فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال چهارم/ شماره ۱۲/ پاییز ۱۳۹۷/ صفحات ۲۶۳-۲۳۱

اندازه‌گیری فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی: مطالعه موردی صنعت توزیع برق ایران

سید محمد میرهاشمی دهنوی
دکتری اقتصاد دانشگاه شیراز
mohamadmirhashemi.88@gmail.com

حسین مرزبان
دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز
dr.marzban@gmail.com

احمد صدرایی جواهری
دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز
asjavaher@gmail.com

سید مرتضی میردهقان اشکذری
دانشیار بخش ریاضی دانشگاه شیراز
mirdehghan@shirazu.ac.ir

دستیابی به بهره‌وری و کارایی بالا در صنعت توزیع برق کشور با توجه به وضعیت این صنعت ضروری بوده و از طرف دیگر مسأله اصلی در رویکردهای تنظیم مقررات انگیزشی استفاده از یک معیار مناسب جهت اندازه‌گیری کارایی و رشد بهره‌وری است. این شاخص در تنظیم مقررات انگیزشی فاکتور X بوده که هدف اصلی این تحقیق اندازه‌گیری آن در صنعت توزیع برق ایران است. به منظور دسترسی به هدف تحقیق از داده‌های شرکت‌های توزیع برق ایران در دوره زمانی ۱۳۹۳- ۱۳۸۳ و یک مدل ارائه شده برای تحلیل پوششی داده‌ها با وجود نهاده‌های قابل کنترل و غیرقابل کنترل و ستاده‌های مطلوب و نامطلوب استفاده شد. نتایج مربوط به محاسبه شاخص بهره‌وری مشخص کردند که شرکت‌های توزیع برق کارا باید هر ساله ۳/۰۶ درصد بهره‌وری کل عوامل تولید خود را رشد دهند. شرکت‌هایی که غیرکارا بایستی بهره‌وری کل عوامل تولید خود را بیش از این میزان رشد دهند. بیشترین مقدار فاکتور X در دوره زمانی۱۳۹۳- ۱۳۸۳ مربوط به شرکت توزیع برق شمال کرمان بوده که ۰/۰۷۰۳ به‌دست آمده است که نشان می‌دهد تنظیم‌کننده باید به دنبال ۷/۰۳ درصدی در بهره‌وری شرکت توزیع برق شمال کرمان باشد.

واژگان کلیدی: تنظیم مقررات انگیزشی، فاکتور X، صنعت توزیع برق ایران، تحلیل پوششی داده‌ها.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

۱. مقدمه

تا قبل از معرفی تنظیم مقررات انگیزشی[1]، تنظیم‌کنندگان[2] بازار برق از رویکردهای سنتی تنظیم مقررات مانند تعیین تعرفه بر مبنای نرخ بازدهی[3] استفاده می‌کردند. بر اساس این نوع از تنظیم مقررات، شرکت‌های توزیعی برق قادر به دریافت قیمتی برابر با هزینه برآوردی خود به اضافه مقداری برای بازدهی سرمایه خود هستند. اشکال اصلی این رویکرد عدم وجود انگیزه برای افزایش کارایی و کاهش هزینه است؛ ازاین‌رو بسیاری از تنظیم‌کنندگان در کشورهای مختلف به سمت جایگزین کردن رویکرد سنتی و ناکارای تعیین نرخ بر مبنای هزینه[4] با رویکردهای تعیین نرخ بر مبنای عملکرد[5] و یا تنظیم مقررات انگیزشی هستند. این‌گونه تنظیم مقررات به تنظیم‌کنندگان کمک می‌کند که شکاف عملکرد را بین شرکت‌های توزیعی در یک دوره زمانی کاهش پیدا داده و پس از آن از رویکرد مبتنی بر ملاک‌های مطلوب[6] استفاده کنند. به عبارت بهتر هدف استفاده از تنظیم مقررات‌های انگیزشی، استفاده از رویکردهای رقابتی مانند تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب است (جماسب و پولیت[7]، ۲۰۰۸: ۱۷۸۹). به‌طور کلی می‌توان گفت به دلیل ناکارایی رویکردهای سنتی تنظیم مقررات قیمتی در صنعت توزیع برق، اصلاحات در تنظیم مقررات[8] به‌عنوان یکی از قسمت‌های عمده اصلاحات در صنایع با انحصار طبیعی مانند صنعت عرضه برق انجام شد (جوسکو[9]، ۲۰۰۶: ۱۲۲۸). یک تنظیم مقررات مؤثر

1. Incentive Regulation
2. Regulator
3. Rate of Return Regulation
4. Cost-Plus Regulation
5. Performance-Based Regulation
6. Yardstick Regulation
7. Jamasb and Pollitt
8. Regulation
9. Joskow

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

می‌تواند باعث افزایش کارایی شرکت‌های توزیعی شده و از این راه هزینه‌های توزیع برق را کاهش دهد و از طرف دیگر می‌تواند رقابت را در این بخش‌ها تسهیل کند.

معروف‌ترین رویکرد تنظیم مقررات انگیزشی یعنی تنظیم مقررات سقف قیمت[1] است. رویکرد تنظیم مقررات سقف قیمت اولین بار توسط لیتل چایلد[2] (۱۹۸۳) مطرح و در اواسط دهه ۱۹۸۰ در بخش‌های گاز، برق، تلفن و آب کشورها انگلستان، نیوزیلند و آمریکای لاتین به‌کار گرفته شد. تنظیم مقررات سقف درآمد[3] یکی دیگر از صورت‌های تنظیم مقررات بوده که به‌عنوان یک گزینه جانشین برای تنظیم مقررات سقف قیمت، همیشه مورد توجه بوده است. این نوع از تنظیم مقررات نیز معمولاً توسط تنظیم‌کنندگان مخصوصاً در صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرد (جماسب و پولیت، ۲۰۰۱: ۲؛ ویلجاینن و همکاران[4]، ۲۰۰۴: ۲). از دیگر رویکردهای معروف تنظیم مقررات انگیزشی می‌توان از تنظیم مقررات انگیزشی می‌توان به تنظیم مقررات تسهیم سود[5] یا مقیاس تغییر[6]، نرخ بازدهی محدودشده[7]، تنظیم مقررات مبتنی بر نرخ بازدهی محدودشده[8]، تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب[9] و تنظیم مقررات فهرست قراردادها[10] اشاره کرد. مالکوم و کوئین[11] (۲۰۰۰) اجزای اصلی رویکردهای تنظیم مقررات انگیزشی را تصمیم در مورد چگونگی سنجش تورم، تنظیم فاکتور X و تصمیم اینکه چه هزینه‌هایی مجازند در قیمت‌ها دیده شوند می‌دانستند (عبادی و دودابی‌نژاد، ۱۳۹۰)؛ که می‌توان گفت مهمترین ویژگی مشترک تنظیم مقررات انگیزشی استفاده از یک معیار برای سنجش

1. Price Cap
2. Littlechild
3. Revenue Cap
4. Viljainen et al.
5. Profit Sharing
6. Sliding Scale
7. Bounded ROR
8. Banded Rate of Return Regulation
9. Yardstick Regulation
10. Menu of Contract Regulation
11. Makholm et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

کارایی شرکت‌های تحت تنظیم است؛ که این تعیین معیار[1] را می‌توان مقایسه عملکرد واقعی در مقابل عملکرد پایه تعریف کرد (جماسب و پولیت، ۲۰۰۱: ۵).

ساختار توزیع نیروی برق در کشور بر اساس شرکت‌داری و از سوی شرکت‌های توزیع برق اداره می‌شود. به این ترتیب که شرکت‌های توزیع برق مطابق با بند ۴ ماده واحده قانون استقلال شرکت‌های توزیع برق در استانها مصوب ۱۳۸۴، برق را در سطح ولتاژ متوسط طبق مقررات بازار برق خریداری کرده و به مشترکین خود به فروش می‌رساند (نظری منتظرو سیمایی صراف، ۱۳۹۶). شرکت‌های توزیع برق ایران با مشکلات متعددی مواجه هستند که از جمله آن می‌توان به: عدم شفافیت در مالکیت آن‌ها، عدم وحدت رویه دستگاه‌های نظارتی توزیع در خصوص تنظیم روابط، اخذ مجوزها، عقد قراردادها، نحوه و میزان نظارت، چارچوب قراردادها و قوانین تعیین قیمت، ضرردهی قراردادهای بهره‌برداری، مشکلات نقدینگی شرکت‌ها و عدم پرداخت به‌موقع وضعیت‌های ارسالی به برق منطقه‌ای، عدم هماهنگی بخش‌های فوق توزیع در مراحل طراحی، تصویب و اجرای طرح‌های فوق توزیع با بخش توزیع، کمبود پیمانکاران ماهر و باسابقه در بخش‌های بهره‌برداری و اصلاح، عدم وجود یک سیستم مالی جامع، عدم تعیین دقیق بهای تمام‌شده ارائه خدمات، عدم وجود سیستم برنامه‌ریزی مناسب در شرکت‌های توزیع، عدم استفاده بهینه از دانش فنی و فنّاوری‌های جدید، عدم وجود اطلاعات تدوین‌شده از مشکلات بهره‌برداری و فنی شرکت، عدم تخصیص بهینه اعتبارات سرمایه‌ای بخش توزیع و همچنین مواردی از جمله سرقت برق و تجهیزات شرکت‌های توزیع برق، اشاره کرد. برای مواجهه با این مشکلات روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از این روش‌هایی که به نظر می‌تواند برخی از این مشکلات از جمله ضرردهی، نظارت و همچنین تعیین قیمت مناسب برای خدمات توزیع را حل کند، اعمال یک تنظیم مقررات کارا و مؤثر است.

1. Benchmorking

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

بر طبق دستورالعمل هیئت تنظیم بازار برق، نرخ خدمات توزیع برق برای شرکت توزیع i ام به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Rate^{i}_{\text{هزینه‌های خدمات}} = Rate^{i}_{\text{هزینه‌های عملیاتی}} + Rate^{i}_{\text{هزینه‌های سرمایه‌ای}} + Rate^{i}_{\text{هزینه‌های خدمات جانبی}} + Rate^{i}_{\text{هزینه‌های تلفات تأمین}} \quad (۱)$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، رویکرد تعیین نرخ برای خدمات توزیع برق یک رویکرد مبتنی بر هزینه بوده و بر اساس این نوع از تنظیم مقررات، شرکت‌های توزیعی برق قادر به دریافت قیمتی برابر با هزینه برآوردی خود به اضافه مقداری برای بازدهی سرمایه خود هستند. ازاین‌رو گرایش به سمت جایگزین کردن رویکرد سنتی و ناکارای تعیین نرخ بر مبنای هزینه با رویکردهای تعیین نرخ بر مبنای عملکرد یا تنظیم مقررات انگیزشی بیش‌ازپیش در صنعت توزیع برق ایران ضروری به نظر می‌رسد. از طرف دیگر ضرورت دستیابی به بهره‌وری و کارایی بالا در صنعت توزیع برق کشور با توجه به ساختار این صنعت، افزایش روز افزون تقاضای برق و همچنین وابستگی شدید سایر صنایع به این صنعت امری حیاتی است (امامی میبدی و همکاران، ۱۳۹۶).

