

تجزیه و تحلیل تأثیر انرژی تجدیدپذیر آبی بر قیمت برق در ایران با استفاده از الگوی پویای بلندمدت

ابراهیم انواری^۱

حسن فرازمنند^۲

سرور چهارزی مدرسه^{۳*}

چکیده

بحران انرژی در سال‌های اخیر، سیاست‌مداران و عمده‌ی کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت با گذشته داشته باشند و جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله انرژی آبی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوان مواجه شده است. بر همین اساس تحقیق حاضر به بررسی تأثیر انرژی تجدیدپذیر آبی و هم‌چنین به عنوان یک مدل جداگانه، به بررسی تأثیر تولید نیروگاه حرارتی بر قیمت برق در ایران طی دوره‌ی زمانی ۱۳۹۹-۱۳۶۱ می‌پردازد. در این راستا، با استفاده از مدل الگوی خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)، رابطه‌ی تعادلی کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید برق در نیروگاه برق آبی و حرارتی و قیمت برق بررسی می‌گردد. یافته‌ها نشان می‌دهند که تأثیر فناوری آبی از نظر کاهش تعرفه‌های کاربر نهایی، مزایای بهتری نسبت به فناوری حرارتی ارائه می‌دهد. سایر نتایج نشان می‌دهند که افزایش در نرخ بهره، نرخ ارز و قیمت نفت کوره به عنوان نهاده‌ی مستقیم نیروگاهی نیز به تدریج و در بلندمدت بر روی قیمت برق اثرگذار بوده و منجر به افزایش در قیمت برق می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

انرژی تجدیدپذیر، مدل ARDL، نیروگاه برق آبی، نیروگاه حرارتی

^۱ دانشیار گروه علوم اقتصادی - دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی - دانشگاه شهید چمران اهواز. e.anvari@scu.ac.ir

^۲ استاد گروه علوم اقتصادی - دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی - دانشگاه شهید چمران اهواز. hfrazmand@scu.ac.ir

^{۳*} دانشجوی دکتری گروه علوم اقتصادی - دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی - دانشگاه شهید چمران اهواز. s-chehrazi@stu.scu.ac.ir

مقدمه

نیروگاه‌های حرارتی هستند، اما پیش بینی‌ها نشان می‌دهد که نقش انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ هم از نظر تولید برق و هم از نظر ظرفیت نصب شده‌ی منبع انرژی غالب خواهد بود (آسلید^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). در حالی که فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر از بسیاری جهات مزایای قابل توجهی ارائه می‌کنند و سرمایه‌گذاری جهانی در این فناوری‌ها روندی صعودی به خود گرفته است، نگرانی‌های فزاینده‌ای در مورد اثرات نامطلوب مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها بر بازارهای برق نیز وجود دارد (هاچه و پاله^۷، ۲۰۱۹). در بسیاری از کشورها، دولت‌ها فقط بر جنبه‌های مالی این فناوری‌ها تمرکز کرده‌اند. به گونه‌ای که طرح‌های حمایتی خود را برای کاهش هزینه‌های مالی رو به رشد یارانه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر اصلاح کرده‌اند (گودرزی^۸ و همکاران، ۲۰۱۹). با این حال، این فناوری‌ها پیامدهای گسترده‌ای فراتر از هزینه‌های مالی ناشی از نفوذ بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

در ایران نیز طبق قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، دستگاه‌های مختلف، از جمله وزارت نیرو و وزارت نفت، موظف به حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، فتوولتائیک و آبی شده‌اند. شواهد نشان می‌دهد، اگرچه کشور ایران دارای منابع فراوانی از انرژی‌های تجدیدپذیر است و پتانسیل بسیار بالایی برای استفاده از این منابع دارد، اما تا کنون به نحو شایسته‌ای مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است به طوری که بر اساس گزارش آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۹۹، انرژی برق آبی ۷۶/۷ درصد از تولید ملی برق تجدیدپذیر و ۶/۳۷ درصد از مجموع الکتریسیته تولیدی در ایران را تشکیل می‌دهد.

هدف از این مطالعه، بررسی اقتصادی محرک‌های قیمت برق برای ایران، به عنوان اقتصاد در حال توسعه در آسیا است. به طور خاص، در این مقاله به بررسی نقش انرژی آبی بر کاهش تعرفه‌ی برق پرداخته می‌شود. آب به عنوان بالغ‌ترین، انعطاف

در طول تاریخ بشر، تقاضای انرژی به دلیل تلاش انسان برای تمدن، شهرنشینی، رشد جمعیت و صنعتی شدن به طور مداوم افزایش یافته است به گونه‌ای که اجلاس جهانی توسعه پایدار^۱ (WSSD) نیز جایگاه انرژی را در ایجاد توسعه‌ی اجتماعی پایدار به رسمیت شناخته است. در همین راستا، داده‌های منتشر شده از سوی آژانس بین‌المللی انرژی و صندوق بین‌المللی پول^۲ (IMF) نیز حاکی از وجود رابطه میان مصرف سرانه‌ی انرژی و سطح رشد تولید ناخالص داخلی سرانه است (هووارث^۳ و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین در دنیای امروز، هسته‌ی اصلی توسعه‌ی اجتماعی-اقتصادی، مصرف سرانه‌ی انرژی است و به شدت با توسعه‌ی پایدار یک دولت در ارتباط است. در همین راستا برآوردهای صورت گرفته در خصوص بررسی نیاز روز انرژی دنیا، نشان از وابستگی جهان به سوخت‌های فسیلی برای دهه‌های آینده دارد که در این میان، استفاده از گاز طبیعی نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی با رشد بیشتری همراه است (ییلدیز^۴، ۲۰۱۸).

در حال حاضر، بحرانی‌ترین تهدیدی که جهان با آن مواجه است، کاهش منابع انرژی تجدیدناپذیر و آلودگی محیط زیست است. بنابراین چاره‌ای جز این نیست که اهداف انرژی پایدار باید با فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر مطابقت داشته باشد. استفاده از سوخت‌های فسیلی مبتنی بر نفت مانند گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره و زغال سنگ برای محیط زیست بسیار مضر است و عمدتاً منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (کانوال^۵ و همکاران، ۲۰۲۲).

از سوی دیگر در دهه‌های اخیر، به دلیل تغییرات آب و هوایی و آثار نامطلوب آن در بلندمدت برای اکوسیستم و اقتصاد جهانی، تقاضا برای منابع جایگزین انرژی‌های فسیلی همچون انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. در خصوص تولید برق نیز اگرچه بیشتر بازارهای برق همچنان تحت سلطه‌ی تولید بر پایه‌ی

⁵ Kanwal

⁶ Aaslid

⁷ Hache and Palle

⁸ Goodarzi

¹ World Summit on Sustainable Development (WSSD)

² International Monetary Fund (IFM)

³ Howarth

⁴ Yıldız

آب و استفاده از آن‌ها به عنوان متغیرهایی که بتواند پویایی لازم را به مدل ببخشد از دیگر جنبه‌های نوآوری این تحقیق است.

مبانی نظری

مدل نظری قیمت برق مبتنی بر مفهوم تعادل در بازار کالاها است که بیان می‌کند، در تعادل، نیروهای تقاضا و عرضه باید در تعادل باشند. معادلات (۱) و (۲) که بر گرفته از مطالعات صورت گرفته توسط مولدر و شولتنز^۱ (۲۰۱۳) و آدوم^۲ و همکاران (۲۰۱۸) هستند، به ترتیب تقاضا و عرضه‌ی برق را نشان می‌دهند.

$$Q_{Et}^D = f(P_t, DF_t, \varepsilon_{Dt}) \quad (1)$$

$$Q_{Et}^S = f(P_t, PC_t, EF_t, GM_t, \varepsilon_{St}) \quad (2)$$

که در آن P_t قیمت برق، PC_t هزینه تولید برق و EF_t کارایی فنی و مدیریتی است. GM_t بیان‌گر ساختار تولید است، ε_{Dt} و ε_{St} به ترتیب اجزای تصادفی تقاضا و عرضه را نشان می‌دهند و DF_t نشان‌دهنده‌ی عوامل تقاضا که منحنی تقاضا را تغییر می‌دهد، می‌باشد (یعنی درآمد، تغییرات جمعیت و نرخ شهرنشینی و ...). در تعادل، قیمت برق به عنوان معادله‌ی (۳) بدست می‌آید.

$$P_t = f(DF_t, PC_t, EF_t, GM_t, \varepsilon_t) \quad (3)$$

که در آن $\varepsilon_t = f(\varepsilon_{Dt}, \varepsilon_{St})$ است. معادله‌ی (۳) بیان می‌کند که تغییر در هر دو عامل طرف عرضه و تقاضا باعث تغییر قیمت تعادلی می‌شود. به عنوان مثال، افزایش در هزینه‌ی تولید و ناکارآمدی سیستم و تغییر در ساختار تولید و روی آوردن به نوع تولید (نوع نسل) گران‌تر باعث کاهش عرضه‌ی برق می‌شود.

ترکیب نسلی در تولید برق به ترکیبی از انواع سوخت‌های مورد استفاده برای تولید برق در یک منطقه‌ی جغرافیایی معین اشاره دارد. طبق اعلام کمیسیون توسعه پایدار فرانسه^۳ (۲۰۱۹)، در حال حاضر سوخت مورد استفاده در اکثر نیروگاه‌های دنیا هنوز تحت سلطه‌ی زغال‌سنگ است. با این حال، انتظار می‌رود با افزایش بیشتر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و گاز طبیعی، این وضعیت طی بیست سال آینده به‌طور قابل توجهی تغییر کند.

پذیرترین، قابل اعتمادترین و مقرون‌به‌صرفه‌ترین فناوری انرژی تجدیدپذیر در جهان شناخته شده است. در کوتاه مدت، بالا بودن سرمایه‌ی اولیه‌ی مرتبط با استقرار یک فناوری انرژی آبی ممکن است پیامدهای مثبتی بر هزینه‌ی تولید و از این رو تعرفه‌ی کاربر نهایی داشته باشد. با این حال، با کم‌ترین هزینه‌ی تراز شده، احتمالاً هزینه‌ی تولید برق از طریق منابع آبی در بلندمدت کم‌تر خواهد بود. علاوه بر این، از آن جاکه تولید برق توسط منابع آبی به قدرت جابجایی آب بستگی دارد، قیمت آن به نوسانات قیمت سوخت بستگی ندارد. این امر، هزینه‌ی پایین‌تر تولید و تعرفه‌ی پایین‌تر برای مصرف‌کنندگان را تضمین می‌کند. موارد فوق حاکی از آن است که ارتباط بین قیمت برق و آب، پویا است. بنابراین، ترسیم اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت یک فناوری انرژی مبتنی بر آب بسیار مهم است، تا بتواند پویایی را که مشخصه‌ی رابط قیمت برق آبی است، حساب کند. بر همین اساس این مقاله سعی در بررسی تأثیر انرژی تجدیدپذیر آبی بر قیمت برق در ایران دارد. برای این منظور، مقاله در پنج بخش تنظیم شده به گونه‌ای که پس از مقدمه و مبانی نظری به بیان ادبیات موضوع و تصریح مدل پرداخته می‌شود و در انتها نیز مدل تخمین زده شده و نتایج حاصل از آن مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

جنبه‌ی نوآوری این تحقیق مقایسه‌ی همزمان استفاده از فناوری مبتنی بر آب و حرارت بر قیمت برق در کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده به گونه‌ای که بتوان به راحتی به مزایای اثرات پویای استفاده از انرژی تجدیدپذیر آبی پی برد و از آن در سیاست‌گذاری‌های راهبردی، به منظور اخذ تصمیمات بهتر در دوره‌های زمانی متفاوت بهره برد. به عبارت دیگر از آنجایی که هدف مقاله بررسی و مقایسه‌ی فراگیر در خصوص استفاده از نیروگاه‌های برق آبی و حرارتی و اثرات آن‌ها بر قیمت برق جهت به‌دست آمدن رویکرد دقیق در امر سیاست‌گذاری است از مدل‌های متنوعی با لحاظ کردن متغیرهای اقتصادی همچون نرخ بهره و نرخ ارز به منظور بررسی دقیق‌تر روابط مورد نظر استفاده شده است. همچنین محاسبه نوسانات در تقاضای برق و همچنین تولید مبتنی بر

³ French Sustainable Development Commission

¹ Mulder and Scholtens

² Adom

گذاری خود را در منابع انرژی پاک به میزان قابل توجهی افزایش داده‌اند.

برخی از پیامدهای استفاده‌ی قابل توجه از منابع تجدیدپذیر در تولید برق شامل کاهش سیستماتیک در قیمت کل عمده فروشی بازار، وقوع جهش بالاتر قیمت و افزایش قابل توجه در نوسانات قیمت است (بالستر و فوریو^۴، ۲۰۱۵). در جدول (۱)، خلاصه‌ای از مهم‌ترین پژوهش‌های داخلی و خارجی صورت گرفته ارائه شده است.

