نشریه علمی (فصلنامه) پژوهش‌های اقتصاد صنعتی
سال دوم، شماره ۶، زمستان ۱۳۹۷ (۷۰ ـ ۴۹)

Quarterly Journal of Industrial Economics Researches
Vol. 2, No. 6, Winter 2019

اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در راستای تنظیم اقتصادی بازار برق ایران

محمد اوشنی*
دکتری اقتصاد، دانشگاه پیام نور ، ایران

تاریخ دریافت : ۹۷/۸/۲۵ تاریخ پذیرش :۹۷/۱۰/۱۹

Measuring the Efficiency of Iranian Electricity Distribution Companies As an Element of Economic regulation of Power Market

Mohamad Oshani*
Ph.d of Economic, Payam-e-Noor University,Iran

Received:17/October /2018 Accepted: 9/January /2019

چکیده

توزیـع و انتقـال بـرق در زمـره انحصارهـای طبیعـی به‌ویـژه از نـوع محلـی می‌باشـد. ایـن فعالیـت در اکثـر کشـور هـا توسـط نهـاد تنظیـم کننـده تحـت نظـم قـرار می‌گیـرد. سـقف قیمـت یکـی از روش‌هـای تنظیـم می‌باشـد کـه بـر انگیـزه بنگاه‌هـا تأکیـد دارد. در رویکـرد سـقف قیمـت ، تنظیـم کننـده تـلاش می‌کنـد بـا فراهـم کـردن محرک‌هایـی ، بهـره‌وری و کارایـی بنـگاه و بخـش بـرق افزایـش یابـد. بـر ایـن اسـاس کارایـی و بهـره‌وری بنـگاه اندازه‌گیـری می‌شـود تـا بـر اسـاس آن نـرخ بهـره وری هـدف جهـت لحـاظ کـردن در فرمـول سـقف قیمـت، تعییـن شـود. در ایـن مطالعـه ضمـن اسـتفاده از داده‌هـای ۳۹ شـرکت توزیـع بـرق ایـران بـرای دوره ۱۳۸۶ تـا ۱۳۹۵ و بـا کاربـرد روش‌هـای پارامتریـک و غیـر پارامتریـک نسـبت اندازه‌گیـری کارایـی بخـش بـرق در ایـران اقـدام شـد. نتایـج دلالـت بـر ایـن دارنـد کـه در طـی دوره مـورد بررسـی، انـدازه کارایـی در توزیـع بـرق ایـران بیـن ۰/۶۷ تـا ۰/۹۲ قـرار داشـت. همچنیـن یافته‌هـای تحقیـق نشـان می‌دهنـد کـه شـرکت‌های توزیـع بـرق تبریـز، تهـران بـزرگ، اهـواز، خراسـان شـمال و سـمنان دارای بهتریـن عملکـرد از حیـث کارایـی می‌باشـند.

واژه‌های کلیدی: کارایی، SFA، تحلیل پوششی داده، توزیع برق
طبقه بندی Jel L43

Abstract

Electricity distribution and transmission are among the natural monopolies, especially at the local level. This activity is regulated in most countries by the regulatory bodies. Price cap is one of the regulating methods that emphasize the motivation of firms. In the price cap approach, the regulator seeks to provide incentives for increasing the efficiency of firms and power industry. The firm's efficiency and productivity are then measured to determine the target productivity rate to include in the price cap formula. While using the data from 39 Iranian Electricity Distribution Companies for the period 2007-2009, parametric and non-parametric methods were applied to measure the efficiency ratio of the electricity sector in Iran. The results indicate that during the period under review, the efficiency of Iran's electricity distribution was between 0.67 and 0.92. Research findings also show that Tabriz, Tehran, Ahwaz, North Khorasan and Semnan electricity distribution companies have the best performance in terms of efficiency.

Keywords: Efficiency, SFA, Data Envelopment Analysis, Elctricity Distribution
JEL Classifications: L43

نویسنده مسئول: محمد اوشنی

*Corresponding Author: Mohamad Oshani
Email: oshani.ff@gmail.com

۱. مقدمه

بخش برق، یکی از اساسی ترین زیرساخت‌های کشور است. این بخش در برهه‌هایی از زمان به‌صورت یکپارچه عمودی از تولید تا توزیع و در مالکیت دولت عمل می‌کرد که منجر به بروز مشکلات زیادی مانند تجمیع سرمایه و ناکارایی، کاهش کیفیت خدمات، تلفات بالا و عدم تعادل مالی هنگفت شد و باعث تجدید ساختار و تغییر مالکیت این صنعت به بخش خصوصی شد. بخش انتقال و توزیع انحصار طبیعی بوده و در دنیا تحت تنظیم اقتصادی عمل می‌کنند و بر اساس ماده۵۹ قانون رقابت ایران نیز باید تحت نظم قرار بگیرد. علاوه بر این‌که در سند بهره‌وری بخش برق بر بهبود کارایی و بهره‌وری این صنعت تأکید شده است، مدل‌های انگیزشی تنظیم نیز بر این مقوله تأکید دارند. کارایی و بهره‌وری یکی از مفاهیم پر کاربرد در سال‌های اخیر بوده، زیرا یکی از راه‌های دستیابی به اهداف رشد اقتصادی، افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری است. کارایی به مفهوم استفاده مفید از منابع در دسترس بنگاه می‌باشد. برای محاسبه کارایی روش‌های مختلفی در ادبیات موضوع ذکر شده است. هنگامی که مطالعه کارایی برای ارتقاء فرایندها و تعیین وضع موجود و رفع اختلاف آن با وضع مطلوب با درخواست خود بنگاه انجام می‌شود، انتخاب روش کار و نتایج حاصله اگر متفاوت هم باشد، چالش برانگیز نخواهد بود. اما هنگامی که یک نهاد ناظر جهت قضاوت در بین بنگاه‌ها برای تشویق بنگاه‌های کارا و تنبیه بنگاه‌های ناکارا دست به محاسبه کارایی می‌زند، نتایج متفاوت چالش برانگیز بوده و منشأ اختلاف می‌گردد. اگر این تنبیه و تشویق نهاد ناظر جنبه مالی داشته باشد؛ اعتراض شرکت‌ها به نتایج کارایی، انتخاب روش و متغیرهای مورد استفاده در مدل توسط ناظر افزایش خواهد یافت. یکی از این نهادهای ناظر، نهاد تنظیم مقررات است که وظیفه نظم بخشی در بازارهایی که با انحصار طبیعی مواجه‌اند را دارا می‌باشد. صنایع شبکه‌ای که ارائه خدمات در بخش منافع عمومی مانند برق، آب، مخابرات، گاز و راه آهن را به عهده دارند، به عنوان بخش‌هایی که با انحصار طبیعی مواجه هستند؛ شناخته می‌شوند. بهبود کارایی به عنوان یکی از اهداف اصلی تنظیم این بخش‌ها معرفی شده است و بسیاری از روش‌های تنظیم بر نتایج کارایی بنگاه‌ها استوار هستند. بنابراین محاسبه کارایی و مقایسه روش‌های مختلف محاسبه آن به گونه‌ای که بتوان روش مورد توافق طرفین را برگزید؛ دارای اهمیت است. صنعت توزیع برق نیز که انحصار طبیعی است، به عنوان نمونه جهت محاسبه کارایی در این تحقیق برگزیده شده است. کارایی را می‌توان به صورت ایستا (بدون در نظر گرفتن زمان) و به‌صورت پویا (با در نظر گرفتن زمان) محاسبه کرد. در این تحقیق برای محاسبه کارایی شرکت‌ها از تحلیل ایستا بهره برده می‌شود. در این تحقیق ابتدا به بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق پرداخته شده و سپس ضمن معرفی داده‌های مورد استفاده کارایی شرکت‌ها از روش‌های مختلف محاسبه شده و مورد مقایسه قرار می‌گیرد و در انتها بحث و نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری

در نظریات اقتصاد خرد فرض بهینه سازی برای تولید کنندگان همچنان جایگاه خود را حفظ کرده است. با توجه به این قاعده برای تبدیل نهاده به ستاده، تولید کنندگان مقدار مشخصی از عوامل تولیدرا به منظور تولید سطح معین محصول به نحوی انتخاب می‌نمایند که مقدار سود به حداقل برسد. اما الزاماً تمام تولید کنندگان همیشه تصمیم‌گیری بهینه ندارند. برخی از شرکت‌ها ممکن است بر روی تابع تولید خود که نشانگر کارایی کامل است قرار نداشته و حداکثر استفاده را از منابع در دسترس نکنند و بنابراین شاهد مقداری اتلاف در بهره گیری از منابع بوده و دچار ناکارایی گردند. کارایی در علم فیزیک به معنای کار مفید به کل کار و در اقتصاد معیار عملکرد یک سیستم سازمانی است که نسبت بازده واقعی به بازده مورد انتظار (استانداردتعیین شده)، را بیان می‌کند (اموالوماتیس و استفانو[1]، ۲۰۱۱)

1. Emvalomatis and Stefanou

در اندازه‌گیری کارایی یک گروه از شرکت‌ها، محقق با چالش‌هایی در تصمیم‌گیری در مورد روش مورد استفاده و متغیرهای وارد شده در مدل مواجه است. اول از همه، برای اینکه مقایسه عملکرد شرکت‌ها معنادار باشد، باید دسترسی به فناوری مشابه وجود داشته باشد. و این لزوماً به این معنا نیست که شرکت‌ها دقیقاً همان فناوری را به کارگیرند، بلکه مشابهت آن کفایت می‌کند. هرچند روش‌هایی برای اندازه‌گیری کارایی زمانی که فناوری‌های مختلف درتولید استفاده می‌شود وجود دارد. آنچه مهم است این است که انتخاب فناوری تحت کنترل شرکت باشد. در غیر این صورت اندازه‌گیری میزان بهینه بودن تصمیمات اتخاذ شده توسط شرکت‌هایی که با محدودیت‌های مختلف در مجموعه‌های فعالیت خود روبرو هستند معنی‌دار نیست. انتخاب مفروضات رفتاری نیز اهمیت زیادی دارد. برای مثال اندازه‌گیری کارایی بر اساس حداکثر سازی سود برای گروهی از شرکت‌ها که هدفی غیر از آن دارند، مناسب نیست و شرکت‌ها بر اساس معیار نامناسبی که توسط محقق انتخاب شده ناکارا خواهند شد. فرضیات رفتاری شرکت‌ها با توجه به ساختار بازار و صنعت مورد بررسی باید برگزیده شود. مثلاً در بازارهای انحصاری جلوگیری از ورود رقبای بالقوه نقش مهمی در هدف شرکت ایفامی‌کند. در این مورد فرض حداکثرسازی سود کوتاه مدت توسط بنگاه به عنوان یک فرض رفتاری نامناسب است. به طور کلی، فرض حداقل سازی هزینه از فرض حداکثر سازی سود، فرضی ضعیف‌تر است و به احتمال زیاد تحت شرایط گوناگون برقرار است (اموالوماتیس،۲۰۰۹).

این اعتقاد وجود دارد که مدیریت دولتی در سازمان، مدیریتی ناکاراست. شاید طبیعی هم باشد سازمانی که برای اهداف دولتی طراحی می‌شود، اولویتش کسب حداکثر سود نباشد و در جهت اهداف عام المنفعه حرکت کند، پس از این سازمان انتظار حرکت در جهت کاهش هزینه‌ها را نباید داشت. همانگونه که بوکانن در بحث انتخاب عمومی‌می‌گوید کارمندان دولتی نیز به دنبال حداکثر کردن منافع خود نظیر باقی ماندن در پست مدیریتی هستند تا حداکثر کردن منافع سازمان، دولت و کشور، اما سازمان‌های خصوصی با هدف کسب سود ایجاد می‌شوند.

انواع کارایی عبارتند از: کارایی تکنیکی (فنی)، کارایی تخصیصی (قیمت) و کارایی اقتصادی (هزینه ایی). توانایی یک واحد تولیدی برای به دست آوردن حداکثر تولید با استفاده از مجموعه ثابتی از منابع موجود را به گفته فارل می‌توان کارایی فنی دانست. هرگونه اتلاف منابع و یا عدم استفاده بهینه از آن‌ها و ساختار نامناسب عواملی هستند که موجب کاهش کارایی می‌شوند و در واقع ناکارایی بیانگر ضعف مدیریت و عملکرد نامناسب است. کارایی فنی مقایسه‌ایی است که در نوع و نحوه استفاده از تکنولوژی بین بنگاه‌ها صورت می‌گیرد و در واقع بر اساس تکنولوژی یکسان برای همه بنگاه‌ها و بر مبنای روابط فنی، نه قیمت‌ها و هزینه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. در واقع بر روی کیفیت نهاده‌ها و ستاده‌های مورد استفاده در بنگاه تأکید دارد (امامی میبدی، ۱۳۷۹).

کارایی تخصیصی آن است که با استفاده از کم هزینه‌ترین ترکیب نهاده‌های تولیدی بهترین ترکیب کالا تولید شود. به گفته فارل: «کارایی قیمت یک بنگاه، میزان سازگاری آن بنگاه را به مجموعه قیمت نهاده‌ها در موقعیتی ایستا منعکس می‌نماید». این نوع کارایی بستگی به مجموعه بنگاه‌ها در تجزیه و تحلیل دارد و با معرفی بنگاه‌های جدید بسیار حساس‌تر از کارایی فنی است و مقادیر ورودی و خروجی با توجه به قیمت، طوری انتخاب می‌گردد که هزینه‌های تولید حداقل گردد. بنگاهی که از لحاظ تخصیصی کارا است، ترکیبی از نهاده‌ها را به کار می‌برد که حداقل هزینه‌های ممکن را برای تولید داشته باشد.

