

استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای تحلیل ساختار و روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران

محمد سخنور*، دکتر حسین صادقی**، دکتر عباس عساری***

دکتر کاظم یآوری****، دکتر نادر مهرگان*****

دریافت: 1390/6/9 پذیرش: 1390/9/15

چکیده

روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران از طریق تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای بعد از جداسازی عمودی و تغییر مالکیت آن‌ها به عنوان یک موضوع مهم در این مقاله بررسی می‌شود و عوامل محیطی و ساختاری مؤثر بر کارایی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. بر حسب چگالی مدار، شرکت‌ها به دو گروه دارای چگالی مدار پایین (گروه 1) و بالا (گروه 2) تقسیم‌بندی شده‌اند. با توجه به نتایج تحقیق، میانگین کارایی پنجره‌ای گروه‌های 1 و 2 با توجه به فرامرز تحت هر دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب روند صعودی و نزولی داشته است. با این وجود میانگین کارایی پنجره‌ای شرکت‌های گروه 2 در همه پنجره‌ها بالاتر از گروه 1 بوده است. شرکت‌های توزیع برق شهرستان شیراز، گلستان و مازندران در گروه 2 عملکرد نامناسبی با توجه به فرامرز و مرز گروهی داشته‌اند. عملکرد شرکت‌های دارای چگالی مدار بالاتر شکاف کم‌تری با عملکرد بالقوه برتر فرامرز دارد. افزایش ضریب بار شبکه باعث کاهش کارایی و افزایش ضریب بار ترانسفورماتور باعث افزایش کارایی در بلندمدت می‌شود. خصوصی سازی در کوتاه‌مدت دارای اثر معنی‌داری بر کارایی نبوده است اما در بلندمدت اثر مثبت معنی‌داری دارد.

کلمات کلیدی: ساختار، کارایی، تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای

طبقه‌بندی JEL: L94، L16، Q48.

Email: m.sokhanvar2010@gmail.com

Email: sadeghih@modares.ac.ir

Email: assari@modares.ac.ir

Email: kyavari@modares.ac.ir

Email: mehregannader@yahoo.com

* دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس

** استادیار دانشگاه تربیت مدرس

*** استادیار دانشگاه تربیت مدرس

**** دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

***** دانشیار دانشگاه بوعلی سینا همدان

1- مقدمه

بخش توزیع برق در دهه گذشته شاهد موجی از اصلاحات مقرراتی با هدف ارتقای کارایی از طریق تنظیم مقررات انگیزش‌محور¹ بوده است. بسیاری از این برنامه‌های مقرراتی از معیارگذاری² استفاده کرده‌اند که بر اساس آن، کارایی شرکت را اندازه‌گیری می‌کنند و برحسب آن پاداش می‌دهند. قابلیت اطمینان چنین تخمین‌های کارایی برای اجرای مؤثر تنظیم مقررات انگیزش‌محور مهم است. مسأله پیش روی تنظیم‌کنندگان مقررات، انتخاب از بین مدل‌های معیارگذاری مرسوم است که معمولاً نتایج متفاوتی به همراه می‌آورند. انتقال و توزیع برق به عنوان انحصار طبیعی شناخته شده‌اند، بنابراین کم‌تر تحت تأثیر موج‌های مقررات‌زدایی در صنعت برق بوده‌اند اما با ورود رقابت در بخش تولید، اصلاحات مقرراتی و تنظیم مقررات انگیزش‌محور در شرکت‌های توزیع معمول شده است. هزینه‌های شرکت‌ها در سیستم‌های سنتی تنظیم مقررات، با نرخ ثابت بدون ریسک پوشش داده می‌شوند و کم‌تر دارای انگیزه برای کاهش هزینه بوده‌اند. اما طرح‌های انگیزش‌محور یا عملکردمحور طوری طراحی شده‌اند که انگیزه را برای افزایش کارایی تولید از طریق جبران شرکت از طریق مقداری از صرفه‌جویی هزینه‌اش فراهم می‌آورند.

انواع اصلی سیستم‌های تنظیم مقررات انگیزشی استفاده شده توسط شرکت‌های توزیع برق، طرح‌های سقف قیمت³ یا درآمد، نرخ بازدهی مقیاس لغزنده و رقابت معیاری⁴ بوده است.

1 - incentive-based

2 - benchmarking

3 - price cap

4 - yardstick competition

استفاده روزافزون از تحلیل معیارسنجی¹ در صنعت برق نگرانی‌های جدی در بین تنظیم‌کنندگان مقررات و شرکت‌ها در رابطه با قابلیت اطمینان تخمین‌های کارایی ایجاد کرده است. در حقیقت، شواهد تجربی بیان می‌کنند که تخمین‌های کارایی به رویکرد معیارسنجی به کار گرفته شده حساس هستند. این بدان معنی است که انتخاب رویکرد دارای اثرات مهمی بر موقعیت مالی شرکت‌ها است.

به هر حال استراتژی‌های جایگزین وجود دارند که می‌توانند برای ارتقای روش معیارسنجی با توجه به مسائل حساسیت استفاده شوند تا به تنظیم‌کننده مقررات ابزارهای مکملی ارائه دهند.

دولت ایران روند تجدید ساختار صنعت برق را از سال 1377 به صورت جدی پی گرفت. تا قبل از تحولات اخیر، صنعت برق در ایران در انحصار دولت و متکی به بودجه عمومی دولت بود اما ایجاد راه‌اندازی بازار برق، ایجاد مدیریت شبکه برق و اجرای طرح استقلال شرکت توزیع برق، اهمیت تجدید ساختار بخش برق و نیز بخش توزیع را بیش از پیش در جهت تحقق اهداف کارایی، بهره‌وری و رقابتی کردن اقتصاد طبق اصل 44 قانون اساسی نشان می‌دهد.

در این مقاله، ابتدا به بیان مقدمه‌ای از ساختار بازار برق و بخش توزیع پرداخته می‌شود. سپس به بیان مختصر مطالعات تجربی خارجی و داخلی پرداخته می‌شود. در قسمت دیگری به معرفی توابع فاصله‌نهاد ناپارامتریک پرداخته می‌شود که جهت به دست آوردن مرز کارایی گروهی و فرامرزی و به دست آوردن کارایی با توجه به مرز گروه و فرامرزی در بخش توزیع صنعت برق به کار می‌رود. سپس به معرفی تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای پرداخته می‌شود. جهت وارد کردن متغیرهای محیطی و ساختاری مؤثر بر میانگین کارایی سالانه شرح مختصری ارائه شده است. از آنجا که در این مقاله از رویکرد دومرحله‌ای

استفاده شده است و در مرحله دوم از رگرسیون توییت استفاده می‌شود، به طور مختصری رگرسیون توییت معرفی شده است. در بخش دیگری از مقاله، نتایج تحقیق آورده می‌شود. در بخش آخر نیز خلاصه و نتیجه‌گیری مطرح می‌گردد.

2- ویژگی‌های ساختاری صنعت برق

اصلاحات ساختاری صنعت برق شامل رقابتی‌نمودن، خصوصی‌سازی، جداسازی و مقررات‌زدایی یا تنظیم مقررات صنعت برق هستند. هزینه‌های سوخت‌شدنی¹ بالا، محدودیت‌های شبکه انتقال، عدم ذخیره برق، تقاضا و عرضه بسیار بی‌کشش برق حداقل در کوتاه‌مدت، دلایل وجود قدرت‌بازاری در شبکه‌های برق هستند. اعمال قدرت‌بازاری در بازار برق می‌تواند به انتقال قابل توجه رانت‌ها از مصرف‌کنندگان به تولیدکنندگان در دوره‌های کوتاه‌مدت زمانی منجر شود.

سیستم‌های برق نیاز به توازن عرضه و تقاضا دارند و عدم تسویه بازار باعث سقوط بازار خواهد شد لذا وابستگی داخلی شدیدی بین وظایف مختلف سیستم وجود دارد که معمولاً باعث می‌شود که این اثرات خارجی شبکه‌ای با درونی‌سازی به عبارتی ادغام افقی یا عمودی یا روش سنتی انحصاری دارای مجوز دولتی حل شود و بنابراین اصلاحات ساختاری دچار مشکل شود.

پیشرفت اصلاحات از انحصار یکپارچه عمودی در صنعت برق شروع شده و سپس به نمایندگی خرید یا رقابت عمده‌فروشی و در نهایت به رقابت خرده‌فروشی ارتقا پیدا می‌کند. این زنجیره، پایه اصلاحات و بازسازی ساختاری بازار برق و نیز راه‌اندازی چارچوب قانونی و مقرراتی برای انتقال مالکیت تولید و توزیع برق از بخش دولتی به بخش خصوصی را تشکیل می‌دهد (یارو، 1994).

3- مبانی تجربی

در حالی که مطالعات مختلفی که به مطالعه فعالیت توزیع برق پرداخته‌اند تا حدی با توجه به نهاده‌ها و ستانده‌هایی که استفاده می‌کنند فرق دارند، اما در مورد متدولوژی اجماع خاصی وجود ندارد. بسیاری از این مقالات از روش‌های ناپارامتریک و مدل‌های تحلیل‌های پوششی داده‌ها¹ (DEA) استفاده کرده‌اند. اما طبق بررسی محقق هیچ کدام از مقالات درباره کارایی شرکت‌های توزیع برق از DEA پنجره‌ای استفاده نکرده‌اند و روند کارایی را مورد بررسی قرار نداده‌اند، هرچند در صنایع و بخش‌های دیگر دارای کاربرد فراوانی بوده است. در این جا نیز ادبیات تجربی که مطرح شده است به بررسی مطالعات درباره کاربرد DEA سنتی برای بررسی کارایی شرکت‌های توزیع برق در کشورهای مختلف می‌پردازد. هدف بسیاری از مقالات اخیر، تحلیل تغییرات کارایی و یا بهره‌وری در اثر اصلاحات بوده است زیرا که این اصلاحات معمولاً گرفتاری‌ها و مشکلات خاص خود را نیز به دنبال داشته است.

برخی از مطالعات به بررسی کارایی و عوامل مؤثر بر آن برای شرکت‌های توزیع برق پرداخته‌اند و اثر اصلاحات ساختاری را بر کارایی شرکت‌های توزیع برق بررسی کرده‌اند. ژالمارسون² و ویدرپس (1992) برای سوئد، بغدادی اغلو³ و دیگران (1996) برای ترکیه، و پولیت⁴ (1994) برای آمریکا و انگلیس شواهدی از تفاوت‌های در کارایی بین شرکت‌های عمومی و خصوصی پیدا نکردند (پررز ریز و توار⁵، 2009). موتا⁶ (2006)، سن هوزا⁷ (2003) به ترتیب برای برزیل و شیلی دریافتند که اثر خصوصی‌سازی بر کارایی شرکت‌های توزیع برق مثبت است. 2- به طور کلی شواهد،

1-Data Envelopment Analysis

2-Hjalmarsson and veiderpass

3-Baghdadioglu et al.

4-Pollitt

5-Pe´rez-Reyes & Tovar

6-Mota

7-Sanhueza

رابطه بین کارایی بیشتر و مالکیت خصوصی را برای کشورهای توسعه یافته رد می‌کند. (همان منبع).

کالمن¹ و دیگران (2008) برای اروپای شرقی دریافتند که 1- شرکت‌های توزیع برق لهستان کوچک و ناکارا هستند. 2- شرکت‌های توزیع برق جمهوری چک کارایی نسبتاً بالاتری دارند و شرکت‌های توزیع برق اسلواکی و مجارستان دارای کارایی متوسط هستند. 3- خصوصی سازی اثر مثبتی بر کارایی فنی در چهار کشور داشته است. 4- در کارهای تجربی، جهت تحلیل کارایی در بخش برق، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) بسیار بیشتر از تحلیل مرزی تصادفی (SFA)² استفاده شده است.

