مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال چهاردهم، شماره دوم (پیاپی ۵۳)، تابستان ۹۶، ص ص ۱۸-۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

اندازه‌گیری کارایی فنی کارگاه‌های صنعتی بیش‌تر از ده کارکن در ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها

حیدر زارعی[۱]، ساموئل یوسفی*[۱]، محمود محمودی [۱]
۱- کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی ارومیه، گروه مهندسی صنایع، ارومیه، ایران

رسید مقاله: ۱۰ دی ۱۳۹۵
پذیرش مقاله: ۱۲ خرداد ۱۳۹۶

چکیده
در دنیای امروزی، ارتقای کارایی و بهره‌وری راهی برای جبران محدودیت عوامل تولید است. اندازه‌گیری دقیق و مجزای این شاخص‌ها برای هر کدام از زیر بخش‌های صنعتی می‌تواند به مقایسه زیرگروه‌های صنعتی و طبقه‌بندی آن‌ها منجر شود. همچنین، برای سیاست‌گذارهای آتی بخش‌های ضعیف، می‌توان از بخش‌های کارا یاری گرفت. در همین راستا در این مطالعه، کارایی فنی و احتمال نوع بازدهی به مقیاس تمامی صنایع ایران بر اساس کدهای دو رقمی ISIC، برای کارگاه‌های بیش‌تر از ده کارکن و بر اساس آخرین اطلاعات موجود مرکز آمار ایران اندازه‌گیری شده است. محاسبات کارایی فنی با روش تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد خروجی محور BCC انجام شده، که علاوه بر نهاده‌های نیروی کار و سرمایه‌گذاری، متغیر انرژی را نیز در نظر گرفته است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که میانگین کارایی بخش صنعت در بازه‌ی مورد بررسی، برابر ۶۵ درصد بوده و از لحاظ کارایی فنی، صنایع بزرگ مقیاس در رتبه‌های بالاتر نسبت به صنایع کوچک مقیاس قرار دارند. همچنین، تخمین توزیع کارایی کل صنایع با استفاده از آزمون اندرسون دارلینگ و میانگین کارایی فنی محاسبه‌شده صنایع به ازای هر سال، نشان می‌دهد که میانگین کارایی بخش صنعت از توزیع نرمال با میانگین ۰/۶۵ و انحراف معیار ۰/۰۹ پیروی می‌نماید.

کلمات کلیدی: کارایی فنی،کارگاه‌های بیشتر از ده کارکن، تحلیل پوششی داده‌ها، آزمون اندرسون دارلینگ.

۱ مقدمه
امروزه با کمرنگ شدن مرزهای اقتصادی و شدت یافتن رقابت در صحنه جهانی، اندازه‌گیری کارایی برای نهادهای مختلف از جمله صنایع، جهت شناسایی عامل موثر بر آن به خصوص برای کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، امری ضروری برای فرآیند توسعه صنعتی آن‌هاست [۱].کوشش‌های اقتصادی انسان، همواره معطوف به آن بوده است که با کم‌ترین امکانات حداکثر استفاده و نتیجه را به دست آورد. چنین تمایلی به معنای دستیابی

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: s.yousefi@ine.uut.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

به کارایی[1] و بهره‌وری[2] بالاتر نامیده می‌شود. بهره‌وری، مفهومی جامع و دربرگیرنده کارایی می‌باشد که افزایش آن به معنای ارتقا سطح زندگی انسان‌ها، همواره مدنظر دست اندرکان سیاست و اقتصاد بوده است [۱].

برای افزایش رشد اقتصادی به دلیل محدود بودن عوامل تولید، راهی جز ارتقای کارایی و بهره‌وری وجود ندارد و گام نخست برای انجام این کار، اندازه‌گیری دقیق این شاخص‌ها می‌باشد. از سوی دیگر، سیاست‌گذاری‌های دقیق و برنامه‌ریزی‌های کاربردی نیازمند محاسبه‌ی کارایی و بهره‌وری برای زیرگروه‌های صنعتی می‌باشد. زمانی که زیرگروه‌های صنعتی بر اساس کارایی و از قوی تا ضعیف رتبه‌بندی گردند، می‌توان سیاست‌ها و برنامه‌های موفق صنایع قوی‌تر را برای صنایع ضعیف به عنوان الگو قرار داد. به بیان دیگر، برای سیاست‌گذاری‌های کاربردی آتی بخش‌های ضعیف، می‌توان از بخش‌های کارا یاری گرفت.

در این تحقیق با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[3] که یکی از مهمترین روش‌های غیرپارامتریک است به بررسی کارایی صنایع کشور پرداخته می‌شود. در این پژوهش، کارایی فنی و احتمال نوع بازدهی به مقیاس صنایع ایران را بر اساس کدهای دو رقمی ISIC[4] در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۰-۱۳۷۶ و برای کارگاه‌های بیشتر از ده کارکن محاسبه می‌شود. آنچه این تحقیق را از تحقیقات مشابه متمایز می‌کند این است که علاوه بر نهاده‌های نیروی کار و سرمایه گذاری، با وارد کردن متغیر انرژی به مساله‌ی اندازه‌گیری کارایی، تولید بنگاه‌ها به صورت واقع بینانه‌تر بررسی شده است؛ زیرا در اکثر پژوهش‌های سابق، از نیروی کار و سرمایه به عنوان متغیرهای ورودی تولید استفاده شده است. به علاوه، با در نظر گرفتن کلیه کدهای دو رقمی و مقایسه آن‌ها با هم، می‌توان به این فرضیه که عموما کارایی بنگاه های بزرگ مقیاس بیشتر از بنگاه‌های کوچک مقیاس است جواب داده شود. تعیین توزیع کارایی کل صنایع در ایران نیز، از دیگر اهدافی است که در این تحقیق مورد بررسی قرار داده می‌شود.

ساختار این تحقیق نیز به نحوی است که در ادامه و در بخش دوم، مبانی نظری و خلاصه‌ای از پیشینه تحقیقات مشابه انجام شده، بررسی گردیده است. سپس، روش شناسی پژوهش در بخش سوم تحقیق ارایه می‌شود. در بخش چهارم، تحلیل نتایج شامل تجزیه و تحلیل آماری میانگین کارایی، رتبه‌بندی صنایع با توجه به میانگین کارایی، تعیین توزیع کارایی کل صنایع در ایران و بررسی همبستگی میان نهاده‌های تولید و ارزش افزوده انجام می‌شود. در بخش پایانی، نتیجه‌گیری به همراه پیشنهادهای مدیریتی مطرح شده است.

۲ مبانی نظری و مروری بر تحقیقات مشابه

اندازه‌گیری کارایی یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی عملکرد سازمان ها به شمار می رود. در این میان، استفاده از روش‌های غیرپارامتریک به ویژه تحلیل پوششی داده‌ها از استقبال بیش‌تری برای سنجش کارایی برخوردار بوده است؛ زیرا این روش اجازه تغییر کارایی را در طول زمان را می‌دهد و به هیچ‌گونه پیش فرضی در مورد مرز

[1] Efficiency
[2] Productivity
[3] Data Envelopment Analysis
[4] International Standard Industrial Classification

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

کارایی نیاز ندارد [۲]. ابداع روش تخمین غیرپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها در مطالعه فارل[1] [۳] در سال ۱۹۵۷ صورت گرفت که در آن، برای اندازه‌گیری کارایی یک بنگاه، عملکرد آن را با عملکرد بهترین بنگاه‌های موجود مقایسه می‌کرد. این روش در سال ۱۹۷۸ با مطالعه چارنز و همکاران [۴] و افزودن امکان دربرگیری چند نهاده و چند ستانده توسعه داده شد. در سال ۱۹۹۳ نیز اندرسون و پترسون [۵] روشی جدید برای رتبه‌بندی واحدهای کارا ارایه دادند. از زمان ارایه مدل اولیه تاکنون روش DEA گسترش پیدا کرده و محققین زیادی به این موضوع روی آورده‌اند [۶].

