

## بررسی نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی در صنعت تولید برق کشور طی سال‌های ۱۳۵۰ - ۱۳۸۸

احمد سیفی<sup>۱\*</sup>، محمدرضا دهقان پور<sup>۲</sup>

۱. عضو هیئت علمی دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، seifi23@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، mo\_economic@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۷/۱۴

### چکیده

این مطالعه به دنبال برآورد میزان ظرفیت اقتصادی و، به تبع آن، محاسبه نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی در صنعت تولید برق در سال‌های ۱۳۵۰ - ۱۳۸۸ است. داده‌های مورد استفاده به صورت سری زمانی و مربوط به کلیه نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور است. در این مطالعه با در نظر گرفتن قید همگنی از درجه صفر نسبت به قیمت نهاده‌ها، تابع تقاضای سرمایه استخراج و با روش OLS برآورد می‌شود و از آن معادله ظرفیت اقتصادی تولید استخراج می‌شود. سپس، نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی از نسبت تولید واقعی به ظرفیت تولید اقتصادی برای صنعت تولید برق ایران محاسبه می‌شود. سرانجام، با برآورد تابع نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی، عوامل مؤثر بر میزان بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی بررسی می‌شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد تفاوت زیادی بین نرخ بهره‌برداری از ظرفیت در دیدگاه‌های مهندسی و اقتصادی وجود دارد. میزان بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی صنعت تولید برق ایران در اکثر سال‌ها کمتر از یک است؛ بدین معنی که میزان تولید واقعی از ظرفیت تولید اقتصادی کمتر است.

طبقه‌بندی JEL: D92, D21

واژه‌های کلیدی: تابع تقاضای سرمایه، تابع نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی، صنعت تولید برق، ظرفیت اقتصادی تولید، ظرفیت مهندسی.

## ۱. مقدمه

بهره‌برداری از ظرفیت<sup>۱</sup> موضوعی بسیار مهم در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی است و اغلب از آن برای اندازه‌گیری بهره‌وری و تصمیم‌های سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود. در یک تعریف کلی عبارت است از: بهره‌برداری از ظرفیت به صورت «نسبت تولید واقعی<sup>۲</sup> به تولید بالقوه<sup>۳</sup>». برای تشریح این مفهوم باید تولید بالقوه را در دیدگاه‌های مختلف بررسی کرد. دو دیدگاه مهندسی و اقتصادی در زمینه تولید بالقوه وجود دارد: در دیدگاه مهندسی، تولید بالقوه سطحی از تولید معرفی می‌شود که در آن از حداکثر توان تولیدی بنگاه- با توجه به انباشت سرمایه کوتاه‌مدت آن بنگاه- استفاده شود. در دیدگاه اقتصادی، برای تولید بالقوه دو نگرش متفاوت وجود دارد: در نگرش اول، تولید بالقوه سطحی از تولید معرفی می‌شود که در آن هزینه متوسط کوتاه‌مدت<sup>۴</sup> حداقل شود (کاسل<sup>۵</sup>، ۱۹۳۷؛ هیکن<sup>۶</sup>، ۱۹۶۴)؛ در نگرش دوم، تولید بالقوه سطحی از تولید خواهد بود که در آن منحنی هزینه متوسط کوتاه‌مدت بر منحنی هزینه متوسط بلندمدت<sup>۷</sup> مماس می‌شود. در همان سطح نیز منحنی‌های هزینه نهایی کوتاه‌مدت<sup>۸</sup> و هزینه نهایی بلندمدت<sup>۹</sup> یکدیگر را قطع می‌کنند (کیم<sup>۱۰</sup>، ۱۹۹۹؛ کلین<sup>۱۱</sup>، ۱۹۶۰؛ موریس<sup>۱۲</sup>، ۱۹۸۵a). شکل ۱ سطح تولید بالقوه با نگرش دوم اقتصادی و با توجه به مشخص بودن انباشت سرمایه را نشان می‌دهد.

در شکل ۱ محور عمودی مبین هزینه‌های متوسط و نهایی کوتاه‌مدت و بلندمدت و محور افقی نشان‌دهنده سطح تولید است و سطح تولید بالقوه<sup>\*</sup>  $Y^*$  مطابق نگرش دوم اقتصادی است. مطابق نگرش دوم اقتصادی، سطح تولید بالقوه در کوتاه‌مدت به‌رغم مباحث

1. Capacity utilization
2. Current output
3. Potential output
4. Short-Run Average Cost (SRAC)
5. Cassels
6. Hickman
7. Long-Run Average Cost (LRAC)
8. Short-Run Marginal Cost (SRMC)
9. Long-Run Marginal Cost (LRMC)
10. Kim
11. Klein
12. Morrison



منحنی هزینه متوسط کوتاه‌مدت و نقطه مقابل آن در منحنی هزینه متوسط بلندمدت مشاهده می‌شود).

این مطالعه به دنبال بررسی نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی نیروگاه‌های تولید برق ایران است. در نیروگاه‌ها، شکل‌های گوناگون انرژی اولیه به انرژی برق تبدیل می‌شود. به طور کلی، نیروگاه‌ها به دو نوع حرارتی و غیرحرارتی (از قبیل آبی) تقسیم می‌شوند. بخش عمده تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی به واسطه فراوانی و ارزانی با سوخت‌های فسیلی انجام می‌گیرد. در این مطالعه، منظور از نیروگاه صرفاً نیروگاه‌های حرارتی است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل قیمت نیروی کار، قیمت سوخت‌ها (گازوئیل، گاز طبیعی و نفت کوره)، قیمت سرمایه، میزان سرمایه و میزان تولید واقعی- با دقت جمع‌آوری شده است.

