگی است. به این معنا که همان اهرم هایی، مانند تغییر اقلیم، گرمایش زمین و وضعیت بارش در ایران، که در سمت تقاضا با افزایش ضریب نفوذ کولرگازی موجب افزایش فشار تقاضا می‌شوند، در سمت عرضه، با سرکوب ظرفیت‌های تولید برق، موجب کاهش توان تولید می‌شوند. در این بخش، مهم‌ترین مولفه‌های مؤثر بر سمت تقاضا مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۲-۴. تأثیرات اقلیمی بر افت قدرت مولدهای نیروگاهی

وقوع اوج تقاضای انرژی الکتریکی، به ویژه به دلیل نیاز سرمایشی مشترکین خانگی و سایر مشترکین مشابه، صرفاً متغیرهای سمت تقاضا را متاثر نمی‌کند. این پدیده، افزایش متعارف یا نامتعارف درجه حرارت، توان تولید مولدها به ویژه مولدهای گازی چرخه باز را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعات (مونکو، ۱۳۸۸) نشان می‌دهد افزایش یک درجه‌ای دما می‌تواند به کاهش قدرت ۰/۷ درصدی ظرفیت‌های مولدهای گازی تبدیل انرژی منجر شود. به این موضوع باید توجه کرد که در حال حاضر حدود ۱۸۰ واحد گازی (V94.2) با ظرفیت اسمی ۱۶۲ مگاوات و حدود ۵۰ واحد (Frame9) در شبکه برق کشور در حال بهره‌برداری هستند. بنابراین، روند گرم‌تر شدن کره زمین، ضمن آنکه تقاضای توان و انرژی

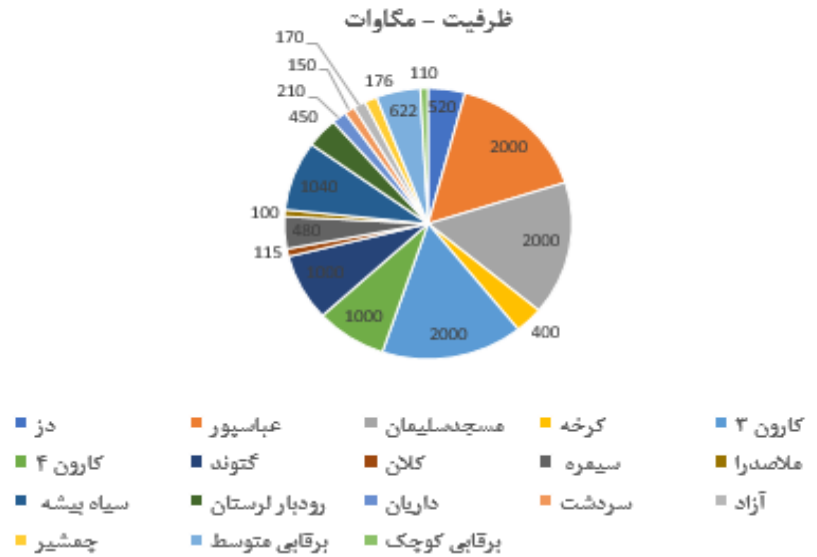
[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

الکتریکی را افزایش می‌دهد، در نقطه مقابل، ظرفیت عرضه را هم کاهش می‌دهد. لذا در مجموع عدم تعادل بین عرضه و تقاضا را بیش از پیش تشدید می‌کند.

۲-۲-۴. نیروگاه‌های برق آبی و چالش‌ها تأمین آب

تقریبا ۱۳ هزار مگاوات از مجموع ظرفیت نامی نیروگاه‌های کشور، از نوع فناوری برقابی است (آمار تفصیلی صنعت برق، ۱۴۰۳). این نیروگاه‌ها به شیوه‌های مختلفی تقسیم بندی می‌شوند. تقسیم بندی بر اساس مقیاس نیروگاه (میکرو، مینی، متوسط و بزرگ) یک معیار و تقسیم بندی بر اساس شرایط آبی (جریانی، مخزنی، تنظیمی و تلمبه ذخیره) معیار دیگری است.



نمودار ۸. ترکیب نیروگاه‌های برقابی شبکه برق کشور

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

از سوی دیگر، برخی از این نیروگاه‌ها متکی به مخزن و منابع آبی هستند که اصولاً اولویت اول آنها تولید برق نبوده است. به طور مثال سدی با هدف تأمین آب کشاورزی و شرب احداث شده و در امکان سنجی، نصب یک مولد برقابی نیز به عنوان فعالیت جانبی مورد توجه قرارگرفته است.