روش تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از حل برنامه‌ریزی خطی[2] و برخی از مسایل بهینه‌سازی[3]، منحنی مرز کارا را تعیین می‌کند. در واقع، پس از حل مساله برنامه‌ریزی خطی مشخص می‌شود که آیا بنگاه مورد نظر روی منحنی مرز کارا قرار دارد یا خیر. بنابراین، به تعداد بنگاه‌های موجود در صنعت، مساله برنامه‌ریزی خطی حل شده و در نهایت بنگاه‌های کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می‌شوند. نکته قابل ذکر این است که در روش مذکور، بنگاه‌هایی که کارا شناخته می‌شوند ممکن است در عمل دارای کارایی صد درصد نباشند؛ اما در بین بنگاه‌های موجود در صنعت، بهترین عملکرد را دارند. لذا در روش DEA، این بنگاه‌ها به عنوان بنگاه‌های کاملا کارا معرفی و به نام مجموعه مرجع[4] نامیده می‌شوند. به این معنا که در صنعت مورد نظر، تولیدکنندگان این بنگاه‌ها قادرند که با حداقل میزان عوامل تولید، مقدار معین از محصولات مختلف را تولید نمایند (دیدگاه ورودی محور) و یا اینکه با مقدار معینی از عوامل تولید حداکثر محصول را ارایه کنند (دیدگاه خروجی محور) [۶]. از جمله تحقیقات مشابه خارجی و داخلی صورت پذیرفته که به بررسی کارایی به ویژه در بخش صنعت پرداخته‌اند می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

مارگونو و شارما [۷] در پژوهشی، کارایی فنی و بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع نساجی، غذایی، شیمیایی و محصولات فلزی در طول سال‌های ۱۹۹۳ الی ۲۰۰۰ را در کشور اندونزی و با استفاده از مدل مرز تصادفی اندازه‌گیری کردند. علاوه بر این آنالیزها، عوامل موثر بر ناکارآمدی واحدهای تولیدی در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته و نتایج آن نشان داد که روند بهره وری در صنایع تولیدی اندونزی رو به کاهش است. الاتروش [۸] کارایی فنی صنعت نساجی کشور مصر را با دو روش پارامتریک و غیرپارامتریک در قالب پایان نامه دکتری خود، در سال ۲۰۱۱ اندازه‌گیری کرد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد میانگین کارایی فنی به دست آمده توسط هر دو روش برای واحدهای بخش خصوصی یکسان می‌باشد؛ اما مقدار میانگین مربوط به روش پارامتریک تحلیل مرز تصادفی، برای واحدهای بخش عمومی به دلیل تأثیر شوک‌های تصادفی مانند مشکلات مالی و ماشین‌های مستهلک شده، از مقادیر به دست آمده از روش غیر پارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها کم‌تر است. اودک و براتن [۹] نیز در تحقیق خود، با استفاده از دو تکنیک تحلیل مرز تصادفی و تحلیل پوششی داده‌ها، به بررسی کارایی فنی بنادر جهان پرداختند و مدل‌های رگرسیونی اثرات ثابت و تصادفی را با هم مقایسه نمودند.

[1] Farrell
[2] Linear Programming
[3] Optimization Problem
[4] Reference-Set

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

در این مقایسه، کارایی‌های به دست آمده با روش ناپارامتریک مقادیر بیش‌تری نسبت بـه روش پارامتریـک نشـان مـی‌دهـد. رحیمـی سـوره [۱۰] در سـال ۱۳۸۴ بـرای تخمـین تـابع بهـره وری نیـروی کـار در بخـش صـنایع اسـتان خوزستان، از یک مدل کاب-داگلاس تعمیم یافته استفاده نمود که نتایج حاکی از آن بـوده اسـت کـه متغیرهـای مستقل موجودی سرمایه، شکاف بین تولید بالقوه و بالفعل و هزینه‌های تحقیق و توسعه رابطه مستقیم با بهره‌وری و شکاف بین تولید بالقوه و بالفعل رابطه عکس با میزان بهره‌وری کسب شده دارد. عسـگری [۱۱] بهـره‌وری کـل و بهره‌وری متوسط ۹ کد صنعتی ISIC را در استان ایلام وطی سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار داده است. وی برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید از تابع تولید CES و برای محاسـبه بهـره‌وری متوسـط نهـاده‌هـا نیـز از نسبت ارزش افزوده به حجم عوامل تولید استفاده کرده است. نتیجه تحقیق نشانگر این است کـه بهـره‌وری نیـروی کار در صنایع این استان دارای روند نزولی بوده در حالی‌کـه بهـره‌وری سـرمایه مثبـت ودارای رونـد مثبـت کمـی است. میرجلیلی و همکاران [۱۲] کارایی صنایع استان یزد را بـا دو روش CCR (بـازده بـه‌مقیـاس ثابـت) و BCC (بازده به مقیاس‌متغیر) مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی با استفاده از روش CCR نشان می‌دهـدکـه چهـار فعالیت صنعتی کارا و بقیه ناکـارا مـی‌باشـند. همچنـین، طبـق نتـایج بـه دسـت آمـده از روش BCC، پـنج فعالیـت صنعتی‌کارا و بقیه ناکارا بوده و صنعت تولید محصولات فلزی فـابریکی بجـز ماشـین‌آلات و تجهیـزات بـر اسـاس نتایج هر دو روش، ناکاراترین صنعت استان یزد در بازه زمانی مورد بررسی بوده است.

یکی از بنیان‌های اطلاعاتی لازم جهت برنامه‌ریزی صحیح و راهبردی منطقـه‌ای آگـاهی از توانمنـدی‌هـای منطقه‌ای است. تعیین موقیت و جایگاه مناطق ویژه از منظر ظرفیت‌های اقتصادی استفاده نشده و امکاناتی که بـرای افزایش تولید با نهاده‌های موجود وجود دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارست. با توجه به این موضوع، تحقیقـات با ارزشی انجام شده که از آن‌ها می‌توان به تحقیقات ذیل اشاره نمـود. عـادل آذر و غلامرضـایی [۱۳] اسـتان‌هـای کشور را با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و بر اساس شاخص توسعه نیروی انسانی و کارایی رتبه بنـدی نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استان‌های محروم بـه طـور کلـی کـارایی بـیش‌تـری نسـبت بـه اسـتان‌هـای برخوردار کشور داشته اند.آماده و همکاران [۱۴] نیز با استفاده از روش DEA و رویکـرد BCC خروجـی محـور کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور را برای بازه زمانی ۱۳۷۵تا ۱۳۸۳را مـورد ارزیـابی قـرار داده و در گـام اول، کارایی فنی را برای کلیه‌ی استان‌ها در طول دوره اندازه‌گیری نموده است. در گام دوم نیز با استفاده از روش اندرسون پترسون بنگاه‌های کارا را رتبه‌بندی کرده‌اند. نتـایج آن‌هـا حـاکی از ایـن اسـت کـه اسـتان‌هـای بوشـهر، خوزستان و هرمزگان بالاترین کارایی فنی را دارند و میانگین کارایی کل در این دوره برابـر بـا ۶۲/۷ بـوده اسـت. نصرالهی و همکاران [۱۵] با استفاده از روش DEA به اندازه‌گیری کارایی نسبی صـنایع تولیـدی ایـران طـی برنامـه سوم و دو سال اول برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایـران در بـازه زمـانی ۱۳۷۹ الـی ۱۳۸۵ پرداختـه اسـت. ایشان در تحقیق خود، آلاینده‌های زیست محیطی را به عنوان خروجی نامطلوب و نیروی کـار و مـواد اولیـه را بـه عنوان ورودی‌های مدل در نظر گرفته‌اند. نتایج این تحقیق نشـان دهنـده آن اسـت کـه در تمـامی سـال‌هـای مـورد بررسی تنها صنعت تولید رادیو و تلویزیون و دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی کارا بوده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

۳ روش‌شناسی پژوهش

در این تحقیق، اطلاعات مربوط به نهاده‌های نیروی کار، سرمایه‌گذاری و انرژی کارگاهای بیش‌تر از ده کارکن در فاصله زمانی ۱۳۷۶ الی ۱۳۹۰ از مرکز آمار ایران جمع آوری شده است. بازه مکانی تحقیق نیز زیربخش‌ها و گروه‌های صنعتی ISIC دو رقمی است که در آن، ۲۳ کد صنعتی به صورت همزمان مورد بررسی واقع شده‌اند. هدف این تحقیق بهره‌گیری از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های خروجی محور برای بررسی کارایی فنی صنایع کشور بر اساس کدهای صنعتی شده است که در ادامه این بخش، توضیحاتی در خصوص روش و متغیرهای مورد بررسی ارایه خواهد شد. روش DEA، تکنیک برنامه‌ریزی خطی را به کار می‌گیرد و از جمله روش‌های غیرپارامتریک تخمین توابع مقداری برای تولید است. یکی از فواید اصلی روش غیر پارامتریک، ساخت مرز تولیدی است که در آن، نیاز به هیچ فرضیات محدود کننده‌ای در رابطه با شکل تابع نیست. در واقع، روش تحلیل پوششی داده‌ها از اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و محصولات هر بنگاه برای ساخت یک مرز تولید ناپارامتری استفاده می‌کند.

