فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال نوزدهم / شماره ۷۹/ زمستان ۱۴۰۲/ صفحات ۳۶-۱

ارزیابی بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای ایران با لحاظ ستانده جانبی نامطلوب

عاطفه خسروی
دانشجوی دکتری اقتصاد دانشکده علوم اجتماعی واقتصاد، دانشگاه الزهرا.
atefehkhosravi90@gmail.com

حمید کردبچه [۱]
دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا.
h.kordbacheh@alzahra.ac.ir

عباس عرب‌مازار
دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی. ab_arabmazar@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۰

چکیده

اندازه‌گیری دقیق ستانده در سنجش درست بهره‌وری کل عوامل تولید به عنوان نسبت شاخص ستانده به شاخص نهاده، نقش مهمی دارد. تولید همه کالاها و خدمات اغلب با ستانده ناخواسته جانبی همراه است. عدم لحاظ ستانده جانبی در محاسبه مجموع ستانده یک بنگاه، می‌تواند باعث تورش قابل توجهی در محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید شود. این مقاله، با استفاده از برآورد شاخص‌های مالم‌کوئیست -لیونبرگر و مالم‌کوئیست به بررسی اثر تولید پسماند و گازهای گلخانهای به عنوان ستانده جانبی نامطلوب بر محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید ۲۴ رشته فعالیت کد دو رقمی ISIC طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۱ پرداخته است. مقایسه برآوردهای صورت گرفته نشان‌دهنده وجود شکاف قابل توجهی بین برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید بدون درنظرگرفتن و یا با لحاظ ستانده نامطلوب است. نتایج آزمون ویلکاکسون وجود تفاوت معنی‌دار در برآوردهای صورت گرفته را تایید می‌کند؛ با توجه به این آزمون لحاظ ستانده نامطلوب بر نتایج برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید از نظر آماری بطور معناداری اثرگذار است. بنابراین در نظر گرفتن ستانده نامطلوب، برآورد قابل‌اطمینان‌تری از بهره‌وری ارائه می‌کند. بر اساس نتایج این مطالعه متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید بدون لحاظ ستانده نامطلوب بخش تولیدی صنعت معادل ۱/۰۳ بوده است. یعنی بهرورهوری بطور متوسط در این دوره سالانه ۳ درصد افزایش داشته است، در حالیکه با لحاظ ستانده جانبی نامطلوب همانطور که انتظار می‌رفت، بهره‌وری کل عوامل تولید صنعت به ۰/۹۸۴ می‌رسد. این نتیجه نشان دهنده کاهش بهرهوری کل،

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

سالانه بطور متوسط حدود ۱/۶ درصد و وجود یک شکاف منفی قابل توجه در برآورد بهره‌وری سالانه با مقدار متوسط سالانه بیش از ۴ درصد بوده است. توجه به این مسئله میتواند در محاسبه درست بهرهوری نقش مهمی داشته باشد. نتایج این تحقیق شواهد تجربی مهمی در اهمیت توجه به محاسبه درست ستانده در محاسبه بهرهوری برای صنعت کارخانهای ایران و سازمان ملی بهره‌وری ایران به عنوان متولی اصلی سنجش و ارتقاء بهره‌وری کشور ارائه میکند.

طبقه‌بندی JEL: L60,O14,D24
کلیدواژه‌ها: صنایع کارخانه‌ای، بهره‌وری کل عوامل تولید، بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب، پسماند و گازهای گلخانه‌ای.

۱- مقدمه

بهره‌وری به مفهوم رشد تولید، فراتر از رشد نهاده‌ها و عوامل تولید است. حصول رشد بهره‌وری باعث کاهش قیمت تمام شده می‌شود. دقیقاً به همین دلیل است که بهره‌وری از جایگاه ویژه‌ای در رقابت‌پذیری کشورها، همچنین سودآوری و رقابت‌پذیری بنگاه‌ها برخوردار است. بر اساس گزارش سالانه سازمان بهره‌وری آسیایی[1] در سال ۲۰۲۱، کشورهای نوظهور[2] در دوره ۵۰ ساله ۲۰۲۰ -۱۹۷۰توانسته‌اند بیش از ۲۰ درصد از رشد اقتصادی خود را از محل افزایش بهره‌وری تأمین کنند (سازمان بهره‌وری آسیایی، ۲۰۲۱). چنین بهبودی در بهره‌وری نقش مهمی در تأمین نرخ‌های بالای رشد و البته رقابت‌پذیری این کشورها داشته است. بدیهی است چنین رشدی در سطح تولید بنگاهی تحقق یافته که نتیجه تجمیعی آن به رشد اقتصادی تبدیل شده‌است. با وجود اینکه ارتقاء بهره‌وری در سطوح خرد و کلان از احکام مهم برنامه‌های توسعه کشور به ویژه از برنامه چهارم به بعد بوده است، (طبق برنامه ششم مقرر بوده که ۲/۸ واحد درصد از رشد اقتصادی سالانه یعنی ۳۰ درصد از رشد کل تولید ناخالص داخلی محصول رشد بهره‌وری باشد)، اما بر اساس آمار سازمان بهره‌وری آسیایی عملکرد کشور در حوزه بهره‌وری در طول چند دهه اخیر نزدیک به صفر بوده است (سازمان بهره‌وری آسیایی، ۲۰۲۰).

1 . Asian Productivity Organization (APO)

۲. هفت کشور در حال ظهور به اختصار (E7) شامل برزیل، هند، اندونزی، مکزیک، ترکیه، روسیه و چین است که به دلیل ویژگی درحال ظهور بودن در یک گروه‌بندی قرار گرفته‌اند

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

با توجه به نقش بهره‌وری بنگاهی در ارتقاء بهره‌وری کلان، تمرکز بر بهبود بهره‌وری بنگاه‌ها از اهمیت زیادی در تحقق بهره‌وری ملی برخوردار است. علاوه بر این، در دنیای رقابتی امروز، بهره‌وری به عنوان یکی از مهمترین استراتژی‌های بهبود عملکرد بنگاه در سطح خرد مطرح است. در راستای این استراتژی، سازمان‌ها با ارتقاء و رشد بهره‌وری، منبع و عوامل تولید سودآوری بلندمدت خود را تضمین می‌نمایند. در چارچوب رابطه معروف میلر[1]، سود عملیاتی یک شرکت تنها یا از طریق افزایش قیمت و یا از طریق بهره‌وری حاصل می‌شود (میلر،۱۹۸۴). از این افزایش پایدار سود در ارزش حقیقی بدون رشد بهره‌وری در بلندمدت امکان پذیر نمی‌باشد.

با توجه به این که بهره‌وری به عنوان نسبت شاخص ستانده به شاخص نهاده سنجیده می‌شود و بر اساس این تعریف، بهره‌وری باقیمانده تغییرستانده نسبت به تغییر نهاده است، محاسبه درست و دقیق ستانده و نهاده در سنجش دقیق بهره‌وری از اهمیت زیادی برخوردار است.

محاسبه ستانده بنگاه در صورتیکه کل محصولات بنگاه، محصول بازاری باشند کار دشواری نخواهد بود و اگر این بنگاه تنها یک ستانده را تولید نماید این محاسبه بسیار آسان‌تر می‌شود. در این صورت، ستانده بنگاه می‌تواند بر حسب تعداد واحد تولید شده از محصول یا ارزش آن در طول یک دوره زمانی مثلاً یکساله تعریف شود. چنین تولیدی می‌تواند شامل تولید محصولاتی مانند نفت، خودرو و یا حتی فارغ‌التحصیلان یک موسسه آموزشی باشد، اما در این حالت ساده هم ابعاد مختلفی می‌تواند در محاسبه ستانده وجود داشته باشد که توجه به این ابعاد و لحاظ آنها در محاسبه ستانده بنگاه حائز اهمیت است.

وجود ستانده جانبی[2] که در کنار ستانده اصلی بطور همزمان در بسیاری از فرایندهای تولیدی، ایجاد می‌شوند، یکی از این ابعاد است. برای نوع مثبت این ستاده می‌توان به استخراج نمک و یا گاز همراه نفت در میادین نفتی اشاره نمود. نوع نامطلوب یا منفی ستانده ناخواسته پسماندهای جامد، مایع و یا انتشار آلودگی و آلاینده‌های هوا، مانند دی‌اکسیدکربن است. بدیهی است با توجه به داده محور بودن شاخص بهره‌وری،

1. Miller
2. By-product

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

عدم توجه به ستانده نامطلوب در محاسبه ستانده یک بنگاه نتیجه درستی از مقدار بهره‌وری محاسبه شده ارائه نخواهد کرد، زیرا ستانده نامطلوب، محصول جانبی تولید بوده که همراه با محصولات مطلوب تولید شده و کاهش آن در برخی بنگاه‌ها منجر به انتقال بخشی از منابع بنگاه، از فرآیند تولید ستانده مطلوب به کاهش ستانده نامطلوب می‌شود و عدم لحاظ این نوع هزینه، منجر به بیشتر از حد برآورده شدن بهره‌وری خواهد شد (کوئلی[1]، ۲۰۰۵).

هدف این مقاله بررسی وجود تورش در برآورد بهره‌وری رشته فعالیت‌های بخش تولیدی صنعت با کد دو رقمی ISIC[2] به دلیل عدم لحاظ ستانده نامطلوب است. برای تحقق این امر لازم است بهره‌وری با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب مقایسه شود؛ به این منظور ابتدا بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب با استفاده از توابع مسافت جهت‌دار و برآورد شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست-لیونبرگر تعدیل یافته و سپس بهره‌وری بدون لحاظ ستانده نامطلوب با استفاده از توابع مسافت و برآورد شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست محاسبه می‌شود. در نهایت، نتایج حاصل از هر دو برآورد مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

نکته قابل توجه در محاسبه بهره‌وری در این مقاله همچنین توجه به عدم تجانس نیروی کار از نظر سطح مهارت و تحصیلات در محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید است.

در ادامه این مقاله، در بخش اول چارچوب نظری تحقیق که شامل مباحث مربوط به بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب است؛ مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش دوم به بررسی ادبیات تجربی در این زمینه می‌پردازد. بخش سوم و بخش چهارم به مباحث مربوط به روش‌شناسی اندازه‌گیری بهره‌وری و تجزیه و تحلیل داده‌ها اختصاص یافته است و در نهایت بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه سیاست‌های پیشنهادی خواهد پرداخت.

۲- مبانی نظری

ادبیات موجود در زمینه اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید شامل دو رویکرد مرزی و غیرمرزی است که هر کدام از دو زیر شاخهٔ پارامتریک و ناپامتریک تشکیل شده‌اند. منظور از رویکرد مرزی، آن دسته از شاخص‌هایی هستند که از یک مرز کارا برای

1. Coelli
2. International Standard Industrial Classification

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری استفاده می‌کنند، اما در رویکرد غیرمرزی فرض می‌شود، بنگاه همواره روی مرز کارا قرار دارد. شاخص‌های پارامتریک در رویکرد غیرمرزی مبتنی بر تخمین یک تابع تولید و یا دوگان یعنی یک تابع هزینه و استفاده از آن‌ها برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است. انتقادی که به رویکرد غیرمرزی وارد می‌شود؛ توجه نکردن به مسئله عدم کارایی است. اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی با استفاده از رویکرد مرزی تقریبا مشابه یکدیگر است (چانگ[1]،۱۹۹۷). در اندازه‌گیری تغییرات فنی با رویکرد مرزی پارامتریک، یک تابع تولید مرزی و یا تابع هزینه یا سود یا مسافت تخمین زده می‌شود. در روش‌های مرزی ناپامتریک، مرز کارا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و تکنیک برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌گردد (همان منبع). از جمله شاخص‌های بهره‌وری که در رویکرد مرزی ناپارامتریک مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست (مبتنی بر تابع مسافت) است. این شاخص تغییرات بهره‌وری را به تفکیک تغییرات تکنولوژیکی که نشان‌دهنده انتقال مرز کارا است و تغییرات فنی که رسیدن به مرز کارایی است، بیان می‌کند. در ارائه شاخص مالم‌کوئیست علاوه بر تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید، تحولات تکنولوژیکی نیز ارائه می‌گردد[2] (چن و همکاران[3]،۲۰۱۸).