هاتوری³ و دیگران (2002) با مقایسه شرکت‌های توزیع برق انگلیس و ژاپن بین سال‌های 1985 و 1998 و با استفاده از DEA دریافتند که بعد از اصلاحات، تفاوت‌های کارایی در بین شرکت‌های انگلیس افزایش یافته است.

هس⁴ و کالمن (2007) با مطالعه آلمان شرقی و غربی دریافتند که به طور متوسط شرکت‌های توزیع برق آلمان شرقی دارای کارایی فنی بالاتری نسبت به هم‌تایان آلمان غربی طبق تصریحات مختلف مدل‌های تجربی هستند.

گوتو و تسوتسی⁵ (2008) با مطالعه شرکت‌های ژاپنی و آمریکایی دریافتند که شرکت‌های ژاپنی به طور متوسط نسبت به شرکت‌های آمریکایی کارا تر هستند.

امامی میبدی (1996) با مطالعه 30 شرکت توزیع برق ایران در سال 1995 دریافت که عدم کارایی فنی و مقیاس، سهم یکسانی در عدم کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران داشته‌اند و اکثر شرکت‌ها در ناحیه بازدهی صعودی نسبت به مقیاس فعالیت می‌کنند.

سجادی و عمرانی⁶ (2008) با مطالعه 38 شرکت توزیع برق ایران دریافتند که رویکرد DEA

1 -Cullmann

2 -Stochastic Frontier Analysis

3 -Hattori et al.

4 -Hess and Cullmann

5 -Goto and Tsutsui

6 -Sadjadi and Omrani

قوی می‌تواند روشی نسبتاً قابل اتکاتر برای تخمین کارایی و استراتژی‌های رتبه‌بندی باشد. فلاحی و احمدی (1384) با مطالعه 42 شرکت توزیع ایران در سال 1381 دریافتند که 1- عدم کارایی مقیاس، مهم‌ترین عامل عدم کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران بوده است. 2- اکثر شرکت‌ها در ناحیه بازدهی نسبت به مقیاس فزاینده فعالیت می‌کنند.

4- معرفی توابع فاصله ناپارامتریک

شفارد (1970 و 1953) رویکرد تابع فاصله را برای تصریح تکنولوژی تولید یک بنگاه چندنهادی چندستانده‌ای ارائه کرد. برای تحلیل صنایع تحت مقررات، این رویکرد دارای مزیت بر توابع هزینه یا درآمدی است زیرا فروض رفتاری حداکثرسازی سود یا درآمد و یا حداقل سازی هزینه نقض می‌شود (استاچ¹ و دیگران، 2004). اجماع عمومی این است که شرکت‌های توزیع به احتمال زیاد نمی‌توانند از این اهداف رفتاری پیروی کنند. زیرا بسیاری از این شرکت‌ها یا تحت مالکیت عمومی هستند و یا شدیداً تحت مقررات هستند که بنابراین قضاوت در مورد عملکرد آنها تنها بایستی بر حسب مقایسه کارایی فنی آنها صورت گیرد.

یک تابع فاصله ممکن است دارای رویکرد نهادی گرا یا ستانده گرا باشد. رویکرد نهادی گرا بیان می‌کند که چه مقدار بردار نهادی می‌تواند به طور شعاعی منقبض شود اگر مقدار بردار ستانده ثابت نگه‌داشته شود.

رویکرد ستانده گرا تعیین می‌کند که چه مقدار بردار ستانده می‌تواند به طور شعاعی منبسط شود اگر بردار نهادی ثابت نگه‌داشته شود.

از آنجا که بسیاری از شرکت‌های توزیع برق دارای الزام برای برآوردن تقاضا هستند، می‌توانند تنها نهادی‌های خود را برای ارائه ستانده مشخص تغییر دهند تا به کارایی بالاتری دست یابند. بنابراین رویکرد نهادی‌های برای مطالعه حاضر می‌تواند به کار برود.

انواع مدل‌های DEA در ادبیات موضوعی کارایی نیز مدل‌های با رویکرد نهاده‌گرا و یا مدل‌های با رویکرد ستانده‌گرا هستند. DEA در مدل با رویکرد نهاده‌گرا، مرز را با ثابت نگه داشتن سطوح ستانده و جستجوی حداکثر کاهش نسبی در استفاده از نهاده‌ها مشخص می‌کند طوری که هنوز در مجموعه تکنولوژی باشد اما مدل DEA با رویکرد ستانده‌گرا، نهاده‌ها را ثابت در نظر می‌گیرد و حداکثر افزایش نسبی ممکن در ستانده‌ها را جستجو می‌کند. دو مدل ستانده‌گرا و نهاده‌گرا، نمرات کارایی یکسانی می‌دهند اگر تکنولوژی، بازدهی‌های ثابت نسبت به مقیاس¹ (CRS) داشته باشد اما دارای نمرات کارایی متفاوتی هستند زمانی که تکنولوژی بازدهی متغیر نسبت به مقیاس² (VRS) داشته باشد.

DEA به طور خلاصه به روش ناپارامتریک اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیرنده³ (DMU) که دارای چندین نهاده و ستانده است، گفته می‌شود. اصطلاح DEA و مدل CCR ابتدا در سال 1978 (توسط چارنز⁴، کوپر⁵ و رودز⁶، 1978) مطرح شد و بعدها مدل BCC (توسط بانکر، چارنز و کوپر⁷) مطرح شد. در چند دهه اخیر DEA با توسعه موضوعی از لحاظ تئوری، متدولوژی و کاربرد همراه بوده است. در بین مدل‌های DEA، مدل‌های DEA-CCR و DEA-BCC بیشتر مورد توجه بوده‌اند.

DEA-CCR فرض می‌کند بازدهی ثابت نسبت به مقیاس وجود دارد که همه ترکیبات تولید مشاهده‌شده می‌توانند به طور نسبی افزایش یا کاهش مقیاس داده شوند ولی DEA-BCC فرض می‌کند بازدهی متغیر نسبت به مقیاس وجود دارد که به طور نموداری یک مرز محدب خطی قطعه‌قطعه را به وجود می‌آورد.

1-Constant Return to Scale

2-Variable Return to Scale

3-Decision- Making Unit

4-Charnes

5-Cooper

6-Rhodes

7-Banker , Charnes & Cooper

به دلایل ذکر شده برای اهداف این مطالعه، از رویکرد تابع فاصله نهاده استفاده می‌شود زیرا ستانده شبکه‌های توزیع برق به طور برون‌زا تعیین می‌شود (به عبارتی دیگر، توزیع یک مقدار مشخص انرژی مورد تقاضا به تعداد مشتریان مشخص). (جهت مطالعه تابع فاصله نهاده و مدل‌های DEA نهاده‌گرا تحت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS) و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (VRS) به راهنمای نرم‌افزار DEAP نسخه 2.1 کوئلی (1996) مراجعه کنید).

در زیر به بررسی کارایی نسبت به تکنولوژی فرامرزی¹ و مرزهای گروهی و پیدا کردن نسبت شکاف تکنولوژیکی با استفاده از تابع فاصله نهاده در چارچوب مدل DEA می‌پردازیم.

5- تکنولوژی فرامرزی

مفهوم کارایی فنی ابتدا توسط کوپمنز (1951)، دبرو (1951) و فارل (1957) معرفی شده است. این مفهوم به توانایی بنگاه برای حداقل سازی استفاده از نهاده برای تولید بردار مشخص ستانده و یا به به توانایی به دست آوردن حداکثر ستانده از یک بردار مشخص نهاده اشاره دارد (کومبکر² و لاول، 2000، 42).

مفهوم فرامرزی تولید ابتدا توسط هیامی³ (1969) و هیامی و روتان⁴ (1971، 1970) معرفی شد. آن‌ها فرض می‌کنند که یک فرامرزی تکنولوژی تولید در کل صنعت وجود دارد که همه گروه‌های مجزا دارای تکنولوژی‌های مختلف را محاط می‌کند. طبق تعریف ریاضی هیامی و روتان (1971، ص 82) تابع تولید فرامرزی می‌تواند به صورت پوش توابع تولید نئوکلاسیکی معین تعریف شود. مفهوم فرامرزی تولید بر مبنای این فرض ساده قرار دارد که همه بنگاه‌ها، دارای دسترسی بالقوه به بهترین تکنولوژی موجود در صنعت هستند

1-Metafrontier

2-Kumbhakar and Lovell

3-Hayami

4-Ruttan

اگر چه این بنگاه‌ها به طور واقعی تکنولوژی‌های متفاوتی را در گروه‌های مختلف خودشان به کار می‌برند. فرض کنیم که X و Y به ترتیب بردارهای ستونی نهاده و ستانده با ابعاد N و M (اعداد حقیقی غیرمنفی) هستند. حالتی را در نظر می‌گیریم که $K (>1)$ گروه وجود دارند و بنگاه‌ها در هر گروهی تحت یک تکنولوژی خاص گروهی T^k (به ازای $k=1, \dots, K$) فعالیت می‌کنند.

به منظور تضمین ویژگی محدب بودن، فراتکنولوژی به صورت رویه محدب اجتماع تکنولوژی‌های خاص گروهی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T^* \equiv \text{Convex Hull}\{T^1 U \dots U T^K\} \quad (1)$$

که k تعداد تکنولوژی‌های موجود است و مجموعه تکنولوژی T از همه بردارهای ستانده تشکیل شده است که می‌تواند با استفاده از یک بردار غیرمنفی نهاده‌ها تولید شود. این مجموعه تکنولوژی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T = \{(x, y): x, y \geq 0 \text{ که } x \text{ می‌تواند } y \text{ را تولید کند}\} \quad (2)$$

مرز محدب گروه k با به کار بردن روش DEA با استفاده از همه مشاهدات نهاده و ستانده بنگاه‌های در گروه k ساخته می‌شود. اگر L_k بنگاه در k گروه وجود داشته باشد و T دوره نیز وجود داشته باشد، مسأله DEA با رویکرد نهاده‌گرا با فرض VRS به صورت زیر است:

$$\text{Min } \rho_{it} \quad (3)$$

$$\lambda_{it}, \rho_{it}$$

s.t -

$$Y_{it} + Y \lambda_{it} \geq 0$$

$$\rho_{it} X_{it} - X \lambda_{it} \leq 0$$

$$J \lambda_{it} = 1$$

$$\lambda_{it} \geq 0$$

در این جا Y_{it} مقدار ستانده برای i امین بنگاه در t امین دوره، X_{it} بردار $N \times 1$ مقدار

نهاده i امین بنگاه در دوره t بردار Y, t بردار $1 \times T$ مقدار ستانده L_k بنگاه در T دوره، X

ماتریس با بعد $L_k T \times N$ مقدار نهاده برای L_k بنگاه در T دوره، J بردار $L_k T \times 1$ یک‌ها، λ_{it} یک بردار $L_k T \times 1$ وزن‌ها و ρ_{it} اسکالر است. می‌توان نشان داد که مقدار ρ_{it} که از حل مسأله برنامه‌ریزی خطی¹ (3) به دست می‌آید، کم‌تر از یک نیست و اطلاعاتی را در مورد کارایی فنی آمین بنگاه در t امین دوره ارائه می‌دهد. به طور خاص، $\frac{1}{\rho_{it}}$ حداکثر کاهش نسبی ممکن در نهاده‌ها است اگر مقدار ستانده آمین بنگاه در t امین دوره ثابت نگه‌داشته شود. بنابراین ρ_{it} (یک تخمین از) معیار کارایی فنی نهاده‌گرا با حل مسأله LP (3) است. مقدار λ_{it} که مسأله LP (3) را حل می‌کند اطلاعاتی را در مورد مرجع‌های آمین بنگاه در t امین دوره ارائه می‌دهد. این مرجع‌ها نقاط کارایی مشخص‌کننده رویه مرزی هستند که بهترین نهاده‌ها و ستانده‌های آمین بنگاه در t امین دوره بر روی آن مشخص شده‌اند. حل مسأله LP (3) به طور جداگانه برای هر بنگاهی در گروه خودش و در هر دوره زمانی، همه رویه‌های مرزی k گروه را مشخص می‌کند. برای به دست آوردن کارایی فرامرز، مسأله (3) برای همه بنگاه‌ها بدون توجه به گروه متناظر در همه T دوره به کار برده می‌شود. (کوئلی²، 1996 را ملاحظه کنید) (ادنل، رانو و بتیس³، 2008).