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها می‌توانند خروجی محور[1] و ورودی محور[2] باشند. سطح پوششی مدل‌های ورودی محور و خروجی محور می‌تواند بازده ثابت نسبت به مقیاس و یا بازده متغیر نسبت به مقیاس را نشان دهد. تحت شرایط بازده ثابت به مقیاس شکل سطح پوششی که مرز تولید را ساخته است، یک جدار مخروطی شکل را داراست؛ در حالی‌که تحت فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس، این مرز جداری محدب است. روش DEA از نسبت خروجی موزون به ورودی موزون استفاده کرده و در صدد بیشینه کردن این نسبت است. در ادامه، مدل CCR (که در آن بازده ثابت نسبت به مقیاس فرض می‌شود) و BCC (که در آن بازده متغیر نسبت به مقیاس فرض می‌شود) آورده شده است. این مسایل از نوع مسایل برنامه‌ریزی خطی بوده که با تغییر متغیری از یک مدل کسری به دست آمده‌اند تا با الگوریتم سیمپلکس حل شده و جواب نهایی برای آن بهینه‌ی سراسری باشد.

۳-۱ مدل CCR خروجی محور

در مدل CCR که در ادامه تحت عنوان مدل (۱) ارایه شده است، فرض بر این است که بازده‌هی نسبت به مقیاس برای کلیه بنگاه‌ها ثابت است. بازده‌ی ثابت نسبت به مقیاس یعنی این‌که، تمامی صنایع در مقیاس بهینه تولید کرده و اندازه‌ی سازمان اثری بر روی کارایی آن ندارد.

$$
\begin{aligned}
&Max \ \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} \\
&s.t. \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1, \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0, \qquad \forall j = 1,\dots,n,
\end{aligned}
\tag{1}
$$

[1] Output-Oriented
[2] Input-oriented

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

$$u_r, v_i \geq ۰, \qquad \forall\, r = ۱,...,s\ , \quad \forall\, i = ۱,...,m\ .$$

در مدل(۱)، $i = \{۱,۲,۳,....,m\}$ و $r = \{۱,۲,۳,....,s\}$ به ترتیب نشانگر تعداد ورودی‌های وخروجی‌های هر صنعت و $j = \{۱,۲,۳,....,n\}$ نشانگر تعداد واحدهای تصمیم گیری هستند. پارامترهای y_{rj} و x_{ij} به ترتیب میزان ورودی‌ها و خروجی‌ها را نشان می‌دهد. u_r و v_i نیز به ترتیب متغیرهای تصمیم مربوط به وزن ورودی‌ها و خروجی‌ها را بیان می کند.

۲-۳ مدل BCC خروجی محور

مدل (۲) که با توجه به تعریف شاخص‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری انجام شده برای مدل (۱) در ذیل بیان گردیده است، مدل خروجی محور(BCC) و مضربی نامیده می‌شود. مقدار W در حالت دستیابی به جواب بهینه، نوع بازده به مقیاس[1] مدل را نشان می‌دهد. یعنی اگر W مثبت شود، بازده به مقیاس افزاینده و اگر منفی باشد، بازده به مقیاس کاهنده و اگر صفر شود، بازده به مقیاس ثابت است.

$$\begin{aligned} &Max \ \sum_{r=۱}^{s} u_r y_{r۰} + W \\ &s.t. \\ &\sum_{i=۱}^{m} v_i x_{i۰} = ۱, \qquad (۲) \\ &\sum_{r=۱}^{s} u_r y_{rj} + W - \sum_{i=۱}^{m} v_i x_{ij} \leq ۰, \qquad \forall\, j = ۱,...,n, \\ &u_r, v_i, W \geq ۰, \qquad \forall\, r = ۱,...,s\ , \quad \forall\, i = ۱,...,m\ . \end{aligned}$$

فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، هنگامی که بنگاه ها در مقیاس بهینه عمل کنند به کار می‌رود؛ اما این فرض بسیاری از مواقع در تحلیل‌ها رد می‌شود، چرا که همواره اندازه سازمان‌ها، شرایط رقابت و فضای بنگاه‌ها باعث به وجود آمدن فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس می‌شود.

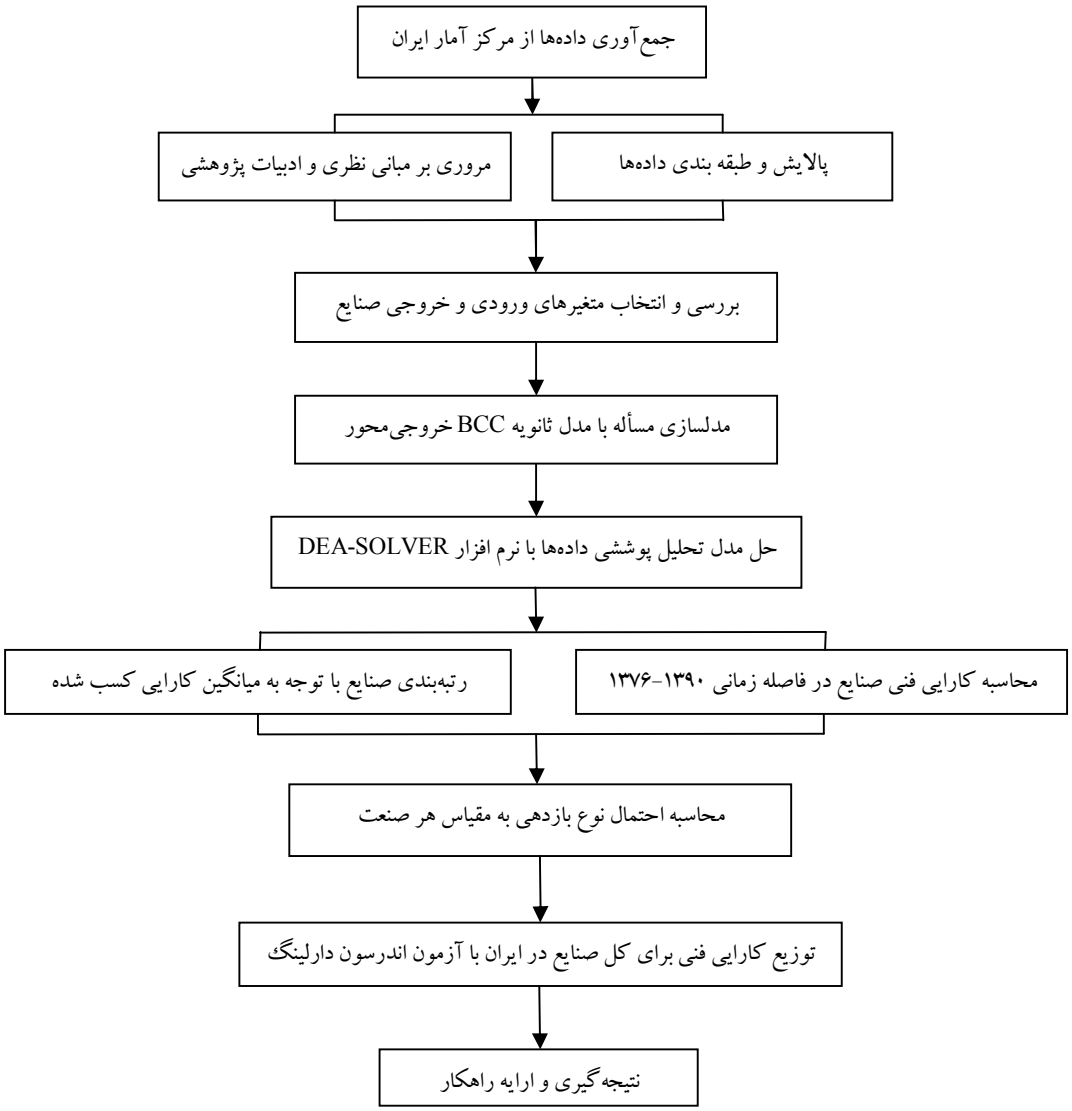
فرض اساسی که در این مطالعه برای اندازه‌گیری کارایی فنی صنایع دارای کد دو رقمی ISIC به روش DEA مدّ نظر قرار گرفته است این می‌باشد که فضای کلان اقتصادی حاکم بر بخش صنایع کشور از همگنی کافی برخوردار است. با توجه به یکنواختی حاکمیت سیاست‌های اقتصادی و صنعتی یکسان در سطح کشور، در نظر گرفتن این فرض از اعتبار نتایج حاصل نمی‌کاهد. برای اندازه‌گیری کارایی صنایع و برای حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها، در این پژوهش از مدل ثانویه[2] BCC خروجی‌محور استفاده شده است. دلیل استفاده از رویکرد جهت‌گیری خروجی‌محور، این است که با توجه به نظام اقتصادی کشور و قوانین حاکم در بخش صنعت، عدم انعطاف‌پذیری در تزریق نهاده‌های تولیدی یعنی سرمایه، نیروی کار و انرژی وجود دارد و در صورت نیاز به