باید ذکر کرد به این موضوع هم به لحاظ مبانی نظری هم مطالعات فنی در خارج از کشور پرداخته شده است، ولی تا کنون در ایران نه چنین مفهومی تبیین شده نه حتی مطالعه‌ای در این خصوص انجام یافته است.

ترتیب مطالب در این مطالعه بدین صورت است: در بخش دوم به پیشینه تحقیق پرداخته و در بخش سوم چارچوب نظری تعریف و مدل اقتصادسنجی معرفی می‌شود. بخش‌های چهارم و پنجم به توصیف داده‌ها و روش برآورد مدل اختصاص می‌یابد. نتایج برآورد مدل در بخش ششم و نتیجه‌گیری و پیشنهادها در بخش هفتم و هشتم ارائه می‌شود.

## ۲. پیشینه تحقیق

مطالعات انجام‌یافته درباره نرخ بهره‌برداری از ظرفیت در خارج از کشور از تنوع زیادی برخوردار است، اما در داخل کشور، با توجه به اهمیت زیادی که این موضوع در مباحث اقتصادی دارد، به آن توجه نشده است. در این بخش به مرور برخی تحقیقات و مقالات انجام‌یافته درباره این موضوع پرداخته می‌شود.

### الف) مطالعات خارجی

پیدایش نظریه رقابت انحصاری توسط چمبرلین<sup>۱</sup> در سال ۱۹۳۳ موضوع تازه‌ای پیرامون ظرفیت اضافی در صنایع، با توجه به ساختار بازار، به وجود آورد؛ این موضوع بر نقش ظرفیت اضافی در تعیین سرمایه‌گذاری شرکت‌ها، تعیین قیمت‌ها و حفظ قدرت بازار تمرکز داشت (هیلک<sup>۲</sup>، ۱۹۸۴؛ وندرس<sup>۳</sup>، ۱۹۷۱). نرخ بهره‌برداری از ظرفیت در واقع موضوع تکامل‌یافته ظرفیت اضافی است؛ با این تفاوت که منظور از ظرفیت اضافی امروز ظرفیت اقتصادی است؛ در حالی که مبنای مطالعات گذشته حداکثر توان تولید یا تولید از منظر مهندسی بود.

در مطالعه‌ای با عنوان «میزان بهره‌برداری از ظرفیت منطقه‌ای در دهه ۱۹۸۰» نرخ بهره‌برداری از ظرفیت برای مناطق شمال شرقی، مرکز و جنوب آتلانتیک و پاسیفیک برآورد شد. ظرفیت مورد بررسی در این مطالعه با نگرشی نئوکلاسیکی به شکل سرمایه و رشد تولید در بلندمدت و رشد بهره‌وری است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که شمال شرقی، مرکز و جنوب آتلانتیک از میزان بهره‌برداری بیشتری نسبت به میانگین کشورها از ظرفیت برخوردار است (گروفالو<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۷).

نلسون<sup>۵</sup> (۱۹۸۹) در مقاله‌ای با عنوان «میزان بهره‌برداری از ظرفیت» نخست به تعریف دو دیدگاه مختلف مهندسی و اقتصادی درباره ظرفیت تولید پرداخت. سپس، برای تخمین معیارهای اقتصادی نرخ بهره‌برداری بر اساس تابع هزینه متغیر ترانسلوگ چارچوبی ارائه داد. نلسون بر اساس داده‌های شرکت‌های خصوصی برق آمریکا در دوره زمانی ۱۹۶۱ – ۱۹۸۳ معیارهای مهندسی و اقتصادی نرخ بهره‌برداری از ظرفیت را برآورد و مقایسه کرد. نتایج وی نشان می‌دهد که معیارهای اقتصادی نرخ بهره‌برداری از ظرفیت به طور متوسط بالاتر از معیار مهندسی نرخ بهره‌برداری از ظرفیت شرکت‌های خصوصی برق بود.

کیم (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای با عنوان «میزان بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی، نظریه و مشاهده‌ها» مفهوم بهره‌برداری از ظرفیت را گسترش می‌دهد و بر رفتار بهینه بنگاه‌ها و

---

1. Chamberlin  
2. Hilke  
3. Wenders  
4. Grofalo  
5. Nelson

تعیین میزان تولید بهینه بنگاه‌ها تأکید می‌کند. وی از دو تابع عرضه کوتاه‌مدت و تقاضای سرمایه برای برآورد نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی استفاده می‌کند. مطالعه کیم برای بخش محصولات صنعتی آمریکا با داده‌های سال‌های ۱۹۴۸ - ۱۹۸۱ انجام شده است. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که افزایش قیمت مواد واسطه‌ای و قیمت سرمایه موجب کاهش نرخ بهره‌برداری از ظرفیت شده؛ در حالی که افزایش قیمت انرژی اثر مستقیم و مثبتی بر نرخ بهره‌برداری از ظرفیت گذاشته است.

### ب) مطالعات داخلی

نفر (۱۳۸۵) در تحقیقی با عنوان «ظرفیت بهینه تولید در صنعت خودروسازی ایران»، با استفاده از تابع هزینه کوتاه‌مدت صنعت خودروسازی ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۵ - ۱۳۷۵، معادلات سهم هزینه‌ای عوامل تولید را برآورد کرد و به محاسبه ظرفیت بهینه تولید در این صنعت پرداخت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد سهم هزینه نیروی کار در هزینه متغیر این صنعت برای سال‌های مورد مطالعه به طور متوسط ۳۴ درصد و سهم هزینه مواد اولیه ۶۳ درصد و سهم هزینه انرژی کمتر از یک درصد است. این مطالعه همچنین بازدهی نزولی نسبت به مقیاس برای سال‌های یادشده را برای این صنعت به دست می‌آورد. ظرفیت بهره‌برداری محاسبه‌شده در این مطالعه بیشتر از یک و برابر ۱/۷۴ است و بیانگر بهره‌برداری بیش از اندازه از ظرفیت‌های موجود است. برای افزایش تولید به طراحی و ظرفیت‌سازی جدید نیاز است تا هزینه‌های متغیر تولید کاهش و قدرت رقابتی افزایش یابد.

