مقررات‌گذاری انگیزشی هزینه‌های سرمایه‌گذاری: مطالعه موردی شرکت‌های توزیع برق ایران[۱]

محسن پورعبادالهان کویچ (نویسنده مسئول)
دانشیار، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز
mohsen_p54@hotmail.com

الهام نوبهار
استادیار، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز
enobahar@gmail.com

سکینه سجودی
استادیار، گروه علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز
sakinehsojoodi@gmail.com

رضا خلفی
دانشجوی دکتری اقتصاد صنعتی، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز
khalafi.63@gmail.com

نوع مقاله: علمی- پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷

چکیده

مطالعه حاضر به ارائه الگویی برای مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران از طریق جریمه و پاداش شرکت‌های مزبور می‌پردازد. در چارچوب الگوی مذکور، سرمایه‌گذاری بیش از حد می‌تواند باعث عدم جبران بخشی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری گردد. نتایج مطالعه ۳۹ شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۶- ۱۳۹۰ حاکی از آن می‌باشد که با استفاده از الگوی مقررات‌گذاری ارائه شده، امکان رسیدن به سطح بهینه سرمایه‌گذاری در کل شبکه توزیع برق، با تخصیص مجدد سرمایه‌گذاری بین شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ، بدون کاهش کارایی صنعت وجود دارد.

طبقه‌بندی JEL: D22، D24، L43، L51، L94

کلیدواژه‌ها: هزینه‌های سرمایه‌گذاری، مقررات‌گذاری انگیزشی، مدل‌های مرز تصادفی واریانس ناهمسان، شرکت‌های توزیع برق، ایران

---

[۱] مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده چهارم می‌باشد.

۱. مقدمه

ویژگی‌های شبکه‌ای صنعت برق و صرفه‌های اقتصادی ناشی از هماهنگی[۱] بین فعالیت‌های مختلف، منجر شده بود، یک ساختار یکپارچه عمودی در بسیاری از بخش‌های این صنعت حاکم گردد. همچنین، اهمیت راهبردی این صنعت و دیدگاه خدمات عمومی به ارائه برق، توجیه‌کننده مالکیت دولتی آن در اغلب زمان‌ها بوده است (جاماسب و پولیت[۲]، ۲۰۰۷). مسائل مذکور در کنار عام‌المنفعه بودن[۳] ماهیت برق باعث شده بود که در اوایل، این صنعت توسط بخش عمومی اداره شده و در تملک دولت قرار گیرد. با این وجود، ناکارایی بخش عمومی[۴] از لحاظ عملکرد، در کنار محدودیت مالکیت خصوصی در این حوزه موجب شده بود که هزینه ارائه خدمات برق، در سطحی بالاتر از سطح بهینه قرار داشته، و انگیزه لازم برای پایین آوردن و به حداقل رساندن هزینه‌ها وجود نداشته باشند. از اواخر دهه ۸۰ میلادی، بسیاری از کشورها شروع به انجام اصلاحاتی در صنعت برق، برای حمایت از مصرف‌کنندگان نمودند. هر چند ساختار این صنعت در کشورهای مختلف با هم فرق داشته و پروسه اصلاحات در آن‌ها متفاوت بود، اما هدف اصلی همه آن‌ها بهبود کارایی بود. در همین راستا، موج اصلاحات در نهایت منجر به پیدایش راه حل عملی مقررات‌گذاری انگیزشی یا مبتنی بر عملکرد[۵] در بخش‌های انحصاری همچون شبکه‌های توزیع برق گردید. هدف از این مقررات‌گذاری، ایجاد انگیزه برای شرکت‌ها، جهت بهبود کارایی هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی بود که با استفاده از روش‌های مختلف بنچمارکینگ[۶] صورت می‌پذیرفت تا با بهره‌گیری از مکانیسم جریمه و پاداش، شرکت‌ها را به سمت کارایی بیشتر سوق دهد. هر چند این رهیافت منجر به بهبود کارایی، خصوصا در مورد هزینه‌های عملیاتی[۷] ($OPEX$) گردید، اما چالش جدیدی در زمینه سرمایه‌گذاری

---

1. Economies of Coordination
2. Jamasb and Pollitt
3. Public Utility

۴. هر چند در نظریات اقتصادی، توضیح روشنی در خصوص علت ناکارایی بخش عمومی ارائه نشده است، اما برتری بخش خصوصی ممکن است از منظر تئوری Principle – Agent توسعه یافته باشد. این مسئله پذیرفته شده است که خصوصی‌سازی، حتی بدون تغییر محیط رقابتی، کارایی هزینه‌ای را بهبود خواهد بخشید، زیرا تغییر مالکیت، انگیزه‌های مدیریتی را بهبود داده و سلسله مراتب معیوب کنترل و نظارت بروکراتیک را با بازار سرمایه و نظارت و کنترل مشترک توسط سهامداران، جایگزین می‌نماید (زینان لیو، ۱۹۹۵).

5. Incentive Regulation or Performance Based Regulation

۶. این مفهوم به طور عام به عنوان «مقایسه برخی معیارهای عملکرد واقعی در برابر یک عملکرد الگو یا مرجع» تعریف می‌گردد (جاماسب و پولیت، ۲۰۰۰)

7. Operational Expenditures

این شرکت‌ها به وجود می‌آورد، بدین ترتیب که انگیزه صرفه‌جویی هزینه‌ای ممکن بود موجب کاهش بیش از حد سرمایه‌گذاری شرکت‌های مزبور شود. چالش مذکور از آن جهت مطرح می‌گردید که هر چند در مورد حداقل شدن هزینه‌های عملیاتی اتفاق نظر وجود داشت، اما بر خلاف هزینه‌های عملیاتی، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در هر شرایطی، مطلوب نبود، چرا که سرمایه‌گذاری کمتر از حد بهینه می‌توانست قابلیت اطمینان شبکه توزیع را در بلندمدت به مخاطره بیاندازد (پودینه و جاماسب[1]، ۲۰۱۵). با این وجود، در خصوص نتیجه مقررات‌گذاری انگیزشی بر میزان سرمایه‌گذاری، شواهد تجربی متفاوتی وجود دارد، به نحوی که برخی از این شواهد، دال بر افزایش سرمایه‌گذاری شرکت‌های مقررات‌گذاری شده بود (کالمن و نیسوان[2]، ۲۰۱۶). از همین روی، طی دوران ۴۰ ساله به کارگیری رهیافت‌های مختلف تنظیم مقررات، دستیابی به میزان سرمایه‌گذاری بهینه در شبکه‌های توزیع برق، همواره از چالش‌های اصلی بوده و میزان موفقیت یک رهیافت تنظیم مقررات در رابطه با اندازه سرمایه‌گذاری، از ارکان اصلی ارزیابی آن رهیافت قلمداد می‌گردد. از نظر مقررات‌گذار، یک رهیافت مطلوب بایستی انگیزه‌های صحیحی ایجاد نماید تا ضمن کاهش هزینه‌های کل، موجبات سرمایه‌گذاری کارا را نیز فراهم آورد. بنا بر این سیاست‌گذاران تلاش می‌کنند تا در قالب طرح‌های ترکیبی، برنامه‌هایی را برای هزینه‌های سرمایه‌گذاری، همزمان با بنچمارکینگ هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های سرمایه‌ای و کیفیت خدمات به اجرا درآورند. با این وجود، موضوع اثرات کارایی سرمایه‌گذاری در مقررات‌گذاری انگیزشی، به طور چشمگیری مغفول مانده است که از دلایل مهم آن، چالش برانگیز بودن کمّی‌سازی اثرات کارایی سرمایه‌گذاری بوده است، چرا که این کار مسلتزم چارچوب تحلیلی و مدل تجربی مناسب برای تفکیک اثرات کارایی سرمایه‌گذاری می‌باشد (پودینه و جاماسب، ۲۰۱۵).

مهم‌ترین تلاش برای مقررات‌گذاری شبکه توزیع برق در ایران، در سال ۱۳۹۲ با ابلاغ «دستورالعمل ضوابط تعیین نرخ متوسط خدمات توزیع برق» و «دستورالعمل ضوابط تعیین متوسط هزینه تمام شده برق» توسط دفتر خصوصی‌سازی صنعت برق وزارت نیرو صورت پذیرفت. هر چند دستورالعمل یاد شده، یکی از مهم‌ترین تلاش‌ها برای مقررات‌گذاری در شبکه توزیع برق ایران بود که با تمرکز بر تعیین متوسط نرخ خدمات توزیع صورت می‌گرفت، اما هیچ‌گاه عملی نگردید (پورعبادالهان کویچ و همکاران، ۱۳۹۸).

---

[1]. Poudineh and Jamasb
[2]. Cullmann & Nieswand

به نظر می‌رسد که ایران در مراحل ابتدایی اصلاحات صنعت برق قرار داشته و به تدریج همانند سایر کشورها و به همراه موج اصلاحات جهانی، ناگزیر از پیمودن این مسیر در آینده‌ای نزدیک خواهد بود، از همین روی، بررسی‌ها در خصوص ارائه راه حل‌های ممکن برای چالش‌های محتمل، ضروری می‌نماید. برای همین منظور، مطالعه حاضر به ارائه الگویی برای مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران با استفاده از اثرات کارایی آن‌ها پرداخته و دلالت‌های الگوی مذکور در خصوص هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران را طی دوره زمانی ۱۳۹۶- ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار می‌دهد.

ساختار این مطالعه به این ترتیب است که بعد از مقدمه حاضر، در بخش دوم به مروری بر ادبیات تحقیق که شامل مبانی نظری و پیشینه تجربی است، پرداخته می‌شود. بخش سوم به روش‌شناسی تحقیق می‌پردازد. در بخش چهارم، به تجزیه و یافته‌های تحقیق پرداخته می‌شود. در نهایت، بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات سیاستی اختصاص دارد.

۲ . مروری بر ادبیات تحقیق

۲-۱. مبانی نظری

یکی از موضوعات بحث برانگیز مقررات‌گذاری شرکت‌های توزیع برق، نحوه رفتار با سرمایه‌گذاری این شرکت‌ها می‌باشد. همواره یکی از اهداف اصلی مقررات‌گذاری، ایجاد انگیزه‌های صحیح سرمایه‌گذاری برای شرکت‌ها، اطمینان از کارایی هزینه‌های سرمایه‌گذاری و ممانعت از سرمایه‌گذاری بیشتر یا کمتر از حد بوده است. بدین ترتیب، نحوه تنظیم سرمایه‌گذاری، بخش بحرانی هر مدل مقررات‌گذاری می‌باشد (ویلجاینن[1]، ۲۰۰۵). در مراحل ابتدایی مقررات‌گذاری، روش تنظیم مقررات سود، مورد استفاده قرار می‌گرفت. از این روش تحت عنوان مقررات‌گذاری نرخ بازدهی[2] (ROR) و یا هزینه خدمات[3] نیز یاد می‌شود[4]. این روش مبتنی بر این اصل است که سود شرکت‌های مقررات‌گذاری شده نباید از نرخ بازدهی مجاز بیشتر گردد. بدین ترتیب، به شرکت‌ها اجازه

---

[1]. Viljainen

[2]. Rate of Return

[3]. Cost of Services

[4]. تفاوت‌هایی اندک بین این دو فرم عمومی از مقررات‌گذاری سود وجود دارد. برای مطالعه بیشتر به ویلجاینن (۲۰۰۵) مراجعه گردد.

داده می‌شود تا به اندازه‌ای درآمد داشته باشند که بتوانند ضمن پوشش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای، بازدهی کافی بر روی دارایی‌های سرمایه‌گذاری شده نیز به دست آورند. اورچ و جانسون[۱] (۱۹۶۲) نشان داده‌اند که مهم‌ترین مسئله‌ای که مقررات‌گذاری نرخ بازدهی از آن رنج می‌برد، ایجاد انگیزه برای شرکت‌ها در رابطه با گسترش دارایی و انباشت بالای موجودی سرمایه از طریق سرمایه‌گذاری بیش از حد می‌باشد که با هدف کسب درآمد بیشتر، از طریق نرخ بازدهی بدون ریسک[۲] موجود در رهیافت مزبور صورت می‌پذیرد (ویکرز و یارو[۳]، ۱۹۸۸). به علاوه، نرخ بازدهی تضمین شده، این انگیزه را در شرکت‌های توزیع برق ایجاد می‌نماید تا از طریق گزارش حجم بالای کار، یا سرمایه‌ای نمودن هزینه‌های عملیاتی[۴] خود، هزینه‌های سرمایه‌ای را بیشتر جلوه دهند (پتروف[۵] و همکاران، ۲۰۱۰). این امر بدین سبب روی می‌دهد که سرمایه‌گذاری کمتر، موجب کاهش دارایی پایه مقررات‌گذاری[۶] (RAB) و در نتیجه کاهش درآمد شرکت می‌گردد. هر چند بعدها روش‌هایی نظیر نرخ بازدهی غیر خطی[۷] (کلیوریک[۸]، ۱۹۶۶؛ بامول و کلیوریک[۹]، ۱۹۷۰) یا عدم جبران هزینه[۱۰] (گال اور و شاپیرو[۱۱]، ۱۹۹۲) به منظور تعدیل تمایل سرمایه‌گذاری بیش از حد معرفی گردیدند، اما علاوه بر کاستی‌های مطرح در خصوص هر یک از آن‌ها، رهیافت‌های مقررات‌گذاری کم‌توان همچون مقررات‌گذاری نرخ بازدهی، به خاطر انگیزه‌های ضعیفی که برای کارایی فراهم می‌آوردند، جذابیت چندانی در بلندمدت نیافتند (هانکاپور[۱۲]، ۲۰۰۸). بدین ترتیب توجه به روش‌های جایگزین انگیزشی افزایش یافت. در این رهیافت‌های جدید سعی بر آن بود تا در غیاب رقابت، نیروهای موجود در بازار رقابتی، شبیه‌سازی گردد. هدف از به کارگیری این روش‌ها، ایجاد انگیزه برای شرکت‌ها جهت بهبود کارایی هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری و اطمینان یافتن از این

---

1. Averch and Johnson

۲. وارد نمودن نرخ بازدهی بدون ریسک در هزینه‌های شرکت‌ها توجیهات مستدلی دارد که موضوع بحث مقاله حاضر نمی‌باشد.

