اهمیت تأمین انرژی برق در توسعه اقتصادی و گذار از اقتصاد دوگانه

دکتر محمود متوسلی[۱]، وحید مهربانی[۲و*]

تاریخ دریافت مقاله:
۱۳۹۰/۳/۶
تاریخ پذیرش مقاله:
۱۳۹۰/۶/۶

کلمات کلیدی:
انرژی برق، اقتصاد دوگانه، صنعتی شدن، توسعه اقتصادی

چکیده:

محدود بودن منابع انرژی به چالشی جدی در عصر حاضر تبدیل شده است. برق یکی از مهم‌ترین انرژی‌های پاک است که می‌تواند برای یک اقتصاد در حال توسعه مانند ایران اهمیت بسزایی داشته باشد و زمانی بر اهمیت این موضوع افزوده می‌شود که از یک سو سایر منابع انرژی همانند نفت و گاز مهم‌ترین منبع درآمدی کشور بوده و از سوی دیگر تقاضا برای گاز و فرآورده‌های نفتی به طور روز افزون در حال افزایش است. از این رو در این مطالعه الگویی نظری بر مبنای مفهوم دوگانگی و نظریه تغییرات ساختاری در اقتصاد توسعه طراحی گردیده است که نشان می‌دهد افزایش بکارگیری انرژی برق باعث گسترش بخش صنعت و کوچک شدن نسبی بخش کشاورزی شده و با ایجاد تحولات ساختاری، فرایند توسعه اقتصادی را تسهیل می‌کند. شواهد تجربی بدست آمده بر اساس توابع تولید بخشی در اقتصاد ایران نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

۱) استاد اقتصاد دانشگاه تهران
۲) دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه تهران
* نویسنده مسئول، vmehrbani@ut.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

مقدمه

کشورهای در حال توسعه در تلاش برای نیل به سطوح بالاتر توسعه اقتصادی با دو مسأله عمده روبرو هستند. اول تمهید و تجهیز هر چه بیشتر منابع موجود به منظور تحقق رشد اقتصادی بالاتر و دوم محدود بودن منابع. هر چند که یکی از ویژگی‌های بسیاری از کشورهای توسعه نیافته دارا بودن منابع غنی و فراوان طبیعی است اما از آنجا که این اقتصادها فروشنده مواد خام و طبیعی مانند نفت، گاز، سنگ معدن و غیره هستند و از این طریق کسب درآمد می‌کنند لذا محدودیت منابع برای آنها نیز مسأله ساز بوده و لزوم توجه به تأمین عوامل اساسی تولید در برنامه‌ریزی توسعه در این اقتصادها احساس می‌گردد.

اهمیت منابع انرژی به خصوص نفت در رشد اقتصادی کشورهای صنعتی و گذار از مراحل مختلف توسعه در کشورهای در حال توسعه تا بدان‌جاست که نزاع‌های سیاسی و نظامی را میان دولت‌ها بوجود آورده است و پایان‌پذیر بودن این منابع نیز مزید بر علت شده است تا کشورهای توسعه یافته و حتی در حال توسعه به دنبال یافتن راهی برای برون رفت از وابستگی به منابع انرژی پایان‌پذیر و استراتژیک و همچنین جایگزینی آن با انرژی‌های نو و دارای آلودگی کمتر باشند.

انرژی الکتریکی از انواع انرژی است که دارای کاربردهای منحصر به فردی بوده و می‌تواند در برخی زمینه‌ها جایگزین منابع انرژی مختلفی باشد. با شناسایی برق به عنوان منبع انرژی و برتری آن بر سایر انرژی‌ها از لحاظ آثار زیست محیطی و با توجه به افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، گرایش به سرمایه‌گذاری در تولید برق افزایش یافته است به گونه‌ای که تلاش برای یافتن منبعی با ثبات به منظور تولید برق همانند انرژی هسته‌ای به طور روز افزون شتاب گرفته است و این مسأله الگوی مصرف را در سراسر دنیا تحت تأثیر قرار داده است.

موقعیت جغرافیایی ایران و قرار داشتن کشور در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک باعث گردیده است که توان تولید برق با استفاده از نیروی آب قابل توجه نباشد و در عوض به استفاده از سوخت‌های فسیلی مبادرت گردد اما با توجه به اتکای اقتصاد ایران به نفت و گاز، به نظر می‌رسد که یافتن منبعی برای تولید برق یک ضرورت است و انرژی هسته‌ای می‌تواند چنین گزینه‌ای باشد.

هدف مطالعه حاضر نشان دادن اهمیت تولید برق در توسعه اقتصادی است تا از پس آن بتوان به اهمیت و ضرورت دستیابی به منبعی با ثبات برای ایجاد انرژی الکتریکی پی برد. از این رو سؤال پیش رو چنین است که آیا سرمایه‌گذاری در تولید و تأمین برق و افزایش ظرفیت تولید برق می‌تواند در تسهیل فرایند توسعه اقتصادی یک کشور در حال توسعه همانند ایران مؤثر واقع شود؟

به منظور پاسخ‌گویی به سؤال بالا، مقاله حاضر به صورت ذیل تدوین می‌یابد. در بخش (۲) به اهمیت و جایگاه نیروی برق در اقتصاد کشور پرداخته می‌شود. در بخش (۳) ادبیات موضوع و در بخش (۴) چارچوب نظری مسأله تبیین گشته و فرضیه ارائه می‌گردد. بخش (۵) به معرفی الگویی برای ارائه شواهدی از اقتصاد ایران و آزمون تجربی فرضیه می‌پردازد و در بخش (۶) نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند. بخش (۷) نتیجه‌گیری را ارائه می‌کند.