مدل‌سازی تحقیق

مدل تجربی قیمت برق براساس مبانی نظری که در بخش اول توضیح داده شده و همچنین براساس مطالعه آدوم و همکاران (۲۰۱۸) در نظر گرفته شده است. با این تفاوت که از آن‌جایی که سهم سوخت‌های مصرفی همچون نفت کوره در تولید برق نیروگاه‌ها در ایران بالاست لذا از این متغیر به عنوان متغیر جانشین انرژی‌های تجدیدپذیر در مدل استفاده می‌شود. از آن‌جایی که قیمت برق در ایران به صورت دستوری از طرف دولت تعیین می‌شود، نمی‌توان تفاوت اثرات برق تولیدی از طریق نیروگاه‌های برق آبی و حرارتی را با هم مقایسه کرد؛ بنابراین در این مدل، قیمت برق به عنوان تابعی از عوامل عرضه و تقاضا مدل‌سازی می‌شود. تقاضای برق^۵ (ED) به عنوان کل مصرف برق بر حسب کیلووات ساعت اندازه‌گیری می‌شود. از طرف عرضه، اثرات قیمت نفت کوره^۶ (OF)، نرخ بهره^۷ (IR)، نرخ ارز^۸ (ER) و ترکیب نسلی^۹ (GM) در نظر گرفته می‌شود. متغیر نرخ ارز به منظور جذب قدرت پول داخلی و پیامدهای آن بر تحولات قیمت در بخش برق در نظر گرفته شده است.

فرایند انتقال آثار تغییر نرخ ارز بر قیمت برق به این صورت است که نرخ ارز، امکان ارزیابی قیمت رقابتی یک کشور را فراهم می‌کند و یک متغیر مهم در اقتصادی است که درآمد آن حاصل فعالیت‌های صادراتی است (میس و روگوف^{۱۰}، ۱۹۸۳ و اوبستفلد و روگوف^{۱۱}، ۲۰۰۱). حتی با وجود قیمت

زغال سنگ سوختی ارزان و آسان برای تولید، در حال حاضر همچنان منبع اصلی سوخت برای تولید برق در سراسر جهان است که بیش از ۳۸ درصد ترکیب سوخت در سال ۲۰۱۸ را تشکیل می‌دهد. با این حال میزان استفاده از گاز طبیعی (۲۳/۴ درصد) می‌باشد. انرژی آبی نسبت به سایر انرژی‌های تجدیدپذیر به طور گسترده‌ای (تقریباً ۱۶ درصد) مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که انرژی بادی با ۴/۸ درصد و انرژی خورشیدی با ۲/۲ درصد به طور مداوم در حال رشد هستند. میزان استفاده از انرژی هسته‌ای نیز کمی بیش از ۱۰ درصد است. در اروپا، استفاده از انرژی هسته‌ای بسیار رایج است، به گونه‌ای که در فرانسه، انرژی هسته‌ای با توجه به تصمیمات صنعتی که در دهه‌ی ۱۹۷۰ گرفته شد، تا حد زیادی منبع اصلی تولید برق (بیش از ۷۰ درصد) است. زغال سنگ و گاز طبیعی، سهم کم و بیش مساوی از ترکیب نسلی تولید برق، مقداری حدود ۲۰ درصد را نشان می‌دهد. انرژی‌های باد و خورشیدی (بیش از ۱۳ درصد در ترکیب) در اروپا بیش از سایر جهان توسعه یافته‌اند (اژانس انرژی بین المللی^۱).

پیشینه‌ی تحقیق

روند رو به رشد مصرف انرژی، کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و نیز گرم شدن بیش از اندازه‌ی کره‌ی زمین از علل عمده و مهم در گرایش کشورها به استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر^۲ به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود. توسعه‌ی انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر منجر به کمک به تحقق اهداف توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی کشور می‌شود که از عوامل اساسی در رسیدن به توسعه‌ی پایدار در هر کشوری می‌شود. پروتکل کیوتو^۳ (۱۹۹۸) از جمله اقدامات ابتدایی در جهت جایگزینی انرژی تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی است. بسیاری از کشورهای جهان از جمله آلمان، اسپانیا، ایالات متحده و چین به دلیل آگاهی بیشتر از نگرانی‌های اقلیمی، سرمایه

⁷ Interest Rate

⁸ Exchange Rate

⁹ Generation Mix

¹⁰ Meese and Rogoff

¹¹ Obstfeld and Rogoff

¹ International Energy Agency

² Renewable Energies (RES)

³ Kyoto Protocol

⁴ Ballester and Furio

⁵ Electricity Demand

⁶ Furnace Oil price

پایدار نفت کوره، استهلاک پول داخلی باعث افزایش هزینه‌ی سوخت و لذا هزینه‌ی تولید خواهد شد.

جدول (۱): خلاصه‌ای از پیشینه‌ی تحقیق صورت گرفته شده تا کنون

نویسندگان	عنوان مقاله	نتیجه
ون ^۱ و همکاران (۲۰۲۲)	تأثیر دینامیک باد-آب بر قیمت برق: تحلیل اقتصاد سنجی فضایی فصلی	این مقاله، تأثیر تولید متناوب باد، همراه با ظرفیت آبی معین، بر قیمت عمده‌فروشی برق را بررسی می‌کند که هم اثرات مکانی و هم فصلی را در نظر بگیرد.
سیرین و ییلماز ^۲ (۲۰۲۱)	تأثیر فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر متغیر بر بازارهای برق: تحلیلی از بازار تعادل ترکیه	این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر متغیر (بادی و آبی رودخانه‌ای) بر قیمت‌های متعادل‌کننده بازار ترکیه نشان می‌دهد که با افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر متغیر، قیمت نهایی سیستم کاهش می‌یابد.
وامپاشی ^۳ و همکاران (۲۰۲۱)	تولید باد و پویایی قیمت برق در استرالیا	در این مقاله با استفاده از مدل EGARCH، اثرات تولید برق بادی بر پویایی قیمت‌های برق اندازه‌گیری می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که افزایش ۱ گیگاوات ساعتی در تولید باد، قیمت‌های روزانه را تا ۱/۳ مگاوات ساعت/دلار کاهش می‌دهد و معمولاً نوسان قیمت را تا ۲٪ افزایش می‌دهد.
آسلید و همکاران (۲۰۲۱)	قیمت‌گذاری برق در شبکه‌های محدود تحت سلطه تولید تجدیدپذیر تصادفی و ذخیره انرژی الکتریکی	نتایج این مقاله نشان می‌دهد که چگونه انرژی تجدیدپذیر متغیر، در این مورد تولید فنون‌تائیک خورشیدی، برخی از تولیدات حرارتی گران قیمت را جایجا کرده و قیمت را کاهش می‌دهد. این مقاله فرض می‌کند که تقاضا غیرقابل انعطاف است. با این حال، قیمت برق حاصل به نوبه خود به تأمین امنیت و کاهش نوسان قیمت کمک می‌کند.
ماکدو ^۴ و همکاران (۲۰۲۰)	تأثیر ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در شکل‌گیری قیمت برق در پرتغال	نتایج اصلی برای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که تولید برق از نیروی باد باعث کاهش قیمت برق اما افزایش نوسانات آن می‌شود.
آدوم و همکاران (۲۰۱۸)	تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر (آبی) بر قیمت برق در غنا: رویکرد کوتاه مدت و بلندمدت	به دلیل بالا بودن هزینه سرمایه اولیه، تولید پایدار انرژی تجدیدپذیر نیاز به سیستم پشتیبانی دولت دارد. در مورد این امتیاز، برخی معتقدند که مصرف‌کننده احتمالاً حامل نهایی این طرح‌های حمایتی است. در نتیجه استفاده از انرژی تجدیدپذیر، قیمت مصرف‌کننده در بخش برق را افزایش می‌دهد.
آنگر ^۵ و همکاران (۲۰۱۷)	تجزیه و تحلیل بلندمدت اثر تغییرات در عرضه برق شمال اروپا بر قیمت برق دانمارکی و فنلاند	نویسندگان این مقاله به پژوهش بر روی کشورهای منطقه نوردیک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تولیدکنندگان برق نیروگاه آبی می‌توانند با کاهش یا افزایش سطح مخزن، میزان تاخیر در تولید را افزایش یا کاهش می‌دهند. بنابراین سطح بالاتر مخزن علاوه بر این‌که باعث کاهش قیمت برق می‌شود، خطر سرریز شدن آب را نیز کاهش می‌دهد.
آدوم و همکاران (۲۰۱۷)	آیا تمرکز انرژی تجدیدپذیر واریانس/عدم قطعیت قیمت برق در آفریقا را افزایش می‌دهد؟	نتیجه این تحقیق بیان می‌دارد که انرژی آبی، واریانس قیمت برق را افزایش می‌دهد.
دهقانی و همکاران (۱۴۰۰)	بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق در ایران	نویسندگان در این مقاله با استفاده از الگوی خود توضیح برداری طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ به این نتیجه رسیدند که در بلندمدت، از بین انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر انرژی خورشیدی بر تولید برق، در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیشتر است و باید سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی را در اولویت قرار داد.
شکوری گنجوری و همکاران (۱۳۹۹)	ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تولید برق از تکنولوژی‌های تجدیدپذیر و گازی	نتایج مقاله نشان داد که هزینه تمام شده تولید برق از سوخت‌های فسیلی، از هزینه تمام شده تولید برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر بیشتر است و تکنولوژی‌های تجدیدپذیر بیشترین انطباق را با معیارهای پایداری دارند.
شیرزور علی آبادی و صمدی (۱۳۹۸)	تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر رفاه اقتصادی	در این تحقیق اثر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر روی شاخص‌های رفاه در سطح ملی طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۵۰، با استفاده از مدل انگل-گرنجر بررسی شده است. نتایج تخمین‌ها نشان داد که در بلندمدت مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و دیگر متغیرها بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارند.
باصری و همکاران (۱۳۹۸)	اثرات مالی گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی در ایران	در الگوی برآوردی این پژوهش در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ بر اساس روش الگوهای خودرگرسیون با وقفه‌های تاخیری، ضریب انرژی برق آبی به عنوان شاخصی از انرژی‌های تجدیدپذیر ۰/۰۹ معنادار و مثبت و شدت اثرگذاری بر تولید را بازگو می‌کند. با توجه به شدت انرژی برق آبی میزان اثرگذاری این نوع انرژی در حدود ۱۰ درصد است.

⁴ Macedo

⁵ Unger

¹ Wen

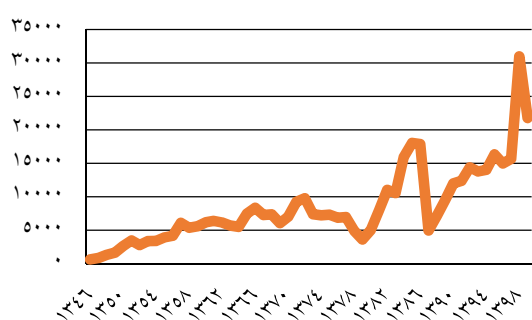
² Sirin and Yilmaz

³ Mwampashi

نشان می‌دهد. برای استخراج این متغیر، از انحراف استاندارد آب، که در معادله (۵) محاسبه شده، استفاده می‌شود.

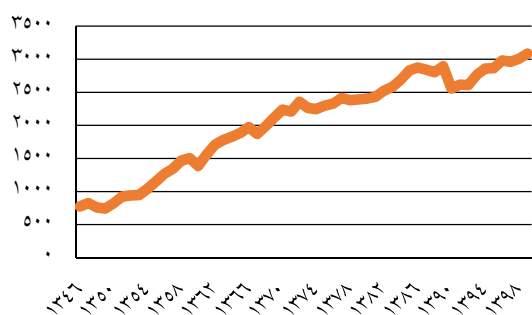
$$H_v = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (H_n - \bar{H})^2} \quad (5)$$

شکل (۱) نوسانات در تولید مبتنی بر آب را نشان می‌دهد. تولید برق مبتنی بر نیروگاه‌های برق آبی تا سال ۱۳۷۹ پایین بود. فراتر از این دوره، شاهد تنوع قابل توجهی در منبع تولید نیروگاه‌های برق آبی هستیم. به ویژه، در سال ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲، تغییر در تولید بر پایه‌ی آبی زیاد بوده است.



شکل(۱): نوسانات در تولید برق مبتنی بر آب

غیرقابل پیش‌بینی بودن تقاضا، تصمیمات عرضه را ضعیف می‌سازد و باعث ایجاد تحولات منفی در قیمت‌گذاری در بخش برق می‌شود. به‌طور گسترده، این عدم قطعیت‌ها در تقاضا ناشی از تغییر رفتارهای مصرف انرژی، پویایی جمعیت و تغییر شرایط اقتصادی است. عدم قطعیت‌های تقاضا از این منابع، نوسانات زیاد رو به رشدی در تقاضا را به دنبال دارد که بر برنامه‌ریزی سیستم و تحولات قیمت در بخش مذکور تأثیر می‌گذارد.



شکل(۲): نوسانات تقاضای برق

لازم به ذکر است که برای این منظور از نرخ ارز رسمی اعلام شده توسط بانک مرکزی بهره گرفته شده است، چراکه نیازهای ارزی تولیدکنندگان برق، اغلب توسط دولت حمایت می‌شود.