در مورد بحران برق ایران و ارتباط آن با نیروگاه‌های برقابی، عمدتاً باید به شرایط اوج بحران برق و ارتباط آن با آمادگی نیروگاه‌های برقابی برای تولید انرژی الکتریکی توجه کرد. در ایران اوج بارش‌ها در ایام غیر گرم (تابستان) است. به طوری که در بسیاری از مناطق کشور از اواسط بهار تا اواسط پاییز اصولاً نمی‌تواند انتظار بارندگی داشت. بنابراین در این ایام، مولدهای برقابتی عمدتا متکی به ذخیره محدود آب پشت سد هستند. لذا با وجود ظرفیت نسبتا بالای نیروگاه‌های برقابی، محدودیت‌هایی در بهره‌برداری از این نیروگاه‌ها برای مقابل با مازاد تقاضای ایام گرم وجود دارد. با وجود برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع آب و استفاده از ظرفیت برق آبی در بدترین شرایط شبکه، همواره عوامل پیش‌بینی نشده بر این هدف تأثیر گذار بوده‌اند. به طور مثال در مقاطعی، به ناگزیر تصمیمی برای رها سازی آب صورت گرفته و با تغییر شرایط جوی، جبران مورد انتظار هم صورت نگرفته است. به‌ویژه در اقلیم‌های خشک. کاهش بارندگی باعث می‌شود که نتوان به میزان لازم بر ظرفیت تولید این نیروگاه‌ها حساب کرد و این امر عدم تعادل بین عرضه و تقاضا را تشدید می‌کند.

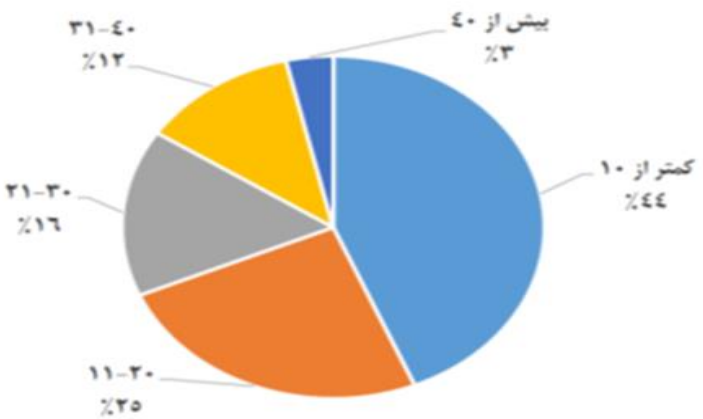
۳-۲-۴. مولدهای مستهلک

ضریب پیری مولدهای برق، عامل دیگری است که گر چه تأثیر تغییر شرایط اقلیمی بر آن مستلزم مطالعه‌ای جداگانه است اما در حال یک تجهیز با عمر بالا در شرایط بحرانی با احتمال

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

بیشتری می‌تواند دچار حادثه و خروج اضطراری شود. بررسی توزیع سنی مولدهای نصب شده در شبکه برق ایران (آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۴۰۳) نشان می‌دهد در حال حاضر، یک‌سوم مولدهای نصب‌شده بیش از ۲۰ سال عمر دارند. از این تعداد حدود ۱۲درصد بین ۳۱ تا ۴۰ سال و ۳ درصد بیشتر از ۴۰ سال قدمت دارند. به این نکته باید توجه داشت که لااقل بخش‌هایی از هر مولد برق تحت فشار و دمای بسیار بالا فعالیت می‌کنند. بنابراین در معرض فرسایش و آسیب‌های مستمر قرار دارند. این فرسودگی بر عملکرد و قابلیت اطمینان آنها تأثیر مستقیم دارد.[1] نمودار شماره (۹) توزیع سنی مولدها را نشان می‌دهد.



