

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

حسین مرزبان

دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

dr.marzban@gmail.com

سید مرتضی میردهقان اشکندری

دانشیار بخش ریاضی دانشگاه شیراز

mirdehghan@shirazu.ac.ir

سید محمد میرهاشمی دهنوی

دکتری اقتصاد دانشگاه شیراز

mohamadmirmirhashemi.88@gmail.com

احمد صدرایی جواهری

دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

asjavaher@gmail.com

دستیابی به بهره‌وری و کارایی بالا در صنعت توزیع برق کشور با توجه به وضعیت این صنعت ضروری بوده و از طرف دیگر مسئله 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 نهادهای 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 باشند بجهت کل عوامل تولید خود را بیش از این میزان رشد دهند. بیشترین مقدار فاکتور X در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۳ مربوط به شرکت توزیع برق شمال کرمان بوده که ۰/۰۷۰۳ به دست آمده است که نشان می‌دهد تنظیم کننده باید به دنبال ۰/۷۰۳ درصدی در بهره‌وری شرکت توزیع برق شمال کرمان باشد.

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

## ۱. مقدمه

تا قبل از معرفی تنظیم مقررات انگیزشی<sup>۱</sup>، تنظیم کنندگان<sup>۲</sup> بازار برق از رویکردهای سنتی تنظیم مقررات مانند تعیین تعریفه بر مبنای نرخ بازدهی<sup>۳</sup> استفاده می‌کردند. بر اساس این نوع از تنظیم مقررات، شرکت‌های توزیعی برق قادر به دریافت قیمتی برابر با هزینه برآورده خود به اضافه مقداری برای بازدهی سرمایه خود هستند. اشکال اصلی این رویکرد عدم وجود انگیزه برای افزایش کارایی و کاهش هزینه است؛ از این‌رو بسیاری از تنظیم کنندگان در کشورهای مختلف به سمت جایگزین کردن رویکرد سنتی و ناکارای تعیین نرخ بر مبنای هزینه<sup>۴</sup> با رویکردهای تعیین نرخ بر مبنای عملکرد<sup>۵</sup> و یا تنظیم مقررات انگیزشی هستند. این گونه تنظیم مقررات به تنظیم کنندگان 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<sup>۶</sup> استفاده کنند. به عبارت بهتر هدف استفاده از تنظیم مقررات‌های انگیزشی، استفاده از رویکردهای رقابتی مانند تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب است (Jamasb و Pollitt<sup>۷</sup>: ۲۰۰۸: ۱۷۸۹). به طور کلی می‌توان گفت به دلیل ناکارایی رویکردهای سنتی تنظیم مقررات قیمتی در صنعت توزیع برق، اصلاحات در تنظیم مقررات<sup>۸</sup> به عنوان یکی از قسمت‌های عمدۀ اصلاحات در صنایع با انحصار طبیعی مانند صنعت عرضه برق انجام شد (Joskow<sup>۹</sup>: 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

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<sup>۱</sup> است. رویکرد تنظیم مقررات سقف قیمت اولین بار توسط لیتل چایلد<sup>۲</sup> (۱۹۸۳) مطرح و در اواسط دهه ۱۹۸۰ در بخش‌های گاز، برق، تلفن و آب کشورها انگلستان، نیوزیلند و آمریکای لاتین به کار گرفته شد. تنظیم مقررات سقف درآمد<sup>۳</sup> یکی دیگر از صورت‌های تنظیم مقررات بوده که به عنوان یک گزینه جانشین برای تنظیم مقررات سقف قیمت، همیشه مورد توجه بوده است. این نوع از تنظیم مقررات نیز معمولاً توسط تنظیم کنندگان مخصوصاً در صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرد (جاماسب و پولیت، ۲۰۰۱؛ ویلجانین و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴). از دیگر رویکردهای معروف تنظیم مقررات انگیزشی می‌توان از تنظیم مقررات انگیزشی می‌توان به تنظیم مقررات تسهیم سود<sup>۵</sup> یا مقیاس تغییر<sup>۶</sup>، نرخ بازدهی محدودشده<sup>۷</sup>، تنظیم مقررات مبتنی بر نرخ بازدهی محدودشده<sup>۸</sup>، تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب<sup>۹</sup> و تنظیم مقررات فهرست قراردادها<sup>۱۰</sup> اشاره کرد. مالکوم و کوئین<sup>۱۱</sup> (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 (عبدی و دودابی نژاد، 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. Makhholm et al.