3. Vickers & Yarrow
4. Capitalising the Operational Costs
5. Petrov
6. Regulatory Asset Base
7. Non-linear Rate of Return
8. Klevorick
9. Baumol and Klevorick
10. Cost Disallawance
11. Gal-Or and Spiro
12. Honkapuro

امر بود که مصرف‌کنندگان از منافع این افزایش کارایی بهره‌مند می‌گردند. از جمله مهم‌ترین رهیافت‌های انگیزشی مورد استفاده می‌توان به روش‌های سقف قیمت[۱]، سقف درآمد[۲]، هدف‌گذاری شده[۳]، محک‌زنی[۴]، نوار پهنای نرخ بازدهی[۵]، منوی قراردادها[۶] و تعدیل هزینه جزئی[۷] اشاره کرد (جاماسب و پولیت، ۲۰۰۰). از میان رهیافت‌های مزبور، مقررات‌گذاری قیمت[۸] پرکاربردترین روش مقررات‌گذاری انگیزشی است که تا به امروز در بسیاری از کشورها، مورد استفاده قرار گرفته است. در مقررات‌گذاری‌های سقف قیمت و سقف درآمد به عنوان دو شکل عمومی مقررات‌گذاری قیمت، بر خلاف روش مقررات‌گذاری سود، با ایجاد محدودیت خارجی در افزایش قیمت و درآمد، رابطه بین هزینه‌ها و قیمت‌ها قطع گردیده و شرکت‌ها برای کسب سود بیشتر، مجبور به کاهش هزینه‌ها می‌باشند[۹]. بنابراین با تفکیک قیمت خدمات شرکت‌ها از هزینه‌های آن‌ها، امکان غلبه بر مشکل ناکارایی فراهم گردیده و انگیزه انباشت بیش از حد سرمایه کاهش می‌یابد (ویلجاینن، ۲۰۰۵). با وجود دستیابی به کارایی هزینه‌ای، سرمایه‌گذاری ناکافی و کیفیت پایین خدمات چالش‌های جدیدی بودند که در خصوص این روش‌ها مطرح گردیدند. با این وجود، شواهد تجربی در رابطه با رفتار سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق تحت مکانیسم‌های انگیزشی، فراگیر نبود. بر اساس مطالعات، تاثیر تنظیم مقررت انگیزشی بر سرمایه‌گذاری می‌تواند در هر دو جهت باشد. به عنوان مثال، آرمسترانگ و شاپینگتون[۱۰] (۲۰۰۵) معتقد بودند که تنظیم مقررات انگیزشی، رفتار کاهش سرمایه‌گذاری را در راستای کاهش هزینه‌ها برمی‌انگیزد، در حالی که بعضی مطالعات دیگر همچون کامبینی و روندی[۱۱] (۲۰۱۰) و کالمن و نیسوان (۲۰۱۶) نشان دادند که این تاثیرات می‌تواند منجر به افزایش سرمایه‌گذاری گردد. در نتیجه، چالش مهم آن بود که ضمن حصول اطمینان

---

[1]. Price Cap
[2]. Revenue Cap
[3]. Targeted
[4].Yardstick
[5]. ROR Banwidth
[6]. Menu of Contracts
[7]. Partial Cost Adjustment
[8]. Price Regulation
[۹]. در روش سقف قیمت، میانگین قیمت خدمات در هر سال مجاز به افزیش بیش از شاخص قیمت خرده‌فروشی منهای عامل کارایی ($RPI-X$) نمی‌باشد، در حالی که در روش سقف درآمد، میانگین درآمد پیش‌بینی شده به ازای هر واحد محصول، حداکثر به اندازه $RPI-X$ می‌تواند افزایش یابد (بیزلی، ۱۹۹۷).
[10]. Armstrong and Sappington
[11]. Cambini & Rondi

از عدم سرمایه‌گذاری نظام‌مند کمتر یا بیشتر از حد، انگیزه‌های درست برای ارائه خدمات با کارایی هزینه را فراهم آورد (پودینه و جاماسب، ۲۰۱۵).

۲-۲. پیشینه تجربی

مطالعات صورت پذیرفته خارجی غالبا در خصوص ارزیابی تاثیر رهیافت‌های مختلف مقررات‌گذاری بر سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق بوده است و مطالعات مرتبط با مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری بسیار محدود می‌باشد. در ذیل به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود:

کینونن[1] (۲۰۰۴) با بررسی تحلیلی شبکه توزیع برق فنلاند، سیستم تنظیم مقررات گذشته‌نگر آن کشور را در زمینه انگیزه‌های سرمایه‌گذاری مطالعه نموده است. هدف دیگر وی، بررسی چگونگی توسعه سرمایه‌گذاری در شبکه توزیع برق بعد از آزادسازی و تعیین مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر سرمایه‌گذاری با توجه به اطلاعات تجربی و نیز بررسی چگونگی تاثیر مقررات‌گذاری بر شبکه توزیع برق فنلاند می‌باشد. بر اساس یافته‌های این مطالعه، عوامل سیاسی، قانونی، عملیاتی، مدیریتی و فنی باید در هر تصمیم سرمایه‌گذاری بلندمدت در نظر گرفته شود. همچنین طبق نتایج، به نظر نمی‌رسد که مکانیسم مقررات‌گذاری، تاثیر معنی‌داری بر انگیزه سرمایه‌گذاری داشته باشد و تصمیمات سرمایه‌گذاری، بیشتر از انتظارات میزان فروش و سود آتی متاثر بوده است که این امر خود نیز، حداقل تا اندازه‌ای، به ماهیت انحصار طبیعی شبکه توزیع برق بر می‌گردد.

کامبینی و روندی (۲۰۱۰) رابطه بین سرمایه‌گذاری و روش‌های مختلف مقررات‌گذاری را ضمن کنترل تاثیر مالکیت شرکت‌ها و تفاوت بین کشورها در عرضه و تقاضای انرژی در نمونه‌ای از شرکت‌های انرژی اروپایی مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که نرخ سرمایه‌گذاری در مقررات‌گذاری انگیزشی، نسبت به مقررات‌گذاری نرخ بازدهی، بیشتر بوده است. آنان با به کارگیری داده‌های اصلی ابزارهای مقررات‌گذاری (یعنی عامل کارایی و میانگین موزون هزینه سرمایه) نشان داده‌ند که سرمایه‌گذاری شرکت‌های مقررات‌گذاری شده با رهیافت انگیزشی، حساسیت بالایی به عامل کارایی داشته است که با انگیزه کارایی و سودجویی سازگار می‌باشد. همچنین طبق یافته‌ها، سرمایه‌گذاری شرکت‌های برق به سطح میانگین موزون هزینه سرمایه و تغییرات آن حساس بوده است.

---

[1]. Kinnunen

پودینه و جاماسب (۲۰۱۵) رابطه بین سرمایه‌گذاری و کارایی هزینه‌ای را در چارچوب مقررات‌گذاری انگیزشی و رویکرد مقررات‌گذاری گذشته‌نگر در رابطه با سرمایه‌گذاری، با استفاده از داده‌های پانلی شرکت‌های توزیع برق نروژ بررسی نموده‌اند. آنان به معرفی الگوی مقررات‌گذاری انگیزشی سقف درآمد، به منظور مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های مزبور پرداخته‌اند که در قالب آن، برای مواجهه با چالش سرمایه‌گذاری غیر بهینه (کمتر یا بیشتر از حد)، مکانیسم انگیزشی مبتنی بر جریمه و پاداش شرکت‌ها بر اساس اثرات کارایی سرمایه‌گذاری آن‌ها ارائه گردیده و دلالت‌های رهیافت مورد نظر برای سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق نروژ مورد بررسی قرار گرفته است.

کالمن و نیسوان (۲۰۱۶) تاثیر مقررات‌گذاری انگیزشی با مکانیسم سقف درآمد را بر روی رفتار سرمایه‌گذاری ۱۰۹ شرکت توزیع برق آلمان مورد بررسی قرار داده‌اند. آنان برای این منظور، مدلی را شکل داده‌اند که هم ناهمگنی شرکت‌ها و هم مالکیت را کنترل می‌نماید. فرضیه مطالعه بر آن است که با اجرای مقررات‌گذاری انگیزشی آلمان در سال ۲۰۰۹، در صورت تعیین نرخ پایه برای دوره مقررات‌گذاری پیش رو، شرکت‌ها سرمایه‌گذاری خود را در سال پایه افزایش می‌دهند. یافته‌های آنان نشان می‌داد که سرمایه‌گذاری‌ها پس از سال ۲۰۰۹، به خصوص در سال پایه افزایش می یابد. همچنین بر اساس نتایج، شرکت‌های با مالکیت عمومی رفتار سرمایه‌گذاری متفاوتی با شرکت‌های با مالکیت خصوصی از خود نشان نمی‌دهند. آنان نتیجه می‌گیرند که ارزیابی جامع از تصمیمات سرمایه‌گذاری باید شامل تمام جنبه‌های نهادی مقررات‌گذاری انگیزشی باشد.

ابراردی[1] و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر مقررات‌گذاری انگیزشی در مقایسه با مقررات‌گذاری نرخ بازدهی بر انگیزه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های انرژی اروپا، کشورهای منطقه منا و کشورهای آمریکای لاتین را در تعامل با وضعیت مالکیت شرکت‌های مزبور طی دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۷ مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها، یافته‌های مطالعات پیشین در خصوص بالا بودن سرمایه‌گذاری در مقررات‌گذاری انگیزشی نسبت به مقررات‌گذاری نرخ بازدهی را تایید می‌نمود. هر چند، بر خلاف مطالعات پیشین، به نظر می‌رسد که سرمایه‌گذاری، به جای عامل کارایی، بیشتر توسط میانگین موزون هزینه سرمایه تحریک می‌شود.

[1]. Abrardi

هوانگ و سودر[1] (۲۰۱۷) روشی ابداعی مبتنی بر مدل بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری شبکه توزیع برق با در نظر داشتن محدودیت‌های مقررات‌گذاری و جریان بهینه نیرو معرفی نموده‌اند. روش مزبور به منظور ارزیابی اثرات مقررات‌گذاری انگیزشی بر سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق در زیرساخت‌های شبکه و بهبود عملکرد آن ارائه گردیده است و با کمّی‌سازی تاثیرات متقابل مقررات‌گذاری انگیزشی، سرمایه‌گذاری شبکه و عملکرد شبکه، به مقررات‌گذار و اپراتورهای سیستم توزیع اجازه می‌دهد تا تاثیرات اقتصادی سرمایه‌گذاری را در چارچوب مقررات‌گذاری انگیزشی ارزیابی نمایند. به بیان محققین، کمّی‌سازی تاثیرت مقررات‌گذاری انگیزشی یر سرمایه‌گذاری زیرساختی و سرمایه‌گذاری در بهبود عملکرد، به اپراتور سیستم توزیع کمک می‌نماید تا به صورت بهینه در شبکه سرمایه‌گذاری نموده و نیز سرمایه‌گذاری در بهبود شاخص عملکرد را امکان‌سنجی نماید. همچنین، نتایج کمّی شده مدل معرفی شده، امکان طراحی انگیزه‌های دلخواه و تعدیل آن‌ها را برای مقررات‌گذار فراهم می‌آورد.

لیو[2] و همکاران (۲۰۱۹) یک روش ارزیابی جامع پویا برای به دست آوردن استراتژی سرمایه‌گذاری کارا در شبکه‌های توزیع برق معرفی نموده‌اند. آنان ابتدا یک سیستم شاخص ارزیابی شامل شش معیار سطح اطلاعات، ظرفیت عرضه نیرو، کارایی بهره‌برداری از دارایی، کیفیت عرضه نیرو و اتلاف انرژی، قابلیت اطمینان عرضه نیرو، و سطح توسعه پایدار را به منظور توصیف عملکرد کلی شبکه توزیع شکل داده‌اند. سپس مدل بهینه‌سازی وزنی ترکیبی برای محاسبه بردار وزنی از هر معیار معرفی گردیده است. آنان در ادامه، با استفاده از رهیافت ارزیابی پویا مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه کارایی سرمایه‌گذاری و به کارگیری رقابت محک‌زنی بین نواحی مختلف و قاعده جریمه و پاداش، استراتژی دقیق طرح‌ریزی سرمایه‌گذاری را به دست آورده‌اند.

خونجلوایو و نتاخنی[3] (۲۰۲۰) به بررسی نقش مقررات‌گذاری در سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق آفریقای جنوبی در زیرساخت‌های سرمایه‌ای پرداخته‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که با وجود به کارگیری فرایندها و روش‌هایی از طرف نهاد مقررات‌گذار به منظور اطمینان از کارایی عملیاتی شرکت‌های توزیع برق و عدم تحمیل تعرفه مازاد به مصرف‌کنندگان و تطبیق با بنچمارک‌های معینی که توسط نهاد مزبور تایید می‌گردد، اکثریت شرکت‌های یاد شده بر اساس بنچمارک‌های تعیین شده عمل نمی‌نمایند و مازاد منفی ناشی از عملکرد

[1]. Huang and Söder
[2] .Liu
[3]. Khonjelwayo & Nthakheni

آن‌ها، اجازه سرمایه‌گذاری کافی در زیرساخت‌ها را فراهم نمی‌آورد. بر اساس یافته‌ها، مقررات‌گذاری به تنهایی برای اطمینان از کافی بودن سرمایه گذاری کفایت نمی‌کند و مداخله دولت از طریق کمک‌های بلاعوض زیرساختی و تزریق سرمایه بخش خصوصی نیز ضروری می‌باشد.