نرخ بهره برای جذب اثر هزینه‌ی سرمایه در بخش برق در مدل گنجانده شده است. از نظر فیشر^۱، نرخ بهره اسمی، نرخ بازدهی دارایی‌هاست و نرخ بازدهی سهام و نرخ سود علی الحساب سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت که در این تحقیق از آن‌ها استفاده می‌شود، نمونه‌ای از آن‌هاست. متغیر استهلاک سیستم، ناکارآمدی مدیریتی و فنی در بخش برق را در نظر می‌گیرد. برای کمک در برآورد این مسئله، از دو شاخص تلفات انتقال و توزیع^۲ (TDL) و شکاف تقاضا و عرضه^۳ (DSG) در سیستم استفاده می‌شود (بانک جهانی^۴، ۲۰۰۷). هر چه استهلاک سیستم افزایش یابد عرضه کاهش و در نتیجه قیمت برق افزایش خواهد یافت. برای ترکیب نسلی نیز از نسبت برق تولید شده از منابع آبی (متغیر H₂O) استفاده می‌شود. معادله (۴) مدل قیمت برق در بلندمدت را مطابق با پژوهش صورت گرفته توسط آدوم و همکاران (۲۰۱۸) نشان می‌دهد، جایی که قیمت به‌عنوان میانگین تعرفه کاربر نهایی [eut] اندازه‌گیری می‌شود.

$$eut_t = \alpha + \beta OF_t + \delta STH_t + \phi ER_t + \gamma IR_t + \eta GM_t + \kappa ED_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

در این مطالعه برای قیمت برق از قیمت اسمی برق استفاده می‌شود. این بدان دلیل است که تغییرات در قیمت برق می‌تواند منعکس‌کننده‌ی تغییرات تورم داخلی و بین‌المللی باشد. علاوه بر این، مدل (۴) به منظور این که نوسانات تقاضا و عرضه‌ی برق را شامل شود، بسط داده می‌شود. نوسان در تولید برق مبتنی بر آب در ایران عمدتاً ناشی از طبیعت غیرقابل پیش‌بینی آب و هوا است. این امر محدودیت‌های جدی در عرضه ایجاد می‌کند و اقتصاد را تحت فشار قرار می‌دهد تا به گران‌ترین منبع انرژی، که منبع بر پایه‌ی حرارت است، وابسته شود. تغییر در تولید مبتنی بر آب به‌طور غیر مستقیم اثر آب و هوا بر قیمت برق را در نظر می‌گیرد. به عبارت دیگر، این کار خطر مرتبط با استفاده از فناوری را

³ Demand-Supply Gap

⁴ World Bank

¹ Fisher

² Transmission and Distribution Losses

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta DSG_t + \phi H2O_t + \gamma OF_t + \eta IR_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

در مدل سوم (معادله ی ۹)، نقش استهلاک سیستم در تعیین قیمت برق حذف می شود.

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta H2O_t + \phi OF_t + \gamma IR_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

در مدل چهارم (معادله ی ۱۰) نیز برق تولید شده از نیروگاه های حرارتی جایگزین برق تولیدی نیروگاه های برق آبی می شود.

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta STH_t + \phi OF_t + \gamma IR_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

در مدل پنجم (معادله ی ۱۱)، مجدداً از برق تولیدی نیروگاه های برق آبی استفاده می شود با این تفاوت که متغیر مصرف برق (ED) نیز وارد معادله ی تعیین قیمت برق می شود.

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta ED_t + \phi H2O_t + \gamma OF_t + \eta IR_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

تنها تفاوت مدل ششم (معادله ی ۱۲) با مدل پنجم در جایگزینی برق تولیدی نیروگاه های حرارتی با نیروگاه های برق آبی است.

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta STH_t + \phi ED_t + \gamma OF_t + \eta IR_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta H_V + \phi D_V + \gamma OF_t + \eta IR_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

و نهایتاً در مدل ششم (معادله ی ۱۳)، نوسانات در آب و تقاضا وارد مدل شده و اثر آن ها به همراه اثر متغیرهای نرخ ارز، نرخ بهره و قیمت نفت کوره بر قیمت برق سنجیده می شود.

در این تحقیق، متغیرهای قیمت نفت کوره و قیمت برق متوسط وزنی تعرفه ی نهایی (ریال بر حسب کیلووات ساعت) از ترازنامه ی انرژی کشور و همچنین متغیرهای مصرف برق (میلیون کیلووات ساعت)، تولید ناویژه ی برق، برق تولیدی از منابع آب و حرارتی و تلفات انتقال و توزیع نیز از سالنامه ی آماری صنعت برق به دست آمده اند. برای متغیر نرخ بهره از نرخ سود علی الحساب سپرده های سرمایه گذاری بلندمدت استفاده شده و به همراه متغیر نرخ ارز رسمی از سایت بانک مرکزی گردآوری شده اند. دوره ی زمانی پژوهش حاضر نیز از سال ۱۳۶۱ لغایت ۱۳۹۹ می باشد.

شکل (۲) نمودار نوسانات تقاضا را نشان می دهد. همان طور که در شکل مشخص است میزان نوسانات در ایران تا حدودی متعادل بوده اما از روند رو به رشدی در مصرف برق برخوردار است. میزان این نوسانات در تقاضا تا پیش از سال ۱۳۶۶ اندک و پس از آن با مقداری تلاطم روبرو بوده اما به طور کلی می توان نتیجه گرفت که نوسانات نسبتاً متعادل است.

برق را نمی توان ذخیره کرد، بنابراین، تغییرات در عرضه می توانند تغییرات تقاضا را ایجاد کنند. با این حال، همان طور که در هر دو شکل نشان داده شده است، ارتباط بین تغییرات عرضه ی منابع آبی که یکی از منابع اصلی تغییرپذیری عرضه در کشور است، و تغییرات تقاضا، بسیار ضعیف است. این نشان می دهد که، سایر عوامل محرک تغییرپذیری تقاضا مانند پویایی جمعیت، پویایی اقتصادی و رفتارهای مصرف انرژی وجود دارد. همچنین برای استخراج این متغیر، انحراف استاندارد تقاضا با استفاده از معادله ی (۶) محاسبه می شود،

$$D_v = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (D_n - \bar{D})^2} \quad (6)$$

که در آن D_n میزان تقاضا در سال n ام، n تعداد سال های مورد نظر و \bar{D} مقدار میانگین تقاضا در بازه زمانی مورد بررسی پژوهش است. نهایتاً با بسط معادله ی (۴) و در نظر گرفتن نوسانات در آب و تقاضا، از هفت مدل که از مطالعات آدوم و همکاران (۲۰۱۷ و ۲۰۱۸) اقتباس شده است، به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مختلف بر قیمت برق استفاده می شود. بدین صورت که در مدل اول (معادله ی ۷)، اثر متغیرهای نرخ ارز (ER)، نرخ بهره (IR)، قیمت نفت کوره (OF)، نسبت برق تولید شده از نیروگاه های برق آبی (H_2O) و استفاده از متغیر تلفات انتقال و توزیع (TDL) برای بررسی استهلاک سیستم بر قیمت برق مورد بررسی قرار می گیرد. مقادیر پارامترهای $\beta, \delta, \phi, \gamma, \eta$ ضرایب متغیرهای اشاره شده بوده و α عرض از مبدا مدل می باشد. همچنین ε_t میزان خطای استاندارد مدل را نشان می دهد.

$$eut_t = \alpha + \beta ER_t + \delta TDL_t + \phi H2O_t + \gamma OF_t + \eta IR_t + \varepsilon_t \quad (7)$$

تفاوت مدل دوم (معادله ی ۸) با مدل اول در جایگزینی متغیر شکاف عرضه و تقاضا (DSG) برای بررسی استهلاک سیستم به جای متغیر تلفات انتقال و توزیع است.

تخمین مدل

جدول (۲): نتایج آزمون مانایی متغیرها

متغیرها	سطح احتمال	تفاضل مرتبه اول	نتیجه آزمون
LDSG	-۰/۸۸ (-۲/۹۵)	-۷/۸۰** (-۲/۹۵)	I(1)
LDv	-۳/۵۱** (-۲/۹۵)	-	I(0)
LED	-۲/۶۶* (-۲/۹۵)	-	I(0)
LER	-۳/۰۶** (-۲/۹۵)	-	I(0)
Leut	-۱/۶۴ (-۲/۹۵)	-۴/۸۳*** (-۲/۹۵)	I(1)
LH2O	-۱/۹۲ (-۲/۹۵)	-۶/۱۳*** (-۲/۹۵)	I(1)
LHv	۱/۰۰ (-۲/۹۵)	-۳/۹۳*** (-۲/۹۵)	I(1)
LIR	-۲/۱۵** (-۲/۹۵)	-	I(0)
LOF	-۰/۸۴ (-۲/۹۵)	-۵/۹۷*** (-۲/۹۶)	I(1)
LSTH	-۶/۱۶** (-۲/۹۵)	-	I(0)
LTDL	-۱/۹۰ (-۲/۹۵)	-۶/۲۴*** (-۲/۹۵)	I(1)

* علامت **، * و * به ترتیب معناداری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است. همچنین اعداد درون پرانتز، مقادیر خطای استاندارد را نشان می‌دهد.

جدول (۳): نتایج آزمون تست محدود^۳

مدل	F-statistic	سطح معناداری ۱۰٪		سطح معناداری ۵٪	
		کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین
مدل ۱	۴/۶۶۷				
مدل ۲	۴/۷۷۴				
مدل ۵	۵/۰۵۷			۲/۶۲	۳/۷۹
مدل ۶	۵/۰۱۱				
مدل ۷	۴/۵۷۹				
مدل ۳	۵/۸۱۵	۳/۵۲	۲/۴۵	۴/۰۱	۲/۸۶

همان‌طور که در جدول (۳) نشان داده شده است در این مقاله از هفت مدل به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مختلف بر قیمت برق استفاده می‌شود. جدول (۴)، نتایج برآورد کوتاه‌مدت را برای مدل‌های مختلف نشان می‌دهد.

تحلیل نتایج برآورد حاصل از مدل ۱

در این مدل به بررسی رابطه‌ی متغیرهای نرخ ارز، تلفات انتقال و توزیع، تولید برق مبتنی بر آب، قیمت نفت کوره و نرخ بهره بر قیمت برق پرداخته می‌شود. جدول (۴) تخمین کوتاه‌مدت و جدول (۵) نیز برآورد بلندمدت را برای مدل‌های مختلفی که تخمین زده می‌شود، نشان می‌دهد. متغیر تولید برق مبتنی بر آب دارای تأثیر منفی بر قیمت برق در کوتاه‌مدت است. به عبارتی در کوتاه‌مدت، افزایش سهم تولید برق مبتنی بر آب، هزینه‌ی برق کم‌تری را به مصرف‌کنندگان تحمیل می‌کند هر چند که ضریب آن معنادار نمی‌باشد (به

در این بخش به تخمین مدل و بررسی نتایج پرداخته می‌شود. این کار با تجزیه و تحلیل اولیه‌ی داده‌ها شروع می‌شود و با بحث در مورد پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت تولید برق مبتنی بر آب بر قیمت برق ادامه می‌یابد.

در داده‌های سری زمانی، قبل از آن‌که به تخمین معادلات الگو پرداخته شود، برای جلوگیری از به‌دست آوردن رگرسیون کاذب باید آزمون ریشه واحد برای تعیین مانایی متغیرها انجام گیرد. در این مطالعه از آزمون دیکی‌فولر^۱ تعمیم‌یافته برای بررسی مرتبه‌ی متغیرها استفاده شده است.

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که متغیرهای مدل ترکیبی از I(0) و I(1) می‌باشند، به گونه‌ای که متغیرهای شکاف تقاضا-عرضه، تقاضای برق، میانگین تعرفه‌ی کاربر نهایی، تولید برق مبتنی بر آب، انحراف استاندارد آب، قیمت نفت کوره و تلفات انتقال و توزیع در تفاضل مرتبه اول و متغیرهای انحراف استاندارد تقاضا، نرخ ارز، نرخ بهره و استهلاک سیستم در سطح، مانا هستند. این امر امکان استفاده از الگوی خودتوضیح با وقفه‌های گسترده پیشنهاد شده توسط پسران و همکاران^۲ (۲۰۰۱) را می‌دهد. از آن جایی که متغیرهای مورد استفاده در مقاله، ترکیبی از وقفه‌های متفاوت هستند لذا از آزمون علیت گرنجر^۳ به منظور بررسی وجود رابطه علی میان متغیرها و متغیر وابسته استفاده شد و نتایج حاصل از آن بر وجود رابطه علی میان متغیرها صحه گذاشته که البته به دلیل تعداد زیاد متغیرها و حجم بالای نتایج، به تفصیل ارائه نشده است.

در جدول (۳) آزمون همگرایی مرزها^۴ نشان داده شده است. این جدول نشان می‌دهد که آماره F به‌دست آمده از مقدار بحرانی پسران و همکاران برای هر هفت مدل تخمین زده شده، بیش از مقادیر بحرانی کران بالای خود در تمامی سطوح معناداری می‌باشند. از این‌رو، فرضیه صفر، عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها، رد می‌شود، بدین معنی که یک مدل قیمت تعادل بلندمدت وجود دارد. بنابراین، در ادامه‌ی مقاله به برآورد مدل‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت پرداخته می‌شود.

³ Granger causality

⁴ Bound Test

¹ Dickey-Fuller Test

² Pesaran et al.