نمودار ۹. توزیع سنی مولدهای نصب شده تولید برق در شبکه برق کشور

۱. در حوزه گاز نیز مشکلاتی نظیر افت فشار مخازن و فرسودگی خطوط لوله وجود دارد. برخی از این خطوط لوله چند دهه عمر دارند و این موضوع باعث بروز حوادث و مشکلاتی از قبیل خوردگی و نقص فنی می‌گردد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

۴-۲-۴. عوامل پیشران بحران برق سمت عرضه

همانند سمت تقاضا، در سمت عرضه نیز با تعقیب رویکرد از بالا به پایین چارچوب مفهومی می‌توان عوامل پیشران بحران به ویژه از ناحیه تغییر اقلیم، کیفیت حکمرانی و اقتصاد سیاسی بررسی و شناسایی کرد. برای این منظور، در کنار تأثیر اقلیم بر نیروگاه‌های برقابی و همچنین افت قدرت توربین‌های گازی،[1] زمینه‌های تأثیرگذاری حکمرانی ضعیف مورد بررسی دقیق‌تری قرارگرفته است.

در سمت عرضه، پذیرش حقوق مالکیت کارافرینان تولید و عرضه برق، در کنار حقوق مالکیت ظرفیت خریداری شده توسط مصرف کنندگان، با ایجاد امکان مبادلات تجاری بین فعالان خصوصی در بازار، می‌تواند پیشران یا کنترل کننده بحران باشد. با این فرض که هر بازاری که از تعادل خارج می‌شود نیازمند اشخاصی است که نفع آنان در فعالیت‌هایی است که در نهایت منجر به بازگرداندن تعادل به بازار خواهد شد، با تعریف و رعایت حقوق مالکیت فعالان هر دو سمت عرضه و تقاضای بازار می‌توان این پویایی را به بازار برق ایران تزریق کرد. در کنار آن، تصمیمات مربوط به یارانه انرژی و استمرار آن، ترکیب فناوری و همچنین سرمایه‌گذاری برای بهینه سازی مولدهای نیروگاهی را متاثر کرده است. ساختار مالکیت، درجه رقابت و تنظیم گری ناکارامد از جمله پیشران‌های دیگر سمت عرضه است که به جای حرکت در جهت خروج از بحران آن را تثبیت یا تشدید کرده‌اند.

---

۱. در این زمینه نمی‌توان افزایش خطای انسانی و کاهش بهره‌وری منابع انسانی و به دنبال آن افزایش حوادث فنی شبکه را نادیده گرفت. تأثیر دقیق این عامل نیازمند مطالعات جداگانه و دقیق‌تری است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

۵. نتیجه گیری و توصیه سیاستی

طی سال‌های اخیر، کمبود فصلی انرژی در ایران به یکی از مسائل کلیدی این بخش و فراتر از آن در حال تبدیل شدن به عاملی تأثیرگذار بر رفاه جامعه و بازدارنده در برنامه رشد و توسعه کشور است. این کمبود عموما در دو فصل زمستان (سرد) و تابستان (گرم) مشاهده می‌شود. مقاله حاضر موضوع کمبود برق در فصل گرم (تابستان)را مورد بررسی و تحلیل قرار داده است. برای این منظور، متکی به یک مدل مفهومی طراحی شده برای تشخیص و تحلیل چرخه علیت، این محدودیت بررسی شد.

بررسی انجام شده عوامل وقوع کمبود را به تفکیک در سمت عرضه و تقاضا بررسی کرده است. در سمت عرضه، عدم کفایت سرمایه‌گذاری جدید از یک سو و تأثیر عواملی مانند تغییرات اقلیم، از طریق گرم‌تر شدن هوا و تغییر میزان بارندگی موجب کاهش ظرفیت عرضه نیروگاه‌های موجود به ویژه نیروگاه‌های برقابی و توربین‌های گازی شده است.

در سمت تقاضا نیز رشد تقاضای جدید از طریق واگذاری انشعاب (ناشی از ساخت‌وساز، شکل گیری واحدهای تولیدی یا خدمات و همچنین برخی واحدهای اداری) از یک سو و افزایش ضریب نفوذ وسایل خنک کننده (کولرگازی) به ویژه به دلیل ضریب همزمانی صد در صد آن با اوج بار سالانه شبکه برق کشور، موجب رشد معنی‌دار موقت تقاضای توان الکتریکی به ویژه در ساعات معینی از روز در ایام گرم سال شده است.