به کار بردن تنظیم مقررات انگیزشی بجای تنظیم مقررات کنونی، در مطالعات مختلفی بیان‌شده است؛ حال آن‌که اولین قدم در اعمال تنظیم مقررات انگیزشی، استفاده از یک معیار مشخص و کامل برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری شرکت‌های توزیع برق است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در مطالعات متعددی به بررسی کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران پرداخته شده ولی مطالعه‌ای که در آن به اندازه‌گیری فاکتور X بپردازد یافت نشد. همچنین در هیچکدام از مطالعات مربوط به اندازه‌گیری کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[1]) نهاده‌ها و ستاده‌های مورد استفاده بر حسب قابلیت کنترل و همچنین مطلوب بودن تفکیک نشده‌اند. با توجه به آنچه بیان شد، این مطالعه به دنبال پاسخگویی به این سوال است: "در صورتی‌که سازمان

1. Data Envelopment Analysis

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

تنظیم مقررات به دنبال تعیین قیمت بر اساس رویکردهای مبتنی بر عملکرد باشد، به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد از چه شاخص و چه روش‌هایی بایستی استفاده کرده و مقدار فاکتور X برای شرکت‌های مورد نظر در هر سال چقدر خواهد بود؟"

به عبارت بهتر هدف این مطالعه استفاده از یک روش مناسب برای تعیین فاکتور X در شرکت‌های توزیع برق ایران به‌منظور به‌کارگیری در اعمال تنظیم مقررات انگیزشی است. از این‌رو بنابر ادبیات موجود، در ابتدا باید شرکت‌های کارا به‌عنوان مرجع تعیین فاکتور X مشخص شده و سپس به اندازه‌گیری فاکتور X پرداخته شود که روند محاسبه آن در قسمت چهارم این مقاله توضیح داده شده است. از این‌رو مطالعه حاضر به شش بخش کلی تقسیم شده که در بخش دوم این مقاله به ارائه توضیحات مختصری از رویکردهای مختلف تنظیم مقررات انگیزشی و روش‌های مختلف اندازه‌گیری فاکتور X پرداخته می‌شود. بخش سوم مقاله به مروری بر مطالعات پیشین در این زمینه پرداخته می‌شود و در بخش چهارم مدل موردنظر در این تحقیق ارائه شده و ضمن ارائه ورودی‌ها و خروجی‌های مدل، داده‌های مورد استفاده در تحقیق نیز توصیف می‌شود. در بخش پنجم این مطالعه نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق بیان شده و در پایان نیز به بیان خلاصه تحقیق و نتیجه به‌دست‌آمده از تحقیق پرداخته می‌شود.

۲. پیشینه تحقیق

از آنجایی‌که فاکتور X در واقع فاکتور تعدیل قیمت تنظیم شده شرکت تحت تنظیم بر حسب عملکرد و کارایی شرکت مورد نظر بوده و از طرف دیگر در مطالعات قبلی کمتر از این دیدگاه به اندازه‌گیری کارایی پرداخته شده است؛ در اینجا تحقیقات نزدیک به تحقیق حاضر، که همان تحقیقات مربوط به محاسبه کارایی و بهره‌وری است، ارائه می‌شود. در مورد محاسبه کارایی و بهره‌وری شرکت‌های توزیع برق، چه در ایران و چه در خارج از ایران مطالعات مختلفی انجام شده است که هر کدام از این مطالعات با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری به برآورد کارایی شرکت‌های توزیع برق پرداخته‌اند. از جمله این مطالعه می‌توان به مطالعات فلاحی و احمدی (۱۳۸۴)، فلاحی و احمدی (۱۳۸۵)، زیبا (۱۳۸۷)، لاریجانی و همکاران (۱۳۹۱)، آزاده و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

همکاران (۱۳۸۷)، عباسی و ابراهیم (۱۳۸۷)، قادری و همکاران (۱۳۸۷)، سخنور و همکاران (۱۳۹۰)، سخنور و همکاران (۱۳۹۲)، زراءنژاد و یوسفی حاجی آباد (۱۳۹۰)، سخنور و همکاران (۱۳۹۱)، علی‌محمدلو و همکاران (۱۳۹۵)، فلاح جلودار (۱۳۹۵)، کلین و همکاران[1] (۱۹۹۲)، میلیوتیس[2] (۱۹۹۲)، برنز و ویمن جونز[3] (۱۹۹۶)، باغدادیاقلو و همکاران[4] (۱۹۹۶)، کرو و کلیندورفر[5] (۱۹۹۶)، جالمارسن و ویدرپس[6] (۱۹۹۶)، ژانگ و بارتلز[7] (۱۹۹۸)، فورساند و کیتلسن[8] (۱۹۹۸)، امامی میبدی[9] (۱۹۹۸)، برنستین و ساپینگتون[10] (۱۹۹۹)، پارادینا و روسی[11] (۲۰۰۰)، فلیپینی و همکاران[12] (۲۰۰۱)، جماسب و پولیت[13] (۲۰۰۲)، چن[14] (۲۰۰۲)، پاکودان و گوزمن[15] (۲۰۰۲)، رزنده[16] (۲۰۰۲)، هاتوری[17] (۲۰۰۲)، ادواردسن و فورساند[18] (۲۰۰۳)، کورهونن و سیرجانن[19] (۲۰۰۳)، فیلیپینی و همکاران[20] (۲۰۰۴)، موریسامی دورایسامی[21] (۲۰۰۴)، جونیور و تکسیرا[22] (۲۰۰۴)، استاچه و همکاران[23] (۲۰۰۴)، فیلیپینی و همکاران[24] (۲۰۰۵)،

1. Klein et al.
2. Miliotis
3. Burns and Weyman-Jones
4. Bagdadioglu et al.
5. Crew and Kleindorfer
6. Hjalmarsson and Veiderpass
7. Zhang and Bartels
8. Førsund and Kittelsen
9. Emami Meibodi
10. Bernstein and Sappington
11. Rodríguez Pardina and Rossi
12. Filippini et al.
13. Jamasb and Pollitt
14. Chen
15. Pacudan and de Guzman
16. Resende
17. Hattori
18. Edvardsen and Førsund
19. Korhonen and Syrjänen
20. Filippini, Hrovatin et al
21. Munisamy-Doraisamy
22. Júnior and Teixeira
23. Estache et al.
24. Filippini et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

جیاناکیس و همکاران[1] (۲۰۰۵)، ون هرشهاسن و همکاران[2] (۲۰۰۶)، هس و کالمن[3] (۲۰۰۷)، گوتو و تسوتسویی[4] (۲۰۰۸)، گوتو و سوئیوشی[5] (۲۰۰۹)، سام چائو[6] (۲۰۰۹)، راموس ریل و همکاران[7] (۲۰۰۹)، گروش و همکاران[8] (۲۰۰۹)، هوانگ و همکاران[9] (۲۰۱۰)، کوسمانن[10] (۲۰۱۲)، سلن[11] (۲۰۱۳)، داسگوپتا و آتماناند[12] (۲۰۱۳)، ده سوزا و همکاران[13] (۲۰۱۴)، چنگ و همکاران[14] (۲۰۱۴)، نایمر و همکاران[15] (۲۰۱۴)، ژاویر و همکاران[16] (۲۰۱۵)، ساستوموینن و کوسمانن[17] (۲۰۱۶)، مهر و ساهو[18] (۲۰۱۶)، زکریا و نورین[19] (۲۰۱۶) و آرکوس وارگاس و همکاران[20] (۲۰۱۷) اشاره کرد که در ادامه به مرور تعدادی از این مطالعات پرداخته می‌شود.

برخی از مطالعه به بررسی عوامل موثر بر کارایی پرداخته‌اند که در این مطالعات در ابتدا کارایی اندازه‌گیری شده و در ادامه به بررسی عوامل موثر بر آن پرداخته شده است. به‌عنوان مثال سلن (۲۰۱۳) با استفاده از داده‌های ۲۱ شرکت توزیع برق در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ و روش تحلیل پوششی داده‌ها و همچنین رگرسیون توبیت به بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری پرداخته و

1. Giannakis et al.
2. Von Hirschhausen et al.
3. Hess and Cullmann
4. Goto and Tsutsui
5. Goto and Sueyoshi
6. Sum Chau
7. Ramos-Real et al.
8. Growitsch et al.
9. Huang et al.
10. Kuosmanen
11. Çelen
12. Dasgupta and Atmanand
13. de Souza et al.
14. Cheng et al.
15. Naimer et al.
16. Xavier et al.
17. Saastamoinen and Kuosmanen
18. Meher and Sahu
19. Zakaria and Noureen
20. Arcos-Vargas et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

به این نتیجه رسیدند که چگالی مشتریان و همچنین نوع مالکیت اثر مثبت بر کارایی شرکت‌های توزیع برق در ترکیه داشته است.

در مطالعات دیگر فقط کارایی و یا بهره‌وری عوامل تولید اندازه‌گیری شده است. ده‌سوزا و همکاران (۲۰۱۴) باا استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها نشان دادند که میانگین ناکارایی در گروه‌های مختلف از شرکت‌های توزیع برق برزیل از ۶ تا ۷ درصد متغیر بوده است. مهر و ساهور (۲۰۱۶) نیز به منظور اندازه گیری کارایی شرکت‌های توزیع در ۱۷ ایالت هند از روش تحلیل پوششی داده‌ها و داده‌های دوره زمانی ۲۰۱۳- ۲۰۱۲ استفاده کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که ۲۹ شرکت از ۴۰ شرکت مورد مطالعه ناکارا هستند. از طرف دیگر مطالعه‌ای دیگر در پاکستان توسط زکریا و نورین (۲۰۱۶) به‌منظور تحلیل اثر بخشی هزینه در شرکت‌های توزیع برق انجام شد. نتایج این مطالعه با استفاده از روش تحلیل مرزهای تصادفی (SFA) نشان داد که به‌طور متوسط کارایی شرکت‌های توزیع برق در پاکستاندر دوره زمانی ۲۰۱۳- ۲۰۰۳، ۷۲/۵ درصد است.