بورمن و برونکریفت[1] (۲۰۲۰) به تحلیل نظری تاثیر انواع مختلف مقررات‌گذاری بر سرمایه‌گذاری در محیط‌های با هزینه‌های سرمایه‌گذاری هنگفت پرداخته‌اند. آنان با تمرکز بر مواردی که سرمایه‌گذاری، دارایی پایه مقررات‌گذاری را افزایش می‌دهد، بین مقررات‌گذاری مبتنی بر هزینه و مبتنی بر قیمت تفکیک قائل شده‌اند. بر اساس یافته‌ها، در مقررات‌گذاری مبتنی بر هزینه، سرمایه‌گذاری موجب تغییر قیمت‌های مقررات‌گذاری شده می‌گردند، در حالی که در مقررات‌گذاری مبتنی بر قیمت، سرمایه‌گذاری هیچ گاه قیمت‌ها را متاثر نمی‌سازد. آنان با تمرکز بر سرمایه‌گذاری جایگزینی و سرمایه‌گذاری توسعه‌ای، بیان می‌دارند که مقررات‌گذاری مبتنی بر هزینه در مقایسه با مقررات‌گذاری مبتنی بر قیمت، سرمایه‌گذاری را تسریع می‌نماید.

در خصوص مطالعات داخلی صورت پذیرفته در زمینه مقررات‌گذاری شرکت‌های توزیع برق نیز باید گفت که برخی از مطالعات همچون میرهاشمی و همکاران (۱۳۹۷) و اوشنی (۱۳۹۷) صرفا با استفاده از روش‌های مختلف، اقدام به برآورد عامل کارایی (فاکتور X) به عنوان معیاری به منظور تعیین نرخ رشد بهره‌وری هدف در مقررات‌گذاری سقف قیمت نموده‌اند. بعضی دیگر از این مطالعات مانند عبادی و دودابی‌نژاد (۱۳۹۱) به مقایسه اثرات رفاهی مدل‌های سقف درآمد و سقف قیمت مبادرت کرده‌اند. زیبا (۱۳۸۷) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست، میزان کارایی و بهره‌وری بخش توزیع برق را محاسبه نموده و سپس با تدوین فاکتور X هر بنگاه، سقف قیمت را برای هر یک تعیین کرده و در پایان، نتایج و توصیه‌هایی برای این بخش ارائه نموده است. سیماب و حقی فام (۱۳۸۹) به ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق و تنظیم کیفیت خدمات آن‌ها در روش مقررات‌گذاری مبتنی بر عملکرد پرداخته و در ادامه، الگوریتمی برای محاسبه پارامترهای روش پاداش و جریمه برای کیفیت خدمات ارائه نموده‌اند. محمدنژاد شورکایی (۱۳۹۰) مدل مقررات‌گذاری انگیزشی با استفاده از تئوری جریمه و پاداش مبتنی بر رقابت ارائه نموده و در انتها، ابزار شبیه‌ساز شبکه توزیع را به منظور بررسی رفتار شرکت‌های توزیع برق در حضور مدل انگیزشی بهبود قابلیت اطمینان طراحی کرده است.

[1]. Borrmann & Brunekreeft

پورعبادالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۸) با عنایت به مراحل مقررات‌گذاری و نیز ویژگی‌های مقررات‌گذار در ایران، ضمن تمرکز بر هزینه‌های عملیاتی، روش سقف درآمد را برای مقررات‌گذاری شرکت‌های توزیع برق، به عنوان روش بهتر پیشنهاد نموده و در ادامه الگویی بری مقررات‌گذاری سقف درآمد هزینه‌های عملیاتی ارائه نموده‌اند. خداداد کاشی و همکاران (۱۳۹۸) ضمن معرفی و ارزیابی روش‌های مختلف مقررات‌گذاری انحصار طبیعی و با استناد به ملاحظات کیفی، کارایی و انگیزشی، مدل مقررات‌گذاری سقف قیمت را به عنوان مناسب‌ترین روش تنظیم معرفی کرده و در ادامه به تعیین مولفه‌های مقررات‌گذاری سقف قیمت مشتمل بر بهره‌وری هدف و کیفیت اقدام نموده‌اند. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که مطالعه‌ای در زمینه مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران صورت نپذیرفته است که این امر در مطالعه حاضر مد نظر قرار می‌گیرد.

۳. روش‌شناسی تحقیق

مقررات‌گذاری شرکت‌های توزیع برق معمولا پس از تجدید ساختار صنعت برق و تفکیک قسمت‌های انحصاری از بخش‌های رقابت‌پذیر به کار گرفته می‌شود. با وجود این که صنعت برق ایران شاهد تجدید ساختار از طریق تفکیک بخش‌های تولید، انتقال و توزیع بوده است، اما همچنان و به دلایل حاکمیتی، شرکت‌های توزیع برق، مالکیت عمومی داشته و فاقد استقلال حقیقی می‌باشند. با این وجود، موضوع رهیافت‌های مقررات‌گذاری فارغ از مالکیت شرکت‌ها مطرح می‌گردند. رویکرد فعلی تعیین تعرفه توزیع برق در ایران به صورت هزینه‌ای است که انگیزه‌های ضعیفی برای کارایی فراهم می‌آورد. به همین خاطر ضروری است که از روش‌های مقرات‌گذاری‌های انگیزشی استفاده گردد. در همین زمینه، پورعبادالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی وضعیت سیستم‌های حسابرسی و حسابداری و عدم ثبات متغیرهای کلان اقتصادی در ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و نیز عدم استقلال و تجربه کافی نهادهای مقررات‌گذاری، ضمن ارزیابی مرحله توسعه مقررات‌گذاری در ایران و با در نظر داشتن مراحل توسعه مقررات‌گذاری لافونت (۱۹۹۶)، در ابتدا الگوی مقررات‌گذاری انگیزشی قوی را برای ایران توصیه نموده و در ادامه، ضمن بررسی معایب و مزایای هر یک از روش‌های مقررات‌گذاری سقف قیمت و سقف درآمد به عنوان معروف‌ترین الگوهای مقررات‌گذاری انگیزشی قوی، در نهایت الگوی مقررات‌گذاری سقف درآمد را به عنوان روش بهینه مقررات‌گذاری در شبکه توزیع برق

ایران پیشنهاد نموده‌اند. اما روش‌های مقررات‌گذاری انگیزشی همچون مقررات‌گذاری سقف درآمد می‌تواند چالش جدیدی در زمینه سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق به صورت سرمایه‌گذاری کمتر از حد بهینه و یا بیش از حد بهینه به وجود آورد. به همین علت، مقررات‌گذاری جداگانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری ضرورت پیدا می‌نماید. بنابراین در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن رهیافت مقررات‌گذاری انگیزشی از نوع روش سقف درآمد، مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران، از طریق الگویی برای جریمه و پاداش شرکت‌های مزبور صورت می‌پذیرد. در این الگو، که توسط پودینه و جاماسب (۲۰۱۵) معرفی گردیده است، درآمد مجاز شرکت‌های مقررات‌گذاری شده به وسیله یک مکانیسم انگیزشی مبتنی بر بنچمارکینگ هزینه، تعیین می‌گردد. روش مقررات‌گذاری سرمایه‌گذاری مزبور مبتنی بر دیدگاه گذشته‌نگر می‌باشد. این رویکرد، مجموع کل هزینه‌هایی را که شرکت مقررات‌گذاری شده متحمل گردیده است تحت عنوان هزینه‌های کل، با استفاده از روش‌های بنچمارکینگ مرزی در برابر سایر شرکت‌های همتا[1]، محک‌زنی می‌نماید (پودینه و جاماسب، ۲۰۱۵). بنابراین، نیازی به مداخله مقررات‌گذار در جزئیات طرح‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌ها وجود ندارد و شرکت‌ها آزاد می‌باشند تا در مورد انجام دادن یا ندادن سرمایه‌گذاری معین و نیز سطح سرمایه‌گذاری مورد نیاز تصمیم‌گیری نمایند. مکانیسم مقررات‌گذاری مذکور، کارایی و سرمایه‌گذاری را به هم مرتبط می‌سازد تا این اطمینان را فراهم نماید که شرکت‌های توزیع برق از سرمایه‌گذاری‌های غیر ضروری پرهیز می‌کنند. این بدان معنی است که مقررات‌گذار بدون دخالت مستقیم در تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت‌ها و به طور غیرمستقیم، آن‌ها را بر می‌انگیزد تا از نظر سرمایه‌گذاری کارا باشند. انتظار بر آن است که شرکت‌ها سرمایه‌گذاری خود را به سطوح کارا محدود نمایند تا از ایجاد هزینه‌های بالا در فرایند بنچمارکینگ اجتناب کنند، چرا که سرمایه‌گذاری بیش از حد می‌تواند باعث عدم جبران بخشی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری گردد. بدین ترتیب، در چارچوب الگوی مذکور، سرمایه‌گذاری به صورت غیر مستقیم با محدودیت مواجه می‌گردد. الگوی مقررات‌گذاری مورد اشاره مشابه مکانیسم تعدیل هزینه جزئی[2] بوده، و درآمد مجاز شرکت‌ها را از طریق رابطه زیر تعیین می‌کند:

---

[1]. Peer Companies

[2]. رهیافت تعدیل هزینه جزئی، یک مکانیسم مناسب برای ارزیابی توجیه‌پذیری مخارج سرمایه‌گذاری در بنگاه‌های مقررات‌گذاری شده می‌باشد (ویلجاینن، ۲۰۰۵).

$$RE_t = C_t + \lambda \left(C_t^* - C_t\right) \quad . \quad 0 \le \lambda \le 1 \qquad (۱)$$

که در آن، اندیس t نشان‌دهنده دوره زمانی، RE بیانگر درآمد مجاز شرکت، C نمایشگر هزینه واقعی شرکت و C^* نشان‌دهنده سطح هزینه کارا یا هزینه معیار می‌باشد که با استفاده از روش‌های بنچمارکینگ، به دست می‌آید. ضریب λ نشان‌دهنده توان انگیزشی مکانیسم است. طبق رابطه فوق، فاصله گرفتن از هزینه کارا، موجب زیان مالی شرکت می‌گردد. λ سهم هزینه کارا و $(1-\lambda)$ سهم هزینه واقعی را در تعیین درآمد مجاز نشان می‌دهد. هر چه سهم هزینه کارا یا توان انگیزشی مکانیسم، بیشتر باشد، رقابت غیر مستقیم بین شرکت‌ها برای بهبود کارایی هزینه‌ای، بیشتر خواهد بود. رابطه مزبور ویژگی بارز مکانیسم‌های انگیزشی را داراست، چرا که بر اساس آن و بسته به مقدار λ، درآمد مجاز شرکت، تا اندازه‌ای از هزینه واقعی آن تفکیک می‌گردد (پودینه و جاماسب، ۲۰۱۵). با تعریف نماد e به عنوان کارایی هزینه‌ای که از تقسیم هزینه معیار بر هزینه واقعی به دست می‌آید و با فرض انجام مقدار معین سرمایه‌گذاری (In) که منجر به تغییر هزینه‌ای به میزان ΔC می‌شود، تغییر درآمد مجاز ناشی از سرمایه‌گذاری شرکت به صورت رابطه (۲) خواهد بود که که می‌توان آن را به صورت رابطه (۳) بازنویسی کرد:

$$\Delta RE = RE_2 - RE_1 = C_2 - C_1 + \lambda \left[C_2 \left(e_2 - 1 \right) - C_1 \left(e_1 - 1 \right) \right] \qquad (۲)$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 = In \quad , \quad e = \frac{C^*}{C}$$

$$\Delta RE = \Delta C + \lambda \left[C_1 \left(e_2 - e_1 \right) + In \left(e_2 - 1 \right) \right] \qquad (۳)$$

که در آن، اندیس‌های ۱ و ۲ نمایشگر قبل و بعد از سرمایه‌گذاری بوده و ΔRE بیانگر تغییرات درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری است که تابعی از مقدار سرمایه‌گذاری، کارایی قبل از سرمایه‌گذاری (e_1)، کارایی بعد از سرمایه‌گذاری (e_2) و سایر هزینه‌ها (C_1) یا همان هزینه‌های قبل از سرمایه‌گذاری می‌باشد. بخش دوم رابطه (۳) اثر درآمدی هزینه‌های سرمایه‌گذاری را به دلیل بنچمارکینگ هزینه نشان می‌دهد. بر این اساس، تغییر درآمد شرکت به کارایی قبل و بعد از سرمایه‌گذاری وابسته است. با عنایت به این که مقدار $(1-e_2)$ کوچکتر از صفر می‌باشد، در نتیجه علامت عبارت داخل کروشه، به مقدار $(e_2 - e_1)$ بستگی دارد. در صورت برقراری شرایط $e_2 < e_1$ علامت عبارت داخل کروشه منفی خواهد بود. این در حالی است که در شرایط $e_2 > e_1$ علامت عبارت داخل کروشه می‌تواند منفی، صفر یا مثبت گردد. بدین ترتیب می‌توان یک حد آستانه‌ای برای e_2 پیدا نمود که به ازای آن، مقدار عبارت داخل کروشه برابر صفر گردد. در این حالت، تغییرات درآمد شرکت

مقررات‌گذاری شده، همانند شرایط بدون بنچمارکینگ، برابر هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت خواهد بود[۱]. حد آستانه‌ای مورد نظر برای کارایی بعد از سرمایه‌گذاری، کارایی بی‌اثر ($e_{no\ impact}$) نام دارد که از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$e_{no\ impact} = e_2 = \frac{C_1 e_1 + In}{C_1 + In} \qquad (۴)$$

کارایی بی‌اثر معیاری برای مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری فراهم می‌آورد. بدین ترتیب که در صورت کمتر بودن میزان کارایی بعد از سرمایه‌گذاری شرکت از میزان کارایی بی‌اثر آن، شرکت مزبور با جریمه یا همان عدم جبران بخشی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری مواجه خواهد شد، بنابراین لازم است که شرکت نسبت به کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری خود اقدام نماید تا مانع زیان درآمدی مرتبط با ناکارایی خود گردد. این در حالی است که در صورت بیشتر بودن میزان کارایی بعد از سرمایه‌گذاری شرکت نسبت به میزان کارایی بی‌اثر آن، شرکت مزبور از سود فراتر از نرمال برخوردار گردیده و تغییرات درآمد آن، بیش از هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت خواهد بود و شرکت مزبور انگیزه‌های لازم برای افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری خود به منظور برخورداری از منافع سطح بالای کارایی خود را خواهد داشت. این کار تا جایی ادامه خواهد یافت که کارایی بعد از سرمایه‌گذاری شرکت به سطح کارایی بی‌اثر آن کاهش یابد و شکلی از بهینگی سرمایه‌گذاری به دست آید (پودینه و جـــاماسب، ۲۰۱۵).