[1] Return to Scale
[2] Dual

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

تعدیل سرمایه، نمی‌توان بلافاصله این تعدیل را انجام داد. همچنین، به خاطر قراردادهای کارگری و چسبندگی دستمزدها اخراج و تعدیل نیروی کار با مشکلاتی مواجه است. علاوه بر این، دلیل استفاده از مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس این است که، همواره اندازه سازمان‌ها، شرایط رقابت و فضای بنگاه‌ها باعث به وجود آمدن فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس می‌شود. در ادامه، برای آشنایی بیش‌تر با نحوه اجرای این تحقیق، مراحل انجام تحقیق در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱. مراحل انجام تحقیق

در این تحقیق متغیرهای ورودی یا همان نهاده‌های صنایع به شرح زیر می‌باشند:

۱. نیروی کار: در شمارش نیروی کار، هیچ تمایزی بین نیروی کار از لحاظ تخصص و سواد تحصیلی وجود ندارد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

۲. سرمایه‌گذاری: این متغیر را نیز از مجموع کل سرمایه گذاری‌های انجام شده بر حسب میلیون ریال برای هر صنعت به دست آمده است.

۳. انرژی: میزان مصرف انرژی از مجموع کلیه هزینه‌های مرتبط با سوخت و برق بر حسب میلیون ریال برای هر صنعت به دست آمده است.

متغیر خروجی مساله نیز ارزش افزوده است که از اختلاف ارزش ستانده‌های هر صنعت و ارزش داده‌های آن بر حسب میلیون ریال محاسبه شده است.

٤ تجزیه و تحلیل نتایج

همان‌طور که در بخش قبلی بیان شد، در این پژوهش برای حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها از مدل ثانویه BCC خروجی‌محور استفاده شده است که مدل آن به صورت زیر است:

$$Min \quad Z = \theta$$

s.t.

$$\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j u_{rj} \geq u_{r0}, && \forall r = 1,\ldots,s, \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j v_{ij} \leq \theta \times v_{r0}, && \forall i = 1,\ldots,m, \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1, && \\
&\theta, \lambda_j \geq 0, && \forall j = 1,\ldots,n.
\end{aligned} \qquad (۳)$$

برای حل مدل (۳) از نرم افزار DEA-SOLVER با استفاده از زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک تحت اکسل[1] استفاده شده است. نتایج حاصل از محاسبه کارایی فنی صنایع بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از مرکز آمار ایران در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول ۱. نتایج کارایی فنی محاسبه‌شده صنایع در فاصله زمانی ۱۳۹۰-۱۳۷۶

گروه صنعتی	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
۱۵	۱	۰/۴۷	۰/۷	۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۶۲	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۶۴
۱۶	۱	۰/۷۵	۱	۰/۷۲	۰/۸۱	۱	۱	۰/۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۸۱
۱۷	۰/۷۴	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۳	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۳۲
۱۸	۰/۳۴	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۷۹	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۹	۱	۰/۵۵	۰/۷	۰/۶۸
۱۹	۰/۷	۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۴	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۴۴	۰/۶	۰/۵۹
۲۰	۰/۴۷	/۲۰۳	۰/۲	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۵۹	۰/۳	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۴	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۸
۲۱	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۳۹	۰/۲	۰/۴۸	۰/۶۵	۰/۴۲	۰/۶۱	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۴۱	۰/۵۲

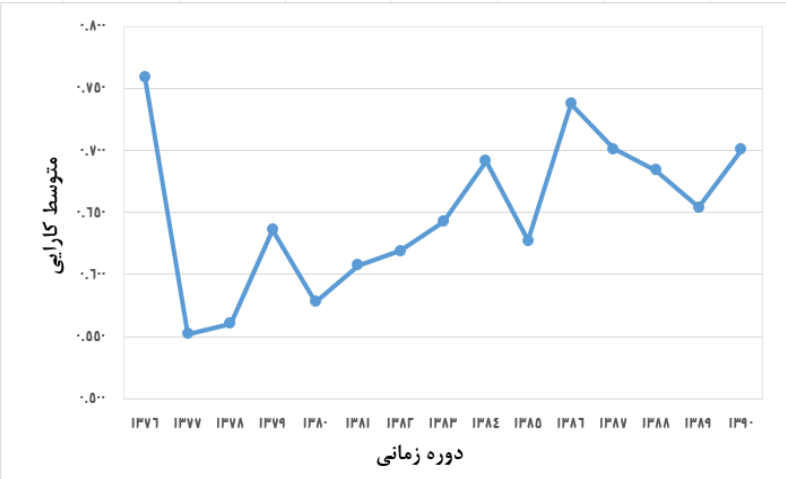
[1] Visual Basic Application

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

گروه صنعتی	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
۲۲	۰/۶۵	۰/۴۵	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۳۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲۴	۱	۰/۵۳	۰/۸۲	۱	۱	۱	۰/۹۱	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۲۷	۰/۴	۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۴۶
۲۵	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۶	۰/۶۹	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۵۹	۰/۵۱
۲۶	۰/۷۵	۰/۳۸	۰/۶۱	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۶۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۸۱	۰/۷۷	۱
۲۷	۱	۰/۵۲	۰/۷۳	۱	۰/۶۷	۱	۰/۸۹	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۹۱	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۶۳
۲۸	۱	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۶	۰/۶	۰/۴۸	۰/۹۶	۰/۶	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۷۲
۲۹	۰/۸۲	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۸۳	۱	۱	۱	۱	۰/۶۹	۱	۰/۸۵
۳۰	۰/۹۳	۰/۶۵	۰/۹۶	۱	۱	۰/۲۲	۱	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۴	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۸
۳۱	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۳	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۵۸	۱	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۶	۰/۹۵
۳۲	۱	۰/۷۵	۰/۹۶	۱	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۸۶	۱	۱	۰/۷۹	۱	۱	۰/۹	۰/۶۵	۰/۸۸
۳۳	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۴۵	۰/۳	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۹۵	۰/۷۹	۰/۶۴	۰/۷۸
۳۴	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۷۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۳۵	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۴۱	۰/۶۱	۰/۴۶	۱	۱	۱	۱	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۶۹	۰/۹۶	۰/۶۳	۰/۶۸
۳۶	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۵	۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۵۴
۳۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
میانگین	۰/۷۶۰	۰/۵۵۲	۰/۵۶۰	۰/۶۳۶	۰/۵۷۸	۰/۶۰۷	۰/۶۱۹	۰/۶۴۳	۰/۶۹۲	۰/۶۲۷	۰/۷۳۸	۰/۷۰۱	۰/۶۸۴	۰/۶۵۴	۰/۷۰۱

اطلاعات جدول (۱) نشان دهنده میزان کارایی فنی هر یک از صنایع بر اساس کدهای دو رقمی می‌باشد که در طول سال‌های ۱۳۷۶ الی ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است. روند متوسط کارایی فنی صنایع ایران در شکل (۲) در این بازه زمانی نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که بیش‌ترین میزان متوسط کارایی صنایع ایران مربوط به سال ۱۳۷۶ بوده است که این مقدار در سال ۱۳۷۷ با سقوط ۲۸ درصدی به عدد ۰/۵۵۲ رسیده است. همچنین پس از گذر از سال ۱۳۷۷، روند کلی نمودار متوسط کارایی صنایع به صورت صعودی بوده و در نهایت در سال ۱۳۹۰، صنایع ایران به مقدار متوسط کارایی ۰/۷۰۱ دست یافته‌اند.



شکل ۲. روند تغییرات متوسط کارایی فنی صنایع در دوره زمانی مورد بررسی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

٤-١ تجزیه و تحلیل آماری میانگین کارایی

در این بخش، تحلیل میانگین متغیر کارایی با نرم‌افزار آماری SPSS انجام شده و برای هر سال میانگین کارایی، انحراف معیار و چولگی محاسبه شده است. از خروجی این آزمون برای انجام آزمون برابری واریانس کارایی در دو سال مختلف استفاده خواهد شد.