کارایی شرکت‌های تحت تنظیم است؛ که این تعیین معیار<sup>۱</sup> 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 منتظر و 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 به موقع 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 تمام شده ارائه خدمات، عدم وجود سیستم برنامه‌ریزی مناسب در شرکت‌های توزیع، عدم استفاده بهینه از دانش فنی و فناوری‌های جدید، عدم وجود اطلاعات تدوین شده 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. Benchmarking

بر طبق دستورالعمل هیئت تنظیم بازار برق، نرخ خدمات توزیع برق برای شرکت توزیع آم

به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(1) \quad Rate_{هزینه‌های عملیاتی}^{\text{آ}} = Rate_{هزینه‌های سرمایه‌ای}^{\text{آ}} + Rate_{هزینه‌های خدمات}^{\text{آ}} \\ + Rate_{هزینه‌های خدمات جانبی}^{\text{آ}} + Rate_{هزینه‌های تلفات تامین}^{\text{آ}}$$

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 برآورده خود به اضافه مقداری برای بازدهی سرمایه خود هستند. از این‌رو 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 بیش از پیش 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 افزوون تقاضای برق و همچنین وابستگی شدید سایر صنایع به این صنعت امری حیاتی است (امامی میدی و همکاران، ۱۳۹۶).

به کار بردن تنظیم مقررات انگیزشی بجای تنظیم مقررات کنونی، در مطالعات مختلفی بیان شده است؛ حال آن که 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 پردازد یافت نشد. همچنین در هیچ‌کدام از مطالعات مربوط به اندازه‌گیری کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA<sup>۱</sup>) 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 صورتی که سازمان

1. Data Envelopment Analysis

تنظیم مقررات به دنبال تعیین قیمت بر اساس رویکردهای مبتنی بر عملکرد باشد، به منظور 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 به منظور به کارگیری در اعمال تنظیم مقررات انگیزشی است. از این‌رو بنابر ادبیات موجود، در ابتدا باید شرکت‌های کارا به عنوان 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 مختصراً 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 بدست آمده از تحقیق بیان شده و در پایان نیز به بیان خلاصه تحقیق و نتیجه به دست آمده از تحقیق پرداخته می‌شود.

## ۲. پیشینه تحقیق

از آنجایی که فاکتور  $X$  در واقع فاکتور تعديل 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 فلاحتی و احمدی (۱۳۸۴)، فلاحتی و احمدی (۱۳۸۵)، زیبا (۱۳۸۷)، لاریجانی و همکاران (۱۳۹۱)، آزاده و

همکاران (۱۳۸۷)، عباسی و ابراهیم (۱۳۸۷)، قادری و همکاران (۱۳۸۷)، سخنور و همکاران (۱۳۹۰)، سخنور و همکاران (۱۳۹۲)، زراعة نژاد و یوسفی حاجی آباد (۱۳۹۰)، سخنور و همکاران (۱۳۹۱)، علی محمدلو و همکاران (۱۳۹۵)، فلاخ جلودار (۱۳۹۵)، کلین و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۲)، میلیوتیس<sup>۲</sup> (۱۹۹۲)، برنز و ویمن جونز<sup>۳</sup> (۱۹۹۶)، باگدادیاقلو و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۹۶)، کرو و کلیندورفر<sup>۵</sup> (۱۹۹۶)، جالمارسن و ویدرپس<sup>۶</sup> (۱۹۹۶)، ژانگ و بارتلز<sup>۷</sup> (۱۹۹۸)، فورساند و کیتلسن<sup>۸</sup> (۱۹۹۸)، امامی میبدی<sup>۹</sup> (۱۹۹۸)، برنستین و سایپنگتون<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۹)، پارادینا و روسی<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۰)، فلیپینی و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۱)، جماسب و پولیت<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۲)، چن<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۲)، پاکودان و گوزمن<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۲)، رزنده<sup>۱۶</sup> (۲۰۰۲)، هاتوری<sup>۱۷</sup> (۲۰۰۲)، ادواردسن و فورساند<sup>۱۸</sup> (۲۰۰۳)، کورهونن و سیرجانن<sup>۱۹</sup> (۲۰۰۳)، فلیپینی و همکاران<sup>۲۰</sup> (۲۰۰۴)، موریسامی دورایسامی<sup>۲۱</sup> (۲۰۰۴)، جونیور و تکسیرا<sup>۲۲</sup> (۲۰۰۴)، استاچه و همکاران<sup>۲۳</sup> (۲۰۰۴)، فلیپینی و همکاران<sup>۲۴</sup> (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