اهمیت و جایگاه برق در صنعت و اقتصاد

انرژی الکتریکی علاوه بر آن که به عنوان یک انرژی پاک می‌تواند جایگزین انرژی‌های آلاینده محیط زیست شود، دارای کاربردهای اختصاصی است که شاید نتوان به جای آن از دیگر منابع انرژی استفاده نمود. گذشته از این که برق به عنوان یک کالای نهایی مصرفی(روشنایی) مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما قابلیت مهم آن ورود به عرصه تولید به صورت یک نهاده است که از این مجرا می‌تواند سطح تولید کل اقتصاد را نیز تحت تأثیر قرار دهد. با این وصف، قرار داشتن ایران در منطقه نیمه خشک که تبعات آن به صورت ناکافی بودن بارش برف و باران و به تبع آن کمبود منابع آب ظاهر می‌شود، توان تولید برق را محدود ساخته و استفاده از سایر روش‌های تولید برق را ایجاب کرده است. جدول (۱) سهم روش‌های مختلف در تولید برق برای وزارت نیرو در سال ۱۳۸۴ را نشان می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

جدول۱: سهم روش‌های مختلف تولید برق در وزارت نیرو.١٣٨٤

نوع نیروگاه				
بخاری	سیکل ترکیبی	گازی	آبی	دیزلی
٪۵۲/۳	٪۲۱/۱	٪۱۷	٪۹/۴	٪۰/۱

منبع: [۲]

همان‌طور که از جدول (۱) پیداست بیش از ۹۰٪ برق تولید شده در وزارت نیرو به روش‌های غیر آبی به دست می‌آید که با توجه به ۱۷۳۵۶۴/۵ مگاوات برق تولید شده [۲]، بیان‌گر استفاده فراوان از سوخت‌های فسیلی در تأمین برق مورد نیاز کشور است. از سویی دیگر، استفاده از روش‌های غیر آبی در تولید برق نیازمند استفاده از سایر منابع انرژی به خصوص گاز طبیعی است که این موضوع دلالت بر استفاده از یک منبع انرژی برای تولید انرژی دیگر دارد و لذا می‌توان از آن به تخصیص ناکارای منابع تعبیر نمود که خود عاملی در کندی رشد و توسعه اقتصادی کشور محسوب می‌گردد.

اهمیت این موضوع وقتی آشکارتر می‌شود که به وابستگی شدید بخش صنعت به انرژی برق پی برده شود. بخش صنعت بر خلاف سایر بخش‌های اقتصاد(خدمات، کشاورزی، نفت و گاز) نیاز فراوانی به برق دارد که این امر به دلیل نوع تجهیزات و ماشین‌آلات مورد استفاده در صنعت و ماهیت فعالیت‌های این بخش است. به عنوان مثال، در صنایع فلزات به دلیل استفاده از عمل الکترولیز نیاز به برق فراوانی است و این وابستگی تا آنجاست که فعالیت برخی صنایع مانند آلومینیوم به دلیل نیاز شدید به انرژی الکتریکی از یک سو و کمبود این انرژی در کشور برای تأمین نیاز صنایع مذکور از سوی دیگر، مقرون به صرفه نبوده[۷] و فرایند توسعه صنعتی را با اختلال جدی روبرو می‌سازد. جدول (۲) سهم هزینه مربوط به برق از کل هزینه سوخت و انرژی در بخش صنعت را نشان می‌دهد.

جدول۲: سهم برق از هزینه سوخت و انرژی کارگاه‌های صنعتی با ۱۰ نفر کارکن و بیشتر

سال	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵
سهم هزینه برق(درصد)	۶۰/۸۳	۶۰/۰۵	۶۱/۴۱	۶۱/۶۶	۶۰/۶۵

منبع: [۶]

همان‌گونه که جدول (۲) نشان می‌دهد، انرژی برق بخش عمده(بیش از ۶۰٪) هزینه سوخت و انرژی صنایع را به خود اختصاص داده است. این موضوع علاوه بر این که اهمیت برق در تولید صنعتی را نشان می‌دهد، تلویحاً بیان‌گر آن نیز هست که می‌توان با افزایش تولید و عرضه برق هم نیاز بخش صنعت را مرتفع ساخت و هم با کاهش قیمت برق از هزینه‌های تولید در این بخش مهم اقتصاد کاسته و ارزش افزوده بیشتری را در آن حاصل نمود.

جنبه دیگر بحث، اهمیت صنعتی شدن و رشد بخش صنعت در توسعه اقتصادی است به گونه‌ای که یکی از اجزای کلیدی فرایند تاریخی رشد، صنعتی شدن بود. این مطلب هم در مورد کشورهای پیشرو قرن نوزدهم و هم در مورد کشورهای تازه صنعتی شده امروزی صحیح است [۱۰]. حال اگر اقتصاد کشور در تأمین برق مورد نیاز بخش صنعت در تنگنا باشد و این ویژگی به خودی خود در

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

گسترش صنعت و رشد آن مانع ایجاد کند[۱]، در این صورت گشوده شدن راهی برای افزایش عرضه برق می‌تواند حرکت اقتصاد به سوی صنعتی شدن را تسهیل نماید.