### ۳. چارچوب نظری

در این بخش روش‌های مناسب برای برآورد نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی بررسی و مدل نظری ارائه می‌شود. فرض کنید بنگاه تابع تولیدی به شکل معادله ۱ است.

$$Y = f(L, K, E, T) \quad (1)$$

در اینجا  $L$  و  $K$  و  $E$  به ترتیب تعداد نیروی کار، انباشت سرمایه و سوخت را نشان می‌دهند و  $T$  شاخص تغییرات فنی است. در دوره کوتاه‌مدت نهاده‌های تولید به دو شکل ثابت و متغیر وجود دارند. نهاده سرمایه در کوتاه‌مدت ثابت فرض می‌شود.

بنابراین، حداقل نمودن هزینه‌های تولید مشروط به دانستن اندازه کارخانه<sup>۱</sup> است. حال اگر برای حداقل‌سازی هزینه متغیر تولید انباشت سرمایه ( $K$ ) را در تابع هزینه متغیر کل قرار دهیم، تابع هزینه متغیر تولید بدین شکل معادله<sup>۲</sup> خواهد بود (لاو<sup>۲</sup>، ۱۹۷۶).

$$VC = (P_i, Y, K, T) \quad (2)$$

در معادله<sup>۲</sup>،  $P_i$  شامل قیمت متغیرهای گاز ( $P_{gas}$ )، گازوئیل ( $P_g$ )، نفت کوره ( $P_n$ )، نیروی کار ( $P_l$ ) و سرمایه ( $P_r$ ) است و  $VC$  هزینه متغیر کل است. تابع هزینه کوتاه‌مدت (معادله<sup>۲</sup>) از دو حیث با توابع هزینه بلندمدت فرق می‌کند: اول اینکه متغیر وابسته در تابع هزینه بلندمدت هزینه کل است؛ در حالی که متغیر وابسته در تابع هزینه کوتاه‌مدت هزینه متغیر است؛ دوم اینکه قیمت سرمایه به عنوان متغیر مستقل در تابع هزینه بلندمدت قرار می‌گیرد؛ در حالی که موجودی سرمایه در طرف راست تابع هزینه متغیر کوتاه‌مدت نمایان می‌شود (نلسون، ۱۹۸۹).

شکل ترانسلوگی معادله هزینه (معادله<sup>۲</sup>) به صورت معادله<sup>۳</sup> است:

$$\begin{aligned} \ln VC = & a + \beta_Y \ln Y + \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} a_i \ln P_i + \frac{1}{\gamma} \beta_{YY} (\ln Y)^\gamma + \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \sum_{j=1}^{\hat{\Delta}} a_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ & + \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \beta_{Yi} \ln Y \ln P_i + \delta_t t + \frac{1}{\gamma} \delta_{tt} (t)^\gamma + \delta_{tY} t \ln Y + \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \delta_{ti} t \ln P_i + \frac{1}{\gamma} \beta_{kk} (\ln K)^\gamma \\ & + \beta_k \ln K + \gamma_{kY} \ln Y \ln K + \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \beta_{ki} \ln K \ln P_i + \delta_{tk} t \ln K + \beta_{lf} \ln LF + \\ & \frac{1}{\gamma} \delta_{lff} (\ln LF)^\gamma + \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \delta_{li} \ln LF \ln P_i + \delta_{lY} \ln LF \ln Y + \delta_{lft} t \ln LF + \delta_{lfk} \ln LF \ln K \end{aligned} \quad (3)$$

متغیر  $LF$  بیانگر ضریب بار<sup>۳</sup> است. شروط همگنی و تقارن محدودیت‌های خاصی را برای پارامترها ایجاد می‌کنند. در چارچوب تابع ترانسلوگ فوق این محدودیت‌ها (قیود) عبارت‌اند از:

$$\sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} a_i = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} a_{ij} = \sum_{j=1}^{\hat{\Delta}} a_{ij} = \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \beta_{Yi} = \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \beta_{Ki} = \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \delta_{Lfi} = \sum_{i=1}^{\hat{\Delta}} \delta_{ti} = 0 \quad (5)$$

- 
1. Plant size
  2. Lau
  3. Load Factor

معادلات سهم هزینه برای نهاده‌ها از مشتق گرفتن لگاریتمی معادله ۳ نسبت به قیمت نهاده‌های متغیر به دست می‌آید. این معادلات (سهم) به طور هم‌زمان با تابع هزینه ترانسلوگ برآورد می‌شوند.

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln P_i} = a_i + \beta_{Y_i} \ln Y + \beta_{K_i} \ln K + \sum_{i=1}^{\delta} a_{ij} \ln P_i + \delta_{LF_i} LF + \delta_{it} \quad (6)$$