برخی از یافته‌ها و نکات کلیدی این گزارش را به اختصار می‌توان به شرح زیر عنوان کرد:

پیشران‌های کمبود فصلی برق در ایران از یک سو از مسیر عوامل سرکوب عرضه و رشد تقاضا قابل شناسایی است و از سوی دیگر با تمرکز بر سه عامل تغییر اقلیم، حکمرانی ضعیف و آثار اقتصاد سیاسی قابل ریشه یابی و آسیب شناسی است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

به عنوان یک عامل محوری در رشد تقاضای جدید، صرفاً طی ۳ سال اخیر (از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲)، بیش از ۴ میلیون مشترک جدید به شبکه برق کشور متصل شده‌اند. اتصال این گروه از متقاضیان به شبکه، تقاضای اوج بار شبکه برق ایران را حدود ۱۶ هزار مگاوات افزایش داده است. در شرایط بحران و کسری عرضه، افزودن مشترک جدید به شبکه در سایه فقدان سرمایه‌گذاری جدید، به طور مستقیم به تشدید کمبود فصلی منجر می‌شود.

دومین عامل اساسی رشد تقاضا، تغییر تقاضای موجود است. به بیان دیگر با فرض توقف واگذاری انشعاب جدید، افزایش تقاضای مشترکین موجود منجر به تشدید کمبود فصلی شده است. بررسی اطلاعات بخش تقاضا نشان می‌دهد رشد سالانه تهیه و نصب کولرگازی در ایران بیش از ۷ درصد در سال است. متوسط ضریب نفوذ کولرگازی در این کشور در سال ۱۴۰۳ به حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است. ضریب نفوذ کولرگازی در استان ییلاقی به بیش از ۸ درصد و برای استانهای ساحلی (شمال یا جنوب به دلیل شرایط شرجی) به حدود ۱۰۰ درصد رسیده است. با توجه به همزمانی کامل بهره‌برداری از وسایل خنک کننده با اوج بار شبکه برق کشور، این عامل به طور مستقیم موجب تشدید کمبود فصلی برق شده است.

با توجه به استمرار تغییرات اقلیمی و افزایش ضریب نفوذ تجهیزات سرمایشی، بحران برق در ایران طی سالهای بعد و تا اشباع وسایل سرمایشی ادامه خواهد داشت. به طور مثال، اگر از حدود ۳۵ میلیون مشترک کوچک تنها یک سوم آنها اقدام به خرید و نصب کولرگازی جدید نمایند، تقاضای این گروه در فصل بحران بیش از ۲۰ هزار مگاوات افزایش خواهد یافت.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

عامل مؤثر دیگر در سمت تقاضا، استمرار و در مواردی تشدید سیاست قیمت‌گذاری معکوس است. برخلاف آموزه‌های اقتصاد، کمبود شدید برق در تابستان نه تنها به جهش قیمت برای مهار تقاضا منجر نشده بلکه ضمن تنظیم قیمت‌های مخفف معنی‌دار برای مصرف برق در فصل گرم در بسیاری از مناطق کشور، حوزه تحت پوشش این مناطق، به لطف پیشران‌های تسهیل گر در فضای اقتصاد سیاسی، به طور مستمر در حال گسترش است.

در سمت عرضه، تأثیر افزایش دمای هوا بر افت قدرت مولدهای گازی تولید برق (با داشتن سهم غالب در فناوری تولید برق ایران) از یک سو و کاهش منابع آب مولدهای برقابی (ناشی از کاهش بازندگی) ظرفیت‌های موجود تولید برق را سرکوب کرده و موجب تشدید کمبود فصلی شده است. بنابراین، این وضعیت در کنار افزایش تقاضای مشترکین موجود، بحران برق در ایران در به یک مدل الاکلنگی تبدیل کرده است. به این معنا که همان عواملی که موجب افزایش فشار تقاضا می‌شوند، در جهت خلاف، موجب کاهش توان تولید برق در سمت عرضه می‌شوند.

گرچه کاهش سرمایه‌گذاری در تولید برق به عنوان یک عامل تأثیرگذار در کمبود فصلی عنوان می‌شود، با این حال اصولاً تا قبل از کنترل آثار عوامل دیگر، از جمله سیاست قیمت‌گذاری معکوس و کنترل تقاضا نمی‌توان میزان دقیق کمبود و ظرفیت مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری جدید را تشخیص داد.