در صورتی که به جای $1 = \lambda_{it} z_j$ در رابطه (3) $z_j \lambda_{it} \geq 1$ را داشته باشیم مسأله DEA به مسأله با رویکرد نهاده‌گرا با فرض CRS تبدیل خواهد شد. البته محدودیت محدب‌بودن ($z_j \lambda_{it} = 1$) تضمین می‌کند که یک بنگاه ناکارا تنها در مقابل بنگاه‌های دیگر با اندازه مشابه سنجیده می‌شود.

در نهایت، با تخمین کارایی‌های فنی بنگاه‌ها با توجه به فرامرز و مرزهای گروهی، ساده است که نسبت شکاف تکنولوژیکی را در سطوح معین شده نهاده و ستانده تخمین بزنیم. کارایی فنی نهاده‌گرای یک زوج مشاهده شده (x, y) با توجه به تکنولوژی گروه k به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$TE_i^k(x, y) = \frac{1}{D_i^k(x, y)} \quad (4)$$

اگر کارایی فنی نهاده گرا (x, y) معین 0.7 اندازه‌گیری شود بدان معنی است که y می‌تواند با استفاده از 70 درصد از بردار نهاده x تولید شود. نسبت شکاف تکنولوژی نهاده محور می‌تواند با استفاده از توابع فاصله نهاده از تکنولوژی T^* و T^k به صورت زیر تعریف شود

$$TGR_i^k(x, y) = \frac{D_i^k(x, y)}{D_i^*(x, y)} = \frac{TE_i^*(x, y)}{TE_i^k(x, y)} \quad (5)$$

این نسبت همیشه بین صفر و یک است و برابری با یک زمانی برقرار است که مرز تکنولوژی گروهی به ازای بردارهای نهاده و ستانده x و y بر فرامرز منطبق باشد. زمانی که داده‌ها موجود باشند، ممکن است مرز را با استفاده از یک تکنیک پارامتریک غیرتصادفی همانند تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یا یک رویکرد تصادفی پارامتریک نظیر تحلیل مرز تصادفی (SFA) تخمین زد (همان منبع).

6- تعدیل محیط و ساختار در مدل‌های DEA و استفاده از رگرسیون توبیت

در این‌جا منظور از محیط عواملی است که کارایی بنگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند اما جزء نهاده‌های مورد استفاده نیستند و فرض می‌شود که تحت کنترل مدیر نیستند. برخی از مثال‌ها از متغیرهای محیطی شامل تفاوت‌های مالکیت، ویژگی‌هایی نظیر چگالی مشتری و موقعیت بنگاه است. روش‌های مختلفی وجود دارند که متغیرهای محیطی می‌تواند در تحلیل DEA وارد شود اما در این‌جا از روش دومرحله‌ای استفاده می‌شود. یک روش ممکن و مورد استفاده، وارد کردن متغیرهای محیطی به طور مستقیم در فرمول بندی LP است. در کل، یک متغیر محیطی یا به صورت نهاده غیر صلاححیدی یا متغیر ستانده وارد می‌شود یا به صورت متغیر غیر صلاححیدی خنثی وارد می‌شود.

اما روش دومرحله‌ای شامل حل مسأله DEA در مرحله اول است که تنها شامل نهاده‌ها و ستانده‌های سنتی است. در مرحله دوم، نمرات کارایی به دست آمده از مرحله اول به

عنوان متغیر وابسته و متغیرهای محیطی به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شود. علامت ضرایب متغیرهای محیطی بیانگر جهت اثرات است و آزمون استاندارد فروض می‌تواند استفاده شود تا صحت و سقم روابط را ارزیابی کند.

از مزایای روش دومرحله‌ای این است که در رگرسیون مرحله دوم، هر دو متغیر مستقل پیوسته و گسسته به کار می‌رود. هم‌چنین دارای مزیت محاسبه آسان است. بیان می‌شود که بهتر است مدل رگرسیونی Tobit استفاده شود زیرا می‌تواند داده‌های سانسور شده را در نظر بگیرد و بسته نرم‌افزارهای اقتصادسنجی مختلف نیز دارای دستوراتی برای رگرسیون توییت هستند. در این جا نیز از روش حداکثر راست‌نمایی پانل تصادفی به وسیله نرم‌افزار STATA10 استفاده می‌شود.

از جمله مطالعاتی که از رویکرد دومرحله‌ای استفاده می‌کنند مطالعات کوپر¹ و دیگران (2000) و کوئلی (1999) است. معمولاً در رویه دومرحله‌ای از توییت دوحدی² (2LT) با محدودیت صفر از پایین و یک از بالا استفاده می‌شود.

محققان استفاده‌کننده از 2LT شامل براوو و اورتا³ و دیگران (2007)، لاتروفه⁴ و دیگران (2004)، فتهی⁵ و دیگران (2002)، وسترگارد⁶ و دیگران (2002) هستند. اما مک دونالد⁷ بیان می‌کند که داده‌های کارایی کسری یا نسبی هستند و فرایند تولید داده‌ها سانسور شده نیست لذا پیشنهاد می‌دهد از OLS استفاده شود که تخمین‌های سازگار و بدون تورش می‌دهد (مک دونالد، 2009).

نمرات کارایی بایستی بین 1 و 0 یا برابر 1 یا 0 باشد. معمولاً چندین مقدار کارایی وجود دارد اما معمولاً هیچ نمره کارایی 0 یا نزدیک آن وجود ندارد. بنابراین بیان می‌شود که توییت

1-Cooper
2-Limited Tobit
3-Bravo-Ureta
4-Latruffe
5-Fethi
6-Vestergard
7-Mc Donald

تک‌حدی (ILT) که تنها حد بالا در 1 را برای متغیر وابسته در نظر می‌گیرد، می‌تواند کاراتر باشد اما مک دونالد بیان می‌کند که چون 2LT از اطلاعات قبلی بیشتری نسبت به 1LT در محاسبه اثرات نهایی استفاده می‌کند، می‌تواند به طور مجانبی کاراتر باشد.

رویگرد ما از رویکرد پیت ولی (1981) استفاده می‌کند که رابطه بین نمرات کارایی از DEA و عوامل مؤثر بر ناکارایی را به صورت زیر می‌نویسد:

$$\mu_i^* = f(z_i, \varphi) \quad (6)$$

z_i بردار متغیرهای مؤثر بر ناکارایی و φ بردار پارامترهای تخمین زده شده است. μ_i^* نمرات واقعی ناکارایی است. چون ناکارایی عددی بین یک و صفر است، OLS تخمین‌زن‌های تورش‌داری ارایه می‌دهد. برای اجتناب از تورش بالقوه، معمولاً مدل توییت نمرات ناکارایی با استفاده از تکنیک حداکثر راست‌نمایی و فرض توزیع لجستیک برای خطاها تخمین زده می‌شود (الاتوبی و دیسموکس¹، 2000).

اگر $x_i\beta + \varepsilon_i = y_i^*$ ، فرایند تولید داده باشد، تابع راست‌نمایی برای نمونه‌ای شامل تعدادی از مشاهدات کارایی 0، تعدادی از مشاهدات 1 و تعدادی از مشاهدات بین 0 و 1 می‌تواند به صورت زیر باشد:

$$L = \prod_{y_i=1} \text{prob}(y_i=1) \prod_{y_i<1} f(y_i^*) \quad (7)$$

که $f(y_i^*)$ تابع چگالی y_i^* ، به عنوان مثال تابع توزیع نرمال است. اگر هیچ مشاهده y_i برابر 0 نباشد، جزء اول تابع راست‌نمایی حذف می‌شود و توابع راست‌نمایی برای 2LT و 1LT با داشتن حد فقط در 1، معادل خواهند بود و در نتیجه تخمین‌های حداکثر راست‌نمایی (MLE) از β و σ^2 از طریق این دو روش معادل خواهند بود. اگر هیچ مشاهده y_i برابر 0 یا 1 نباشد، دو جزء اول تابع راست‌نمایی حذف می‌شود و MLE با حداکثرسازی جزء سوم به تنهایی به دست می‌آید که به تخمین‌زن OLS می‌انجامد.

یعنی 1LT، 2LT و OLS معادل خواهند بود. اما تخمین حداکثر راست‌نمایی مدل 2LT، اثرات نهایی (جزئی) تغییر در مقدار میانگین y_i / x_i را با توجه به تغییر در x_i نمی‌دهد. بنابراین هف¹ (2007)، اثر نهایی را در مدل 2LT توضیح داده و بیان می‌کند که اثر متغیر توضیحی β_m ، تابعی از متغیرهای توضیحی و نیز پارامترهای رگرسیون توییت است (همان منبع).

گرین² (2008، 873-872) اثر نهایی با توجه به متغیر توضیحی β_m را به صورت زیر بیان می‌کند:

$$\frac{\partial E(y_i / x_i)}{\partial x_{im}} = \beta_m * (\text{احتمال این که } y_i / x_i \text{ مقداری غیرحدهی بگیرد})$$

که در این جا نیز از رویکرد گرین برای محاسبه اثرات نهایی استفاده می‌شود. در نهایت به تخمین 2LT در مرحله دوم روش دوم مرحله‌ای برای تحلیل عوامل مؤثر بر کارایی به دلایل ذکر شده در بالا بسنده می‌کنیم.

7- تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای³

چنان که کومبکر⁴ و لاول⁵ بیان کرده‌اند داده‌های مقطعی نگاهی گذرا از وضعیت تولیدکنندگان و کارایی‌شان ارائه می‌دهند. داده‌های پانل نتایج قابل اتکاتری در مورد عملکرد تولیدکنندگان ارائه می‌دهد زیرا ما را قادر می‌سازند که عملکرد هر تولیدکننده را در بازه زمانی مشخص ارزیابی کنیم.