شایان ذکر است که اندازه‌گیری نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی بر حسب هزینه کل کوتاه‌مدت ( $SRTC$ ) است. برای به دست آوردن هزینه کل کوتاه‌مدت، نخست لازم است هزینه ثابت کل تعریف شود:

$$TFC = P_r \times K \quad (7)$$

در اینجا  $TFC$  هزینه ثابت کل،  $P_r$  قیمت سرمایه و  $K$  انباشت سرمایه است. سپس، می‌توان هزینه کل کوتاه‌مدت را چنین نوشت:

$$SRTC = Vc + (P_r \times K) \quad (8)$$

در این تحقیق، تولید بالقوه سطحی از تولید در نظر گرفته می‌شود که در آن منحنی هزینه متوسط کل کوتاه‌مدت ( $SRAC$ ) بر منحنی هزینه متوسط کل بلندمدت ( $LRAC$ ) مماس باشد. در نقطه  $H$  در نمودار ۱، بنگاه نسبت به استفاده از نهاده سرمایه در تعادل بلندمدت قرار دارد. به عبارت دیگر، بنگاه هزینه کل کوتاه‌مدت ( $SRTC$ ) را نسبت به نهاده سرمایه  $K$  به حداقل رسانده است. بهینه‌سازی توسط بنگاه (به حداقل رساندن هزینه کل کوتاه‌مدت نسبت به نهاده سرمایه) را با استفاده از معادله ۸ به صورت ریاضی توسط بنگاه بیان می‌کنیم:

$$\frac{\partial SRTC}{\partial K} = \frac{\partial Vc}{\partial K} + P_r = 0 \quad - \frac{\partial Vc}{\partial K} = P_r \quad (9)$$

با حل کردن رابطه بالا برای نهاده سرمایه  $K$ ، تابع تقاضای سرمایه در شکل کلی به صورت معادله ۱۰ به دست می‌آید:

$$K^* = k^*(Y, P_i, P_r, T) \quad (10)$$



در معادله ۱۰،  $P_i$  شامل متغیرهای قیمت گاز ( $P_{gas}$ )، قیمت گازوئیل ( $P_g$ )، قیمت نفت کوره ( $P_n$ )، قیمت نیروی کار ( $P_l$ ) و قیمت سرمایه ( $P_r$ ) است. رابطه ۱۱ شکل دقیق تابع تقاضای سرمایه است که برای به‌دست‌آوردن آن باید از تابع هزینه ترانسلوگ (معادله ۳) استفاده کرد.

$$\ln K^* = \alpha_0 + \alpha_y \ln y + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \alpha_r \ln P_r + \beta Du + \theta T \quad (11)$$

با برآورد تابع فوق و معکوس کردن آن می‌توان به ظرفیت اقتصادی تولید در کوتاه‌مدت دست یافت. درخور ذکر است که برای حفظ رابطه همگنی از درجه صفر، باید قید  $\sum_i \alpha_i + \alpha_r = 0$  را به معادله تقاضای سرمایه اضافه کرد. این فرض بیان می‌کند که، با تغییر یکسان قیمت نهاده‌ها، میزان تقاضای موجودی سرمایه تغییر نمی‌کند. در معادله ۱۱،  $Du$  متغیر مجازی است که برای در نظر گرفتن سال‌های جنگ به کار رفته است.

پس از برآورد معادله تقاضای سرمایه، می‌توان، با کمک گرفتن از روابط ریاضی ساده، ظرفیت تولید اقتصادی را در کوتاه‌مدت به صورت معادله ۱۲ استخراج کرد:

$$\ln Y^* = \frac{\ln K^* - \alpha - \sum_i \alpha_i \ln P_i - \alpha_r \ln P_r - \beta Du - \theta T}{a_y} \quad (12)$$

از طریق معادله ۱۲ می‌توان میزان ظرفیت اقتصادی تولید را محاسبه کرد و تولید واقعی را با آن مقایسه نمود. پرسش اصلی و حائز اهمیت این است که شکاف<sup>۱</sup> بین تولید واقعی و ظرفیت اقتصادی تولید در کوتاه‌مدت چقدر است؟ بدین منظور، می‌توان از رابطه ۱۳ برای محاسبه این میزان شکاف استفاده کرد. نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی از نسبت تولید واقعی به ظرفیت تولید اقتصادی در کوتاه‌مدت به دست می‌آید:

$$CU = \frac{Y}{Y^*} \quad (13)$$

در ادامه می‌توان تأثیر تغییر قیمت نهاده‌های تولید را مستقیماً بر نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی محاسبه کرد؛ به طوری که مشخص شود تغییر قیمت هر نهاده چه مقدار نرخ بهره‌برداری را تغییر می‌دهد. به عبارت دیگر، تغییر قیمت نهاده‌های تولید در

1. Gap

کوتاه‌مدت چه تأثیری بر ظرفیت تولید و، به تبع آن، بر نرخ بهره‌برداری از ظرفیت تولید می‌گذارد. بدین منظور، از رابطه ۱۴ برای محاسبه میزان اثرگذاری قیمت هر نهاده بر نرخ بهره‌برداری از ظرفیت استفاده می‌شود.

#### ۴. توصیف داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه به صورت سری زمانی و مربوط به مجموع نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور طی دوره زمانی ۱۳۵۰ - ۱۳۸۸ است. این داده‌ها عمدتاً از نشریهٔ چهل‌ویک سال صنعت برق ایران در آیینیهٔ آمار گردآوری شده است. سایر منابع آماری مورد استفاده عبارت‌اند از: ترازنامهٔ انرژی، سالنامهٔ آماری و پایگاه آمار اقتصاد صنعتی.<sup>۱</sup> داده‌های آماری قدرت اسمی نیروگاه‌ها بر حسب مگاوات (هزار کیلووات)، تولید برق بر حسب میلیون کیلووات ساعت، گازوئیل و نفت کوره بر حسب میلیون لیتر، گاز طبیعی بر حسب میلیون متر مکعب و ضریب بار بر حسب درصد از نشریهٔ چهل‌ویک سال صنعت برق ایران در آیینیهٔ آمار گرفته شده است. اجرای این مطالعه نیازمند محاسبهٔ برخی از متغیرها بود؛ در اینجا چگونگی محاسبهٔ آن‌ها ارائه می‌شود.