ملاحظه می‌شود که اِعمال مکانیسم جریمه و پاداش مزبور مستلزم برآورد کارایی قبل از سرمایه‌گذاری و کارایی بعد از سرمایه‌گذاری است. روش‌های برآورد کارایی در قالب دو دسته پارامتری و غیر پارامتری تقسیم‌بندی می‌شوند. روش مورد استفاده در این مطالعه، مبتنی بر تکنیک پارامتری تحلیل مرز تصادفی می‌باشد که اولین بار توسط اینر[۲] و همکاران (۱۹۷۷) و میوزن و وَن دِن بروئک[۳] (۱۹۷۷) معرفی گردید. از مزایای این روش، امکان مدل‌سازی شوک‌های تصادفی و خطای اندازه‌گیری در داده‌ها می‌باشد. در این روش، مرز کارا یا بهترین عملکرد، برآورد گردیده و سایر بنگاه‌ها (در اینجا یعنی شرکت‌های توزیع برق) بر اساس کارایی برآورد شده‌شان، رتبه‌بندی می‌شوند. به دلیل ماهیت چند نهاده‌ای و چند ستانده‌ای بودن شرکت‌هایی توزیع برق، در مطالعه حاضر برای تصریح

---

[۱]. در شرایط بدون بنچمارکینگ نیز، هزینه‌های سرمایه‌گذاری به روش‌های مختلف از مصرف‌کنندگان دریافت گردیده و در نتیجه، کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت به مشترکین انتقال می‌یابد.

[2]. Aigner

[3]. Meeusen & van den Broeck

تکنولوژی تولید این شرکت‌ها از رهیافت تابع فاصله[۱] استفاده می‌شود. این رهیافت نیازمند فروض رفتاری خاص همچون فرض حداقل‌سازی هزینه یا حداکثرسازی سود برای بنگاه‌ها نمی‌باشد[۲]، که موجب می‌گردد نسبت به رهیافت‌هایی مانند برآورد تابع هزینه یا تابع درآمد، برتری داشته باشد (کوئلی و همکاران[۳]، ۲۰۰۵). تابع فاصله که اولین بار توسط شفارد[۴] (۱۹۵۳) معرفی گردید، می‌تواند در دو قالب نهاده‌گرا[۵] و ستانده‌گرا[۶] مطرح شود. تابع فاصله نهاده‌گرا، حداکثر مقدار ممکن کاهش متناسب در بردار نهاده را به ازای بردار معین ستانده مشخص می‌سازد، در حالی که تابع فاصله ستانده‌گرا، حداکثر مقدار ممکن بردار ستانده را به ازای بردار معین نهاده مشخص می‌نماید. تابع فاصله نهاده‌گرا، امکان برآورد کارایی بنگاه‌ها را زمانی که دسترسی به داده‌های مربوط به قیمت نهاده‌ها وجود ندارد[۷]، میسر می‌سازد (حجرگشت[۸] و همکاران، ۲۰۰۸). در خصوص شرکت‌های توزیع برق، استفاده از تابع فاصله نهاده‌گرا امری رایج می‌باشد، چرا که ستانده‌های شبکه توزیع برق به صورت برون‌زا توسط تقاضای مصرف‌کننده نهایی تعیین می‌شوند[۹] و شرکت‌ها صرفا می‌توانند هزینه‌های ارائه ستانده‌های مزبور را حداقل نمایند (گروویچ[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۲). در حالت کلی، تابع فاصله نهاده‌گرا به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$D^I(x, y) = max\left\{\Psi: \left(\frac{x}{\Psi}\right) \in L(y)\right\} \qquad (۵)$$

جایی که مجموعه نهاده $L(y)$ نشان‌دهنده مجموعه‌ای از تمام بردارهای نهاده x است که می‌توانند بردار ستانده y را تولید نمایند. ψ کاهش متناسب در بردار نهاده x را اندازه می‌گیرد. D^I تابع فاصله نهاده‌گرا می‌باشد که برای کاراترین بنگاه یا بهترین عملکرد، مقدار یک و برای سایر بنگاه‌ها، با افزایش فاصله از مرز عملکرد کارا، مقادیر بزرگتر از یک اختیار می‌نماید. تابع مذکور نسبت به بردار نهاده، مقعر، غیر کاهنده و همگن خطی بوده و نسبت

---

[1]. Distance Function

[۲]. در شرکت‌ها یا صنایع با مالکیت دولتی (همانند شرکت‌های توزیع برق ایران)، فرض حداقل‌سازی هزینه، مورد تردید می‌باشد (حجر گشت و همکاران، ۲۰۰۸).

[3]. Coelli

[4]. Shepard

[5]. Input Oriented

[6]. Output Oriented

[۷]. این امر، به ویژه در مورد نهاده‌های سرمایه‌ای صادق می‌باشد.

[8]. Hajargasht

[۹]. ستانده‌های برون‌زای شرکت‌های توزیع برق شامل توزیع مقدار معین از انرژی تقاضا شده به تعداد معینی از مشتریان می‌باشند.

[10]. Growitsch

به بردار ستانده، غیر فزاینده و شبه مقعر می‌باشد. کارایی فنی نهاده‌گرای یک بنگاه به صورت معکوس مقدار تابع فوق و از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$TE = \frac{1}{D^I(x,y)} \quad , \quad 0< TE \leq 1 \qquad (۶)$$

فرم تابعی ترنسلوگ که اولین بار توسط کریستنسن[1] و همکاران (۱۹۷۳) معرفی گردید، به دلیل برخورداری از مزایای مختلف، برای تصریح تابع فاصله مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فرض وجود K نهاده و M ستانده، تابع فاصله نهاده‌گرای ترنسلوگ به شکل زیر تصریح می‌شود:

$$\ln D^I_{it} = \mathrm{f}\,[\, ln\, x_{it}\,,\, ln\, y_{it}\,,\, t\,] + v_{it} = \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M} \alpha_m\ ln\, y_{mit} + \frac{1}{2}$$
$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M} \alpha_{mn}\ ln\, y_{mit}\, ln\, y_{nit} + \sum_{k=1}^{K} lnx_{kit} + \frac{1}{2}\ \sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{K} \beta_{kl}\ ln\, x_{kit}\, ln$$
$$x_{lit} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M} \delta_{km}\ ln\, x_{kit}\, ln\, y_{mit} + \theta\, t + v_{it} \qquad (۷)$$

که در آن، i بیانگر بنگاه بوده و t نشان‌دهنده زمان می‌باشد که به منظور لحاظ نمودن تغییرات فنی و تمام متغیرهایی که در طول زمان بر بنگاه‌ها اثرگذار بوده، اما جزو نهاده‌ها یا ستانده‌ها نمی‌باشند، وارد مدل می‌گردد. از جمله مزایای فرم تابعی ترنسلوگ، انعطاف‌پذیری آن و امکان تحمیل فرضیاتی از نظریه اقتصاد خرد همچون همگنی و تقارن می‌باشد. به منظور برقراری فروض همگنی خطی و تقارن، بایستی روابط به ترتیب (۸) و (۹) بر روی پارامترهای مدل اِعمال گردند:

$$\sum_{k=1}^{K} \beta_k = 1 \quad , \quad \sum_{k=1}^{K} \beta_{kl} = 0 \quad , \quad k= 1, 2, \ldots\ldots, K \qquad (۸)$$

$$\sum_{k=1}^{K} \delta_{km} = 0 \quad , \quad m= 1, 2, \ldots\ldots, M$$

$$\alpha_{mn} = \alpha_{nm} \quad , \quad m, n = 1, 2, \ldots, M$$

$$\beta_{kl} = \beta_{lk} \quad , \quad k, l = 1, 2, \ldots\ldots, K \qquad (۹)$$

اِعمال قید همگنی خطی به وسیله تعدیل K-۱ نهاده توسط K اُمین نهاده، منجر به تبدیل رابطه (۷) به رابطه (۱۰) می‌شود که می‌توان آن را به صورت روابط (۱۱) و (۱۲) بازنویسی کرد:

$$lnD^I_{it} - lnx_{it} = f\,[\, (lnx_{kit} - lnx_{Kit}\,)\,,\, lny_{mit},\, t\,] +$$
$$\mathrm{v_{it}} = f\,[\, ln(\frac{x_{kit}}{x_{Kit}})\,,\, lny_{mit}\,,\, t\,] + v_{it} \qquad (۱۰)$$
$$- ln\, x_{Kit} = f\,[ln\,(\frac{x_{kit}}{x_{Kit}}).\, ln\, y_{mit}\,.\, t\,] + v_{it} - u_{it}$$

[1]. Christensen

$$ln\, D_{it}^{I} = u_{it} \qquad (۱۱)$$

$$ln\, x_{Kit} = f[\, ln\,(\frac{x_{kit}}{x_{Kit}})\,,\, ln\, y_{mit\,,}\, t\,] + v_{it} - u_{it} = \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M} \alpha_m\, ln\, y_{mi} + \frac{1}{2}$$
$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M} \alpha_{mn}\; lny_{mi} lny_{ni} + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k\; ln\,(\frac{x_{ki}}{x_{Ki}}) + \frac{1}{2}\; \sum_{k=1}^{K-1}\sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl}\, ln\left(\frac{x_{ki}}{x_{Kl}}\right) ln\,(\frac{x_{li}}{x_{Ki}}) +$$
$$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{K-1}\sum_{m=1}^{M} \delta_{km}\, ln\,(\frac{x_{ki}}{x_{Ki}})\, ln\, y_{mi} + \theta\, t + v_{it} - u_{it}$$
$$-v_{it} \sim iidN\,(0\,,\, \sigma_v^2) \qquad , \qquad u_{it} \sim iidN^{+}(0\,,\, \sigma_u^2) \qquad (۱۲)$$

که در آن، v_{it} جزء خطای تصادفی با توزیع نرمال بوده و u_{it} نمایانگر ناکارایی فنی است که دارای توزیع نیم نرمال[1] می‌باشد. رابطه (۱۲) با استفاده از تکنیک تحلیل مرز تصادفی، قابل برآورد می‌باشد. از آنجایی که کارایی تحت تاثیر سرمایه‌گذاری قرار می‌گیرد، واریانس ناهمسان ناکارایی ($\sigma^2_{u\,het}$) به صورت رابطه زیر مدل‌سازی می‌گردد (پودینه و جاماسب، ۲۰۱۵):

$$ln\, \sigma_{u\,het}^2 = \rho_0 + \rho_1\, ln\,(In) + \rho_2\; ln^2\,(In) \;\Rightarrow\; \sigma_{u\,het}^2 = exp\,(\rho_0 +$$
$$\rho_1\, ln\,(In) + \rho_2\; ln^2\,(In)) \qquad (۱۳)$$

که در آن، ρ_i ها پارامترهایی هستند که باید برآورد گردند. واریانس ناهمسان را می‌توان مطابق رابطه زیر به جزء همسان ($\sigma^2_{u\,hom}$) و جزء مرتبط با هزینه‌های سرمایه‌گذاری تفکیک نمود:

$$\sigma_{u\,het}^2 = exp\,(\rho_0) + exp\,(\rho_1\, ln\,(In) + \rho_2\; ln^2\,(In)) = \sigma_{u\,hom}^2 \times exp\,($$
$$\rho_1\, ln\,(In) + \rho_2\; ln^2\,(In)) \qquad (۱۴)$$

این امر امکان تفکیک اثر سرمایه‌گذاری بر روی ناکارایی را فراهم می‌آورد. روابط (۱۲) و (۱۳) به صورت همزمان بر پایه صرفا داده‌های قابل مشاهده در رابطه (۱۲) برآورد می‌گردند. پس از برآورد روابط مذکور، ناکارایی همسان[2] می‌تواند به صورت زیر محاسبه گردد:

$$u_{it} \sim N^{+}(0\,,\; \sigma_{u\,hom}^2 \times exp\,(\,\rho_1\, ln\,(In) + \rho_2\; ln^2\,(In)) \qquad (۱۵)$$
$$u_{it} \sim N^{+}(0\,,\; \sigma_{u\,hom}^2) \times exp\,(\,\rho_1\, ln\,(In) + \rho_2\; ln^2\,(In))$$
$$\hat{u}_{it} = exp\,(\,\hat{\rho_1}\, ln\,(In) + \hat{\rho_2}\; ln^2\,(In)) \times \hat{u}_{before}$$