۲-۱- عملکرد روش‌های مرزی سنجش کارایی و بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب

ورود ستانده نامطلوب در فرآیند تولید برای محاسبه کارایی، به دو روش مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌پذیرد. روش‌های غیرمستقیم شامل تبدیل داده‌های اصلی ستانده نامطلوب به نهاده یا ستانده مطلوب است. در این روش، مقدار ستانده نامطلوب U با استفاده از یک تابع یکنواخت و کاهنده مانند F به یک ستانده مطلوب و کاربردی در روش تحلیل پوششی داده تبدیل می‌شود. همچنین می‌توان از تبدیل $F(U) = -U$

1. Chung

۲. پنج شاخص تغییرات کارایی فنی کل، تحولات تکنولوژیکی تغییرات کارایی مدیریتی تغییرات کارایی مقیاس برای هر بنگاه در هر سال ارائه می شود، اما نکته قابل توجه آن است که شاخص مالم کوئیست نسبت به سال قبل محاسبه می‌شود، لذا نتایج حاصل، از سال دوم آغاز می‌شود.

3. Chen, Lan, Gao & Sun

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

برای تبدیل ستانده نامطلوب به ستانده مطلوب استفاده کرد (کوپمنز[1]،۱۹۵۱). در این روش، بایستی نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌های مورد استفاده نسبت به تبدیل داده‌های اولیه خنثی باشد. روش دیگر استفاده از تبدیل $F(U) = -U + \beta$ است که در آن β یک ماتریس عددی است که با مقادیر منفی جمع شده و نهایتا یک بردار مثبت حاصل می‌شود (سیفورد و ژو[2]، ۲۰۰۲). در این حالت مقدار β در اندازه کارایی تاثیر خواهد داشت. همچنین این روش در حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس اعتبار دارد (کوپر و همکاران[3]،۲۰۰۷). تبدیل دیگر استفاده از $F(U) = \frac{1}{U}$ است که در این حالت، معکوس ستانده نامطلوب یک ستانده مطلوب است، اما به دلیل ماهیت غیرخطی این تبدیل، تفسیر نتایج حاصل از مدل کارایی پیچیده می‌شود (گلانی و رول[4]،۱۹۸۹) و ممکن است تفاسیر متفاوتی از مرزهای کارائی حاصل شود؛ همچنین در این حالت $\frac{1}{0}$ معنی‌دار نخواهد بود (دیکهوف[5]،۲۰۰۲). یکی دیگر از روش‌های غیرمستقیم، استفاده از ستانده نامطلوب به عنوان نهاده است. در این حالت از نظر فنی امکان جانشینی بین نهاده و ستانده نامطلوب وجود ندارد (فار و گراسکوپف[6]،۲۰۰۴).

در روش‌های مستقیم، داده‌های اولیه ستانده نامطلوب تولید به عنوان ستانده و بدون تبدیل وارد مدل می‌شوند. در این حالت ارزیابی بنگاه‌ها بر مبنای عملکرد آنها در افزایش همزمان ستانده مطلوب و کاهش ستانده نامطلوب و نهاده سنجیده می‌شود. در این روش‌ها، برای لحاظ صحیح ستانده نامطلوب در فرآیند تولید فروض مربوط به فناوری تولید تعدیل می‌شوند (چانگ و همکاران[7]،۱۹۹۷).

تعدیل شاخص مرزی ناپارامتریک بهره‌وری برای حضور ستانده نامطلوب باید در دو بُعد انجام شود. بُعد اول تعدیل مجموعه تکنولوژی نسبت به حضور ستانده نامطلوب، تحمیل فروض قابلیت دفع ضعیف[8] در مورد ستانده و پیوستگی در مبدا

1. Koopmans
2. Seiford & Zhu
3. Cooper
4. Golany & Roll
5. Dyckhof
6. Färe & Grosskopf
7. Chung, Fa¨re & Grosskopf,

۸. این فرض بیان می‌کند اگر تولید ستانده نامطلوب هزینه اضافی بر تولیدکننده تحمیل کند؛ آنگاه کاهش آلودگی منابع را از تولید ستانده نامطلوب منحرف کرده و در سطح معینی از نهاده‌های تولید، ستانده مطلوب و نامطلوب کاهش می‌یابند. در این حالت کاهش در ستانده‌ها با نسبت مشابه خواهد بود.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

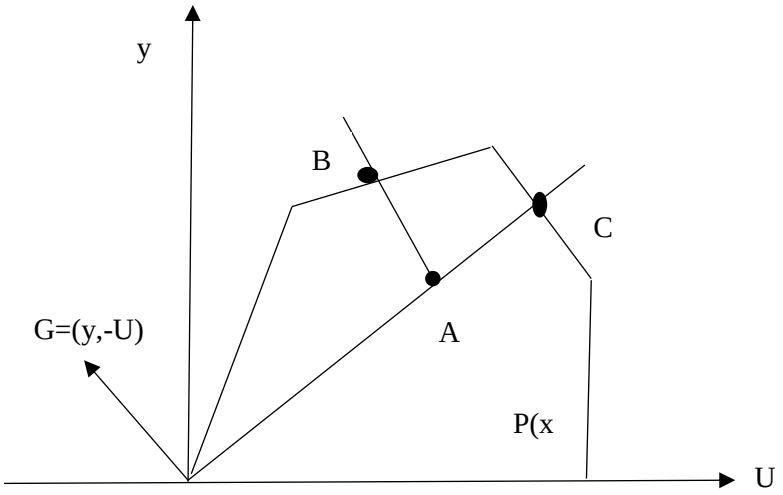
است. بُعد دوم تعدیل مربوط به تابع مسافت مورد استفاده در ساختن هر شاخص است. حضور ستانده نامطلوب و تابع مسافت جهت‌دار در برآورد شاخص بهره‌وری مرزی، شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست را به شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر تبدیل می‌کند. در این شاخص تابع مسافت جهت‌دار برای جایگذاری ستانده نامطلوب تعدیل شده است. همچنین می‌بایست رابطه‌ای بین این تابع با تابع مسافت ستانده شفارد برای جایگذاری در شاخص بهره‌وری ستانده محور مالم‌کوئیست تعریف گردد. چانگ (۱۹۹۷) توانست با استفاده از توابع مسافت ستانده شفارد، تابع مسافت جهت‌دار ستانده را ارائه نماید. تابعی که امکان افزایش همزمان ستانده مطلوب و کاهش ستانده نامطلوب را فراهم می‌کند. تابع مسافت جهت‌دار ستانده در حضور ستانده نامطلوب به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\overrightarrow{D_O}(x, y, u; g_{y'} - g_u) = \sup\{\beta: (y + \beta g_{y'}, u - \beta g_u) \in P(x)\} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، $g = (g_{y'} - g_u)$ نشانگر بردار هادی[1] است که ستانده مطلوب (y) در راستای آن افزایش و ستانده نامطلوب (u) در راستای آن کاهش می‌یابد. رفتار تابع مسافت ستانده شفارد با ستانده نامطلوب مشابه ستانده مطلوب است. به عبارت دقیق‌تر تابع مسافت ستانده شفارد در انتقال‌های بهینه، ستانده نامطلوب را همانند ستانده مطلوب افزایش می‌دهد. شکل (۱) رابطهٔ بین تابع مسافت ستانده شفارد و تابع مسافت جهت‌دار ستانده را توضیح می‌دهد. با توجه به شکل، بنگاه ناکارا در نقطه A قرار دارد و تابع مسافت ستانده شفارد، بنگاه ناکارا را به نقطه C که بر روی مجموعه ستانده است؛ منتقل می‌کند. در این انتقال، ستانده مطلوب و نامطلوب همزمان افزایش می‌یابند. تابع مسافت جهت‌دار ستانده بنگاه ناکارا را از نقطه A به نقطه B بر روی مجموعه ستانده انتقال می‌دهد. در این انتقال به طور همزمان ستانده مطلوب افزایش و ستانده نامطلوب کاهش می‌یابد (چن و همکاران،۲۰۱۸).

1. Direction Vector

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]



شکل ۱. تابع مسافت شفارد و تابع مسافت جهت‌دار ستانده در حضور ستانده نامطلوب
مأخذ: چن و همکاران،۲۰۱۸

۳- مدل محاسباتی مرزی سنجش بهره‌وری کل عوامل تولید در صورت وجود ستانده نامطلوب

در محاسبه شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست یک بنگاه تصمیم‌گیر با سایر بنگاه‌های مشابهی که با آن‌ها در یک گروه قرار دارند، همچنین با مرز تکنولوژی عمومی گروهی که در آن واقع است و در نهایت با مرز عمومی همه بنگاه‌ها مقایسه خواهد شد. رتبه‌بندی کارایی واحدهای تصمیم‌گیر نسبت به لحاظ کردن ستانده نامطلوب حساس است و در نظر نگرفتن ستانده نامطلوب در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها منجر به ارائه یک تصویر غیرواقعی می‌شود. برای بررسی اثر ستانده نامطلوب در بهره‌وری از شاخص مالم‌کوئیست‌لیونبرگر استفاده می‌شود. مالم‌کوئیست‌لیونبرگر، شاخصی برای اندازه‌گیری رشد بهره‌وری کل عوامل تولید با حضور ستانده نامطلوب در فرآیند تولید براساس توابع مسافت جهت‌دار است. این توابع از جمله روش‌های مرزی در اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری هستند که امکان وارد کردن ستانده نامطلوب را به صورت مستقیم و همچنین افزایش همزمان ستانده مطلوب و کاهش ستانده نامطلوب را فراهم می‌کنند. همچنین این شاخص دارای ساختار جمع‌پذیر است و از تفاضل توابع مسافت به جای نسبت این توابع استفاده می‌کند (فار،۲۰۰۸).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

امکان کاهش ستانده نامطلوب در دو حالت ضعیف و قوی وجود دارد. حالت ضعیف بیان می‌کند که اگر حاصل سطح معینی از بردار نهاده‌ها (x)، بردار ستانده (y) باشد؛ آنگاه به شرطی که $0 \leq \theta \leq 1$ می‌توان θy را نیز تولید کرد. اما حالت قوی بیان می‌کند که اگر بردار نهاده‌های (x) بردار ستانده (y) را تولید کند؛ آنگاه به شرطی که $y^* \leq y$ باشد، y^* نیز قابل دسترسی است (چانگ و همکاران[1]،۱۹۹۷).