جیاناکیس و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵)، ون هرشاasn و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۶)، هس و کالمون<sup>۳</sup> (۲۰۰۷)، گوتو و تسوتسویی<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، گوتو و سوئوشی<sup>۵</sup> (۲۰۰۹)، سام چائو<sup>۶</sup> (۲۰۰۹)، راموس ریل و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۹)، گروش و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۹)، هوانگ و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۰)، کوسمانن<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۲)، سلن<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۳)، داسگوپتا و آتماناند<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۳)، ده سوزا و همکاران<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۴)، چنگ و همکاران<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۴)، نایمر و همکاران<sup>۱۵</sup> (۲۰۱۴)، ژاویر و همکاران<sup>۱۶</sup> (۲۰۱۵)، ساستوموین و کوسمانن<sup>۱۷</sup> (۲۰۱۶)، مهر و سahu<sup>۱۸</sup> (۲۰۱۶)، زکریا و نورین<sup>۱۹</sup> (۲۰۱۶) و آركوس وارگاس و همکاران<sup>۲۰</sup> (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. به عنوان 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.

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) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها نشان دادند که میانگین ناکارایی در گروه‌های مختلف از شرکت‌های توزیع برق بزرگی از ۶ تا ۷ درصد متغیر بوده است. مهر و ساهور (۲۰۱۶) نیز به منظور اندازه‌گیری 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) به منظور 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 پاکستان در دوره زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۳ ۷۲/۵ درصد است.

در مطالعات داخلی نیز بیشتر به دنبال بررسی کارایی، بهره‌وری و همچنین روند این دو 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 پنجره‌ای 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 به دست آورده‌اند 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

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 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 علی محمدلو و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دو گانه 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<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup>، ۱۹۶۶) و

1. Boiteux

2. Crew and Kleindorfer

راه حل‌های ارائه شده در این زمینه ناشی از پیشنهادها لیتل چایلد<sup>۱</sup> (۱۹۸۳) بود که نظر وی هم از مطالعات بامول (۱۹۸۵)، سودیت<sup>۲</sup> (۱۹۷۹)، کرو<sup>۳</sup> (۱۹۷۹) و همچنین مطالعه و گلسانگ و فینسینگر<sup>۴</sup> (۱۹۷۹) ناشی می‌شد. لافونت و تیروول<sup>۵</sup> (۱۹۹۳) مدل ساده و مهم زیر را برای تنظیم مقررات انگیزشی پیشنهاد کرد:

$$\text{Revenue} = a + b \cdot \text{Costs} \quad (2)$$

که در این رابطه Revenue درآمد واقعی تحقق یافته<sup>۶</sup>، a پرداختی ثابت است که به صورت برونز انتیم می‌شود<sup>۷</sup>، b نسبت اشتراک برونز<sup>۸</sup> که اندازه آن بین صفر و یک است و Cost نیز هزینه تحقق یافته<sup>۹</sup> است. لافونت و تیروول نشان دادند که انگیزه بنگاه‌ها برای کاهش هزینه‌ها رابطه معکوسی با اندازه نسبت اشتراک یعنی b دارد. به عبارت دیگر وقتی که 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<sup>۱۰</sup> و تعیین مقدار پایین برای b را تنظیم مقررات انگیزشی باقدرت بالا<sup>۱۱</sup> نامیدند. همان‌طور که بیان شد، رویکردهای معروف تنظیم مقررات انگیزشی، سقف قیمت، سقف درآمد، نرخ بازدهی محدود شده، تسهیم سود یا مقیاس تغیر، تنظیم مقررات مبتنی بر نرخ بازدهی محدود شده، تنظیم مقررات مبتنی بر ملاک‌های مطلوب و تنظیم مقررات فهرست قراردادها بوده که در ادامه به صورت 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

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 بر می‌گردد (کیو و والتی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰). این روش از تنظیم مقررات به مشتریان این امکان را می‌دهد تا بتوانند از سود به دست آمده توسط بنگاه‌ها مشارکت کنند. این روش به خاطر اینکه سود باید موردن توافق برای هر دوره قرا بگیرد، از نظر مدیریتی بسیار مشکل است؛ همچنین این مشکل زمانی که بعضی از خدمات بنگاه‌ها تنظیم شده 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 منسخ شده است.