کارایی اقتصادی در واقع ترکیبی از کارایی فنی و کارایی تخصیصی می‌باشد و اگر بنگاهی هم از لحاظ فنی و هم از لحاظ تخصیصی کاملاً کارا باشد دارای کارایی اقتصادی است. از حاصل ضرب کارایی فنی در کارایی تخصیصی، کارایی اقتصادی به دست می‌آید.

اندازه‌گیری کارایی در ابتدا با تلاش‌های دبرو[1] (۱۹۵۱) و

1. Debro

کوپمنز[1](۱۹۵۷) آغاز شد. پس از آن‌ها فارل اولین گام در اندازه‌گیری عملی کارایی را با ارائه روش مبتنی بر حداقل نمودن نهاده‌های تولید و با به‌کارگیری منحنی تولید یکسان برداشت(همان). امروزه در مطالعات تجربی، محاسبه کارایی بنگاه‌ها با استفاده از دو روش ناپارامتریک مانند تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و پارامتریک مانند روش تابع مرزی تصادفی (SFA) صورت می‌گیرد. در روش‌های پارامتریک ابتدا یک تابع (مانند تابع سود، هزینه، تولید) برای واحدها تصریح می‌شود. متعارف‌ترین توابع تصریح شده، تابع تولید و تابع هزینه می‌باشد. سپس با استفاده از مدل‌های آماری و اقتصادسنجی اقدام به تخمین این تابع می‌نمایند. در این توابع ستاده حاصل از فعالیت تنها باید برحسب یک واحد سنجش (مانند واحد تولید، یا هزینه) بوده تا بتوان آن را به عنوان یک متغیر وابسته در مقابل متغیرهای مستقل (نهاده‌ها) در نظر گرفت. پس از اجرای مدل و استخراج تابع مورد نظر، مقدار ستاده واقعی هر واحد در مقابل ستاده بهینه ناشی از تابع مرزی ملاک تصمیم‌گیری برای ارزیابی کارایی خواهد بود. اما در روش‌های ناپارامتری، نیازی به تصریح یک فرم تبعی نیست. در این روش‌ها با استفاده از عملکرد واحدها و استخراج شاخص‌هایی اقدام به ارزیابی کارایی هر واحد می‌گردد. در واقع کلیه روش‌هایی که در حیطه روش‌های پارامتری قرار نمی‌گیرند به نوعی جزء دسته ناپارامتری می‌باشند. اما متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری ارزیابی کارایی، روش‌های مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی می‌باشد که به طور مشخص می‌توان از تحلیل پوششی داده‌ها نام برد. در این روش ابتدا یک مدل برنامه ریزی خطی برای واحدها (با توجه به ورودی و خروجی هر واحد) تدوین شده سپس با حل این مدل برای هر یک از واحدها، کارایی آن واحد استخراج می‌شود. اما کارایی و محاسبه آن تنها به یک شاخص از عملکرد هر واحد منتهی می‌شود (لاجوردی و حیدری، ۱۳۸۰). در ادامه این روش‌ها مختصراً مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در روش ناپارامتریک به‌طورکلی عملکرد هر بنگاه با بهترین عملکرد بنگاه‌های موجود در آن صنعت مقایسه می‌شود. بدین صورت که با استفاده از برنامه ریزی خطی و بدون تحمیل فرم تبعی خاص با اتصال نقاط حدی تابع مرزی مورد نظرتعیین می‌شود. طبق روش برنامه‌ریزی خطی فرض می‌شود که خطاهای اندازه‌گیری درمورد تمام متغیرها ناچیز است و تفاوت در میزان تولید بنگاه‌های مختلف صرفاً ناشی ازتفاوت در کارایی آنها است. بنابراین، در روش DEA فرض خاصی درمورد توزیع احتمال جزء کارایی درنظرگرفته نمی‌شود (خداداد کاشی و توسلی،۱۳۹۱). محاسبه کارایی در دو حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس[2] (CCR) و در حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس[3] (BCC) قابل محاسبه است (امامی‌میبدی، ۱۳۷۹).

در مدل CCR هدف ساختن یک مرز پوش ناپارامتری بر بالای نقاط داده‌هاست، به‌طوری که همه نقاط مشاهده شده بر روی آن یا زیر مرز پوش قرار گیرد. این مدل در دو حالت نهاده محور و ستاده محور قابل اجراست. فرض کنید k نهاده و m ستاده برای هر کدام از n بنگاه وجود داشته باشد. x (ماتریس نهاده ایی k×n) و y(ماتریس ستاده m×n) داده‌های همه n بنگاه یا واحد تصمیم‌گیرنده را نشان می‌دهد. برای هر واحد تصمیم‌گیرنده می‌توان یک مقدار از نسبت کل ستاده به کل نهاده را اندازه‌گیری نمود، نظیر $\boldsymbol{u'y_i/v'x_i}$ که برای بنگاه iام قابل تعریف است به‌طوری که u یک بردار m×1 از وزن‌های ستاده‌ایی و v یک بردار k×1 از وزن‌های نهاده‌ایی است. همچنین نهاده‌ها و ستاده‌ها بنگاه i ام بوسیله بردارهایی نمایش داده می‌شود.

برای انتخاب وزن‌های بهینه مسأله برنامه‌ریزی خطی برای iامین بنگاه به شکل زیر قابل ارائه است:

$$\begin{aligned} &\mathrm{Max}_{U,V} && (u'y_i/v'xi) \\ &\text{s.t} && \frac{u'y_i}{v'x_j} \le 1 && j=1,2,\ldots,N \qquad (1) \\ &&& u,v \ge o \end{aligned}$$

1. Koopmans

2. Charnes and Rhodes

3. Banker and Cooper

در رابطه فوق هدف به دست آوردن مقادیر u,v می‌باشد به گونه ایی که اندازه کارایی واحد تصمیم‌گیری iام ماکزیمم شود با این محدودیت که اندازه کارایی هر بنگاه بایستی کوچک‌تر و مساوی واحد باشد. رابطه کسری بالا تعداد بیشماری راه حل بهینه دارد و همچنین یک مدل غیرخطی و غیرمحدب است که با قرار دادن مخرج کسر مساوی یک به مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود و این محدودیت به صورت $v'X_i=1$ به مدل اضافه می‌شود. هدف مسئله ماکزیمم کردن نسبت مجموع وزنی ستاده‌ها به نهاده‌ها برای بنگاه مورد نظر است به‌طوری که وزن‌های انتخاب شده کارایی بنگاه را در بهترین وضع ممکن قرار دهد. نسبت به دست آمده برای بنگاه‌های کارا باید برابر یک باشد تا کارایی صد در صد حاصل گردد. می‌توان مسأله را با استفاده از تکنیک‌های رایج در برنامه‌ریزی خطی حل کرد و از مزایای تبدیل دوگان و محاسبات آن بهره جست. فرم دوگان مسئله فوق نیاز به قیود کمتری نسبت به فرم فزاینده دارد.

در روش تحلیل پوششی داده‌ها برای هر یک از بنگاه‌های غیرکارا یک بنگاه کارا یا یک ترکیبی از دو یا چند بنگاه کارا به عنوان مجموعه مرجع و الگو معرفی می‌گردد. از آن جا که این بنگاه مرکب ضرورتاً در صنعت وجود نخواهد داشت به عنوان یک بنگاه مجازی کارا شناخته می‌شود.

فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تنها در صورتی قابل اعمال است که بنگاه‌ها در مقیاس بهینه (متناظر با قسمت تخت منحنی هزینه متوسط بلند مدت) عمل نمایند، اما مسائل متفاوتی از قبیل اثرات رقابتی، محدودیت‌ها و... موجب می‌شوند بنگاه‌ها در مقیاس بهینه عمل ننمایند (امامی‌میبدی، ۱۳۷۹).

در سال ۱۹۸۴ بنکر، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR مدل جدیدی را عرضه کردند که با توجه به حروف اول نام آنان به مدل BCC شهرت یافت. مدل BCC مدلی از انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌هاست که به ارزیابی کارایی نسبی واحدهایی با بازده متغیر نسبت به مقیاس می‌پردازد. مدل‌های بازده به مقیاس ثابت محدود کننده‌تر از مدل بازده به مقیاس متغیر می‌باشد. زیرا مدل بازده به مقیاس ثابت واحدهای کارای کمتری را در بر می‌گیرد و مقدار کارایی نیز کمتر می‌گردد، علت این امر حالت خاص بودن مدل" بازدهی ثابت نسبت به مقیاس" از مدل"بازده متغیر نسبت به مقیاس" است. مدل BCC برای ارزیابی کارایی تحت بررسی به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{MAX} \qquad Z_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} + w}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

$$\text{S.T}:$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + w}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1 \qquad (j=1,2,...,n) \quad (۲)$$

$$u_r, v_j \ge 0$$

مدل غیرخطی فوق با مساوی یک قرار دادن مخرج کسر تابع هدف، به یک مدل خطی تبدیل می‌شود.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود تفاوت این مدل با مدل CCR در وجود متغیر آزاد در علامت W می‌باشد. در مدل BCC علامت متغیر W بازده به مقیاس را برای هر واحد می‌تواند مشخص کند.

الف) هرگاه $W<۰$ باشد نوع بازده نسبت به مقیاس، کاهشی است.

ب) هرگاه $W>۰$ باشد نوع بازده نسبت به مقیاس، افزایشی است.

ج) هرگاه $W = ۰$ باشد، نوع بازده به مقیاس ثابت است.

اما در روش‌های پارامتریک برای تخمین کارایی یک تابع توزیع احتمال برای جزء ناکارایی درنظرگرفته می‌شود. مدل‌های مرزی پارامتریک خود به دو دسته مدل‌های مرزی معین یا قطعی و مدل‌های مرزی تصادفی تفکیک می‌شوند (بتیس[1]، ۱۹۹۱). مدل‌های مرزی اولین بار توسط ایگنر، لاول و

1. Battese

اشمیت[1](۱۹۷۷) به ادبیات موضوع معرفی شد و سپس توسط سایر محققین توسعه داده شد. برخلاف روش DEA که تفاوت در عملکرد بنگاه‌ها صرفاً به کارایی نسبت داده می‌شود، در روش SFA تأثیر عوامل تصادفی از اثرات کارایی جدا می‌شود.

- روش‌های مرزی قطعی: ایگنر و چو[2](۱۹۶۸) با استفاده از فرم تبعی کاب- داگلاس تابع تولید مرزی را تخمین زدند و در واقع آنها با استفاده از این روش، تابع تولیدی را ارائه کردند که روش تولید کاراتر محصول از عوامل تولید را نشان داد. تابع مورد نظر آنها به صورت زیر می‌باشد.

$$Lny = Lnf(X_i,\beta) + \varepsilon_i \; ; \quad \varepsilon_i \geq 0 \; ; \; i= 1,2,3,\dots n \qquad (۳)$$

که y_i محصول به‌دست آمده واحد i ام، x_i بردارغیرتصادفی نهاده‌ها و β بردارپارامترهای نامعلوم است. ε_i جزء خطای تصادفی غیرمنفی است که مشخص کننده موقعیت بنگاه i ام نسبت به تابع تولید مرزی می‌باشد که در واقع نشان‌دهنده ناکارایی می‌باشد. بنابراین، دراین مدل‌ها علت اختلاف بین تولید واقعی وتولید مرزی بنگاه تنها ناشی از عدم کارایی فنی می‌باشد بدین معنا که چنانچه تولید بنگاهی کمتر از مقدار تولید مرزی باشد این تفاوت دقیقاً عدم کارایی فنی بنگاه مزبور را نشان می‌دهد. بنابراین بنگاه‌هایی دارای کارایی فنی صددرصد خواهند بود که عملکردشان برروی تابع مرزی باشد. بنابراین، دراین روش اشتباه دراندازه‌گیری وعوامل تصادفی مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

- روش‌های مرزی تصادفی (SFA): میوسن وفاندن بروک[3](۱۹۷۷) و ایگنر، لاول واشمیت برای اولین بار برای تخمین ناکارایی مدل مرزی تصادفی را معرفی کردند. در مدل‌های پارامتری با اعمال فرض توزیع مشخص برای ε_i و به‌کارگیری روش حداکثر درستنمایی (ML) می‌توان ناکارایی واحدها را تخمین زد. در روش‌های پارامتری علت تفاوت بین تولید واقعی و تولید مرزی بصورت توأمان با عدم کارایی فنی و عوامل تصادفی تبیین می‌گردد؛ بدین معناکه اگر بنگاهی کمتر از تولید مرزی عملکرد داشته باشد بخشی ازآن به دلیل عدم کارایی فنی و بخش دیگر به دلیل عوامل تصادفی خواهد بود. در این روش پسماندهای تخمین، شامل دو جزء اخلال نرمال (نوفه سفید) تصادفی و مؤلفه عدم کارایی فنی می‌باشد.