جدول ۲. تحلیل میانگین برای توزیع کارایی

سال	میانگین	انحراف معیار	کم‌ترین مقدار	بیش‌ترین مقدار	کشیدگی	چولگی
۱۳۷۶	۰/۷۶۰	۰/۲۳۹	۰/۳۴	۱	−۱/۴۱۲	−۰/۳۶۷
۱۳۷۷	۰/۵۵۲	۰/۲۳۱	۰/۲	۱	−۰/۱۲۵	۰/۶۹۵
۱۳۷۸	۰/۵۶۰	۰/۳۰۸	۰/۱۳	۱	−۱/۵۰۶	۰/۳۸۶
۱۳۷۹	۰/۶۳۶	۰/۲۷۳	۰/۲۳	۱	−۱/۳۷۴	۰/۳۱۲
۱۳۸۰	۰/۵۷۸	۰/۲۷۱	۰/۱۹	۱	−۰/۹۹۷	۰/۴۹۷
۱۳۸۱	۰/۶۰۷	۰/۲۷۱	۰/۲۲	۱	−۱/۲۰۳	۰/۴۲۱
۱۳۸۲	۰/۶۱۹	۰/۲۹۹	۰/۲	۱	−۱/۷۰۲	۰/۲۱۱
۱۳۸۳	۰/۶۴۳	۰/۲۸۳	۰/۲۱	۱	−۱/۴۲۵	۰/۱۲۵
۱۳۸۴	۰/۶۹۲	۰/۲۸۴	۰/۲۴	۱	−۱/۴۹۱	−۰/۱۵۵
۱۳۸۵	۰/۶۲۷	۰/۲۸۹	۰/۲۱	۱	−۱/۴۹۴	۰/۱۶۳
۱۳۸۶	۰/۷۳۸	۰/۲۷۱	۰/۳	۱	−۱/۵۲۹	−۰/۳۷۰
۱۳۸۷	۰/۷۰۱	۰/۲۸۳	۰/۲۸	۱	−۱/۸۰۱	−۰/۰۸۵
۱۳۸۸	۰/۶۸۴	۰/۲۵۴	۰/۳۱	۱	−۱/۵۶۶	−۰/۰۶۱
۱۳۸۹	۰/۶۵۴	۰/۲۶۰	۰/۲۸	۱	−۱/۲۹۷	۰/۰۹۸
۱۳۹۰	۰/۷۰۱	۰/۲۳۹	۰/۲۸	۱	−۰/۹۶۷	−۰/۲۸۱
کل	۰/۶۵۰	۰/۲۷۲	۰/۱۳	۱	−۱/۴۲۸	۰/۰۷۵

با توجه به جدول (۲) مشخص می‌شود که میانگین کارایی صنایع ایران در سال ۱۳۷۸ در بالاترین مقدار خود قرار گرفته است و در سوی مقابل، صنایع ایران در سال ۱۳۷۷ دارای کم‌ترین مقدار میانگین کارایی بوده‌اند. همچنین با توجه به ستون انحراف معیار مشاهده می‌شود که گروه‌های صنعتی در سال ۱۳۷۸ دارای بیش‌ترین میزان انحراف معیار یعنی ۰/۳۰۸ بوده‌اند که این امر نشانگر این است که پراکندگی کارایی گروه‌های صنعتی در سال ۱۳۷۸ نسبت به مقدار میانگین سالیانه، در مقایسه با سایر سال‌ها بیش‌تر بوده است. به بیان دیگر در سال ۱۳۷۸، عملکرد بهترین و بدترین گروه‌های صنعتی از اختلاف چشم گیری نسبت به سایر سال‌ها برخوردار بوده است. علاوه بر این، کم‌ترین میزان کارایی در بازه زمانی ۱۵ ساله مورد بررسی متعلق به گروه صنعتی تولید کاغذ و محصولات کاغذی با میزان ۰/۱۳ است. همچنین، برای بررسی نرمال بودن مقادیر کارایی به دست آمده می‌توان از پارامترهای کشیدگی و چولگی ارایه شده در جدول (۲) استفاده نمود. از آنجایی که هر دو پارامتر مذکور به توزیع نرمال نزدیک هستند، نشانگر این موضوع هستند که توزیع داده‌ها نرمال است؛ زیرا مقادیر کشیدگی و چولگی در بازه ۲ و ۲- قرار گرفته‌اند. به بیان دیگر، با توجه به ستون آخر جدول (۲)، چولگی برای کارایی در اکثر سال‌ها نزدیک

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

به صفر و یا عدد مثبت یا عدد منفی کوچکی است که نشان دهنده‌ی تقارن برای تابع توزیع کارایی در طول سال‌های مختلف است. در ادامه برای شناسایی سال‌هایی که دارای تفاوت معنادار در میزان انحراف معیار کارایی با دیگر سال‌ها هستند، انحراف معیار کارایی در طول سال‌های مورد بررسی به صورت دو به دو مقایسه می‌شود. برای مثال، اگر فرض برابری واریانس کارایی برای سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ مورد آزمون قرار گیرد، فرض صفر عبارت است از برابری انحراف معیار کارایی در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ و فرض یک نیز نابرابری این دو مقدار است. با توجه به این که توزیع کارایی فنی بخش صنعت برای هر سال از توزیع نرمال پیروی می‌کند، پس می‌توان برای انجام آزمون مذکور از آزمون F استفاده می‌شود و اگر آماره F در بازه‌ی $\left[F_{./۰۲۵,۲۲,۲۲}, F_{./۹۷۵,۲۲,۲۲}\right]$ باشد، فرض صفر پذیرفته می‌شود. برای این آزمون، اگر فرض صفر درست باشد، آماره‌ی آزمون از توزیع F با درجه‌ی آزادی ۲۲ و ۲۲ پیروی می‌کند (تعداد مشاهدات هر سال ۲۳ و درجه‌ی آزادی ۲۲ است) ؛ یعنی آماره‌ی آزمون برابر است با $\left(S_۱ / S_۲\right)^{\wedge}۲$. $S_۱$ و $S_۲$ مقدار انحراف معیار متغیر کارایی در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ می‌باشند. در این مساله، مقدار F برابر با ۱/۰۷ است و چون در ناحیه‌ی پذیرش فرض صفر یعنی [۲/۳۵ , ۰/۴۲] قرار دارد، فرض صفر پذیرفته می‌شود.

در مثالی دیگر، اگر فرض برابری واریانس کارایی برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ مورد آزمون قرار گیرد، مقدار F برابر با ۱/۱۸ است و چون در بازه [۲/۳۵ , ۰/۴۲] قرار دارد، فرض صفر یعنی همسانی واریانس کارایی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ پذیرفته می‌شود. سایر آزمون‌ها نیز به همین منوال انجام شده و نتایج آن در جدول (۳) ارایه شده است.

جدول ۳. مقایسات زوجی برابری میانگین کارایی در بازه ۱۵ ساله

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
۱۳۷۶	۱/۰۷	۰/۶۰	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۶۴	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۸۹	۰/۸۵	۱
۱۳۷۷		۰/۵۶	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۹۳
۱۳۷۸			۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۰۶	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۱۳	۱/۲۹	۱/۱۹	۱/۴۷	۱/۴۰	۱/۶۶
۱۳۷۹				۱/۰۱	۱/۰۱	۰/۸۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۸۹	۱/۰۲	۰/۹۳	۱/۱۶	۱/۱۰	۱/۳۰
۱۳۸۰					۱	۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۸۸	۱	۰/۹۲	۱/۱۴	۱/۰۹	۱/۲۹
۱۳۸۱						۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۸	۱	۰/۹۲	۱/۱۴	۱/۰۹	۱/۲۹
۱۳۸۲							۱/۱۲	۱/۱۱	۱/۰۷	۱/۲۲	۱/۱۲	۱/۳۹	۱/۳۲	۱/۵۷
۱۳۸۳								۰/۹۹	۰/۹۶	۱/۰۹	۱	۱/۲۴	۱/۱۹	۱/۴۰
۱۳۸۴									۰/۹۶	۱/۱۰	۱/۰۱	۱/۲۵	۱/۱۹	۱/۴۱
۱۳۸۵										۱/۱۴	۱/۰۵	۱/۳۰	۱/۲۴	۱/۴۶
۱۳۸۶											۰/۹۲	۱/۱۴	۱/۰۹	۱/۲۹
۱۳۸۷												۱/۲۴	۱/۱۹	۱/۴۰
۱۳۸۸													۰/۹۶	۱/۱۳
۱۳۸۹														۱/۱۸

با توجه به جدول (۳) به علت این که تمامی اعداد در ناحیه‌ی پذیرش فرض صفر قرار دارند، فرض برابری واریانس کارایی در طول همه‌ی سال‌ها پذیرفته می‌شود. نتایج این آزمون به این معناست که با وجود بازه‌ی ۱۵

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

سال مطالعه که حاوی برنامه‌های دوم تا پنجم توسعه بوده و برنامه‌ریزی‌های متفاوتی در بخش صنعت صورت گرفته است اما در هیچ کدام از سال‌ها تغییری مبنی بر کاهش یا افزایش این متغیر یعنی انحراف معیار کارایی صنایع رخ نداده است. همچنین در طی سال‌های پژوهش، انحراف معیار کارایی مقدار ۰/۲۷۲ می‌باشد که بین سال‌های مختلف برابر بوده و این نشانگر یکنواختی سیاست‌ها می‌باشد.