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

$$\bar{P}_{m,t} = \bar{P}_{m,t-1} \times (1 + I - X) \pm Z \quad (3)$$

که در رابطه  $\bar{P}_{m,t}$  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، تنظیم کننده یک قیمت اولیه در نظر می‌گیرد. این قیمت و یا میانگینی از قیمت‌های تنظیم شده برای مشتریان مختلف، در سال‌های مختلف بر اساس نرخ تورم و شاخص بهره‌وری تعديل می‌شود (جماسب و پولیت، ۲۰۰۱: ۵).

تحت تنظیم مقررات سقف درآمد، تنظیم کننده به بنگاه اجازه کسب درآمد در یک سقف مشخص را داده و صورت کلی این رویکرد در رابطه  $\bar{R}_{m,t}$  آورده شده است:

$$\bar{R}_{m,t} = (\bar{R}_{m,t-1} + CGA \times DCUST) \times (1 + I - X) \pm Z \quad (4)$$

1. Cave and Valletti

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

در تنظیم مقررات مبتنی بر نرخ بازدهی محدود شده، سود و زیان بنگاه تحت تنظیم مقررات در یک مرز مشخص و از پیش تعیین شده‌ای 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 تعیین شده بازگردانده شود. در این روش نیاز به گزارش سود بوده و از این‌رو 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. از آنجایی که هزینه بنگاه‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت‌های جغرافیایی، آب و هوایی، تراکم جمعیت، نرخ دستمزد محلی، مالیات‌ها و سایر عوامل مشابه، متفاوت باشد، از این‌رو 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، قیمت گذاری 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 تنظیم کننده 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 تنظیم کننده‌ها از کارایی بنگاه‌ها بستگی دارد.

(لیون<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴: ۲۲۸-۲۲۹). تحت این گونه از تنظیم مقررات، تنظیم کننده‌ها مجموعه‌ای از قراردادهای مختلف را برای بنگاه‌ها فراهم می‌کنند. هر قرارداد یک نوع مختلف از سقف قیمت با جوايز متفاوت است؛ که جوايز رابطه معکوسی با قیمت دارد به صورتی که با افزایش قیمت جوايز کاهش می‌یابد (کوپساکانگاس و اسونت<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰: ۷۳۷۲).

همان‌طور که بیان شد، هدف از تنظیم مقررات انگیزشی افزایش کارایی از طریق تشویق بنگاه‌هایی است که بر اساس معیارهای تعیین شده عملکرد بهتری داشته‌اند که این باعث می‌شود دو مسئله 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 به عبارت دیگر 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<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱: ۷). نمونه از این روش توسط سازمان انرژی شیلی به کار گرفته شد (رادنیک و دونوسو<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰؛ ۱۴۳۰؛ ۲۰۰۰)، رادنیک و رینری<sup>۵</sup>، 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 به دست آمده توسط سایر منابع تعیین شده بود که از این مورد رانیز می‌توان از انواع معیار گرینی بر اساس میانگین است. روش دیگر تعیین معیار بر اساس میانگین استفاده از بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) است. به عنوان مثال می‌توان شاخص ترنکوئیست از رشد بهره‌وری یک بخش با یک اختصار به دست می‌آید را به عنوان فاکتور  $\alpha$  در تنظیم مقررات

1. Lyon

2. Kopsakangas-Savolainen and Svento

3. Jamasp and Pollitt

4. Rudnick and Donoso

5. Rudnick and Raineri

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

رویکرد دیگری که برای اندازه‌گیری فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی استفاده شده است، روش‌های مرزی<sup>۱</sup> هستند. زمانی که از روش‌های مرزی به منظور محاسبه کارایی استفاده می‌شود؛ دقت در جمع آوری اطلاعات بسیار مهم است. دو روش مهم تحلیل مرزهای تصادفی<sup>۲</sup> و تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۳</sup> هستند. تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز، کوپر و رودز<sup>۴</sup> (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 به عبارت دیگر 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، ۱۹۹۷). در روش DEA بهترین مرز مشاهده شده از بنگاه‌ها معروفی شده 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 کوتای و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۰) با استفاده از این روش می‌توان شاخص مالم کوئیست<sup>۶</sup> 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