یکی از روش‌های ورود ستانده نامطلوب در محاسبات آن است که ابتدا ستانده نامطلوب را در یک منفی ضرب کرده و سپس بردار تبدیلی را پیدا کرده که جمع آن با داده‌های منفی، برداری مثبت از داده‌ها ایجاد کند که در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس مورد استفاده قرار گیرد. برای بررسی این مسئله تابع مسافت با در نظر گرفتن ستانده مطلوب و نامطلوبی که نهاده‌ها به صورت $x \in R_+^m$ است؛ در نظر گرفته می‌شوند و منجر به تولید ستانده مطلوب $y \in R_+^s$ و ستانده نامطلوب $b \in R_+^l$ می‌شوند و تابع تولید P(x) به شرح زیر است (همان):

$$P(x) = \{(y,b): x\ can\ produce\ (y,b)\} \quad (۲)$$

نکته قابل توجه آن است که کاهش ستانده نامطلوب بدون هزینه نیست و این کاهش زمانی امکان‌پذیر است که ستانده مطلوب نیز کاهش یابد و این فرضیه به صورت زیر نشان داده شده است (همان):

$$(y,b) \in P(x)\ \ and\ \ 0 \leq \theta \leq 1\ \ \ imply\ \ \ (\theta y, \theta b) \in P(x) \quad (۳)$$

اما ستانده مطلوب می‌تواند بدون اثرگذاری بر ستانده نامطلوب کاهش یابد و این فرضیه به شکل زیر نشان داده می‌شود (همان):

$$(y,b) \in P(x)\ and\ \ \hat{y} \leq y\ \ imply\ (\hat{y},b) \in P(x) \quad (۴)$$

بنابراین تنها راه برای عدم تولید ستانده نامطلوب، عدم تولید ستانده مطلوب است که به شرح زیر نمایش داده می‌شود:

$$if\ (y,b) \in P(x)\ and\ \ b = 0\ then\ y = 0 \quad (۵)$$

1. Chung, Fa¨re & Grosskopf

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

برای در نظر گرفتن فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس، تابع مسافت جهت‌دار با در نظر گرفتن همزمان ستانده مطلوب و نامطلوب که از طریق مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر حل می‌شود (همان):

$$\vec{D}(x,y,b;g) = max\{\beta: (y,b) + \beta g \in P(x)\} \quad (۶)$$

$$\vec{D}(x,y,b;g) = max\beta$$

$$S.t \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j \geq y_{rj0} + \beta g_{y_{rj0}} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^{n} b_{kj}\lambda_j = b_{kj0} - \beta g_{b_{kj0}} \quad k = 1, \dots, l$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j \leq x_{ij0} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

مسئله برنامه‌ریزی خطی بالا، تمام مشاهدات مربوط به تمام بنگاه را در همه دوره‌های زمانی برای ساختن مجموعه مرجع را مورد استفاده قرار می‌دهد. جواب بهینه این مسئله برنامه‌ریزی خطی، تابع مسافت جهت‌دار ستانده را نشان می‌دهد. β نشان‌دهنده حداکثر ممکن افزایش ستانده مطلوب و حداکثر کاهش ممکن ستانده نامطلوب به طور همزمان است. کمترین مقدار β صفر است؛ بدین معنی که کاهش ستانده نامطلوب و افزایش ستانده مطلوب امکان‌پذیر نیست و بنگاه حداکثر میزان تولید ممکن را داشته و کارا است (همان).

۴- ادبیات تجربی

با توجه به نقش بهره‌وری در سودآوری، سنجش بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای یکی از موضوعات پرتکرار در مطالعات صنعتی کلیه کشورها می‌باشد. هدف این بخش مرور مختصر این مطالعات با تمرکز به رویکرد آنها در محاسبه دقیق ستانده و لحاظ یا عدم لحاظ ستانده جانبی است. در این خصوص تلاش شده است که به بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه پرداخته شود. از منظر هدف این مقاله، بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع کارخانه‌ای را می‌توان به دو

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

دسته تقسیم کرد. دسته اول مطالعاتی هستند که تنها به برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید بدون لحاظ ستانده نامطلوب پرداخته‌اند. روش‌های مورد استفاده در این مطالعات شامل روش پارامتریک (تابع هزینه انعطاف‌پذیر، روش حسابداری رشد و روش تابع مرزی تصادفی) و روش ناپارامتریک (روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم‌کوئیست) است. مطالعاتی همچون بهره‌وری کل عوامل تولید بخش صنعت ایران طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۵ با استفاده از تابع هزینه انعطاف‌پذیر (شهیکی تاش و همکاران، ۱۳۹۵)، بهره‌وری کل عوامل تولید ۲۱ رشته فعالیت صنعتی ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۷۹ با استفاده از روش حسابداری رشد (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۵)، بهروری کل عوامل تولید صنایع تولیدی ایران با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی طی بازه ۹۳-۱۳۷۹ (عیسی‌زاده و همکاران ،۱۳۹۵)، تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع بزرگ استان‌های ایران با استفاده از داده‌های نیروی کار، حجم سرمایه به عنوان نهاده و ارزش افزوده به عنوان ستانده با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۷۱ (حکیمی‌پور و همکاران،۱۳۹۱)، بهره‌وری کل عوامل تولید سه صنعت صنایع شیمیایی، کانی‌های غیرفلزی و فلزات اساسی ایران با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست و داده‌های هزینه نیروی کار، انرژی مصرفی، ارزش سرمایه‌گذاری سالانه به عنوان نهاده و مقدار تولید به عنوان ستانده در طول دوره ۱۳۸۳-۱۳۶۳ (حیدری، ۱۳۸۹)، بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست و داده‌های تعداد شاغلین، حجم سرمایه و ارزش انرژی مصرفی به عنوان نهاده و ارزش افزوده به عنوان ستانده طی بازه ۱۳۸۹-۱۳۸۰ (یوسفی‌حاجی‌آباد ، ۱۳۹۵) و بهره‌وری کل عوامل تولید صنعت موتوری رومانی با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست و داده‌های نیروی کار، حجم سرمایه به عنوان نهاده و ارزش افزوده به عنوان ستانده طی دوره ۲۰۱۰- ۲۰۰۱ (تاناس و همکاران[1] ،۲۰۱۲) نمونه‌هایی از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه است.

دسته دوم مطالعاتی هستند که به برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب پرداخته‌اند. این مطالعات از روش‌های پارامتریک (روش تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص مالم‌کوئیست غیرشعاعی فرامرزی و شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر) برای برآورد بهره‌وری استفاده کرده‌اند. برآورده‌های صورت گرفته اغلب تحت عنوان بهره‌وری زیست

1. Tanase and Tidor

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

محیطی، بهره‌وری سبز و بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب هستند. مطالعاتی همچون بررسی تغییرات بهره‌وری زیست‌محیطی صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست غیرشعاعی فرامرزی و داده‌های سرمایه، نیروی‌کار، انرژی و مخارج تحقیق و توسعه به عنوان نهاده، تولید (ستانده مطلوب) و دی‌اکسیدکربن (به عنوان ستانده نامطلوب) طی بازه ۱۳۹۳-۱۳۸۲ (اعظمی و همکاران، ۱۳۹۷)، بهره‌وری سبز صنایع فعال در استان ژجیانگ چین با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر و داده‌های نیروی‌کار، سرمایه، انرژی به عنوان نهاده و ارزش افزوده هر بخش به عنوان ستانده مطلوب و آلودگی (دی‌اکسیدکربن، گوگرد، غبار، نیتروژن و تبدیل آنها به دی‌اکسید کربن) به عنوان ستانده نامطلوب طی بازه ۲۰۱۷-۲۰۱۲ (کیو و همکاران[1]،۲۰۲۲)، بهره‌وری سبز ۳۶ زیر بخش صنعتی چین با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر و داده‌های مربوط به نیروی‌کار، سرمایه، انرژی به عنوان نهاده، ارزش افزوده هر بخش به عنوان ستانده مطلوب و دی‌اکسیدکربن به عنوان ستانده نامطلوب طی بازه ۲۰۱۵-۲۰۰۰ (اویانگ و همکاران[2] ،۲۰۲۳) نمونه‌هایی از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه است. این مطالعات تنها به لحاظ ستانده نامطلوب در محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید توجه کردند، اما به بررسی تأثیر تورش حاصل از عدم لحاظ این ستانده بر بهره‌وری کل عوامل تولید توجهی نکردند.

مطالعات متعددی به مقایسه تأثیر لحاظ ستانده نامطلوب در برآورد بهره کل عوامل تولید صنایع کارخانه‌ای با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، پرداخته‌اند. در اکثر این مطالعات، بهره‌وری کل عوامل تولید بدون لحاظ ستانده نامطلوب و با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست و سپس بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب و با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر برآورد شده است. در این مطالعات از نیروی کار، سرمایه، انرژی مصرفی به عنوان نهاده و ارزش افزوده به عنوان ستانده مطلوب و دی‌اکسیدکربن به عنوان ستانده نامطلوب برای برآورد بهره‌وری استفاده شده است. نتایج این مطالعات نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در محاسبه بهره‌وری با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب است به گونه‌ای که حذف ستانده نامطلوب در محاسبه بهره‌وری منجر به تورش در نتایج ارائه شده می‌شود. مطالعاتی همچون بررسی بهره‌وری کل عوامل تولید

1. Qu, Li.& Wang
2. Ouyang, Liao, Sun, & Cao

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب تولید پنجاه شرکت فعال در صنعت آهن و فولاد چین طی دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۱ با استفاده شاخص مالم‌کوئیست و مالم‌کوئیست-لیونبرگر و داده‌های نیروی‌کار، سرمایه، انرژی به عنوان نهاده و ارزش افزوده هر بخش به عنوان ستانده مطلوب و آلودگی (دی‌اکسیدکربن، گوگرد، غبار، نیتروژن و تبدیل آنها به دی‌اکسید کربن) به عنوان ستانده نامطلوب (هی و همکاران[1]،۲۰۱۳)، بررسی بهره‌وری کل عوامل با و بدون لحاظ ستانده مطلوب زیربخش‌های صنعتی چین طی بازه ۲۰۰۱-۱۹۹۸ با استفاده شاخص مالم‌کوئیست و مالم‌کوئیست-لیونبرگر و داده‌های نیروی‌کار، سرمایه، انرژی به عنوان نهاده و ارزش افزوده هر بخش به عنوان ستانده مطلوب و دی‌اکسید کربن به عنوان ستانده نامطلوب (لی و همکاران[2] ،۲۰۱۵) نمونه‌هایی از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه است.

اگرچه مطالعاتی همچون برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب با استفاده شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر و بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۵۳ (عابدی و همکاران ،۱۳۹۸) و برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب و شاخص مالم‌کوئیست ۳۰ استان چین طی دوره ۲۰۱۷-۲۰۰۷ (چن و همکاران[3] ،۲۰۲۳)، به بررسی بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع کارخانه‌ای نپرداخته‌اند، اما نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که علاوه بر وجود تفاوت معنی‌دار بین بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب، روند این دو نوع بهره‌وری کل عوامل تولید طی دوره مورد بررسی یکسان بوده است.

۵- متغیرها و داده‌های لازم در برآورد مدل

سنجش بهره‌وری به عنوان نسبت شاخص ستانده به شاخص نهاده، یا باقیمانده رشد ستانده نسبت به رشد نهاده، مستلزم اندازه‌گیری دقیق ستانده و نهاده است. در این مطالعه به تبعیت از ادبیات نظری و تجربی، نیروی‌کار(تعداد شاغلین)، انرژی مصرفی، حجم سرمایه به عنوان نهاده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین ارزش‌افزوده به عنوان

1. He, Zhang, Lez, Fu & Xu.
2. Li & Lin
3. Chen, Chen, and Huang

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

ستانده اصلی و میزان پسماند و گازهای گلخانه‌ای به عنوان ستانده نامطلوب برای ۲۴ رشته فعالیت کد دورقمی ISIC استفاده شده است. جزئیات مربوط به این متغیرها در ادامه بطور دقیق توصیف شده است.