از آنجایی که $\hat{u}_{it} = \hat{u}_{after}$ می‌باشد، بدین ترتیب می‌توان نوشت:

---

[1]. Half- Normal

[2]. Homoscedastic Inefficiency

$$\hat{u}_{before} = \frac{\hat{u}_{after}}{exp\,(\hat{\rho}_1\, ln\,(In) + \hat{\rho}_2\, ln^2\,(In))} \qquad (۱۶)$$

که در آن، $\hat{u}_{before}$ نشان‌دهنده ناکارایی قبل از سرمایه‌گذاری و $\hat{u}_{after}$ بیانگر ناکارایی بعد از سرمایه‌گذاری می‌باشد. بدین ترتیب کارایی فنی قبل و بعد از سرمایه‌گذاری هر شرکت به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\hat{e}_1 = exp\,(-\hat{u}_{before}) \quad , \quad \hat{e}_2 = exp\,(-\hat{u}_{after}) \qquad (۱۷)$$

بدین ترتیب، مراحل انجام کار را به شرح زیر می‌توان خلاصه نمود:

الف) تخمین همزمان معادلات (۱۲) و (۱۳) به منظور به دست آوردن $\hat{u}_{after}$، $\hat{\rho}_0$، $\hat{\rho}_1$ و $\hat{\rho}_2$

ب) محاسبه $\hat{u}_{before}$ با استفاده از رابطه (۱۶)

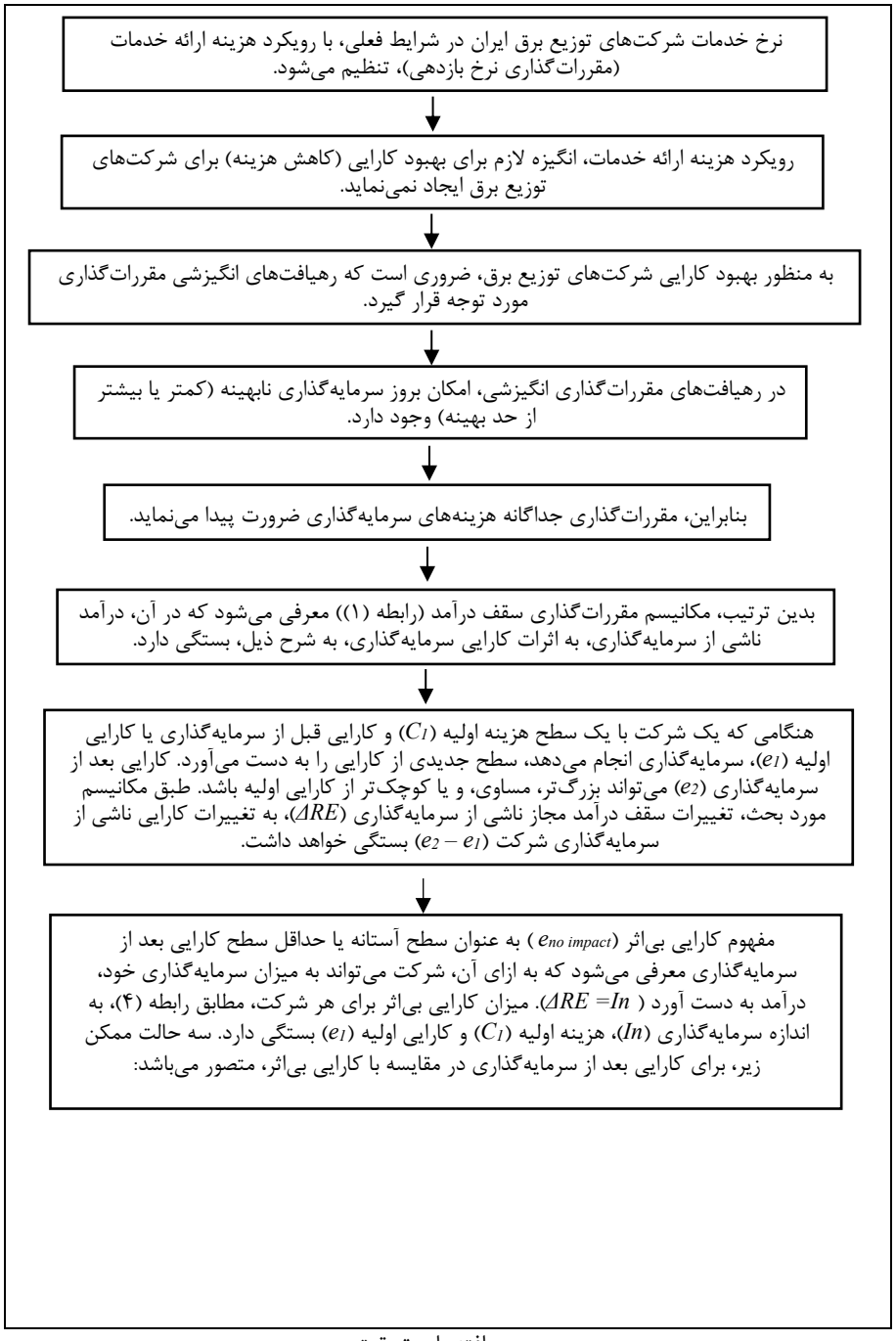
ج) محاسبه $\hat{e}_2$ و $\hat{e}_1$ با استفاده از رابطه (۱۷)

د) محاسبه $\hat{e}_{no\ impace}$ با استفاده از رابطه (۴)

ه) مقایسه $\hat{e}_2$ و $\hat{e}_{no\ impace}$ با استفاده از محاسبه مقدار $e_2 - e_{no\ impact}$ به منظور بررسی دلالت‌های انگیزشی مورد نظر

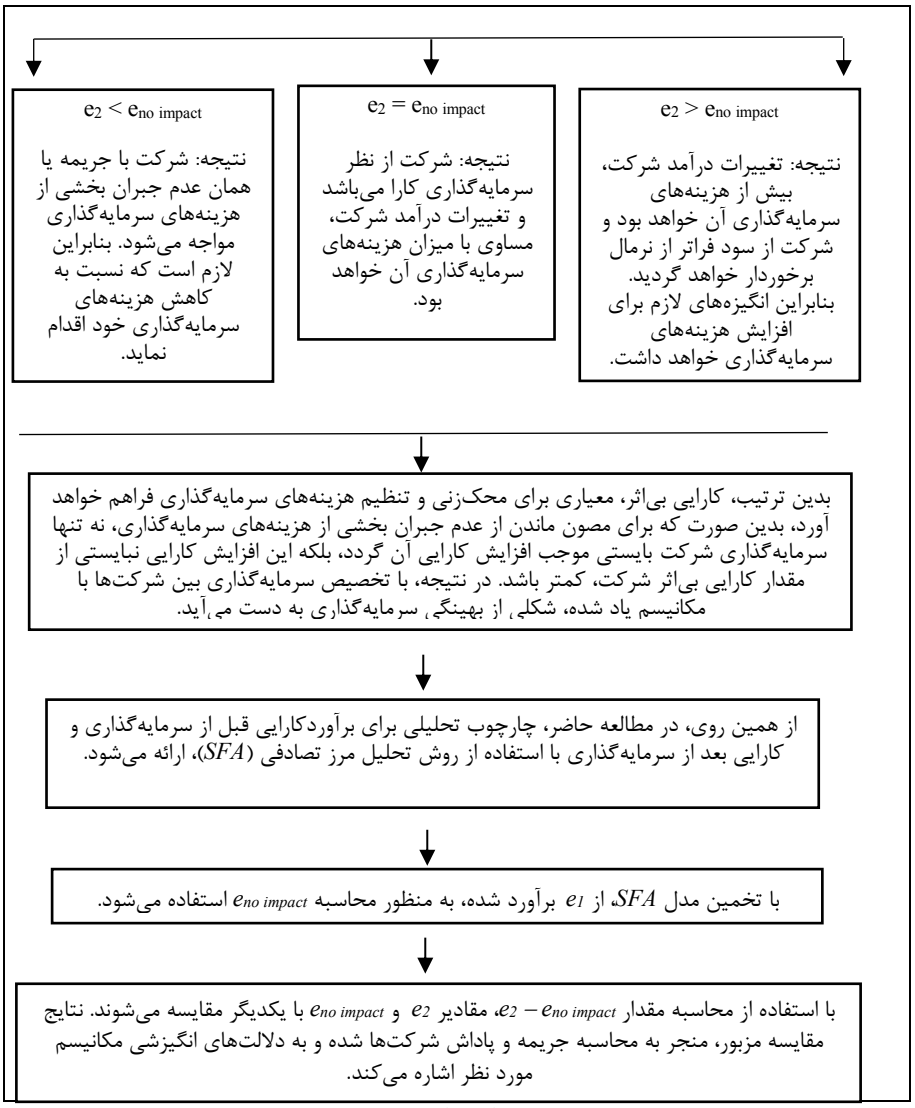
ی) محاسبه میزان اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری با استفاده از عبارت داخل کروشه رابطه (۳).

نمودار (۱) فلوچارت چرایی و چگونگی انجام کار را نشان می‌دهد.



منبع: یافته‌های تحقیق

ادامه نمودار (۱): فلوچارت چرایی و چگونگی انجام کار



منبع: یافته‌های تحقیق

به منظور تبیین بهتر موضوع، با فرض اجرای مکانیسم مذکور، نحوه انجام آن طی دوره زمانی فرضی ۱۳۹۶- ۱۳۹۰ نشان داده می‌شود.

یکی از مهم‌ترین موضوعات در تحلیل‌های کارایی، انتخاب متغیرهای نهاده و ستانده می‌باشد. به بیان گرووِیچ و همکاران (۲۰۰۹)، شرکت‌های توزیع برق، مقدار انرژی مورد نیاز را به تعداد معینی از مشتریان به عنوان یک خدمت مشترک فراهم می‌نمایند، بنابراین در مطالعه حاضر، تعداد مشترکین (CU) و انرژی توزیع شده (DE)، به عنوان ستانده‌های مدل انتخاب گردیده‌اند. در خصوص انتخاب نهاده‌ها نیز، با عنایت به مطالعه پودینه و جاماسب (۲۰۱۵)، از هزینه‌های سرمایه‌گذاری[۱] (In) و مجموع متغیرهای هزینه‌های عملیاتی ($OPEX$) و هزینه اتلاف انرژی شبکه[۲] ($CNEL$) تحت عنوان متغیر سایر هزینه‌ها (C_1) به عنوان نهاده‌های مدل استفاده گردیده است. هر چند به منظور برآورد هزینه کیفیت پایین خدمات، استفاده از هزینه خاموشی مصرف‌کنندگان معمول می‌باشد، اما هزینه خاموشی مصرف‌کنندگان برای شرکت‌های توزیع برق ایران متاسفانه محاسبه نمی‌گردد. همچنین، بر اساس سیاست‌های واگذاری اطلاعات توانیر، میانگین مدت زمان خاموشی مشترکین به تفکیک شرکت‌های توزیع برق نیز منتشر نمی‌گردد. بنابراین، هزینه اتلاف انرژی شبکه به عنوان هزینه اثرات خارجی منفی وارد مدل گردیده است. هزینه اتلاف انرژی شبکه، از حاصل‌ضرب مقدار اتلاف انرژی[۳] ($ELOSS$) در متوسط قیمت فروش برق به دست می‌آید.

۴. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

مجموعه داده‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر، متشکل از ۳۹ شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۶- ۱۳۹۰ می‌باشد. داده‌های مورد استفاده از سالنامه آماری وزارت نیرو و ترازنامه شرکت‌های توزیع برق ایران طی سال‌های مختلف استخراج شده‌اند. متغیرهای مالی مورد استفاده، به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ تبدیل گردیده‌اند. پیش از برآورد مدل، تمامی متغیرها با تقسیم بر میانگین نمونه، نرمال شده‌اند. این کار، بدون اثرگذاری بر ساختار داده‌ها، تاثیر مشاهدات دور افتاده را کاهش می‌دهد[۴] (گرووِیچ و

---

[۱]. مقادیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ترازنامه شرکت‌های توزیع برق گزارش گردیده است.

[2]. Cost of Network Energy Loss

[3]. Energy Loss

[۴]. در این حالت، ضرایب مرتبه اول می‌تواند به عنوان کشش ستانده در میانگین نمونه تعبیر گردند (کوئلی و همکاران، ۲۰۰۳).

همکاران، ۲۰۰۹). در ادامه، نتایج برآورد مدل تابع فاصله نهاده‌گرا تحت فرض واریانس ناهمسانی در جدول (۱) آمده است[۱].

جدول (۱): نتایج برآورد مدل تابع فاصله نهاده‌گرا تحت فرض واریانس ناهمسانی

متغیر وابسته: $-ln(C_1)$	
متغیر	ضریب
$ln(CU)$	-۰/۴۵۶۳***
$ln(DE)$	-۰/۲۷۶۰***
$ln(CU)*ln(DE)$	۰/۷۹۹۷***
$\frac{1}{2}ln^2(CU)$	-۱/۲۱۸۱***
$\frac{1}{2}ln^2(DE)$	-۰/۶۴۱۹***
$ln(\frac{In}{C_1})$	۰/۳۴۰۶***
$\frac{1}{2}ln^2(\frac{In}{C_1})$	۰/۲۶۰۳**
$ln\left(\frac{In}{C_1}\right)*ln(CU)$	-۰/۰۷۶۳
$ln\left(\frac{In}{C_1}\right)*ln(DE)$	-۰/۰۱۱۹
$Constant$	۰/۲۶۹۰***
برآورد مدل واریانس ناهمسان	متغیر وابسته: $Ln(\sigma^2)$
$Ln(In)$	۳/۳۲۷۷***
$Ln^2(In)$	-۲/۵۳۴۱***
$Constant$	-۲/۹۲۵۹***
$Wald\ \chi^2(۱۰)$=۱۶۶۶/۹۱	$Prob > \chi^2$ = ۰/۰۰۰
توجه: *، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد می‌باشند.	