DEA، ابتدا برای تحلیل داده‌های مقطعی استفاده شد که در این چارچوب یک واحد تصمیم‌گیرنده با همه واحدهای دیگر که در دوره زمانی مشابه فعالیت می‌کنند، مقایسه می‌شود و نقش زمان فراموش می‌گردد. داده‌های پانل بر داده‌های مقطعی ارجحیت دارد

1-Hoff

2-Green

3-Window Data Envelopment Analysis

4-Kumbhakar

5-Lovell

زیرا نه تنها یک واحد تصمیم گیرنده را می‌توان با واحد تصمیم گیرنده دیگر مقایسه کرد بلکه تغییر کارایی یک واحد تصمیم گیرنده خاص را می‌توان در طول زمان ارزیابی کرد. تحلیل پنجره‌ای ابتدا توسط چارنز، کلارک¹، کوپر و گلانی² (1985) مطرح شد. ایده اصلی در نظر گرفتن هر واحد تصمیم گیرنده به عنوان واحد تصمیم گیرنده‌ای بود که در هر زمان مشاهده شده‌ای متفاوت است. بنابراین هر واحد تصمیم گیرنده لزوماً با مجموعه همه داده‌ها مقایسه نمی‌شود بلکه به جای آن تنها با زیرمجموعه‌های جایگزین داده‌های پانل مقایسه می‌شود (کالینان³ و دیگران، 2004). تحلیل پنجره‌ای باعث افزایش تعداد داده‌های مورد بررسی در تحلیل می‌شود که این امر در صورت وجود تعداد داده‌های کم در نمونه مفید می‌باشد. تغییر عرض پنجره (یعنی تعداد دوره‌های زمانی) نشان‌دهنده طیفی از تحلیل‌های همزمان همراه با تحلیل‌های مقطعی می‌باشد. تحلیل پنجره‌ای می‌تواند حالت خاصی از یک تحلیل متوالی باشد. با این حال در تحلیل متوالی فرض می‌شود آنچه در گذشته عملی بوده است، عملی باقی می‌ماند و بنابراین تمام مشاهدات قبلی را شامل می‌شود (کریمی و دیگران، 1387).

روش DEA پویا (تحلیل پنجره‌ای) روشی است که امکان محاسبه کارایی در طول زمان و در نتیجه امکان محاسبه بهره‌وری را برای مدیران فراهم می‌آورد (شاهوئ⁴ و دیگران، 2006).

تحلیل پنجره‌ای بر اساس میانگین متحرک عمل می‌کند و برای یافتن روند عملکرد یک واحد در طول زمان مفید می‌باشد. تحلیل پنجره‌ای، متوسط کارایی مدل‌های با بازدهی ثابت و مدل‌های با بازدهی متغیر را محاسبه می‌کند و برای مشخص شدن روند کارایی در طول زمان کاربرد دارد. بنابراین می‌تواند برای مشخص شدن روند عملکرد یک واحد

1-Clark

2-Golany

3-Cullinane

4-Shahooth

تصمیم‌گیرنده در طول زمان به کار برده شود، اما هیچ نظریه‌ای برای تعیین اندازه بهینه پنجره وجود ندارد (العراقی¹ و دیگران، 2010).

از آنجا که این روش فرض می‌کند که کارایی فنی تمام واحدها در یک پنجره نسبت به هم دیگر اندازه‌گیری می‌شود، به طور ضمنی فرض می‌کند که هیچ تغییر فنی در هیچ کدام از پنجره‌ها وجود ندارد. این مطلب یک مسأله کلی در مورد DEA پنجره‌ای است. با کاهش عرض پنجره این مشکل تا حدی حل می‌شود و برای اعتباربخشیدن به تحلیل پنجره‌ای بایستی عرض طبقات طوری انتخاب شود که چشم‌پوشی از تغییرات فنی منطقی باشد هر چند هیچ پشتوانه نظری برای تعیین اندازه پنجره وجود ندارد.

مدل DEA پویا امکان مقایسه کارایی فنی ایستا را فراهم می‌آورد، از این جهت بین مفهوم کارایی فنی و مفهوم بهره‌وری تفاوت قایل می‌شود. مفهوم کارایی به یک مقطع زمانی و بهره‌وری به یک دوره زمانی اشاره دارد. در سنجش کارایی گفته می‌شود که کدام بنگاه کارا عمل می‌کند ولی در مفهوم بهره‌وری گفته می‌شود کدام بنگاه‌ها در طول زمان بهره‌وری عوامل تولید خود را تغییر داده‌اند. بنگاه‌هایی می‌توانند بهره‌وری عوامل تولید خود را در طول زمان افزایش دهند که در طول زمان به سمت عملکرد کاراترین بنگاه حرکت نمایند. از این روش‌های سنجش بهره‌وری با کارایی لزوماً یکی نیستند.

انتخاب تحلیل پنجره‌ای، محدودیت‌هایی برای تحلیل درونی ساختار بنگاه‌ها ایجاد می‌کند. از طرفی انعطاف مدل تحلیل پنجره‌ای نسبت به مدل‌هایی که قابلیت سنجش کارایی با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس را دارند، کم است و معمولاً با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس برآورد می‌شوند. اگر سنجش کارایی بر مبنای بازده ثابت نسبت به مقیاس فرض شود، در این صورت کارایی بر اساس بازده متغیر نسبت به مقیاس و نیز کارایی مقیاس قابل اندازه‌گیری نیستند و ثابت فرض می‌شوند. مدل تحلیل پنجره‌ای امکان مشاهده روند تغییر کارایی بنگاه‌ها را در طول زمان فراهم می‌آورد. از این ویژگی می‌توان برای

فهم این موضوع استفاده کرد که آیا بنگاه‌ها در جهت افزایش بهره‌وری عمل کرده‌اند. برای نمایش فرمولی این موضوع فرض کنید که N واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) در دوره زمانی t ($t=1, \dots, T$) وجود دارد و همه آن‌ها از r نهاد برای تولید S ستانده استفاده می‌کنند. بنابراین نمونه شامل $T \times N$ مشاهده خواهد بود و واحد تصمیم‌گیرنده n در دوره t ، یعنی DMU_t^n دارای یک بردار r بعدی از نهاده‌ها $(X_{1t}^n, X_{2t}^n, \dots, X_{rt}^n)$ و هم‌چنین یک بردار S بعدی از ستانده‌ها $(Y_{1t}^n, Y_{2t}^n, \dots, Y_{st}^n)$ می‌باشد. پنجره که از زمان K شروع می‌شود ($1 \leq K \leq T$) و دارای عرض W ($1 \leq W \leq T-K$) است با KW مشخص می‌شود و دارای $N \times W$ مشاهده است. ماتریس نهاده‌ها و ستانده‌ها برای تحلیل پنجره‌ای را می‌توان به ترتیب در بردارهای زیر مشاهده کرد.

$$X_{KW} = (X_K^1, X_K^2, \dots, X_K^N, X_K^1 + 1, \dots, X_K^N + 1, X_K^1 + W, \dots, X_K^N + W)$$

$$Y_{KW} = (Y_K^1, Y_K^2, \dots, Y_K^N, Y_K^1 + 1, \dots, Y_K^N + 1, Y_K^1 + W, \dots, Y_K^N + W)$$

تحلیل پنجره‌ای DEA نهاد محور برای DMU_t^n تحت فرض بازده ثابت نسبت به

مقیاس به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\theta'_K = \min_{\theta, \lambda} (\theta) \quad (8)$$

$$s.t. \quad -x_{KW}\lambda + \theta x'_t \geq 0, \quad t=1, \dots, T$$

$$y_{KW}\lambda - y'_t \geq 0, \quad t=1, \dots, T$$

$$\lambda_n \geq 0$$

8- روش انجام تحقیق و داده‌های مورد استفاده

انجام تحقیق به روش کتابخانه‌ای و اسنادی است و از روش‌های ناپارامتریک با استفاده از نرم‌افزار DEAP و روش‌های پارامتریک اقتصادسنجی با استفاده از نرم‌افزار STATA10 و دیگر نرم‌افزارهای مورد نیاز استفاده شده است.

برای این تحقیق از داده‌های پانل 36 شرکت توزیع برق ایران در دوره زمانی 1381 تا

1388 استفاده می‌شود و از آمار تفصیلی صنعت برق ایران موجود در وبسایت توانیر¹ و معاونت هماهنگی و نظارت مالی وزارت نیرو گرفته شده است. این شرکت‌ها به دو گروه دارای چگالی مدار (نسبت تعداد مشتریان به طول شبکه) بالا و پایین تقسیم‌بندی می‌شوند. رویکردهای مرزی پارامتریک و ناپارامتریک، کل بنگاه‌ها را همگن و در یک گروه در نظر می‌گیرند که به نظر می‌رسد در بیشتر حالات فرض نادرستی باشد. بنابراین استفاده از رویکرد فرامرزی که تنوع تکنولوژیکی به دلیل تنوع امکانات محیطی و ساختار مصرف‌کننده را در نظر می‌گیرد، برای تخمین میزان کارایی، شکاف تکنولوژیکی و مقیاس بهینه شرکت‌های توزیع برق صحیح‌تر به نظر می‌رسد.

در این مطالعه نیز با جمع‌بندی مطالعات نظری، (مطالعات رم پاکودان (2002)، هاتوری و دیگران (2003)، پرز ریز و توار (2009)، کالمن و دیگران (2008)، هس و کالمن (2007)، جاماسب و پولیت (2001 و 2003)، گروچ²، جاماسب و پولیت (2005)، ریسند³ (2002)، راموس - ریل و دیگران (2009)، گوتو و سیوشی (2009)، امامی میسیدی (1995) را ملاحظه کنید)، از متغیرهای طول شبکه، ظرفیت ترانسفورماتور، تعداد شاغلان (تقریباً همه مطالعات ذکر شده این متغیرها را به عنوان نهاده به کار می‌برند)، تلفات شبکه (رم پاکودان (2002) و پرز-ریز و توار (2009)) و هزینه‌های عملیاتی تعدیل شده به وسیله شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) (جاماسب و پولیت با بررسی مطالعات مختلف (2001) و جاماسب و پولیت (2003) و جاماسب و پولیت (2005)) به عنوان نهاده استفاده می‌شود. متغیرهای کنترلی شامل متغیر موهومی خصوصی سازی برای کنترل ساختار مالکیت، نسبت طول شبکه زیرزمینی به کل طول شبکه برای کنترل ساختار شبکه، نسبت مشتریان خانگی

1-به سایت توانیر به آدرس <http://www.tavanir.org.ir> مراجعه کنید.

2-Growitsch

3-Resende

به کل مشتریان برای کنترل ساختار مصرف‌کننده و ضریب بار شبکه (نسبت حداکثر بار غیر هم‌زمان به کل مصرف برق) و ضریب بار ظرفیت ترانسفورماتور (نسبت ظرفیت ترانسفورماتور به تقاضای برق) به ترتیب برای کنترل شدت استفاده از شبکه و ترانسفورماتور و چگالی مدار به صورت نسبت تعداد مشتریان به طول شبکه و تراکم مشتری به صورت نسبت تعداد مشتریان به مساحت حوزه پوشش برای کنترل محیط عملیاتی در نظر گرفته می‌شوند. تقریباً همه مطالعات مقدار انرژی تحویل داده شده و تعداد مشتریان را به عنوان متغیرهای ستانده در نظر می‌گیرند که در این جا نیز این دو متغیر به عنوان متغیرهای ستانده استفاده می‌شوند.

9- نتایج تجربی

در این مقاله عرض پنجره 3 در نظر گرفته شده است هر چند از لحاظ نظری روشی برای تعیین اندازه بهینه پنجره وجود ندارد. در بیشتر مطالعات عرض پنجره 2 یا 3 در نظر گرفته شده است. بنابراین با داشتن داده‌های 8 ساله، 6 پنجره شکل خواهد گرفت. اگر بخواهیم روند کارایی بنگاه‌ها را با توجه به مرز گروهی و فرامرز در طول زمان بررسی کنیم از تحلیل پنجره‌ای استفاده خواهد شد. در این روش فرض می‌شود که تغییر فنی در داخل پنجره‌ها وجود ندارد هر چند بین پنجره‌ها تغییر فنی اتفاق می‌افتد.