ادبیات موضوع

به منظور تبیین آثار افزایش ظرفیت تولید برق، می‌توان *نظریه تغییر ساختاری*[۲] در اقتصاد توسعه را مورد توجه قرار داد. این نظریه بر ساز و کاری تأکید می‌کند که از طریق آن اقتصادهای در حال توسعه ساختارهای داخلی خود را از کشاورزی سنتی معیشتی به یک اقتصاد مدرن، شهری، خدماتی و صنعتی تغییر می‌دهند. این نظریه از ابزار قیمتی نئوکلاسیک و نظریه تخصیص منابع و اقتصادسنجی نوین استفاده می‌کندتا چگونگی وقوع چنین فرایندی را توضیح دهد [۱۶]. این نظریه که به دنبال مطالعه لوئیس[۳](۱۹۵۴) و چنری[۴] (۱۹۶۰ و ۱۹۷۵) معرفی شد و توسط دیگران نظیر رانیس[۵](۱۹۸۸) و سیرکین[۶](۱۹۸۸) مورد واکاوی قرار گرفت، مبتنی بر مفهوم *دوگانگی*[۷] در اقتصاد است. اقتصاد دوگانه اشاره به وضعیتی دارد که دو بخش کاملاً متفاوت و متمایز در کشور توسعه نیافته وجود دارد. یکی بخش روستایی (کشاورزی) و دیگری بخش شهری (صنعتی).

در الگوی لوئیس در مراحل اولیه فرایند توسعه اقتصادی، بخش روستایی وسیع بوده و بخش قابل ملاحظه‌ای از کل جمعیت کشور را در بر می‌گیرد. بهره‌وری در این بخش پایین بوده و نیروی کار مازاد در آن وجود دارد که از سطح دستمزد تأمین کننده حداقل معیشت ارتزاق می‌کند. در مجموع در این مرحله از توسعه، اقتصاد سنتی حاکمیت دارد اما به تدریج با انتقال نیروی کار به بخش صنعتی، انباشت سرمایه افزایش یافته و رشد بخش صنعت حاصل می‌شود.

در الگوی چنری بر فرایندهایی تأکید می‌گردد که از طریق آن ساختار اقتصادی، صنعتی و نهادی یک اقتصاد توسعه نیافته در طی زمان تحول یافته و صنایع جدید به عنوان موتور رشد اقتصادی جایگزین کشاورزی سنتی می‌شود. آن چه که در این رویکرد حائز اهمیت است، تأکید بر محدودیت‌های داخلی در جریان تغییرات ساختاری است که این محدودیت‌ها شامل منابع طبیعی و مادی نیز هستند [۱۶].

در مجموع بر اساس نظریه تغییرات ساختاری، گذار از اقتصاد سنتی به اقتصاد نوین تا جایی ادامه می‌یابد که بخش کشاورزی به بخش حاشیه‌ای و ناچیز در کل اقتصاد تبدیل شده و بر عکس بخش صنعت به رشد و شکوفایی خود رسیده است و در واقع حرکتی از اقتصاد کشاورزی به اقتصاد صنعتی مشاهده می‌گردد.

کاملاً واضح است که بر اساس نظریه تغییرات ساختاری، گسترش شبکه برق رسانی کشور به نوبه خود می‌تواند از محدودیت برق کاسته و دسترسی بخش صنعت به این انرژی را بهبود بخشد و موجبات تحول ساختاری در اقتصاد را فراهم کند. حال چگونه می‌توان این موضوع را تبیین نمود؟

چارچوب نظری

مشخص گردید که بر اساس نظریه تغییرات ساختاری نیل به توسعه اقتصادی معادل با گذار اقتصاد معیشتی و سنتی به اقتصادی است که بخش صنعت در آن به رشد و شکوفایی سطح بالایی رسید و دیگر اقتصاد بر محوریت کشاورزی رشد نمی‌کند. هدف آن است که یک چارچوب تحلیلی طراحی شود تا بتوان بر اساس آن نشان داد که گسترش بهره‌برداری از انرژی الکتریکی چگونه می‌تواند

---

[۱] این شرایط به صورت یک مشکل بر اقتصاد ایران سایه افکنده است.

[2] Structural Change Theory
[3] Lewis
[4] Chenery
[5] Ranis
[6] Syrquin
[7] Dualism

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

فرایند گذار اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد و حرکت به سوی اقتصادی صنعتی و توسعه یافته را تسریع بخشد. بدین منظور از فروضی خاص استفاده می‌شود.

فروض

۱. *اقتصاد دو بخشی*: اقتصاد از دو بخش کشاورزی(A) و صنعت (I) تشکیل شده است.

۲. *توابع تولید*: سطح محصول (Y) هر بخش تابعی از نیروی کار (L) و میزان استفاده از انرژی برق (E) است. این توابع در شکل عمومی خود به صورت ذیل هستند:

$$Y_A = Y_A(L_A, E_A) \quad (۱)$$

$$Y_I = Y_I(L_I, E_I) \quad (۲)$$

۳. *شدت بکارگیری عوامل*: محصولات کشاورزی کاربر[1] بوده و محصولات صنعتی برق‌بر[2] هستند. به زبان ریاضی رابطه ذیل برقرار است:

$$\frac{E_I}{L_I} \rangle \frac{E_A}{L_A} \quad (۳)$$

۴. *قیمت‌ها و فن‌آوری*: قیمت محصولات هر دو بخش و فن‌آوری تولید در طول فرایند گذار تغییر نمی‌کنند.