در مطالعات داخلی نیز بیشتر به دنبال بررسی کارایی، بهره‌وری و همچنین روند این‌دو در شرکت‌های توزیع برق ایران بوده‌اند. در مطالعات داخلی روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری کارایی استفاده شده است. سخنور و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به تحلیل ساختار و روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران با استفاده از داده‌های پنجره‌ای پرداختند. بر اساس نتایج این تحقیق، میانگین کارایی پنجره ای گروه‌های ۱ و ۲ با توجه به فرامرز تحت هر دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب روند صعودی و نزولی داشته است. آنان همچنین در این مطالعه به‌دست آوردند که خصوصی سازی در کوتاه مدت دارای اثر معنی داری بر کارایی نبوده است اما در بلندمدت اثر مثبت معنی داری دارد. این مطالعه از مطالعاتی است که هم به اندازه‌گیری کارایی پرداخته و هم عوامل موثر بر آن بررسی شده است. سخنور و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای دیگر نیز به اندازه‌گیری و بررسی عوامل موثر بر کارایی شرکت‌های توزیع برق پرداخته‌اند. در این مطالعه نیز از روش تحلیل پوششی داده‌ها و گروه‌های مختلف شرکت‌های توزیع استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

داد که در بین شرکت‌های گروه اول شرکت توزیع برق خراسان و در بین شرکت‌های گروه دوم شرکت توزیع برق غرب استان تهران و شهرستان اصفهان دارای بیشترین کارایی هستند؛ آنان همچنین نشان دادند که خصوصی سازی اثر مثبت و عامل بار شبکه اثر منفی بر کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران داشته است. سخنور و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای دیگر نیز به ارزیابی کارایی و عوامل موثر بر آن در شرکت‌های توزیع برق ایران ایران پرداختند. در این مطالعه از یک تابع فاصله مرزی و فرامرزی تصادفی استفاده و مانند دو مطالعه قبلی شرکت‌های توزیع برق به دو گروه با چگالی پایین و بالا تقسیم شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که در افق کوتاه مدت یا با توجه به مرز گروه‌ها و در افق بلندمدت یا با توجه به فرامرز برای شرکت‌های توزیع برق، صرفه‌های ناشی از تنوع وجود نداشته و افزایش ضریب بار شبکه باعث کاهش کارایی در گروه ۱ و در بلندمدت و افزایش کارایی گروه ۲ می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر علی‌محمدلو و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه به ارزیابی عملکرد شرکت‌های توزیع برق ایران پرداختند. این مطالعه از جمله مطالعاتی است که فقط به اندازه‌گیری کارایی پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، شرکت توزیع برق شهرستان مشهد در میان ۳۹ شرکت بررسی شده، حائز رتبه اول است. در صورتی که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های سنتی، ده شرکت دیگر نیز روی مرز کارایی قرار می‌گرفتند.

۳. مبانی نظری

قبل از طراحی تنظیم مقررات انگیزشی، اقتصاددانان در عمل از قیمت‌گذاری رمزی استفاده می‌کردند. در طول دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ بویتکس[1] به دلیل ارائه نظریات خود در مورد تنظیم مقررات قیمتی و کاربرد آن در صنعت برق فرانسه، معروف شد. معرفی تنظیم مقررات انگیزشی در بریتانیا با بهبود تکنولوژی و افزایش تقاضا شدت گرفت (کرو و کلیندورفر[2]، ۱۹۶۶) و

1. Boiteux
2. Crew and Kleindorfer

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

راه‌حل‌های ارائه‌شده در این زمینه ناشی از پیشنهادها لیتل‌چایلد[1] (۱۹۸۳) بود که نظر وی هم از مطالعات باومول (۱۹۸۵)، سودیت[2] (۱۹۷۹)، کرو[3] (۱۹۷۹) و همچنین مطالعه وگلسانگ و فینسینگر[4] (۱۹۷۹) ناشی می‌شد. لافونت و تیرول[5] (۱۹۹۳) مدل ساده و مهم زیر را برای تنظیم مقررات انگیزشی پیشنهاد کرد:

$$Revenue = a + b\,.\,Costs \qquad (۲)$$

که در این رابطه Revenue درآمد واقعی تحقق‌یافته[6]، a پرداختی ثابت است که به‌صورت برون‌زا تعیین می‌شود[7]، b نسبت اشتراک برون‌زا[8] که اندازه آن بین صفر و یک است و Cost نیز هزینه تحقق‌یافته[9] است. لافونت و تیرول نشان دادند که انگیزه بنگاه‌ها برای کاهش هزینه‌ها رابطه معکوسی با اندازه نسبت اشتراک یعنی b دارد. به‌عبارت‌دیگر وقتی‌که b کاهش پیدا کند، ریسک بنگاه‌ها برای هزینه افزایش پیدا کرده و در نتیجه آن توانایی آنان برای کاهش هزینه‌ها افزایش پیدا می‌کند. آنان تعیین b بالا را تنظیم مقررات انگیزشی باقدرت پایین[10] و تعیین مقدار پایین برای b را تنظیم مقررات انگیزشی باقدرت بالا[11] نامیدند. همان‌طور که بیان شد، رویکردهای معروف تنظیم مقررات انگیزشی، سقف قیمت، سقف درآمد، نرخ بازدهی محدودشده، تسهیم سود یا مقیاس تغییر، تنظیم مقررات مبتنی بر نرخ بازدهی محدودشده، تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب و تنظیم مقررات فهرست قراردادها بوده که در ادامه به‌صورت مختصر به آن اشاره خواهد شد.

1. Littlechild
2. Sudit
3. Crew
4. Vogelsang and Finsinger
5. Laffont and Tirole
6. Actual (ex post) Revenues Received
7. Fixed Payment, set ex ante
8. Ex ante Sharing Fraction
9. Ex post costs
10. Low-powered
11. High-Powered

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

تنظیم مقررات تسهیم سود یا مقیاس تغییر یکی از قدیمی‌ترین روش‌های انگیزشی تنظیم مقررات بوده که تاریخ استفاده از آن به قرن نوزدهم در انگلستان برمی‌گردد (کیو و والتی[1]، ۲۰۰۰). این روش از تنظیم مقررات به مشتریان این امکان را می‌دهد تا بتوانند از سود به‌دست‌آمده توسط بنگاه‌ها مشارکت کنند. این روش به خاطر اینکه سود باید موردتوافق برای هر دوره قرا بگیرد، از نظر مدیریتی بسیار مشکل است؛ همچنین این مشکل زمانی که بعضی از خدمات بنگاه‌ها تنظیم‌شده باشند، بیشتر خواهد شد. این رویکرد توسط شرکت برق آمریکا و در دو دهه اول قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفت اما به دلیل زیان شرکت‌های مربوطه کنار گذاشته شد. تنظیم مقررات تسهیم سود دوباره در دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ پرکاربرد شد اما جدیداً این روش تا حدودی منسوخ شده است.

رویکرد دیگر و معروف تنظیم مقررات انگیزشی، تنظیم مقررات سقف قیمت است. صورت کلی تنظیم سقف قیمت برای بنگاه m در زمان t به‌صورت زیر است:

$$\bar{P}_{\mathrm{m,t}} = \bar{P}_{\mathrm{m,t-1}} \times (1 + \mathrm{I} - \mathrm{X}) \pm \mathrm{Z} \qquad (۳)$$

که در رابطه ۰ $\bar{P}_{\mathrm{m,t}}$ قیمت موردنظر در زمان t، I درصد تغییرات سالانه قیمت‌ها، X فاکتور بهره‌وری و یا همان فاکتور X و Z عامل تصحیح برای عوامل خارج از کنترل مدیریت بنگاه هستند. در این رویکرد تنظیم قیمت، تنظیم‌کننده یک قیمت اولیه در نظر می‌گیرد. این قیمت و یا میانگینی از قیمت‌های تنظیم‌شده برای مشتریان مختلف، در سال‌های مختلف بر اساس نرخ تورم و شاخص بهره‌وری تعدیل می‌شود (جماسب و پولیت، ۲۰۰۱: ۵).

تحت تنظیم مقررات سقف درآمد، تنظیم‌کننده به بنگاه اجازه کسب درآمد در یک سقف مشخص را داده و صورت کلی این رویکرد در رابطه ۰ آورده شده است:

$$\bar{R}_{m,t} = (\bar{R}_{m,t-1} + CGA \times DCUST) \times (1 + I - X) \pm Z \qquad (۴)$$

1. Cave and Valletti

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

در رابطه ، $\bar{R}_{m,t}$ مقدار درآمد سقف برای بنگاه m در زمان t، CGA فاکتور تعدیل مشتریان، DCUST تغییر در تعداد مشتریان، I نرخ سالانه تورم، X شاخص رشد بهره‌وری و Z نیز شاخص تعدیل برای عوامل غیرقابل‌کنترل است.

در تنظیم مقررات مبتنی بر نرخ بازدهی محدودشده، سود و زیان بنگاه تحت تنظیم مقررات در یک مرز مشخص و از پیش تعیین‌شده‌ای محدود می‌شود. در این روش فقط دسترسی به نرخ بازدهی بالاتر و یا پایین‌تر از مرزهای یادشده باعث می‌شود که نرخ بازدهی به داخل مرزهای تعیین‌شده بازگردانده شود. در این روش نیاز به گزارش سود بوده و ازاین‌رو مانند تنظیم مقررات تسهیم سود، یک روش هزینه‌بر از نظر مدیریتی است. در تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب نیز بنگاه‌ها می‌توانند اعمال کنند، به عملکرد سایر بنگاه‌ها بستگی دارد. ازآنجایی‌که هزینه بنگاه‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت‌های جغرافیایی، آب و هوایی، تراکم جمعیت، نرخ دستمزد محلی، مالیات‌ها و سایر عوامل مشابه، متفاوت باشد، ازاین‌رو تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب برای بنگاه‌ها می‌تواند ریسکی باشد؛ اما در شرایطی که وضعیت برای همه بنگاه‌ها یکسان باشد، انگیزه‌های زیادی ایجاد خواهد کرد. این رویکرد زمانی که داده‌های مربوط به هزینه‌ها در دسترس نباشند، قابلیت کاربرد زیادی دارد. بر اساس تنظیم مقررات ملاک‌های مطلوب، قیمت‌گذاری بر اساس بنگاه کارای فرضی تعیین می‌شود.

در تنظیم مقررات فهرست قراردادها به بنگاه‌ها اجازه انتخاب بین رویکردهای مختلف تنظیم مقررات داده می‌شود. این انتخاب معمولاً ترکیبی از سقف‌های قیمت و تسهیم سود است. ایده اصلی این رویکرد از این ناشی می‌شود که تنظیم‌کننده تا قبل از اعمال رویکرد از شرایط مخصوص به بنگاه آگاهی نداشته است. این نوع از تنظیم مقررات با مکانیسم بیزین نیز شناخته می‌شود که در آن قیمت‌های تنظیمی به برآورد قبلی تنظیم‌کننده‌ها از کارایی بنگاه‌ها بستگی دارد

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

(لیون[1]، ۱۹۹۴: ۲۲۸-۲۲۹). تحت این گونه از تنظیم مقررات، تنظیم کننده‌ها مجموعه‌ای از قراردادهای مختلف را برای بنگاه‌ها فراهم می کنند. هر قرارداد یک نوع مختلف از سقف قیمت با جوایز متفاوت است؛ که جوایز رابطه معکوسی با قیمت دارد به صورتی که با افزایش قیمت جوایز کاهش می‌یابد (کوپساکانگاس و اسونت[2]، ۲۰۱۰: ۷۳۷۲).