٤-۲ رتبه‌بندی صنایع با توجه به میانگین کارایی کسب شده با استفاده از روش DEA

در این بخش، صنایع با استفاده از میانگین کارایی کسب شده طی ۱۵ سال در جدول (۴) رتبه‌بندی شده است.

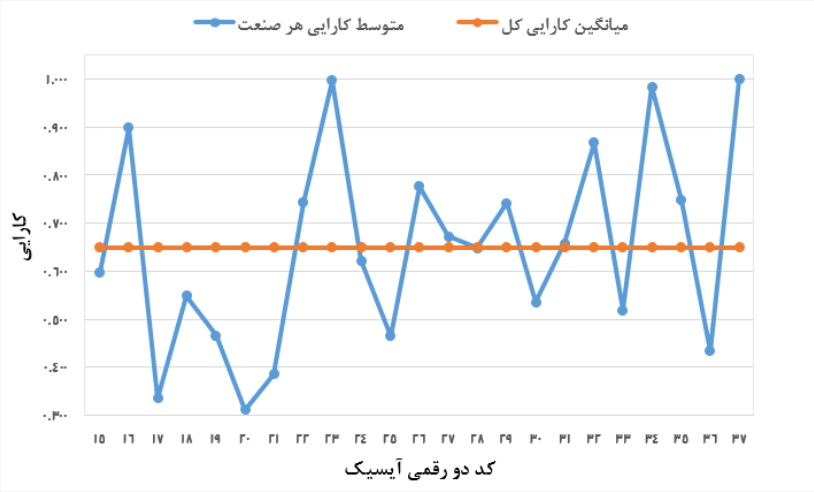
جدول ٤. رتبه‌بندی صنایع با توجه به میانگین کارایی فنی محاسبه شده به وسیله روش **DEA**

رتبه	کد ISIC صنعت	صنعت مورد بررسی	میانگین کارایی
۱	۳۷	بازیافت	۱
۲	۲۳	صنایع تولید زغال کک ـ پالایشگاه‌های نفت و سوخت‌های هسته‌ای	۱
۳	۳۴	تولید وسایل نقلیه‌ی موتوری و تریلر و نیم تریلر	۰/۹۸۴
۴	۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو ـ سیگار	۰/۸۹۹
۵	۳۲	تولید رادیو و تلویزیون و دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی	۰/۸۶۷
۶	۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۷۷۷
۷	۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل	۰/۷۴۸
۸	۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	۰/۷۴۳
۹	۲۹	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰/۷۴۱
۱۰	۲۷	تولید فلزات اساسی	۰/۶۷۲
۱۱	۳۱	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و دستگاه‌های برقی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰/۶۵۷
۱۲	۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات	۰/۶۴۸
۱۳	۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۰/۶۲۲
۱۴	۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۰/۵۹۸
۱۵	۱۸	تولید پوشاک ـ عمل‌آوردن و رنگ کردن پوست خزدار	۰/۵۴۹
۱۶	۳۰	تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	۰/۵۳۵
۱۷	۳۳	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ابزار دقیق و ساعت‌های مچی و انواع دیگر	۰/۵۱۹
۱۸	۱۹	دباغی و عمل‌آوردن چرم و ساخت کیف و چمدان و زین و یراق و تولید کفش	۰/۴۶۷
۱۹	۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۰/۴۶۵
۲۰	۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰/۴۳۳
۲۱	۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۰/۳۸۶
۲۲	۱۷	تولید منسوجات	۰/۳۳۵
۲۳	۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی و چوب پنبه ـ غیر از مبلمان ـ ساخت کالا از نی و مواد حصیری	۰/۳۱۱
		میانگین	۰/۶۵۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

جدول (۴)، نشان دهنده رتبه‌بندی صنایع با استفاده از مقادیر کارایی به‌دست‌آمده از روش BCC خروجی‌محور است، که در این تحلیل، «صنایع تولید زغال و کک» و «صنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر» دارای سهم بیشتری از ارزش افزوده هستند و به عبارتی بزرگ مقیاس محسوب می‌شوند. در رتبه‌بندی مربوطه، صنایع مذکور بین ۲۳ کد صنعتی در جایگاه های برتر قرار دارند. به بیان دیگر، صنایع فوق از مزیت‌های نسبی و همچنین بیشترین ظرفیت سرمایه‌گذاری، قدرت تولید و ایجاد ارزش افزوده در مقایسه با دیگر صنایع برخوردار بوده‌اند. از طرف دیگر، صنعت «بازیافت» نیز که جزو صنایع کوچک‌مقیاس بوده است، با میانگین کارایی یک در رتبه اول قرار گرفته است. با استفاده از خروجی جدول (۴)، صنایع ناکارا برای رسیدن به کارایی بیش‌تر می‌توانند از سیاست‌های مدیریتی و تخصیص منابع صنایع کارا استفاده نمایند. همچنین، میانگین کارایی برای تمامی صنایع ایران، مقدار ۰/۶۵ بوده است که مقدار پایینی محسوب شده و از ۲۳ کد صنعتی مذکور، ۱۱ مورد از آن‌ها بالاتر از میانگین و ۱۲ مورد در زیر میانگین کارایی قرار دارند. انحراف متوسط میانگین کارایی فنی هر یک از صنایع در مقایسه با متوسط کارایی در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳. انحراف متوسط کارایی فنی صنایع نسبت به میانگین کل

حال، پس از محاسبه‌ی کارایی و تعیین نوع بازده به مقیاس هر صنعت در هر سال، احتمال نوع بازده به مقیاس هر صنعت به طور متوسط در طول ۱۵ سال در جدول (۵) مشخص شده است. در جدول (۵)، سلول‌های تیره‌رنگ بیش‌ترین احتمال این که یک صنعت، تمایل بیش‌تر به کدام نوع از بازده به مقیاس را دارد، نشان می‌دهند. با توجه به جدول (۵)، برای «صنایع مواد غذایی و آشامیدنی» عدد ۰/۶۷ در ستون دوم تیره شده است و این به معنای آن است که از ۱۵ سال مورد مطالعه، در ۶۷ درصد از سال‌ها نوع بازده به مقیاس این صنعت، کاهشی و در ۳۳ درصد ثابت بوده است. به طور آماری می‌توان گفت که، این صنعت دارای نوع بازده به مقیاس کاهشی است. نوع بازده به مقیاس می‌تواند در نوع سیاست‌گذاری‌های آتی مهم باشد؛ زیرا اگر یک صنعت دارای بازده به مقیاس کاهشی باشد، تزریق نهاده‌ها برای تولید باعث افزایش کارایی نمی‌شود.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

جدول ۵. رتبه‌بندی صنایع با توجه به میانگین کارایی فنی به روش **DEA**

صنعت مورد بررسی	بازده به مقیاس کاهشی	بازده به مقیاس ثابت	بازده به مقیاس افزایشی	نوع بازده به مقیاس
صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۰/۶۷	۰/۳۳	۰	کاهشی
تولید محصولات از توتون- سیگار	۰/۰۷	۰/۸۷	۰/۰۷	ثابت
تولید منسوجات	۰/۵۳	۰/۳۳	۰/۱۳	کاهشی
تولید پوشاک- عمل‌آوردن و رنگ	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۴۰	ثابت- افزایشی
دباغی و عمل‌آوردن چرم	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۳۳	ثابت
تولید چوب و محصولات چوبی	۰/۲	۰/۴۰	۰/۴۰	ثابت- افزایشی
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۰/۲۷	۰/۴۰	۰/۳۳	ثابت
انتشار و چاپ و تکثیر	۰/۱۳	۰/۴۷	۰/۴۰	ثابت
صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاه‌های نفت	۰/۰۷	۰/۹۳	۰	ثابت
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۰/۷۳	۰/۲۷	۰	کاهشی
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۲۷	ثابت
تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۶۷	۰/۳۳	۰	کاهشی
تولید فلزات اساسی	۰/۷۳	۰/۲۷	۰	کاهشی
تولید سایر محصولات فلزی فابریکی	۰/۳۳	۰/۶۰	۰/۰۷	ثابت
تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۱۳	ثابت
تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	۰/۰۶	۰/۴۷	۰/۴۷	ثابت- افزایشی
تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق	۰/۳۳	۰/۴۷	۰/۲	ثابت
تولید رادیو و تلویزیون و دستگاه‌ها	۰/۲۰	۰/۴۷	۰/۳۳	ثابت
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی	۰/۲۰	۰/۴۷	۰/۳۳	ثابت
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	۰/۲۰	۰/۸۰	۰	ثابت
تولید سایر وسایل حمل و نقل	۰/۲۰	۰/۵۳	۰/۲۷	ثابت
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی‌نشده	۰/۲۷	۰/۴۰	۰/۳۳	ثابت
بازیافت	۰	۰/۲۷	۰/۷۳	افزایشی