در این روش، تابع هزینه (یا تولید) مرزی با استفاده از حداقل مقدار هزینه شرکت‌های انتقال و توزیع، تخمین زده می‌شود و تفاوت هزینه واقعی و هزینه مرزی برای هر یک از بنگاهها به عنوان شاخصی برای سنجش ناکارایی آن لحاظ می‌کردد. مدل اولیه تابع هزینه مرزی به‌صورت زیر است (زراءنژاد و یوسفی، ۱۳۸۹):

$$C_{it} = C(Y_{it}, W_{it}, \beta) + \varepsilon_{it}$$
$$i = 1, 2, \dots, N$$
$$t = 1, 2, \dots, T \qquad (۴)$$

که در آن C_{it} هزینه تولید بنگاه i ام، Y_{it} میزان محصول، W_{it} بردار قیمت عوامل تولید، β بردار پارامترها و ε_{it} جمله خطا می‌باشد. در توابع هزینه مرزی، جمله خطا مرکب بوده و از دو جزء مستقل تشکیل شده است که در توابع هزینه مرزی به صورت $\varepsilon_i=v_i+u_i$ تعریف می‌شود. بطوریکه v_i همان جزءاخلال بوده و به علت عوامل تصادفی خارج از کنترل و نیز خطای اندازه‌گیری متغیرها می‌باشد، v_i دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس δ_v^2 می‌باشد، اما جزء u_i جمله خطای یک طرفه با توزیع نیمه نرمال[4] یا نرمال منقطع[5] ($u_i > 0$) است که به عدم کارایی بنگاه اشاره دارد. در حقیقت u_i نشان می‌دهد که در بنگاه i ام به دلیل عدم تخصیص بهینه منابع، تا چه اندازه فراتر از حداقل هزینه فعالیت می‌کند. فرض می‌شود دو جزء u_i و v_i به طور مستقل از هم توزیع شده است. تفاضل دو عبارت؛ نامقارن و غیر نرمال است که درجه متقارن بودن آن به مقدار

1. Aigner, Lovell and Schmidt
2. Chu
3. Meeusen and. van den Broeck.
4. Semi-normal distribution
5. Truncated normal distribution

$\lambda=\frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ بستگی دارد. اگر $\lambda=0$ باشد، تابع به رگرسیون معمولی با توزیع نرمال جمله اخلال تبدیل می‌شود (کوئلی،۱۹۹۶). دو الگو در این روش برای محاسبه کارایی مطرح شده که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

الگوی اول، مدل خطای ترکیب[1] بتیس و کوئلی (۱۹۹۲): بتیس و کوئلی یک تابع تولید مرزی تصادفی برای داده‌های تلفیقی پیشنهاد کردندکه جزء ناکارایی مربوط به جمله خطا بصورت متغیرهای تصادفی نرمال منقطع توزیع شده و به صورت منظم با زمان تغییر می‌کند. این مدل بصورت زیر است:

$$C_{it}=(Y_{it},W_{it},\beta)+v_{it}+u_{it} \quad i=1,2,...,N \quad , \quad t=1,2,...,T \qquad (۶)$$
$$U_{it}=\{U_{it}\,exp(\eta(t-T))\} \qquad U_{it}\sim N(\mu,\delta_u^2)$$

که در آن C_{it} هزینه تولید بنگاه i ام در دوره زمانی t، Y_{it} میزان محصول، W_{it} بردار قیمت عوامل تولید، β بردار پارامترها و v_{it} متغیر تصادفی جمله خطا، u_{it} متغیر تصادفی و بیان کننده ناکارایی اقتصادی و دارای توزیع نرمال منقطع در صفر می‌باشد. η پارامتری است که باید تخمین زده شود. برآورد مدل فوق به روش حداکثر درستنمایی است و در برآورد و تخمین مدل، پارامترهای $\sigma=\sigma_v^2+\sigma_u^2$ و $\gamma=\frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2+\sigma_u^2}$ جایگزین σ_v^2 و σ_u^2 می‌شود. از خصوصیات این مدل امکان برآورد آن با داده‌های تلفیقی نامتوازن است. از آنجا که این الگو اثرات ناکارایی را طی زمان متغیر در نظر می‌گیرد؛ در این الگو برای هر مقطع زمانی و دوره زمانی باید حداقل یک مشاهده وجود داشته باشد.

وجود حداقل تعداد مشاهدات در هر دوره و مقطع باعث می‌گردد که در ترکیب داده‌های سری زمانی و داده‌های مقطع زمانی مشکلی به وجود نیاید. البته بنگاه‌هایی که اطلاعات آنها بکارگرفته می‌شوند نباید دارای فناوری‌های متفاوت باشند، زیرا در این صورت تخمین‌های مناسبی در عمل به دست نخواهد آمد. اگر در مدل فوق η برابر با صفر باشد، این مدل به مدل عدم تغیر کارایی در طول زمان تبدیل می‌شود[2].

الگوی دوم، مدل اثر کارایی فنی بتیس وکوئلی (۱۹۹۵): در برخی از مطالعات تجربی توابع مرزی و میزان کارایی تخمین زده شده و سپس کارایی پیش بینی شده بر متغیرهای مشخصی نظیر تجربه‌های مدیریتی، وضعیت مالکیت و... رگرس شده تا دلایل وجود تفاوت در کارایی بنگاه‌های مختلف یک صنعت مشخص شود. این روش تخمین دو مرحله‌ای که تا مدت‌ها مناسب به نظر می‌آمد در تضاد با فرض مستقل بودن جزء ناکارایی است. بنابراین، بعید است که روش تخمین دو مرحله‌ای به لحاظ کارایی تخمین‌های مناسبتری از روش یک مرحله‌ای فراهم آورد. این موضوع توسط کامباکر، گوش و مک گوکین[3](۱۹۹۲) و ریفشنایدر و استیونسن[4](۱۹۹۱) مطرح شد. آن‌ها مدل توابع مرزی با جمله ناکارایی (u_i) را به صورت تابع مشخصی از بردار متغیرهای مشخص و جزء خطای تصادفی پیشنهاد کردند. بتیس و کوئلی (۱۹۹۵) مدلی را معادل مدل کامباکر، گوش و مک گوکین ارائه کردند با این تفاوت که در آن استفاده از داده‌های تلفیقی مجاز شد. خصوصیات مدل بتیس و کوئلی (۱۹۹۵) به شرح زیر است (خداداد کاشی و توسلی(۱۳۹۱):

$$C_{it}=(Y_{it},W_{it},\beta)+v_{it}+u_{it} \qquad (۷)$$
$$i=1,2,...,N$$
$$t=1,2,...,T$$

به ترتیبی که در آن

v_{it}: متغیرهای تصادفی با توزیع $\text{iid.N}(0.\sigma_v^2)$

u_{it}: متغیرهای تصادفی غیرمنفی و بیانگر ناکارایی تابع هزینه هستند. فرض بر این است که توزیع جزء ناکارایی (u_{it}) مستقل از v_{it} و نرمال منقطع در صفر و میانگین m_{it} است.

1 .Error Component Model

2 .Time-invariant Inefficiency model (Battese, Coelli, Colby)

3. Kumbhaker Ghosh and Mcgukin

4 .Reifshneider and Stevenson

$$u_{it} = Z_{it}\delta + \omega_{it}$$
$$u_{it} \sim N(m_{it}, \sigma_u^2) \quad (۸)$$
$$m_{it} = Z_{it}\delta$$

Zit: بردارP ستونی متغیرهایی است که کارایی یک بنگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و δ بردار P سطری پارامترهایی است که باید تخمین زده شوند. وارد کردن متغیر توضیحی در این مدل به سه صورت امکان پذیر است. اگر متغیر توضیحی مستقیماً بر تولید اثر بگذارد جزء متغیرهای توضیحی تابع تولید، اگر جزء مجموعه عوامل تولید نباشد اما تولید را تحت تأثیر قرار دهد در جزء ناکارایی و اگر هم بر میزان تولید اثر بگذارد و هم سبب کاهش ناکارایی گردد در هر دو موقعیت وارد مدل خواهد شد (همان). این دو الگو هیچ نقطه اشتراکی با هم ندارند؛ اما همانند مدل اول پارامترهای $\sigma=\sigma_v^2+\sigma_u^2$ و $\gamma=\frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2+\sigma_u^2}$ جایگزین σ_u^2 و σ_v^2 می‌شود. پارامترهای تابع هزینه یا تولید از روش حداکثر راستنمایی استفاده می‌شود. روش حداکثر درستنمایی به بنگاه‌های کارا اجازه می‌دهد تا نقش بیشتری در تعیین مرز هزینه داشته باشند؛ تا از اشکال ساختاری مدل OLS که به همه مشاهدات وزن یکسانی می‌دهد اجتناب کند. اگر u_{it} برابر با صفر باشد، پارامتر γ برابر با صفر شده و انحراف از مرز کارایی صرفاً به علت خطای تصادفی vit است. در این مورد برآورد ML همان برآورد OLS خواهد بود. چنان چه همه عناصر بردار δ صفر باشد، اثرات فنی ارتباطی با متغیرهای ویژه بنگاه ندارد (زراءنژاد و یوسفی، ۱۳۹۰).

۳. پیشینه تحقیق

امامی میبدی (۱۹۹۸) به منظور ارزیابی کارایی صنعت برق ایران، کارایی ۳۰ شرکت برق کشور در سال ۱۹۹۵ را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کرده است. ستاده‌های بکار رفته در مطالعه یاد شده عبارتند از حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان خانگی، حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان صنعتی، تعداد مشترکان خانگی، تعداد مشترکان صنعتی و نهاده‌ها شامل نیروی کار، ظرفیت ترانسفورماتورها و اندازه شبکه. نتایج بدست آمده از تحلیل کارایی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، نشان داده شده است که عدم کارایی فنی و مقیاس، سهم یکسانی در عدم کارایی کل صنایع توزیع برق کشور داشته‌اند و بیشتر شرکت‌های توزیع در ناحیه بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس فعالیت داشته‌اند.

فلاحی (۱۳۸۴) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و با فرض انرژی تحویلی به مشترکان خانگی، انرژی تحویلی به مشترکین غیر خانگی، تعداد مشترکین خانگی و غیر خانگی به عنوان ستانده و طول خطوط، ظرفیت ترانسفورماتور و تعداد کارکنان و با فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس کارایی نسبی ۴۲ شرکت توزیع برق را در سال ۱۳۸۱ محاسبه کرده است.

فلاحی، محمدعلی و احمدی، وحیده (۱۳۸۵) تابع هزینه و کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق در استان خراسان و در چارچوب الگوی خطای ترکیبی مرزی بتیس و کوئلی را با استفاده از روش حداکثر راستنمایی برآورد کرده‌اند. برای برآورد مدل از داده‌های تلفیقی چهار شرکت توزیع برق استان خراسان طی دوره ۱۳۷۲-۱۳۸۱ استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که ضریب بار و تراکم مشترکین رابطه منفی و حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکین دارای رابطه مثبت با هزینه شرکت‌های توزیع برق در این استان دارند. ضرایب برآوردی نشان‌دهنده عدم وجود صرفه‌های ناشی از مقیاس در این شرکت‌هاست و محاسبات نشان‌دهنده درجه بالایی از ناکارایی در تخصیص هزینه این شرکت‌هاست.

عباسی، ابراهیم و ابراهیم، شمین (۱۳۸۷) در مقاله‌ای به تحلیل و ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در سال ۱۳۸۴ با استفاده از مدل ورودی گرای DEA پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۴ با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، شرکت‌های توزیع برق استان اردبیل، غرب استان تهران، شمال غرب استان تهران و مرکز استان تهران بیشترین کارایی را داشته‌اند.

زیبا (۱۳۸۷) کارایی شرکت‌های توزیع برق را با به‌کارگیری دو ستانده تعداد مشترکین نهایی و انرژی

الکتریکی توزیع شده و سه نهاده طول شبکه، ظرفیت ترانسفورماتورها و تعداد کارکنان با روش تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه کرده و بر این اساس رابطه عمومی نرخ گذاری برای شرکت‌ها ارائه کرده است.

زراءنژاد، منصور و یوسفی حاجی آبادی، رضا (۱۳۹۰) به ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران پرداختند. هدف این پژوهش برآورد کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران و تشخیص عوامل مؤثر بر آن با استفاده از تابع مرزی تصادفی است. برای این منظور داده‌های تلفیقی ۴۱ شرکت توزیع برق ایران طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۵ جمع‌آوری و کارایی اقتصادی این شرکت‌ها با استفاده از مدل‌های خطای ترکیب و اثرات ناکارایی بتیس و کولی محاسبه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داده که میانگین کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق طی دوره مورد بررسی در قالب الگوی اول و دوم بتیس و کولی، به ترتیب ۷۴/۱ و ۶۵/۱ است. در میان عوامل مؤثر بر کارایی اقتصادی این شرکت‌ها، نسبت کارکنان با تحصیلات لیسانس به بالا و سابقه کاری دارای بیشترین تأثیر بر کارایی هستند. شرکت‌های توزیع برق قم و گیلان به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین میزان کارایی بوده‌اند.

رضایی (۱۳۹۲) کارایی و بهره‌وری ۳۸ شرکت توزیع برق کشور را در دوره زمانی ۹۰-۱۳۸۷ با استفاده از مدل مازاد مبنا (SBM) محاسبه کرده است. برای رتبه بندی کامل شرکت‌های دارای کارایی واحد از مدل‌های ابر کارایی استفاده کرده و بر اساس نتایج، شرکت‌های توزیع برق تبریز، اهواز و خراسان جنوبی بهترین عملکرد را داشته‌اند.

۴. داده‌های پژوهش

شرکت‌های توزیع ایران در سال ۱۹۹۲ تأسیس و زیر نظر شرکت توانیر فعالیت خود را آغاز کردند. توانیر مسئول تولید، انتقال و توزیع برق در ایران است و زیر نظر وزارت نیرو فعالیت می‌کند. در طول دو دهه اخیر، وزارت نیرو سعی در خصوصی کردن سیستم‌های توزیع در ایران نموده است. تعداد شرکت‌های توزیع موجود در بازار برق ایران ۳۹ عدد است که حوزه فعالیت بعضی از این شرکت‌ها در یک استان است؛ اما در برخی از استان‌ها بیش از یک شرکت توزیع فعالیت می‌کنند. در استان تهران قبل از سال ۱۳۸۶ شش شرکت توزیع به نام‌های غرب استان تهران، شمال غرب استان تهران، جنوب غرب استان تهران، مرکز استان تهران، شمال شرق استان تهران، جنوب شرق استان تهران وجود داشته که پس از آن تغییراتی در این شرکت‌ها ایجاد گردید و با ترکیب نواحی تحت پوشش سه شرکت توزیع به نام‌های غرب استان تهران، تهران بزرگ و نواحی تهران ایجاد گردید که غرب استان تهران نیز بعداً به نام شرکت توزیع استان البرز تغییر نام داده است. اطلاعات مربوط به این شرکت‌ها در سایت شرکت توانیر[1] موجود است. با توجه به ناقص بودن اطلاعات؛ شرکت توزیع کیش از نمونه حذف گردید. به‌دلیل طبیعت متنوع کشور ایران؛ شرکت‌های توزیع در محیط متنوع اقلیمی به فعالیت مشغولند. از محیط گرم و خشک بیابانی تا محیط پر بارش و مرطوب جنگلی یا کوهستانی که باید به عرضه برق به مشترکین بپردازند. بنابراین در نظر گرفتن عوامل محیطی که بر هزینه‌های عملیاتی و استهلاک شرکت‌ها و بنابراین کارایی آن‌ها تأثیر می‌گذارد ضروری است.