همان‌طور که بیان شد، هدف از تنظیم مقررات انگیزشی افزایش کارایی از طریق تشویق بنگاه‌هایی است که بر اساس معیارهای تعیین‌شده عملکرد بهتری داشته‌اند که این باعث می‌شود دو مسأله انتخاب معیار مناسب و همچنین روش اندازه‌گیری عملکرد پیش روی تنظیم کنندگان قرار گیرد. از نظر تنظیم کنندگان دو روش برای انتخاب معیار وجود دارد یکی روش انتخاب بر اساس بهترین مشاهده یا به‌عبارت‌دیگر استفاده از مرز بهینه و روش دیگر اندازه‌گیری متوسط عملکرد بنگاه‌ها است. در مراحل اولیه اصلاحات در تنظیم مقررات که بین عملکرد بنگاه‌های مختلف شکاف زیادی وجود دارد، استفاده از روش متوسط عملکرد بنگاه‌ها مرسوم‌تر است (جماسب و پولیت[3]، ۲۰۰۱: ۷). نمونه از این روش توسط سازمان انرژی شیلی به‌کار گرفته شد (رادنیک و دونوسو[4] ۲۰۰۰: ۱۴۳۰؛ رادنیک و رینری[5]، ۱۹۹۷: ۱۴۷). در اسپانیا تنظیم کنندگان برای مناطق مختلف جغرافیایی از بنگاه‌های معیار متفاوتی استفاده کردند در تنظیم مقررات آمریکا نیز از یک دامنه مشخص برای نرخ بازدهی شرکت‌های توزیع برق استفاده کردند؛ که این نرخ بر اساس بازدهی به‌دست‌آمده توسط سایر منابع تعیین‌شده بود که از این مورد را نیز می‌توان از انواع معیار گزینی بر اساس میانگین است. روش دیگر تعیین معیار بر اساس میانگین استفاده از بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) است. به‌عنوان‌مثال می‌توان شاخص ترنکوئیست از رشد بهره‌وری یک بخش با یک اختصار به دست می‌آید را به‌عنوان فاکتور x در تنظیم مقررات

1. Lyon
2. Kopsakangas-Savolainen and Svento
3. Jamasb and Pollitt
4. Rudnick and Donoso
5. Rudnick and Raineri

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

انگیزشی لحاظ کرد. استفاده از این روش نسبتاً آسان است اما در این روش به دست آوردن سود بیشتر برای بنگاه‌های کمتر کارا آسان‌تر از بنگاه‌های کارا است.

رویکرد دیگری که برای اندازه‌گیری فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی استفاده شده است، روش‌های مرزی[1] هستند. زمانی که از روش‌های مرزی به‌منظور محاسبه کارایی استفاده می‌شود؛ دقت در جمع‌آوری اطلاعات بسیار مهم است. دو روش مهم تحلیل مرزهای تصادفی[2] و تحلیل پوششی داده‌ها[3] هستند. تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز، کوپر و رودز[4] (۱۹۷۸) ارائه شد. این روش قادر به در نظر گرفتن چند نهاده و چند ستاده است (جوانمردی کاشان، ۱۳۸۱). تحلیل پوششی داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی ریاضی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را اندازه‌گیری می‌کند و یا به‌عبارت‌دیگر DEA یک روش برنامه‌ریزی ریاضی است که برای اندازه‌گیری عملکرد نسبی واحدهای تصمیم‌گیری که دارای نهاده‌ها و ستاده‌های متفاوتی هستند و سنجش عملکرد آنان مشکل است، استفاده می‌شود. تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتریک بوده که به کمک برنامه‌ریزی ریاضی به تعیین مرز کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) که دارای ورودی و خروجی‌های مشابه هستند، می‌پردازد (چارنز و همکاران[5]، ۱۹۹۷). در روش DEA بهترین مرز مشاهده‌شده از بنگاه‌ها معرفی‌شده و سپس کارایی نسبتی بنگاه‌ها نسبت به مرز کارا محاسبه می‌شود. مزیت این روش نیاز به فرم تابعی تولید و هزینه بوده و با استفاده از این روش می‌توان کارایی فنی و تخصصی را برای بنگاه‌ها محاسبه نمود. بر اساس مطالعه کوتلی و همکاران[6] (۲۰۰۰) با استفاده از این روش می‌توان شاخص مالم‌کوئیست[7] که تغییرات کارایی و بهره‌برداری را در دو نقطه از زمان محاسبه می‌کند، به دست

1. Frontier- Based Benchmarking Method
2. Stochastic Frontier Analysis
3. Data Envelopment Analysis
4. Charnes, Cooper, and Rhodes
5. Charnes, Cooper, Lewin et al.
6. Coelli and Perelman
7. Malmquist

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

آورد. یایسا وارج و کلین[1] (۱۹۹۴) معتقد بودند که با استفاده ازاین‌روش می‌توان از برخی از عوامل محیطی که خارج از کنترل بنگاه هستند را بررسی کرد. تحلیل پوششی داده‌ها با محدودیت‌هایی نیز قابل مواجه است. در این روش نتایج به انتخاب نهاده و ستاده‌ها و همچنین اندازه‌گیری خطا از مرز کارایی حساسی هستند. همچنین در این روش تعداد بنگاه‌های کارا با افزایش در تعداد نهاده‌ها و ستاده‌ها افزایش می‌یابد (جماسب و پولیت ۲۰۰۱: ۹). تنظیم‌کنندگان صنعت توزیع برق نروژ به‌منظور اندازه‌گیری کارایی از روش DEA در تنظیم مقررات سقف درآمد استفاده کردند.

٤. مدل مورد استفاده برای اندازه‌گیری فاکتور X

تحلیل پوششی داده‌ها یک چارچوب تئوریک و عملی را برای تحلیل عملکرد و اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده با ورودی‌های یکسان، فراهم می‌کند. در این روش با ایجاد یک مرز کارا از طریق یک سری از نقاط و تعیین موقعیت بنگاه با سایر بنگاه‌ها و مقایسه بنگاه‌ها با یکدیگر، امکان اندازه‌گیری کارایی و عملکرد بنگاه‌ها را فراهم می‌کند (غنیمی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۶). در این روش شرط اول در انتخاب واحدهای مورد ارزیابی، همگنی ورودی و خروجی است، زیرا در این مدل فرض می‌شود که تمامی بنگاه‌ها در یک فضا اقدام به تولید می‌کنند (سجادی و همکاران، ۱۳۸۶). کارایی به‌دست‌آمده از روش DEA کارایی نسبی است و مرز کارایی توسط ترکیب محدبی از واحدهای کارا تعیین می‌شود. لذا هر DMU که بر روی مرز فوق قرار داشته باشد، کارا است و در غیر این‌صورت ناکارا خواهد بود. جهت کارا کردن یک واحد ناکارا بایستی تغییراتی در ورودی‌ها و خروجی‌های آن صورت گرفته و پس از اجرای مدل‌های DEA، مجموعه‌ای تحت عنوان مجموعه مرجع[2] ارائه می‌شود. در این مجموعه مشخص

1. Yaisawarng and Klein
2. Reference Set

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

شده است که هر واحد ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی باید با کدامیک از واحدهای کارا مقایسه شود (رودز[1]، ۱۹۸۴).

مدل‌های اولیه در محاسبه عملکرد در روش DEA فقط به خروجی‌های مطلوب[2] ارزش می‌دهند و خروجی‌های نامطلوب[3] را در نظر نمی‌گیرند. ولی چشم‌پوشی از خروجی‌های نامطلوب درست مانند این است که گفته شود، آنها در ارزیابی نهایی هیچ ارزشی ندارند و ممکن است به نتایج گمراه کننده‌ای منتهی شود؛ بنابراین باید به واحدهای تصمیم‌گیری در مقابل تولید خروجی‌های مطلوب اعتبار داده شود و در مقابل تولید خروجی‌های نامطلوب مجازات شوند. فرضی‌پور صائن[4] (۲۰۰۹) گزینه‌های مربوط به کار با خروجی‌های نامطلوب در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها را به صورت زیر طبقه‌بندی کردند. روش اول این است که خروجی‌های نامطلوب به سادگی مورد چشم‌پوشی قرار گیرند. روش دوم این است که خروجی‌های نامطلوب یا به صورت یک مدل تحلیل پوششی داده‌های غیرخطی در نظر گرفته شوند و یا اینکه اندازه‌گیری فاصله به صورتی تغییر داده شود که گسترش خروجی‌های نامطلوب را محدود نماید. روش سوم آن است و خروجی‌های نامطلوب به عنوان ورودی در نظر گرفته شوند و یا اینکه یک تبدیل نزول یکنوا بر آنها اعمال شود (مثلا $1/y^b$ که در اینجا y^b نشان‌دهنده خروجی نامطلوب است). از طرف دیگر بحثی که برای اندازه‌گیری کارایی در این مطالعه استفاده شده است، تقسیم نهاده‌ها به قابل کنترل و غیرقابل کنترل[5] است. اولین مقاله‌ای که به‌طور مستقیم وارد بحث داده‌های غیرقابل کنترل شده است، مقاله بنکر و موری[6] (۱۹۸۶) است. مدل بنکر و موری (۱۹۸۶) طوری ارائه شده است که عملکرد واحدها را از مقایسه آنها با محیط‌هایی تعیین می‌کند که از دیدگاه عوامل غیرقابل کنترل،

1. Rhodes
2. Desirable Outputs
3. Undesirable Outputs
4. Saen
5. Controllable Uncontrollable Input
6. Banker and Morey

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

می‌توانند محیط‌های سخت‌گیرانه‌تری باشند یا نباشند. همچنین بنکر و موری (۱۹۸۶) مدل جدیدی برای ارزیابی عملکرد با شرط قابل کنترل یا غیرقابل کنترل بودن داده‌های قطعی ارائه کردند که در حال حاضر از پر کاربردترین مدل‌ها در این مورد محسوب می‌شود.