۵. *نیروی کار*: رشد جمعیت کشور مثبت بوده اما جمعیت نیروی کار در فرایند گذار ثابت است و در عین حال نیروی کار می‌تواند بین دو بخش اقتصاد منتقل شود.

۶. *تعادل*: وضعیت تعادلی بیان‌گر بهره‌برداری کامل از عوامل تولید (اشتغال کامل) است.

در این اقتصاد مثالی همواره هر دو محصول تولید می‌شوند و اقتصاد هیچ‌گاه در تولید یکی از دو محصول تخصصی نمی‌شود اما سهم محصول هر بخش از کل تولید اقتصاد می‌تواند تغییر کند و این موضوع با ایده گذار از اقتصاد دوگانه نیز سازگار است. در این شرایط و با توجه به فرض ۳، قیمت نهاده‌ها تغییر نکرده و لذا شدت بکارگیری عوامل تولید در طول فرایند گذار نیز دچار تغییر نمی‌گردد [۱۲]. بنابراین رابطه (۳) در طول مسیر توسعه اقتصادی همواره برقرار خواهد بود. چنین تفاوتی در شدت بکارگیری عوامل تولید میان دو بخش اقتصاد کاملاً قابل انتظار است و در اقتصاد ایران نیز با واقعیت تطابق دارد. جدول (۳) شواهدی را در تأیید این فرض ارائه می‌کند.

[1] - Labor-intensive
[2] - Electricity-intensive

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

جدول۳: نسبت برق* به نیروی کار در دو بخش صنعت و کشاورزی

سال	کشاورزی	صنعت
۱۳۴۶	۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۳
۱۳۵۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۴
۱۳۶۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۶
۱۳۷۴	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۹
۱۳۸۴	۰/۰۰۴۵	۰/۰۱۲۶

* برق عرضه شده توسط وزارت نیرو مورد استفاده قرار گرفته است.

منبع: [۲]

این تفاوت به ماهیت محصول و فرایند تولیدی در هر دو بخش ارتباط دارد. عواملی مانند آب، بذر، نیروی کار، تجهیزاتی که با سوخت‌های فسیلی فعالیت می‌کنند از جمله تراکتور، کمباین و غیره مهم‌ترین نهاده‌های بخش کشاورزی هستند. از این رو کاربرد برق در این بخش بسیار محدود است. در این بخش در زمینه پرورش آبزیان و در مواردی که کشت از نوع دیم نبوده و به صورت آبی انجام می‌گیرد، از انرژی الکتریکی در به جریان انداختن و هدایت آب به سوی مزارع استفاده می‌گردد. در مقابل، بخش صنعت نیاز اساسی و حیاتی به برق دارد. در این بخش از تجهیزات و ماشین‌آلاتی استفاده می‌گردد که بعضاً جز با انرژی الکتریکی فعالیت نمی‌کنند. فعالیت‌هایی همانند عمل‌آوری محصولات تولید شده در بخش کشاورزی، ریسندگی، بافندگی، ریخته‌گری و الکترولیز فلزات مخصوصاً آلومینیوم، آهن، فولاد و مس و بسیاری از دیگر فعالیت‌های صنعتی نیاز فراوانی به برق دارند به گونه‌ای که تغییرات قیمت و عرضه برق بر میزان تولید آنها بسیار مؤثر خواهد بود. البته نهاده‌ها و حامل‌های انرژی مانند نفت و مشتقات آن در بخش صنعت و کشاورزی مورد اسفاده قرار می‌گیرند اما آن چه که اهمیت دارد کاربرد بیشتر برق در صنعت در مقایسه با بخش کشاورزی است.

ویژگی دیگر این اقتصاد فرضی، ثابت بودن جمعیت نیروی کار است که در قالب فرض (۵) بیان گردیده است. هدف از این فرض، ثابت در نظر گرفتن سایر شرایط است تا بتوان از این طریق به تحلیل ایستای مقایسه‌ای تأثیر افزایش ظرفیت تولید برق اقتصاد بر تحولات ساختاری پرداخت. آن چه که فرض (۵) بر آن دلالت دارد، این است که در عین حال که جمعیت رشد می‌کند، ورود یک نسل به بازار کار متناسب با خروج نسلی دیگر از بازار است به گونه‌ای که موجودی قابل دسترس نیروی کار در طول فرایند گذار بدون تغییر می‌ماند.

تحلیل ایستای مقایسه‌ای

با توجه به فروض مطرح شده می‌توان پیامدهای افزایش ظرفیت تولید برق را تبیین نمود. ابزار مورد استفاده برای تحلیل این موضوع، روش ایستای مقایسه‌ای است به این معنا که دو وضعیت تعادلی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در وضعیت اولیه تعادلی، بخش عمده تولید به بخش کشاورزی تعلق داشته و بخش صنعت فعالیت محدودی دارد و در این توان تولید برق در اقتصاد ناچیز است. وضعیت تعادلی دیگر حالتی است که در آن بر ظرفیت تولید برق افزوده شده است. بدین منظور محدودیت هر یک از عوامل تولید به صورت ذیل ارائه می‌شوند:

$$\alpha_{EI}Y_I + \alpha_{EA}Y_A \le E \qquad \text{(۴) محدودیت برق}$$

$$\alpha_{LI}Y_I + \alpha_{LA}Y_A \le L \qquad \text{(۵) محدودیت نیروی کار}$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