است که با افزایش در قیمت آن‌ها، قیمت برق نیز افزایش یابد. مطابق جدول (۴)، در کوتاه‌مدت، افزایش بهای نفت کوره، اثر مثبتی بر قیمت برق خواهد داشت و منجر به افزایش قیمت برق می‌شود. جدول (۵) نیز نشان می‌دهد که اثر بلندمدت قیمت نفت کوره بر قیمت برق، مثبت و ترمی است. براساس برآورد، افزایش ۱۰ درصدی قیمت نفت خام، در بلندمدت باعث می‌شود قیمت برق تقریباً ۳ درصد افزایش یابد. بنابراین، در این مدل، قیمت بالاتر نفت کوره هزینه‌ی بالاتر برق را به مصرف‌کنندگان تحمیل می‌کند. نفت کوره یک نهاده مستقیم است که در تولید برق از طریق منابع حرارتی و آبی استفاده می‌شود. بنابراین با افزایش قیمت نفت کوره، هزینه‌ی تولید انرژی در هر دو منبع نیز افزایش می‌یابد، اما مهم‌تر از همه، این افزایش قیمت در بخش تولید حرارتی ایجاد می‌شود، چرا که در آن نفت و گاز مهم‌ترین منابع سوخت هستند. به‌طور کلی، نتایج حاکی از آن است که، اثرگذاری قیمت نفت کوره به قیمت برق تدریجی است و بیشتر در بلندمدت تحقق می‌یابد.

یکی از عناصر پراهمیت در سرمایه‌گذاری یا عدم سرمایه‌گذاری در یک صنعت، هزینه تأمین سرمایه به‌منظور «جبران استهلاک» و «توسعه صنعت» است. سرمایه‌گذاران همواره هزینه فرصت منابع مالی مورد استفاده برای سرمایه‌گذاری صنعتی را ارزیابی می‌کنند. سرمایه‌گذاری در یک صنعت زمانی انجام می‌پذیرد که منافع مورد انتظار حاصل از سرمایه‌گذاری در آن صنعت حداقل برابر بازدهی سایر فعالیت‌ها باشد. در این میان سیاست‌گذاران همواره سرمایه‌گذاری‌های کلان در طرح‌های زیربنایی را یکی از نیازهای اساسی کشورهای در حال توسعه می‌دانند. اما دولت‌ها قادر نیستند به تنهایی سرمایه‌ی لازم برای تأمین مالی این پروژه‌ها را مهیا کنند. در این میان انتظار دولت این است که سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای توسعه ظرفیت نیروگاهی، توسط بخش خصوصی انجام شود. مدل‌های ۱ و ۳ نشان می‌دهند که نرخ بهره نیز تأثیر مثبت فوری بر قیمت برق دارد. همان‌طور که مشخص است فرض بر این است که در ابتدا با افزایش نرخ بهره، سرمایه‌گذاری‌ها در بخش برق توسط بخش خصوصی افزایش می‌یابد. این موضوع در ادامه منجر به توجه بیشتر به این صنعت و اثرگذاری مثبت بر روی

جدول (۴)، مدل ۱ رجوع شود). جدول (۵) نیز نشان می‌دهد که تأثیر بلندمدت متغیر تولید برق مبتنی بر آب بر قیمت برق نیز منفی است هر چند که مطابق با مفروضات اولیه انتظار بر این است که این متغیر در ابتدا در کوتاه‌مدت به علت هزینه‌ی راه‌اندازی بالایی که نیروگاه‌های برق‌آبی دارند، اثر افزایشی و در بلندمدت اثر کاهشی بر قیمت برق داشته باشد؛ اما این متغیر در مدل ۱ هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت معنادار نیست.

براساس مدل ۱، نرخ ارز در کوتاه‌مدت، تأثیر فوری بر قیمت برق را نشان می‌دهد. اما تأثیر نرخ ارز بر قیمت با گذشت زمان افزایش می‌یابد. با این حال، در بلندمدت، استهلاک پول داخلی تأثیر ترمی بر قیمت برق دارد (به جدول (۵)، مدل ۱ رجوع شود). کشش بلندمدت نرخ ارز، $0/48$ تخمین زده شده که نشان می‌دهد برای ۱۰ درصد افزایش نرخ ارز، قیمت برق در بلندمدت $4/8$ درصد افزایش خواهد یافت. نتیجه‌ی به‌دست آمده مطابق با انتظارات که همانا اثرگذاری افزایشی بر قیمت برق است، پیش رفت. صنعت برق به‌رغم خودکفایی اعلام شده از طرف مسئولان دولتی آن به هیچ وجه بی‌نیاز از ارز نبوده بلکه یکی از صنایعی است که اثرپذیری آن از ارز حدود ۹۰ درصد است؛ چرا که به واردات مواد اولیه و برخی از تجهیزات که در داخل به دلیل موارد تکنولوژیکی و بعضاً دانشی امکان تولید ندارند، وابسته است. از طرفی نرخ فلزات اساسی مورد نیاز این صنعت نظیر مس، آلومینیوم، روی، فولاد و حتی آهن‌آلات بر اساس نرخ اعلامی بورس‌های خارجی و نرخ دلار در بورس ایران تعیین قیمت می‌شوند که این خود اثری مضاعف بر قیمت تمام شده‌ی کالاهای مرتبط با آن‌ها خواهد داشت. تأثیر کلی آن نیز به این صورت است که، ممکن است قیمت برق افزایش یابد. وجود اثر ترمی نرخ ارز بر قیمت برق در کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که اثر گذرا از استهلاک نرخ ارز به قیمت برق در کشور بسیار ترمی است و در بلندمدت این تأثیر، با شدت بیشتری نیز افزایش می‌یابد.

قیمت نفت کوره تأثیر فوری بر قیمت برق نشان نمی‌دهد، اما تأثیر آن بعداً اتفاق می‌افتد و با گذشت زمان، این تأثیر افزایش نیز می‌یابد. از آنجایی که قیمت نهاده‌های اولیه تأثیر مستقیمی بر قیمت برق خواهد داشت انتظار بر این

سرمایه‌گذاری در آن زمینه به نحو چشم‌گیری افزایش یافته است.

تأثیر متغیر تلفات انتقال و توزیع بر قیمت برق هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت معنی‌دار نیست (به مدل ۱ در جداول (۴) و (۵) رجوع شود) هر چند که انتظار اولیه بر آن است که افزایش تلفات، اثرگذاری منفی بر قیمت برق داشته باشد. ضریب تصحیح خطا به‌طور قابل توجهی منفی است و این نشان می‌دهد که به دنبال اختلال در سیستم، درجه بالایی از تعادل در بخش برق وجود دارد. بنابراین، تأثیر شوک‌های کوتاه‌مدت بر قیمت تعادلی موقتی است. به عبارتی ضریب تصحیح خطا نشان می‌دهد که قیمت برق در هر سال، ۴۵ درصد به سمت تعادل بلندمدت تعدیل می‌شود. همچنین بر اساس آماره F معناداری کل مدل پذیرفته می‌شود.

تحلیل نتایج برآورد حاصل از مدل ۲

در این مدل متغیر شکاف تقاضا-عرضه جایگزین تلفات انتقال و توزیع می‌شود. این متغیر هم جنبه‌های فنی تولید و هم جنبه‌های رفتاری مصرف‌کنندگان را، هر چند به شکلی فشرده‌تر، در خود دارد. همان‌گونه که مشخص است در صورتی که تقاضای برق از عرضه آن پیشی بگیرد منجر به افزایش در قیمت برق گشته و برعکس با وجود مازاد عرضه در تولید برق میزان اتلاف انرژی بالا رفته که این امر نیز مجدداً اثر مثبتی بر قیمت برق می‌گذارد. بنابراین انتظار بر این است که با افزایش شکاف تقاضا-عرضه، حداقل در کوتاه-مدت، افزایش در قیمت برق را شاهد باشیم. مدل ۲ نشان می‌دهد که تأثیر شکاف تقاضا-عرضه، در کوتاه‌مدت در ابتدا منفی ولی در ادامه مثبت می‌شود ولی در بلندمدت تأثیر منفی بر قیمت برق دارد. به عبارتی در بلندمدت با افزایش شکاف تقاضا-عرضه، قیمت برق کاهش می‌یابد. سایر نتایج به استثنای متغیر شکاف تقاضا-عرضه به قوت خود باقی می‌مانند. در ادامه، به منظور بررسی احتمال زائد بودن متغیرهای شکاف تقاضا-عرضه و تلفات انتقال و توزیع، در معرض آزمون افزونگی قرار داده شده‌اند که نتایج آن در جدول (۶) نشان داده شده است.

قیمت برق می‌شود. بنابراین، در کوتاه‌مدت، افزایش هزینه‌ی سرمایه، احتمال افزایش قیمت برق را بیشتر می‌کند. این داستان در بلندمدت نیز اتفاق می‌افتد. در بلندمدت نرخ بهره تأثیر مثبت قابل توجهی بر قیمت برق دارد به گونه‌ای که افزایش ده درصدی نرخ بهره منجر به افزایش ۱۰/۵ درصدی قیمت برق خواهد شد (به مدل ۱ جدول (۵) رجوع شود). بنابراین، در این مدل، هزینه‌ی بالاتر سرمایه باعث افزایش قیمت برق خواهد شد و از این‌رو، هزینه‌ی کم‌تری را به مصرف‌کنندگان تحمیل می‌کند. سرمایه‌گذاری در بخش برق بسیار با اهمیت است و این بدان معنی است که، افزایش در هزینه‌ی سرمایه به شدت بر هزینه‌ی تولید و از این‌رو قیمت برق تأثیر خواهد گذاشت. اما نتایج فوق حاکی از آن است که اثرگذاری نرخ بهره تدریجی است و در بلندمدت تحقق می‌یابد.

سهولت در دسترسی به منابع مالی در کشور می‌تواند تأثیری مثبت بر روند سرمایه‌گذاری داشته باشد. این که سرمایه‌گذار بتواند بخشی از سرمایه‌ی مورد نیاز خود را از منابع داخلی به آسانی و به قیمت مناسب تأمین کند، از نقطه نظر سرمایه‌گذاری، مزیتی اقتصادی تلقی می‌شود. به اعتقاد تحلیل‌گران اقتصادی این امر مستلزم وجود نرخ پس‌انداز نسبتاً بالا و مکانیزمی است که این منابع را به سوی سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز اقتصاد ملی و در صورت مازاد به سوی سرمایه‌گذاری‌های خارجی سوق دهد. در اقتصاد، وظیفه تجهیز منابع پس‌اندازی به سوی مصارف سرمایه‌گذاری توسط بازارهای مالی و سرمایه انجام می‌شود. به این ترتیب از جمله ابزارهای مهم در تجهیز منابع مالی در سطح اقتصاد کلان وجود سیستم بانکی، نرخ بهره، بازار سرمایه و موارد مرتبط با آن‌هاست (حسین‌زاده، ۱۳۸۹). در این میان فعالان اقتصادی بر این باورند که باتوجه به رقابتی که در بازارهای مالی برای جذب سرمایه‌گذاران وجود دارد، جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حوزه‌های زیربنایی جز با حمایت‌های دولت و برقراری تسهیلات، مشوق‌ها و اطمینان‌های لازم توسعه نمی‌یابد. در ایران نیز همین روال حکم‌فرماست، به‌طوری که در مقاطعی که بسترسازی مناسب و ثبات اقتصادی و اجتماعی و حمایت‌های مکفی در زمینه‌های خاص برقرار شده، تمایل بخش خصوصی به