جدول (1) - میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل پنجره‌ای با توجه به فرامرز برای گروه 1

| نام شرکت (گروه 1) | VRSTE1 | VRSTE2 | VRSTE3 | VRSTE4 | VRSTE5 | VRSTE6 | CRSTE1 | CRSTE2 | CRSTE3 | CRSTE4 | CRSTE5 | CRSTE6 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| آذربایجان شرقی | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۰.۹۶ | ۰.۹۴ | ۰.۸۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۳ | ۰.۸۹ |
| آذربایجان غربی | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۵ | ۰.۹۱ | ۰.۸۷ | ۰.۹۲ | ۰.۹۴ | ۰.۹۴ | ۰.۹۴ | ۰.۹۱ |
| اردبیل | ۰.۹۳ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۳ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ |
| اصفهان | ۰.۸۱ | ۰.۸۷ | ۰.۹۳ | ۰.۹۵ | ۰.۹۴ | ۰.۹۸ | ۰.۷۴ | ۰.۷۷ | ۰.۸ | ۰.۸۷ | ۰.۸۷ | ۰.۹۲ |
| چهارمحال و بختیاری | ۰.۹ | ۰.۹۱ | ۰.۹۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۶۷ | ۰.۷ | ۰.۷ | ۰.۷ | ۰.۷۳ | ۰.۷۵ |
| مرکزی | ۰.۷۵ | ۰.۷۹ | ۰.۸۳ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ | ۰.۹۴ | ۰.۷۵ | ۰.۷۷ | ۰.۸۱ | ۰.۸۷ | ۰.۸۸ | ۰.۹۳ |
| همدان | ۰.۷۹ | ۰.۸۳ | ۰.۸۵ | ۰.۸۲ | ۰.۸۳ | ۰.۸۹ | ۰.۷۹ | ۰.۸۱ | ۰.۸۱ | ۰.۷۸ | ۰.۷۸ | ۰.۸۳ |
| لرستان | ۰.۶۹ | ۰.۷۲ | ۰.۷۴ | ۰.۷۴ | ۰.۷۳ | ۰.۷۴ | ۰.۶۶ | ۰.۶۹ | ۰.۷ | ۰.۶۸ | ۰.۶۸ | ۰.۶۸ |
| خراسان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۶ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ |
| برق جنوب خراسان | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۳ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۵ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ |
| برق شمال خراسان | ۰.۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۸۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۶ | ۰.۹۴ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ |
| خوزستان | ۱ | ۰.۸۹ | ۰.۹۱ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۰.۶۴ | ۰.۶۶ | ۰.۸۱ | ۰.۹ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ |
| کهگیلویه و بویر احمد | ۰.۹۵ | ۰.۹۳ | ۰.۹۱ | ۰.۹۳ | ۰.۸۸ | ۰.۷۶ | ۰.۴۷ | ۰.۴۷ | ۰.۴۹ | ۰.۵۲ | ۰.۵۸ | ۰.۶ |
| زنجان | ۰.۷۹ | ۰.۸۶ | ۰.۸۹ | ۰.۹۲ | ۰.۹ | ۰.۹ | ۰.۷ | ۰.۷۴ | ۰.۷۸ | ۰.۸ | ۰.۸۲ | ۰.۸۵ |
| سمنان | ۱ | ۰.۹۶ | ۰.۹۳ | ۰.۹۸ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹ | ۰.۸۳ | ۰.۸۷ | ۰.۸۹ | ۰.۹۵ |
| کرمانشاه | ۰.۷۴ | ۰.۷۹ | ۰.۸۵ | ۰.۸۸ | ۰.۹۳ | ۰.۹۷ | ۰.۷۳ | ۰.۷۸ | ۰.۸۲ | ۰.۸۴ | ۰.۸۹ | ۰.۸۸ |
| کردستان | ۰.۸۳ | ۰.۹۱ | ۰.۹ | ۰.۹ | ۰.۹۱ | ۰.۹۱ | ۰.۸۲ | ۰.۸۷ | ۰.۸۶ | ۰.۸۷ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ |
| ایلام | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۵۶ | ۰.۵۴ | ۰.۵۶ | ۰.۵۷ | ۰.۶ | ۰.۶۲ |
| قزوین | ۰.۷۵ | ۰.۷۶ | ۰.۷۵ | ۰.۸ | ۰.۸۵ | ۰.۹۴ | ۰.۷۳ | ۰.۷۵ | ۰.۷۵ | ۰.۷۸ | ۰.۸۵ | ۰.۹۴ |
| بوشهر | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۹ | ۰.۹۳ | ۰.۸۹ | ۰.۸۹ | ۰.۷۵ | ۰.۷۸ | ۰.۸۲ | ۰.۸۶ | ۰.۸۵ | ۰.۸۸ |
| شمال کرمان | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۲ | ۰.۹۵ | ۰.۹۲ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۱ | ۰.۹۴ | ۰.۹ |
| جنوب کرمان | ۰.۸ | ۰.۷۴ | ۰.۷۸ | ۰.۸۲ | ۰.۷۷ | ۰.۸۴ | ۰.۷۴ | ۰.۶۹ | ۰.۷۶ | ۰.۷۵ | ۰.۷۶ | ۰.۸۳ |
| هرمزگان | ۰.۶۴ | ۰.۶۵ | ۰.۷ | ۰.۷۵ | ۰.۸۲ | ۰.۸۴ | ۰.۶۲ | ۰.۶۴ | ۰.۶۹ | ۰.۷۴ | ۰.۸۱ | ۰.۸۳ |
| یزد | ۰.۸۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۹۴ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۷ | ۰.۸۶ | ۰.۹۲ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ |
| میانگین گروه 1 | ۰.۸۷ | ۰.۸۹ | ۰.۹ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۷۸ | ۰.۸ | ۰.۸۲ | ۰.۸۳ | ۰.۸۵ | ۰.۸۷ |

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (2) - میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل پنجره‌ای با توجه به فرامرز برای گروه 2

| نام شرکت (گروه 2) | VRSTE1 | VRSTE2 | VRSTE3 | VRSTE4 | VRSTE5 | VRSTE6 | CRSTE1 | CRSTE2 | CRSTE3 | CRSTE4 | CRSTE5 | CRSTE6 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| شهرستان تبریز | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ |
| شهرستان اصفهان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| غرب استان تهران | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۱ |
| قم | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۸۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۷ | ۰.۸۴ |
| شهرستان مشهد | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ |
| شهرستان اهواز | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۴ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ |
| قزوین | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۲ | ۰.۹۶ | ۰.۹۲ | ۰.۹۸ | ۱ |
| شهرستان شیراز | ۰.۶۹ | ۰.۷۱ | ۰.۷۳ | ۰.۷۵ | ۰.۷۵ | ۰.۷۵ | ۰.۶۸ | ۰.۷ | ۰.۷۱ | ۰.۷۲ | ۰.۷۲ | ۰.۷۵ |
| گیلان | ۱ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ |
| مازندران | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۳ | ۰.۸۸ | ۰.۸۱ | ۰.۸۲ | ۰.۸۹ | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ | ۰.۸۱ | ۰.۸۱ |
| غرب مازندران | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹ | ۰.۹ |
| گلستان | ۰.۹۹ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۸۵ | ۰.۸۵ | ۰.۸۶ | ۰.۹۸ | ۰.۹۳ | ۰.۹ | ۰.۸۱ | ۰.۷۹ | ۰.۷۹ |
| میانگین گروه 2 | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۵ | ۰.۹۵ | ۰.۹۴ | ۰.۹۳ | ۰.۹۴ | ۰.۹۴ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |
| میانگین کل | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۸۶ | ۰.۸۷ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۹ | ۰.۸۹ |

مأخذ: محاسبات محقق

جداول (1) و (2) بیانگر میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل پنجره‌ای با توجه به فرامرز (دراfc بلندمدت) به ترتیب برای گروه 1 و 2 است. در این جداول عدد پسوند VRSTE و CRSTE بیانگر شماره پنجره است.

به عنوان مثال جدول (1) نشان می‌دهد که کارایی شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز (دراfc بلندمدت) در گروه 1، روند نزولی نشان می‌دهد. این بدان معنی است که با توجه به فرامرز، کارایی

شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی کاهش یافته است یا به عبارتی برای رسیدن به تکنولوژی برتر عملکرد نامناسبی داشته است. شرکت توزیع برق هرمزگان دارای بدترین عملکرد در پنجره 1 با توجه به فرامرز بوده است اما روند صعودی نسبتاً خوبی داشته و از 0.64 در پنجره 1 به 0.84 در پنجره 6 تحت فرض بازدهی متغیر و از 0.62 در پنجره 1 به 0.83 در پنجره 6 تحت فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس رسیده است.

شرکت توزیع برق لرستان دارای عملکرد نسبتاً ثابت اما در سطح پایین با توجه به فرامرز بوده است طوری که از 0.69 در پنجره 1 به 0.74 در پنجره 6 تحت فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس رسیده است اما تحت فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس از 0.66 به 0.68 رسیده است.

شرکت توزیع برق ایلام دارای کارایی بالا تحت فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز بوده است اما تحت فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس دارای کارایی پایین بوده و از 0.56 به 0.62 رسیده است که رشد زیادی را نشان نمی‌دهد.

شرکت توزیع برق کهگیلویه و بویراحمد در پنجره 1 دارای کارایی تحت فرض بازدهی متغیر 0.95 بوده اما در نهایت به 0.76 کاهش یافته است اما تحت فرض بازدهی ثابت در پنجره 1 دارای کارایی پایین (0.47) بوده که پایین‌ترین کارایی با فرض بازدهی ثابت را داشته است که در نهایت در پنجره 6 به 0.6 رسیده است.

شکاف بالا بین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت برای دو شرکت توزیع برق ایلام و کهگیلویه و بویراحمد بیانگر دور بودن از مقیاس بهینه و پایین بودن کارایی مقیاس است.

در کل میانگین کارایی تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز در گروه 1 روندی صعودی دارد و تحت فرض بازدهی متغیر از 0.87 به 0.92 رسیده است و تحت فرض بازدهی ثابت از 0.78 به 0.87 رسیده است.

برای شرکت‌های توزیع گروه 2، میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت

نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز تقریباً بالا بوده است تنها شرکت‌های توزیع برق شهرستان شیراز، مازندران و گلستان دارای عملکرد نامناسبی بوده‌اند. کارایی برای شرکت توزیع شهرستان شیراز تحت فرض بازدهی ثابت از 0.68 به 0.75 و کارایی تحت فرض بازدهی متغیر از 0.69 به 0.75 رسیده است. شرکت توزیع مازندران نیز روند نزولی کارایی را تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس داشته است و تحت فرض بازدهی ثابت از 0.89 در پنجره اول به 0.81 در پنجره 6 رسیده است و تحت فرض بازدهی متغیر از 0.96 به 0.82 رسیده است. کارایی برای شرکت توزیع گلستان تحت فرض بازدهی ثابت از 0.98 به 0.79 و کارایی تحت فرض بازدهی متغیر از 0.99 به 0.86 رسیده است.

شکاف پایین بین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت برای شرکت‌های گروه 2 بیانگر نزدیکی به مقیاس بهینه و بالا بودن کارایی مقیاس است.

در کل میانگین کارایی گروه 1 و 2 تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز به ترتیب روند صعودی و نزولی داشته است اما با این وجود میانگین کارایی گروه 2 با توجه به فرامرز در همه پنجره‌ها تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس بالاتر از گروه 1 بوده است.