- نیروی‌کار:

نیروی کار رشته فعالیت‌های مورد بررسی، از نظر تحصیلات و مهارت همگن نیستند. نیروی‌کار رشته فعالیت‌های مذکور در چهار گروه کارگر ساده، کارگر ماهر، تکنسین و مهندسین طبقه‌بندی شده‌اند (مرکز آمار ایران). با توجه به اینکه بهره‌وری نیروی‌کار می‌تواند در سطوح مختلف مهارتی و تخصصی متفاوت باشد، برآورد بهره‌وری بدون لحاظ تفاوت مهارت و تحصیلات نیروی کار، تورش‌دار خواهد بود. بنابراین، به منظور لحاظ این تفاوت لازم است برای تجمیع نیروی کار در ساختن شاخص نهاده، برای هر یک از گروه‌های مهارتی، وزنی مناسب در نظر گرفته شود. از آنجایی که تفاوت کیفیت و مهارت نیروی کار در حقوق پایه آنان تاثیرگذار است. یکی از مناسب‌ترین وزن‌ها می‌تواند حقوق پایه روزانه هر گروه نیروی‌کار باشد. برای این منظور از اطلاعات مربوط حقوق پایه روزانه هرگروه نیروی‌کار استفاده شده که در طرح طبقه‌بندی مشاغل قانون کار[۱] ابلاغ شده است. در این چارچوب، برای ساختن شاخص، ابتدا لازم است یک سال به عنوان سال پایه در نظر گرفته شود. در مرحله دوم دستمزد هر گروه با استفاده از نسبت دستمزد گروه به دستمزد سال به وزن تبدیل می‌شود. در مرحله سوم جمع وزنی برای نیروی‌کار محاسبه می‌شود. در محاسبات انجام شده، سال ۹۰ اولین سال اجرای طرح طبقه‌بندی مشاغل به عنوان سال پایه در نظر گرفته شد. بر این اساس، با توجه به امتیاز شاخص تراکمی یا زنجیره‌ای برای محاسبه جمع وزنی نیروی کار از شاخص زنجیره‌ای لاسپیرز[۲] استفاده شده است.

۱. از سال ۱۳۸۹ دستورالعمل اجرایی طرح طبقه‌بندی مشاغل قانون کار ابلاغ شده است و بر اساس این دستورالعمل صنایع ملزم به تقسیم‌بندی مشاغل خود در ۲۰ گروه شغلی هستند و برای هر گروه شغلی، حداقل حقوق پایه روزانه مشخص شده است.

۲. از آنجایی که در واقعیت کالا و خدماتی که در محاسبه شاخص عددی وزنی مورد استفاده قرار می‌گیرند در طول زمان ثابت نیستند، لذا نتیجه استفاده از سبد ثابت جهت محاسبه شاخص وزنی، نتایج آن را تورش‌دار می‌کند. شاخص زنجیره‌ای یک نوع شاخص وزنی با سبد متغیر است که در آن، دوره پایه هر دوره زمانی، درست یک دوره قبل از آن در نظر گرفته می‌شود. شاخص زنجیره‌ای که سبد سال قبل را استفاده می‌کند، شاخص زنجیره‌ای لاسپیرز نامیده می‌شود.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

- سرمایه:

موجودی سرمایه عامل تولید مهم دیگری است که محاسبه بهره‌وری کلی عوامل تولید به آن نیازمند است. متاسفانه موجودی سرمایه به تفکیک رشته فعالیت برای کدهای مورد بررسی در این مطالعه در دسترس نیست. به همین دلیل از روش موجودی‌گیری دائمی استفاده شده است. بدین ترتیب که موجودی سرمایه با استفاده از روش موجودی‌گیری دائمی نمایی و رابطه $IN_t = IN_0 e^{\lambda t}$ برآورد شده است. در این رابطه IN_t سرمایه‌گذاری انجام شده در سال t و IN_0 سرمایه‌گذاری انجام شده در سال صفر است (لی و همکاران[1]، ۲۰۱۵). λ بیان‌کننده نرخ رشد سرمایه‌گذاری و برابر با ضریب متغیر توضیحی روند زمانی در رگرسیون[2] $lnIN_t = lnIN_0 + \lambda t$ است. همچنین موجودی سرمایه در سال پایه بدون احتساب استهلاک سرمایه با استفاده از رابطه $K_0 = \frac{IN_0}{\lambda}$ برآورد شده است (همان). برای برآورد سرمایه در سال پایه به قیمت جاری، استهلاک سرمایه از موجودی سرمایه در سال پایه کسر گردیده و در نهایت برای استخراج موجودی سرمایه در سال‌های مختلف، از رابطه (۷) استفاده شده که در آن δ نرخ استهلاک سرمایه است. نرخ استهلاک سرمایه به تفکیک رشته فعالیت‌های کد دو رقمی ISIC در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین برای دو رشته فعالیت تولید دارو و تولید توتون و تنباکو که نرخ استهلاک آنها در جدول (۱) موجود نیست؛ مقدار نرخ استهلاک سرمایه بخش صنعت (۴/۹) در نظر گرفته شد (هژبرکیانی و نقیبی،۱۳۹۴) و در نهایت موجودی سرمایه به قیمت جاری محاسبه گردیده است (لی و همکاران، ۲۰۱۵). موجودی سرمایه به قیمت ثابت با استفاده از متوسط سالانه شاخص قیمت تولیدکننده[3] گروه صنعت سال ۱۳۹۵به تفکیک هر رشته فعالیت بدست آمده است.

$$K_t = \frac{K_{t-1} + I_t}{1+\delta} \qquad (۷)$$

1. Li & Lin

۲. این رگرسیون با استفاده از روش OLS برآورد شده است.

3. Producer price index(PPI)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

جدول ۱. نرخ استهلاک سرمایه به تفکیک نرخ استهلاک سرمایه به تفکیک رشته فعالیت‌های کد دو رقمیISIC

رشته فعالیت	نرخ استهلاک (درصد)	رشته فعالیت	نرخ استهلاک (درصد)
تولید مواد غذایی و آشامیدنی	۴/۸	**تکثیر رسانه ضبطی**	**۷/۳**
تولید منسوجات	۶/۲	**تولید کک**	**۵/۱**
تولید پوشاک	۶/۲	**تولید محصولات شیمیایی**	**۵/۱**
تولید محصولات چرمی	۶/۲	**تولید محصولات پلاستیکی**	**۵/۱**
تولید محصولات چوبی	۶	**تولید محصولات کانی غیرفلزی**	**۶/۴**
تولید محصولات کاغذی	۷/۳	**تولید فلزات پایه**	**۵/۵**
تجهیزات برقی	۵	**محصولات فلزی به‌جز ماشین‌آلات**	**۵**
تولید وسایل نقلیه موتوری	۵	**تولید محصولات یارانه‌ای**	**۵**
تولید مبلمان	۴/۵	**تولید ماشین‌آلات**	**۵**
تعمیر و نصب ماشین آلات	۵	**تولید سایر تجهیزات حمل و نقل**	**۵**
		تولید مصنوعات طبقه‌بندی شده	**۵**

مأخذ: همت‌جو،۱۳۸۵

- انرژی:

نهاده انرژی مجموع نفت‌سفید، نفت‌کوره، گاز طبیعی، گازمایع، گازوئیل، بنزین، زغال‌سنگ همچنین برق مصرفی (مرکز آمار ایران) رشته فعالیت‌های کد دو رقمی ISIC است که بر اساس واحد BTU محاسبه شده‌اند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

- ستانده:

ستانده شامل ستانده مطلوب و ستانده نامطلوب است. ستانده مطلوب ارزش افزوده هر رشته فعالیت مورد بررسی است که با استفاده متوسط سالانه شاخص قیمت تولیدکننده گروه صنعت سال ۱۳۹۵به تفکیک هر رشته فعالیت، به قیمت ثابت تبدیل شده است.

ستانده نامطلوب صنایع به دو دسته پسماند (جامد و مایع) و گازهای گلخانه‌ای تقسیم می‌شود. گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، ستانده نامطلوب فرآیند تولید صنایع کارخانه‌ای هستند که بیشترین بخش آن را دی‌اکسیدکربن تشکیل می‌دهد. در برآورد دی‌اکسیدکربن هر رشته فعالیت دو نوع انرژی شامل سوخت فسیلی و برق در نظر گرفته شده است و دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف هر انرژی جداگانه محاسبه و سپس مجموع آن به عنوان دی‌اکسیدکربن هر رشته فعالیت در نظر گرفته شده است. برای محاسبه دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف سوخت فسیلی هر رشته فعالیت، مقدار سوخت فسیلی مصرفی هر رشته فعالیت در ضریب انتشار کربن آن سوخت و سپس در نسبت کربن اکسید شده همان سوخت و نسبت جرم مولی دی‌اکسیدکربن به کربن[۱] ضرب می‌شود (IPCC[۲],1995). برای برآورد میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف برق از شاخص انتشار کربن در نیروگاه‌های دیزلی، بخاری، گازی و سیکل ترکیبی وزارت نیرو به ترتیب به میزان ۲۲۲/۴ ، ۱۸۵، ۲۲۸/۳ و ۱۳۷/۹ گرم بر کیلووات ساعت استفاده شده است (ترازنامه انرژی،۱۳۹۹). سپس با استفاده از سرانه تولید سایر گازهای تشکیل دهنده گازهای گلخانه‌ای، مقدار تولید هریک از گازهای تشکیل‌دهنده گازهای گلخانه‌ای محاسبه و با استفاده از جرم مولی به دی‌اکسید کربن تبدیل شده است. همچنین برای محاسبه پسماند صنایع از سرانه تولید پسماند در بخش صنعت به ازای هر کارگر ۵/۸ کیلـوگرم در روز استفاده شده است[۳] (کرمی و همکاران، ۱۳۹۰)

۱. جرم مولی دی‌اکسیدکربن برابر ۴۴/۱۲ و جرم مولی مونواکسیدکربن برابر۲۸/۰۱گرم بر مول، ضریب انتشار نفت‌سفید ۷۱/۱۴۸، نفت‌کوره ۷۶/۵۹۳، گاز طبیعی ۵۵/۸۲۰ و زغال‌سنگ ۹۲/۵۰۰ می‌باشد.

2. Intergovernmental Panel on Climate Change

۳. سرانه تولید پسماند ابتدا به کیلووات ساعت و سپس به تراژول تبدیل شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

۶- بررسی نتایج برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب

در این بخش برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب ارائه می‌شود. بدین منظور برآورد نهایی[۱] با استفاده از متغیرهای نیروی‌کار، سرمایه، انرژی مصرفی به عنوان نهاده و ارزش افزوده رشته فعالیت‌های صنعتی به عنوان ستانده مطلوب و دی‌اکسیدکربن به عنوان ستانده نامطلوب که با توجه به مبانی نظری و ادبیات تجربی استخراج شده‌اند، انجام می‌شود. اگرچه این محاسبات به تفکیک رشته فعالیت و سال انجام شده، اما در این بخش صرفا میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب ارائه شده است. پیش از ارائه نتایج برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید، لازم است توصیف آماری متغیرهای مورد استفاده مرور شود. جدول (۲) حاوی شاخص‌های اصلی مرکزی (میانگین، میانه) و شاخص‌های پراکندگی (انحراف‌معیار، چولگی و کشیدگی) است.