جدول (۴): نتایج تخمین کوتاه مدت ARDL

متغیرها	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل ۵	مدل ۶	مدل ۷
$\Delta Leut(1)$	(۰/۱۰) ۰/۵۵***	(۰/۰۸) ۰/۵۶***	(۰/۱۰) ۰/۵۴***	(۰/۰۹) ۰/۵۸***	(۰/۰۹) ۰/۵۰***	(۰/۰۹) ۰/۶۰***	(۰/۰۹) ۰/۵۱***
ΔLER	(۰/۰۸ (۰/۰۶) ۰/۰۸ (۰/۰۶)	(۰/۰۵ (۰/۰۵) ۰/۰۵ (۰/۰۵)	(۰/۰۵ (۰/۰۵) ۰/۰۵ (۰/۰۵)	(۰/۰۶ (۰/۰۵) ۰/۰۶ (۰/۰۵)	(۰/۰۴ (۰/۰۵) ۰/۰۴ (۰/۰۵)	(۰/۰۵ (۰/۰۵) ۰/۰۵ (۰/۰۵)	(۰/۰۵ (۰/۰۵) ۰/۰۷ (۰/۰۵)
$\Delta LER(1)$	(۰/۰۷ (۰/۰۷) ۰/۰۱ (۰/۰۷)	(۰/۰۲ (۰/۰۵) ۰/۰۲ (۰/۰۵)	(۰/۰۲ (۰/۰۶) ۰/۰۲ (۰/۰۶)	(۰/۰۲ (۰/۰۶) ۰/۰۲ (۰/۰۶)	(۰/۰۵ (۰/۰۵) ۰/۰۵ (۰/۰۵)	(۰/۰۳ (۰/۰۶) ۰/۰۳ (۰/۰۶)	(۰/۰۶ (۰/۰۶) ۰/۰۱ (۰/۰۶)
$\Delta LER(2)$	(۰/۰۶) ۰/۱۲**	(۰/۰۵) ۰/۱۵***	(۰/۰۶) ۰/۱۵***	(۰/۰۶) ۰/۱۲**	(۰/۰۵) ۰/۱۴***	(۰/۰۶) ۰/۱۰*	(۰/۰۶) ۰/۱۵***
$\Delta LTDL$	(۰/۱۰) -۰/۰۹	-	-	-	-	-	-
$\Delta LDSG$	-	(۰/۱۵) -۰/۰۴	-	-	-	-	-
$\Delta LDSG(1)$	-	(۰/۱۷) -۰/۴۹***	-	-	-	-	-
$\Delta LDSG(2)$	-	(۰/۱۶) ۰/۴۸***	-	-	-	-	-
ΔLH_2O	(۰/۰۷) -۰/۰۵	(۰/۰۸) -۰/۰۱	(۰/۰۸) ۰/۰۲	(۰/۰۸) ۰/۰۲	(۰/۰۹) -۰/۰۵	(۰/۰۹) -۰/۰۵	(۰/۰۹) -۰/۰۵
$\Delta LH_2O(1)$	-	(۰/۰۹) ۰/۰۷	(۰/۱۰) ۰/۰۲	(۰/۱۰) ۰/۰۲	(۰/۰۹) ۰/۰۳	(۰/۰۹) ۰/۰۳	(۰/۰۹) ۰/۰۳
$\Delta LH_2O(2)$	-	(۰/۰۸) -۰/۱۹**	(۰/۰۹) -۰/۱۹**	(۰/۰۹) -۰/۱۹**	(۰/۰۹) -۰/۲۷***	(۰/۰۹) -۰/۲۷***	(۰/۰۹) -۰/۲۷***
ΔLOF	(۰/۰۴) ۰/۰۲	(۰/۰۳) -۰/۰۲	(۰/۰۴) -۰/۰۱	(۰/۰۴) -۰/۰۱	(۰/۰۳) -۰/۰۳	(۰/۰۴) ۰/۰۱	(۰/۰۳) ۰/۰۲
$\Delta LOF(1)$	(۰/۰۴) ۰/۱۰**	(۰/۰۳) ۰/۱۱***	(۰/۰۴) ۰/۱۰***	(۰/۰۴) ۰/۰۹**	(۰/۰۳) ۰/۱۳***	(۰/۰۴) ۰/۱۱***	(۰/۰۴) ۰/۱۱***
ΔLIR	(۰/۱۶) ۰/۴۷***	(۰/۱۱) ۰/۵۸***	(۰/۱۱) ۰/۴۷***	(۰/۱۶) ۰/۵۸***	(۰/۱۳) ۰/۳۹***	(۰/۲۰) ۰/۵۳**	(۰/۱۳) ۰/۳۹***
$\Delta LSTH$	-	-	-	(۰/۰۴) -۰/۱۴***	-	(۰/۱۹) -۰/۰۵	-
ΔLED	-	-	-	-	(۰/۵۷) -۱/۰۲*	(۰/۶۳) -۰/۵۶	-
$\Delta LED(1)$	-	-	-	-	(۰/۶۶) ۲/۱۰***	(۰/۷۵) ۱/۷۰**	-
$\Delta LED(2)$	-	-	-	-	(۰/۵۴) -۰/۹۴*	(۰/۶۲) -۱/۲۳*	-
ΔLHv	-	-	-	-	-	-	(۰/۲۷) -۰/۴۴*
ΔLDv	-	-	-	-	-	-	(۰/۲۰) ۰/۲۲
ECT	(۰/۴۴) -۰/۴۴۷	(۰/۴۳) -۰/۴۳۶	(۰/۴۶) -۰/۴۶۰	(۰/۴۲) -۰/۴۲۲	(۰/۴۹) -۰/۴۹۶	(۰/۴۰) -۰/۴۰۱	(۰/۴۸) -۰/۴۸۹
R-Square	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵
Adj R-Square	۰/۹۹۲	۰/۹۹۵	۰/۹۹۳	۰/۹۹۲	۰/۹۹۵	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳
S. E. Regression	۰/۱۵۳	۰/۱۲۴	۰/۱۴۳	۰/۱۵۳	۰/۱۲۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۴
F-statistic	۵۸۴/۸۲۴	۵۹۷/۵۲۴	۵۹۴/۷۲۰	۶۶۶/۷۶۴	۵۷۹/۳۶۲	۵۱۷/۳۸۷	۶۶۳/۴۵۹
DW-statistic	۱/۸۴۵	۱/۸۱۳	۱/۸۰۲	۱/۸۱۶	۱/۳۶۴	۱/۵۱۶	۱/۸۴۸

* علامت ** و * به ترتیب معناداری در سطح ۰.۱ و ۰.۵ و ۱۰ درصد است. همچنین اعداد درون پرانتز، مقادیر خطای استاندارد را نشان می دهد.

همان طور که از نتایج جدول مشخص است در سطح پنج درصد معناداری نمی توان فرضیه صفر را رد کرد، به این معنی که متغیرهای مذکور در مدل های مربوطه زائد نیستند. این امر، ما را به برآورد مدل ۳ سوق می دهد. قبل از برآورد مدل ۳، به بررسی تجزیه واریانس ضرایب مدل ۳ با این تفاوت که در آن مدل، اثرات تولید مبتنی بر

حرارت و تولید مبتنی بر آب به طور همزمان در نظر گرفته شده، پرداخته می شود. آزمون تجزیه واریانس ضرایب نشان می دهد که این دو متغیر، در یک مدل، با یکدیگر همبستگی بالایی دارند (به جدول (۷) رجوع شود). این نتیجه، نامناسب بودن درج هر دو متغیر در یک مدل را نشان می دهد.

جدول (۵): نتایج تخمین بلندمدت

متغیرها	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل ۵	مدل ۶	مدل ۷
LER	۰/۴۸*** (۰/۰۸)	۰/۴۹*** (۰/۰۷)	۰/۴۹*** (۰/۰۷)	۰/۴۵*** (۰/۰۹)	۰/۴۷*** (۰/۰۶)	۰/۴۶*** (۰/۰۹)	۰/۴۶*** (۰/۰۷)
LTDL	-۰/۲۱ (۰/۲۳)	-	-	-	-	-	-
LDSG	-	-۰/۱۱* (۱/۸۰)	-	-	-	-	-
LH ₂ O	-۰/۱۱ (۰/۱۴)	-۰/۲۸* (۰/۱۵)	-۰/۳۲*** (۰/۰۸)	-	-۰/۵۹*** (۰/۱۹)	-	-
LOF	۰/۲۶*** (۰/۰۶)	۰/۲۱*** (۰/۰۶)	۰/۲۱*** (۰/۰۶)	۰/۳۴*** (۰/۰۷)	۰/۱۹*** (۰/۰۵)	۰/۲۸*** (۰/۰۸)	۰/۲۸*** (۰/۰۶)
LIR	۱/۰۵** (۰/۴۵)	۱/۳۲*** (۰/۳۷)	۱/۰۳*** (۰/۳۰)	۱/۳۸*** (۰/۴۴)	۰/۷۸*** (۰/۳۲)	۱/۳۱*** (۰/۵۷)	۰/۷۹*** (۰/۲۹)
LSTH	-	-	-	۱/۰۳*** (۰/۱۰)	-	-۰/۱۲ (۰/۴۷)	-
LED	-	-	-	-	۰/۲۹* (۰/۲۰)	-۰/۲۲ (۰/۴۰)	-
LH _v	-	-	-	-	-	-	-۰/۹۱* (۰/۵۶)
LD _v	-	-	-	-	-	-	۰/۴۵ (۰/۴۱)

* علائم **، * و * به ترتیب معناداری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است. همچنین اعداد درون پرانتز، مقادیر خطای استاندارد را نشان می دهد.

جدول (۶): آزمون افزونگی (Redundancy Test)

فرضیه	t-statistics	درجه آزادی	F-statistics	درجه آزادی
lnTDL معنادار است	[۰/۰۰۷۲] ۲/۱۸۶۶	۳۳	[۰/۰۰۷۲] ۸/۲۱۴	(۱، ۳۳)
lnDSG معنادار است	[۰/۰۰۱۰۳] ۲/۷۲۱	۳۳	[۰/۰۰۱۰۳] ۷/۴۰۳	(۱، ۳۳)

* اعداد درون براکت، مقادیر احتمال را نشان می دهد.

جدول (۷): تجزیه واریانس ضرایب

مقادیر ویژه	۷/۹۲۹۳	۰/۲۰۲۰	۰/۱۰۶۹	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۰۴	۹/۱e-۶
شرط	۱/۲e-۶	۴/۶e-۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۵	۰/۰۲۴۶	۱/۰۰۰
نسبت تجزیه واریانس						
متغیرها	مقادیر ویژه وابسته					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
lnER	۰/۳۱۷۷	-۰/۰۳۴۷	۰/۰۴۶۳	۰/۵۸۹۵	۰/۰۱۱۴	۰/۰۰۰۳
lnOF	۰/۰۸۶۰	-۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۵۱	۰/۸۱۱۹	۰/۰۸۶۴	۰/۰۰۰۲
lnIR	۶/۵e-۶	۰/۹۸۳۰	۰/۰۱۷۰	۴/۸e-۵	۴/۳e-۶	۱/۴e-۶
lnH ₂ O	۰/۴۴۱۵	۰/۲۹۵۴	۰/۲۴۹۴	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۱۱	۷/۸e-۵
lnSTH	۰/۵۱۱۸	۰/۴۱۱۰	۰/۰۷۵۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۶	۵/۳e-۵
C	۰/۹۹۹۹	۶/۵e-۶	۱/۸e-۷	۶/۶e-۷	۱/۰e-۷	۳/۹e-۹

تحلیل نتایج برآورد حاصل از مدل ۳

متغیرهای مورد استفاده در مدل ۳ نیز همانند مدل های ۱ و ۲ است با این تفاوت که متغیرهای شکاف تقاضا-عرضه و تلفات انتقال و توزیع در این مدل حذف شده اند. مطابق مدل ۳، تولید برق مبتنی بر آب تأثیر منفی قابل توجهی بر قیمت برق دارد. با این حال، اثر منفی نسبی بلندمدت تولید برق آبی بر قیمت برق به اندازه ای کافی بزرگ است تا از هرگونه اثرات جانبی کوتاه مدت این فناوری بر مصرف کنندگان پیشی بگیرد. براساس برآورد، احتمال افزایش ۱۰ درصدی سهم تولید برق آبی در بلندمدت حدود ۳/۲ درصد قیمت برق را کاهش می دهد. بنابراین، استقرار بیشتر منابع تجدیدپذیر آبی، در کوتاه مدت و بلندمدت، احتمالاً موجب کاهش قیمت

برای مصرف کنندگان برق خواهد شد و از این رو، بهبود رفاه کل اقتصاد را ارتقا می بخشد. اثر افزایشی نرخ ارز بر قیمت برق در کوتاه مدت، تدریجی است. در رویکرد کوتاه مدت، استهلاک پول داخلی کشور کم تر باعث افزایش قیمت برق می شود، اما در بلندمدت، تأثیر قابل توجهی بر افزایش قیمت برق دارد. همان طور که از اثرات نرخ ارز مشخص است، افزایش ۱۰ درصدی نرخ ارز در بلندمدت، ۴/۹ درصد قیمت برق را افزایش می دهد. به همین ترتیب، اثر تورمی نرخ بهره و قیمت نفت کوره به تدریج و در بلندمدت تحقق می یابد. افزایش ۱۰ درصدی قیمت نفت کوره و نرخ بهره باعث می شود قیمت برق در بلندمدت به ترتیب ۲/۱ و ۱۰/۳ درصد افزایش یابد. از مدل ۳ همچنین

این نتیجه بدست می‌آید که بعد از اختلال در سیستم، میزان بالایی از تعادل در بخش برق وجود دارد. ضریب تعدیل کوتاه مدت در حدود ۴۶ درصد است که نشان می‌دهد به ازای هر یک درصد انحراف از قیمت تعادلی، ۴۶ درصد این خطا در سال اول اصلاح می‌گردد.

تحلیل نتایج برآورد حاصل از مدل ۴ با تمرکز بر تولید برق مبتنی بر حرارت و قیمت برق

متغیر بودن تولید انرژی برق آبی در سال‌های مختلف به مقدار حجم آب موجود پشت سدها و به‌طور غیرمستقیم به وضعیت بارندگی و خشک‌سالی کشور باز می‌گردد. در حال حاضر بحران آب در کشور ایران و جنبه‌های مختلف آن بر کسی پوشیده نیست. وقوع کم‌آبی‌ها و خشک‌سالی‌ها، افزایش مصارف، از بین رفتن زیست‌بوم‌های آبی و تبعات زیست‌محیطی، همگی از ابعاد مختلف بحران آب هستند که در دهه‌های قبل کم‌تر از آن‌ها سخن به میان می‌آمد. این مشکلات موجب شده که مقوله سدسازی و سدها در مرکز توجه منتقدان و طرفداران آن قرارگیرد. یکی از موضوعاتی که به صورت مسائل پیرامونی مقوله‌ی سدسازی در کشور محل مناقشه موافقان و مخالفان است، مقوله‌ی نیروگاه‌های برق آبی است. در نیروگاه‌های برق آبی از آب جمع شده در پشت سدها برای تولید برق استفاده می‌شود. آب جمع شده در پشت سدها با برخورد به پره‌های توربین سبب چرخش روتور توربین می‌شود و چرخش روتور توربین نیز سبب چرخش ژنراتور و در نتیجه تولید برق می‌شود.