#### ۱.۴. محاسبهٔ قیمت سوخت‌ها

چون قیمت سوخت‌های فسیلی در دسترس نیست، برای محاسبهٔ آن‌ها لازم است نخست میزان مصرف هر سوخت با استفاده از یک ضریب تبدیل حرارتی مگاژول ( $mj$ ) محاسبه شود. سپس، با تقسیم هزینه‌های سالیانه بر مقدار به‌دست‌آمده قیمت سوخت محاسبه شود. درخور ذکر است که نیروگاه‌های برق در نقاط مختلف کشور پراکنده‌اند و سطح هزینه‌های عملیاتی آن‌ها متفاوت است. از آنجا که دسترسی به هزینه‌های حمل و نگهداری سوخت‌ها بسیار مشکل است، آن هزینه‌ها در تعیین قیمت سوخت‌ها منظور نشد.

#### ۲.۴. محاسبهٔ قیمت نیروی کار

منظور از قیمت نیروی کار مزد و حقوق و مزایای پرداختی سالانه است که به طور متوسط به هر یک از افراد شاغل پرداخت می‌شود. برای پیدا کردن قیمت نهادهٔ کار،

1. [www.mim.gov.ir/industry](http://www.mim.gov.ir/industry)

هزینه‌های مزد و حقوق پرداختی کارکنان بر تعداد شاغلان تقسیم شد. به دلیل عدم دسترسی به آمار مذکور برای صنعت برق به‌ناچار از میانگین دستمزد پرداختی در کل صنایع استفاده شد.

#### ۳.۴. محاسبه قیمت سرمایه

در این تحقیق برای دستیابی به قیمت نهاده سرمایه در هر سال از نسبت میانگین مخارج سرمایه‌گذاری به ظرفیت ایجادشده (یعنی ظرفیت اضافه‌شده به نیروگاه‌های کشور) طی سه سال استفاده شد. برای محاسبه قیمت سرمایه به قیمت ثابت (سال ۱۳۷۶)، از شاخص تورم کشورهای توسعه‌یافته استفاده شد. دلیل این امر واردات بسیاری از تجهیزات نیروگاهی از این‌گونه کشورها در گذشته بوده است.

#### ۵. روش برآورد مدل

در این مطالعه، برای محاسبه نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی، نخست معادله تقاضای سرمایه به همراه قید همگنی از درجه صفر با روش OLS برآورد می‌شود که با کمک آن می‌توان نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی را اندازه‌گیری کرد. از محاسبه نسبت تولید واقعی به ظرفیت اقتصادی تولید میزان بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی به دست می‌آید. سرانجام، برای بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی از روش OLS استفاده می‌شود.

#### ۶. نتایج برآورد مدل

نتایج برآورد تابع تقاضای سرمایه، با توجه به قید همگنی از درجه صفر نسبت به قیمت نهاده‌ها در جدول ۱ مشاهده می‌شود. قید همگنی از درجه صفر بیان می‌کند که با تغییر قیمت نهاده‌ها به یک نسبت میزان تقاضای سرمایه تغییر نمی‌کند.

$$\alpha_g + \alpha_n + \alpha_{gas} + \alpha_l + \alpha_r = 0$$

$$\ln K^* = \alpha_y + \alpha_y \ln Y + a_g \ln P_g + a_n \ln P_n + \quad (14)$$

$$a_{gas} \ln P_{gas} + a_l \ln P_l + \alpha_r \ln P_r + \beta Du + \theta \ln t$$

جدول ۱. برآورد پارامترهای تابع تقاضای سرمایه

پارامتر	برآورد	آماره t	سطح احتمال
$a_0$	۶/۳۶	۵/۲۲	۰/۰۰۰
$a_Y$	۰/۵۸	۵/۷۱	۰/۰۰۰
$a_g$	-۰/۲۱	-۳/۵۴	۰/۰۰۴۲
$a_n$	۰/۰۲	۲/۱۲	۰/۱۵۱۷
$a_{gas}$	-۰/۱۱	-۱/۹۲	۰/۲۶۵۸
$a_l$	۰/۰۳۶	۳/۸۴	۰/۰۰۲۴
$a_r$	-۰/۰۶	-۱/۵۱	۰/۳۲۵۶
$\beta_u$	۰/۱۸	۳/۰۲	۰/۰۰۰۱
$\theta$	۰/۲۱	۲/۳۳	۰/۰۰۱

مأخذ: محاسبات تحقیق  $dW = ۱/۶۸$  .....  $R^2 = ۰/۹۷$

همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، ضرایب متغیرهای سطح تولید، قیمت گازوئیل، قیمت نفت کوره، قیمت نیروی کار و روند زمانی در معادله تقاضای سرمایه از لحاظ آماری معنی‌دارند. به علاوه، متغیر مجازی که برای سال‌های جنگ در نظر گرفته شده است نیز معنی‌دار است. متغیرهای قیمت گازوئیل و گاز طبیعی تأثیر منفی و متغیر تولید تأثیر مثبت در تقاضای سرمایه دارند. متغیر قیمت سرمایه تأثیر معنی‌داری در تقاضای سرمایه ندارد.

بی‌معنابودن قیمت سرمایه از لحاظ آماری برای صنعت تولید برق ایران به چند دلیل دور از انتظار نیست:

نخست آنکه برق کالایی ذخیره‌ناشدنی است و باید ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌ها پاسخ‌گوی مصرف در دوره‌های زمانی پیک باشد.

دیگر آنکه تصمیمات ایجاد ظرفیت جدید در صنعت تولید برق ایران توسط واحدهای دولتی عمدتاً با توجه به نیاز کشور و امکانات مالی انجام می‌پذیرد و الزاماً حساسیتی به هزینه ساخت نیروگاه‌ها و قیمت سرمایه ندارد.

درخور ذکر است که تقاضای سرمایه رابطه مستقیم و قوی با سطح تولید دارد.