همچنین، «صنعت بازیافت» از ۱۵ سالی که برای آن نوع بازده به مقیاس مشخص شده است، در یازده سال بازده به مقیاس افزایشی دارد و این بدان معناست که این صنعت در ۷۳ درصد از سال‌ها دارای بازده به مقیاس افزایشی است و در تصمیم‌گیری‌های آتی در تخصیص منابع، این صنعت به عنوان یک صنعت با بازده به مقیاس افزایشی تلقی می‌شود. «صنعت توتون و تنباکو» در ۸۶ درصد از سال‌ها دارای بازده به مقیاس ثابت است و این یعنی در صورت افزایش نهاده‌ها، شاهد افزایش در میزان خروجی‌ها به همین اندازه بوده و کارایی در همان سطح ۰/۸۹۹ که در جدول (۴) به دست آمده است باقی می‌ماند. تفسیر سایر صنایع نیز به همین منوال قابل انجام است. نتایج حاصل از این بخش، به طور خلاصه نشان می‌دهد که به جز صنایع «تولید پوشاک»، «چوب و محصولات چوبی»، «ماشین‌آلات اداری و حسابگر» و «بازیافت»، دیگر صنایع کشور دارای بازده به مقیاس ثابت و کاهشی‌هستند. در

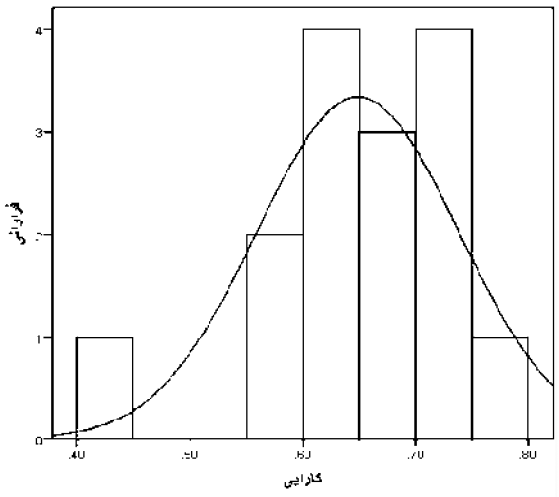
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

صنایعی که بازده به مقیاس کاهشی و ثابت است، تمرکز بر روی افزایش نهاده‌های تولید نمی‌تواند باعث افزایش کارایی شود.

٤-۳ تعیین توزیع کارایی کل صنایع در ایران

در این بخش، توزیع کارایی فنی برای کل صنایع در ایران به دست آورده شده است. برای این امر، از میانگین کارایی کل صنایع در طول سال‌های ۱۳۷۶ الی ۱۳۹۰ (ارایه شده در جدول ۱) استفاده نموده و به دلیل این که تعداد مشاهدات ۱۵ سال است، با آزمون اندرسون دارلینگ می‌توان به نتایج قابل اعتمادی دست یافت.



شکل ٤. نمودار هیستوگرام توزیع کارایی کل بخش صنعت در ایران

پس از ترسیم هیستوگرام کارایی کل برای صنایع ایران مطابق شکل(۴)، آزمون آماری اندرسون دارلینگ تابع برای تخمین توزیع کارایی اجرا شده و نتایج آن در جدول (۶) بیان شده است.

جدول ٦. نتایج آزمون اندرسون دارلینگ برای تخمین توزیع کارایی کل در ایران

آماره	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	آماره‌ی آزمون	پی ولیو[1]
کارایی کل	۱۵	۰/۶۵	۰/۹	۰/۵۰۱۷	۰/۹۶۲۹

باتوجه به مقدار پی ولیو این آزمون می‌توان نتیجه گرفت که توزیع کارایی فنی برای بخش صنعت کشور از توزیع نرمال با پارامترهای میانگین و انحراف معیار به ترتیب ۰/۶۵ و ۰/۹ پیروی می‌کند.

[1] P-value

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

٤-٤ بررسی همبستگی میان نهاده‌های تولید و ارزش افزوده

ضریب همبستگی شاخصی است که میزان رابطه بین متغیرها را نشان می‌دهد. در واقع، همبستگی بین دو متغیر نشان دهنده این است که افزایش یا کاهش یک متغیر چه تأثیری بر افزایش یا کاهش متغیر دیگر دارد. در این میان، ضریب همبستگی پیرسون روشی پارامتری است که برای بررسی همبستگی داده‌هایی با توزیع نرمال یا تعداد داده‌های زیاد استفاده می‌شود. ضریب همبستگی پیرسون دو متغیر کمی تصادفی یا ρ_{xy} برابر با نسبت کوواریانس دو متغیر بر انحراف معیار آن‌ها ($\rho_{xy} = \frac{\mathrm{cov}(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$) تعریف می‌شود. ضریب همبستگی پیرسون بین ۱ و ۱- تغییر می‌کند. به نحوی که اگر $\rho_{xy} = ۱$ باشد بیانگر رابطه‌ی کامل و مستقیم بین دو متغیر است. رابطه‌ی مستقیم به این معناست که اگر یکی از متغیرها افزایش (کاهش) یابد، دیگری نیز افزایش (کاهش) می‌یابد. همچنین اگر $\rho_{xy} = -۱$ باشد، همبستگی دو متغیر کامل و معکوس است. رابطه‌ی معکوس نیز به این معناست که اگر یکی از متغیرها افزایش (کاهش) یابد، دیگری نیز کاهش (افزایش) می‌یابد. $\rho_{xy} = ۰$ نیز نشان می‌دهد که دو متغیر ناهمبسته هستند. در صورتی که $۰ < \rho_{xy} < ۱$ و $-۱ < \rho_{xy} < ۰$ باشد به ترتیب نشانگر همبستگی ناقص و مستقیم دو متغیر و همبستگی ناقص و معکوس دو متغیر است.

در ادامه، همبستگی میان نهاده‌های تولید یا ورودی‌های روش DEA و ارزش افزوده یعنی خروجی مدل مذکور مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در جدول (۷) ارایه شده است. با توجه به جدول (۷) مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی میان نیروی کار و ارزش افزوده برابر با ۰/۹۰ است. همچنین ضریب همبستگی میان سرمایه‌گذاری و ارزش افزوده برابر با ۰/۷۱ و برای میزان مصرف انرژی و ارزش افزوده برابر با ۰/۴۲ است. هر سه ضریب مذکور نشانگر این موضوع هستند که میان نهاده‌های تولید و ارزش افزوده همبستگی ناقص و مستقیم وجود دارد. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در بازه زمانی مذکور، نیروی کار دارای بیش‌ترین اثرگذاری بر میزان خروجی صنعت ایران بوده و این موضوع نشان می‌دهد که صنایع ایران کاربرند و باید این نکته در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با تخصیص منابع مد نظر واقع شود. همچنین با توجه به جدول (۷) مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی میان سرمایه‌گذاری و انرژی برابر با ۰/۰۳- بوده و نشانگر آن است که همبستگی میان این دو متغیر ناقص و معکوس است.