در حال حاضر، ساختار تولید در بخش برق به دلیل تغییرپذیری و نوسانات زیاد در منابع آب، به سمت فناوری تولید مبتنی بر حرارت پیش می‌رود. این نگرانی وجود دارد که ساختار فعلی تولید، که به میزان زیادی به نفت و گاز طبیعی بستگی دارد، از لحاظ کاهش هزینه‌ی تولید و قیمت برق، اثر رفاهی مورد نظر را نخواهد داشت. بنابراین، یک سناریو خلاف واقع برای مدل ۳ (به‌عنوان مثال مدل ۴) تخمین زده می‌شود که در آن متغیر تولید برق حرارتی جایگزین متغیر تولید برق آبی می‌شود. از آنجایی که کشور ایران منابع سوخت فسیلی فراوانی دارد انتظار بر این است که تولید برق مبتنی بر نیروگاه‌های حرارتی که از سوخت فسیلی به عنوان نهاده اولیه استفاده می‌کنند اثرگذاری

کاهشی بر قیمت برق داشته باشد. همان‌طور که از نتایج حاصل از مدل ۴ در جدول (۴) مشخص است تولید برق مبتنی بر حرارت اثر منفی فوری بر قیمت برق دارد. بنابراین، تولید برق مبتنی بر حرارت در کوتاه‌مدت، احتمال افزایش قیمت و به خطر انداختن رفاه اقتصادی در کشور را کم‌تر نشان می‌دهد. این نتیجه‌گیری در بلندمدت نیز صادق است. مدل ۴ در جدول (۵) نشان می‌دهد که اثر بلندمدت فناوری تولید مبتنی بر حرارت بر قیمت برق منفی است. به منظور توجیه رابطه‌ی به‌دست آمده می‌توان ادعان کرد که طبق گفته‌ی کارشناسان اقتصاد انرژی کشور، در حال حاضر در محاسبه و تعیین قیمت کنونی برق، تنها هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌ی بهره‌برداری نیروگاه‌ها بدون احتساب قیمت واقعی سوخت و هزینه‌ی آلاینده‌ی زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شود در حالی که باید این رویه اصلاح شود. برآورد بلندمدت، افزایش ده درصدی در سهم انرژی تولیدی مبتنی بر حرارت باعث می‌شود قیمت برق تا ۳/۳ درصد کاهش یابد.

دیگر نتایج مدل ۴ نشان می‌دهند که اثرگذاری نرخ ارز، نرخ بهره و قیمت نفت کوره بر قیمت برق به تدریج و در بلندمدت تحقق می‌یابد، که نتایج قبلی را تأیید می‌کند. براساس برآورد بلندمدت، قیمت برق در پی افزایش ۱۰ درصدی نرخ ارز، قیمت نفت کوره و نرخ بهره ۴/۵، ۲/۴ و ۱۳/۸ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین ضریب تصحیح خطا، تعادل زیاد در بخش برق پس از شوک تصادفی در سیستم را نشان می‌دهد به‌طوری‌که به ازای هر یک درصد انحراف از قیمت تعادلی، ۴۲/۲ درصد این خطا در سال اول تصحیح می‌شود.

تحلیل نتایج برآورد حاصل از مدل ۵ و ۶ (تقاضای برق و قیمت برق)

در این قسمت مدل اصلی بسط داده می‌شود تا تأثیر تقاضای برق بر قیمت برق را شامل شود (به مدل‌های ۵ و ۶ مراجعه کنید، جایی‌که به ترتیب از متغیرهای تولید برق مبتنی بر آب و مبتنی بر حرارت در کنار متغیر تقاضای برق استفاده می‌شود). همان‌طور که گفته شد، گرچه تغییر تقاضا می‌تواند باعث افزایش قیمت شود، اما با وجود ظرفیت اضافی در بخش تولید برق این اثرگذاری مشروط است. بنابراین، اگرچه اثر تورمی تقاضا به دلیل ظرفیت اضافی کافی در کوتاه‌مدت

کوتاه‌مدت، نوسانات در آب تأثیر منفی فوری بر قیمت برق می‌گذارد. بنابراین، در کوتاه‌مدت، تغییرات در منبع تولید برق آبی باعث کاهش قیمت برق می‌شود. در بلندمدت نیز وقفه‌ی تولید برق آبی تأثیر منفی بر قیمت دارد. این نشان می‌دهد که نوسانات در آب، که عمدتاً از تغییرپذیری آب و هوا ناشی می‌شود، تأثیرات رفاهی مثبتی بر مصرف‌کنندگان در کوتاه‌مدت دارد، و به نظر می‌رسد در بلندمدت این اثر افزایش پیدا می‌کند. این امر بدین دلیل است که در کشور ایران به علت وجود منابع فسیلی همچون نفت و گاز، در محاسبه و تعیین قیمت کنونی برق، تنها هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌ی بهره‌برداری نیروگاه‌ها بدون احتساب قیمت واقعی سوخت و هزینه‌ی آلاینده‌ی زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین امکان بهره‌گیری از نیروگاه‌های حرارتی در زمان نوسانات آبی منجر به کاهش قیمت برق می‌گردد.

شوکه‌های تقاضا تأثیر مثبت فوری بر قیمت برق دارند. از آن جاکه این شوک‌ها به‌طور عادی برنامه‌ریزی نشده‌اند، اولین مورد آن‌ها می‌تواند باعث افزایش قیمت شود. با این وجود، پس از وقوع شوک‌ها، سیستم با افزایش ظرفیت به این شوک‌ها تنظیم می‌شود. این بدان معناست که در کوتاه‌مدت، در تعادل، نوسانات تقاضا کم‌تر باعث افزایش قیمت برق و در نتیجه رفاه مصرف‌کننده می‌شود. تأثیر بلندمدت مثبت است اما از نظر آماری رویکردهای کوتاه‌مدت و بلندمدت قابل توجیه نیستند. نتایج بیشتر تأیید می‌کنند که اثرات تورمی متغیرهای نرخ بهره، نرخ ارز و قیمت نفت کوره بر قیمت برق به تدریج در بلندمدت آشکار می‌شود. ضریب تصحیح خطا، تعادل احتمالی پس از شوک سیستمی را با ضریب $48/9$ درصد اصلاح نشان می‌دهد.

با بررسی دقیق هر هفت مدل عنوان شده، می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس سطح معناداری به‌دست آمده از مدل‌ها و همچنین توجه به این نکته که کدام مدل، میزان داده‌های کمتری را بر اساس وقفه‌های مختلف از دست می‌دهد، مدل ۳ به عنوان بهترین مدل، چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت به منظور سیاست‌گذاری بوده و نتایج مورد انتظار تحقیق را شامل می‌شود.

ممکن است کم‌تر باشد اما در بلندمدت، تأثیر تقاضا می‌تواند تورمی گردد. این امر می‌تواند ناشی از ظرفیت اضافی کاهش یافته در بخش تولید برق باشد. غفلت از چنین متغیر مهمی در بررسی قیمت برق می‌تواند منجر به مسئله تورش ناشی از متغیر حذف شده در مدل اصلی شود.

این نتایج تأیید می‌کنند که در کوتاه‌مدت، افزایش تقاضا احتمالاً باعث افزایش فوری و در ادامه کاهش قیمت برق شود. این نتیجه‌گیری برای هر دو مدل ۵ و ۶ صادق است (جدول (۴) را مشاهده کنید). توضیح احتمالی نیز می‌تواند به دلیل وجود ظرفیت اضافی تولید در بخش برق، در کوتاه‌مدت باشد. با این حال، وقتی این ظرفیت اضافی به‌طور کامل مورد استفاده قرار گیرد، در بلندمدت، تقاضای بالاتر باعث افزایش قیمت در بخش برق می‌شود. همان‌طور که توسط برآورد بلندمدت مشخص شده است، افزایش تقاضا به میزان ۱۰ درصد باعث می‌شود در بلندمدت قیمت برق $2/9$ درصد افزایش یابد (به مدل‌های مربوطه در جدول (۵) رجوع شود). این نشان می‌دهد که در بلندمدت، سیاست‌های مدیریت تقاضا و سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی به منظور بهبود راندمان می‌تواند موجب کاهش هزینه برای مصرف‌کنندگان شود.

نتایج مدل‌ها نشان می‌دهند که اثر کاهشی تولید برق آبی بر قیمت برق، بیشتر در بلندمدت تحقق می‌یابد. در مقابل، اثر تولید برق مبتنی بر حرارت در بلندمدت معنادار نیست. اثر متغیرهای نرخ بهره، قیمت نفت کوره و نرخ ارز بر قیمت برق نیز به‌صورت تدریجی و در بلندمدت تحقق می‌یابد. همچنین شواهدی مبنی بر تعادل در قیمت برق پس از اختلال در سیستم با وجود ضریب‌های تصحیح خطای مدل‌های ۵ و ۶ به‌ترتیب با $49/6$ و $40/1$ درصد وجود دارد.

تحلیل نتایج برآورد حاصل از مدل ۷ (عدم قطعیت در تقاضا و انرژی آب بر قیمت برق)

در مدل ۷ جداول (۴) و (۵)، رویکردهای کوتاه‌مدت و بلندمدت از نوسانات در تقاضا و آب بر قیمت برق در کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد. انتظار بر این است که افزایش در نوسانات آب منجر به کمتر در مدار گرفتن نیروگاه‌های برق آبی شده و حداقل در بلندمدت، افزایش در قیمت برق را نتیجه دهد. نتایج حاصل از مدل (۷) نشان می‌دهد که در

آزمون‌های ساختاری مدل

است. همچنین این نکته حائز اهمیت است که استفاده از این مدل‌ها به تنهایی ممکن است برای به‌دست آوردن کل متغیرهای اثرگذار بر تغییرات قیمت برق کافی نباشد. با این حال، همان‌طور که توسط مربع R-تخمین زده شده نشان داده شده است، مدل‌های برآوردی به‌طور متوسط حدود ۹۹ درصد تغییرات در قیمت برق را توضیح می‌دهند و حدود یک درصد از این تغییرات توضیح داده نشده است. بنابراین از نظر آماری، الگوی برآوردی این مقاله می‌تواند از این نظر به‌عنوان مناسب‌ترین الگو توصیف شود.

اکنون مدل‌های بررسی شده در بخش قبلی تحت برخی از آزمون‌های تشخیصی قرار می‌گیرند. جدول (۸) آزمایش‌های مربوط به هم‌خطی، نرمال بودن، همبستگی سریالی و واریانس ناهمسانی را نشان می‌دهد. شکل‌های (۱) تا (۷) نیز ثبات ساختاری الگو را براساس آزمون‌های پسماند تجمعی و مجذور پسماند تجمعی برای هر هفت مدل نشان می‌دهد. در سطح معناداری یک درصد، کلیه مدل‌ها آزمون‌های هم‌خطی، نرمال بودن، همبستگی سریالی و واریانس ناهمسانی را پشت سر می‌گذارند؛ بنابراین، پارامترهای برآورد شده سازگار هستند.

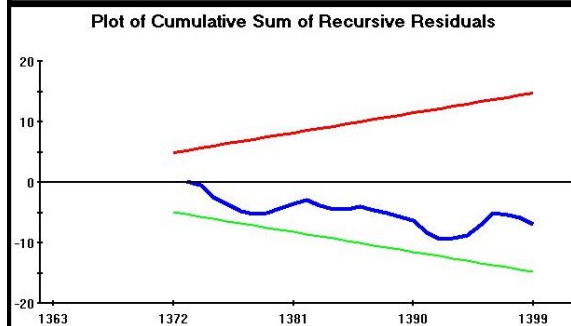
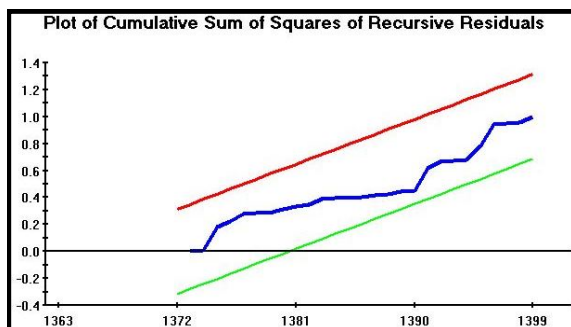
جدول (۸): آزمون تصریح مدل

آزمون	آزمون همبستگی سریالی (آزمون LM)	عدم هم خطی	آزمون نرمال بودن (Jarque-Bera)	مدل
آزمون واریانس ناهمسانی (ARCH)	[۰/۱۰۱]	✓	[۰/۴۸۴]	مدل ۱
	۱/۳۹		۱/۰۶	
	[۰/۱۲۴]	✓	[۰/۴۸۵]	مدل ۲
	۲/۴۸		۱/۴۳	
	[۰/۱۰۶]	✓	[۰/۵۱۳]	مدل ۳
	۲/۷۳		۱/۲۰	
	[۰/۱۷۲]	✓	[۰/۰۵۸]	مدل ۴
	۱/۹۳		۵/۶۴	
	[۰/۰۶۷]	✓	[۰/۲۲۳]	مدل ۵
	۳/۵۴		۲/۹۹	
	[۰/۰۵۶]	✓	[۰/۰۶۱]	مدل ۶
	۳/۹۰		۵/۵۷	
	[۰/۱۸۳]	✓	[۰/۱۹۳]	مدل ۷
	۱/۸۳		۳/۱۶	

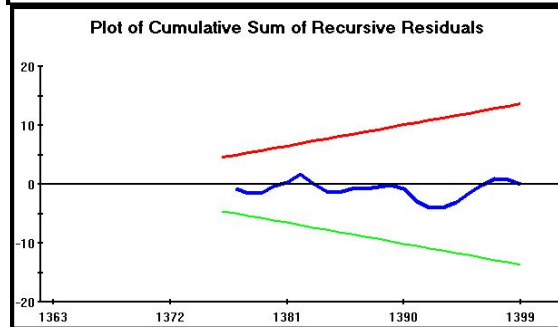
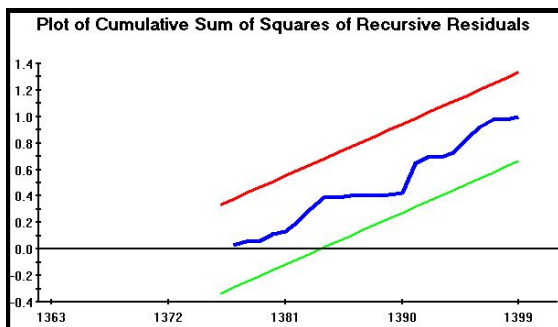
* اعداد درون براکت، مقادیر احتمال را نشان می‌دهد.