جدول (3) - میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت در تحلیل پنجره‌ای با توجه به مرز گروه 1

| نام شرکت (گروه 1) | VRS GRW 1 | VRS GRW 2 | VRS GRW 3 | VRS GRW 4 | VRS GRW 5 | VRS GRW 6 | CRS GRW 1 | CRS GRW 2 | CRS GRW 3 | CRS GRW 4 | CRS GRW 5 | CRS GRW 6 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| آذربایجان شرقی | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۶ | ۰.۹۲ |
| آذربایجان غربی | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ |
| اردبیل | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| اصفهان | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ |
| چهارمحال و بختیاری | ۰.۹۶ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۵ | ۰.۸۳ | ۰.۸۲ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۶ | ۰.۸۷ |
| مرکزی | ۰.۹۶ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹۶ |
| همدان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ |
| لرستان | ۰.۸۵ | ۰.۸۸ | ۰.۹ | ۰.۹۲ | ۰.۹ | ۰.۷۹ | ۰.۸۲ | ۰.۸۶ | ۰.۸۷ | ۰.۸۷ | ۰.۸۲ | ۰.۷۹ |
| خراسان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| برق جنوب خراسان | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۳ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ |
| برق شمال خراسان | ۰.۹۶ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۸۹ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ |
| خوزستان | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ |
| کهگیلویه و بویراحمد | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۹۵ | ۰.۹۷ | ۰.۹۳ | ۰.۷۶ | ۰.۶۱ | ۰.۶۵ | ۰.۶۶ | ۰.۶۷ | ۰.۶۷ | ۰.۶ |
| زنجان | ۰.۹۱ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۸۲ | ۰.۹ | ۰.۹۳ | ۰.۹ | ۰.۸۶ | ۰.۹ |
| سمنان | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۱ | ۰.۹۶ | ۰.۹۲ | ۰.۸۹ | ۰.۹ | ۰.۹۵ |
| کرمانشاه | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ |
| کردستان | ۰.۹۶ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۶ |
| ایلام | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۷۱ | ۰.۷۲ | ۰.۷۵ | ۰.۷۲ | ۰.۷۳ | ۰.۷ |
| فارس | ۰.۸۲ | ۰.۸۷ | ۰.۸۵ | ۰.۸۹ | ۰.۸۹ | ۰.۹۶ | ۰.۸۲ | ۰.۸۶ | ۰.۸۲ | ۰.۸۹ | ۰.۸۸ | ۰.۹۶ |
| بوشهر | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ |
| شمال کرمان | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۵ | ۰.۹۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۵ | ۰.۹۳ |
| جنوب کرمان | ۰.۹۱ | ۰.۸۷ | ۰.۸۹ | ۰.۸۷ | ۰.۸۷ | ۰.۹ | ۰.۸۲ | ۰.۸۱ | ۰.۸۲ | ۰.۸۱ | ۰.۸۳ | ۰.۸۹ |
| هرمزگان | ۰.۷۲ | ۰.۷۷ | ۰.۸۳ | ۰.۸۵ | ۰.۹۱ | ۰.۸۶ | ۰.۷۳ | ۰.۷۵ | ۰.۷۹ | ۰.۸۲ | ۰.۸۹ | ۰.۸۶ |
| یزد | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ |
| میانگین گروه 1 | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۱ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (4)- میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیرو ثابت در تحلیل پنجره‌ای با توجه به مرز گروه 2

| نام شرکت (گروه 2) | VRS GRW 1 | VRS GRW 2 | VRS GRW 3 | VRS GRW 4 | VRS GRW 5 | VRS GRW 6 | CRS GRW 1 | CRS GRW 2 | CRS GRW 3 | CRS GRW 4 | CRS GRW 5 | CRS GRW 6 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| شهرستان تبریز | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ |
| شهرستان اصفهان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| غرب استان تهران | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۱ |
| قم | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۳ | ۰.۸۹ | ۰.۹ | ۰.۹۱ | ۰.۸۷ | ۰.۸۴ |
| شهرستان مشهد | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ |
| شهرستان اهواز | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۳ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ |
| قزوین | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۴ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ |
| شهرستان شیراز | ۰.۷ | ۰.۷۲ | ۰.۷۳ | ۰.۷۶ | ۰.۷۵ | ۰.۷۵ | ۰.۶۹ | ۰.۷ | ۰.۷۳ | ۰.۷۲ | ۰.۷۲ | ۰.۷۵ |
| گیلان | ۱ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ |
| مازندران | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۳ | ۰.۸۸ | ۰.۸۱ | ۰.۸۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ | ۰.۸۱ | ۰.۸۱ |
| غرب مازندران | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹ | ۰.۹ |
| گلستان | ۰.۹۹ | ۰.۹۴ | ۰.۹۲ | ۰.۸۵ | ۰.۹۱ | ۰.۸۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۳ | ۰.۹ | ۰.۸۱ | ۰.۷۹ | ۰.۷۹ |
| میانگین گروه 2 | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۵ | ۰.۹۵ | ۰.۹۵ | ۰.۹۵ | ۰.۹۴ | ۰.۹۵ | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |
| میانگین کل | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۵ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۴ | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |

مأخذ: محاسبات محقق

جداول (3) و (4) بیانگر میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر (VRS GRW) و میانگین کارایی تحت فرض ثابت نسبت به مقیاس (CRS GRW) در تحلیل پنجره‌ای به ترتیب با توجه به مرز گروه 1 و 2 است. در این جداول عدد پسوند VRS GRW و CRS GRW بیانگر شماره پنجره است.

بسیاری از شرکت‌های موجود در گروه 1 دارای میانگین کارایی بالا تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل پنجره‌ای با توجه به مرز گروه خودشان بوده‌اند به استثنای شرکت توزیع هرمزگان که از 0.74 در پنجره 1 شروع شده و روند رو به

رشدی داشته و به 0.86 در پنجره 6 رسیده است. کارایی شرکت توزیع کهگیلویه و بویراحمد تحت فرض بازدهی متغیر با توجه به مرز گروهی روندی نزولی نشان می‌دهد و از 0.98 در پنجره 1 به 0.76 در پنجره 6 رسیده است و تحت فرض بازدهی ثابت با توجه به مرز گروهی ابتدا روندی صعودی نشان می‌دهد اما در پنجره 6 دوباره کاهش شدید نشان می‌دهد و تقریباً همانند پنجره 1 حدود 0.60 می‌شود.

میانگین کارایی شرکت توزیع فارس با توجه به مرز گروهی تحت فرض بازدهی ثابت آن از 0.82 در پنجره 1 شروع شده و به 0.96 افزایش یافته است و تحت فرض بازدهی متغیر از 0.84 در پنجره 1 شروع شده و به 0.96 افزایش یافته است.

کارایی شرکت توزیع لرستان تحت فرض بازدهی متغیر با توجه به مرز گروه ابتدا روندی نسبتاً صعودی و سپس روندی نزولی نشان می‌دهد اما تحت فرض بازدهی ثابت روندی نسبتاً نزولی دارد.

برای گروه 1 در کل میانگین کارایی تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به مرز گروه روندی نسبتاً ثابت دارد و تحت فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس 0.96 در پنجره اول و آخر بوده است و تحت فرض بازدهی ثابت از 0.91 به 0.92 رسیده است.

برای شرکت‌های توزیع گروه 2، میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به مرز گروه تقریباً بالا بوده است اما شرکت‌های توزیع برق شهرستان شیراز، گلستان و مازندران دارای عملکرد نامناسبی بوده‌اند. کارایی شرکت توزیع برق شهرستان شیراز تحت فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس از 0.7 به 0.75 و تحت فرض بازدهی ثابت از 0.69 به 0.75 رسیده است. شرکت توزیع مازندران نیز روند نزولی کارایی تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس داشته است و تحت فرض بازدهی ثابت از 0.92 در پنجره 1 به 0.81 در پنجره 6 رسیده است و تحت فرض بازدهی متغیر از 0.96 به 0.82 رسیده است. کارایی شرکت توزیع گلستان تحت فرض بازدهی ثابت از 0.98 به 0.79 رسیده است و تحت فرض بازدهی متغیر از 0.99 به 0.89 رسیده است یعنی با توجه به گروه خود یا به عبارتی در کوتاه‌مدت عملکرد نامناسبی داشته است.

در کل میانگین کارایی پنجره‌ای گروه 1 و 2 تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به مرز گروه به ترتیب روند نسبتاً ثابت و نزولی داشته است.

جدول (5) - میانگین نسبت شکاف تکنولوژیکی با فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل

پنجره‌ای برای گروه 1

| نام شرکت (گروه 1) | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ | Σ |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| آذربایجان شرقی | ۰.۹۵ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ |
| آذربایجان غربی | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۵ | ۰.۹۲ | ۰.۸۷ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۹ |
| اردبیل | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ |
| اصفهان | ۰.۹۷ | ۰.۸۹ | ۰.۸۸ | ۰.۹۳ | ۰.۹۵ | ۰.۹۶ | ۱ | ۰.۷۵ | ۰.۷۷ | ۰.۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۹ | ۰.۹۷ |
| چهارمحال و بختیاری | ۰.۸۶ | ۰.۸۵ | ۰.۸۵ | ۰.۹۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۶ | ۰.۹۸ | ۰.۸ | ۰.۸۲ | ۰.۷۹ | ۰.۸ | ۰.۸۵ | ۰.۸۵ | ۰.۸۵ | ۰.۹۶ |
| مرکزی | ۰.۹۷ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۸۲ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۸ | ۰.۷۸ | ۰.۷۹ | ۰.۸۲ | ۰.۸۹ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۹۷ |
| همدان | ۰.۸۸ | ۰.۷۹ | ۰.۷۸ | ۰.۸۵ | ۰.۸۳ | ۰.۸۳ | ۰.۹۲ | ۰.۷۹ | ۰.۸۱ | ۰.۸۲ | ۰.۷۸ | ۰.۷۹ | ۰.۷۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ |
| لرستان | ۰.۸۶ | ۰.۸۱ | ۰.۷۸ | ۰.۸۲ | ۰.۸۱ | ۰.۸۱ | ۰.۹۲ | ۰.۸ | ۰.۸۱ | ۰.۸ | ۰.۷۸ | ۰.۸۱ | ۰.۸۱ | ۰.۸۶ | ۰.۸۶ |
| خراسان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| برق جنوب خراسان | ۰.۹ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹ |
| برق شمال خراسان | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ |
| خوزستان | ۰.۸۸ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۳ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۶۲ | ۰.۶۶ | ۰.۸۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ |
| کهریزک و بویر احمد | ۰.۹۹ | ۰.۸۷ | ۰.۸۷ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ | ۰.۷۸ | ۰.۷۳ | ۰.۷۵ | ۰.۷۷ | ۰.۸۷ | ۰.۸۷ | ۰.۹۹ |
| زنجان | ۰.۹۲ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۱ | ۰.۹۳ | ۰.۹۲ | ۰.۹۳ | ۰.۸۲ | ۰.۸۲ | ۰.۸۲ | ۰.۸۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |
| سمنان | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۴ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۵ | ۰.۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ |
| کرمانشاه | ۰.۸۸ | ۰.۹ | ۰.۸۵ | ۰.۸۵ | ۰.۸۸ | ۰.۹۳ | ۰.۹۷ | ۰.۷۲ | ۰.۷۸ | ۰.۸۳ | ۰.۸۵ | ۰.۹ | ۰.۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ |
| کردستان | ۰.۹۱ | ۰.۹ | ۰.۸۸ | ۰.۹۱ | ۰.۹ | ۰.۹۳ | ۰.۹۳ | ۰.۸۷ | ۰.۸۷ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۹ | ۰.۹ | ۰.۹۱ | ۰.۹۱ |
| ایلام | ۰.۹ | ۰.۸۲ | ۰.۷۶ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۷۹ | ۰.۷۳ | ۰.۷۲ | ۰.۷۶ | ۰.۸۲ | ۰.۸۲ | ۰.۹ | ۰.۹ |
| فارس | ۰.۹۷ | ۰.۹۶ | ۰.۸۸ | ۰.۸۹ | ۰.۹ | ۰.۹۵ | ۰.۹۷ | ۰.۸۹ | ۰.۸۷ | ۰.۸۹ | ۰.۸۸ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ |
| پوشهر | ۰.۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۹ | ۰.۹۵ | ۰.۹ | ۰.۹ | ۰.۷۷ | ۰.۷۸ | ۰.۸۳ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۸۸ | ۰.۹ | ۰.۹ |
| شمال کرمان | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۱ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ |
| جنوب کرمان | ۰.۹۲ | ۰.۹۱ | ۰.۹۲ | ۰.۸۸ | ۰.۹۴ | ۰.۸۹ | ۰.۹۳ | ۰.۸۸ | ۰.۸۶ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۱ | ۰.۹۱ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |
| هرمزگان | ۰.۹۷ | ۰.۹۱ | ۰.۸۷ | ۰.۸۲ | ۰.۸۸ | ۰.۹ | ۰.۹۷ | ۰.۸۵ | ۰.۸۵ | ۰.۸۷ | ۰.۹ | ۰.۹۱ | ۰.۹۱ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ |
| یزد | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۳ | ۰.۸۸ | ۰.۹۴ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹ | ۰.۸۸ | ۰.۸۶ | ۰.۹۳ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ |
| میانگین گروه 1 | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۸۶ | ۰.۸۷ | ۰.۸۸ | ۰.۹ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ | ۰.۹۲ |