در این مطالعه به منظور محاسبه فاکتور X از معادله ۰ استفاده می‌شود:

$$X_{it} = \frac{a_i}{b} \times (1 - e_{it}) + TFPg \qquad (۵)$$

در معادله ۰ e_{it} کارایی بنگاه i در زمان t، TFPg رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، a کارایی قابل جبران برای بنگاه iام و b طول دوره تنظیم است؛ بنابراین می‌توان گفت که در این مطالعه برای اندازه‌گیری فاکتور X نیاز است که هم کارایی و هم رشد بهره‌وری اندازه‌گیری شود؛ که برای اندازه‌گیری کارایی از الگوی پیشنهادی DEA و برای اندازه‌گیری رشد بهره‌وری عوامل تولید از شاخص مالم‌کوئیست به‌دست آمده از مدل، استفاده خواهد شد. با توجه به به معادله ۰ بنگاه هر ساله یک بخشی از ناکارایی خود را باید پوشش دهد. طول دوره تنظیم در این مطالعه ده ساله در نظر گرفته می‌شود و فرض می‌شود که در هر دوره بنگاه باید ۱۰ درصد از ناکارایی خود را جبران کند؛ به عبارت دیگر مقدار $\frac{a_i}{b}$ در معادله ۰ ۰/۱ فرض می‌شود. در اینجا همچنین فرض می‌شود که تنظیم‌کننده هر سال اقدام به تعدیل فاکتور X با توجه به کارایی به‌دست آمده از شرکت‌های توزیع برق می‌کند؛ بنابراین در هر سال یک فاکتور X مربوط به هر شرکت وجود داشته که تنظیم‌کننده با استفاده از این شاخص اقدام به تنظیم قیمت برای شرکت توزیع برق iام خواهد کرد.

در این مطالعه از یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها با وجود نهاده‌های قابل کنترل و غیرقابل کنترل و همچنین ستاده‌های مطلوب و نامطلوب استفاده شده است. مدل کلی مورد نظر در این تحقیق به‌صورت زیر است:

$$\min \left(1 - \frac{1}{m_2}\sum_{i=1}^{m_2}\frac{s_i^-}{x_{io}}\right) \Big/ \left(1 + \frac{1}{S_2}\sum_{r=1}^{S_2}\frac{s_r^+}{y_{ro}}\right) \qquad (۶)$$

s.t.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

$$\begin{aligned}
\sum \lambda_j x_{ij} + S_i^- &= x_{io} \qquad i = 1, \dots, m_1 \\
\sum \lambda_j x_{ij} - S_i^- &= x_{io} \qquad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\
\sum \lambda_j x_{ij} + S_i^- &= x_{io} \qquad i = m_2 + 1, \dots, m \\
\sum \lambda_j y_{rj} - S_r^+ &= y_{ro} \qquad r = 1, \dots, S_1 \\
\sum \lambda_j y_{rj} + S_r^+ &= y_{ro} \qquad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\
\sum \lambda_j y_{rj} - S_r^+ &= y_{ro} \qquad r = S_2 + 1, \dots, S
\end{aligned}$$

که در مدل ۰ اندیس‌های $i = 1, \dots, m_1$ مربوط به ورودی‌های قابل کنترل و مطلوب، اندیس‌های $i = m_1 + 1, \dots, m_2$ مربوط به ورودی‌های نامطلوب و قابل کنترل و اندیس‌های $i = m_2 + 1, \dots, m$ مربوط به ورودی‌های غیرقابل کنترل و مطلوب است. همچنین اندیس r نیز مربوط به خروجی‌های قابل کنترل و مطلوب و همچنین خروجی‌های قابل کنترل و نامطلوب است. با استفاده از مدل فوق کارایی شرکت‌های توزیع برق در هر سال به‌دست خواهد آمد.

اما در این مطالعه نیاز است تا تغییرات بهره‌وری عوامل تولید نیز اندازه‌گیری شود که در این مطالعه از شاخص مالم‌کوئیست استفاده می‌شود. بر اساس تعریف، شاخص مالم‌کوئیست به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M_o = \left[\frac{d^t{}_{t+1}(x_0, y_o)}{d^t{}_t(x_0, y_o)} \times \frac{d^{t+1}{}_{t+1}(x_0, y_o)}{d^{t+1}{}_t(x_0, y_o)} \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۷)$$

بر اساس مدل ۰ و بر اساس رابطه ۰، مدل‌های محاسبه شاخص مالم کوئیست به‌صورت زیر است:

$$d^t{}_{t+1}(x_0, y_o) = \min \left(1 - \frac{1}{m_2} \sum_{i=1}^{m_2} \frac{s_i^-}{x_{io}^t} \right) / \left(1 + \frac{1}{S_2} \sum_{r=1}^{S_2} \frac{s_r^+}{y_{ro}^t} \right) \qquad (۸)$$

s.t.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

$$\begin{aligned}
\sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} + S_i^- &= x_{io}^t \qquad i = 1, \dots, m_1 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} - S_i^- &= x_{io}^t \qquad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} + S_i^- &= x_{io}^t \qquad i = m_2 + 1, \dots, m \\
\sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} - S_r^+ &= y_{ro}^t \qquad r = 1, \dots, S_1 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} + S_r^+ &= y_{ro}^t \qquad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} - S_r^+ &= y_{ro}^t \qquad r = S_2 + 1, \dots, S
\end{aligned}$$

$$d^{t+1}{}_{t+1}(x_0, y_o) = \min \frac{\left(1 - \frac{1}{m_2}\sum_{i=1}^{m_2} \frac{s_i^-}{x_{io}^{t+1}}\right)}{\left(1 + \frac{1}{S_2}\sum_{r=1}^{S_2} \frac{s_r^+}{y_{ro}^{t+1}}\right)}$$

s.t.

$$\begin{aligned}
\sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} + S_i^- &= x_{io}^{t+1} \qquad i = 1, \dots, m_1 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} - S_i^- &= x_{io}^{t+1} \qquad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} + S_i^- &= x_{io}^{t+1} \qquad i = m_2 + 1, \dots, m \\
\sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} - S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \qquad r = 1, \dots, S_1 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} + S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \qquad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} - S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \qquad r = S_2 + 1, \dots, S
\end{aligned} \tag{۹}$$

$$d^{t+1}{}_t(x_0, y_o) = \min \left(1 - \frac{1}{m_2}\sum_{i=1}^{m_2} \frac{s_i^-}{x_{io}^{t+1}}\right) / \left(1 + \frac{1}{S_2}\sum_{r=1}^{S_2} \frac{s_r^+}{y_{ro}^{t+1}}\right) \tag{۱۰}$$

s.t.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

$$\begin{aligned}
\sum \lambda_j x_{ij}^t + S_i^- &= x_{io}^{t+1} \qquad i = 1, \dots, m_1 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^t - S_i^- &= x_{io}^{t+1} \quad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^t + S_i^- &= x_{io}^{t+1} \quad i = m_2 + 1, \dots, m \\
\sum \lambda_j y_{rj}^t - S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \qquad r = 1, \dots, S_1 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^t + S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \quad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^t - S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \quad r = S_2 + 1, \dots, S
\end{aligned}$$

$$d^t{}_t(x_0, y_o) = \min\left(1 - \frac{1}{m_2}\sum_{i=1}^{m_2}\frac{s_i^-}{x_{io}^t}\right) / \left(1 + \frac{1}{S_2}\sum_{r=1}^{S_2}\frac{s_r^+}{y_{ro}^t}\right)$$

s.t.

$$\begin{aligned}
\sum \lambda_j x_{ij}^t + S_i^- &= x_{io}^t \qquad i = 1, \dots, m_1 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^t - S_i^- &= x_{io}^t \quad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\
\sum \lambda_j x_{ij}^t + S_i^- &= x_{io}^t \quad i = m_2 + 1, \dots, m \\
\sum \lambda_j y_{rj}^t - S_r^+ &= y_{ro}^t \qquad r = 1, \dots, S_1 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^t + S_r^+ &= y_{ro}^t \quad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\
\sum \lambda_j y_{rj}^t - S_r^+ &= y_{ro}^t \quad r = S_2 + 1, \dots, S
\end{aligned} \qquad (۱۱)$$

به‌منظور محاسبه کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران ، از سه نهاده قابل کنترل طول شبکه، هزینه دستمزد و ظرفیت ترانسفورماتور و یک نهاده غیرقابل کنترل تعداد مشتریان استفاده شده است. همان‌طور که در قسمت قبل نیز توضیح داده شد، ستاده‌های این مطالعه نیز به دو دسته ستاده‌های مطلوب و ستاده‌های نامطلوب تقسیم شده است. ستاده‌های مطلوب شامل برق تحویل داده‌شده به ازای یک مشتری خانگی، برق تحویل داده شده به ازای یک مشتری صنعتی و برق تحویل داده‌شده به ازای یک مشتری سایر تعرفه‌ها است. ستاده نامطلوب نیز مقدار تلفات توزیع برق به ازای برق تحویل داده شده و یا به عبارت دیگر نرخ تلفات توزیع برق است. داده‌های متغیرهای

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

فوق از نشریات منتشر شده توسط توانیر در دوره زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ استخراج شده و تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز با استفاده از نرم افزار GAMS انجام شده است.

همان‌طور که در رابطه ۰ مشخص است، TFPg رشد بهره‌وری برای هر شرکت توزیع برق را نشان داده که در این مطالعه از متوسط رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به‌دست آمده از شاخص مالم‌کوئیست استفاده می‌شود. میانگین این شاخص برای شرکت‌های توزیع برق ایران در دوره زمانی ۱۳۹۳- ۱۳۸۴ مقدار ۰/۰۳۰۶ به‌دست آمده است که نشان می‌دهد شرکت‌های توزیع برق ایران به‌صورت متوسط در هر سال حدود ۳/۰۶ درصد بوده که در این مطالعه این مقدار برای TFPg در معادله مربوط به فاکتور X لحاظ شده است. به عبارت بهتر در این مطالعه و با توجه به نتایج به‌دست آمده فرض می‌شود که هر شرکت توزیع برق باید به اندازه ۳/۰۶ درصد بهبود در بهره‌وری خود داشته باشند[۱].

۵. ارائه نتایج

نتایج مربوط به محاسبه فاکتور X با استفاده از معادله ۰ و توضیحات داده شده در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳ در ۰، در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۶ در ۰ و برای دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به ترتیب در ۰ و ۰ آورده شده است. همان‌طور که در جداول مربوطه نیز مشخص است، حداقل مقدار مربوط به این شاخص ۰/۰۳۰۶ بوده است که این مقدار همان متوسط رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است که با توجه به این‌که برخی از شرکت‌های توزیع برق کارا هستند، مقدار رشد بهره‌وری باید برابر با همان مقدار متوسط رشد بهره‌وری باشد. به‌عنوان مثال شرکت‌های توزیع برق خراسان شمالی، اهواز، ایلام، قزوین، سمنان و سیستان برای همه سال‌های مورد بررسی ۰/۰۳۰۶ بوده است. یعنی نتایج ما با فروض اولیه نشان می‌دهد که بر طبق نظر تنظیم‌کنندگان قیمتی،

۱. به دلیل محدودیت در تعداد صفحات مقاله، جداول مربوط به محاسبه کارایی و همچنین محاسبه شاخص مالم‌کوئیست ارائه نشده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

شرکت‌های توزیع برق کارا که شامل شرکت‌های مورد نظر بوده‌اند، باید هر سال ۳/۰۶ درصد بهره‌وری کل عوامل تولید خود را رشد دهند. حال شرکت‌هایی که کارا نیز نبوده‌اند بایستی بیشتر از ۳/۰۶ درصد بهره‌وری کل عوامل تولید خود را رشد دهند. بیشترین مقدار فاکتور X در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۳ مربوط به شرکت توزیع برق شمال کرمان بوده که ۰/۰۷۰۳ به‌دست آمده است که نشان می‌دهد تنظیم‌کننده باید به دنبال ۷/۰۳ درصدی در بهره‌وری شرکت توزیع برق شمال کرمان باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که شرکت‌های توزیع برق آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی در سال ۱۳۸۳ باید به اندازه ۷/۰۱ درصد بهره‌وری خود را رشد دهند. البته فاکتور X برای برخی دیگر از شرکت‌ها مانند شرکت‌های توزیع تهران، استان تهران، البرز و شیراز، فارس و اصفهان نیز حدود ۰/۰۷۰۰ به‌دست آمده است که نشان می‌دهند این شرکت‌ها پتانسیل این افزایش بهره‌وری را در دوره زمانی مورد مطالعه دارند.