## ۱.۶. آزمون ریشه واحد برای جملات پسماند

نتایج آزمون ریشه واحد نشان می‌دهد که اجزای پسماند معادله تقاضای سرمایه در سطح یک درصد پایا است. بنابراین، می‌توان استنباط کرد که رابطه‌ای بلندمدت بین متغیرهای الگو وجود دارد. جدول ۲ نتایج مذکور را نشان می‌دهد. باید ذکر کرد که آماره‌های فیلیپس- پرون و دیکی- فولر<sup>۱</sup> تعمیم‌یافته در بررسی ایستایی جملات پسماند نتایج یکسانی در پی داشته است.

جدول ۲. آزمون ریشه واحد برای جملات پسماند

نام متغیر	وضعیت	مقدار آماره DF	مقدار بحرانی	سطح
پسماند تقاضای سرمایه	$I(0)$	-۴,۲۷۵۱	-۴,۰۱۲۵	۱٪

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۲.۶. برآورد نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی و بررسی عوامل مؤثر بر آن

پس از آزمون پایایی روی معادله تقاضای سرمایه، می‌توان معادله ظرفیت تولید اقتصادی در کوتاه‌مدت را با قراردادن موجودی واقعی سرمایه برای موجودی بهینه سرمایه در معادله ۱۴ به دست آورد. معادله ۱۵ نشان‌دهنده ظرفیت اقتصادی تولید است.

$$\ln Y^* =$$

$$\frac{\ln K - 6/36 + 0/21P_g - 0/02P_n + 0/11P_{gas} - 0/036P_l + 0/06P_r - 0/18Du - 0/21Lnt}{0/58} \quad (15)$$

میزان ظرفیت اقتصادی تولید که از معادله ۱۶ به دست می‌آید مبنای محاسبه نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی برای سال‌های مختلف قرار می‌گیرد. یک سؤال اصلی در این مطالعه مقدار شکاف بین تولید واقعی و ظرفیت اقتصادی تولید در صنعت تولید برق کشور است. برای دستیابی به پاسخ، می‌توان از رابطه ۱۳ برای محاسبه این شکاف استفاده کرد. مطابق این معادله، نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی نسبت تولید واقعی به ظرفیت اقتصادی تولید تعریف شده است. بنابراین، برای محاسبه نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی تولید باید از نسبت این معادله استفاده کرد. جدول ۳ نتایج مربوط به

1. Phillips- Perron and Dickey- Fuller

این محاسبه را نشان می‌دهد. در این جدول، علاوه بر نمایش نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی، نرخ بهره‌برداری از ظرفیت نیروگاه‌ها مطابق دیدگاه مهندسی نیز به منظور مقایسه محاسبه و منظور شده است. ارقام جدول ۳ معیارهای مهندسی و اقتصادی از میزان بهره‌برداری از ظرفیت نیروگاه‌ها را برای سال‌های منتخب نشان می‌دهد.

جدول ۳. نرخ بهره‌برداری از ظرفیت در دیدگاه‌های مختلف در دوره زمانی ۱۳۵۰ - ۱۳۸۸

سال	دیدگاه مهندسی*	دیدگاه اقتصادی
۱۳۵۰	۰٫۳۲	۰٫۶۵
۱۳۵۵	۰٫۴۳	۱٫۱۱
۱۳۶۰	۰٫۲۶	۰٫۵۹
۱۳۶۵	۰٫۳۵	۰٫۸۹
۱۳۷۰	۰٫۴۳	۰٫۶۹
۱۳۷۵	۰٫۴۳	۰٫۵۶
۱۳۸۰	۰٫۵۰	۰٫۶۹
۱۳۸۵	۰٫۵۶	۰٫۸۶
۱۳۸۶	۰٫۵۵	۰٫۷۹
۱۳۸۷	۰٫۵۸	۰٫۸۵
۱۳۸۸	۰٫۵۶	۰٫۸۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

\*در دیدگاه مهندسی، تولید واقعی به ظرفیت مهندسی (تولید اسمی) تقسیم شده است.

همان طور که به روشنی پیداست، برآورد نرخ بهره‌برداری از ظرفیت می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت کشور بسیار مفید و ثمربخش باشد. در ستون اول در جدول ۳ نرخ بهره‌برداری از ظرفیت نیروگاه‌های کشور در دیدگاه مهندسی مشخص شده است. در این دیدگاه شکاف تولید واقعی و حداکثر توان تولید بدون در نظر گرفتن تغییر قیمت نهاده‌ها مد نظر است. ارقام در این ستون شکاف نسبتاً زیاد بین تولید واقعی و تولید بالقوه از این دیدگاه را نشان می‌دهد. در ستون دیگر این جدول، نرخ بهره‌برداری از دیدگاه اقتصادی نشان داده شده است. در همه دوره مورد مطالعه، نرخ بهره‌برداری از نیروگاه‌ها در دیدگاه اقتصادی بیشتر از نرخ بهره‌برداری در دیدگاه

مهندسی است و بیانگر این واقعیت است که ظرفیت تولید در دیدگاه‌های مهندسی و اقتصادی بسیار متفاوت است. ظرفیت تولید در دیدگاه اقتصادی در سطحی است که فرایند تولید در یک تعادل بلندمدت قرار گیرد نه صرفاً هزینه‌های متوسط کوتاه‌مدت یا بلندمدت تولید حداقل شوند. درخور ذکر است که نرخ‌های بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی برای برخی سال‌ها بیشتر از یک است؛ بدین مفهوم که تولید واقعی از ظرفیت اقتصادی در بعضی سال‌ها بیشتر شده است. مطلب درخور توجه این است که، در دیدگاه مهندسی، تولید واقعی نمی‌تواند از ظرفیت تعیین‌شده‌اش فراتر برود، اما در دیدگاه اقتصادی با تحمل هزینه‌های بیشتر این موضوع امکان‌پذیر است. اما، در این وضعیت، تولید در تعادل بلندمدت قرار ندارد.