در روابط بالا، E و L به ترتیب کل ظرفیت موجود برق و موجودی نیروی کار قابل استفاده در اقتصاد است. ضریب α_{ij} که در آن i=E,L و j=I,A است، مقداری مثبت بوده و نشان دهنده نسبت عامل تولید iام مورد استفاده در بخش j ام به سطح محصول بخش j ام است. به عبارت دیگر:

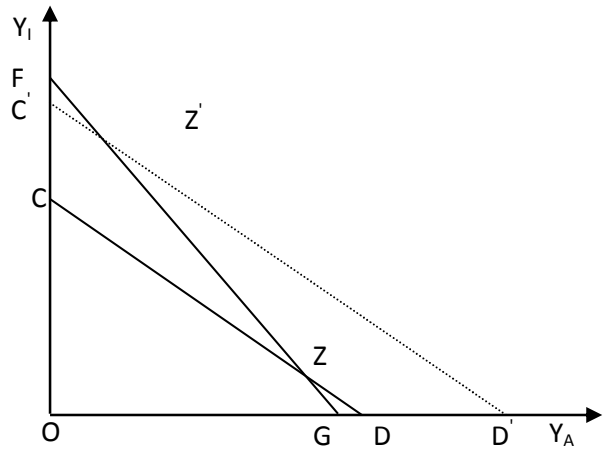
$$\alpha_{EI} = \frac{E_I}{Y_I},$$

$$\alpha_{EA} = \frac{E_A}{Y_A},$$

$$\alpha_{LI} = \frac{L_I}{Y_I},$$

$$\alpha_{LA} = \frac{L_A}{Y_A}.$$

دو محدودیت (۴) و (۵) در شکل ۱ به تصویر کشیده شده‌اند.



شکل ۱: محدودیت عوامل تولید

خط CD محدودیت انرژی برق و خط FG محدودیت نیروی کار را نشان می‌دهند. دلیل تفاوت در شیب این دو خط به تفاوت در شدت بکارگیری دو نهاده مزبور بر می‌گردد. شیب قیود (۴) و (۵) به صورت ذیل هستند[۱]:

[۱] حالت وجود تساوی در قیود مذکور در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

$$\frac{dY_I}{dY_A} = -\frac{\alpha_{EA}}{\alpha_{EI}} \quad (۴)$$

$$\frac{dY_I}{dY_A} = -\frac{\alpha_{LA}}{\alpha_{LI}} \quad (۵)$$

از آنجا که بخش صنعت برق‌بر است، لذا برای تولید هر واحد محصول در هر دو بخش صنعت و کشاورزی، میزان بیشتری از برق در صنعت در مقایسه با کشاورزی بکار گرفته می‌شود. بنابراین اگر $Y_I = Y_A$ باشد آن گاه $E_I \rangle E_A$ بوده و شیب قید CD به صورت ذیل خواهد بود:

$$\left(\frac{dY_I}{dY_A}\right)_{CD} = -\frac{E_A}{E_I} \quad \Rightarrow \left|\left(\frac{dY_I}{dY_A}\right)_{CD}\right| \langle 1$$

و از آنجا که محصولات کشاورزی کاربر هستند، به ازاء $Y_I = Y_A$، آن‌گاه $L_A = L_I$ است. بنابراین شیب قید FG خواهد بود:

$$\left(\frac{dY_I}{dY_A}\right)_{FG} = -\frac{L_A}{L_I} \quad \Rightarrow \left|\left(\frac{dY_I}{dY_A}\right)_{FG}\right| \rangle 1$$

وجود چنین تفاوتی در شیب دو محدودیت نقشی کلیدی در تحلیل خواهد داشت. اکنون می‌توان به تحلیل ایستای مقایسه‌ای پرداخت. با رجوع به شکل ۱ می‌توان دریافت که چهارضلعی OCZG منطقه‌ای است که امکان بهره‌برداری از هر دو نهاده در آن وجود دارد و در واقع ناحیه قابل دسترس و موجه اقتصاد است. با این حال نقطه Z در این ناحیه تنها جایی است که امکان بهره‌برداری کامل از هر دو نهاده در آن وجود دارد و به عبارت دیگر این نقطه بیان‌گر اشتغال کامل[۱] عوامل تولید است[۲]. بر این اساس نقطه Z وضعیت اولیه عملکرد اقتصاد از لحاظ تخصیص منابع و نقطه شروع تحلیل ایستای مقایسه‌ای است که در آن امکان بهره‌برداری از نیروگاه هسته‌ای در تولید برق وجود ندارد و نیاز بخش‌های اقتصاد به برق از طریق سایر نیروگاه‌های تولید برق تأمین می‌گردد.

[۱] از آنجا که نمی‌توان برق را ذخیره نمود و لذا بدون استفاده ماندن آن بی معناست، از این روی عدم اشتغال کامل برق در این تحلیل به معنای عدم بهره‌برداری کامل از برق تولید شده در اقتصاد توسط دو بخش صنعت و کشاورزی است. این امر بدان خاطر است که بخشی از برق تولید شده به هنگام انتقال به مراکز مصرف اتلاف گردیده و از بین می‌رود.