همچنین، آزمون‌های پسماند تجمعی و مجذور پسماند تجمعی تأیید می‌کنند که برای همه مدل‌های تخمین زده شده، پارامترها نسبت به مدت زمان نمونه در نظر گرفته شده بسیار پایدار هستند. این امر نشان می‌دهد که هیچ شکاف ساختاری قابل توجهی در داده‌ها وجود ندارد که بتواند پارامترهای مدل را ناپایدار جلوه دهد.

این یک نتیجه مهم است چراکه نشان می‌دهد می‌توان براساس مدل‌های تخمین‌زده شده، پیش‌بینی معنی‌داری از قیمت برق انجام داد. اما این مسئله خارج از محدوده‌ی مقاله

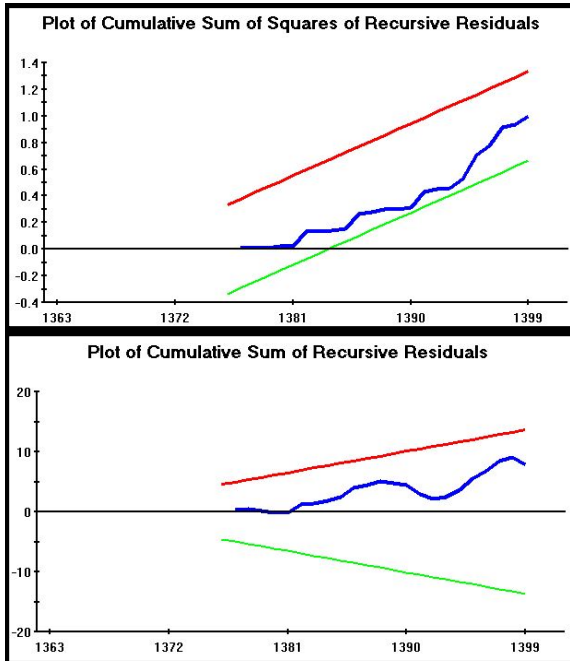


شکل (۱): گراف آزمون‌ها برای مدل ۱

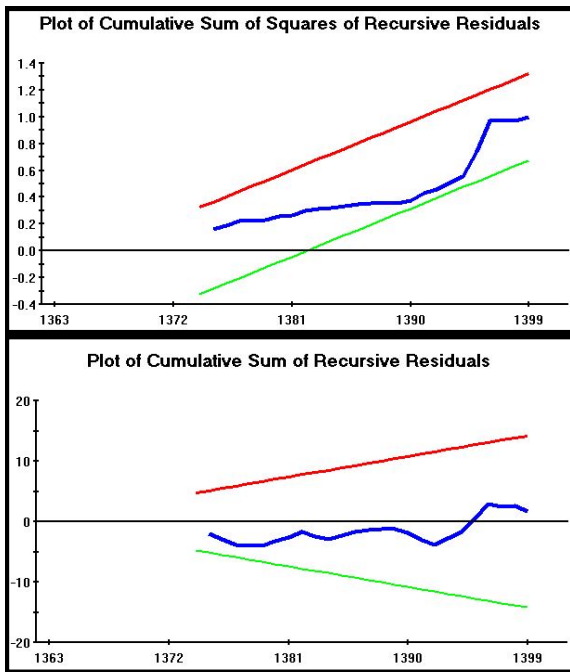


شکل (۲): گراف آزمون‌ها برای مدل ۲

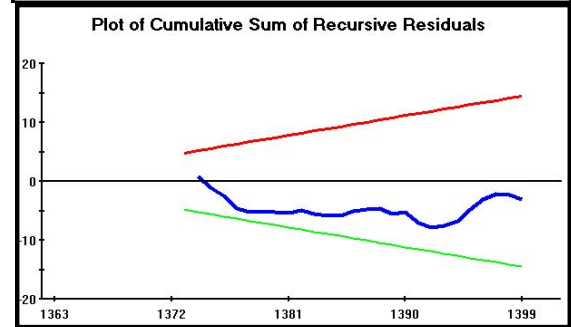
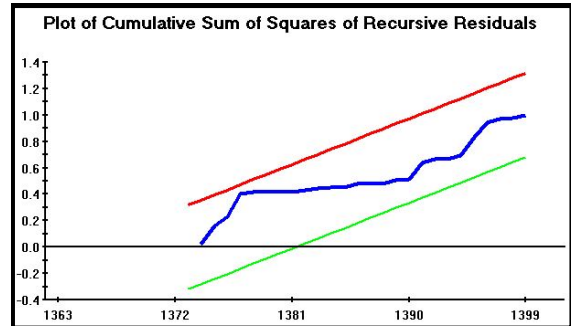
آبی کوچک تا متوسط شناسایی شده در کشور انجام دهد. بدیهی است که تحقق چنین پروژه‌هایی نیاز به حمایت بخش خصوصی دارد. در این میان، دولت نیز می‌بایست بر اجبار تولید برق با استفاده‌ی بیشتر از منابع تجدیدپذیر، که شامل پروژه‌های آبی نیز می‌باشد، تصمیم‌گیری کند.



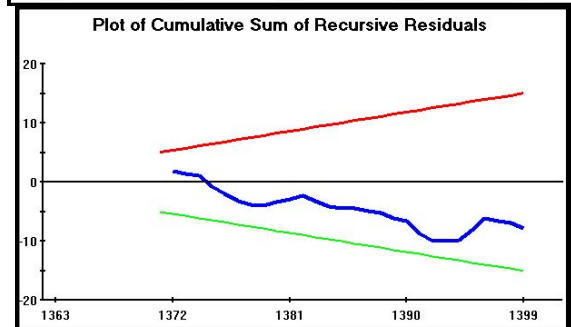
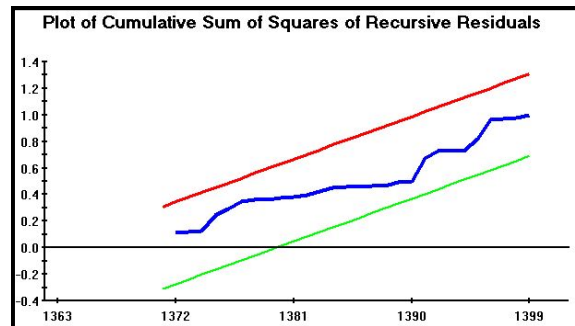
شکل (۵): گراف آزمون‌ها برای مدل ۵



شکل (۶): گراف آزمون‌ها برای مدل ۶



شکل (۳): گراف آزمون‌ها برای مدل ۳



شکل (۴): گراف آزمون‌ها برای مدل ۴

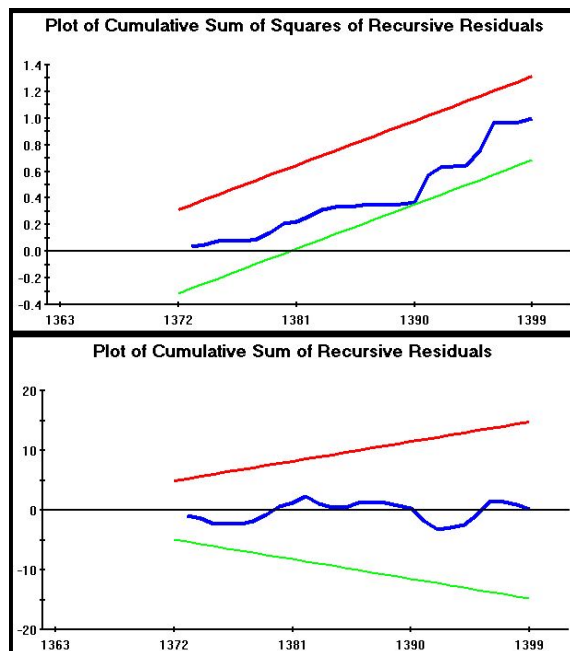
بحث و بررسی

براساس هزینه‌یابی انجام شده، مضرات بهداشتی و زیست محیطی مرتبط با فناوری‌های مبتنی بر آب، پایین است. هر چند اتکا به فناوری آبی از نظر تغییرات و نوسانات نامطلوب در آب و هوا که منجر به بی‌ثباتی سطح آب می‌شود، خطرانی را تحمیل می‌کند، اما با این حال این مقاله نشان می‌دهد که در بلندمدت، اثرگذاری این عامل خطر، از بین می‌رود. به منظور کاهش قیمت برق، نتایج این مقاله حاکی از آن است که دولت باید اقدامات تهاجمی را برای توسعه‌ی پروژه‌های

می‌گیرد. بنابراین، سرمایه‌گذاری در برنامه‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کارایی انرژی باید به‌طور گسترده‌ای دنبال شود. با این حال، انتظار بر این است که سرمایه‌گذاری بر روی کارایی انرژی، حداقل در بلندمدت سپر قابل توجهی برای بودجه‌ی مصرف‌کننده و از این‌رو رفاہ ایجاد می‌کند.

سرانجام، به‌طور جامع می‌توان این‌گونه بیان کرد که اثرگذاری نرخ بهره، نرخ ارز و قیمت نفت کوره به تدریج و در بلندمدت تحقق می‌یابد. در بلندمدت، تغییرات نامطلوب در این متغیرها قیمت برق را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. بنابراین، برای پایین آمدن قیمت برق در کشور، سیاست‌های پیش‌گیرانه در سطح کلان بسیار مهم است. این امر نه تنها باعث کاهش هزینه‌های تولید در برق و از این‌رو قیمت مصرف‌کننده نهایی خواهد شد، بلکه یک اقتصاد مقاومتی نیز ایجاد خواهد کرد تا در مقابل شوک‌های نامطلوب بازار بین‌المللی نفت مقاومت کند. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود، ساختار فرمول تنظیم قیمت برق تغییر داده و انعطاف‌پذیرتر شود تا بتوان فوراً در اقتصاد داخلی تحول ایجاد کرد. اگرچه این امر ممکن است عوارض جدی برای مصرف‌کنندگان نهایی داشته باشد، اما در سمت عرضه، وضعیت مالی ارائه‌دهندگان خدمات و همچنین امنیت سیستم برق بهبود خواهد یافت. ترس از قیمت بالای بالقوه‌ی برق برای مصرف‌کنندگان را می‌توان با مدیریت خردمندانه‌ی اقتصاد در سطح کلان برطرف کرد.