آورد. یايسا وارج و کلين<sup>۱</sup> (۱۹۹۴) معتقد بودند که با استفاده از اين روش می‌توان از برخى از عوامل محيطى که خارج از كنترل بنگاه هستند را برسى کرد. تحليل پوششى داده‌ها با محدوديت‌هایي نيز قابل مواجه است. در اين روش نتایج به انتخاب نهاده و ستاده‌ها و همچنین اندازه‌گيری خطأ از مرز کارايى حساسی هستند. همچنین در اين روش تعداد بنگاه‌های کارا با افزایش در تعداد نهاده‌ها و ستاده‌ها افزایش می‌بادد (جماسب و پولیت ۲۰۰۱: ۹). تنظیم کنندگان صنعت توزیع برق نروژ به منظور اندازه‌گيری کارايى از روش DEA در تنظیم مقررات سقف درآمد استفاده کردند.

#### ۴. مدل مورد استفاده برای اندازه‌گيری فاكتور X

تحليل پوششى داده‌ها يك چارچوب تئوريک و عملی را برای تحليل عملکرد و اندازه‌گيری کارايى نسبی واحدهای تصميم گيرنده با ورودی‌های يکسان، فراهم می‌کند. در اين روش با ايجاد يك مرز کارا از طريق يك سري از نقاط و تعين موقعیت بنگاه با سایر بنگاه‌ها و مقایسه بنگاه‌ها با يكديگر، امكان اندازه‌گيری کارايى و عملکرد بنگاه‌ها را فراهم می‌کند (غنيمى فرد و همكاران، ۱۳۸۶). در اين روش شرط اول در انتخاب واحدهای مورد ارزیابی، همگنی ورودی و خروجي است، زيرا در اين مدل فرض می‌شود که تمامی بنگاه‌ها در يك فضا اقدام به توليد می‌کنند (سجادى و همكاران، ۱۳۸۶). کارايى به دست آمده از روش DEA کارايى نسبی است و مرز کارايى توسط ترکيب محدبی از واحدهای کارا تعیین می‌شود. لذا هر DMU که بر روی مرز فوق قرار داشته باشد، کارا است و در غير اين صورت ناکارا خواهد بود. جهت کارا کردن يك واحد ناکارا بایستی تغييراتی در ورودی‌ها و خروجي‌های آن صورت گرفته و پس از اجرای مدل‌های DEA، مجموعه‌ای تحت عنوان مجموعه مرجع<sup>۲</sup> ارائه می‌شود. در اين مجموعه مشخص

1. Yaisawang and Klein

2. Reference Set

شده است که هر واحد ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی باید با کدامیک از واحدهای کارا

مقایسه شود (رووز<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴).

مدل‌های اولیه در محاسبه عملکرد در روش DEA فقط به خروجی‌های مطلوب<sup>۲</sup> ارزش می‌دهند و خروجی‌های نامطلوب<sup>۳</sup> 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. فرضی پور صائب<sup>۴</sup> (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 (مثلاً  $y^b / y^a$  که در اینجا<sup>۵</sup> 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<sup>۶</sup> است. اولین مقاله‌ای که به طور مستقیم وارد بحث داده‌های غیرقابل کنترل شده است، مقاله بنکر و موری<sup>۷</sup> (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

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 استفاده می‌شود:

$$X_{it} = \frac{a_i}{b} \times (1 - e_{it}) + TFPg \quad (5)$$

در معادله  $e_{it}$  کارایی بنگاه  $i$  در زمان  $t$ ،  $TFPg$  رشد بهره‌وری کل عوامل تولید،  $a$  کارایی قابل جبران برای بنگاه  $i$ ام 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 مالم کوئیست به دست آمده از مدل، استفاده خواهد شد. با توجه به به معادله  $\cdot$  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  $10$  درصد از ناکارایی خود را جبران کند؛ به عبارت دیگر مقدار  $\frac{a_i}{b}$  در معادله  $10/1$ ، فرض می‌شود. در اینجا همچنین فرض می‌شود که تنظیم کننده هر سال اقدام به تعديل فاکتور  $X$  با توجه به کارایی به دست آمده از شرکت‌های توزیع برق می‌کند؛ بنابراین در هر سال یک فاکتور  $X$  مربوط به هر شرکت وجود داشته که تنظیم کننده با استفاده از این شاخص اقدام به تنظیم قیمت برای شرکت توزیع برق  $i$ ام 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 به صورت زیر است:

$$\min \left( 1 - \frac{1}{m_2} \sum_{i=1}^{m_2} \frac{s_i^-}{x_{io}} \right) / \left( 1 + \frac{1}{S_2} \sum_{r=1}^{S_2} \frac{s_r^+}{y_{ro}} \right) \quad (6)$$

s.t.

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

که در مدل ، 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 به دست خواهد آمد. اما در این مطالعه نیاز است تا تغییرات بهره‌وری عوامل تولید نیز اندازه‌گیری شود که در این مطالعه از شاخص مالم کوئیست استفاده می‌شود. بر اساس تعریف، شاخص مالم کوئیست به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M_o = \left[ \frac{d^t_{t+1}(x_0, y_0)}{d^t_t(x_0, y_0)} \times \frac{d^{t+1}_{t+1}(x_0, y_0)}{d^{t+1}_t(x_0, y_0)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

بر اساس مدل ، و بر اساس رابطه ، مدل‌های محاسبه شاخص مالم کوئیست به صورت زیر است:

$$d^t_{t+1}(x_0, y_0) = \min \left( 1 - \frac{1}{m_2} \sum_{i=1}^{m_2} \frac{S_i^-}{x_{io}^t} \right) / \left( 1 + \frac{1}{S_2} \sum_{r=1}^{S_2} \frac{S_r^+}{y_{ro}^t} \right) \quad (8)$$

s.t.

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

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

s.t.

$$\begin{aligned} \sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} + S_i^- &= x_{io}^{t+1} \quad i = 1, \dots, m_1 \\ \sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} - S_i^- &= x_{io}^{t+1} \quad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\ \sum \lambda_j x_{ij}^{t+1} + S_i^- &= x_{io}^{t+1} \quad i = m_2 + 1, \dots, m \\ \sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} - S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \quad r = 1, \dots, S_1 \\ \sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} + S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \quad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\ \sum \lambda_j y_{rj}^{t+1} - S_r^+ &= y_{ro}^{t+1} \quad r = S_2 + 1, \dots, S \end{aligned} \tag{9}$$

$$d^{t+1}_t(x_0, y_o) = \min \left( 1 - \frac{1}{m_2} \sum_{i=1}^{m_2} \frac{S_i^-}{x_{io}^{t+1}} \right) / \left( 1 + \frac{1}{S_2} \sum_{r=1}^{S_2} \frac{S_r^+}{y_{ro}^{t+1}} \right) \tag{10}$$

s.t.

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

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

s.t.

$$\begin{aligned}
 \sum \lambda_j x_{ij}^t + S_i^- &= x_{io}^t \quad i = 1, \dots, m_1 \\
 \sum \lambda_j x_{ij}^t - S_i^- &= x_{io}^t \quad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\
 \sum \lambda_j x_{ij}^t + S_i^- &= x_{io}^t \quad i = m_2 + 1, \dots, m \\
 \sum \lambda_j y_{rj}^t - S_r^+ &= y_{ro}^t \quad r = 1, \dots, S_1 \\
 \sum \lambda_j y_{rj}^t + S_r^+ &= y_{ro}^t \quad r = S_1 + 1, \dots, S_2 \\
 \sum \lambda_j y_{rj}^t - S_r^+ &= y_{ro}^t \quad r = S_2 + 1, \dots, S
 \end{aligned} \tag{11}$$

به منظور 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 تحويل داده شده به ازای یک مشتری خانگی، برق تحويل داده شده به ازای یک مشتری صنعتی و برق تحويل داده شده به ازای یک مشتری سایر تعریفهای است. ستاده نامطلوب نیز مقدار تلفات توزیع برق به ازای برق تحويل داده شده و یا به عبارت دیگر نرخ تلفات توزیع برق است. داده‌های متغیرهای