جدول ۷. نتایج بررسی همبستگی میان نهاده‌های تولید و ارزش افزوده

نوع متغیر	نام متغیر	نیروی کار	سرمایه‌گذاری	انرژی	ارزش افزوده
	نیروی کار	۱	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۹۰
ورودی	سرمایه گذاری	۰/۴۹	۱	-۰/۰۳	۰/۷۱
	انرژی	۰/۵۵	-۰/۰۳	۱	۰/۴۲
خروجی	ارزش افزوده	۰/۹۰	۰/۷۱	۰/۴۲	۱

در توضیح این رابطه می‌توان به رابطه‌ی جانشینی بین دو نهاده انرژی و سرمایه‌گذاری اشاره نمود. به نحوی که در سال‌هایی که قیمت انرژی ارزان بوده است، از انرژی به عنوان جایگزین برای نهاده‌ی سرمایه استفاده شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

همچنین، بهره‌وری انرژی به علت تخصیص هزینه‌های بیشتر نسبت به قبل کاهش یافته است؛ اما بهره‌وری سرمایه‌گذاری به علت کم‌تر شدن هزینه‌ی تخصیصی به آن به دلیل جبران هزینه‌های انرژی رشد کرده است.

۵ نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادها

هدف این تحقیق، اندازه‌گیری و بررسی کارایی صنایع ایران بر اساس کدهای دو رقمی آیسیک و برای کارگاه‌های بیش‌تر از ده کارکن در بازه زمانی ۱۵ ساله از سال ۱۳۷۶ الی ۱۳۹۰ بوده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که متوسط کارایی در هر سال برای کل صنایع، پایین بوده و دارای نوسانات زیادی در طول ادوار مورد بررسی است. میانگین کارایی فنی بخش صنعت در بازه‌ی مورد بررسی برابر با ۰/۶۵ است که از ۲۳ کد مذکور صنعتی، ۱۱ مورد از آن‌ها بالاتر از این میانگین قرار دارند. در نتیجه، صنایع ناکارا می‌توانند با الگوگیری از صنایع کارا، سیاست‌های خود را همسو با این صنایع قرار دهند. برای مثال، در این پژوهش صنایع بازیافت جزو صنایعی کوچک مقیاس بوده که دارای کارایی ۱ در طول ۱۵ سال بوده و می‌توان از آن به عنوان صنعتی کارا برای الگوبرداری صنایع کوچک مقیاس و متوسط ناکارا استفاده نمود. در واقع، امتیاز پایین کارایی، لزوم اهتمام مدیران واحدهای صنعتی و دولتی را جهت تدوین و اجرای سیاست‌های ارتقای کارایی و بهره‌وری نشان می‌دهد. مدیران صنعتی باید نیازهای بازار را شناخته و با سرمایه‌گذاری در زمینه آموزش نیروی انسانی و شیوه‌های نوین مدیریتی، محصولات قابل قبولی را روانه بازار سازند. همچنین، بهره‌وری پایین صنایع، لزوم اصلاح قوانین و مقررات جهت حمایت از تولیدکننده و برنامه‌ریزی راهبردی جهت کاهش دوره اتمام طرح‌های صنعتی را نمایانگر کرده است. علاوه بر این، بهسازی مصرف انرژی و ارتقای سطح کیفی مصرف در صنایع با توجه به مشخص بودن میزان انرژی لازم برای تولید محصول در طراحی و استفاده از روش‌های ممیزی انرژی، افزایش کارایی را به دنبال خواهد داشت.

همچنین در این تحقیق، نوع بازده به مقیاس صنایع از لحاظ آماری و با با توجه به دوره ۱۵ ساله محاسبه گردیده و نشان داده شد به جز صنایع «تولید پوشاک»، «چوب و محصولات چوبی»، «ماشین‌آلات اداری و حسابگر» و «بازیافت»، دیگر صنایع کشور دارای بازده به مقیاس ثابت و کاهشی هستند و تمرکز بر روی افزایش نهاده‌های تولید نمی‌تواند باعث افزایش کارایی شود. نتیجه‌ی دیگر به دست آمده این است که صنایع «تولید زغال کک- پالایشگاه‌های نفت» و «وسایل نقلیه‌ی موتوری» که در رتبه‌های اول در میان سایر صنایع شناخته قرار دارند، صنایع بزرگ مقیاس هستند. به بیان دیگر صنایع مذکور، از مزیت‌های نسبی و همچنین بیشترین ظرفیت سرمایه‌گذاری، قدرت تولید و ایجاد ارزش افزوده در مقایسه با دیگر صنایع برخوردارند. اکثر صنایع بزرگ مقیاس، دولتی بوده و از انواع حمایت‌های مالی و قانونی دولت برخوردارند و این در حالی است که اکثر صنایع کوچک که درصد بالایی از صنایع کشور را تشکیل می‌دهند، خصوصی بوده و از این‌گونه حمایت‌ها برخوردار نیستند و با مشکلاتی از قبیل کمبود سرمایه و مواد اولیه، فقدان اطلاعات فنی و عدم توانایی رقابت محصولات تولیدی آن‌ها با کالاهای مشابه صنایع بزرگ دولتی مواجه می‌باشند. لذا پیشنهاد می‌شود جهت افزایش بهره‌وری صنایع کوچک و برای بالا بردن توان تولیدی و رقابتی آن‌ها، اقدامات ذیل برای رفع مشکلات آن‌ها انجام گیرد:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]

۱. رفع مشکل پایین بودن سطح مهارت کارگران از طریق آموزش‌های فنی به آن‌ها.
۲. تقویت انجمن‌ها و تشکل‌های صنعتی و کارآمد صنایع کوچک در کشور و حمایت از ایجاد خوشه‌های صنعتی برای افزایش قدرت رقابتی صنایع کوچک‌مقیاس در مقابل صنایع بزرگ.
۳. تشویق و حمایت از قراردادهای اقتصادی بین صنایع کوچک و بزرگ از طریق پیمانکارهای فرعی.
۴. رفع کمبود سرمایه و توان مالی صاحبان صنایع کوچک از طریق ارایه‌ی تسهیلات بانکی به آن‌ها.

منابع

[۱] امامی میبدی، ع.، (۱۳۷۹). اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری. تهران : موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

[۲] فلاح جلودار، م.، (۱۳۹۵). ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران با استفاده از مدل ترکیبی شبکه‌های عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۳(۴)، ۸۳-۶۷.

[۶] مهرگان ، م.، (۱۳۹۱). تحلیل پوششی داده‌ها و مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها. تهران : نشر دانشگاهی.

[۱۰] رحیمی سوره ، ص.، (۱۳۸۳). بررسی عوامل موثر بر کارایی و اقتصاد مقیاس در رهیافت‌های پارامتری و ناپارامتری (مطالعه موردی: طرح‌های مرتعداری در ایران). رساله دکتری اقتصاد. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی.

[۱۱] عسگری، ح.، (۱۳۸۹). تحلیل بهره وری در صنایع استان ایلام. فصلنامه پژوهش‌نامه بازرگانی، ۶۲(۱)، ۱۲۳-۱۰۱.

[۱۲] میرجلیلی، ح.، میردهقان، ع.، دهقان خاوری، س.، (۱۳۸۹). بررسی و تعیین‌کارایی صنایع استان یزد با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۵۴ (۱۸)، ۱۲۲-۹۵.

[۱۳] عادل آذر، م.، غلامرضایی، د.، (۱۳۸۵). رتبه‌بندی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده (با به کارگیری شاخص توسعه انسانی). فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۷(۸)، ۱۷۳-۱۵۳.

[۱۴] آماده، ح.، امامی میبدی، ع.، آزادی‌نژاد، ع.، (۱۳۸۸). رتبه‌بندی استان‌های کشور از لحاظ کارایی فنی بخش صنعت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. دانش و توسعه، ۱۶(۲۹)، ۱۸۰-۱۶۲.

[۱۵] نصرالهی، ز.، صادقی آرانی، ز.، غفاری گولک، م.، (۱۳۹۱). اندازه‌گیری کارایی صنایع تولیدی ایران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و با تاکید بر ستاده‌های نامطلوب (آلاینده‌های زیست محیطی). سیاست‌های اقتصادی، ۸ (۱)، ۱۱۰-۸۷.

[3] Farrell, M. J., (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 253-290.

[4] Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European journal of operational research, 2(6), 429-444.

[5] Andersen, P., Petersen, N. C., (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. Management science, 39(10), 1261-1264.

[7] Margono, H., Sharma, S. C., (2006). Efficiency and productivity analyses of Indonesian manufacturing industries. Journal of Asian Economics, 17(6), 979-995.

[8] Elatroush, I. M., (2011). Measuring Efficiency for Egyptian Textile and Apparel Industry Using Stochastic Frontier Analysis and Data Envelopment Analysis. Doctoral dissertation, City University London.

[9] Odeck, J., Bråthen, S., (2012). A meta-analysis of DEA and SFA studies of the technical efficiency of seaports: A comparison of fixed and random-effects regression models. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(10), 1574-1585.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2017.14.2.3.0]