اینک به بررسی آثار متغیرهای مستقل بر نرخ بهره‌برداری اقتصادی از نیروگاه‌ها می‌پردازیم. جدول ۴ نتیجه برآورد معادله ۱۴ را نشان می‌دهد.

$$\ln Cu =$$

$$a_0 + a_y \ln Y + a_k \ln K + a_g \ln P_g + a_n \ln P_n + a_{gas} \ln P_{gas} + a_l \ln P_l + a_r \ln P_r + \beta Du + \theta \ln t \quad (16)$$

جدول ۴. نتیجه برآورد تابع نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی

پارامتر	برآورد	آماره t	سطح احتمال
$a_0$	۱۶,۳۲	۸,۰۶	۰,۰۰۰
$a_y$	۰,۹۵	۴,۹۲	۰,۰۰۰
$a_k$	-۲,۸۷	-۱۱,۳	۰,۰۰۰
$a_g$	-۰,۶۹	-۳,۸۵	۰,۰۰۰۱
$a_n$	۰,۰۶	۰,۳۶	۰,۳۱۲۶
$a_{gas}$	-۰,۰۹	-۰,۹۵	۰,۳۶۲
$a_l$	۰,۶۳	۲,۴۹	۰,۰۵۸
$a_r$	-۰,۱۷	-۱,۳۶	۰,۰۷۲
$\beta$	۰,۲۹	۳,۶۸	۰,۰۰۱
$\theta$	۰,۳۵	۵,۶۹	۰,۰۰۰

$$R^2 = ۰/۹۲ \dots \dots \dots dW = ۲/۴۸ \quad \text{مأخذ: محاسبات تحقیق}$$

نتایج نشان می‌دهد که نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی نیروگاه‌ها با توجه به ضریب متغیر زمان یعنی  $\theta$  به مرور زمان بهبود یافته است. تغییر قیمت نهاده‌های نفت کوره، گاز طبیعی و سرمایه تأثیر معناداری در نرخ بهره‌برداری ندارد. فقدان رابطه معنادار بین قیمت نهاده سرمایه و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی ( $Cu$ ) بسیار جالب است. استنباط عادی این است که افزایش قیمت سرمایه نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی را قاعدتاً بالا می‌برد، زیرا وقتی قیمت سرمایه افزایش یابد فرایند سرمایه‌گذاری پرهزینه‌تر می‌شود و نیروگاه‌ها برای جبران افزایش هزینه سعی خواهند کرد تا میزان تولید را بیشتر کنند. بنابراین، سطح تولید افزایش خواهد یافت و، به تبع آن، نرخ بهره‌برداری از ظرفیت بالا خواهد رفت. اما، نتایج بررسی این طور نشان می‌دهد که چنین نیست و تغییر قیمت نهاده سرمایه اثر معناداری در نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی ندارد. درخور ذکر است که تغییر قیمت نهاده سرمایه، مطابق جدول ۱، اثری در تقاضای سرمایه و، در نتیجه، در تولید بالقوه اقتصادی نیز نداشت و پیش از این علل آن به طور خلاصه ذکر شد.

مطابق جدول ۴، رابطه‌ای منفی و معنادار بین قیمت گازوئیل و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی وجود دارد. می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش قیمت گازوئیل نرخ بهره‌برداری از ظرفیت تولید را کاهش می‌دهد؛ بدین دلیل که در بیشتر نیروگاه‌های کشور تمایل به مصرف گاز طبیعی و نفت کوره بیشتر از گازوئیل است و فقط در ساعات اوج مصرف برای راه‌اندازی ژنراتورهای دیزلی از آن استفاده می‌شود. بنابراین، هر چه قیمت گازوئیل افزایش یابد طبعاً استفاده از این نهاده کاهش و، به تبع آن، سطح تولید واقعی کاهش می‌یابد و به دنبال آن‌ها نرخ بهره‌برداری از ظرفیت کاهش می‌یابد. نباید از نظر دور داشت که، مطابق تجزیه و تحلیل قبل، تغییرات قیمت گازوئیل بر تقاضای سرمایه و، در نتیجه، بر ظرفیت اقتصادی تولید نیز اثر می‌گذارد. افزایش قیمت گازوئیل از طریق آثارش بر تولید بالقوه اقتصادی نیز موجب کاهش نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی می‌شود.

## ۷. نتیجه‌گیری

نتایج برآورد تابع تقاضای سرمایه نشان داد که ضرایب متغیرهای سطح تولید، قیمت گازوئیل، قیمت نیروی کار، متغیر مجازی (برای دوران جنگ) و روند زمانی از لحاظ آماری معنی‌داری‌اند. علامت ضرایب متغیرهای قیمت گازوئیل، گاز طبیعی و قیمت سرمایه در تابع



تقاضای سرمایه برآورد شده منفی است. اما، دو متغیر گاز طبیعی و قیمت سرمایه از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند. متغیرهای تولید، قیمت نفت کوره و قیمت نیروی کار تأثیر مثبتی در تقاضای سرمایه دارند.