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  $\circ$  مشخص است، TFPg رشد بهره‌وری برای هر شرکت توزیع برق را نشان داده که در این مطالعه از متوسط رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به دست آمده از شاخص مالم کوئیست استفاده می‌شود. میانگین این شاخص برای شرکت‌های توزیع برق ایران در دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۳ مقدار  $0.0306\%$  به دست آمده است که نشان می‌دهد شرکت‌های توزیع برق ایران به صورت متوسط در هر سال حدود  $3.06\%$  درصد بوده که در این مطالعه این مقدار برای TFPg در معادله مربوط به فاکتور X لاحظ شده است. به عبارت بهتر در این مطالعه و با توجه به نتایج به دست آمده فرض می‌شود که هر شرکت توزیع برق باید به اندازه  $3.06\%$  درصد بهبود در بهره‌وری خود داشته باشدند.<sup>۱</sup>

## ۵. ارائه نتایج

نتایج مربوط به محاسبه فاکتور X با استفاده از معادله  $\circ$  و توضیحات داده شده در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳ در  $\circ$ ، در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۸ در  $\circ$  و برای دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به ترتیب در  $\circ$  و  $\circ$  آورده شده است. همان‌طور که در جداول مربوطه نیز مشخص است، حداقل مقدار مربوط به این شاخص  $0.0306\%$  بوده است که این مقدار همان متوسط رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است که با توجه به این که برخی از شرکت‌های توزیع برق کارا هستند، مقدار رشد بهره‌وری باید برابر با همان مقدار متوسط رشد بهره‌وری باشد. به عنوان مثال شرکت‌های توزیع برق خراسان شمالی، اهواز، ایلام، قزوین، سمنان و سیستان برای همه سال‌های مورد بررسی  $0.0306\%$  بوده است. یعنی نتایج ما با فروض اولیه نشان می‌دهد که بر طبق نظر تنظیم کنندگان قیمتی،

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

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 به دست آمده است که نشان می‌دهد تنظیم کننده 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 به دست 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 ۱۳۸۳-۱۳۸۵

شرکت	۱۳۸۵	۱۳۸۴	۱۳۸۳	شرکت	۱۳۸۵	۱۳۸۴	۱۳۸۳
تبریز	۰/۰۵۹۵	۰/۰۵۷۰	۰/۰۳۰۶	گهکیلویه و بویر احمد	۰/۰۶۴۰	۰/۰۵۹۷	۰/۰۶۹۴
آذربایجان شرقی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۵۴	زنجان	۰/۰۶۸۰	۰/۰۶۲۲	۰/۰۷۰۱
آذربایجان غربی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۲۴	۰/۰۳۰۶	قزوین	۰/۰۶۹۸	۰/۰۶۹۶	۰/۰۷۰۱
اردبیل	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	سمنان	۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۵۳	۰/۰۶۶۶
اصفهان	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	سیستان	۰/۰۶۳۸	۰/۰۶۲۳	۰/۰۶۶۸
شهرستان اصفهان	۰/۰۶۳۴	۰/۰۶۱۹	۰/۰۶۵۳	کرمانشاه	۰/۰۴۹۸	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۲۵
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۶۲۱	۰/۰۶۰۱	۰/۰۶۶۷	کردستان	۰/۰۵۵۲	۰/۰۳۰۶	۰/۰۴۷۷
مرکزی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	ایلام	۰/۰۶۷۶	۰/۰۶۴۶	۰/۰۵۰۲
همدان	۰/۰۶۵۳	۰/۰۶۳۶	۰/۰۶۵۴	شیراز	۰/۰۶۳۷	۰/۰۶۲۸	۰/۰۶۴۶
لرستان	۰/۰۶۳۴	۰/۰۶۰۰	۰/۰۶۴۳	فارس	۰/۰۵۶۵	۰/۰۵۸۳	۰/۰۶۵۲
البرز	۰/۰۵۰۰	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	بوشهر	۰/۰۶۴۳	۰/۰۵۶۴	۰/۰۶۴۴