در راستای کنترل شتاب دهنده‌های بحران کمبود برق در تابستان و همچنین بازدارنده‌های مدیریت مصرف، می‌بایست سیاست حمایت از خانوارهای هدف و صنایع خاص از مسیری تعقیب شود که تشویق مصرف را به دنبال نداشته باشد. در همین راستا بدون بازنگری در سیاست قیمت‌گذاری معکوس، حل بحران برق به سادگی میسر نیست.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

با خروج بازار برق از تعادل، بازگشت مجدد به تعادل مستلزم وجود یک نیروی متعادل‌ساز است. برای این منظور رفع دو حفره حکمرانی در بخش برق لازم است. ازیک‌سو، پذیرش مشترک و واگذاری انشعاب جدید می‌بایست مشروط به حصول اطمینان از ایجاد ظرفیت جدید[1] تولید برق شود. ازسوی‌دیگر، مازاد تقاضای مشترکین جدید، (بار سرمایشی) ناشی از خرید و نصب کولرگازی نیز مشمول حکم تقاضای ظرفیت جدید است حتی اگر این تقاضا مربوط به یک مشترک خانگی قدیمی باشد. مبادله پذیری این اوراق، با افزایش جذابیت سرمایه‌گذاری در بهینه سازی، ضمن تسکین بحران، تقاضای ظرفیت جدید و سرمایه‌گذاری غیر ضرور را نیز کنترل خواهد کرد.

نکته پایانی اینکه کمبود فصلی برق، مسئله‌ای با ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و سیاسی است. برون رفت از این بحران، مستلزم نگاهی جامع، متکی به همکاری دولت و مردم و پوشش هر دو سمت عرضه و تقاضا خواهد بود.

---

۱. به عنوان یک مثال ساده، در یک آژانس مسافرتی همواره فروش بلیط جدید مشروط به وجود صندلی برای سوار شدن مسافر است. مشابه این بحث، در بخش تولید برق می‌بایست اوراق ظرفیت برای نیروگاه‌های جدید در بورس منتشر کرد. متقاضی انشعاب با تهیه و تحویل این اوراق عملا از وجود ظرفیت مطمئن خواهد بود. به بیان دیگر، بلیط یک صندلی به دو نفر فروخته نخواهد شد. هم اکنون بازار گواهی ظرفیت در ایران ایجاد شده اما مراحل ابتدائی را طی می کند. بدیهی است کنترل احتساب مضاعف در پرداخت بهای برق بخشی از طراحی این سیستم است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

تقدیر و تشکر

این مطالعه با حمایت مشترک پژوهشگاه نیرو و شرکت برق منطقه‌ای اصفهان انجام شده است. در عین حال از نظرات مشورتی آقایان دکتر امیر دودابی‌نژاد و دکتر پویان کیانی برخوردار بوده‌ام. از زحمات سرکار خانم صبوری‌پور نیز سپاسگزارم.

تعارض منافع

اصل تعارض منافع رعایت شده و محقق اطمینان می‌دهد نتایج تحقیق مبتنی بر تحلیل علمی و شواهد قابل اتکای در دسترس صورت گرفته است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

منابع

احمدیان، مجید و نصرت الله عباس زاده (۱۳۹۲). «برآورد ارزش برق عرضه نشده (VoLL) در اثر خاموشی در ایران: رویکرد تولید و فراغت از دست رفته». *سیاستگذاری اقتصادی*، سال پنجم، شماره نهم، بهار و تابستان ۱۳۹۲

اسدی، علی؛ اسماعیلی، میثم؛ بخشور، فرجاد و عسل صادقپور (۱۳۹۸). «بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ایران (با تأکید بر متغیر توسعه مالی)». *فصلنامه سیاست‌های مالی واقتصادی*. ۷ (۲۵)، ۱۷۷-۱۵۱ .

باقری‌مقدم، ناصر؛ احمدی، محمدعلی؛ عباس‌پور، مجید و امیر ناظمی (۱۴۰۳). «نقش سیاست فناوری و نوآوری در مواجهه همزمان با ناترازی شدت انرژی و شدت کربن». مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی. ۱۴(۵۲).

بیات، حسین و فریدون اسعدی (۱۴۰۳). «بررسی ابعاد تأمین امنیت عرضه برق در اوج مصرف برق تابستان ۱۴۰۳، اتاق ایران». *مدیریت پژوهش‌های اقتصادی*، مردادماه ۱۴۰۳.

مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۳). *پایش شاخص‌های کلان بخش برق در سال ۱۴۰۲*، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن، شهریور ۱۴۰۳

ترازنامه انرژی، وزارت نیرو، سال‌های مختلف.

ترازنامه هیدروکربوری، وزارت نفت، سال‌های مختلف.

تعرفه‌های برق، ابلاغی وزارت نیرو، سال‌های مختلف.