[۲] هر نقطه بر روی قیود CD و FG بیان‌گر بهره‌برداری از تمام نهاده مورد نظر است. در این صورت محدودیت‌های (۴) و (۵) از حالت کوچک‌تر یا مساوی به حالت تساوی تبدیل می‌شوند. نقطه Z تنها نقطه‌ای است که علامت مساوی در هر دو محدودیت را تأمین می‌کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

به منظور درک پیامدهای حاصل از بکارگیری انرژی هسته‌ای در تولید برق و افزودن موجودی برق کشور، محـدودیت‌هـای (۴) و (۵) در صورت اشتغال کامل منابع را به صورت ماتریسی در نظر می‌گیریم:

$$\begin{bmatrix} \alpha_{EI} & \alpha_{EA} \\ \alpha_{LI} & \alpha_{LA} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_I \\ Y_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ L \end{bmatrix}$$

از حل این دستگاه به روش کرامر نسبت به متغیرهای Y_I و Y_A، مقادیر تعادلی آنها در وضعیت اولیه تخصیص منـابع (Z) بـه دست می‌آید:

$$Y_I = \frac{\alpha_{LA}E - \alpha_{EA}L}{\alpha_{EI}\alpha_{LA} - \alpha_{LI}\alpha_{EA}} \quad (۶)$$

$$Y_A = \frac{\alpha_{EI}L - \alpha_{LI}E}{\alpha_{EI}\alpha_{LA} - \alpha_{LI}\alpha_{EA}} \quad (۷)$$

از آنجا که موجودی نیروی کار در طول فرایند توسعه اقتصادی تغییر نمی‌کند، می‌توان نحوه واکنش سطح محصول هر دو بخـش اقتصاد نسبت به تغییرات موجودی برق را با مشتق‌گیری از روابط (۶) و (۷) نسبت به E را مشاهده نمود:

$$\frac{\partial Y_I}{\partial E} = \frac{\alpha_{LA}}{\alpha_{EI}\alpha_{LA} - \alpha_{LI}\alpha_{EA}} \quad (۸)$$

$$\frac{\partial Y_A}{\partial E} = -\frac{\alpha_{LI}}{\alpha_{EI}\alpha_{LA} - \alpha_{LI}\alpha_{EA}} \quad (۹)$$

علامت روابط (۸) و (۹) بستگی به علامت مخرج کسر دارد چون همان‌طور که پیشتر بیـان‌گردیـد، ضـریب α_{ij} مقـدار مثبتـی است. تعیین علامت مخرج روابط مذکور را نیز می‌توان از فرض ۳ (تفاوت در شدت بکارگیری عوامل) به دست آورد. رابطه (۳) را می‌توان به صورت ذیل تبدیل کرد:

$$E_I L_A - E_A L_I \rangle 0 \quad (۱۰)$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

با تقسیم دو طرف رابطه (۱۰) بر $Y_I Y_A$ ، این رابطه به صورت زیر قابل بیان خواهد بود:

$$\alpha_{EI}\alpha_{LA} - \alpha_{LI}\alpha_{EA} \rangle 0$$

از این رو و با توجه به روابط (۸) و (۹) خواهیم داشت:

$$\frac{\partial Y_I}{\partial E} \rangle 0 \qquad (۱۱)$$

$$\frac{\partial Y_A}{\partial E} \langle 0 \qquad (۱۲)$$

روابط به دست آمده بیان‌گر آن هستند که افزایش موجودی قابل دسترس انرژی الکتریکی باعث افزایش تولیدات صنعتی و کاهش محصولات کشاورزی می‌گردد و لذا ساختار اقتصاد دچار تغییر خواهد شد به گونه‌ای که بخش صنعت گسترش یافته و وسعت بخش کشاورزی به تدریج کاهش می‌یابد. این رویداد در شکل ۱ با انتقال محدودیت انرژی برق به بالا و قرار گرفتن در وضعیت $C'D'$ نشان داده شده است. به دنبال این تحول، مجموعه امکانات قابل دسترس اقتصاد افزایش می‌یابد و به صورت $OC'Z'G$ تبدیل می‌شود. در این شرایط وضعیت تعادلی نقطه Z' است که تغییرات سطح محصول دو بخش صنعت و کشاورزی را به خوبی نشان می‌دهد.نتیجه به دست آمده به نوعی مؤید قضیه ریبزینسکی[1] است که بر مبنای آن افزایش موجودی یک نهاده باعث افزایش سطح تولید محصولی می‌شود که شدت بکارگیری آن نهاده در تولید محصول مزبور در مقایسه با محصول دیگر بیشتر است.

تخصیص منابع بین بخش‌ها نیز با پیش‌بینی نظریه تغییر ساختاری سازگاری دارد. به دنبال افزایش تولید برق، انرژی الکتریکی مورد استفاده صنعت (E_I) افزایش می‌یابد. از آنجا که نسبت بکارگیری عوامل در تولید فرایند گذار ثابت است، لذا نیروی کار بیشتری نیز در بخش صنعت به کار گرفته خواهد شد. چنین افزایشی در هر دو نهاده صنعت باعث افزایش محصول صنعتی می‌گردد. از آنجا که طبق فرض (۵) موجودی نیروی کار بدون تغییر می‌ماند، نیروی کار کشاورزی (L_A) کاهش یافته و چون نسبت بکارگیری عوامل ثابت است، بنابراین برق مورد استفاده در کشاورزی نیز کاهش می‌یابد.