در جدول ۱ پیوست خلاصه‌ای از آمار توصیفی اطلاعات شرکت‌ها به همراه داده‌های اقلیمی و محیطی فعالیت آن‌ها قابل مشاهده است.

در نمودارهای شماره۱ و ۲ پیوست داده و ستاده شرکت‌های توزیع در طی دوره مورد بررسی قابل مشاهده است. شرکت توزیع تهران بزرگ دارای بیشترین تعداد مشترک و انرژی فروخته شده و شرکت توزیع ایلام دارای کمترین مقدار است.

۵. تخمین مدل‌های تحقیق

ارزیابی کارایی وابستگی زیادی به انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی دارد. مجموعه متغیرهای ورودی و خروجی برای

1 .www.tavanir.org

اندازه‌گیری کارایی باید کامل، قابل تفکیک، کاربردی و حداقل باشد. انتخاب تعداد زیاد متغیرها، باعث افـزایش مقـدار کـارایی شرکت‌های غیر کارا می‌شود و اگر تعداد متغیرها بـیش از حـد باشد، باعث نزدیک شدن مقدار کارایی شـرکت‌هـا بـه کـارایی کامل شده و در نتیجه نتایج قابـل مقایسـه و منطقـی نیسـت. بنابراین باید تنها متغیرهای مهم در نظر گرفته شود. طبق یک قاعده سرانگشتی هنگام استفاده از روش تحلیل پوششی دادها تعداد شرکت‌ها باید مساوی یا بزرگتر از سه برابر مجموع تعداد متغیرهای ورودی و خروجی باشد (سیماب،۱۳۹۰). با توجـه بـه اینکه تعداد شرکت‌ها ۳۹ عدد است، حداکثر ۱۲ متغیر می‌توانـد در محاسبه کارایی شرکت‌ها به روش DEA مورد استفاده قـرار بگیرد. مطالعات انجام شده کم و بـیش از متغیرهـای مشـابهی استفاده کرده‌اند. در بیشتر مطالعات از متغیرهای انـرژی توزیـع شده، مساحت ناحیه تحت پوشش و تعداد مشترکین به عنـوان متغیر خروجی اسـتفاده کـرده‌انـد. متغیرهـای تعـداد شـاغلان، ظرفیت ترانسفورماتورها، طول شبکه و تلفات و در کشـورهایی کـه پایگـاه داده جـامع‌تـری داشـته‌انـد؛ از متغیرهـای هزینـه سرمایه‌ای و هزینه عملیاتی به عنوان متغیرهای ورودی استفاده شده است. برای در نظر گرفتن متغیرهـای محیطـی از چگـالی مشترکین (تعداد مشترک بر طـول شـبکه)، نسـبت مشـترکین خانگی به کل مشترکین و یا شرایط جوی و آب و هوایی مانند روزهای آفتابی، شدت وزش باد، دما و رطوبت استفاده کرده‌اند.

در تمام مطالعـاتی کـه فقـط از طـول شـبکه یـا ظرفیـت ترانسفورماتورها به عنوان سرمایه در محاسبه کـارایی اسـتفاده شده است، نقـص وجـود دارد، زیـرا ایـن دو متغیـر بـه‌صـورت همزمان بر عملکرد شرکت تأثیر می‌گذارند و باید در مطالعـات لحاظ گردند[۱]. اما تعداد بیشتر متغیرهـای ورودی بـه معنـای از دست رفتن درجـه آزادی بیشـتر بـوده و نیـز اخـتلاف کـارایی شرکت‌ها کمتر می‌شود. بنابراین در این مطالعه برای غلبـه بـر این دو مشکل؛ برای پوشـش سـرمایه شـرکت‌هـای توزیـع از شاخص ترکیبی طول شبکه و ظرفیت ترانسـفورماتور اسـتفاده شده است. با توجه به اهمیت بحث تلفات و تشویق شرکت‌هـا جهت کاهش آن، از شاخص تلفات نیز به عنوان هزینه سوخت مصرفی در ورودی‌ها استفاده گردید. توجیه استفاده از تلفات به عنوان سوخت این است که اگر شرکت‌های توزیـع را بـه یـک ماشین انتقال و توزیع کالایی به نام برق تشـبیه کنـیم کـه در ورودی شهر انرژی تحویلی لازم برای پخش بین مشـترکین را از شرکت‌های انتقال تحویل گرفته و تا درب منازل و شرکت‌ها حمل کرده و می‌فروشند در نظر بگیریم. آنگاه اخـتلاف انـرژی تحویل گرفته شده و انرژی فروخته شده را تلفات نامنـد. پـس می‌توان آنرا به سوخت مصرفی این ماشـین تشـبیه کـرد و بـا توجه به اینکه ورودی هر چیزی است که با افزایش آن کارایی کاسته می‌شود در ورودی‌ها گنجانده می‌شود.

با توجه به مطالعات پیشین و نیز ضرایب همبسـتگی بـین متغیرها، متغیرهای انرژی توزیـع شـده و تعـداد مشـترکین بـه عنوان ستانده و متغیرهـای تعـداد نیـروی کـار، طـول شـبکه، ظرفیت تراتسفورماتور (یا شاخص ترکیبی سرمایه)، تعداد فیـدر فشار متوسط، تلفات و حداکثر بار به عنوان نهاده انتخاب شـده و کارایی شرکت‌های توزیع محاسبه شـد. در محاسـبه مقـادیر کارایی از روش‌های غیر پارامتریک تحلیل پوششی داده‌هـا، بـا توجه به اینکه شرکت‌های توزیـع بـر روی سـتانده‌هـای خـود کنترل ندارند و باید بـرای تعـداد مشخصـی مشـترک، انـرژی الکتریکی را عرضه کنند، از روش‌هـای ورودی محـور اسـتفاده شد. با توجـه بـه جـدول پیوسـت در روش‌هـای CCR و BCC ورودی محور با دو متغیر خروجی و پنج متغیر ورودی، امتیازات کارایی ۲۲ شرکت برابر با یک شد. امتیاز کارایی بقیه شرکت‌ها نیز نزدیک به یک بوده و تفاوت کارایی شرکت‌هـا قابـل تمیـز نیسـت. بنـابراین از روش مـازاد مبنـا (SBM) و ابـر کـارایی (SUPER SBM) ورودی محور اسـتفاده شـد. نتـایج کـارایی و بازده نسبت به مقیاس شرکت‌ها در جدول شماره۲ پیوست قابل ملاحظه است. با کاهش تعداد متغیرها، تعداد شرکت‌های کـارا

۱. برای توضیح بیشتر می توان شرکت توزیع را به یک ماشین تشبیه کرد که وظیفه تحویل برق از شرکت انتقال، حمل و توزیع آن بین مشترکین برق را بر عهده دارد. طول شبکه به مثابه بدنه ماشین و ظرفیت تراتنسفورماتورها به مثابه موتور این ماشین می تواند لحاظ گردد. بنابراین باید هر دو متغیر در مطالعه کارایی شرکت‌ها مد نظر قرار گیرد.

کمتر شده و اختلاف کارایی شرکت‌ها بیشتر مشهود است. بنابراین تلاش می‌شود مهمترین متغیرها در محاسبه کارایی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به جدول مشخص است که افزایش تعداد متغیرها باعث می‌شود شرکت‌های بیشتری کارا شوند و نتوان بدرستی شرکت‌های ناکارا را تشخیص داد. بنابراین بر روی مدل با تعداد متغیر مناسب تأکید می‌شود. ابتدا اولین مدل DEA که مدل پایه نامیده می‌شود برآورد می‌گردد. این مدل تنها شامل ۱خروجی انرژی توزیع شده و سه متغیر ورودی نیروی کار، شاخص ترکیبی سرمایه و تلفات است. سپس مدل با خروجی تعداد مشترکین برآورد می‌گردد. یک‌بار نیز مدل با مساحت تحت پوشش به عنوان خروجی برآورد می‌شود.

متغیرهای مورد استفاده در مدل‌ها بصورت جدول شماره۳ پیوست است.

نتایج محاسبه کارایی شرکت‌های توزیع ایران از روش تحلیل پوششی داده‌ها بدون در نظر گرفتن تراکم شبکه (مساحت تحت پوشش تقسیم بر تعداد مشترکین) برای میانگین دوره در جدول شماره۴ پیوست آمده است، نتایج برای دوره‌های مختلف هم مشابه بوده و تعداد شرکت‌های کارا با افزایش تعداد متغیرها افزایش یافته است. در جدول میانگین امتیاز کارایی شرکت‌ها در طی دوره مورد بررسی آمده است.

همانگونه که مشخص است طیف میانگین کارایی شرکت‌ها از ۹۶٪ تا ۸۰٪ با توجه به نوع مدل و تعداد متغیرها متفاوت است و بنابراین نهاد تنظیم در طی دوره مورد بررسی این مقدار ناکارایی را مورد هدف قرار دهد تا مرتفع گردد.

امتیاز کارایی شرکت‌ها با مدل‌های مختلف CCR,BCC,IRTS,SUPER SBM.FDH و با کاهش تعداد متغیرها در جدول شماره۵ پیوست برای میانگین دوره آمده است و در تمام سال‌ها هم نتایج مشابه بوده است که به‌دلیل محدودیت صفحات در متن مقاله نیامده است.

با استفاده از مدل‌های جدید محاسبه کارایی مانند FDH و ابرکارایی (SUPER SBM) متوسط کارایی شرکت‌های توزیع از مقدار ۵۱٪ برای مدل ابرکارایی با ۴ متغیر تا مقدار ۱۰۰٪ برای مدل FDH با ۶ متغیر، تغییر کرده است و بنابراین نهاد تنظیم با طیف وسیع‌تری برای تصمیم‌گیری مواجه می‌شود. مشکل به همین جا ختم نمی‌شود و با بررسی رتبه کارایی شرکت‌های توزیع مشخص می‌شود که رتبه کارایی شرکت‌ها نیز با تغییر مدل و تغییر متغیر بعضاً دچار تغییر می‌شود همانگونه که در جدول شماره۶ پیوست قابل مشاهده است.

اکنون برای بررسی تأثیر تراکم شبکه بر کارایی شرکت‌های توزیع؛ مدل‌های قبل این بار با استفاده از عکس شاخص تراکم شبکه به عنوان خروجی برآورد شده و نتایج به شرح جدول شماره ۷ پیوست است.

در این حالت که عکس شاخص تراکم شبکه به عنوان خروجی در مدل‌ها لحاظ شده است طیف کارایی شرکت‌ها از ۷۰٪ تا ۹۵٪ متغیر بوده است. رتبه شرکت‌ها نیز دچار تغییراتی شده است که در جدول شماره ۸ پیوست قابل مشاهده است.

با توجه به جداول پیوست مشخص است که تعداد زیاد متغیرها باعث نزدیک شدن امتیاز کارایی شرکت‌ها شده و تغییر مدل و متغیرها، سبب تغییر نتایج می‌گردد.

۶. محاسبه کارایی شرکت‌های توزیع از روش تابع مرزی تصادفی (SFA)

روش تابع مرزی تصادفی بسیاری از ایراداتی که به روش تحلیل پوششی داده‌ها وارد است؛ مانند حساست به تعداد شرکت‌ها را ندارد. در ضمن کوئلی در مدل معرفی شده در سال۱۹۹۵ توانست عوامل محیطی و جغرافیایی را نیز در محاسبه کارایی دخیل کند و بنابراین جزء ناکارایی از عوامل ساختاری و محیطی خالص می‌گردد. محاسبه کارایی با عوامل محیطی (DELTA Y) و بدون اثرات محیطی (DELTA N) در جدول شماره۹ پیوست آمده است. در این روش نیز ابتدا تعداد ۷ متغیر در محاسبه کارایی در نظر گرفته شده و سپس مدل با تعداد متغیر کاهش یافته برازش گردید.

۷. نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای بررسی نتایج امتیاز کارایی بدست آمده از روش‌های مختلف و تصمیم‌گیری در مورد در نظر گرفتن

بهترین روش در تنظیم، چند مدل ناپارامتریک و پارامتریک با متغیرهای محیطی و بدون آنها تخمین زده شد و تغییر امتیاز کارایی و نیز رتبه شرکت‌ها در طی سال‌های نمونه مورد بررسی قرار گرفت تا شرکت‌های کارا و ناکارا و نیز تأثیر عوامل مختلف محیطی بر کارایی این شرکت‌ها دیده شود. در مجموعه روش‌های ناپارامتریک مدل‌های CCR-BCC-SBM-SUPER SBM یکبار با انرژی فروخته شده، یک‌بار با تعداد مشترکین و یک‌بار با مساحت تحت پوشش به عنوان خروجی و یکبار با استفاده از انرژی فروخته شده و تعداد مشترکین محاسبه شد. یکبار نیز محاسبات بالا با متغیر محیطی عکس شاخص تراکم شبکه IDI برای در نظر گرفتن محیط متفاوت فعالیت شرکت‌ها انجام و نتایج مقایسه گردید. بنابراین با توجه به جمیع نکات ارائه شده برای در نظر گرفتن عدد مناسب برای کارایی در مدل تنظیم، می‌توان نتیجه گرفت که روش‌های متفاوت به نتایج متفاوت می‌رسد و بنابراین همانند بسیاری از موضوعات تنظیم که به قضاوت نهاد تنظیم نیازمند است، تعیین فاکتور کارایی نیز بسته به انتظار تنظیم کننده از آینده صنعت و توان بالقوه شرکت‌ها برای افزایش کارایی و بهره‌وری می‌تواند از طیف نتایج تحقیق انتخاب شود و در هر دوره بروز رسانی گردد. برای ارائه دید کلی از طیف کارایی (و ناکارایی) شرکت‌ها جدول شماره ۱ که خلاصه تمام محاسبات را در خود گنجانده است، ارئه می‌گردد.