منبع: یافته‌های تحقیق

ضرایب مرتبه اول ستانده‌ها و نهاده، از نظر آماری معنی‌دار بوده و علائم مورد انتظار را دارند. علائم ضرایب مرتبه اول ستانده‌ها نشان می‌دهند که با افزایش تعداد مشترکین و انرژی توزیع شده، سایر هزینه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین علامت ضریب مرتبه اول نهاده نشان می‌دهد که با افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، سایر هزینه‌ها کاهش می‌یابد که این امر حاکی از جانشینی بین دو نهاده هزینه‌های سرمایه‌گذاری و سایر هزینه‌ها است.

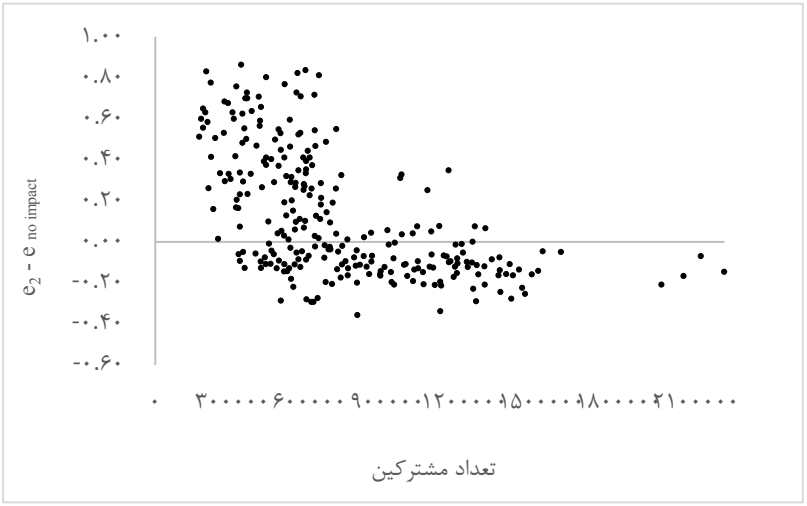
[۱]. لازم به توضیح است که متغیر زمان، به دلیل تاثیر نامطلوب آن بر معنی‌داری سایر متغیرها، از مدل حذف گردیده است.

مقدار آماره آزمون والد، تاثیر سیستماتیک متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته را در سطح معنی‌داری بالا نشان می‌دهد. در مرحله بعد، از روی نتایج مدل مزبور، کارایی قبل از سرمایه‌گذاری (e_1)، کارایی بعد از سرمایه‌گذاری (e_2) و کارایی بی‌اثر ($e_{no\ impact}$) محاسبه می‌گردد. اِعمال مکانیسم جریمه و پاداش، مستلزم مقایسه مقادیر e_2 و $e_{no\ impact}$ می‌باشد. برای این منظور، مقدار $e_2 - e_{no\ impact}$ سالانه هر یک از شرکت‌های توزیع برق محاسبه گردیده و پراکنش آن‌ها در مقابل اندازه شرکت‌ها در نمودار (۲) آورده شده است[۱] که حاکی از وجود رابطه‌ای معکوس بین آن‌ها می‌باشد[۲].

نمودار (۲): مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$ و اندازه شرکت‌های توزیع برق ایران

منبع: یافته‌های تحقیق

به منظور بررسی بیشتر رابطه بین مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$ و اندازه شرکت‌ها، شرکت‌های توزیع برق بر اساس اندازه آن‌ها به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ طبقه‌بندی



گردیده‌اند. معیار طبقه‌بندی مزبور، به پیروی از گرووِیچ و همکاران (۲۰۰۹)، به این ترتیب بوده است که با مرتب کردن شرکت‌ها از کوچک به بزرگ از منظر تعداد مشترکین، شرکت‌هایی که در مجموع، به ۵۰ درصد تعداد کل مشترکین، ارائه خدمات می‌دهند به عنوان شرکت‌های کوچک در نظر گرفته می‌شوند. شرکت‌هایی که در مجموع، بین ۵۰ تا ۹۵ درصد تعداد کل مشترکین، ارائه خدمات می‌دهند به عنوان شرکت‌های متوسط در

---

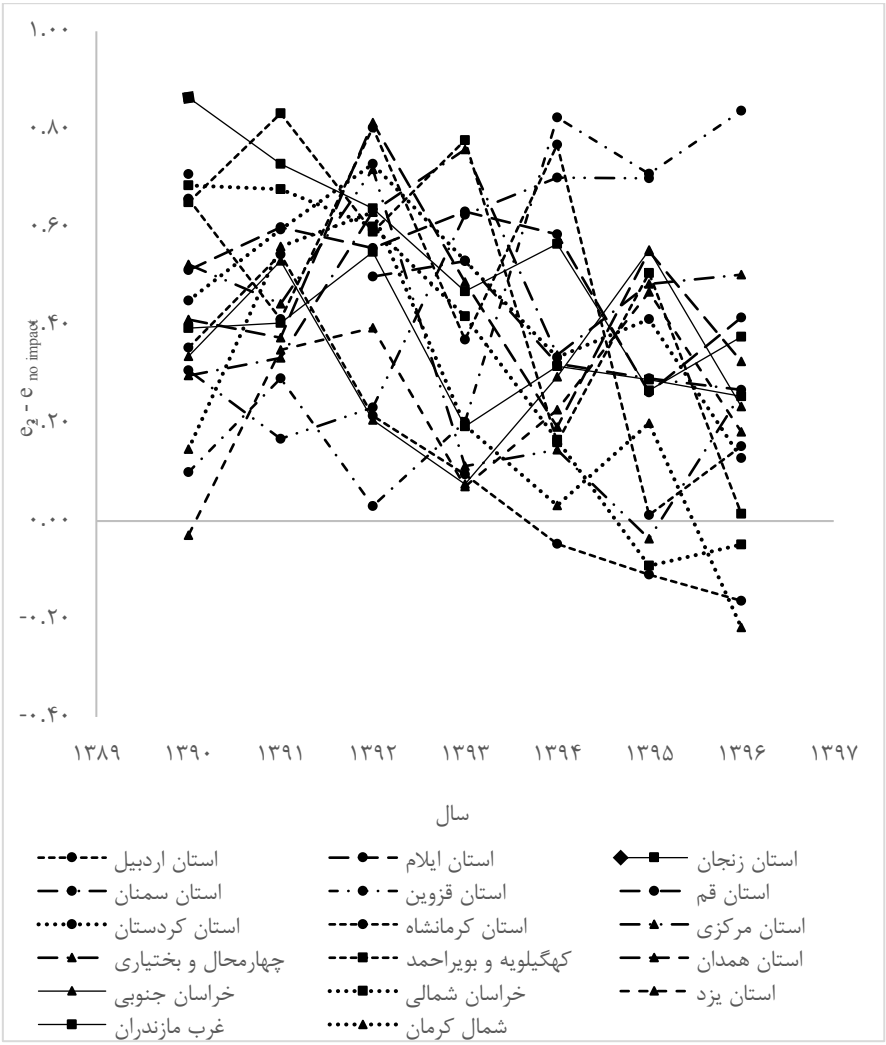
[۱]. در ترسیم نمودار و به منظور نمایش بهتر آن، شرکت توزیع برق تهران بزرگ به دلیل دارا بودن مقیاس زیاد نسبت به سایر شرکت‌ها، کنار گذاشته شده است.

[۲]. این امر به وسیله رگرسیون مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$ بر روی تعداد مشترکین نیز مورد تایید قرار می‌گیرد.

نظر گرفته می‌شوند، و در نهایت، شرکت‌هایی که در مجموع، به ۵ درصد تعداد کل مشترکین، ارائه خدمات می‌دهند به عنوان شرکت‌های بزرگ تعریف می‌گردند. میانگین مقدار $e_2 - e_{no\ impact}$ برای شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ، به ترتیب برابر ۰/۲۷۰۷، ۰/۰۱۸۲ - و ۰/۰۳۹۶ - بوده است.

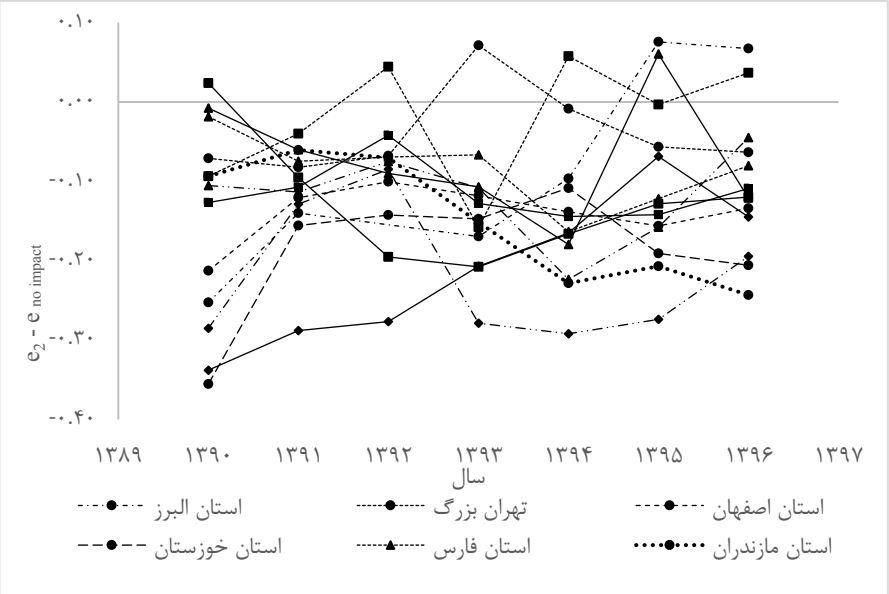
از سوی دیگر، شرکت‌های توزیع برق را بر اساس مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$، می‌توان در سه دسته طبقه‌بندی نمود. دسته اول مربوط به شرکت‌هایی می‌باشد که مقدار $e_{no\ impact} - e_2$ آن‌ها در اغلب سال‌های مورد مطالعه، مثبت بوده است و می‌توان گفت که نسبت به شرایط بدون مقررات‌گذاری، تغییرات درآمد آن‌ها، بیشتر از هزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهد بود. دسته دوم مختص شرکت‌هایی است که مقدار $e_2 - e_{no\ impact}$ آن‌ها در اغلب سال‌های مورد مطالعه، منفی بوده است و می‌توان گفت که نسبت به شرایط بدون مقررات‌گذاری، تغییرات درآمد آن‌ها، کمتر از هزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهد بود. در دسته سوم نیز شرکت‌هایی قرار دارند که مقدار $e_2 - e_{no\ impact}$ آن‌ها در سال‌های مورد مطالعه بین اعداد مثبت و منفی، نوسانی بوده است و در خصوص تغییرات درآمد آن‌ها نسبت به هزینه‌های سرمایه‌گذاری نمی‌توان اظهار نظر قطعی نمود. نتایج این دسته‌بندی، به ترتیب در نمودارهای (۳)، (۴) و (۵) آمده است. در دسته اول، به جز شرکت‌های توزیع برق استان‌های همدان و مرکزی که در گروه شرکت‌های متوسط جای می‌گیرند، بقیه جزو شرکت‌های کوچک بوده‌اند. در دسته دوم، به جز شرکت‌های توزیع برق استان هرمزگان و شهر اهواز که در گروه شرکت‌های کوچک جای دارند و نیز شرکت توزیع برق تهران بزرگ که تنها شرکت بزرگ مطالعه حاضر می‌باشد، بقیه جزو شرکت‌های متوسط هستند. در دسته سوم، به استثنای شرکت‌های توزیع برق استان‌های لرستان و بوشهر، و شمال کرمان که در گروه شرکت‌های کوچک جای می‌گیرند، بقیه جزو شرکت‌های متوسط می‌باشند.