با توجه به آن چه که در این تبیین نظری بدست آمد، فرضیه ذیل را می‌توان مطرح نمود:

فرضیه. افزایش ظرفیت تولید برق کشور می‌تواند فرایند توسعه اقتصادی ایران را تسهیل کند.

برای آزمون این فرضیه از الگویی تجربی و داده‌هایی از اقتصاد ایران استفاده می‌گردد.

[1] - Rybczynski

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

الگو

تحلیل تجربی چنری در زمینه تغییرات ساختاری باعث گردید که آزمون‌های تجربی و ارائه شواهد بر اساس این نظریه بـه متـون اقتصاد توسعه راه یابد. از آنجا که برخی از اقتصاددانان توسعه به تبعیت از چنری با روش‌های اقتصادسنجی به بررسی ایده‌های نظریـه تغییرات ساختاری پرداختند، در این مطالعه نیز سعی می‌شود تا با استفاده از معادلات رگرسیونی شواهدی از اقتصاد ایران ارائه شـود تـا بدین طریق شناخت مسأله پیش روی از فضای نظری محض خارج گردیده، صحت پیش‌بینی آن آزمون شود.

در این بخش تلاش می‌گردد تا بر مبنای نحوه تأثیرپذیری بخش‌های اقتصاد از تغییرات کل ظرفیت تولید بـرق کشـور، در مـورد پیامدهای گسترش شبکه برق‌رسانی کشور و تغییرات ساختاری احتمالی آن اظهار نظر نمود. بدین منظور از الگویی استفاده می‌شود که پایه و اساس آن توابع تولید (۱) و (۲) هستند. شکل تبعی خاصی که برای این توابع در نظر گرفته می‌شود از نوع کاب- داگلاس[1] بوده و به صورت لگاریتمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این توابع، از آنجا که هدف شناخت تأثیر تغییـرات ظرفیـت کـل تولیـد بـرق بـر ساختار اقتصاد است، به جای برق مورد استفاده هر بخش اقتصاد از کل برق فروخته شده به بخش‌ها و به جای سطح تولید هر بخـش از نسبت ارزش افزوده هر یک از دو بخش صنعت و کشاورزی به کل ارزش افزوده اقتصاد استفاده می‌شود. بر این اسـاس تـابعی کـه ساختار اقتصاد را شکل می‌دهد به صورت ذیل است.

$$\log(\frac{Y_i}{Y}) = \alpha_0 + \alpha_1 \log(L_i) + \alpha_2 \log(E) + \varepsilon_i \qquad i = A, I \qquad (۱۳)$$

در معادله بالا، Y ارزش افزوده کل اقتصاد و ε_i نیز جزء اخلال است. سایر متغیرها قبلاً معرفی شده‌اند.

نتایج

یک ویژگی مهم تحولات ساختاری در هر اقتصاد، زمان‌بر بودن آن است و لذا آثار و پیامدهای آن در درازمدت قابل مشاهده است. از این رو به منظور دست یافتن به شواهد قابل اعتنا در این مطالعه، تا حد امکـان از دوره‌ای نسـبتاً طـولانی در زمینـه رونـد تغییـرات متغیرهای مورد نظر استفاده می‌گردد که شامل سال‌های ۸۴-۱۳۴۶ است. داده‌های سری زمانی متغیرها از منابع مختلفـی جمـع‌آوری شده‌اند. آمار مربوط به کل فروش برق وزارت نیرو از ترازنامه انرژی به دست آمده است[2]. داده‌های نیروی کار کشـاورزی و صـنعت از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی جمع‌آوری شده و برای ارزش افزوده بخش‌های اقتصاد از بانک اطلاعات سری زمـانی بانـک مرکـزی استفاده شده است. جداول (۴) و (۵) نتایج برآورد معادله رگرسیونی (۱۳) را به روش *خود رگرسیونی با وقفـه تـوزیعی(ARDL)* ارائـه می‌کند.

[1] Cobb-Douglas

[2] بخش عمده برق کشور توسط وزارت نیرو تولید می‌گردد به گونه‌ای که در سال ۱۳۸۴ بیش از ۹۶٪ انرژی الکتریکـی تولیـد شـده، توسط وزارت نیرو تأمین گردیده است[۲].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

جدول٤: تولید برق و تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران. متغیر وابسته: لگاریتم سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی

متغیر توضیحی	ضریب برآورد شده	حداقل سطح معناداری
جزء ثابت	۱/۱۱	۰/۵۶
سهم ارزش افزوده با وقفه یک	۰/۸۵	۰/۰۰۰
نیروی کار	۲/۶۶	۰/۰۱۷
نیروی کار با وقفه یک	−۲/۲۱	۰/۱۷
نیروی کار با وقفه دو	۱/۸۱	۰/۲۶
نیروی کار با وقفه سه	−۲/۴۲	۰/۰۲۷
انرژی برق	−۰/۸۴	۰/۰۰۴
انرژی برق با وقفه یک	۰/۸	/۰۰۳
آماره R^2 تعدیل شده	۰/۹۷	---
آماره LM	۰/۸۴	۰/۳۵

جدول٥: تولید برق و تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران. متغیر وابسته: لگاریتم سهم ارزش افزوده بخش صنعت