شرکت	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵
تهران	۰/۰۶۴۸	۰/۰۶۴۹	۰/۰۳۰۶
استان تهران	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۶۴	۰/۰۵۹۶
قم	۰/۰۵۷۵	۰/۰۵۳۶	۰/۰۳۰۶
مشهد	۰/۰۵۵۳	۰/۰۵۵۵	۰/۰۶۵۹
خراسان رضوی	۰/۰۶۰۴	۰/۰۵۶۷	۰/۰۴۹۹
خراسان جنوبی	۰/۰۴۸۱	۰/۰۶۶۴	۰/۰۵۲۴
خراسان شمالی	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۵۵۷
اهواز	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۰۶
خوزستان	۰/۰۶۱۰	۰/۰۶۳۷	۰/۰۳۵۳
یزد	۰/۰۵۲۹		

مأخذ: نتایج تحقیق

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

شرکت	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	شرکت
تبریز	۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۵۲	۰/۰۶۷۱	گهگلوبیه و بویر احمد
آذربایجان شرقی	۰/۰۶۸۲	۰/۰۶۸۰	۰/۰۶۸۱	زنگان
آذربایجان غربی	۰/۰۷۰۰	۰/۰۶۹۸	۰/۰۶۹۸	قزوین
اردبیل	۰/۰۵۸۷	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	سمنان
اصفهان	۰/۰۶۰۱	۰/۰۵۷۸	۰/۰۴۹۱	سیستان
شهرستان اصفهان	۰/۰۴۸۹	۰/۰۵۰۳	۰/۰۵۵۶	کرمانشاه
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۵۰۵	۰/۰۵۰۰	۰/۰۵۱۵	کردستان
مرکزی	۰/۰۴۹۳	۰/۰۴۹۳	۰/۰۶۷۶	ایلام
همدان	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۳۹	۰/۰۶۳۵	شیراز
لرستان	۰/۰۶۲۳	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۲۳	فارس
البرز	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۵۱	۰/۰۶۴۹	بوشهر

اندازه‌گیری فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی ...

۲۵۵

شرکت	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	شرکت	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶
تهران	۰/۰۶۳۳	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۷۱	شمال کرمان	۰/۰۶۰۳	۰/۰۶۴۰	۰/۰۵۰۱
استان تهران	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۶۸	۰/۰۶۵۹	جنوب کرمان	۰/۰۶۴۳	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	۰/۰۵۰۶	۰/۰۵۶۴	۰/۰۶۲۲
خوزستان	۰/۰۴۷۵	۰/۰۴۹۹	۰/۰۵۰۱				

مأخذ: نتایج تحقیق

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

شرکت	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	شرکت	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹
تبریز	۰/۰۶۸۸	۰/۰۶۸۴	۰/۰۶۸۲	گهگیلویه 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

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

مأخذ: نتایج تحقیق

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

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

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

مأخذ: نتایج تحقیق

## ۶. 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 ۱۳۸۳-۱۳۹۳ 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 کار، 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 ۱۳۸۳-۱۳۹۳ مربوط به شرکت توزیع برق شمال کرمان مقدار ۰/۰۷۰۳ به دست آمده که نشان می‌دهد تنظیم کننده 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 شیروز، فارس و اصفهان نیز حدود ۰/۰۷۰۰ به دست آمده است که نشان می‌دهند این شرکت‌ها

پتانسیل این افزایش بهره‌وری را در دوره زمانی مورد مطالعه دارند. از این‌رو به تنظیم کنندگان پیشنهاد می‌شود که در صورت اندازه‌گیری عملکرد با استفاده از روش مرزهای تصادفی، به گونه‌ای مدل ارائه شود که بتوان به نوعی کارایی واقعی را اندازه‌گیری کرد که مدل ارائه شده در این تحقیق می‌تواند مورد استفاده تنظیم کنندگان و سازمان تنظیم بازار برق ایران قرار گیرد. به عبارت بهتر نتایج اندازه‌گیری شده برای فاکتور  $X$  در این مطالعه می‌تواند به منظور 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.
- اماگی 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.
- ذراء 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.

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. ۸۷-۹۹

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

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 ۸۳-۶۷

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، شماره ۲۸، صص ۱۲۳-۱۳۷

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. ۱۴۲-۱۳۷

نظری منتظر، علی و حسین سیماجی صراف (۱۳۹۶)، "خصوصی سازی شرکت‌های توزیع برق: باسته‌های تقنیستی و حقوقی"، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال سوم، 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.

- 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.
- Celen 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.

- Filippini M., Hrovatin N. and J. Zorić** (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).

- 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.
- Naimeir 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.

- 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.