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (6)- میانگین نسبت شکاف تکنولوژیکی با فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل

پنجره‌ای برای گروه 2

| نام شرکت (گروه 2) | TGRW1 | TGRW2 | TGRW3 | TGRW4 | TGRW5 | TGRW6 | TGRW c 1 | TGRW c 2 | TGRW c 3 | TGRW c 4 | TGRW c 5 | TGRW c 6 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| شهرستان تبریز | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شهرستان اصفهان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| غرب استان تهران | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| قم | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۳ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۱ | ۱ |
| شهرستان مشهد | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شهرستان اهواز | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| قزوین | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ | ۱ |
| شهرستان شیراز | ۰.۹۸ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۸ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۰.۹۸ | ۰.۹۷ | ۱ | ۱ |
| گیلان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| مازندران | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۷ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| غرب مازندران | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۵ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| گلستان | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۳ | ۰.۹۷ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| میانگین گروه 2 | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ | ۰.۹۹ | ۱ | ۱ |
| میانگین کل | ۰.۹۵ | ۰.۹۶ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ | ۰.۹۷ | ۰.۹۸ | ۰.۹۲ | ۰.۹۳ | ۰.۹۴ | ۰.۹۵ | ۰.۹۶ | ۰.۹۷ |

مأخذ: محاسبات محقق

TGRW بیانگر میانگین نسبت شکاف تکنولوژیکی با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس در تحلیل پنجره‌ای است که از تقسیم میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر با توجه به فرامرز بر میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر با توجه به مرز گروه در پنجره‌های یکسان به دست آورده می‌شود. TGRWC بیانگر میانگین نسبت شکاف تکنولوژیکی با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در تحلیل پنجره‌ای است که از تقسیم میانگین کارایی تحت فرض بازدهی ثابت با توجه به فرامرز بر میانگین کارایی تحت فرض بازدهی ثابت با توجه به مرز گروهی در پنجره‌های یکسان به دست آورده می‌شود. پسوند

اعداد نیز بیانگر شماره پنجره است. گفتیم که هر چه قدر TGR یا به عبارتی نسبت شکاف تکنولوژی بالاتر باشد بدان معنی است که شکاف کمتری بین عملکرد بنگاه‌ها در گروه و عملکرد آن‌ها در کل کشور یا در افق بلندمدت دستیابی به تکنولوژی برتر یا فرامرز وجود دارد. شرکت‌هایی که دارای نسبت شکاف تکنولوژی بالاتری هستند به طور بالقوه دارای فاصله کمتری از عملکرد برتر بنگاه‌های موجود هستند ولی در صورتی که نسبت شکاف تکنولوژی پایین باشد به معنی عملکرد متفاوت بنگاه‌ها با توجه به مرز گروهی و فرامرز است که معمولاً عملکرد بنگاه در گروه بهتر از عملکرد بنگاه با توجه به فرامرز است اما در صورتی که نسبت شکاف تکنولوژی 1 باشد این تفاوت عملکرد با توجه به مرز گروهی و فرامرز وجود ندارد. کم‌ترین نسبت شکاف تکنولوژی در پنجره 1، TGR_w متعلق به کرمانشاه است که بیانگر بیش‌ترین شکاف بین عملکرد در گروه و عملکرد بالقوه برتر است. نسبت شکاف تکنولوژی این شرکت توزیع در پنجره 1 برابر 0.74 است ولی روندی صعودی دارد. یعنی در پنجره 1 تا 26 درصد از تکنولوژی بالقوه برتر فاصله دارد. شرکت توزیع برق مرکزی با داشتن نسبت شکاف تکنولوژی نسبتاً کم تحت فرض بازدهی متغیر در پنجره 1 از مقدار 0.78 با داشتن روند صعودی به 0.98 در پنجره 6 رسیده است و تحت فرض بازدهی ثابت در پنجره 1 از مقدار 0.78 با داشتن روند صعودی به 0.97 در پنجره 6 رسیده است. یعنی شکاف تکنولوژی در طول زمان به شدت کاهش یافته است و به مرز بالقوه برتر نزدیک‌تر شده است. میانگین نسبت شکاف تکنولوژی در گروه 2 در کل پنجره‌ها تحت هر دو فرض بازدهی ثابت و متغیر (بامقدار نزدیک به 1) بسیار بیشتر از میانگین نسبت شکاف تکنولوژی در گروه 1 (بامقدار نسبت شکاف تکنولوژی 0.93 تحت فرض بازدهی متغیر و مقدار 0.89 تحت فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس) است. نتایج نشان می‌دهد تکنولوژی شرکت‌های دارای چگالی مدار بالاتر شکاف کم‌تری نسبت به تکنولوژی بالقوه برتر دارد و تنها می‌توانند با تکنولوژی موجود کشور در همین حد با نهاده‌های موجود ستانده ارایه دهند.

9-1- رگرسیون توبیت و وارد کردن متغیرهای محیطی در رگرسیون کارایی

در صورتی که متغیر وابسته، میانگین کارایی پنجره‌ها در همه سال‌ها را بر متغیرهای محیطی به عنوان متغیرهای توضیحی برازش کنیم، می‌توانیم اثر متغیرهای محیطی را بر متغیر وابسته کارایی بررسی کنیم و قبلاً بیان کردیم که از روش رگرسیون توبیت سانسور شده استفاده می‌کنیم. از آن‌جا که تعداد شرکت‌ها زیاد و تعداد سال‌ها کم است و تعداد مشاهدات نیز نسبتاً اندک است لذا رگرسیون توبیت پانل اثرات تصادفی که کارایی بیشتری دارد استفاده می‌شود. زیرا آن‌طور که گرین بحث می‌کند وجود اثرات فردی، مسأله پارامتر اضافی را به وجود می‌آورد طوری که در صورت کم بودن تعداد سال‌های پانل (T)، تخمین‌های اثرات فردی (α_i) ممکن است ناسازگار باشد. هم‌چنین آزمون چی‌باردو در پایین جداول (7) و (8) نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر صفر بودن واریانس اثرات فردی یعنی برتری برازش مدل تلفیقی در هر سطح معنی‌داری رد می‌شود. لذا در این مقاله، رگرسیون توبیت پانل اثرات تصادفی برای بررسی اثرات متغیرهای ساختاری بر کارایی گروه و فرامرز پنجره‌ای تخمین زده می‌شود.

طبق جدول (7)، اگر میانگین کارایی به دست آمده با توجه به مرز گروهی را که از تحلیل پنجره‌ای به دست آمده است بر متغیرهای محیطی نسبت طول شبکه زیرزمینی به کل طول شبکه (UGR)، متغیر نسبت مشتریان خانگی به کل مشتریان (CONSSRESSHARE)، متغیر تراکم مشتری به صورت نسبت تعداد مشتریان به مساحت حوزه تحت پوشش (CD1)، متغیر چگالی مدار (CD2) بیانگر نسبت تعداد مشتریان به طول شبکه، متغیر ضریب بار شبکه (LF1)، متغیر ضریب بار ظرفیت ترانسفورماتور (LF2) و متغیر موهومی خصوصی‌سازی (DUMPRIVATE) برازش کنیم، در می‌یابیم که متغیرهای چگالی مدار، ضریب بار شبکه و نسبت مشتریان خانگی به کل مشتریان در سطح بالایی معنی‌دار هستند و بقیه متغیرها بی‌معنی هستند. متغیر چگالی مدار دارای اثر نهایی 1.97 درصد می‌باشد یعنی هر درصد افزایش در چگالی مدار باعث می‌شود

1.97 درصد کارایی گروه یا کوتاه‌مدت افزایش پیدا کند که دارای علامت مورد انتظار است زیرا انتظار بر این است با افزایش تعداد مشتریان در واحد طول شبکه، هزینه‌ها و نهاده‌های مورد استفاده برای ارائه ستانده خاصی کاهش یابد. متغیر ضریب بار شبکه نیز دارای علامت منفی و معنی‌دار بوده است طوری که هر درصد افزایش در ضریب بار شبکه باعث می‌شود که کارایی حدود 0.14 کاهش یابد. متغیر نسبت مشتریان خانگی به کل مشتریان دارای علامت خلاف انتظار مثبت بوده است زیرا با افزایش سهم مشتریان خانگی انتظار بر این است که میزان استفاده از نهاده‌ها برای ارائه سطح مشخصی ستانده افزایش یابد و هر درصد افزایش نسبت مشتریان خانگی به کل مشتریان در کوتاه‌مدت باعث می‌شود کارایی 0.09 درصد افزایش یابد. متغیر موهومی خصوصی سازی نیز دارای علامت منفی اما نزدیک به صفر و بی‌معنی بوده است یعنی در کوتاه‌مدت خصوصی‌سازی اثری بر کارایی نداشته است.

طبق جدول (8)، در صورتی که میانگین سالانه کارایی به دست آمده برای هر شرکت در تحلیل پنجره‌ای با توجه به فرامرز، متغیر وابسته باشد تا آن را بر متغیرهای محیطی به عنوان متغیرهای توضیحی برازش کنیم، می‌توانیم دریابیم که به غیر از متغیرهای تراکم مشتری و چگالی مدار بقیه متغیرها در سطح بالایی معنی‌دار بوده‌اند اما متغیر نسبت طول شبکه زیرزمینی به کل طول شبکه در سطح اطمینان پایین تری معنی‌دار است. هر درصد افزایش ضریب بار شبکه باعث کاهش در کارایی فرامرزی یا بلندمدت به اندازه 0.31 درصد می‌شود و هر درصد افزایش ضریب بار ظرفیت ترانسفورماتور باعث افزایش کارایی بلندمدت به اندازه 0.08 درصد می‌شود. هر درصد افزایش متغیر نسبت طول شبکه زیرزمینی به کل طول شبکه برخلاف انتظار باعث، افزایش کارایی بلندمدت فرامرزی به اندازه 0.59 درصد می‌شود. افزایش سهم مشتریان خانگی از کل مشتریان برخلاف انتظار باعث افزایش کارایی در بلندمدت شده است که در سطح بالایی نیز معنی‌دار است. خصوصی‌سازی نیز دارای اثر مثبت و معنی‌داری بر کارایی در بلندمدت است و باعث افزایش کارایی بلندمدت در حدود 2.6 درصد می‌شود.