متغیر توضیحی	ضریب برآورد شده	حداقل سطح معناداری
جزء ثابت	−۱/۲۳	۰/۰۷۶
سهم ارزش افزوده با وقفه یک	۰/۶۴	۰/۰۰۰
سهم ارزش افزوده با وقفه دو	−۰/۴۸	۰/۰۱
سهم ارزش افزوده با وقفه سه	۰/۴۶	۰/۰۰۳
نیروی کار	۰/۰۴۱	۰/۵۷
انرژی برق	۰/۱۳	۰/۰۱۹
آماره R^2 تعدیل شده	۰/۹۷	---
آماره LM	۰/۴۵	۰/۴۹

در رگرسیون‌های برآورد شده، تعداد وقفه‌ها بر اساس معیار شوارز- بیزین[1] تعیین شده‌اند. آماره R^2 تعدیل شده در هر دو معادله مقدار بالایی را نشان می‌دهد و حکایت از مناسب بودن خوبی برازش دارد. آماره LM نیز نشان می‌دهد که مشکل همبستگی سریالی در هر دو رگرسیون وجود ندارد.

ضریب مربوط به نیروی کار (بدون وقفه) در هر دو بخش کشاورزی و صنعت بر طبق انتظار علامت مثبت دارد اما تنها در بخش کشاورزی از لحاظ آماری معنادار است. بر این مبنا و مقایسه مقدار ضرایب، می‌توان به اهمیت بیشتر نیروی کار در بخش کشاورزی در مقایسه با صنعت پی برد چرا که کشش تولیدی نیروی کار در این بخش بسیار بزرگ‌تر از این کشش در صنعت است.

آن چه که بیشتر مورد توجه است ضرایب مربوط به کل تولید برق(بدون وقفه) در دو معادله برآورد شده است. این ضریب در بخش کشاورزی دارای علامت منفی و در بخش صنعت دارای علامت مثبت است و هر دو قویاً معنادار نیز هستند. این موضوع نشان می‌دهد که افزایش ظرفیت تولید برق کشور، سهم کشاورزی را در تولید داخلی کاهش داده و بر سهم بخش صنعت بیفزاید. این شواهد با نتایج نظری به دست آمده از روابط (۱۱) و (۱۲) و همچنین با پیش‌بینی نظریه تغییرات ساختاری در اقتصاد توسعه کاملاً سازگار است.

[1] - Schwarz-Bayesian Criterion

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

نتیجه‌گیری

منابع انرژی و نحوه بهره‌مندی از آن، از مقولاتی است که حساسیت ویژه‌ای را در میان سیاست‌گذاران اقتصادی و سیاسی در تمام کشورها- چه غنی از لحاظ منابع و چه فقیر- بوجود آورده است. بحران‌های انرژی و محدود بودن منابع نفت که پر اهمیت‌ترین حامل انرژی است، کشورهای با درجات متفاوت توسعه یافتگی را به استفاده و جایگزینی انرژی‌های نو واداشته است. انرژی برق از مهم‌ترین نهاده‌های مورد استفاده در بخش صنعت است و تأمین آن به اندازه کافی، می‌تواند در رشد تولیدات این بخش مهم باشد.از این رو، با توجه به اهمیت رشد صنعتی در فرایند توسعه اقتصادی، در این مطالعه سعی بر این بوده است تا نشان داده شود که تلاش در جهت افزایش ظرفیت تولید برق قابلیت آن را دارد که با ایجاد تحولات ساختاری در اقتصاد ایران، فرایند توسعه اقتصادی را تسهیل نموده و زمان گذار از اقتصاد دوگانه را کوتاه‌تر سازد. افزودن بر ظرفیت تولید برق کل کشور این امکان را فراهم می‌کند تا بخش صنعت که نیاز حیاتی به انرژی الکتریکی دارد، سهم خود را از تولید کل افزایش داده و از سهم بخش کشاورزی در اقتصاد ملی و میزان وابستگی به کشاورزی کاسته شود و ایران به یک اقتصاد صنعتی نزدیک‌تر گردد.

منابع

[۱] بانک اطلاعات سری‌های زمانی اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، www.cbi.ir.

[۲] ترازنامه انرژی، وزارت نیرو، سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴.

[۳] رحیمی بروجردی، علی‌رضا، ۱۳۸۳، تئوری‌ها و سیاست‌های تجارت بین الملل، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

[۴] سری زمانی نیروی کار بخش‌های اقتصادی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.

[۵] شاهرودی، محمد، ۱۳۸۶، همگام با اقتصاد سنجی Microfit، نور علم.

[۶] نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، مرکز آمار ایران، سال‌های ۸۵-۱۳۸۱.

[۷] وهابی، شمس الدین، ۱۳۸۷، بررسی زنجیره ارزش آلومینیوم"، از گزارشات استراتژی مواد معدنی کشور، دانشگاه تربیت مدرس.

[8] Chenery, H.B. 1960."Patterns of Industrial Growth", American Economic Review, Vol.50, pp.624-654.

[9] Chenery, H.B. 1975."The Structuralist Approach to Development Policy", American Economic Review, Vol.65, pp.310-316.

[10] Ingham; Barbara. 1993."The Meaning of Development: Interactions Between New and Old Ideas", World Development, Vol.21, No.11, pp.1803-1821.

[11] Lewis,W.A. 1954. "Economic Development with Unlimitted Supplies of Labor", The Manchester School of Economic and Social Studies", pp.139-191.

[12] Mas-Colell et al. 1995. "Microeconomic Theory", New York, Oxford University.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

[13] Ranis, Gustav. 1988. "analytics of Development: Dualism", Handbook of Development Economics", Vol.1,pp.73-92.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]