حافظی، رضا و زهره رحیمی‌راد (۱۴۰۳). «مشارکت اجتماعی و نقش آن در حل چالش ناترازی انرژی». *مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی*، ۱۴(۵۲)، ۱۰۲-۸۲.

حساب‌های ملی، بانک مرکزی، سال‌های مختلف.

https://cbi.ir/section/۱۳۷۸.aspx

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

حیدری، حسن؛ نجارفیروزجایی، محمد و لسیان سعیدپور (۱۳۹۰). «بررسی رابطه بین مصرف برق, قیمت برق و رشد اقتصادی در ایران». *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۹(۵۹)، ۱۹۹-۱۷۵.

حیدری، کیومرث (۱۴۰۳). *اقتصاد برق، کاربرد مفاهیم و نظریه‌های اقتصاد در صنعت برق*، ویراست دوم، پژوهشگاه نیرو.

خداپرست، یونس (۱۴۰۱). «تحلیلی بر ابعاد کاهش تلفات در تولید، توزیع و مصرف برق کشور». *امنیت اقتصادی*، سال دهم، شماره ششم، شهریور ۱۴۰۱، ۲۸-۱۹ .

دهقان شبانی، زهرا؛ صدرایی جواهری احمد و الهه عباسپور کازرونی (۱۳۹۹). «تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی در استان‌های ایران: رویکرد داده‌های تابلویی فضایی». پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران. ۹(۳۴)، ۱۴۲-۱۱۳.

شرکت مهندسین مشاور مونتکو ایران (۱۳۸۸). *آشنایی با اصول طراحی نیروگاه‌های حرارتی*، نشر شیوه.

شرکت همراه اول و شرکت توانیر (۱۴۰۳). «نگاه کلان به حوزه انرژی برق و ابعاد آن، مدیریت هوشمند انرژی در فضای تحول دیجیتال». گزارش‌های داخلی وزارت نیرو، زمستان ۱۴۰۳.

صادقی، حسین و مهدی ذوالفقاری (۱۳۸۹). «پیش‌بینی کوتاه مدت تقاضای برق کشور با استفاده از شبکه‌های عصبی و تبدیل موجک». *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۷ شماره ۲.

معاونت تحقیقات و منابع انسانی، دفتر فناوری اطلاعات (۱۴۰۲). *صنعت برق ایران در آیینه آمار (۵۶ سال)*، شرکت توانیر.

عبداله‌پور، جمال (۱۴۰۴). «مسئله ناترازی تولید و مصرف برق در ایران و جایگاه شهروند باسواد انرژی در مصرف بهینه». *مطالعات و تحقیقات اجتماعی در ایران*، دوره ۱۴ شماره۱.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

قادری مقدم، رضا؛ باصری، بیژن؛ فلیحی، نعمت‌اله و غلامرضا عباسی (۱۴۰۲). «بررسی رابطه بین مصرف انرژی الکتریکی، توسعه مالی و رشد اقتصادی در ایران (کاربردی از رهیافت ARDL)». *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۱۳، شماره ۵۱.

قلی زاده، علی‌اکبر و جواد براتی (۱۳۹۰). «تحلیل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی خانگی و برق مصرفی خانوار در ایران: با تأکید بر بهره‌وری انرژی»، *اقتصاد و تجارت نوین*. تابستان و پاییز ۱۳۹۰ شماره ۲۵ و ۲۶.

کشاورزیان، مریم، زهره طباطبایی‌نسب (۱۴۰۰). «تحلیلی بر رابطه مصرف برق و رشد اقتصادی در کشورهای عضو اوپک: رهیافت آزمون علیت پانلی بوت استرپ». *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*. ۱۷ (۶۹)، ۲۱-۱ .

گروه آریانا و شرکت مادر تخصصی توانیر (۱۴۰۱). اینفوگراف سری زمانی قیمت واقعی برق.

مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۲). *ارزیابی ابعاد بحران تأمین برق تابستان و راهکارهای مقابله با آن، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی*، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن.

مهرآرا، محسن؛ فرمهینی فراهانی، راضیه و آیت حسن‌زاده (۱۳۹۰). «بررسی رابطه میان رشد مصرف برق و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب صادر کننده نفت»، *مدلسازی اقتصادی*، سال پنجم، شماره ۲، ۹۰-۶۹ .