نتایج برآورد نرخ بهره‌برداری از ظرفیت نیروگاه‌ها نشان می‌دهد که میزان تولید واقعی از ظرفیت تولید اقتصادی و مهندسی کمتر است. اما، کوچک‌بودن نرخ بهره‌برداری در دیدگاه مهندسی نسبت به دیدگاه اقتصادی بیانگر تفاوت ظرفیت تولید در این دو دیدگاه است؛ به گونه‌ای که، در دیدگاه مهندسی، ظرفیت تولید سطحی از تولید در نظر گرفته می‌شود که بتوان حداکثر تولید را مطابق مشخصات مهندسی نیروگاه‌ها انجام داد. اما، در دیدگاه اقتصادی، ظرفیت تولید سطحی از تولید است که، علاوه بر حداقل کردن هزینه در کوتاه‌مدت، تولید در یک تعادل بلندمدت قرار گیرد.

نتایج برآورد مدل نرخ بهره‌برداری از ظرفیت بدین‌گونه است که تغییر قیمت نهاده‌های نفت کوره، گاز طبیعی و سرمایه تأثیری در نرخ بهره‌برداری ندارد. جالب است که رابطه‌ای منفی و معنی‌دار بین نرخ بهره‌برداری از ظرفیت و قیمت نهاده گازوئیل وجود دارد. افزایش قیمت گازوئیل نرخ بهره‌برداری از ظرفیت تولید را کاهش می‌دهد.

#### ۸. پیشنهادها

دولت باید زمینه مشارکت بخش خصوصی را در عرصه تولید برق فراهم سازد. اگرچه بخش تولید برق گام‌هایی برای خصوصی‌سازی برداشته، هنوز رقابت به معنای واقعی در این صنعت وجود ندارد. هم‌اکنون، نیروگاه‌ها هم سوخت ارزان دریافت می‌کنند هم تا حدود بسیار زیاد با گرانش دولتی اداره می‌شوند. این دو باعث می‌شود تا سرمایه‌گذاری بازده مورد انتظار خود را نداشته باشد. عدم رقابت در بخش صنعت تولید برق می‌تواند یکی از علل بی‌توجهی به هزینه‌های تولید باشد، زیرا، با خصوصی‌شدن نیروگاه‌ها، تولیدکنندگان برای کاهش هزینه‌های تولید بسیار تلاش خواهند کرد.

فاصله‌داشتن تولید واقعی از ظرفیت اقتصادی تولید هزینه‌های گزافی به این صنعت (بخش تولید) تحمیل می‌کند. بنابراین، مدیران صنعت باید به گونه‌ای مستمر این شکاف را محاسبه کنند و برای استفاده مطلوب‌تر تصمیم‌های لازم را اتخاذ نمایند.

تبادل انرژی برق با کشورهای همسایه و هماهنگی بین استان‌های داخلی کشور با توجه به تفاوت‌های اقلیمی، درجه حرارت، آب و هوا، الگوهای مصرف و سایر عوامل به منظور هموار کردن عرضه برق (در جهت جلوگیری از کاهش ضریب بار) و استفاده از مزیت‌های نسبی در تولید برق- مثلاً، تبادل برق با کشورهای همسایه شمالی برای کاهش بار پیک تابستانی- می‌تواند بسیار زیاد به کاهش هزینه‌های تولید برق کمک کند.

### منابع

۱. نفر، نصرت‌الله (۱۳۸۵). ظرفیت بهینه تولید در صنعت خودرو سازی ایران، مجموعه مقالات همایش صنعت خودرو ایران و اقتصاد جهانی.
2. Berndt, Ernst R. & Catherine, J. Morrison (1981). Capacity Utilization Measures: Underlying Economic Theory and an Alternative Approach, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 71, 45-51.
3. Berndt, Ernst R. & Dieter, M. Hesse (1986). Measuring and Assessing Capacity Utilization in the Manufacturing Sectors of Nine OECD countries, *European Economic Review*, 30, 961-989.
4. Cassels, J.M. (1937). Excess Capacity and Monopolistic Competition, *Quarterly Journal of Economics*, 51, 426-443.
5. Chenery, Hollis B. (1952). Overcapacity and the Acceleration Principle, *Econometrica*, 20, 1-28.
6. Grofalo, A., Gasper, A. & Malhotra, Devinder M. (1997). Regional Measures of Capacity Utilization in the 1980s, *Review of economic and statistic*, 55, 28-45.
7. Hickman, B.G. (1964). On a new Method of Capacity Estimation, *Journal of the American Statistical Assouation*, 59, 529-545.
8. Hilke, J.C. (1984). Excess Capacity and Entry: Some Empirical Evidence, *Journal of Industrial Economics*, 33, 233-240.
9. Kim H.Y. (1999). Economic Capacity Utilization and its Determinants: Theory and Evidence, *Review of Industrial Organization*, 15, 321-339.
10. Klein, L.R. (1960). Some Theoretical Issues in the Measurement of Capacity, *Econometrica*, 28, 272-286.

11. Lau, L.J. (1976). A Characterization of the Normalized Restricted Profit Function, *Journal of Economic Theory*, 12, 131-163.
12. Morrison, C.J. (1985a). On the Economic Interpretation and Measurement of Optimal Capacity Utilization with Anticipatory Expectations, *Review of Economic Studies*, 52, 295-310.
13. Nelson, Randy A. (1989). On the Measurement of Capacity Utilization, *Journal of Industrial Economics*, 37(3), 273-286.
14. Ohta, H. (1977). On the Excess Capacity Controversy, *Economic Inquiry*, 153-165.
15. Rasche, Robert H. & John A. Tatom (1977). The Effect of the New Energy Regime on Economic Capacity, Production, and Prices, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 59, 2-12.
16. Schultze, Charles L. (1963). Uses of Capacity Measures for Short-Run Economic Analysis, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 53, 293-308.
17. Wenders, J. (1971). Excess Capacity as a Barrier to Entry, *Journal of Industrial Economics*, 20, 14-19.
18. Wilson, Thomas A. & Eckstein, O. (1964). Short-Run Productivity Behavior in U.S. Manufacturing, *Review of Economics and Statistics*, 46, 41-54.