جدول ۲. توصیف آماری متغیرها طی بازه ۱۳۹۹-۱۳۸۱

	ارزش افزوده	نیروی‌کار	سرمایه	انرژی	دی‌اکسید کربن
میانگین	۴/۳۰e+۰۷	۶۸۰۲۶/۰۶	۸۰۳۹۴۳۰	۲۶۸۲۸۵۰	۳۸۸۲۹۴۴
بیشترین	۳/۸۵e+۰۸	۳۲۴۷۸۹	۶/۳۷e+۰۷	۱/۰۸۰e+۰۷	۲/۷۳e+۰۷
کمترین	۲۳۸۴۷۰	۲۲۴۱	۱۲۶۰۰	۱۴۰۰۱	۱۱۵۰۰۰۰
انحراف‌معیار	۶/۳۰e+۰۷	۶۰۰۶۸/۸۶	۲۳۶۰۰۰	۸۱۹۰۳۵	۴۷۱۳۹۹
چولگی	۳/۱۸	۱/۲۷	۳/۱۴	۳/۸	۲/۳۵
کشیدگی	۱۵/۶۳	۴/۰۹	۱۵/۵	۱۸/۳۸۴۲۹	۹/۷۷
جک-برا	۲۳۴/۰۷	۶۷/۴۱	۲۳۱/۷۶	۲۶۹/۶۵	۱۷۰/۷۲
احتمال	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در این جدول، میانگین متغیرهای ارزش افزوده، نیروی‌کار، سرمایه، انرژی و دی‌اکسیدکربن به ترتیب برابر ۳۰e+۰۷/ ۴ میلیون ریال، ۶۸۰۲۶/۰۶ نفر، ۲۶۸۲۸۵ میلیون ریال، ۸۰۳۹۴۳۰ BTU و ۳۸۸۲۹۴۴ تراژول است. از آنجایی که ۳۸۸۲۹۴۴

۱. برآوردها با استفاده از نرم افزار WinDeap صورت گرفته است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

تراژول برابر با BTU ۹۴۲۴۹۸۱۳۹۹/۹۸۲۲ است. بنابراین میانگین انرژی مصرفی کمتر از میانگین دی‌اکسیدکربن تولید شده توسط رشته فعالیت‌های مورد بررسی است. این امر نشان دهنده عدم مصرف بهینه نهاده انرژی در رشته فعالیت‌های مورد بررسی است. مقدار ضریب چولگی برای متغیرهای یاد شده مثبت است. این مسئله نشان می‌دهد میانه متغیرهای مورد بررسی از میانگین آنها کمتر است. بنابراین بخش عمده‌ای از رشته فعالیت‌ها ارزش افزوده‌ای کمتر از میانگین دارند.

پیش از بررسی نتایج حاصل از برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب، به منظور بررسی معنی‌دار بودن تفاوت نتایج برآوردی از نظر آماری از آزمون ویلکاکسون[1] استفاده شد. فرضیه مورد بررسی در این آزمون عدم تأثیرگذاری ستانده نامطلوب در برآورد مقدار بهره‌وری کل عوامل تولید تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی است. فرض صفر این آزمون بیان‌کننده عدم تفاوت بهره‌وری کل عوامل تولید برآوردی با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب از نظر آماری (یکسان بودن مقدار در بین زوج‌ها) است و فرض مقابل آن وجود اختلاف در مقادیر برآوردی با استفاده از دو مدل را نشان می‌دهد. نتایج آزمون ویلکاکسون در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. آزمون معناداری اثر ستانده نامطلوب در برآورده بهره‌وری کل عوامل تولید

آزمون	آماره z	احتمال
Wilcoxon	-۴/۲۸۶	۰/۰۰

مأخذ:یافته‌های تحقیق

براساس نتایج بدست آمده از آزمون ویلکاکسون، در سطح معنی‌داری ۵ در صد فرضیه صفر به نفع فرضیه رقیب رد می‌شود؛ لذا، بر اساس این نتیجه می‌توان استباط نمود لحاظ ستانده نامطلوب در فرایند محاسبه بهره‌وری کلی نتایج بهره‌وری کل عوامل تولید را از نظر آماری متأثر ساخته و دارای اثر معناداری در مقادیر بهره‌وری کل عوامل تولید است. این نتیجه با نتایج حاصل از پژوهش‌های لی و همکاران[2] (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

نمودار (۱) مقایسه میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی در دو حالت لحاظ و عدم لحاظ ستانده نامطلوب طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۱ را نشان می‌دهد. براساس این نمودار، شکاف معناداری بین دو سطح بهره‌وری کل عوامل

1. Wilcoxon Signed Ranks
2. Li & Lin

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

تولید برآوردی قابل مشاهده است. توجیه چنین شکافی در چارچوب ادبیات نظری مورد بررسی آن است که هزینه کاهش آلودگی منجر به انتقال بخشی از منابع بنگاه (از بخش تولید ستانده مطلوب به کاهش ستانده نامطلوب) می‌شود. این امر منجر به تنزل بهره‌وری کل عوامل تولید برآوردی با لحاظ ستانده نامطلوب در این صنایع می‌گردد. بنابراین، عدم لحاظ ستانده نامطلوب نتایج تورش‌داری از مقادیر بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع ارائه می‌دهد. همچنین در نظر گرفتن ستانده نامطلوب برآورد دقیق‌تر و امکان اتخاذ سیاست مناسب‌تری را در این زمینه فراهم می‌کند. براساس نمودار (۱) روند تغییرات هر دو نوع بهره‌وری کل عوامل تولید یکسان است. میانگین سالانه بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب[۱] طی ۱۹ سال مورد بررسی برابر ۰/۹۸۴ بوده است. یعنی به طور متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید در هر سال ۱/۶ درصد کاهش یافته است. متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید بدون لحاظ ستانده نامطلوب معادل ۱/۰۳ بوده و بیشتر از میانگین سالانه بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب است. یعنی بهره‌وری بطور متوسط در این دوره سالانه ۳ درصد افزایش داشته است.

براساس نمودار (۱) میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های مورد بررسی طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۱ روند افزایشی داشته است. در توضیح این رشد می‌توان اشاره کرد که دو عامل اصلی منجر به شکل‌گیری روند افزایشی میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی در این بازه زمانی شده است (بانک مرکزی، ۱۳۸۴). اولین دلیل استفاده بیشتر از ظرفیت واحدهای تولیدی است. افزایش درآمدهای نفتی و افزایش واردات مواد اولیه و واسطه‌ای مورد نیاز بخش صنعت منجر به افزایش تقاضا کالاهای صنعتی و رشد سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و در نهایت استفاده بیشتر از ظرفیت واحدهای تولیدی شده است (همان). دومین دلیل رویکردهای ویژه دولت در استفاده از سازوکار وجوه اداره شده، اعطای تسهیلات ارزی از محل حساب ذخیره ارزی، استفاده از تسهیلات فاینانس خارجی، ادامه پرداخت یارانه سود و کارمزد تسهیلات طرح‌های سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، اصلاح مقررات در جهت بهبود و تسریع فرآیند نوسازی صنایع، اصلاح ساختار و ساماندهی مناسب بنگاه‌های اقتصادی برای رقابت‌پذیری، رفع

۱. میانگین حسابی بهره وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت صنعتی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

مشکلات و موانع رشد و توسعه بنگاه‌های کوچک و متوسط برای تبدیل آنها به بنگاه‌های بزرگ و رقابت‌پذیر بوده است (همان).

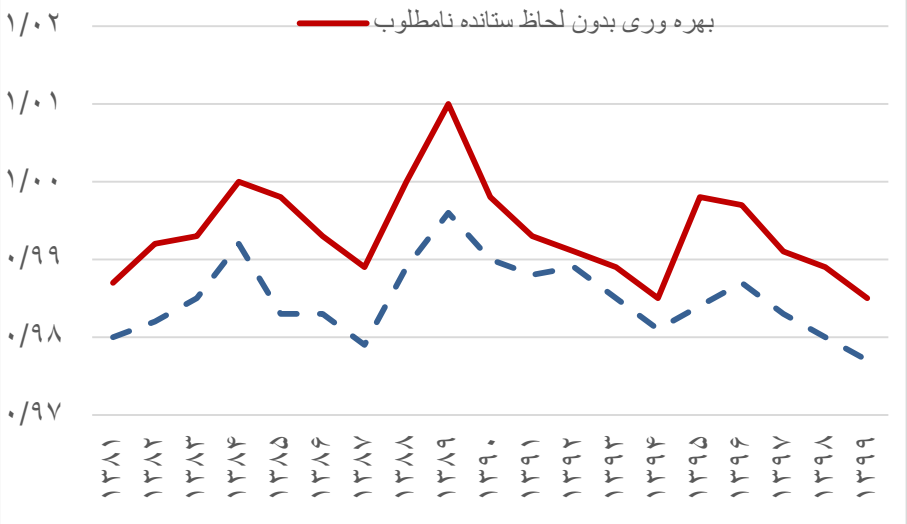
میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۵ روندی کاهشی داشته است. براساس گزارش بانک مرکزی اگرچه فعالیت‌های صنعتی در بازه ۱۳۸۷-۱۳۸۵ با رشد همراه بوده است اما به دلیل توقف اعطای تسهیلات ارزی و فاینانس خارجی، توقف پرداخت یارانه سود و کارمزد تسهیلات طرح‌های سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و در نهایت توقف فرآیند نوسازی صنایع، بهره‌وری کل عوامل تولید روندی کاهشی را در پیش گرفته است. همچنین به علت اثر بخشی تحریم‌های بین المللی بر اقتصاد ایران در سال ۱۳۸۷، رشد فعالیت‌های صنعتی رو به کندی گذاشته است. این مسئله در کنار توقف طرح‌ها و برنامه‌های حمایتی منجر به کاهش میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت‌های صنعتی در این بازه زمانی شده است (بانک مرکزی، ۱۳۸۷). سال ۱۳۸۷ کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب (۰/۹۷۹) را دربین سال‌های مورد بررسی داشته است.

میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸ افزایش یافته است. براساس گزارش بانک مرکزی اگرچه استمرار تحریم‌ها در سال ۱۳۸۸ می‌توانست منجر به ادامه روند کاهشی بهره‌وری کل عوامل تولید شود، اما معافیت‌های مالیاتی و استمهال بدهی‌های معوق بنگاه‌های اقتصادی به نظام بانکی منجر به رشد فعالیت‌های صنعتی و بهره‌وری کل عوامل تولید در این بازه زمانی شد. این مسئله در سال ۱۳۸۹ نیز ادامه داشت.

میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۰ روندی کاهشی داشته است. عدم اجرای بهینه مرحله اول قانون هدفمندی یارانه‌ها و نیز اعمال مجدد تحریم بر اقتصاد کشور منجر به کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در این سال شد (بانک مرکزی،۱۳۸۴). همچنین سخت‌تر شدن شرایط تولید و سرمایه‌گذاری در سال ۱۳۹۱، تداوم رکود نسبی حاکم بر بخش صنعت و سختی شرایط تولید منجر به ادامه روند کاهشی بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تا سال ۱۳۹۴ شد (همان).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

توافق برجام طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ منجر به بهبود عملکرد بخش صنعت شد. این مسئله افزایش میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی را در پی داشت. اما در سال ۱۳۹۷ خروج یک‌جانبه آمریکا از برجام و اعمال تحریم‌های جدید منجر به تشدید نااطمینانی در محیط اقتصاد کلان و ایجاد محدودیت برای مبادلات مالی و تجاری بین‌المللی کشور گردید (بانک مرکزی،۱۳۸۶). این امر زمینه کاهش عملکرد تولید برخی از صنایع داخلی به ویژه آن دسته از واحدهای تولیدی که وابستگی بیشتری واردات مواد اولیه و واسطه‌ای داشتند را فراهم کرد (همان). روند کاهشی بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۷ ادامه داشته است.