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری فاکتور X در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳

شرکت	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵	شرکت	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵
تبریز	۰/۰۶۹۴	۰/۰۵۹۷	۰/۰۶۴۰	گهکیلویه و بویر احمد	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۷۰	۰/۰۵۹۵
آذربایجان شرقی	۰/۰۷۰۱	۰/۰۶۲۲	۰/۰۶۸۰	زنجان	۰/۰۳۵۴	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
آذربایجان غربی	۰/۰۷۰۱	۰/۰۶۹۶	۰/۰۶۹۸	قزوین	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۲۴	۰/۰۳۰۶
اردبیل	۰/۰۶۶۶	۰/۰۶۵۳	۰/۰۶۵۴	سمنان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
اصفهان	۰/۰۶۶۸	۰/۰۶۲۳	۰/۰۶۳۸	سیستان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
شهرستان اصفهان	۰/۰۵۲۵	۰/۰۳۰۶	۰/۰۴۹۸	کرمانشاه	۰/۰۶۵۳	۰/۰۶۱۹	۰/۰۶۳۴
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۴۷۷	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۵۲	کردستان	۰/۰۶۶۷	۰/۰۶۰۱	۰/۰۶۲۱
مرکزی	۰/۰۵۰۲	۰/۰۶۴۶	۰/۰۶۷۶	ایلام	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
همدان	۰/۰۶۴۶	۰/۰۶۲۸	۰/۰۶۳۷	شیراز	۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۳۶	۰/۰۶۵۳
لرستان	۰/۰۶۵۲	۰/۰۵۸۳	۰/۰۵۶۵	فارس	۰/۰۶۴۳	۰/۰۶۰۰	۰/۰۶۳۴
البرز	۰/۰۶۴۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۶۴۳	بوشهر	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۰۰

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

شرکت	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵	شرکت	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵
تهران	۰/۰۶۴۸	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۱۸	شمال کرمان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۰۳
استان تهران	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۶۴	۰/۰۶۶۷	جنوب کرمان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۹۶	۰/۰۵۵۱
قم	۰/۰۵۷۵	۰/۰۵۳۶	۰/۰۵۵۹	گیلان	۰/۰۵۶۱	۰/۰۳۰۶	۰/۰۶۶۵
مشهد	۰/۰۵۵۳	۰/۰۵۵۵	۰/۰۵۰۱	مازندران	۰/۰۶۶۶	۰/۰۶۲۵	۰/۰۶۵۹
خراسان رضوی	۰/۰۶۰۴	۰/۰۵۶۷	۰/۰۵۵۷	غرب مازندران	۰/۰۵۸۴	۰/۰۴۹۹	۰/۰۵۸۵
خراسان جنوبی	۰/۰۴۸۱	۰/۰۶۶۴	۰/۰۵۴۵	گلستان	۰/۰۴۷۵	۰/۰۵۲۴	۰/۰۶۱۹
خراسان شمالی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	هرمزگان	۰/۰۵۶۲	۰/۰۵۵۷	۰/۰۶۰۱
اهواز	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	یزد	۰/۰۳۵۳	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۲۲
خوزستان	۰/۰۶۱۰	۰/۰۶۳۷	۰/۰۵۲۹				

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری فاکتور X در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۶

شرکت	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	شرکت	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸
تبریز	۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۵۲	۰/۰۶۷۱	گهکیلویه و بویر احمد	۰/۰۵۹۱	۰/۰۵۷۸	۰/۰۴۹۱
آذربایجان شرقی	۰/۰۶۸۲	۰/۰۶۸۰	۰/۰۶۸۱	زنجان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۰۴	۰/۰۶۹۶
آذربایجان غربی	۰/۰۷۰۰	۰/۰۶۹۸	۰/۰۶۹۸	قزوین	۰/۰۳۰۶	۰/۰۴۹۴	۰/۰۳۰۶
اردبیل	۰/۰۵۸۷	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	سمنان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
اصفهان	۰/۰۶۰۱	۰/۰۵۷۸	۰/۰۶۱۰	سیستان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
شهرستان اصفهان	۰/۰۴۸۹	۰/۰۵۰۳	۰/۰۵۱۰	کرمانشاه	۰/۰۶۲۶	۰/۰۵۵۶	۰/۰۶۲۳
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۵۰۵	۰/۰۵۰۰	۰/۰۵۱۵	کردستان	۰/۰۶۶۶	۰/۰۶۵۶	۰/۰۶۶۱
مرکزی	۰/۰۴۹۳	۰/۰۵۰۶	۰/۰۶۷۶	ایلام	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
همدان	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۳۹	۰/۰۶۳۵	شیراز	۰/۰۶۵۳	۰/۰۶۴۵	۰/۰۶۴۷
لرستان	۰/۰۶۲۳	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۲۳	فارس	۰/۰۶۲۸	۰/۰۴۹۹	۰/۰۶۵۴
البرز	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۵۱	۰/۰۶۴۹	بوشهر	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۲۶	۰/۰۳۰۶

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

شرکت	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	شرکت	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸
تهران	۰/۰۶۳۳	۰/۰۶۳۰	۰/۰۶۷۱	شمال کرمان	۰/۰۷۰۳	۰/۰۶۳۷	۰/۰۵۰۱
استان تهران	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۶۸	۰/۰۶۵۹	جنوب کرمان	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۳۹	۰/۰۶۴۳
قم	۰/۰۵۸۰	۰/۰۵۶۲	۰/۰۵۷۲	گیلان	۰/۰۶۶۵	۰/۰۶۶۰	۰/۰۶۶۲
مشهد	۰/۰۶۲۰	۰/۰۶۰۸	۰/۰۶۱۴	مازندران	۰/۰۶۷۰	۰/۰۶۶۳	۰/۰۶۶۷
خراسان رضوی	۰/۰۶۱۹	۰/۰۵۱۵	۰/۰۵۸۲	غرب مازندران	۰/۰۵۸۷	۰/۰۵۸۱	۰/۰۵۸۱
خراسان جنوبی	۰/۰۴۷۸	۰/۰۵۰۲	۰/۰۵۲۵	گلستان	۰/۰۶۲۹	۰/۰۵۹۴	۰/۰۶۱۹
خراسان شمالی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	هرمزگان	۰/۰۵۹۹	۰/۰۵۷۸	۰/۰۵۸۰
اهواز	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	یزد	۰/۰۶۰۹	۰/۰۵۶۴	۰/۰۶۲۲
خوزستان	۰/۰۴۷۵	۰/۰۴۹۹	۰/۰۵۰۱				

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۳. نتایج اندازه‌گیری فاکتور X در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۹

شرکت	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	شرکت	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
تبریز	۰/۰۶۸۸	۰/۰۶۸۴	۰/۰۶۸۲	گهکیلویه و بویر احمد	۰/۰۵۶۷	۰/۰۵۶۰	۰/۰۵۴۳
آذربایجان شرقی	۰/۰۶۹۲	۰/۰۶۹۸	۰/۰۶۹۱	زنجان	۰/۰۵۴۸	۰/۰۵۹۱	۰/۰۳۰۶
آذربایجان غربی	۰/۰۶۹۹	۰/۰۶۹۷	۰/۰۶۹۶	قزوین	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
اردبیل	۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۴۳	۰/۰۶۴۰	سمنان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۰۱	۰/۰۳۰۶
اصفهان	۰/۰۶۳۹	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۰۳	سیستان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
شهرستان اصفهان	۰/۰۶۲۳	۰/۰۶۱۰	۰/۰۶۱۰	کرمانشاه	۰/۰۶۳۴	۰/۰۶۲۱	۰/۰۶۲۰
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۶۰۰	۰/۰۵۷۲	۰/۰۵۹۲	کردستان	۰/۰۶۶۵	۰/۰۶۶۱	۰/۰۶۶۰
مرکزی	۰/۰۵۹۳	۰/۰۴۹۰	۰/۰۵۷۶	ایلام	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
همدان	۰/۰۶۴۱	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۲۶	شیراز	۰/۰۶۵۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۸
لرستان	۰/۰۶۲۹	۰/۰۶۱۴	۰/۰۵۹۸	فارس	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۰۰	۰/۰۶۸۵
البرز	۰/۰۶۵۳	۰/۰۶۵۰	۰/۰۶۴۹	بوشهر	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
تهران	۰/۰۶۷۶	۰/۰۶۷۷	۰/۰۶۷۴	شمال کرمان	۰/۰۵۱۷	۰/۰۵۰۶	۰/۰۴۸۶

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

شرکت	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	شرکت	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
استان تهران	۰/۰۶۶۱	۰/۰۶۵۵	۰/۰۶۵۷	جنوب کرمان	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۲۵	۰/۰۶۲۱
قم	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۶۲	۰/۰۵۵۸	گیلان	۰/۰۶۶۴	۰/۰۶۶۵	۰/۰۶۶۲
مشهد	۰/۰۶۲۸	۰/۰۶۲۵	۰/۰۵۷۶	مازندران	۰/۰۶۶۵	۰/۰۶۶۳	۰/۰۶۶۲
خراسان رضوی	۰/۰۵۸۴	۰/۰۵۷۷	۰/۰۵۷۵	غرب مازندران	۰/۰۵۸۹	۰/۰۵۷۳	۰/۰۵۶۰
خراسان جنوبی	۰/۰۵۲۷	۰/۰۵۱۱	۰/۰۵۳۷	گلستان	۰/۰۶۱۸	۰/۰۶۱۷	۰/۰۶۱۰
خراسان شمالی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	هرمزگان	۰/۰۵۲۰	۰/۰۵۸۳	۰/۰۵۸۷
اهواز	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	یزد	۰/۰۶۴۳	۰/۰۵۶۷	۰/۰۵۰۲
خوزستان	۰/۰۴۹۹	۰/۰۶۹۷	۰/۰۴۸۳				

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۴. نتایج اندازه‌گیری فاکتور X در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲

شرکت	۱۳۹۲	۱۳۹۳	شرکت	۱۳۹۲	۱۳۹۳
تبریز	۰/۰۶۴۸	۰/۰۶۲۶	گهکیلویه و بویر احمد	۰/۰۵۴۱	۰/۰۵۳۲
آذربایجان شرقی	۰/۰۶۶۱	۰/۰۶۶۶	زنجان	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۷۸
آذربایجان غربی	۰/۰۶۹۵	۰/۰۶۹۴	قزوین	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
اردبیل	۰/۰۶۳۷	۰/۰۶۳۴	سمنان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
اصفهان	۰/۰۶۵۵	۰/۰۵۸۸	سیستان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
شهرستان اصفهان	۰/۰۵۱۶	۰/۰۴۸۷	کرمانشاه	۰/۰۶۰۸	۰/۰۶۰۶
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۵۷۴	۰/۰۵۶۲	کردستان	۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۵۲
مرکزی	۰/۰۵۶۷	۰/۰۵۲۵	ایلام	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
همدان	۰/۰۶۱۲	۰/۰۶۴۴	شیراز	۰/۰۶۴۳	۰/۰۶۴۳
لرستان	۰/۰۵۲۱	۰/۰۵۰۰	فارس	۰/۰۵۰۵	۰/۰۵۰۲
البرز	۰/۰۶۱۳	۰/۰۵۹۹	بوشهر	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
تهران	۰/۰۶۷۳	۰/۰۶۱۶	شمال کرمان	۰/۰۴۸۲	۰/۰۵۳۹
استان تهران	۰/۰۶۶۲	۰/۰۶۶۱	جنوب کرمان	۰/۰۶۲۴	۰/۰۶۱۱
قم	۰/۰۵۴۲	۰/۰۵۲۶	گیلان	۰/۰۶۶۰	۰/۰۶۵۶

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

شرکت	۱۳۹۲	۱۳۹۳	شرکت	۱۳۹۲	۱۳۹۳
مشهد	۰/۰۶۱۳	۰/۰۴۹۴	مازندران	۰/۰۶۵۸	۰/۰۶۵۶
خراسان رضوی	۰/۰۵۵۸	۰/۰۵۰۳	غرب مازندران	۰/۰۵۶۳	۰/۰۵۷۷
خراسان جنوبی	۰/۰۵۰۵	۰/۰۴۹۹	گلستان	۰/۰۶۰۳	۰/۰۵۸۳
خراسان شمالی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۶۲۰	هرمزگان	۰/۰۵۸۱	۰/۰۵۸۱
اهواز	۰/۰۳۰۶	۰/۳۰۶	یزد	۰/۰۶۱۷	۰/۰۵۲۴
خوزستان	۰/۳۰۶	۰/۳۰۶			

مأخذ: نتایج تحقیق

٦. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مسأله اصلی در رویکردهای تنظیم مقررات مبتنی بر عملکرد یا انگیزشی، استفاده از یک معیار مناسب جهت اندازه‌گیری کارایی و رشد بهره‌وری یا به عبارت بهتر فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی است که در این تحقیق به منظور اندازه‌گیری آن از، داده‌های شرکت‌های توزیع برق ایران در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۳ و یک مدل ارائه شده برای تحلیل پوششی داده‌ها با وجود نهاده‌های قابل کنترل و غیرقابل کنترل و ستاده‌های مطلوب و نامطلوب استفاده شد.

نتایج مربوط به محاسبه فاکتور X مشخص کرد که بر اساس مدل مورد نظر، شرکت‌های توزیع برق کارا، شامل شرکت‌های خراسان شمالی، اهواز، ایلام، قزوین، سمنان و سیستان ، باید هر ساله ۳/۰۶ درصد بهره‌وری کل عوامل تولید خود را رشد داده و دیگر شرکت‌ها بیشتر از ۳/۰۶ درصد بهره‌وری کل عوامل تولید خود را رشد دهند. بیشترین مقدار فاکتور X در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۳ مربوط به شرکت توزیع برق شمال کرمان مقدار ۰/۰۷۰۳ به‌دست آمده که نشان می‌دهد تنظیم‌کننده باید به دنبال ۷/۰۳ درصدی در بهره‌وری شرکت توزیع برق شمال کرمان باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که شرکت‌های توزیع برق آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی در سال ۱۳۸۳ باید به اندازه ۷/۰۱ درصد بهره‌وری خود را رشد دهند. البته فاکتور X برای برخی دیگر از شرکت‌ها مانند شرکت‌های توزیع تهران، استان تهران، البرز و شیراز، فارس و اصفهان نیز حدود ۰/۰۷۰۰ به‌دست آمده است که نشان می‌دهند این شرکت‌ها

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

پتانسیل این افزایش بهره‌وری را در دوره زمانی مورد مطالعه دارند. از این‌رو به تنظیم‌کنندگان پیشنهاد می‌شود که در صورت اندازه‌گیری عملکرد با استفاده از روش مرزهای تصادفی، به‌گونه‌ای مدل ارائه شود که بتوان به نوعی کارایی واقعی را اندازه‌گیری کرد که مدل ارائه شده در این تحقیق می‌تواند مورد استفاده تنظیم‌کنندگان و سازمان تنظیم بازار برق ایران قرار گیرد. به عبارت بهتر نتایج اندازه‌گیری شده برای فاکتور X در این مطالعه می‌تواند به‌منظور قیمت‌گذاری خدمات توزیع برق بر اساس رویکردهای مختلف تنظیم مقررات انگیزشی مورد استفاده قرار گیرد. ضمن اینکه همان‌طور که بیان شد، مدل مورد استفاده در این تحقیق نیز قابلیت کاربرد در سازمان تنظیم مقررات و همچنین هیات تنظیم بازار برق ایران را دارد.

منابع

آزاده، محمدعلی؛ صادق عمل نیک، محسن و هاشم عمرانی (۱۳۸۷)، "ترکیب مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک برای رتبه‌بندی شرکت‌های توزیع برق"، نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۱، جلد ۱۹، صص. ۶۳-۵۳.

امامی میبدی، علی؛ آماده، حمید؛ و فیروزه امینی (۱۳۹۶)، "مقایسه کارایی فنی و زیست کارایی در نیروگاه‌های منتخب حرارتی کشور"، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال سوم، شماره ۸، صص. ۶۷-۳۳.

زراء نژاد، منصور و رضا یوسفی حاجی آباد (۱۳۹۰)، "ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران"، پژوهشنامه علوم اقتصادی، سال ششم، شماره ۱۱، صص. ۱۰۶-۸۱.

سخنور، محمد؛ صادقی، حسین؛ عصاری، عباس؛ یاوری، کاظم و نادر مهرگان (۱۳۹۰)، "استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای تحلیل ساختار و روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران"، مجله تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۷، شماره ۲، صص. ۳۹-۲۱.

سخنور، محمد؛ صادقی، حسین؛ عصاری، عباس؛ یاوری، کاظم و نادر مهرگان (۱۳۹۱)، "تعیین کارایی شرکت‌های توزیع برق و عوامل موثر بر آن با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد دو مرحله‌ای"، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، دوره ۱، شماره ۴، صص. ۱۸۲-۱۴۵.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

عباسی، ابراهیم و شمیم ابراهیم (۱۳۸۷)، "تحلیل و ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در سال ۱۳۸۴"، فصلنامه اقتصاد مالی و توسعه، دوره ۲، شماره ۲، صص. ۹۹-۸۷.

علی محمدلو، مسلم؛ دامن کشان، آزیتا و زهره مطفف (۱۳۹۵)، "سنجش کارایی نسبی شرکت‌های توزیع برق کشور: تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه"، نشریه کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران. دوره ۵، شماره ۱۰، صص. ۱۰۸-۱۱۷

فلاح جلودار، مهدی (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. دوره ۱۳، شماره ۴، صص ۶۷-۸۳

فلاحی، محمدعلی و وحیده احمدی (۱۳۸۴)، "ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۱، صص ۳۲۰-۲۹۷.

فلاحی، محمدعلی و وحیده احمدی (۱۳۸۵)، "ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق در استان خراسان (نگرش مرزی تصادفی)"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال ۸، شماره۲۸، صص ۱۳۷-۱۲۳.

قادری، سید فرید؛ آزاده، محمد علی و هاشم عمرانی (۱۳۸۷)، "ارزیابی عملکرد شرکت‌های توزیع برق با روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و حداقل مربعات معمولی تصحیح شده (COLS)"، مجله علمی و پژوهشی شریف، سال ۱۱، شماره ۴۳، صص. ۱۳۷-۱۴۲.

نظری منتظر، علی و حسین سیمایی صراف (۱۳۹۶)، "خصوصی سازی شرکت‌های توزیع برق: بایسته‌های تقنینی و حقوقی"، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال‌سوم، شماره ۸، صص ۹۷-۶۹.

Arcos-Vargas A., Núñez-Hernández F. and G. Villa-Caro (2017). "A DEA Analysis of Electricity Distribution in Spain: An Industrial Policy Recommendation". *Energy Policy*, 102, PP. 583-592.

Bagdadioglu N., Price C.M.W. and T.G. Weyman-Jones (1996). "Efficiency and Ownership in Electricity Distribution: a Non-parametric Model of the Turkish Experience". *Energy Economics*, 18(1), PP. 1-23.

Banker R.D. and Morey R.C. (1986). "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs". *Operations Research*, 34(4), PP. 513-521.

Bernstein J.I. and D.E. Sappington (1999). "Setting the X Factor in Price-cap Regulation Plans". *Journal of Regulatory Economics*, 16(1), PP. 5-26.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

Burns P. and T.G. Weyman-Jones (1996). "Cost Functions and Cost Efficiency in Electricity Distribution: a Stochastic Frontier Approach". *Bulletin of Economic Research*, 48(1), PP. 41-64.

Cave M. and T. Valletti (2000). "Regulation and Competition in Telecommunications". *Regulatory Reform and Competitiveness in Europe*, No.2, PP. 330-361.

Çelen A. (2013). Efficiency and Productivity (TFP) of the Turkish Electricity Distribution Companies: An Application of Two-stage (DEA&Tobit) Analysis. *Energy Policy*, No. 63, PP. 300-310.

Charnes A., Cooper W., Lewin A. and L.M. Seiford (1997). "Data Envelopment Analysis Theory", *Methodology and Applications. Journal of the Operational Research society*, 48(3), PP. 332-333.

Charnes A., Cooper W.W. and E. Rhodes (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European journal of operational research*, 2(6), PP. 429-444.

Chen T.Y. (2002). "An Assessment of Technical Efficiency and Cross-efficiency in Taiwan's Electricity Distribution Sector". *European Journal of Operational Research*, 137(2), PP. 421-433.

Cheng X., Bjorndal E. and M. Bjorndal (2014). "Cost Efficiency Analysis Based on the DEA and Stoned Models: Case of Norwegian Electricity Distribution Companies". *Paper Presented at the European Energy Market (EEM)*, 2014 11th International Conference on the.