جدول شماره۱. خلاصه امتیاز کارایی متوسط شرکت‌های توزیع برق ایران طی دوره مورد بررسی

				۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
پارامتریک	بدون اثرات محیطی	۵ ورودی	SFA B&T1992	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۸۹	۰,۹۰	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۸۹
		۴ ورودی		۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۸	۰,۶۹	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۸
	با اثرات محیطی	۵ ورودی	SFA B&T1995	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۸۱
		۴ ورودی		۰,۸۲	۰,۸۲	۰,۸۳	۰,۸۴	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۸۳
ناپارامتریک	بدون چگالی شبکه	دو خروجی	CCR6	۰,۸۸	۰,۹۰	۰,۹۱	۰,۹۲	۰,۹۳	۰,۹۳	۰,۹۲
			BCC6	۰,۹۲	۰,۹۴	۰,۹۵	۰,۹۵	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۹۵
			CCR5	۰,۸۵	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۸۵	۰,۸۳
			BCC5	۰,۹۰	۰,۹۰	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۹۲	۰,۹۰
			CCR4	۰,۶۴	۰,۷۶	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۷۸	۰,۷۹	۰,۷۹
			BCC4	۰,۷۷	۰,۸۵	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۸۷
	با چگالی شبکه	سه خروجی	CCR6	۰,۹۰	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۳	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۹۳
			BCC6	۰,۹۴	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۹۵
			CCR5	۰,۸۷	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۸۶
			BCC5	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۳	۰,۹۲
			CCR4	۰,۷۲	۰,۷۳	۰,۷۲	۰,۷۵	۰,۷۲	۰,۷۵	۰,۷۲
			BCC4	۰,۸۱	۰,۸۲	۰,۸۳	۰,۸۲	۰,۸۰	۰,۸۲	۰,۸۰

مأخا: نتایج تحقیق

با توجه به جدول مشخص است که انتخاب روش و تعداد متغیرها به عهده نهاد تنظیم است. نهاد تنظیم در صورتی که بخواهد شرکت‌های تحت تنظیم را به‌صورت سختگیرانه به بهبود کارایی مجبور کند (یعنی برآورد نهاد تنظیم، پتانسیل بهبود بالا و اتلاف زیاد منابع در شرکت‌ها باشد) می‌تواند از مدل‌هایی استفاده کند که امتیاز کارایی کمتری دارند و برعکس. اما بصورت یک قاعده می‌توان بیان کرد که تعداد متغیرها باید با دید حداقلی انتخاب شوند تا تفاوت کارایی شرکت‌ها بهتر نمودار گردد.

منابع

امامی میبدی، علی (۱۳۷۹) *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره وری*. تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

احسانی، آرش و دیگران (۱۳۸۴)، "رویکردی به کیفیت و پایایی در محیط جدید صنعت برق"، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.

بیگلری، م. (۱۳۸۲)، *صنعت برق جهان در تحول و دگرگونی ساختار و تکنولوژیکی*، تهران: دانشکده صنعت آب و برق.

زراءنژاد، منصور و رضا حاجی‌آباد یوسفی (۱۳۹۰)، "ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران"، پژوهشنامه علوم اقتصادی، سال ششم، شماره ۱۱.

زیبا، فاطمه (۱۳۸۴)، "مقررات‌گذاری و نظم‌بخشی اقتصادی و اندازه‌گیری کارایی در شرکت‌های توزیع برق ایران"، *دانشگاه الزهرا*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

خداداد کاشی، فرهاد و مهدی توسلی (۱۳۹۱)، "تخمین کارایی فنی بانک کشاورزی با استفاده از تابع تولید مرزی"، *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال بیستم، شماره ۶۱.

رضایی، علی (۱۳۹۲)، "تحلیل کارایی و بهره‌وری شرکت‌های توزیع برق ایران: رویکرد مدل مازاد مبنا(SBM)"، *فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، شماره ۱۳.

سیماب، محسن (۱۳۹۰)، "تنظیم کیفیت توان و محک‌زنی شرکت‌های توزیع برق ایران"، *دانشگاه تربیت مدرس*، رساله دکتری.

عباسی، ابراهیم و ابراهیم شمین (۱۳۸۴)، "تحلیل و ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در سال ۱۳۸۴"، *اقتصاد مالی (اقتصاد مالی و توسعه)*، دوره ۱، شماره ۲.

عبادی، جعفر و امیر دودابی‌نژاد (۱۳۹۰)، "انتخاب مدل بهینه تنظیم قیمت انگیزشی با در نظر گرفتن آثار خارجی برای توزیع برق ایران"، *فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی*، سال اول، شماره ۱، صص ۱۷۲-۱۳۳.

فلاحی، محمدعلی و وحیده احمدی (۱۳۸۴)، "ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران"، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۷۱، زمستان۱۳۸۴، صص۳۲۰- ۲۹۷.

لاجوردی، حسن و کیومرث حیدری (۱۳۸۲)، "ارزیابی و تحلیل کارایی شرکت توزیع برق شهرستان مشهد"، *هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق*، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو.

محمدنژاد شورکایی، حسین (۱۳۹۰)، "طراحی مدل انگیزشی بهبود قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع"، *دانشکده مهندسی برق*، دانشگاه صنعتی شریف، رساله دکتری.

محمدی، تیمور و جمشید پژویان (۱۳۷۹)، "قیمت‌گذاری بهینه رمزی برای صنعت برق ایران"، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، دوره۳، شماره۶، صص۳۹-۶۱.

Battese G.E. and Coelli T.J. (1992). "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to paddy farmers in India". *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), pp.153–169 .

Battese G.E. and T.J. Coelli (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data". *Empirical Economics*, (2)20, pp. 332-325.

Coelli T.J. and S. Perelman (1996), "Efficiency Measurement, Multiple-Output Technologies and Distance Functions: With Application to European Railways". CREPP Discussion Paper 96/05, University of Liege.

Coelli T.J., Rao D.S.P., O'Donnell C.J. and Battese G.E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Second Edition, Springer .

Emami Meibodi A. (1998). *Efficiency Considerations in the Electricity Supply Industry: the Case of Iran. Department of Economics*, University of Surrey, Working Paper, pp. 1-47.

Emvalomatis G., Stefanou S.E. and Oude Lansink A. (2011), "A Reduced-Form Model for Dynamic Efficiency Measurement: Application to Dairy Farms in Germany and the Netherlands". *American Journal of Agricultural Economics*, 93(1), pp. 161-74.

Emvalomatis G. (2009), Parametric Model for Dynamic Efficiency Measurement. Ph.D Dissertation, the Pennsylvania State University, Graduate School, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Available online at: https://etda.libraries.psu.edu /paper/9735/5393

Lassila J., Viljainen S., Honkapuro S. and J. Partanen (2003). "Data Envelopment Analysis in the

Benchmarking of Electricity Distribution Companies. CIRED 2003", *International Conference on Electricity Distribution*, Barcelona, Spain.

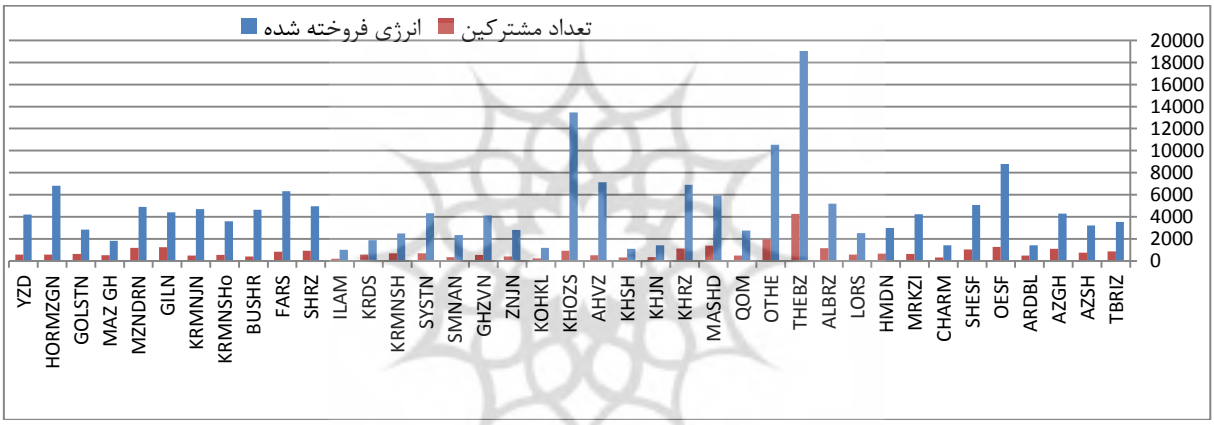
Poudineh R. and T. Jamasb (2013a), "Investment and Efficiency under Incentive Regulation: The Case of Norwegian Electricity Distribution Network". *EPRG Working Paper*, No.1306, University of Cambridge, online:.http://www.eprg.group.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2013/04/1306-Full.pdf

Poudineh R. and T. Jamasb (2013b), "Determinants of Investments under Incentive Regulation: The Case of Norwegian Electricity Distribution Networks". EPRG Working Paper No.1312, University of Cambridge, online: http://www.eprg.group.cam.ac.uk /category/publications/working-paper-series./

Rahmatallah Poudineh, Grigorios Emvalomatis and Tooraj Jamasb (2014). "Dynamic Efficiency and Incentive Regulation: An Application to Electricity Distribution Networks", *Energy policy*, February.

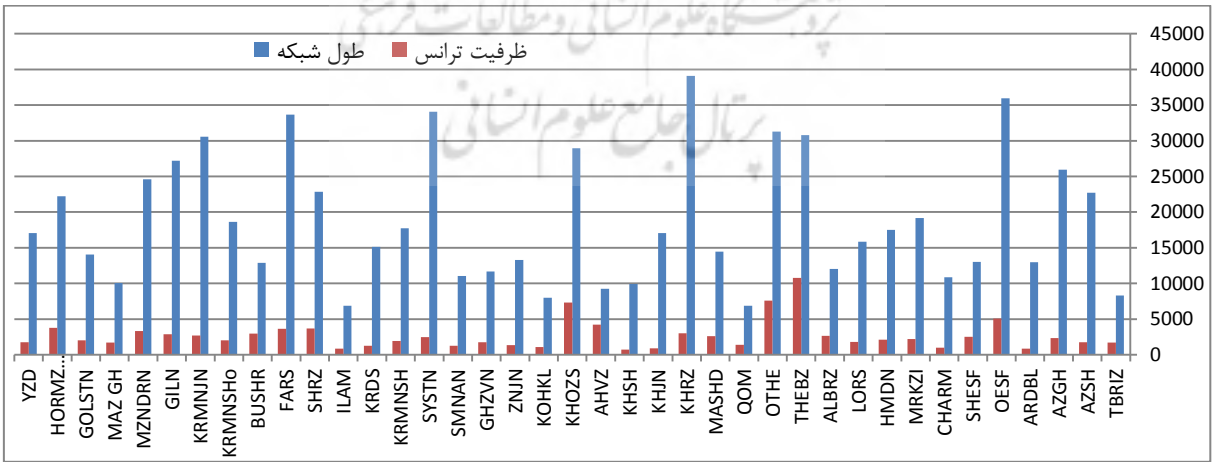
پیوست : جداول و نمودارها

نمودار شماره۱. تعداد مشترکین و انرژی فروخته شده شرکت‌های توزیع برق ایران سال ۱۳۹۵



منبع: مستخرج از گزارشات توانیر

نمودار شماره۲. طول شبکه و ظرفیت ترانسفوماتور شرکت‌های توزیع برق ایران سال ۱۳۹۵



منبع: مستخرج از گزارشات توانیر

جدول۱. آماره‌های توصیفی داده‌های مربوط به شرکت‌های توزیع برق ایران در بازه ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵

متغیر	نماد	میانگین	میانه	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	آماره جارک-برا	احتمال جارک-برا
پرسنل	L	۴۰۳.۹	۳۴۸.۵	۱۷۴۲	۱۱۲	۲۲۰.۵	۴۵۲.۸	۰.۰۰
طول شبکه	SHBKE	۱۸۲۵۸.۷	۱۶۶۱۷.۵	۳۹۰۸۲	۶۳۸۳	۸۵۵۹.۰	۱۱.۸	۰.۰۰
تعداد ترانسفورماتور	TRNS	۱۴۲۳۲.۴	۱۲۸۳۸.۵	۳۸۱۹۹	۴۳۰۶	۷۸۰۷.۸	۲۴.۹	۰.۰۰
ظرفیت ترانسفورماتور	CTRNS	۲۲۹۶.۵	۱۸۹۸	۱۰۷۵۶	۶۴۸	۱۵۸۹.۳	۳۹۹.۶	۰.۰۰
تعداد فیدر فشار متوسط	FEED	۲۷۵.۵	۲۵۰	۱۲۴۱	۳۴	۱۶۳.۷	۳۹۷.۷	۰.۰۰
انرژی تحویلی	E	۴۴۹۴۶	۳۹۶۳.۵	۲۰۵۱۲	۱۰۵۳	۳۲۰۹.۸	۲۹۸.۷	۰.۰۰
حد اکثر بار	BAR	۹۲۵.۷	۷۳۴	۴۴۳۱	۱۸۸	۷۰۸.۳	۴۷۶.۱	۰.۰۰
تعداد مشترک	MOSHTRK	۶۸۲.۱	۵۵۹	۴۲۶۷	۱۶۹	۴۶۳.۲	۳۷۳۴.۷	۰.۰۰
پراکندگی مشترک	DENS	۶۸.۹	۱۸	۴۲۲۱	۲	۳۵۹.۱	۹۶۲۹۵.۱	۰.۰۰
روستای برق‌دار شده درسال	ROSTA	۱۵.۳	۵	۱۴۷	۰	۲۷.۸	۵۵۶.۰	۰.۰۰
تلفات	TALFT	۱۴.۴	۱۳.۹۹	۲۶.۹۲	۶.۳۹	۴.۹	۴.۹	۰.۰۸
نسبت مشترکین خانگی به کل	KHAN	۰.۷۱	۰.۸۲۵۱۵۹۷	۰.۸۸۳۳۷۴۷	۰.۱۸	۰.۲	۴۰.۱	۰.۰۰
معدل حداکثر دما	DMMAX	۲۳.۶	۲۳.۳	۳۴.۱	۱۵.۱	۳.۷	۱۲.۰	۰.۰۰
معدل حداقل دما	DMMIN	۱۰.۳	۹.۴۵	۲۷	۱	۴.۹	۴۶.۴	۰.۰۰
حداقل مطلق دما	DMAX	-۸.۳۶	-۸.۹	۲۷.۹	-۲۸.۶	۷.۸	۲۱۰.۱	۰.۰۰
حداکثرمطلق دما	DMIN	۴۰.۸۲	۴۰.۸	۵۱.۶	۲۹	۳.۴	۳۸.۴	۰.۰۰
متوسط دما	DM	۱۶.۹۷	۱۶.۷	۲۹.۹	۹.۳	۴.۲	۳۵.۷	۰.۰۰
بارندگی سالانه	BARSH	۳۱۱.۳	۲۵۶.۶	۱۶۳۶.۹	۲۱.۵۲	۲۷۳.۹	۴۰۳.۱	۰.۰۰
حداکثر بارندگی	BARSHMAX	۳۵.۰۶	۳۰.۷	۱۲۵.۲	۷.۷	۲۲.۶	۸۰.۹	۰.۰۰
متوسط حداکثر رطوبت نسبی	ROTMAX	۷۱.۲۸	۷۱	۱۰۰	۳۲.۹	۱۵.۸	۳.۸	۰.۱۵
متوسط حداقل رطوبت نسبی	ROTMIN	۲۸.۸۲	۲۷	۶۵	۴	۱۴.۴	۱۲.۱	۰.۰۰
روزهای یخبندان	DAYAKH	۶۰.۷۹	۶۲	۱۳۷	۰	۳۷.۹	۵.۱	۰.۰۸
ساعت‌های آفتابی	SUN	۲۹۱۱.۰	۳۰۴۰.۰۵	۳۹۱۲.۷	۳۵.۹	۵۴۳.۹	۷۱۰.۳	۰.۰۰
حداکثر سرعت وزش باد (متر بر ثانیه)	BADMAX	۲۳.۹۰	۲۳	۷۰	۱۲	۹.۰	۲۴۰.۱	۰.۰۰
مساحت جنگل	FORST	۴۶۱۳۷۰.۶	۳۹۲۰۷۷	۲۲۱۸۹۲۵	۰	۴۶۱۴۸۶.۶	۱۴۹.۰	۰.۰۰
مساحت مرتع	TMARTA	۲۷۷۵۳۵۲.۷	۱۲۶۲۹۹۵	۱۰۶۴۸۴۹۹	۰	۲۸۰۰۷۰۲.۳	۳۱.۵	۰.۰۰
مساحت بیابان	DSERT	۱۱۵۰۳۸۹.۹	۱۱۲۳۷۰	۷۸۶۰۵۴۸	۰	۲۱۵۵۱۲۵.۷	۱۲۰.۹	۰.۰۰

مأخذ: مستخرج از سایت توانیر و سایت سازمان هواشناسی کشور

جدول شماره ۲. تعداد شرکت‌های کارا با توجه به تعداد متغیرها در مدل CCR,BCC ورودی محور

	۲ خروجی و ۶ ورودی	۲ خروجی و ۵ ورودی	۲ خروجی و ۴ ورودی	۲ خروجی و ۳ ورودی	۱ خروجی و ۵ ورودی	۱ خروجی و ۴ ورودی	۱ خروجی و ۳ ورودی
تعداد شرکت‌های کارا روش CCR	۲۶	۲۲	۱۸	۱۱	۱۳	۸	۵
متوسط کارایی شرکت‌ها ٪	۹۶	۹۵	۹۲	۸۳	۹۰	۸۱	۷۹
تعداد شرکت‌های کارا روشBCC	۳۲	۲۷	۲۵	۱۵	۲۰	۱۵	۱۱
متوسط کارایی شرکت‌ها ٪	۹۹	۹۸	۹۶	۹۰	۹۴	۸۹	۸۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول شماره۳. متغیرهای مورد استفاده در برآورد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها

		پسوند مدل		
		۶	۵	۴
خروجی	انرژی توزیع شده	✓	✓	✓
	تعداد مشترک	✓	✓	
ورودی	نیروی کار	✓	✓	✓
	طول شبکه	✓	✓	✓
	ظرفیت تراتسفورماتور	✓	✓	✓
	تلفات	✓		

جدول شماره۴. نتایج محاسبه کارایی شرکت‌های توزیع ایران از روش تحلیل پوششی داده‌ها بدون در نظر گرفتن تراکم شبکه

	۲ OUT				۱ OUT			
	۵ INPUT		۴INPUT		۵ INPUT		۴INPUT	
	CRS ۷	VRS۷	CRS ۶	VRS۶	CRS ۶	VRS۶	CRS ۵	VRS۵
DMU	crste	vrste	crste	vrste	crste	vrste	crste	vrste
TBRIZ	۱	۱	۱	۱	۰،۹۷	۱	۰،۹۲	۰،۹۹
AZSH	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۸	۰،۹۹	۰،۸۶	۰،۸۷	۰،۷۳	۰،۷۸
AZGH	۱	۱	۱	۱	۰،۸۹	۰،۸۹	۰،۸	۰،۸
ARDBL	۱	۱	۱	۱	۰،۷۹	۰،۹۵	۰،۶۹	۰،۹
OESF	۱	۱	۱	۱	۰،۹۸	۰،۹۸	۰،۸۵	۰،۸۶
SHESF	۱	۱	۱	۱	۰،۹۷	۰،۹۷	۰،۸۹	۰،۸۹
CHARM	۰،۸۶	۰،۹۶	۰،۷۶	۰،۹۵	۰،۷۷	۰،۹۴	۰،۶۴	۰،۹
MRKZI	۰،۹۶	۰،۹۷	۰،۹۴	۰،۹۶	۰،۹۴	۰،۹۴	۰،۸۷	۰،۹

	۲ OUT				۱ OUT			
	۵ INPUT		۴INPUT		۵ INPUT		۴INPUT	
	CRS ۷	VRS۷	CRS ۶	VRS۶	CRS ۶	VRS۶	CRS ۵	VRS۵
DMU	crste	vrste	crste	vrste	crste	vrste	crste	vrste
HMDN	۰٫۸۸	۰٫۸۹	۰٫۷۸	۰٫۸۱	۰٫۸	۰٫۸۲	۰٫۶۵	۰٫۶۸
LORS	۰٫۸۷	۰٫۹۲	۰٫۸۶	۰٫۹۱	۰٫۷۴	۰٫۷۹	۰٫۶۷	۰٫۷۵
ALBRZ	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۷	۰٫۹۹	۰٫۹۳	۰٫۹۴
THEBZ	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۹	۱	۰٫۸۳	۱
OTHE	۰٫۹۸	۱	۰٫۸	۰٫۹۷	۰٫۹۶	۱	۰٫۷	۰٫۷۱
QOM	۰٫۹۸	۱	۰٫۹۶	۱	۰٫۹۶	۱	۰٫۸۹	۱
MASHD	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۹	۰٫۹۹
KHRZ	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
KHJN	۱	۱	۰٫۹۹	۱	۰٫۹۳	۱	۰٫۷۴	۱
KHSH	۱	۱	۰٫۹۵	۱	۰٫۹۱	۱	۰٫۷۲	۱
AHVZ	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
KHOZS	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
KOHKL	۰٫۷۴	۰٫۹۷	۰٫۶۱	۰٫۸۸	۰٫۷۳	۰٫۹۷	۰٫۵۸	۰٫۸۸
ZNJN	۰٫۹۵	۰٫۹۸	۰٫۹۱	۰٫۹۸	۰٫۹۵	۰٫۹۸	۰٫۸۹	۰٫۹۸
GHZVN	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۹	۱
SMNAN	۰٫۹۵	۱	۰٫۹۱	۱	۰٫۹۴	۱	۰٫۸۳	۱
SYSTN	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۹	۱	۰٫۹۹	۱
KRMNSH	۰٫۹۶	۰٫۹۶	۰٫۹۴	۰٫۹۵	۰٫۷۶	۰٫۸	۰٫۶۳	۰٫۷۳
KRDS	۱	۱	۱	۱	۰٫۷۲	۰٫۷۹	۰٫۶۳	۰٫۷۷
ILAM	۰٫۷۳	۱	۰٫۶۸	۱	۰٫۶۹	۱	۰٫۶۱	۱
SHRZ	۰٫۹۵	۰٫۹۶	۰٫۸۷	۰٫۸۸	۰٫۸۶	۰٫۸۷	۰٫۶۶	۰٫۶۶
FARS	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۹	۰٫۸۷	۰٫۹۳
BUSHR	۰٫۹۸	۱	۰٫۹۷	۱	۰٫۹۶	۱	۰٫۹۳	۱
KRMNSHo	۱	۱	۰٫۹	۰٫۹۲	۱	۱	۰٫۸۶	۰٫۹
KRMNJN	۱	۱	۰٫۹۷	۱	۱	۱	۰٫۹۶	۱
GILN	۰٫۹۶	۱	۰٫۹۶	۱	۰٫۶۹	۰٫۶۹	۰٫۶۶	۰٫۶۶
MZNDRN	۰٫۸۲	۰٫۸۹	۰٫۸۲	۰٫۸۹	۰٫۶۵	۰٫۶۷	۰٫۶۴	۰٫۶۵
MAZ GH	۰٫۸۷	۰٫۹۸	۰٫۸۳	۰٫۹۷	۰٫۶۳	۰٫۸۳	۰٫۵۷	۰٫۸۱
GOLSTN	۰٫۸۹	۰٫۹۳	۰٫۸۹	۰٫۹۳	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۶	۰٫۷
HORMZGN	۰٫۹۶	۰٫۹۷	۰٫۹۵	۰٫۹۷	۰٫۹۶	۰٫۹۷	۰٫۹۵	۰٫۹۷
YZD	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰٫۹۸	۱
میانگین	۰٫۹۶	۰٫۹۸	۰٫۹۳	۰٫۹۷	۰٫۸۹	۰٫۹۳	۰٫۸	۰٫۸۹

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول شماره۵. میانگین امتیاز کارایی شرکت‌ها در مدل‌های مختلف DEA