نمودار (۳): شرکت‌های توزیع برق دارای مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$ غالبا مثبت طی دوره مورد مطالعه



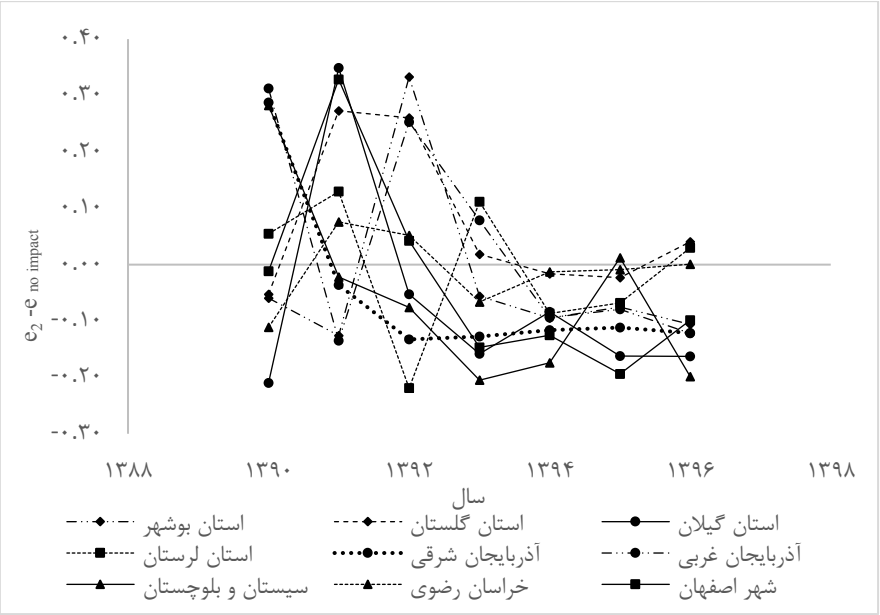
منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار (۴): شرکت‌های توزیع برق دارای مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$ غالبا منفی طی دوره مورد مطالعه



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار (۵): شرکت‌های توزیع برق دارای مقادیر $e_2 - e_{no\ impact}$ نوسانی بین اعداد مثبت و منفی طی دوره مورد مطالعه



منبع: یافته‌های تحقیق

رابطه (۳) چارچوب اصلی انگیزه شرکت‌های توزیع برق برای انجام سرمایه‌گذاری را نمایش می‌دهد. در غیاب بنچمارکینگ هزینه ($\lambda = 0$)، شرکت‌های توزیع برق برای سرمایه‌گذاری خود، به صورت خودکار، بازدهی به دست می‌آورند، چرا که تغییرات درآمد شرکت‌ها برابر با تغییر هزینه‌های آن‌ها بوده ($\Delta RE = \Delta C$) و شرکت می‌تواند تمام هزینه سرمایه‌گذاری را به مصرف‌کنندگان انتقال دهد. اما، با عنایت به این که سرمایه‌گذاری در در بنچمارکینگ هزینه لحاظ گردیده است، درآمد شرکت‌ها به کارایی قبل از سرمایه‌گذاری (e_1) و کارایی بعد از سرمایه‌گذاری (e_2) آن‌ها نیز بستگی خواهد داشت. این امر در جزء دوم رابطه مذکور، یعنی عبارت داخل کروشه $C_1(e_2-e_1) + In(e_2-1)$ منعکس گردیده است که نشان‌دهنده اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری، ناشی از بنچمارکینگ می‌باشد. جدول (۲)، میزان اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران را که از طریق عبارت فوق‌الذکر محاسبه گردیده است، به تفکیک اندازه شرکت‌ها، طی سال‌های دوره زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد. مطابق جدول مذکور، برای اغلب شرکت‌های کوچک، جمع اثر (ناخالص) درآمدی طی دوره زمانی مورد مطالعه مثبت می‌باشد، به نحوی که مجموع کمیت مورد نظر برای شرکت‌های کوچک برابر ۹۷۰۱۶۷۱/۹۴۹ میلیون ریال به دست می‌آید. این در حالی است که برای بیشتر شرکت‌های متوسط، جمع اثر (ناخالص) درآمدی طی دوره زمانی مورد مطالعه منفی می‌باشد، به طوری که مجموع کمیت مورد نظر برای شرکت‌های متوسط برابر ۸۳۴۰۶۳۶/۱۰۶- میلیون ریال به دست می‌آید. در مورد تنها شرکت بزرگ نیز، جمع اثر (ناخالص) درآمدی طی دوره زمانی مورد مطالعه منفی بوده و برابر ۷۵۶۲۴۰/۱۷- میلیون ریال می‌باشد. با عنایت به این امر که جمع اثر (ناخالص) درآمدی طی دوره زمانی مورد مطالعه برای کل شرکت‌های مزبور مثبت بوده و برابر ۶۰۴۷۹۵/۶۳۴ میلیون ریال می‌باشد، در نتیجه هنوز امکان افزایش سرمایه‌گذاری در کل شبکه توزیع برق وجود دارد، که این امر می‌تواند با تخصیص مجدد سرمایه‌گذاری بین شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ صورت پذیرد، بدون آن که میانگین کارایی کل بخش کاهش یابد. این نتیجه در تطابق با یافته‌های مطالعه پودینه و جاماسب (۲۰۱۵) در خصوص شرکت‌های توزیع برق کشور نروژ می‌باشد.

جدول (۲): اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران[۱] (میلیون ریال)

اندازه شرکت‌ها	نام شرکت	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	جمع
شرکت‌های کوچک	استان اردبیل	۲۲۶۰۸۴/۹	۱۳۵۴۲۷/۳	۱۹۸۰۳۸/۹	۱۲۳۳۸۳/۸	۲۴۰۷۵۳/۶	۵۷۸۳/۳۷۷	۶۸۸۸۵/۷	۹۹۸۳۵۷/۵۷۷
	استان ایلام	۱۵۸۷۰۳	۱۴۸۶۰۲/۵	۱۱۶۱۱۹	۱۴۴۷۱۷/۷	۱۳۵۶۹۹/۶	۷۶۲۹۷/۰۶	۱۱۹۶۹۱/۵	۸۹۹۸۳۰/۳۶
	استان بوشهر	-۳۶۹۸۶/۰۴	-۷۷۲۶۶/۸۳	۱۲۲۲۱۴/۷	-۳۱۲۳۲/۵۷	-۶۱۰۶۷/۶۲	-۴۸۹۵۴/۰۵	-۷۵۱۴۱/۳۸	-۲۰۸۴۳۳/۷۹
	استان زنجان	۳۳۳۱۵۵	۲۳۵۱۱۴/۶	۱۹۲۶۷۰/۱	۱۶۴۴۸۱/۹	۲۰۴۶۷۶/۱	۱۱۳۲۸۵/۸	۱۴۸۷۰۴	۱۳۹۲۰۸۷/۵
	استان سمنان	۱۰۶۹۹۹/۳	۵۵۲۰۶/۰۸	۷۰۶۳۳/۱۴	۱۹۲۳۲۷/۴	۲۳۱۶۸۳/۱	۲۳۷۲۲۶/۶	فاقد مقدار	فاقد مقدار
	استان قزوین	۴۳۴۱۱/۹۷	۱۱۵۱۹۷/۹	۱۲۰۲۱/۸۳	۷۴۹۹۰/۰۹	۲۸۷۵۳۲/۵	۲۴۶۸۱۴/۷	۳۲۶۹۱۷/۶	۱۱۰۶۸۸۶/۵۹
	استان قم	۳۷۶۹۲۲/۵	فاقد مقدار	۱۹۲۰۱۴/۳	۲۱۲۳۸۳/۲	۱۲۸۸۰۰	۱۲۳۹۴۲	۱۰۹۸۸۸/۱	فاقد مقدار
	استان کردستان	۱۶۸۳۲۸/۲	۲۰۲۸۷۳	۱۸۰۱۸۴/۲	۱۶۹۳۷۵/۷	۱۲۱۲۲۷/۹	۱۵۵۶۲۸/۱	۵۳۸۲۷/۴۵	۱۰۵۱۴۴۴/۵۵
	استان لرستان	۳۶۵۹۳/۳	۶۰۳۹۹/۶۲	-۱۲۱۹۵۰/۱	۴۵۶۰۲/۸۲	-۴۷۵۴۵/۱۷	-۴۱۷۷۸/۶۱	۱۵۲۷۹/۰۴	-۵۳۳۹۹/۱
	استان هرمزگان	-۲۹۳۰۹۶/۷	-۱۱۰۹۴۱/۴	-۶۴۹۴۸/۳۴	-۲۹۹۴۵۹/۱	-۳۸۴۹۰۰/۱	-۳۳۰۵۳۰/۸	-۲۰۸۳۲۳	-۱۶۹۲۱۹۹/۴۴
	استان یزد	-۱۶۷۹۷/۷۳	۱۵۴۲۶۳/۱	۱۵۲۶۰۵/۲	۳۲۵۴۲/۸۹	۱۰۴۴۱۴/۸	۲۱۹۱۰۹/۱	۹۴۶۲۸/۷۶	۷۴۰۷۶۶/۱۲
	جنوب کرمان	-۷۶۲۳۷/۲۳	-۶۰۷۴۳/۲۴	-۲۴۲۳۴/۸	-۷۷۹۸۶	-۹۳۴۴۲/۳۴	-۹۵۳۲۴/۴۸	-۷۳۲۸۳/۰۷	-۵۰۱۲۵۱/۱۶
	چهارمحال و بختیاری	۸۸۸۹۰/۴	۹۹۲۷۶/۵۴	۱۴۶۶۰۳/۵	۱۷۱۹۳۶/۴	۱۰۳۱۷۱/۱	۱۸۹۴۲۲/۴	۱۶۸۷۸۲/۲	۹۶۸۰۸۲/۵۴

منبع: یافته‌های تحقیق

[۱] لازم به توضیح است که به دلیل عدم وجود مقدار برای برخی از متغیرها در بعضی از سال‌های مطالعه و در رابطه با تعدادی از شرکت‌ها، امکان محاسبه اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری میسر نگردیده و به همین منظور عبارت «فاقد مقدار» قید شده است.

ادامه جدول (۲): اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران (میلیون ریال)

شرکت‌های کوچک	خراسان جنوبی	۷۶۲۵۹/۶۳	۹۷۹۲۳/۳۷	۳۷۸۴۱/۹۹	۲۱۱۵۷/۰۴	۷۵۳۴۳/۷۸	۱۳۹۵۲۵/۸	۶۴۱۶۴/۵۲	۵۱۲۲۱۶/۱۳
	خراسان شمالی	۱۵۸۷۵۴/۸	۱۵۳۴۰۴/۵	۱۳۶۰۹۹/۵	۱۰۴۶۹۶/۶	۵۲۵۶۴/۲۱	-۳۵۷۰۶/۸۹	-۱۸۶۴۳/۵۹	۵۵۱۱۶۹/۱۳
	شمال کرمان	۲۶۰۵۲/۶۴	۲۰۰۶۲۶/۷	۲۱۰۹۷۷/۲	۵۲۸۶۴/۱۷	-۲۷۰۳۸/۲۶	۶۵۲۸۰/۳۲	-۲۳۸۵۴۹/۴	۲۹۰۲۱۳/۳۷
	شهر اهواز	-۸۲۰۴/۹۴۳	-۵۷۲۲۰/۵۹	-۷۵۰۰۱/۹۱	-۹۵۲۰۱/۳۴	-۲۰۱۲۲۴/۹	۵۱۰۱۴/۶۲	-۱۲۸۹۷۵/۸	-۵۱۴۸۱۴/۸۶۳
	غرب مازندران	۱۵۶۱۸۸/۸	۱۳۳۹۵/۵	۱۴۹۴۵۰/۳	۷۱۴۸۱/۱	۱۳۶۸۳۳/۸	۱۴۰۳۸۳/۵	۱۲۸۷۱۸/۸	۹۱۶۴۵۱/۸
	کهگیلویه و بویر احمد	۲۴۶۲۲۳/۴	۲۴۱۴۵۱/۸	۱۹۸۸۷۷/۶	۲۶۸۹۶۱/۷	۶۲۱۸۹/۶۶	۱۸۱۴۴۲/۴	۷۰۹۲/۳۵۵	۱۲۰۶۲۳۸/۹۱۵
شرکت‌های متوسط	استان البرز	-۳۸۳۴۵۳/۷	-۱۸۰۳۱۵	-۴۲۵۸۰	-۱۶۶۷۲۲/۷	-۸۹۵۲۵/۷	۶۶۷۰۵	۵۹۸۱۰/۳	-۷۳۶۰۸۱/۳۴
	استان مرکزی	۳۰۴۶۹۸/۲	۲۱۴۳۹۰	۳۱۷۱۳۲/۳	۶۰۹۱۷/۲۵	۷۸۳۸۲/۵۱	-۲۳۷۹۳	۱۵۱۷۳۱	۱۱۰۳۴۵۸/۴۸
	آذربایجان شرقی	۱۸۹۱۹۷/۵	-۲۴۶۸۳	-۸۶۱۴۵/۶	-۸۹۱۳۸/۴۴	-۸۶۷۱۳/۷	-۹۲۴۶۶	-۹۷۰۹۴	-۲۸۷۰۴۲/۶۶
	استان فارس	-۱۰۳۰۹/۸۹	-۴۵۷۰۸	-۴۲۵۸۲/۹	-۴۵۲۲۶/۷۹	-۱۳۶۶۴۸	-۱۰۰۸۹۲	-۶۵۸۸۸	-۴۴۷۲۵۵/۹۴
	استان گیلان	-۲۱۵۲۱۵/۹	۲۵۵۳۴۱	-۳۹۹۶۶/۵	-۱۵۸۰۴۱/۴	-۷۹۸۶۶/۴	-۱۷۲۹۶۸	-۱۸۲۴۲۸	-۵۹۳۱۴۴/۹۵
	استان گلستان	-۲۹۰۴۱/۹۸	۱۲۳۵۷۲	۱۰۸۲۴۵/۹	۸۸۴۲/۰۰۴	-۸۷۲۰/۰۱	-۱۲۹۴۲	۲۳۱۳۸/۲	۲۱۳۰۹۳/۴۸۹
	استان همدان	۲۰۲۸۰۳/۵	۱۸۳۶۲۲	۲۷۹۵۴۴/۷	۲۰۱۶۱۲/۳	۸۸۲۱۳/۹۳	۲۳۹۴۷۹	۱۶۲۱۷۳	۱۳۵۷۴۴۷/۷۳
	شهر اصفهان	-۸۱۲۷/۰۳۵	۱۷۹۴۰۳	۲۲۳۹۳/۹۵	-۱۱۵۹۵۵/۴	-۱۰۲۳۰۷	-۱۹۰۹۱۹	-۷۹۴۶۱	-۲۹۴۹۷۲/۳۷۵

منبع: یافته‌های تحقیق

ادامه جدول (۲): اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران (میلیون ریال)