با وجود کسب موفقیت‌های کم‌نظیر در طول سال‌ها تلاش بی‌وقفه در ایجاد رفاہ و ظرفیت‌سازی در تولید تجهیزات و رسیدن به مرزهای خودکفایی و در نوردیدن بازارهای صادراتی، صنعت برق همواره با دغدغه‌ی کمبود منابع مالی ناشی از تفاوت قیمت تمام شده و قیمت تکلیفی مواجه بوده است آن هم در شرایطی که سرمایه‌گذاری در همه‌ی حوزه‌های این صنعت از الزامات همیشگی محسوب می‌شود. از طرفی با توجه به اینکه ایران در جمع ۱۰ کشور اول آلاینده‌ی دنیا طبقه‌بندی می‌شود لذا تعهد کشورمان مبنی بر کاهش گازهای گلخانه‌ای در همایش زیست‌محیطی پاریس مشهور به کاپ ۱۲۱ سبب شده تا افزایش سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان ۵۰۰۰ مگاوات در



شکل (۷): گراف آزمون‌ها برای مدل ۷

مسیر حرکت آینده‌ی صنعت جهانی برق به سمتی است که منابع فسیلی را تبدیل به منابع تجدیدپذیر برای تولید برق کند. وقتی از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود، یک سیکل تبدیل انرژی وجود دارد که بر اساس قوانین طبیعی ترمودینامیک کار می‌کند و به دلیل محدودیت‌های فنی، بخشی از انرژی به محیط برگردانده می‌شود؛ در واقع تمام انرژی ورودی به سیکل تبدیل انرژی، تبدیل به برق نمی‌شود. این موضوع ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق را بیشتر می‌کند. بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت صنعت برق در اقتصاد ایران در فرآیند تولید، از سه چالش عمده «هزینه بالای تولید»، «تولید نسبتاً غیربهبوده» و «قیمت مصرف پایین» رنج می‌برد. اگرچه دو چالش اول به مسائل فنی و مدیریت درون‌زای صنعت برق برمی‌گردد، اما چالش سوم، یعنی قیمت مصرف پایین، ریشه در مسائل اقتصاد کلان و ماهیت اقتصاد ایران دارد. هرچه اقتصاد به سمتی حرکت کند که قیمت فروش متناسب با بهای تمام‌شده باشد، نیروگاه‌های تولید برق با کارایی بیشتری نقش توسعه‌ای خود را فراهم می‌کنند. در سوی مقابل، اگر به دلیل اتکا به یارانه‌های اجتماعی، مسئله‌ی تناسب قیمت با بهای تولید نشده‌ی برق مورد توجه قرار نگیرد، کارایی نیروگاه‌های تولید برق دست‌خوش حرکت رو به عقب قرار

انرژی در سال‌های گذشته، بر آن شده‌اند که برخوردی متفاوت با گذشته در رابطه با مسائل مربوط به انرژی، داشته باشند به گونه‌ای که جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و از آن جمله انرژی آبی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوان مواجه شده است. مسائل زیست محیطی ناشی از مصرف و استخراج سوخت‌های فسیلی از یک‌سو، گرانی و اتمام این دسته از انرژی‌ها از سوی دیگر از مهم‌ترین مشکلات امروز و آینده بشر است. اگرچه صنعت برق نقش حائز اهمیتی در توسعه‌ی اقتصادی ایران ایفا می‌کند اما به دلیل اینکه پایه‌ی اصلی این صنعت استفاده از انرژی‌های فسیلی بوده، حجم قابل توجهی از تولید در جریان عملیات نیروگاه‌های حرارتی هدر می‌رود؛ به همین دلیل تلاش در راستای حل چالش‌های این صنعت مهم یکی از مهم‌ترین اولویت‌هایی است که لازم است در دستور کار برنامه‌ریزان اجتماعی قرار گیرد. بر همین اساس این مطالعه به بررسی تأثیرات پویای تولید برق مبتنی بر آب بر قیمت برق در ایران پرداخته است. به عنوان یک مدل جداگانه، این مقاله همچنین به بررسی اثرات پویای تولید برق در نیروگاه حرارتی بر قیمت برق می‌پردازد. بدین منظور، یک مدل پویای قیمت برق در ایران با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه طی دوره زمانی ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۹ تخمین زده شد.

در این مقاله نشان داده شد که تأثیر تولید در نیروگاه برق آبی بر قیمت برق چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت، منفی است. هر چند که بر اساس نتایج به دست آمده، تأثیر تولید در نیروگاه حرارتی بر قیمت برق نیز منفی است اما در مقایسه با تولید مبتنی بر آب، مزایای صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید برق آبی نسبت به فناوری حرارتی بیشتر بوده به گونه‌ای که کشش‌های به دست آمده‌ی این دو متغیر در بلندمدت نیز نشان از اثرگذاری بیشتر تولید برق آبی بر کاهش قیمت برق می‌دهد.

این مطالعه می‌تواند در آینده به طرق مختلفی بهبود یابد. از آنجایی که سایر فناوری‌های تجدیدپذیر (بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی و بیوگاز) در کشور به خوبی توسعه نیافته‌اند، این مقاله به مقایسه تأثیر دو فناوری مبتنی بر حرارت و آب

برنامه‌ی ششم توسعه گنجانده شود که مستلزم سرمایه گذاری سنگین است. در فرایند اجرای قانون هدمندی بارانه‌ها مقرر شد قیمت حامل‌های انرژی از جمله برق در خلال برنامه‌ی پنجم توسعه افزایش یابد و در یک جریان تدریجی با شیبی ملایم، به قیمت واقعی برسد، لیکن دست به دست دادن عواملی همچون شدت گرفتن تحریم‌ها، کاهش قیمت جهانی نفت و گاز، افزایش نرخ تورم، سه برابر شدن نرخ ارز و به تبع آن‌ها کاهش درآمدهای دولت، به مثابه سرعت‌گیر در مسیر اجرای مفاد این قانون و تحقق اهداف برنامه پنجم توسعه عمل کرد و علی‌رغم این که قیمت برق هر سال افزایش یافت لیکن این افزایش هیچ‌گاه با نرخ تورم در انطباق نبود و کار تا جایی پیش رفت که وزارت نیرو بیشترین میزان بدهی در طول دوران فعالیت خود را تجربه کرد به گونه‌ای که منجر به برهم خوردن تعادل منابع و مصارف در بودجه صنعت برق شد و کمبود منابع سبب شد تقاضا در وزارت نیرو به حداقل برسد و با توجه به این که به غیر از مواردی معدود، وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه آن به‌عنوان خریداران عمده تجهیزات و خدمات بنگاه‌های اقتصادی فعال در صنعت برق محسوب می‌شوند. لذا همان‌طور که اکنون قابل مشاهده است، آثار این روند به‌صورت کوچک شدن بازار کار و ریسک دریافت مطالبات در این صنعت نمایان شده؛ چراکه سازوکار حاکم بر صنعت برق ایران مبتنی بر اقتصاد یارانه‌ای است که مستعد کسری منابع مالی و نقدینگی بوده و ماحصل آن چیزی نیست جز اختلال در منابع و مصارف، بدهی سنگین انباشت شده و معوق به نظام بانکی و بخش خصوصی، کاهش قابل توجه سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز جهت پوشش روند تقاضا و در نتیجه احتمال وقوع ناپایداری در شبکه و اعمال خاموشی‌های برنامه‌ریزی شده در سنوات آتی. مادامی که اولاً اقتصاد صنعت برق روی ریل منطقی شدن تعرفه‌ها قرار نگیرد و ثانیاً فرایند خصوصی‌سازی در بخش‌های تولید و توزیع برق تکمیل نشود و در پی آن بازار عرضه و تقاضا به شکل واقعی فعال نشود، متأسفانه همچنان شاهد تداوم این روند خواهیم بود.

نتیجه‌گیری

سیاست‌مداران و عمده‌ی کشورهای جهان با توجه به بحران

- imbalance volumes and electricity spot prices. *Energy Policy*, 134, 1-11
- 13-Hache, E. and Palle, A. (2019). Renewable energy source integration into power networks, research trends and policy implications: a bibliometric and research actors survey analysis. *Energy Policy*, 124, 23-35.
- 14-Howarth, N. Galeotti, M. Lanza, A. and Dubey, K. (2017). Economic development and energy consumption in the GCC: an international sectoral analysis. *Energy Transitions*, 6, 1-19.
- 15-Kanwal, S. Mehran, M.T. Hassan, M. Anwar, M. Naqvi, S.R. and Khoja, A.H. (2022). An integrated future approach for the energy security of Pakistan: Replacement of fossil fuels with syngas for better environment and socio-economic development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 1-17.
- 16-Macedo, D.P. Marques, A.C. and Damette, O. (2020). The impact of the integration of renewable energy sources in the electricity price formation: is the Merit-Order Effect occurring in Portugal?. *Utilities Policy*, 66, 1-11.
- 17-Meese, R.A. and Rogoff, K. (1983). Empirical exchange rate models of the seventies: do they fit out of sample?. *Journal of international economics*, 14 (1), 3-24.
- 18-Menger, C. (1871). *Principles of Economics*. Ludwig von Mises Institute, Austria, 1-328.
- 19-Mulder, M. and Scholtens, B. (2013). The impact of renewable energy on electricity prices in The Netherlands. *Renewable Energy*, 57, 94-100.
- 20-Mwampashi, M.M. Nikitopoulos, C.S. Konstandatos, O. and Rai, A. (2021). Wind generation and the dynamics of electricity prices in Australia, *Energy Economics*, 103, 1-23.
- 21-Obstfeld, M. and Rogoff, K. (2001). The six major puzzles in international macroeconomics: is there a common cause?. *NBER Macroeconomics Annual 2000*, MIT press, 15, 339-412.
- 22-Ozer, O. and Phillips, R. (2012). *The Oxford Handbook of Pricing Management*. Oxford University Press, chapter 17.
- 23-Pesaran, M.H. Shin, Y. and Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- 24-Sirin, S.M. and Yilmaz, B.N. (2021). The impact of variable renewable energy technologies on electricity markets: An analysis of the Turkish balancing market. *Energy Policy*, 151, 1-13.
- 25-Unger, E.A. Ulfarsson, G.F. Gardarsson, S.M. and Matthiasson, T. (2017). A long-term analysis studying the effect of changes in the nordic electricity supply on Danish and Finnish electricity prices. *Economic Analysis and Policy*, 56, 37-50.
- 26- Wen, L. Suomalainen, K. Sharp, B. Yi, M. and Sheng, M.S. (2022). Impact of wind-hydro dynamics on electricity price: A seasonal spatial econometric analysis, *Energy*, 238, 1-22.
- 27- World Bank. (2007). *Energy And Mining Sector Board Discussion Paper*. Paper No. 20, January.
- بر قیمت برق پرداخته است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده، تأثیر سایر فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر را در صورت در دسترس بودن داده‌های آن‌ها در نظر بگیرد. همچنین می‌توان از تکنیک‌های دیگری همانند مدل معادلات ساختاری استفاده کرد تا دیدگاه متفاوتی از مسئله ارائه شود.
- ### مراجع
- ۱- باصری، ب. عباسی، ا؛ کیانی، غ. (۱۳۹۸). اثرات مالی گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی در ایران. *فصلنامه اقتصاد مالی*، ۱۳(۴۶)، ۱۶۱-۱۸۲.
- ۲- دهقانی، ع. قائد، ا؛ احمدی شادمهری، م.ط. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق در ایران. *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۸(۱)، ۴۱-۴۷.
- ۳- حسین‌زاده، م. (۱۳۸۹). ارزیابی اقتصادی احداث مولد مقیاس کوچک برق (تولید پراکنده) (مطالعه موردی: شهرک صنعتی علی آباد). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- ۴- خلجی اسدی، م؛ صفائی، ب. (۱۳۸۲). بررسی نیروگاه‌های برق بادی نصب شده در ایران از دیدگاه فنی و اقتصادی. *هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق*.
- ۵- شکوری گنجوری، ح. کاظمی، ع. عبداله‌پور، س؛ گلدان‌ساز، س.م.ر. (۱۳۹۹). ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تولید برق از تکنولوژی‌های تجدیدپذیر و گازی. *فصلنامه انرژی ایران*، ۲۳(۳)، ۳۳-۷.
- ۶- شیرزور علی آبادی، ز؛ صمدی، ف. (۱۳۹۸). تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر رفاه اقتصادی. *اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، بیرجند*.
- ۷- وبسایت آژانس انرژی بین‌المللی (<https://www.iea.org/>).
- 8- Aaslid, P. Korpås, M. Belsnes, M.M. and Fosso, O.B. (2021). Pricing electricity in constrained networks dominated by stochastic renewable generation and electric energy storage, *Electric Power Systems Research*, 197, 1-14.
- 9- Adom, P.K. Nsaidoo, M. Minlah, M.K. and Abdallah, A.M. (2017). Does renewable energy concentration increase the variance/uncertainty in electricity prices in Africa?. *Renewable Energy*, 107, 81-100.
- 10- Adom, P.K. Minlah, M.K. and Adams, S. (2018). Impact of renewable energy (hydro) on electricity prices in Ghana: A tale of the short- and long-run. *Energy Strategy Reviews*, 20, 163-178.
- 11- Ballester, C. and Furio, D. (2015). Effects of renewables on the stylized facts of electricity prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1596-1609.
- 12- Goodarzi, S. Perera, H.N. and Bunn, D. (2019). The impact of renewable energy forecast errors on

28- Yıldız 'I. (2018). 1.12 fossil fuels. Comprehensive Energy Systems, 1, 521–67.

Analysis the impact of hydro renewable energy on electricity prices in Iran using a long-run dynamic model

Ebrahim Anvari¹
Hasan Farazmand²
Sorour Chehrazi Madreseh^{*3}

Abstract

The main purpose of this paper is to evaluate the stability analysis and selection of Azad pumped storage power plant support systems. For this purpose, by three-dimensional modeling, the interaction analysis of the mentioned structures before and after excavation and considering the support system based on the numerical method of finite difference and using FLAC3D software has been done. Results show that the excavation of transformer cavern increase the vertical displacements on the power house cavern but the wall displacements is negligible. The Q system results show reducing the distance between the rock bolts, compared to increasing the diameter of the rock bolts, and has a greater effect on reducing the amount of movement around the power plant cave. In this case, although increasing the diameter of the rock bolts, the amount of displacement in the cave walls of the power plant has decreased, but has not had much effect on the amount of displacement of the cave roof. Therefore, in order to reduce the displacements, increasing the diameter of rock bolts with reducing the distance between them is recommended.

Keywords

Renewable energy, ARDL model, Hydroelectricity powerhouse, Thermal powerhouse

¹ Associate professor of economic department, Shahid Chamran University of Ahvaz. e.anvari@scu.ac.ir

² Professor of economic department, Shahid Chamran University of Ahvaz. hfrazmand@scu.ac.ir

^{3*} Phd student of economic department, Shahid Chamran University of Ahvaz. s-chehrazi@stu.scu.ac.ir