DMU	CCR6	BCC6	IRTS6	Super SBM6	FDH6	CCR5	BCC5	IRTS5	Super SBM5	FDH5	CCR4	BCC4	IRTS4	Super SBM4	FDH4
TBRIZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۰,۸۷	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۵۲	۱,۰۰
AZSH	۰,۸۹	۰,۹۱	۰,۸۹	۰,۷۱	۱,۰۰	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۵۵	۱,۰۰	۰,۷۲	۰,۷۶	۰,۷۶	۰,۳۳	۰,۹۸
AZGH	۰,۹۴	۱,۰۰	۰,۹۴	۰,۸۴	۱,۰۰	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۷۰	۱,۰۰	۰,۷۷	۰,۷۹	۰,۷۹	۰,۴۰	۱,۰۰
ARDBL	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۱۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۵	۰,۷۸	۰,۷۸	۰,۳۱	۱,۰۰
OESF	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۸۵	۰,۸۵	۰,۵۸	۱,۰۰
SHESF	۰,۸۲	۱,۰۰	۰,۸۲	۰,۷۶	۱,۰۰	۰,۸۲	۰,۸۶	۰,۸۲	۰,۶۷	۱,۰۰	۰,۷۷	۰,۷۸	۰,۷۷	۰,۵۱	۰,۸۰
CHARM	۰,۷۷	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۶۴	۱,۰۰	۰,۷۱	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۵۶	۱,۰۰	۰,۶۶	۰,۹۰	۰,۹۰	۰,۳۷	۱,۰۰
MRKZI	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۷۲	۱,۰۰	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۶۴	۱,۰۰	۰,۷۶	۰,۷۸	۰,۷۸	۰,۵۰	۰,۹۴
HMDN	۰,۷۶	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۶۸	۱,۰۰	۰,۷۳	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۵۹	۱,۰۰	۰,۶۹	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۴۱	۰,۸۴
LORS	۰,۷۱	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۶۱	۱,۰۰	۰,۶۶	۰,۷۰	۰,۷۰	۰,۵۲	۱,۰۰	۰,۶۴	۰,۶۹	۰,۶۹	۰,۳۶	۰,۹۸
ALBRZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۵	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۷	۱,۰۰	۰,۸۲	۰,۸۲	۰,۸۲	۰,۶۴	۰,۹۳
THEBZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۱۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۲۳	۱,۰۰	۰,۷۲	۱,۰۰	۰,۷۲	۰,۶۰	۱,۰۰
OTHE	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۷۸	۱,۰۰	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۳	۰,۷۸	۰,۶۱	۰,۶۲	۰,۶۲	۰,۴۶	۰,۷۳
QOM	۰,۹۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۶	۱,۰۰	۰,۸۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۵	۱,۰۰	۰,۷۸	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۵۲	۱,۰۰
MASHD	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۶	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۵	۱,۰۰	۰,۹۵	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۵۹	۱,۰۰
KHRZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰
KHJN	۰,۹۸	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۶	۱,۰۰	۰,۹۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۷	۱,۰۰	۰,۷۹	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۳۹	۱,۰۰
KHSH	۰,۹۰	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۶۵	۱,۰۰	۰,۸۵	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۵۴	۱,۰۰	۰,۸۱	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۳۹	۱,۰۰
AHVZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۵۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۶۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۶۲	۱,۰۰
KHOZS	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۷۳	۱,۰۰	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۶۹	۱,۰۰	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۶۷	۱,۰۰
KOHKL	۰,۶۲	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۵۱	۱,۰۰	۰,۵۹	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۴۱	۱,۰۰	۰,۵۸	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۳۱	۱,۰۰
ZNJN	۰,۸۱	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۶۳	۱,۰۰	۰,۸۱	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۶۱	۱,۰۰	۰,۷۸	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۴۷	۱,۰۰
GHZVN	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۲۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۰,۹۴	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۸	۱,۰۰
SMNAN	۰,۷۷	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۶۷	۱,۰۰	۰,۷۵	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۵۷	۱,۰۰	۰,۷۳	۰,۸۵	۰,۸۵	۰,۴۴	۱,۰۰
SYSTN	۰,۸۰	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۵۷	۱,۰۰	۰,۷۹	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۵۰	۱,۰۰	۰,۷۸	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۴۰	۱,۰۰
KRMNSH	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۰,۹۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۵	۱,۰۰	۰,۶۱	۰,۸۲	۰,۸۲	۰,۴۳	۰,۹۳
KRDS	۰,۹۴	۰,۹۵	۰,۹۵	۰,۷۸	۱,۰۰	۰,۸۴	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۶۶	۱,۰۰	۰,۵۹	۰,۶۹	۰,۶۹	۰,۳۳	۰,۹۶
ILAM	۰,۶۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۵۷	۱,۰۰	۰,۵۸	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۴۷	۱,۰۰	۰,۵۵	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۳۳	۱,۰۰
SHRZ	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۷۷	۱,۰۰	۰,۷۶	۰,۷۸	۰,۷۸	۰,۶۹	۱,۰۰	۰,۶۳	۰,۶۶	۰,۶۶	۰,۴۸	۱,۰۰
FARS	۰,۷۸	۰,۸۰	۰,۷۸	۰,۶۶	۱,۰۰	۰,۷۸	۰,۷۹	۰,۷۸	۰,۶۱	۱,۰۰	۰,۷۳	۰,۷۴	۰,۷۴	۰,۴۸	۱,۰۰
BUSHR	۰,۸۷	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۷۷	۱,۰۰	۰,۸۶	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۶۹	۱,۰۰	۰,۸۵	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۶۴	۱,۰۰
KRMNSHo	۰,۹۰	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۷۵	۱,۰۰	۰,۸۷	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۶۳	۱,۰۰	۰,۸۶	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۵۱	۱,۰۰
KRMNJN	۰,۷۲	۰,۷۳	۰,۷۲	۰,۶۴	۱,۰۰	۰,۷۱	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۵۳	۱,۰۰	۰,۶۹	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۴۷	۰,۸۴
GILN	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۳	۱,۰۰	۰,۶۵	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۹	۰,۸۶
MZNDRN	۰,۸۷	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۷۴	۱,۰۰	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۶۷	۱,۰۰	۰,۵۹	۰,۶۰	۰,۶۰	۰,۳۸	۰,۷۱
MAZ GH	۰,۹۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۰	۱,۰۰	۰,۹۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۶	۱,۰۰	۰,۵۵	۰,۹۳	۰,۹۳	۰,۳۸	۱,۰۰
GOLSTN	۰,۸۲	۰,۸۵	۰,۸۵	۰,۷۰	۱,۰۰	۰,۷۸	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۶۵	۱,۰۰	۰,۵۷	۰,۶۹	۰,۶۹	۰,۳۸	۰,۹۵
HORMZGN	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۶۰	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۵۵	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۴۹	۱,۰۰
YZD	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۹۶	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۹	۱,۰۰	۰,۹۸	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۵۶	۱,۰۰
میانگین	۰,۸۸	۰,۹۳	۰,۹۲	۰,۸۲	۱,۰۰	۰,۸۵	۰,۹۱	۰,۹۰	۰,۷۴	۰,۹۹	۰,۷۵	۰,۸۴	۰,۸۳	۰,۵۱	۰,۹۶

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول شماره۶. زیر میانگین رتبه شرکت‌ها در مدل‌های مختلفDEA با متغیرهای کاهش یافته

DMU	CCR6	BCC6	IRTS 6	Super SBM6	CCR5	BCC5	IRTS 5	Super SBM5	CCR4	BCC4	IRTS 4	Super SBM4	FDH4
TBRIZ	۱	۱	۱	۷	۱	۱	۱	۶	۷	۹	۷	۱۱	۱
AZSH	۲۰	۲۵	۲۳	۲۶	۱۶	۲۳	۲۲	۳۳	۲۴	۲۹	۲۸	۳۷	۲۷
AZGH	۱۵	۱	۱۹	۱۵	۱۳	۱۹	۱۸	۱۵	۱۹	۲۵	۲۴	۲۵	۱
ARDBL	۱	۱	۱	۴	۱	۱	۱	۹	۲۸	۲۷	۲۶	۳۹	۱
OESF	۱	۱	۱	۱۰	۱	۱	۱	۸	۱۰	۲۰	۱۹	۹	۱
SHESF	۲۸	۱	۳۳	۲۱	۲۴	۲۷	۳۰	۲۱	۱۸	۲۸	۲۷	۱۳	۳۷
CHARM	۳۳	۲۴	۲۱	۳۲	۳۵	۲۰	۱۹	۳۱	۲۷	۱۵	۱۳	۳۳	۱
MRKZI	۳۱	۳۵	۳۵	۲۵	۲۷	۳۳	۳۳	۲۴	۲۰	۲۶	۲۵	۱۵	۳۱
HMDN	۳۵	۳۷	۳۷	۲۸	۳۳	۳۶	۳۶	۲۹	۲۵	۳۱	۳۰	۲۴	۳۵
LORS	۳۷	۳۹	۳۹	۳۵	۳۷	۳۸	۳۸	۳۶	۳۰	۳۴	۳۴	۳۴	۲۸
ALBRZ	۱	۱	۱	۶	۱	۱	۱	۳	۱۲	۲۲	۲۱	۵	۳۳
THEBZ	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۲	۲۳	۱	۳۲	۷	۱
OTHE	۲۲	۱	۲۶	۱۸	۳۶	۳۹	۳۹	۲۶	۳۲	۳۸	۳۸	۲۱	۳۸
QOM	۱۷	۱	۱	۱۳	۲۲	۱	۱	۱۳	۱۷	۱۱	۹	۱۲	۱
MASHD	۱	۱	۱	۵	۱	۱	۱	۴	۴	۱۲	۱۰	۸	۱
KHRZ	۱	۱	۱	۱۱	۱	۱	۱	۷	۱	۱	۱	۲	۱
KHJN	۱۳	۱	۱	۱۴	۱۲	۱	۱	۲۰	۱۴	۱	۱	۲۸	۱
KHSH	۱۹	۲۱	۱۷	۳۱	۲۰	۱۸	۱۷	۳۴	۱۳	۱۰	۸	۲۷	۱
AHVZ	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
KHOZS	۲۱	۱	۲۵	۲۴	۱۷	۱	۲۴	۱۸	۶	۱	۱۵	۴	۱
KOHKL	۳۹	۲۳	۲۰	۳۹	۳۸	۲۱	۲۰	۳۹	۳۶	۱۴	۱۲	۳۸	۱
ZNJN	۲۹	۳۰	۲۹	۳۴	۲۵	۲۶	۲۶	۲۸	۱۵	۱۸	۱۷	۲۰	۱
GHZVN	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۵	۵	۱	۱	۳	۱
SMNAN	۳۴	۲۸	۲۷	۲۹	۳۲	۲۸	۲۷	۳۰	۲۲	۱۹	۱۸	۲۲	۱
SYSTN	۳۰	۳۴	۳۴	۳۷	۲۸	۳۲	۳۲	۳۷	۱۶	۲۴	۲۳	۲۶	۱
KRMNSH	۱	۱	۱	۹	۱۴	۱	۱	۱۴	۳۳	۲۳	۲۲	۲۳	۳۲
KRDS	۱۴	۲۲	۱۸	۱۷	۲۱	۲۲	۲۱	۲۲	۳۵	۳۳	۳۳	۳۵	۲۹
ILAM	۳۸	۱	۱	۳۸	۳۹	۱	۱	۳۸	۳۹	۱	۱	۳۶	۱
SHRZ	۲۵	۳۲	۳۱	۲۰	۳۱	۳۵	۳۴	۱۷	۳۱	۳۷	۳۷	۱۸	۱
FARS	۳۲	۳۶	۳۶	۳۰	۲۹	۳۴	۳۵	۲۷	۲۱	۳۰	۲۹	۱۷	۱
BUSHR	۲۴	۲۷	۲۴	۱۹	۱۹	۲۴	۲۳	۱۶	۹	۱۶	۱۴	۶	۱
KRMNSHo	۱۸	۲۶	۲۲	۲۲	۱۸	۲۵	۲۵	۲۵	۸	۱۷	۱۶	۱۴	۱
KRMNJN	۳۶	۳۸	۳۸	۳۳	۳۴	۳۷	۳۷	۳۵	۲۶	۳۲	۳۱	۱۹	۳۶
GILN	۱	۱	۱	۸	۱۰	۱۷	۱۶	۱۱	۲۹	۳۶	۳۶	۲۹	۳۴
MZNDRN	۲۳	۲۹	۲۸	۲۳	۲۶	۳۱	۳۱	۱۹	۳۴	۳۹	۳۹	۳۲	۳۹
MAZ GH	۱۶	۱	۱	۱۶	۱۵	۱	۱	۱۲	۳۸	۱۳	۱۱	۳۱	۱
GOLSTN	۲۷	۳۱	۳۰	۲۷	۳۰	۲۹	۲۸	۲۳	۳۷	۳۵	۳۵	۳۰	۳۰
HORMZGN	۲۶	۳۳	۳۲	۳۶	۲۳	۳۰	۲۹	۳۲	۱۱	۲۱	۲۰	۱۶	۱
YZD	۱۲	۱	۱	۱۲	۱۱	۱	۱	۱۰	۳	۱	۱	۱۰	۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول شماره ۷. میانگین امتیاز کارایی شرکت‌ها در مدل‌های مختلف DEA با عکس شاخص تراکم شبکه

DMU	CCR73	BCC73	IRTS73	Super SBM73	CCR63	BCC63	IRTS63	Super SBM63	CCR53	BCC53	IRTS53	Super SBM53
TBRIZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۰,۶۹	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۶
AZSH	۰,۹۰	۰,۹۴	۰,۹۰	۰,۷۴	۰,۹۰	۰,۹۰	۰,۹۰	۰,۵۸	۰,۳۵	۰,۴۱	۰,۴۱	۰,۳۳
AZGH	۰,۹۴	۱,۰۰	۰,۹۴	۰,۸۴	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۷۲	۰,۵۳	۰,۵۴	۰,۵۴	۰,۴۷
ARDBL	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۱۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۰,۴۶	۰,۵۹	۰,۵۹	۰,۴۳
OESF	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۰,۹۱	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۸۶
SHESF	۰,۸۲	۱,۰۰	۰,۸۲	۰,۷۷	۰,۸۲	۰,۸۸	۰,۸۲	۰,۷۰	۰,۷۲	۰,۸۰	۰,۷۲	۰,۶۰
CHARM	۰,۷۹	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۶۹	۰,۷۳	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۶۳	۰,۵۹	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۵۲
MRKZI	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۷۳	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۸۰	۰,۶۷	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۵۸
HMDN	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۶۹	۰,۷۳	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۶۲	۰,۵۲	۰,۶۰	۰,۶۰	۰,۴۹
LORS	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۶۴	۰,۶۷	۰,۷۰	۰,۷۰	۰,۵۷	۰,۴۶	۰,۵۶	۰,۵۶	۰,۴۴
ALBRZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۵	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۱۰
THEBZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۱۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۲۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۳۴
OTHE	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۷۸	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۳	۰,۶۳	۰,۶۳	۰,۶۳	۰,۵۷
QOM	۰,۹۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۸۴	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۹	۰,۷۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۸
MASHD	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۶	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۵	۰,۷۹	۰,۹۰	۰,۹۰	۰,۷۵
KHRZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۰,۶۱	۰,۶۶	۰,۶۱	۰,۵۰
KHJN	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۰,۶۷	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۶۰
KHSH	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۷۵	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۶۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۲۳
AHVZ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۵۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۶۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۸۶
KHOZS	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۷۴	۰,۸۸	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۷۰	۰,۶۹	۱,۰۰	۰,۶۹	۰,۶۰
KOHKL	۰,۶۸	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۶۰	۰,۶۱	۰,۹۱	۰,۹۱	۰,۵۳	۰,۴۸	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۴۵
ZNJN	۰,۸۲	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۶۷	۰,۸۲	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۶۷	۰,۶۶	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۵۶
GHZVN	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۲۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱
SMNAN	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۴	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۴
SYSTN	۰,۸۲	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۶۶	۰,۸۱	۰,۸۶	۰,۸۱	۰,۶۳	۰,۵۰	۰,۵۴	۰,۵۰	۰,۴۸
KRMNSH	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۰,۹۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۹	۰,۹۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۲
KRDS	۰,۹۵	۰,۹۵	۰,۹۵	۰,۸۲	۰,۸۷	۰,۸۹	۰,۸۹	۰,۷۲	۰,۶۷	۰,۷۴	۰,۷۴	۰,۵۶
ILAM	۰,۷۷	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۳	۰,۷۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۹	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۰
SHRZ	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۷۷	۰,۷۸	۰,۷۸	۰,۷۱	۰,۷۷	۰,۷۸	۰,۷۸	۰,۶۸
FARS	۰,۷۹	۰,۸۶	۰,۷۹	۰,۶۹	۰,۷۹	۰,۸۱	۰,۷۹	۰,۶۷	۰,۷۷	۰,۷۸	۰,۷۷	۰,۵۹
BUSHR	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۸۱	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۷۵	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۶۹
KRMNSHo	۰,۹۲	۰,۹۸	۰,۹۲	۰,۸۳	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۸۸	۰,۷۶	۰,۷۰	۰,۷۰	۰,۷۰	۰,۶۴
KRMNJN	۰,۸۸	۰,۹۷	۰,۸۸	۰,۷۴	۰,۸۷	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۶۷	۰,۸۷	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۶۴
GILN	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۷۷	۰,۶۲
MZNDRN	۰,۸۷	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۷۵	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۸۱	۰,۶۸	۰,۶۸	۰,۶۹	۰,۶۹	۰,۵۷
MAZ GH	۰,۹۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۴	۰,۹۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۰	۰,۸۶	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۷۴
GOLSTN	۰,۸۳	۰,۸۵	۰,۸۵	۰,۷۳	۰,۸۰	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۶۹	۰,۷۵	۰,۸۲	۰,۸۲	۰,۶۲
HORMZGN	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۶۵	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۶۲	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۴۹
YZD	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۲	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۸۱
متوسط	۰,۹	۰,۹۵	۰,۹۳	۰,۸۹	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۱	۰,۸۳	۰,۷۳	۰,۸۱	۰,۸	۰,۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول شماره ۸. رتبه شرکت‌های توزیع ایران با در نظر گرفتن تراکم شبکه