شرکت‌های متوسط	استان اصفهان	-۲۳۵۶۰۱/۱	-۱۱۳۷۱۴	-۹۴۴۸۲/۴	-۱۱۶۷۲۴/۴	-۱۴۴۹۷۹	-۱۷۵۱۸۷	-۱۴۹۵۴۱	-۱۰۳۰۲۲۸/۶
	استان کرمانشاه	۱۹۵۱۸۹/۵	۲۴۵۸۵۷	۹۵۹۶۱/۶۷	۴۶۴۷۷/۳۶	-۲۵۵۵۶/۹	-۷۰۴۲۰	-۱۲۱۷۳۲	۳۶۵۷۷۷/۱۳
	خراسان رضوی	-۸۵۳۴۲/۷۸	۴۶۲۴۸/۴	۳۳۹۶۴/۸۹	-۵۲۰۲۳/۰۵	-۹۶۷۵/۹۶	-۶۵۵۱/۸	۶۸۶/۱۴	-۷۲۶۹۴/۲۴۰۶
	استان خوزستان	-۷۹۷۷۴۴/۶	-۲۱۴۹۱۹	-۱۹۱۳۰۲	-۲۰۵۵۷۶/۸	-۱۴۵۵۴۵	-۲۹۹۴۲۰	-۳۵۸۰۸۷	-۲۲۱۲۵۹۴/۶
	مشهد	-۱۰۰۷۶۹/۵	-۱۰۲۶۹۵	-۶۱۳۴۳/۹	-۱۰۱۰۳۷/۲	-۲۹۰۹۹۵	-۱۷۸۳۰۹	-۴۲۱۸۷	-۸۷۷۳۳۷/۲۸
	استان مازندران	-۹۷۵۹۷/۰۷	-۵۶۰۸۵	-۵۸۷۱۴/۲	-۱۵۰۱۷۲	-۲۵۹۶۳۶	-۲۳۲۵۵۷	-۳۱۰۸۲۰	-۱۱۶۵۵۷۹/۷۶
	شیراز	۲۰۲۸۹/۰۱	-۷۶۹۳۵	-۱۶۷۷۶۱	-۱۹۴۴۱۴/۴	-۱۵۷۴۰۲	-۱۲۸۴۵۵	-۱۰۱۲۲۳	-۸۰۲۶۰۰/۵۲
	سیستان و بلوچستان	۲۲۶۲۷۱	-۱۴۱۹۳	-۴۸۶۹۹/۵	-۱۶۰۲۹۴	-۱۳۹۱۶۴	۹۸۳۲/۳۳	-۱۶۸۴۷۱	-۲۹۴۷۱۸/۳۹
	تبریز	-۶۴۰۱۲/۲۵	-۲۶۳۴۳	۲۴۴۸۱/۰۹	-۱۱۴۹۶۷/۸	۳۵۹۱۳/۹۶	-۲۲۵۲/۳	۲۴۷۹۷/۷	-۱۲۲۳۸۲/۴۵۹
	نواحی تهران	-۵۸۱۱۲۵/۷	-۴۱۸۷۹۵	-۵۰۹۵۴۶	-۳۵۸۸۳۷/۵	-۲۷۷۲۹۵	-۱۱۷۰۰۸	-۲۴۵۵۰۳	-۲۵۰۸۱۰۹/۳
	آذربایجان غربی	۲۴۷۶۶۴/۴	-۱۱۵۲۹۰	۱۶۳۵۶۹	۶۱۶۶۳/۰۹	-۹۱۲۶۷/۷	-۷۸۱۱۹	-۱۲۳۸۹۱	۶۴۳۲۹/۴۸
شرکت‌های بزرگ	تهران بزرگ	-۲۳۶۵۷۷	-۲۲۲۲۳۳/۵	-۱۶۴۵۹۹/۹	۲۰۹۵۸۸	-۲۳۴۳۲/۰۷	-۱۴۸۶۴۷	-۱۷۰۱۶۱	-۷۵۶۲۴۰/۱۷

منبع: یافته‌های تحقیق

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در فرایند اصلاحات ساختاری صنعت برق، به کارگیری رهیافت‌های مقررات‌گذاری انگیزشی موجب بهبود کارایی هزینه‌ای شرکت‌های توزیع برق می‌گردید. با این وجود، چالش جدیدی در زمینه اندازه سرمایه‌گذاری این شرکت‌ها وجود داشت، بدین ترتیب که رهیافت‌های مذکور ممکن بود موجب سرمایه‌گذاری غیر بهینه شود. به همین علت، مقررات‌گذاری جداگانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری ضرورت پیدا می‌نمود. مطالعه حاضر به ارائه الگویی برای مقررات‌گذاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع برق ایران از طریق جریمه و پاداش شرکت‌های مزبور می‌پردازد که در آن، درآمد مجاز شرکت‌های مقررات‌گذاری شده به وسیله یک مکانیسم انگیزشی مبتنی بر بنچمارکینگ هزینه، تعیین می‌گردد. در چارچوب الگوی مذکور، سرمایه‌گذاری به صورت غیر مستقیم با محدودیت مواجه می‌گردد، به نحوی که سرمایه‌گذاری بیش از حد می‌تواند باعث عدم جبران بخشی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری گردد. اِعمال مکانیسم جریمه و پاداش مزبور از طریق مقایسه میزان کارایی بعد از سرمایه‌گذاری با یک حد آستانه‌ای از آن، تحت عنوان کارایی بی‌اثر، انجام می‌شود. این امر مستلزم محاسبه کارایی بعد از سرمایه‌گذاری و کارایی قبل از سرمایه‌گذاری است، که از طریق برآورد یک مدل تابع فاصله نهاده‌گرا تحت فرض واریانس ناهمسانی صورت می‌پذیرد. نتایج مطالعه حاکی از آن بوده است که اختلاف کارایی بعد از سرمایه‌گذاری با کارایی بی‌اثر در اغلب سال‌های مورد مطالعه، برای برخی از شرکت‌ها (غالبا شرکت‌های متوسط) منفی، و برای برخی دیگر از شرکت‌ها (غالبا شرکت‌های کوچک) مثبت بوده است. این در حالی است که کمیت مذکور برای دسته سوم شرکت‌ها، بین اعداد مثبت و منفی، نوسانی بوده است. بدین ترتیب، مجموع اثر (ناخالص) درآمدی سرمایه‌گذاری برای شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ، به ترتیب مثبت، منفی و منفی بوده است. با عنایت به این امر که جمع اثر (ناخالص) درآمدی برای کل شرکت‌های مورد مطالعه، مثبت بوده است، امکان افزایش سرمایه‌گذاری در کل شبکه توزیع برق، با تخصیص مجدد سرمایه‌گذاری بین شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ وجود دارد. در نتیجه پیشنهاد می‌گردد که شرکت‌هایی که کارایی کمتر از کارایی بی‌اثر به دست آورده‌اند و دارای سرمایه‌گذاری بیش از حد بهینه بوده‌اند، هزینه‌های سرمایه‌گذاری خود را کاهش دهند تا کارایی ناشی از سرمایه‌گذاری آن‌ها بهبود یابد. همچنین شرکت‌هایی که کارایی بیش از کارایی بی‌اثر به دست آورده‌اند و سرمایه‌گذاری کمتر از حد بهینه داشته‌اند، می‌توانند با افزایش سرمایه‌گذاری خود، از منافع کارایی به دست آمده بهره‌مند گردند.

بدین ترتیب از طریق الگوی مقررات‌گذاری انگیزشی مورد اشاره، حالتی از بهینگی سرمایه‌گذاری در کل صنعت به دست می‌آید.

فهرست منابع:

اوشنی، محمد (۱۳۹۷)، اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در راستای تنظیم اقتصادی بازار برق ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۲(۶): ۷۰-۴۹.

پورعبادالهان کویچ، محسن، فلاحی، فیروز، حیدری، کیومرث و کیانی، پویان (۱۳۹۸)، ارائه الگویی برای مقررات‌گذاری اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۷(۶۰): ۲۲۵-۱۹۱.

خداداد کاشی، فرهاد، اوشنی، محمد، قاضی‌زاده، محمد صادق و حیدری، کیومرث (۱۳۹۸)، تنظیم شرکت‌های توزیع برق ایران بر مبنای کیفیت و بهره‌وری، فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، ۱۹(۷۵): ۳۸-۱.

زیبا، فاطمه (۱۳۸۷)، نظم‌بخشی و وضع مقررات اقتصادی و ارزیابی کارایی و بهره‌وری در شرکت‌های توزیع برق ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۰(۳۴): ۲۰۰-۱۷۹.

سیماب، محسن و حقی فام، محمود (۱۳۸۹)، تنظیم کیفیت توان و محک‌زنی شرکت‌های توزیع برق ایران، پایان‌نامه دکتری دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس.

عبادی، جعفر و دودابی‌نژاد، امیر (۱۳۹۱)، انتخاب مدل بهینه تنظیم قیمت انگیزشی با در نظر گرفتن آثار خارجی برای توزیع برق ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱(۱): ۱۷۹-۱۳۳.

میرهاشمی، سیدمحمد، صدرایی جواهری، احمد، مرزبان، حسین و میردهقان اشکذری، سیدمرتضی (۱۳۹۷)، اندازه گیری فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی: مطالعه موردی صنعت توزیع برق ایران، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۴(۱۲): ۲۶۳-۲۳۱.

حقی فام، محمودرضا، مستقیم، نیما و سیماب، محسن (۱۳۹۵)، محک‌زنی چندسطحی کارایی شرکت‌های توزیع الکتریکی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها، نشریه‌ی کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران، ۵(۹): ۶۷-۵۸.

محمد نژاد شورکایی، حسین (۱۳۹۰)، طراحی مدل انگیزشی بهبود قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع برق، پایان‌نامه دکتری دانشکده برق، دانشگاه صنعتی شریف.

Atkinson, S. E. and D. Primont (2002), Stochastic estimation of firm technology, inefficiency, and productivity growth using shadow cost and distance functions, Journal of econometrics, 108(2): 203-225.

Abrardi, L., Carlo, C. & Laura, R. (2018), The Impact of Regulation on Utilities' Investments: A Survey and New Evidence from the Energy Industry, De Economist, 166(1): 41-62.

Aigner, D., Lovell, C. K. & Schmidt, P. (1977), Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, Journal of econometrics, 6(1): 21-37.

Armstrong, M. & Sappington, D. E. (2006), Regulation, competition and liberalization, Journal of Economic Literature, 44(2): 325-366.

Averch, H. & Johnson, L. L. (1962), Behavior of the firm under regulatory constraint, The American Economic Review, 52(5): 1052-1069.

Baumol, W. J. & Klevorick, A. K. (1970), Input choices and rate-of-return regulation: An overview of the discussion, The Bell Journal of Economics and Management Science, 1(2): 162-190.

Beesley, M. E. (1997), Privatization, regulation and deregulation. Londone, UK: Taylor & Francis.

Borrmann, J. & Brunekreeft, G. (2020), The timing of monopoly investment under cost-based and price-based regulation, Utilities policy, 66: 101102.

Cambini, C. & Rondi, L. (2010), Incentive regulation and investment: evidence from European energy utilities, Journal of regulatory economics, 38(1): 1-26.

Christensen, L. R., Jorgenson, D. W. & Lau, L. J. (1973), Transcendental logarithmic production frontiers, The review of economics and statistics, 55(1): 28-45.

Coelli, T. J., Gautier, A., Perelman, S. & Saplacan-Pop, R. (2013), Estimating the cost of improving quality in electricity distribution: A parametric distance function approach, Energy Policy, 53: 287-297.

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. & Battese, G. E. (2005), An introduction to efficiency and productivity analysis. New York, USA: Springer Science & Business Media.

Cullmann, A. & Nieswand, M. (2016), Regulation and investment incentives in electricity distribution: An empirical assessment, Energy Economics, 57: 192-203.

Gal-Or, E. & Spiro, M. H. (1992), Regulatory regimes in the electric power industry: Implications for capacity, Journal of regulatory economics, 4(3): 263-278.

Growitsch, C., Jamasb, T. & Pollitt, M. (2009), Quality of service, efficiency and scale in network industries: an analysis of European electricity distribution, Applied Economics, 41(20): 2555-2570.

Growitsch, C., Jamasb, T. & Wetzel, H. (2012), Efficiency effects of observed and unobserved heterogeneity: Evidence from Norwegian electricity distribution networks, Energy Economics, 34(2): 542-548.

Hajargasht, G., Coelli, T. & Rao, D. P. (2008), A dual measure of economies of scope, Economics Letters, 100(2): 185-188.

Honkapuro, S. (2008), Performance benchmarking and incentive regulation– considerations of directing signals for electricity distribution companies: LappeenrantaUniversity of Technology.

Huang, Y. & Söder, L. (2017), Assessing the impact of incentive regulation on distribution network investment considering distributed generation integration, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 89: 126-135.

Jamasb, T. & Pollitt, M. (2000), Benchmarking and regulation: international electricity experience, Utilities policy, 9(3): 107-130.

Jamasb, T. & Pollitt, M. (2007), Incentive regulation of electricity distribution networks: Lessons of experience from Britain, Energy Policy, 35(12): 6163-6187.

Kinnunen, K. (2006), Investment incentives: regulation of the Finnish electricity distribution, Energy Policy, 34(7): 853-862.

Klevorick, A. K. (1966), The graduated fair return: A regulatory proposal, The American Economic Review, 56(3): 477-484.

Khonjelwayo, B. & Nthakheni, T. (2020), Investment in electricity distribution capital infrastructure in South Africa: The role of regulation, South African Journal of Economic and Management Sciences, 23(1): 1-10.

Liu, Y., Wang, M., Liu, X. & Xiang, Y. (2019), Evaluating investment strategies for distribution networks based on yardstick competition and DEA, Electric Power Systems Research, 174: 105868.

Meeusen, W. & van Den Broeck, J. (1977), Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error, International economic review, 18(2): 435-444.

Poudineh, R. & Jamasb, T. (2015), A new perspective: investment and efficiency under incentive regulation, The Energy Journal, 36(4): 241-263.

Shephard, R. W. (1953), Theory of cost and production functions. Princeton, USA: Princeton University Press.

Vickers, J. & Yarrow, G. K. (1988), Privatization: An economic analysis. London, England: MIT press.

Viljainen, S. (2005), Regulation design in the electricity distribution sector: theory and practice. In: Lappeenranta University of Technology.