نمودار ۱. مقایسه بهره‌وری کل عوامل تولید برآوردی در دو حالت با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب (۱۳۹۹-۱۳۸۱)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۴) میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب به تفکیک رشته فعالیت‌های صنعتی کد دو رقمی ISIC طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۱ نشان می‌دهد. براساس نتایج ارائه شده در جدول (۴) لحاظ ستانده نامطلوب، بهره‌وری کل عوامل تولید تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی را کاهش می‌دهد. همچنین بیشترین

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب مربوط به رشته فعالیت چاپ و تکثیر رسانه ضبط شده (**۱/۰۰۶**) و کمترین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب مربوط به رشته فعالیت تولید تولید منسوجات (**۰/۶۸۴**) است.

جدول ۴. میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب به تفکیک رشته فعالیت‌های صنعتی کد دو رقمی ISIC (۱۳۹۸-۱۳۸۱)

رشته فعالیت	بهره‌وری کل عوامل تولید		رشته فعالیت	بهره‌وری کل عوامل تولید	
	بدون لحاظ ستانده نامطلوب	با لحاظ ستانده نامطلوب		بدون لحاظ ستانده نامطلوب	با لحاظ ستانده نامطلوب
تولید مواد غذایی	۰/۹۸۵	۰/۹۲۱	تکثیر رسانه ضبطی	۱/۰۹	۱/۰۰۶
تولید آشامیدنی	۰/۹۹۲	۰/۸۷۱	تولید کک	۱/۳۰۷	۰/۹۳۵
تولید توتون و تنباکو	۰/۹۸۵	۰/۹۱۲۰	تولید محصولات شیمیایی	۱/۰۲	۰/۹۵۴
تولید منسوجات	۰/۷۰۱	۰/۶۸۴	تولید دارو	۱/۳۰۱	۰/۹۱۳
تولید پوشاک	۰/۹۸۹	۰/۹۲۱	تولید محصولات پلاستیکی	۰/۹۳۶	۰/۸۵۲
تولید محصولات چرمی	۱/۳۸	۰/۹۲۰	تولید محصولات کانی غیرفلزی	۰/۹۲۵	۰/۸۱۹
تولید محصولات چوبی	۱/۱۲	۰/۹۸۱	تولید فلزات پایه	۱/۰۳	۰/۹۲۹
تولید محصولات کاغذی	۱/۰۵۸	۰/۹۸۰	محصولات فلزی به‌جز ماشین‌آلات	۰/۹۴۱	۰/۹۱۲
تجهیزات برقی	۱/۰۰۹	۰/۹۲۲	تولید محصولات یارانه‌ای	۱/۰۰۲	۰/۹۵۳
تولید وسایل نقلیه موتوری	۰/۹۷۹	۰/۹۵۱	تولید ماشین‌آلات طبقه‌بندی نشده	۰/۹۸۴	۰/۹۳۹
تولید مبلمان	۰/۹۸۴	۰/۹۵۱	تولید سایر تجهیزات حمل و نقل	۰/۹۲۶	۰/۸۹۸
تعمیر و نصب ماشین آلات	۰/۸۶۱	۰/۸۵۵	تولید مصنوعات طبقه‌بندی نشده	۰/۸۹۰	۰/۸۵۷

مأخذ:یافته‌های تحقیق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

مقایسه میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب در نمودار (۱) و جدول (۴) نشان دهنده وجود رابطه معکوس بین ستانده نامطلوب و بهره‌وری کل عوامل تولید است. از آنجایی که ستانده نامطلوب (آلودگی) در رشته فعالیت‌های تکنولوژی‌بر با شدت‌انرژی بالاتر، بیشتر است (کول و همکاران[1] ،۲۰۰۴)، برای ارزیابی دقیق‌تر تفاوت بهره‌وری به دلیل لحاظ یا عدم لحاظ ستانده جانبی نامطلوب لازم است به دسته‌بندی صنایع بر اساس شدت انرژی پرداخته و تغییرات بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب در دو گروه و در چارچوب این دسته‌بندی بررسی شود. بنابراین، پیش از مقایسه بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب، لازم است برای ارائه تحلیلی دقیق‌تر به بررسی شدت انرژی رشته فعالیت‌های صنعتی و دسته‌بندی آنها پرداخته شود.

برای دسته‌بندی رشته فعالیت‌های مورد بررسی برحسب شدت انرژی از شاخص مرکزی میانه و چارک‌ها استفاده شده است، زیرا شاخص مرکزی میانه متأثر از داده‌های بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک نمونه نیست و می‌تواند یک جمعیت آماری را به دو قسمت مساوی تقسیم کند. چارک‌ها شاخص‌هایی هستند که یک مجموعه آماری مرتب شده از کوچک به بزرگ را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. چارک اول (میانه‌ی مشاهدات کوچکتر از میانه (Q_1))، چارک دوم (میانه (Q_2)) و چارک سوم (میانه مشاهدات بزرگتر از میانه (Q_3)) چنین کاری را انجام می‌دهند (فراندیس،۲۰۰۹). میانه داده‌های مذکور پس از مرتب سازی داده‌های شدت انرژی رشته فعالیت‌ها از کوچک به بزرگ، استخراج گردید که برابر با چارک دوم (Median=Q_2 =۰/۸۲۰) است. مقدار چارک اول (Q_1 = ۰/۱۶۴) و چارک سوم (Q_3 =۲/۵۲) نیز استخراج گردید. با استفاده از چارک‌های استخراجی، رشته فعالیت‌های مورد بررسی بر حسب شدت انرژی به چهار دسته مساوی تقسیم شد. در هر دسته ۲۵ درصد مشاهدات وجود دارد. نتایج این دسته‌بندی در جدول (۵) ارائه شده است.

1. Cole, Elliott & Shimamoto

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

جدول ۵. دسته‌بندی شدت انرژی رشته فعالیت‌های کد دو رقمی ISIC با استفاده از شاخص میانه و چارک‌ها

دسته اول	دسته دوم	دسته سوم	دسته چهارم
- تولید انواع آشامیدنی‌ها - تولید محصولات چرمی - تولید پوشاک - چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده - تعمیر ونصب ماشین آلات - تولید مبلمان - تولید چوب و محصولات چوبی - تولید توتون و تنباکو	- تولید تجهیزات برقی - تولید سایر تجهیزات حمل و نقل - تولید داروهای شیمیایی وگیاهی - ساخت محصولات رایانه ای، الکترونیکی ونوری - تولید مصنوعات طبقه بندی نشده - تولید فرآورده‌های غذایی	- کاغذ و فرآورده کاغذی - وسایل نقلیه موتوری - تولید منسوجات - فرآورده لاستیکی و پلاستیکی - ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده - تولیدمحصولات فلزی ساخته شده	- تولید کک - تولید مواد شیمیایی - فرآورده معدنی غیرفلزی - تولید فلزات پایه

مأخذ:یافته‌های تحقیق

براساس جدول (۵)، صنایع تولید انواع آشامیدنی‌ها، تولید فرآورده‌های توتون و تنباکو، تولید پوشاک، تولید چرم و فرآورده‌های وابسته، تولید چوب و فرآورده‌های چوب و چوب‌پنبه به جز مبلمان، چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده، تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات، تولید مبلمان در دسته اول جای می‌گیرد. مقدار عددی شدت انرژی این رشته فعالیت‌ها از چارک اول (Q_1 = ۰/۱۶۴) کوچکتر است. بنابراین دسته اول شامل ۲۵ درصد رشته فعالیت‌هایی با کمترین مقدار شدت انرژی هستند. بیشترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در این دسته مربوط به رشته فعالیت چاپ و تکثیر رسانه ضبط شده (۱/۰۰۶) و کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب مربوط به رشته فعالیت تعمیر و نصب ماشین آلات (۰/۸۵۵) است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

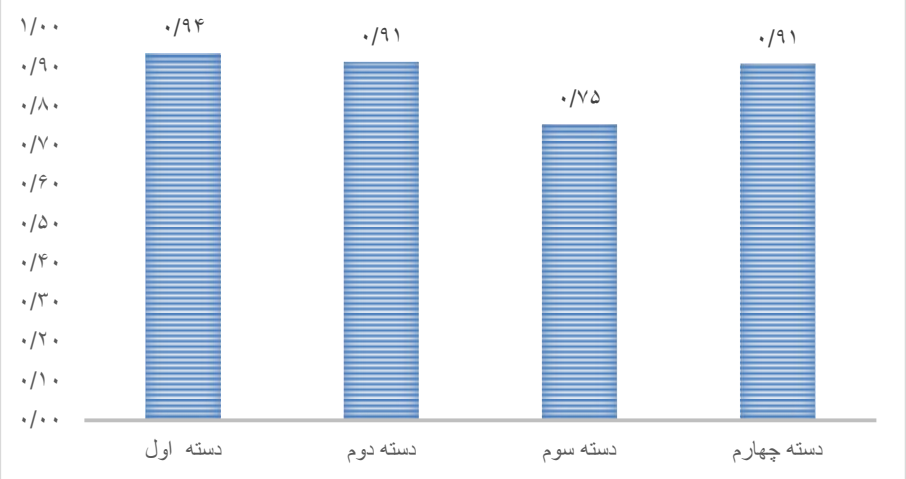
رشته فعالیت‌های دسته دوم شامل رشته فعالیت‌های تولید دارو و فرآورده‌های دارویی شیمیایی و گیاهی، ساخت محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری، تولید تجهیزات برقی، تولید سایر تجهیزات حمل و نقل، تولید سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و تولید فرآورده‌های غذایی است که مقدار عددی شدت انرژی این رشته فعالیت‌ها از چارک اول (۰/۱۶۴ = Q1) بزرگتر اما از میانه مشاهدات (۰/۸۲۰= Median=Q2) کوچکتر بوده است. بنابراین دسته دوم شامل رشته فعالیت‌هایی است که مقدار شدت انرژی مصرفی آنها از ۲۵ درصد مشاهدات بیشتر و ۷۵ درصد مابقی کمتر است. . بیشترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در این دسته مربوط به رشته فعالیت محصوات یارانه‌ای (۰/۹۵۳) و کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب مربوط به رشته فعالیت تعمیر و نصب ماشین آلات (۰/۸۵۷) است.

رشته فعالیت‌های مربوط به دسته سوم شامل رشته فعالیت‌های تولید کاغذ و فرآورده‌های کاغذی، تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و نیم تریلر، تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر، تولید منسوجات، تولید فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی، تولید محصولات فلزی ساخته شده به جز ماشین‌آلات و تجهیزات است که مقدار عددی شدت انرژی این رشته فعالیت‌ها از میانه مشاهدات (۰/۸۲۰= Q2= Median) بزرگتر اما از چارک سوم (۲/۵۲= Q_3) کوچکتر بوده است. دسته سوم شامل رشته فعالیت‌هایی است که مقدار شدت انرژی مصرفی آنها از ۵۰ درصد مشاهدات بیشتر و ۲۵درصد مابقی کمتر است. بیشترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در این دسته مربوط به رشته فعالیت کاغذ و فرآورده کاغذی (۰/۹۸۰) و کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب مربوط به رشته فعالیت منسوجات (۰/۶۸۴) است.