Coelli T. and S. Perelman (2000). "Technical Efficiency of European Railways: a Distance Function Approach". *Applied Economics*, 32(15), PP. 1967-1976.

Crew M.A. (1979). Problems in Public Utility Economics and Regulation.

Crew M.A. and P.R. Kleindorfer (1996). "Incentive Regulation in the United Kingdom and the United States: Some lessons". *Journal of Regulatory Economics*, 9(3), PP. 211-225.

Dasgupta M. and Atmanand (2013). "Efficiency in Indian Electricity Distribution Through Technological Innovation". *International Journal of Indian Culture and Business Management*, 6(4), PP. 477-490.

de Souza M.V.P., Souza R.C., Pessanha J.F.M., da Costa Oliveira C.H. and M. Diallo (2014). "An Application of Data Envelopment Analysis to Evaluate the Efficiency level of the Operational Cost of Brazilian Electricity Distribution Utilities". *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(3), PP. 169-174.

Edvardsen D.F. and F.R. Førsund (2003). "International Benchmarking of Electricity Distribution Utilities". *Resource and Energy Economics*, 25(4), PP.353-371.

Emami Meibodi A. (1998). Efficiency Considerations in the Electricity Supply Industry: The Case of Iran: University of Surrey.

Estache A., Rossi M.A. and C.A. Ruzzier (2004). "The Case for International Coordination of Electricity Regulation: Evidence from the Measurement of Efficiency in South America". *Journal of Regulatory Economics*, 25(3), PP. 271-295.

Filippini M., Farsi M. and A. Fetz (2005). Benchmarking Analysis in Electricity Distribution. Paper Presented at the European Regulation Forum on Electricity Reforms.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

Filippini M., Hrovatin N. and J. Zorič (2004). "Efficiency and Regulation of the Slovenian Electricity Distribution Companies". *Energy Policy*, 32(3), PP. 335-344.
Filippini M., Wild J. and M. Kuenzle (2001). Scale and Cost Efficiency in the Swiss Electricity Distribution Industry: Evidence from a Frontier Cost Approach. Swiss Federal Institute of Technology.
Førsund F.R. and S.A. Kittelsen (1998). "Productivity Development of Norwegian Electricity Distribution Utilities". *Resource and Energy Economics*, 20(3), PP. 207-224.
Giannakis D., Jamasb T. and M. Pollitt (2005). "Benchmarking and Incentive Regulation of Quality of Service: an Application to the UK Electricity Distribution Networks". *Energy Policy*, 33(17), PP. 2256-2271.
Gleditsch N.P., Nordas R. and I. Salehyan (2007). Climate Change and Conflict: the Migration link: International Peace Academy.
Goto M. and T. Sueyoshi (2009). "Productivity Growth and Deregulation of Japanese Electricity Distribution". *Energy Policy*, 37(8), PP. 3130-3138.
Goto M. and M. Tsutsui (2008). "Technical Efficiency and Impacts of Deregulation: An Analysis of three Functions in US Electric Power Utilities During the Period from 1992 Through 2000". *Energy Economics*, 30(1), PP. 15-38.
Growitsch C., Jamasb T. and Pollitt M. (2009). "Quality of Service, Efficiency and Scale in Network Industries: an Analysis of European Electricity Distribution". *Applied Economics*, 41(20), PP. 2555-2570.
Hattori T. (2002). "Relative Performance of US and Japanese Electricity Distribution: an Application of Stochastic Frontier Analysis". *Journal of Productivity Analysis*, 18(3), PP. 269-284.
Hess B. and A. Cullmann (2007). "Efficiency Analysis of East and West German Electricity Distribution Companies–Do the "Ossis" *Really Beat the "Wessis"? Utilities Policy*, 15(3), PP. 206-214.
Hjalmarsson L. and A. Veiderpass (1992). "Efficiency and Ownership in Swedish Electricity Retail Distribution". *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), PP. 7-23.
Huang Y. J., Chen K. H. and C.H. Yang (2010). "Cost Efficiency and Optimal Scale of Electricity Distribution Firms in Taiwan: An Application of Metafrontier Analysis". *Energy Economics*, 32(1), PP. 15-23.
Jamasb T. and M. Pollitt (2001). Benchmarking and Regulation of Electricity Distribution and Transmission Utilities: Lessons from International Experience. DAE Working Paper 1.
Jamasb T. and M. Pollitt (2002). International Utility Benchmarking & Regulation: an Application to European Electricity Distribution Companies.
Jamasb T. and M. Pollitt (2008). "Reference Models and Incentive Regulation of Electricity Distribution Networks: An Evaluation of Sweden's Network Performance Assessment Model (NPAM)". *Energy Policy*, 36(5), PP. 1788-1801.
Joskow P.L. (2007). Regulation of Natural Monopoly. Handbook of law and Economics, No. 2, pp. 1227-1348.
Júnior W.M. and A. Teixeira (2004). Measuring Cost Efficiency in the Brazilian Electricity Distribution Sector. Brazilian Business Review (English Edition).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

Klein J.D., Schmidt S. and S. Yaisawarng (1992). Productivity Changes in the US Electric Power Industry Empirical Studies in Industrial Organization, *Springer*, pp. 207-235.

Kopsakangas-Savolainen M. and R. Svento (2010). "Comparing Welfare Effects of Different Regulation Schemes: an Application to the Electricity Distribution Industry". *Energy Policy*, 38(11), PP. 7370-7377.

Korhonen P.J. and M.J. Syrjänen (2003). "Evaluation of Cost Efficiency in Finnish Electricity Distribution". Annals of Operations Research, 121(1), pp. 105-122.

Kuosmanen T. (2012). Stochastic Semi-nonparametric Frontier Estimation of Electricity Distribution Networks: Application of the StoNED Method in the Finnish Regulatory Model. *Energy Economics*, 34(6), PP. 2189-2199.

Laffont, J.J. and J. Tirole (1993). A Theory of Incentives in Procurement and Regulation: MIT press.

Littlechild S.C. (1983). Regulation of British Telecommunications' profitability: Report to the Secretary of State, February 1983: Department of Industry.

Lyon T.P. (1994). "Incentive Regulation in Theory and Practice. Incentive Regulation for Public Utilities", pp. 1-26.

Makholm J.D., Quinn M.J. and C.A. Herrera (2000). "Incentive Regulation Meets Electricity Transmission on a Grand Scale: FERC Order No. 2000 and PBR". *The Electricity Journal*, 13(4), PP. 57-64.

Meher S. and A. Sahu (2016). "Efficiency of Electricity Distribution Utilities in India: a Data Envelopment Analysis". OPEC Energy Review, 40(2), PP. 155-179.

Miliotis P.A. (1992). Data Envelopment Analysis Applied to Electricity Distribution Districts. *Journal of the Operational Research Society*, 43(5), pp. 549-555.

Munisamy-Doraisamy S. (2004). "Benchmarking the Performance of UK Electricity Distribution Network Operators: a Study of Quality, Efficiency and Productivity Using Data Envelopment Analysis". University of Warwick.

Naimer S.C., da Silveira J.S.T., Ávila L.V. and J.C.M. Siluk (2014). "Estimation of Stochastic Frontier Cost Efficiency for Companies in the Electricity Distribution Sector in Brazil". *Blucher Marine Engineering Proceedings*, 1(1), pp. 840-844.

Pacudan R. and E. de Guzman (2002). "Impact of Energy Efficiency Policy to Productive Efficiency of Electricity Distribution Industry in the Philippines". *Energy Economics*, 24(1), PP. 41-54.

Ramos-Real F.J., Tovar B., Iootty M., de Almeida E.F. and H.Q. Pinto (2009). "The Evolution and Main Determinants of Productivity in Brazilian Electricity Distribution 1998–2005: An Empirical Analysis". *Energy Economics*, 31(2), pp. 298-305.

Resende M. (2002). "Relative Efficiency Measurement and Prospects for Yardstick Competition in Brazilian Electricity Distribution". *Energy Policy*, 30(8), PP. 637-647.

Rhodes E.L. (1978). "Data Envelopment Analysis and Related Approaches for Measuring the Efficiency of Decision-making Units with an Application to Program Follow-through in US Education". Carnegie-Mellon University.

Rodríguez Pardina M.A. and M. Rossi (2000). Technical Change and Catching-up: the Electricity Distribution Sector in South America.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

Rudnick H. and J.A. Donoso (2000). "Integration of Price Cap and Yardstick Competition Schemes in Electrical Distribution Regulation". *IEEE Transactions on Power Systems*, 15(4), PP. 1428-1433.

Rudnick H. and R. Raineri (1997). "Chilean Distribution Tariffs: Incentive Regulation. De) Regulation and Competition: The Electric Industry in Chile". ILADES/Georgetown University, Santiago.

Saastamoinen A. and T. Kuosmanen (2016). "Quality Frontier of Electricity Distribution: Supply Security, Best Practices, and Underground Cabling in Finland". *Energy Economics*, No. 53, PP. 281-292.

Saen R.F. (2009). "Supplier Selection by the Pair of Nondiscretionary Factors-Imprecise Data Envelopment Analysis Models". *Journal of the Operational Research Society*, 60(11), PP. 1575-1582.

Sudit E.F. (1979). "Automatic Rate Adjustments Based on Total Factor Productivity Performance in Public Utility Regulation", Lexington Books.

Sum Chau V. (2009). "Benchmarking Service Quality in UK Electricity Distribution Networks. Benchmarking", *An International Journal*, 16(1), pp. 47-69.

Viljainen S., Tahvanainen K., Lassila J., Honkapuro S. and J. Partanen (2004). Regulation of Electricity Distribution Business. Paper presented at the Nordic Distribution and Asset Management Conference.

Vogelsang I. and J. Finsinger (1979). "A Regulatory Adjustment Process for Optimal Pricing by Multiproduct Monopoly Firms". *The Bell Journal of Economics*, 2(3), PP. 157-171.

Von Hirschhausen C., Cullmann A. and A. Kappeler (2006). "Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities Non-parametric and Parametric Tests". *Applied Economics*, 38(21), pp. 2553-2566.

Xavier S., Lima J.M., Lima L.M. and A. Lopes (2015). "How Efficient are the Brazilian Electricity Distribution Companies?", *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 26(3), pp. 283-296.

Yaisawarng S. and J.D. Klein (1994). "The Effects of Sulfur Dioxide Controls on Productivity Change in the US Electric Power Industry". *The Review of Economics and Statistics*, PP. 447-460.

Zakaria M. and R. Noureen (2016). "Benchmarking and Regulation of Power Distribution Companies in Pakistan". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 58, pp. 1095-1099.

Zhang Y. and R. Bartels (1998). "The Effect of Sample size on the Mean Efficiency in DEA with an Application to Electricity Distribution in Australia", *Sweden and New Zealand. Journal of Productivity Analysis*, 9(3), PP. 187-204.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]