Anselm Eicke, Oliver Ruhnau & Lion Hirth, (2021). "Electricity balancing as a market equilibrium: An instrument-based estimation of supply and demand for imbalance energy", Energy Economics, Volume 102.

Aslan A. (2014). "Causality between Electricity Consumption and Economic Growth in Turkey: An ARDL Bounds Testing Approach". *Energy Sources*, Part B: Economics, Planning, and Policy, 9(1): 25-31.

Bayar Y. and H.A. Ozel (2014). "Electricity Consumption and Economic Growth in Emerging Economies", *Journal of Knowledge*

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

Management, Economics and Information Technology, Vol. IV, Issue 2.

Bildirici M.E. and F. Kayıkcı (2012). "Economic Growth and Electricity Consumption in Emerging Countries of Europa: An ARDL Analysis". *Economic Research*, 25(3), 538-559.

Energy Information Administration (EIA) (2023). Energy Intensity by Country.

Ella Zhou, et. al. (2023). *Best Practices in Electricity Load Modeling and Forecasting for Long-Term Power System Planning*, Lawrence Berkeley National Laboratory, https://docs.nrel.gov/docs/fy23osti/81897.pdf

Chen C.H. & A. Vella (1994). "Estimating the Economic Costs of Electricity Shortages Using Input-Output Analysis: The Case of Taiwan". *Applied Economics*, 26, 1061-1069.

Faridzada A. et. al., (2022). "The Electricity Shortage Cost in Iran: An Input-Output Analysis and Linear Programming", *Iranian Economic Review*, 26(4): 791-807

Ferguson R., Wilkinson W. and R. Hill (2000). "Electricity use and economic development". *Energy Policy*, 28, 923–934.

Ghods L. and M. Kalantar (2011). "Different Methods of Long-Term Electric Load Demand Forecasting; A Comprehensive Review", *Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering*, Vol. 7, No. 4.

Herriges J. A. & K. K. King (1994). "Residential demand for electricity under inverted block rates: Evidence from a controlled experiment". *Journal of Business & Economic Statistics*, 12(4), 419-430.

Hsu G.J., Chang P.L. & T. Y. Chen (1994). "Various Methods for Estimating Power Outage Costs". *Energy Policy*, 22(1), 69-74.

International Energy Agency (IEA) (2018). The future of cooling, Opportunities for energy-efficient air conditioning.

IEA (2020). *efficiency ratings of available AC units by regional metrics*, OurWorldinData.org.

Ju H.C., Yoo S.H. & S.J. Kwak (2016). "The Electricity Shortage Cost in Korea: an Input-Output Analysis". *Journal of Energy Sources*, Part B: Economics, Planning, and Policy, 11(1), 58-64.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]

Kraft J. and A. Kraft (1978). "On the Relationship between Energy and GNP". *Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403.

Layard O.R.G. and A.A. Walters (1978). *Microeconomic Theory*, McGraw-Hill publication.

Miriam Bueno-Lorenzo M., Ángeles Moreno Julio Usaola (2013). "Analysis of the imbalance price scheme in the Spanish electricity market: A wind power test case", *Energy Policy*, Volume 62, 1010-1019.

Rostum M.A. Amr A.Zamel, Hassan M. Moustafa & Ibrahim E. Ziedan (2020). "Electrical Load Forecasting: A methodological overview", *International Journal of Engineering & Technology*, 9(3) 842-869

Shiu A., Lam P-L. (2004). "Electricity consumption and economic growth in China", *Energy Policy*, 32, 47-54.

Stern D.I. and C.J. Cleveland (2004). *Energy and Economic Growth, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute*, Working Papers in Economics.

Yu E.S.H. & J.Y. Choi (1985). "The Causal Relationship between Energy and GNP: an International Comparison". *Journal of Energy and Development*, 10(2): 249–272.

Yu E.S.H. & B. Hwang (1984). "The Relationship between Energy and GNP: Further Results". *Energy Economics*, 6, 186-190.

Zhaoyuan Wu, Ming Zhou, Ting Zhang, Gengyin Li, Yan Zhang, Xiaojuan Liu (2020). "Imbalance settlement evaluation for China's balancing market design via an agent-based model with a multiple criteria decision analysis method", *Energy Policy*, Volume 139.

https://yearbook.enerdata.net/natural-gas/balance-trade-world-data.html

https://www.iea.org/countries/japan/energy-mix

https://www.iea.org/countries/korea/electricity

https://www.iea.org/countries/turkiye

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.66224/qjerp.34.117.156]