رشته فعالیت‌های مربوط به دسته چهارم شامل تولید کک و فرآورده‌های حاصل از پالایش، تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی، تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی، تولید فلزات پایه است که مقدار عددی شدت انرژی این رشته فعالیت‌ها از چارک سوم (۲/۵۲= Q_3) بزرگتر بوده است. دسته چهارم شامل رشته فعالیت‌هایی است که بیشترین شدت انرژی را در بین رشته فعالیت‌های مورد بررسی دارند. بیشترین

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در این دسته مربوط به رشته فعالیت تولید محصولات شیمیایی (۰/۹۵۴) و کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب مربوط به رشته فعالیت فرآورده معدنی غیرفلزی (۰/۸۱۹) است.



نمودار ۲. مقایسه میانگین بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب چهار دسته رشته فعالیت با شدت انرژی متفاوت

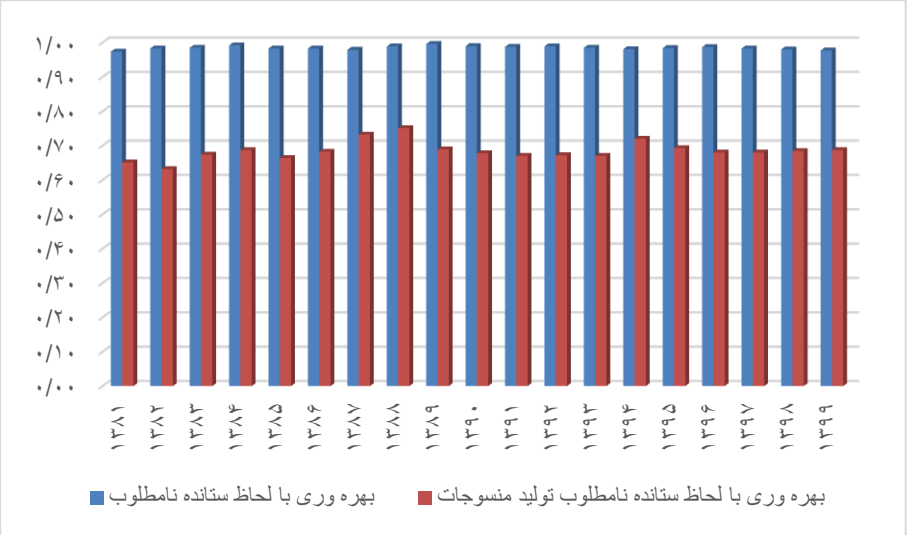
مأخذ:یافته‌های تحقیق

براساس نمودار (۲) میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته اول (۰/۹۳۵) با کمترین شدت انرژی بیشتر از میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته دوم (۰/۹۱۳)، سوم (۰/۷۵۴) و چهارم (۰/۹۰۹) با شدت انرژی بالاتراست. همچنین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته دوم نسب به دسته‌های سوم و چهارم با شدت انرژی بالاتر بیشتر است. اگرچه شدت انرژی دسته سوم کمتر از دسته چهارم است اما بر خلاف انتظار میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته سوم کمتر از میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته چهارم است.

همچنین، رشته فعالیت تولید منسوجات کمترین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب را در دسته سوم دارد. به علاوه، این رشته فعالیت کمترین بهره‌وری کل عوامل تولید با و بدون لحاظ ستانده نامطلوب را در بین تمامی رشته

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

فعالیت‌های کد دو رقمی ISIC دارد. میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت تولید منسوجات (**۰/۶۸۴**) طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۱ از میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی (۰/۹۸۴) در بازه مورد بررسی کمتر است. نمودار (۳) به مقایسه میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت تولید منسوجات و بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی در هر سال پرداخته است. براساس این نمودار، میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت تولید منسوجات در تمامی سال‌ها کمتر از بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی است.



نمودار۳. مقایسه نسبت بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت تولید منسوجات به متوسط بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی

مأخذ:یافته‌های تحقیق

کمتربودن میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت تولید منسوجات نسبت به متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی به دلیل عدم اجرای بهینه طرح‌های بازسازی و نوسازی واحدهای بزرگ نساجی، سیر نزولی تشکیل سرمایه رشته فعالیت تولید منسوجات، فرسوده شدن فناوری تولید،کاهش حاشیه سود در این صنعت، ضعف

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

بهره‌مندی از نیروی انسانی خلاق با بهره‌وری بالا (مرکز پژوهش‌های مجلس،۱۴۰۲) مشکلات مربوط به تأمین مواد اولیه و رقابت در بازار فروش (بانک مرکزی، ۱۳۸۶) است. عملکرد ضعیف این رشته فعالیت میانگین بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب دسته سوم را کاهش داده است.

با توجه به نمودار (۲) میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در دسته چهارم (۰/۹۰۹) . نزدیک به دسته دوم است. علت بالا بودن بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته چهارم، قرارگرفتن رشته فعالیت تولید محصولات شیمیایی در این دسته است. این رشته فعالیت بـالاترین سـهم رشد شاخص کل تولید بخش صنعت در بین رشته فعالیت‌های صنعتی تا سال ۱۳۸۵ به خود اختصای داده است (بانک مرکزی،۱۳۸۵). همچنین بالاترین سـهم رشد شاخص کل تولید بخش صنعت در سال ۱۳۸۶ پس از رشته فعالیت تولید فلزات اساسی به این رشته فعالیت تعلق دارد (بانک مرکزی، ۱۳۸۶). طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۶ رشته فعالیت محصولات شیمیایی جز رشته فعالیت‌هایی است که منجر به رشد شاخص کل تولید بخش صنعت شده است (بانک مرکزی،۱۳۹۸). عملکرد رشته فعالیت محصولات شیمیایی میانگین بهره‌وری با لحاظ ستانده نامطلوب دسته چهارم را افزایش داده است.

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در چارچوب مبانی نظری و تجربی مورد بررسی مشاهده شد که در نظر نگرفتن ستانده جانبی در محاسبه بهره‌وری منجر به ارائه تصویری غیرواقعی و تورش نتایج برآوردی خواهد شد. در این مقاله به منظور لحاظ ستانده جانبی نامطلوب در برآورد بهره‌وری از شاخص مالم‌کوئیست‌لیونبرگر استفاده می‌شود. این شاخص با استفاده از روش‌های مرزی اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری استخراج می‌شود. همچنین این شاخص امکان وارد کردن ستانده نامطلوب به صورت مستقیم، افزایش همزمان ستانده مطلوب و کاهش ستانده نامطلوب را فراهم می‌کند. با استفاده از این شاخص، در این مطالعه تفاوت نتایج حاصل از لحاظ و عدم لحاظ ستانده نامطلوب در محاسبات بهره‌وری ۲۴ رشته فعالیت کد دو رقمی ISIC با استفاده از برآورد شاخص مالم‌کوئیست-لیونبرگر و مالم‌کوئیست طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۱ بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد، اگرچه روند تغییرات هر دو نوع بهره‌وری یکسان است اما شکاف قابل توجهی بین برآورد بهره‌وری

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

کل عوامل تولید با لحاظ ستانده جانبی نامطلوب (شاخص مالم‌کوئیست_لیونبرگر) و بهره‌وری کل عوامل تولید (شاخص مالم‌کوئیست) وجود دارد. این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار است. به عبارت دقیق‌تر نتیجه مقایسه شاخص مالم‌کوئیست_لیونبرگر و شاخص مالم‌کوئیست نشان می‌دهد که برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب در تمامی سال‌ها کمتر از بهره‌وری کل عوامل تولید بدون لحاظ ستانده نامطلوب است. بنابراین در نظر گرفتن ستانده نامطلوب، برآورد دقیق‌تر و امکان اتخاذ سیاست بهینه در این زمینه را فراهم می‌کند.

لحاظ ستانده نامطلوب، بهره‌وری کل عوامل تولید تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی را طی دوره مورد بررسی کاهش می‌دهد. این رابطه‌ی معکوس تحت تأثیر شدت‌انرژی رشته فعالیت‌های صنعتی قرار دارد. زیرا شدت انرژی بالاتر منجر به تولید ستانده نامطلوب بیشتر می‌شود. بنابراین برای مقایسه بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت‌هایی که از منظر شدت انرژی همگن هستند، نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهد. بدین منظور با استفاده از شاخص مرکزی میانه و چارک‌ها، رشته فعالیت‌های کد دو رقمی ISIC بر اساس شدت انرژی چارکبندی شدند. میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب چارک اول که شامل ۲۵ درصد رشته فعالیت‌های صنعتی با کمترین شدت انرژی است نسبت به چارک‌های دوم، سوم و چهارم بیشتر است. برخلاف انتظار چارک سوم دارای کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب است. وجود رشته فعالیت تولید منسوجات با کمترین میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب منجر به کاهش میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب این دسته شده است. میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب رشته فعالیت تولید منسوجات در تمام سال‌های مورد بررسی کمتر از متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب تمامی رشته فعالیت‌های صنعتی است. همچنین وجود رشته فعالیت تولید محصولات شیمیایی با بالاترین سهم رشد شاخص کل تولید بخش صنعت منجر به افزایش میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید با لحاظ ستانده نامطلوب دسته چهارم شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

کلام آخر: توصیه سیاستی

بهره‌وری مهمترین متغییر در توضیح کیفیت عملکرد بنگاهی در سطح یک اقتصاد و عملکرد اقتصاد کلان و کیفیت رشد اقتصادی است. این اهمیت برای کشورهایی مانند ایران بیشتر است که رشد اقتصادی آنها عامل-محور بوده و به شدت وابسته به سرمایه است و نقش بهره‌وری در آن ناچیز است. درست به همین دلیل، محاسبه و ارزیابی دائم و البته درست بهره‌وری بخش‌های اقتصادی و سطوح پایین دستی آنها که صنایع کارخانه‌ای و غیر کارخانه‌ای و بنگاه‌ها و شرکت‌ها هستند، از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از ابعاد مهم این اهمیت، بی توجهی به ستانده جانبی در محاسبه بهره‌وری است. توجه به این ستانده اگر نامطلوب باشد، مهمتر خواهد بود، چون باعث کاهش بهره‌وری می‌شود. در حقیقت، عدم لحاظ آن می‌تواند تورش مثبت یا رو به بالا در محاسبه بهره‌وری ایجاد کند و سیاستگذاران خرد و کلان کشور را دچار تصمیم‌گیری نادرست کند. در ایران، این بحث از اهمیت بیشتری برخوردار است. زیرا به سبب ارزان بودن انرژی، شدت انرژی در صنایع کشور عموماً بالاست و در طول دهه‌های قبل استفاده از تکنولوژی‌های انرژی‌بر را توسعه یافته است. درست به همین دلیل، مشاهده می‌شود که بهره‌وری کلی عوامل تولید در صنایع با شدت انرژی بالاتر در صورت لحاظ ستانده نامطلوب کاهش بیشتری پیدا می‌کنند. بر این اساس، مهمترین توصیه سیاستی قابل ارائه به استناد نتایج این مطالعه به سازمان ملی بهره‌وری به عنوان متولی اصلی محاسبه و ارتقاء بهره‌وری کشور، بازنگری در روش‌های محاسبه بهره‌وری خود و توجه به ابعاد فنی تر و کاربردی‌تر در محاسبه بهروری از جمله، لحاظ ستانده جانبی به ویژه ازنوع نامطلوب آن است.