DMU	CCR73	BCC73	IRTS73	Super SBM73	CCR63	BCC63	IRTS63	Super SBM6	CCR53	BCC53	IRTS53	Super SBM53
TBRIZ	۱	۱	۱	۹	۱	۱	۱	۹	۲۳	۱	۱	۱۶
AZSH	۲۱	۲۶	۲۵	۲۸	۱۸	۲۴	۲۳	۳۷	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹
AZGH	۱۷	۱	۲۰	۱۷	۱۶	۲۰	۱۹	۲۰	۳۲	۳۶	۳۶	۳۵
ARDBL	۱	۱	۱	۵	۱	۱	۱	۱۳	۳۷	۳۴	۳۴	۳۸
OESF	۱	۱	۱	۱۳	۱	۱	۱	۱۰	۸	۱۳	۱۲	۷
SHESF	۳۱	۱	۳۵	۲۴	۲۶	۲۶	۳۱	۲۴	۱۹	۲۲	۲۶	۲۱
CHARM	۳۵	۲۹	۲۴	۳۴	۳۴	۲۲	۲۱	۳۲	۳۱	۲۰	۱۹	۳۰
MRKZI	۳۳	۳۷	۳۶	۳۱	۳۰	۳۵	۳۴	۲۹	۲۴	۳۰	۳۰	۲۵
HMDN	۳۷	۳۸	۳۸	۳۳	۳۵	۳۷	۳۷	۳۶	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳
LORS	۳۸	۳۹	۳۹	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۵	۳۵	۳۷
ALBRZ	۱	۱	۱	۷	۱	۱	۱	۴	۱	۱	۱	۴
THEBZ	۱	۱	۱	۴	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۲
OTHE	۲۵	۱	۲۸	۲۲	۳۷	۳۹	۳۹	۳۴	۲۹	۳۲	۳۱	۲۷
QOM	۱۸	۱	۱	۱۶	۲۴	۱	۱	۱۶	۱۸	۱	۱	۱۴
MASHD	۱	۱	۱	۶	۱	۱	۱	۵	۱۳	۱۵	۱۴	۹
KHRZ	۱	۱	۱	۱۵	۱	۱	۱	۱۱	۳۰	۳۱	۳۲	۳۱
KHJN	۱	۱	۱	۱۱	۱	۱	۱	۱۲	۲۷	۱۶	۱۵	۲۲
KHSH	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۳
AHVZ	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
KHOZS	۲۲	۱	۲۶	۲۶	۱۹	۱	۲۵	۲۳	۲۲	۱	۲۸	۲۳
KOHKL	۳۹	۲۸	۲۲	۳۹	۳۹	۲۳	۲۲	۳۹	۳۶	۱۸	۱۷	۳۶
ZNJN	۳۲	۳۲	۳۰	۳۵	۲۷	۲۹	۲۸	۲۸	۲۸	۲۶	۲۳	۲۹
GHZVN	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۶	۱	۱	۱	۶
SMNAN	۱	۱	۱	۸	۱	۱	۱	۷	۱	۱	۱	۵
SYSTN	۳۰	۳۰	۳۴	۳۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۳	۳۵	۳۷	۳۸	۳۴
KRMNSH	۱	۱	۱	۱۰	۱۵	۱	۱	۱۷	۷	۱	۱	۱۱
KRDS	۱۶	۲۵	۱۹	۲۰	۲۳	۲۵	۲۴	۲۱	۲۶	۲۷	۲۵	۲۸
ILAM	۳۶	۱	۱	۳۰	۳۶	۱	۱	۲۵	۲۱	۱	۱	۱۲
SHRZ	۲۷	۳۵	۳۲	۲۳	۳۳	۳۶	۳۶	۲۲	۱۶	۲۴	۲۱	۱۵
FARS	۳۴	۳۳	۳۷	۳۲	۳۲	۳۴	۳۵	۳۰	۱۴	۲۳	۲۴	۲۴
BUSHR	۲۴	۲۷	۲۱	۲۱	۲۰	۲۱	۲۰	۱۹	۹	۱۴	۱۳	۱۳
KRMNSHo	۲۰	۲۳	۲۳	۱۹	۳۱	۲۷	۲۶	۱۸	۲۰	۲۸	۲۷	۱۷
KRMNJN	۲۳	۲۴	۲۷	۲۷	۳۲	۲۸	۲۷	۳۱	۱۰	۱۷	۱۶	۱۸
GILN	۱	۱	۱	۱۴	۱۴	۱	۱۸	۱۴	۱۵	۲۵	۲۲	۲۰
MZNDRN	۲۶	۳۱	۲۹	۲۵	۲۹	۳۳	۳۳	۲۷	۲۵	۲۹	۲۹	۲۶
MAZ GH	۱۹	۱	۱	۱۸	۱۷	۱	۱	۱۵	۱۱	۱	۱	۱۰
GOLSTN	۲۹	۳۴	۳۱	۲۹	۳۱	۳۱	۲۹	۲۶	۱۷	۲۱	۲۰	۱۹
HORMZGN	۲۸	۳۶	۳۳	۳۷	۲۵	۳۲	۳۰	۳۵	۳۴	۳۸	۳۷	۳۲
YZD	۱	۱	۱	۱۲	۱	۱	۱	۸	۱۲	۱۹	۱۸	۸

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول شماره۹. امتیاز کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران از روش SFA

	2 OUT				2 OUT			
	7		6		6		5	
DMU	delta	delta y	delta n	delta y	delta n	delta y	delta n	delta y
TBRIZ	۰,۹۴	۰،۸۵	۰،۷۱	۰،۷۶	۰،۸۵	۰،۹۴	۰،۸۸	۰،۸۲
AZSH	۰،۸۵	۰،۷۵	۰،۵۸	۰،۶۴	۰،۹	۰،۸۴	۰،۷۶	۰،۶۹
AZGH	۰،۹	۰،۷۹	۰،۶۳	۰،۶۹	۰،۸۱	۰،۸۹	۰،۸۳	۰،۷۵
ARDBL	۰،۸۱	۰،۷۲	۰،۵۴	۰،۶۱	۰،۹۵	۰،۸	۰،۷۲	۰،۶۴
OESF	۰،۹۵	۰،۸۷	۰،۷۴	۰،۷۸	۰،۹۵	۰،۹۵	۰،۸۹	۰،۸۴
SHESF	۰،۹۵	۰،۸۷	۰،۷۴	۰،۷۸	۰،۸۱	۰،۹۵	۰،۹	۰،۸۴
CHARM	۰،۸۱	۰،۷۵	۰،۵۸	۰،۶۵	۰،۹۳	۰،۸	۰،۷۲	۰،۶۵
MRKZI	۰،۹۳	۰،۸۶	۰،۷۲	۰،۷۸	۰،۸۵	۰،۹۳	۰،۸۷	۰،۸
HMDN	۰،۸۵	۰،۷۸	۰،۶۴	۰،۶۹	۰،۸۳	۰،۸۵	۰،۷۷	۰،۷۱
LORS	۰،۸۳	۰،۷۶	۰،۶۲	۰،۶۷	۰،۹۸	۰،۸۲	۰،۷۶	۰،۷
ALBRZ	۰،۹۸	۰،۸۹	۰،۷۸	۰،۸۴	۰،۹۹	۰،۹۸	۰،۹۵	۰،۸۹
THEBZ	۰،۹۸	۰،۸۷	۰،۸۱	۰،۸۸	۰،۹۳	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۳
OTHE	۰،۹۳	۰،۸۵	۰،۷۴	۰،۸	۰،۹۳	۰،۹۳	۰،۸۷	۰،۸۲
QOM	۰،۹۳	۰،۸۶	۰،۷۳	۰،۷۶	۰،۹۹	۰،۹۲	۰،۸۶	۰،۸۱
MASHD	۰،۹۹	۰،۸۹	۰،۷۵	۰،۸۲	۰،۹۸	۰،۹۹	۰،۹۶	۰،۸۸
KHRZ	۰،۹۸	۰،۸۸	۰،۷۲	۰،۷۹	۰،۸۳	۰،۹۷	۰،۹۳	۰،۸۴
KHJN	۰،۸۳	۰،۷۵	۰،۵۶	۰،۶۲	۰،۸۲	۰،۸۲	۰،۷۲	۰،۶۴
KHSH	۰،۸۲	۰،۷۴	۰،۵۶	۰،۶۱	۰،۹۹	۰،۸۱	۰،۷۲	۰،۶۴
AHVZ	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۹
KHOZS	۰،۹۹	۰،۹۶	۰،۹۴	۰،۹۶	۰،۷۸	۰،۹۹	۰،۹۹	۰،۹۷
KOHKL	۰،۷۹	۰،۷۵	۰،۶۱	۰،۶۶	۰،۹۲	۰،۷۸	۰،۶۹	۰،۶۴
ZNJN	۰،۹۲	۰،۸۶	۰،۷	۰،۷۷	۰،۹۹	۰،۹۲	۰،۸۵	۰،۷۷
GHZVN	۰،۹۹	۰،۹۳	۰،۷۸	۰،۸۴	۰،۸۹	۰،۹۹	۰،۹۳	۰،۸۶
SMNAN	۰،۸۹	۰،۸۳	۰،۶۸	۰،۷۱	۰،۸۸	۰،۸۸	۰،۸	۰،۷۵
SYSTN	۰،۸۸	۰،۸	۰،۶۶	۰،۷۱	۰،۸۳	۰،۸۷	۰،۸۳	۰،۷۶
KRMNSH	۰،۸۳	۰،۷۵	۰،۶	۰،۶۶	۰،۸	۰،۸۲	۰،۷۵	۰،۶۹
KRDS	۰،۸	۰،۷۲	۰،۵۶	۰،۶۲	۰،۷۸	۰،۷۹	۰،۷۲	۰،۶۵
ILAM	۰،۷۸	۰،۷۵	۰،۶	۰،۶۵	۰،۸۸	۰،۷۸	۰،۷	۰،۶۴
SHRZ	۰،۸۸	۰،۸۱	۰،۶۹	۰،۷۳	۰،۹	۰،۸۸	۰،۸۱	۰،۷۶
FARS	۰،۹	۰،۸۳	۰،۷	۰،۷۵	۰،۸۹	۰،۸۹	۰،۸۴	۰،۷۸
BUSHR	۰،۸۹	۰،۸۷	۰،۸۱	۰،۸۵	۰،۹۳	۰،۸۸	۰،۸۵	۰،۸۱
KRMNSHo	۰،۹۴	۰،۸۶	۰،۷	۰،۷۵	۰،۸۹	۰،۹۳	۰،۸۵	۰،۷۹
KRMNJN	۰،۹	۰،۸۵	۰،۷۱	۰،۷۸	۰،۸۴	۰،۸۹	۰،۸۳	۰،۷۶
GILN	۰،۸۳	۰،۷۴	۰،۶۱	۰،۶۸	۰،۸۳	۰،۸۳	۰،۷۹	۰،۷۲
MZNDRN	۰،۸۳	۰،۷۵	۰،۶۴	۰،۷	۰،۷۸	۰،۸۳	۰،۸	۰،۷۳
MAZ GH	۰،۷۸	۰،۷۲	۰،۵۹	۰،۶۴	۰،۷۸	۰،۷۸	۰،۷۲	۰،۶۶
GOLSTN	۰،۷۸	۰،۷۳	۰،۶۲	۰،۶۶	۰،۹۳	۰،۷۸	۰،۷۵	۰،۶۹
HORMZGN	۰،۹۳	۰،۸۹	۰،۸۱	۰،۸۵	۰،۹۵	۰،۹۳	۰،۹۱	۰،۸۶
YZD	۰،۹۶	۰،۸۸	۰،۷۲	۰،۷۶	۹۶	۰،۹۵	۰،۸۸	۰،۸۲
میانگین	۰،۸۹	۰،۸۲	۰،۶۹	۰،۷۴	۰،۸۹	۰،۸۹	۰،۸۳	۰،۷۷

منبع: یافته‌های تحقیق