علاوه بر توصیه فوق، بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان به کاهش ستانده نامطلوب برای افزایش بهره‌وری و سودآوری بنگاهی توصیه کرد. تغییر ترکیب انرژی مورد استفاده به نفع انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، افزایش کارایی سوخت‌های فسیلی به منظور کاهش مقدار ستانده، تسریع فرآیند نوسازی صنایع و هر نوع سیاست و حمایتی که بتواند میزان ستانده جانبی نامطلوب در فرایند تولید کارخانه‌ای کشور را کاهش دهد، توصیه‌های قابل ارائه در چارچوب نتایج این تحقیق برای ارتقاء بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع کارخانه‌ای کشور است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

همچنین اجرای طرح‌های حمایتی صنایع از جمله استفاده از سازوکار وجوه اداره شده، اعطای تسهیلات ارزی از محل حساب ذخیره ارزی، استفاده از تسهیلات فاینانس خارجی، ادامه پرداخت یارانه سود و کارمزد تسهیلات طرح‌های سرمایه‌گذاری بخش خصوصی منجر به کاهش تاثیر تحریم‌های اقتصادی بر صنایع و بهبود بهره‌وری کل عوامل تولید شود.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

منابع

- اعظمی، سمیه، لطیف پورکریمی، سحر صدری (۱۳۹۷) عملکرد زیست‌محیطی کل عوامل تولید صنایع کارخانه‌ای ایران: رهیافت شاخص مالم‌کوئیست غیرشعاعی فرامرزی، فصلنامه تحقیقات مدلسازی، شماره ۳۱.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش وضع اقتصادی کشور(۱۳۹۸-۱۳۸۱).
- ترازنامه انرژی (۱۳۹۹).
- ترازنامه هیدروکربوری، سال ۹۹-۱۳۸۱.
- حیدری، ابراهیم (۱۳۸۹) تجزیه و تحلیل بهره‌وری در صنایع منتخب انرژی‌بر ایران بر اساس روش DEA، پژوهشنامه اقتصاد کلان، سال هفتم، شماره ۱۴.
- حکیمی‌پور، نادر، عوضعلی‌پور، صادق، قائمی، ذبیح‌الله (۱۳۹۱) ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع بزرگ در استان‌های ایران با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست، پژوهش‌های مدیریت عمومی، سال پنجم، شماره ۱۵.
- سلیمی‌فر، مصطفی (۱۳۸۴) بهره‌وری عوامل تولید و میزان به کارگیری آنها در صنایع بزرگ استان، تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۰، شماره ۳.
- شهیکی‌تاش،محمدنبی، مصطفی خواجه حسنی و سعید جعفری (۱۳۹۴) محاسبه کارایی زیست محیطی در صنایع انرژی بر ایران با استفاده از رویکرد تابع فاصله جهت دار، فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، دوره ۲، شماره ۱.
- شهیکی‌تاش، محمدنبی، جواد طاهرپور و علی نوروزی (۱۳۹۵) ارزیابی تغییرات تکنولوژی و تاثیر آن بر ترکیب نهاده و مقیاس تولید در صنایع کارخانه‌ای ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال بیست ویکم، شماره ۶.
- عابدی، سمانه، آرین دانشمند و شیما نوریان (۱۳۹۸) بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری سبز در اقتصاد ایران، فصلنامه تحقیقات اقتصادی، دوره ۵۴ف شماره ۳.
- عیسی‌زاده، سعید، مسعود صفی مجیدپور (۱۳۹۶) رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، پیشرفت تکنولوژیکی، تغییرات کارایی: شواهد تجربی از صنایع تولیدی ایران، فسلنامه مدلسازی اقتصادی، سال یازدهم، شماره ۴.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

- کرمی، محمدامین، مهدی فرزادکی، احمد جنیدی، رامین نبی‌زاده، محمود رضا گوهری، مصطفی کریمایی (۱۳۹۰) بررسی کمی و کیفی پسماندهای صنعتی تولیدی صنایع حد فاصل تهران تا کرج، فصلنامه سلامت کار ایرانیان، دوره ۸ شماره ۲.
- محمودزاده، محمود، فتح‌آبادی، مهدی (۱۳۹۵) عوامل پیشران بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایه تولیدی ایران، فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی، دوره ۷، شماره ۲۶
- یوسفی‌حاجی‌آباد، رضا (۱۳۹۵) ارزیابی بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع کارخانه‌ای ایران، مجله سیاست‌گذاری اقتصادی، سال هشتم، شماره ۱۵.
- هژبرکیانی، کامبیز، محمد نقیبی(۱۳۹۴) برآورد موجودی سرمایه و بررسی کارآیی روش‌های مختلف محاسبه آن در بخش‌های عمده اقتصادی ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، سال پانزدهم، شماره دوم.
- همت‌جو، علی (۱۳۸۲) اندازه‌گیری بهره‌وری صنایع استان آذربایجان شرقی و آنالیز عوامل مؤثر بر آن، طرح تحقیقاتی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان شرقی، تبریز.
- مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۲) بررسی عملکرد صنایع نساجی و پوشاک و ارائه راهبردهای تقویت آن در برنامه هفتم توسعه.
- APO , https://www.apo-elearning.org
- Charnes. A. Cooper, W. and Rhodes, E. (1981). Measuring the efficiency of decision making units'".European Journal of Operational Research, Vol. 2(6), pp. 429-444
- Chen, X. Chen, Y. and Huang, Zh. (2023) A new Malmquist-type green total factor productivity measure: An application to China, Energy Economics, Volume (117), P.P 106408
- Chen, C. Lan, Q. Gao, M. Sun, Y. (2018) Green Total Factor Productivity Growth and Its Determinants in China's Industrial Economy. Sustainability, Vol 10(4), P.P.1052. https://doi.org/10.3390/su10041052
- Cooper, W. W. Deng, H. Huang, Zh. and Li., S. X. (2007). Chance constrained
- programming approaches to congestion in stochastic data envelopment analysis. Journal of European Journal of Operational Research, vol 155,pp. 487-501

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

- Cole, M. Elliott, R. J. R. and Shimamoto, K. (2004) Industrial Characteristics, Environmental Regulations and Air Pollution: An Analysis of the UK anufacturing Sector; Research Paper, vol. 22.
- Coelli, T. Rao, D.S. O'Donnell, C. and Battese, G.E. (2005). An Introduction to
- Efficiency and Productivity Analysis. Second Ed. Springer.
- Chung, Y. Fa¨re, R. and Grosskopf, S. (1997). Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach. Journal of Environmental Management, Vol 51, pp. 229–240.
- Dyckhoff, H. Allen, K. (2001). Measuring Ecological Efficiency with Data
- Envelopment Analysis (DEA). European Journal of Operational Research,
- Vol 132, pp.312-325
- Hicks, J. R. (1932). Marginal Productivity and The Principle of Variation,
- Economica, Vol. 12, pp. 79-88
- Färe, R. and Grosskopf, S. (2004). Network DEA. Socio-Economic Planning
- Sciences, vol. 24 , pp. 35–49
- Golany, B. and Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. Omega, vol 3, pp. 237-250
- Färe, R. (2008). Efficiency and Productivity: Malmquist and More
- He.F. Zhang, Q. Lei, J. Fu, W. and Xu, X .(2013). Energy efficiency and productivity change of China's iron and steel industry: Accounting for undesirable outputs, Vol 54, pp. 204-213
- IPCC (1995), Greenhouse Gas Inventory: IPCC Guidelines for National
- Greenhouse Gas Inventories. Vol 2.
- Koopmans, T.C. (1951). Analysis of Production as an Efficient Combination
- of Activities. Activity Analysis of Production and Allocation. Co wies
- Commission for Research in Economics Monograph No. 13. Ed. by T.C.
- Koopmans. New York 1951
- Miller, D. M., (1984). Profitability Equals Productivity Plus Price Recovery, Harvard Business Review, PP. 145–53.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

- O'Donnell, C.J. (2014). Econometric estimation of distance functions and associated measures of productivity and efficiency change. Journal of Productivity Analysis, Vol. 41, pp. 187-200
- Li, K. Lin, B. (2015) Measuring green productivity growth of Chinese industrial sectors during 1998–2011, China Economic Review, Volume 36, P.P 279-295
- Ouyang, X. Liao, J. Sun, CH. and Cao, Y.(2023) Measure is treasure: Revisiting the role of environmental regulation in Chinese industrial green productivity, Environmental Impact Assessment Review, Volume (98), P.P. 106968
- Pasiouras, E and Sifodaskalakis, E. (2007). Total Factor Productivity Change of Greek Cooperative Banks. University of Bath. Working Paper Series,13
- Qu. Y, Li, J. and Wang, SH. (2022). Green total factor productivity measurement of industrial enterprises in Zhejiang Province, China: A DEA model with undesirable output approach, Vol 8, pp. 307-317
- Tanase, I. and Tidor, A. (2012). Efficiency Progress and Productivity Change in Romania Machinery Industry 2001-2010, Procedia Economics and Finance, Vol. 3, pp. 1055-1062.
- Seiford, L. and Zhu, J. (2002). Profit ability and market ability of the top 55 U.S. commercial banks. Management Science, Vol 9, pp. 1270-1288
- Zuo, Z. Guo, H. Li, Y. and Cheng, J. (2022). A two-stage DEA evaluation of Chinese mining industry technological innovation efficiency and eco-efficiency, Environmental Impact Assessment Review, Vol 94, pp. 106762

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]

Evaluating the TFP of Iran's Manufacturing Industries Considering Undesirable Output

Atefeh Khosravi
Ph.D. Candidate of Economics of Alzahra University, atefehkhosravi90@gmail.com

Hamid Kordbacheh [1]
Associate Professor of Economics of Alzahra University, h.kordbacheh@alzahra.ac.ir

Abbas Arabmazar
Associate Professor of Economics of Shahid Beheshti University, ab_arabmazar@sbu.ac.ir

Received: 2022/07/22 Accepted: 2023/12/01

Abstract

Calculating the precise quantity of outputs plays an important role in accurately estimating the total factor productivity (TFP) as the ratio of the output index to the input index. The production of all goods and services is often accompanying with undesirable by-products. Failure to consider the by-product output in the estimation of TFP index of a firm can cause a significant distortion in the calculation of the index. This article, investigates the effect of waste production and greenhouse gases as an undesirable by-product on the estimation of the TFP of 24 ISIC two-digit code activity over the period of 2002-2020, using Malmquist, Leuenberger, and Malmquist indexes. The results show that there is a significant gap between the estimations of the two models. The findings of the Wilcoxon test confirm the existence of a significant difference in the estimations. According to this test, the undesirable output has a statistically significant effect on the TFP estimations. Therefore, considering the undesirable output provides a more reliable estimate of TFP. Based on the findings of this study, the average TFP without taking into account the undesirable output of the selected industry was equal to 1.03. That is, the average productivity has increased annually by 3 percent over the period while considering the undesirable output as expected, the annual average of TFP decreased to 0.984. This means there is a significant 4% negative gap in the annual productivity estimate. The results of this research provide important empirical evidence on the importance of paying attention to the correct calendar in calculating productivity for Iran's manufacturing industry and Iran's National Productivity Organization as the regulator of measuring and improving the country's productivity.

JEL Classification: L60,O14,D24.

Keywords: Manufacturing industries, total factors productivity, Undesirable by-product, Waste and greenhouse gases

1. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-28]