جدول (7) - عوامل مؤثر بر کارایی با فرض بازدهی متغیرنسبت به مقیاس با توجه به مرز گروهی پنجره‌ای

| متغیر | ضریب | اثرات نهایی متغیرها | آماره Z | احتمال |
|----------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|
| cd1 | -۰,۰۰۰۵۹۶ | -۰,۰۰۰۲۹۸۱۵ | -۱,۲۱ | ۰,۲۲۸ |
| cd2 | ۳,۹۴۰۲۵۱ | ۱,۹۷۰۱۲۵۵ | ۲,۲۵ | ۰,۰۲۵ |
| lf1 | -۰,۲۸۹۴۱۶ | -۰,۱۴۴۷۰۸۱ | -۲,۲۸ | ۰,۰۱۳ |
| lf2 | -۰,۰۰۴۳۲۷ | -۰,۰۰۲۱۶۳۵۵ | -۰,۰۹ | ۰,۹۲۷ |
| ugr | -۰,۲۶۹۳۷۵ | -۰,۱۳۶۶۸۷۳ | -۰,۵۷ | ۰,۵۶۶ |
| consresshare | ۰,۱۸۰۳۵۳۲ | ۰,۰۹۰۱۷۶۶ | ۲,۱ | ۰,۰۳۶ |
| dumprivate | -۰,۰۰۱۲۶۴ | -۰,۰۰۰۶۳۱۷۵ | -۰,۱۴ | ۰,۸۸۸ |
| _cons | ۰,۹۰۹۶۹۲۹ | ۰,۴۵۴۸۴۶۴۵ | ۲۰ | ۰ |
| rho | ۰,۶۵۵۲۱۵۳ | ۰,۳۲۷۶۰۷۶۵ | | ۰,۵۱۷۵۵۳۷ |
| Likelihood-ratio test sigma_u=0: | | | chibar2(01)=۱۴۶,۹ | |

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (8) - عوامل مؤثر بر کارایی با فرض بازدهی متغیرنسبت به مقیاس با توجه به فرامرز پنجره‌ای

| متغیر | ضریب | اثرات نهایی متغیرها | آماره Z | احتمال |
|----------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|
| cd1 | -۰,۰۰۰۱۵۶ | -۰,۰۰۰۱۰۲۹۶ | -۰,۲۵ | ۰,۸۰۳ |
| cd2 | ۰,۹۷۵۰۸۴ | ۰,۶۳۵۵۵۳۴ | ۰,۵۵ | ۰,۵۸۶ |
| lf1 | -۰,۴۸۱۴۹۱ | -۰,۳۱۷۷۸۴۱۲۶ | -۳,۶۴ | ۰ |
| lf2 | ۰,۱۳۰۴۱۶۷ | ۰,۰۸۶۰۷۵۰۲۲ | ۲,۵ | ۰,۰۱۲ |
| ugr | ۰,۹۰۵۰۸۳۷ | ۰,۵۹۷۳۵۵۲۴۲ | ۱,۵۷ | ۰,۱۱۷ |
| consresshare | ۰,۳۵۶۷۰۹۲ | ۰,۲۳۵۴۲۸۰۷۲ | ۳,۴۸ | ۰ |
| dumprivate | ۰,۰۲۶۷۲۶۷ | ۰,۰۱۷۶۳۹۶۲۲ | ۲,۶۹ | ۰,۰۰۷ |
| _cons | ۰,۷۱۱۶۶۶۹ | ۰,۴۶۹۶۸۶۹۵۴ | ۱۳,۹۹ | ۰ |
| rho | ۰,۷۲۴۲۵۵۴ | ۰,۴۷۸۰۰۸۵۶۴ | | ۰,۶۰۳۱۶۴۲ |
| Likelihood-ratio test sigma_u=0: | | | chibar2(01)=۱۹۳,۷ | |

مأخذ: محاسبات محقق

۱۰- خلاصه و نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی

استفاده روزافزون از تحلیل معیارسنجی در صنعت برق نگرانی‌های جدی در بین تنظیم‌کنندگان مقررات و شرکت‌ها در رابطه با قابلیت اطمینان تخمین‌های کارایی ایجاد کرده است. در حقیقت، شواهد تجربی بیان می‌کنند که تخمین‌ها به رویکرد معیارسنجی به کار گرفته شده حساس هستند. این بدان معنی است که انتخاب رویکرد دارای اثرات مهمی بر موقعیت مالی شرکت‌ها است. پس بایستی رویکردهای مناسبی اعم از پارامتریک و ناپارامتریک برای بررسی روند عملکرد بنگاه‌ها و عوامل مؤثر بر آن استفاده شود. در این مقاله به بحث مهم تجدید ساختار بخش توزیع در جهت افزایش کارایی که از مباحث مهم در جهت اجرای سیاست‌های اصل 44 قانون اساسی است، پرداخته شده است. بخش توزیع در طول سالیان درازی به عنوان بخشی مهم، توجه اندکی به آن می‌شد. اما با مستقل شدن شرکت‌های توزیع و سپس خصوصی کردن آن‌ها گام اساسی در تغییر ساختار صنعت برق از یک ساختار یکپارچه عمودی به ساختاری جداسازی شده برداشته شد. در این مقاله با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای به بررسی روند کارایی فنی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس و نسبت شکاف تکنولوژی در طول زمان پرداخته‌ایم. سپس به بررسی اثر تغییر ساختار شبکه، ساختار مصرف‌کننده و ساختار مالکیت بر متغیر وابسته میانگین زمانی کارایی در پنجره‌های مختلف پرداخته‌ایم که این کار از طریق لحاظ متغیرهای مربوطه در مرحله دوم یعنی تخمین رگرسیون توییت انجام می‌شود.

نتایج تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای نشان می‌دهد که در کل برای گروه 1، میانگین کارایی تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز (در بلندمدت) روندی صعودی دارد. برای شرکت‌های توزیع گروه 2، میانگین کارایی تحت فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس با توجه به فرامرز نسبتاً بالا اما دارای روند نزولی بوده است ولی با این وجود، میانگین کارایی فرامرز یا بلندمدت در گروه 2 در همه پنجره‌ها تحت هر دو فرض بازدهی متغیر و ثابت نسبت به مقیاس بالاتر از گروه 1 بوده است.

برای گروه 2، شرکت‌های توزیع برق شهرستان شیراز، گلستان و مازندران دارای عملکرد نامناسبی هم با توجه به فرامرز و هم با توجه به مرز گروهی بوده‌اند. پس پیشنهاد می‌شود شرکت‌های مذکور با مشاهده عملکرد بنگاه‌های مرجع و دارای کارایی بالا در گروه و در بلندمدت صنعت، از میزان استفاده از نهاده‌های خود برای ارایه سطح مشخص شده ستانده بکاهند.

تکنولوژی شرکت‌های دارای چگالی مدار بالاتر شکاف کمتری نسبت به تکنولوژی بالقوه برتر یا تکنولوژی فرامرز دارد.

تخمین اثرات متغیرهای ساختاری و محیطی بر کارایی گروه و فرامرز نشان می‌دهد که هرچند متغیر چگالی مدار در کوتاه‌مدت دارای اثر معنی‌دار و مثبت بر کارایی است اما در بلندمدت اثر معنی‌داری ندارد. پس افزایش تعداد مشتریان بر طول شبکه تا حد مشخصی باعث افزایش کارایی می‌شود، افزایش ضریب بار شبکه دارای اثر منفی و معنی‌دار بر کارایی گروه و فرامرز یعنی به ترتیب در کوتاه‌مدت و بلندمدت است. افزایش ضریب بار ظرفیت ترانسفورماتور تنها در بلندمدت دارای اثر مثبت و معنی‌داری بر کارایی است پس افزایش ظرفیت ترانسفورماتور نسبت به تقاضای برق در بلندمدت باعث افزایش کارایی می‌شود هرچند در کوتاه‌مدت اثری ندارد. افزایش سهم مشتریان خانگی از کل مشتریان بر خلاف انتظار در کوتاه‌مدت و بلندمدت اثر مثبتی بر کارایی دارد. هم‌چنین طبق تخمین، افزایش نسبت طول شبکه زیرزمینی به کل طول شبکه در بلندمدت اثر مثبتی بر کارایی دارد اما در سطح پایینی معنی‌دار است. اثر خصوصی‌سازی نیز در کوتاه‌مدت معنی‌دار نبوده است یعنی بر کارایی گروه‌ها اثر نداشته است اما در بلندمدت دارای اثری مثبت و معنی‌دار بر کارایی است به عبارتی خصوصی‌سازی در بلندمدت به نفع شرکت‌های توزیع برق خواهد بود.

منابع

- 1-Al-Eraqi A.S., Mustafa A. and Tajudin Khader A. (2010), “An Extended DEA Windows Analysis: Middle East and East African Seaports”, *Journal of Economic Studies*, 37(2), pp. 115-139.
- 2-Bagdadioglu, N., Waddam, Price C.M. and Weyman-Jones T.G. (1996), “Efficiency and Ownership in Electricity Distribution: A Nonparametric Model of the Turkish Experience”, *Energy Economics*, 18, PP. 1–23.
- 3-Coelli T. (1996), “A Guide to DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis Computer Program”, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Working Paper, No. 8.
- 4-Cullinane K., Song D. and Wang T. (2004), “An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency”, *Review of Network Economics*, 3(2), pp. 137-149.
- 5-Cullmann A., Hirschhausen CH. (2008), “Efficiency Analysis of East European Electricity Distribution in Transition: legacy of the past?”, *Journal of Productivity Analysis*, 29, PP. 155–167.
- 6-Emami Meibodi, A. (1996), “Efficiency Consideration of Electricity Supply Industry: The Case of Iran”, Department of Economics, University of Surrey, Working Paper.
- 7-Estache A., Rossi M. and Ruzzier C.H. (2004), “Case to International Coordination of Electricity Regulation: Evidence from the Measurement of Efficiency in South America”, *Journal of Regulatory Economics*, 25(3), PP. 271-295.
- 8-Fallahi M.A, Ahmadi V. (2005), “Cost Efficiency Analysis of Electricity Distribution Companies in Iran”, *Journal of Economic Researches*, 71, PP. 297-320.
- 9-Farrell, M. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistics Society, Series A.*, 120(3), PP. 253-281.
- 10-Farsi M, Fetz, A. and Filippini M. (2007), “Benchmarking and Regulation in the Electricity Distribution Sector”, CEPE Working Paper, No. 54.
- 11-Goto M. and Tsutsui M. (2008), “Technical Efficiency and Impacts of Deregulation: An Analysis of Three Functions in U.S. Electric

- Power Utilities During the Period from 1992 Through 2000”, *Energy Economics*, 30, PP. 15–38.
- 12-Hakimi Pour N. and Hozhabr Kiani K. (2008), “Efficiency Comparative Analysis of Big Industries Sector in Iran Provinces: by using Stochastic Frontier Function”, *Journal of Knowledge and Development*, 16(24), pp. 115-140.
- 13-Hattori T., Tooraj J. and Pollit M.G. (2002), “A Comparison of UK and Japanese Electricity Distribution Performance 1985-1998: Lessons for Incentive Regulation”, Cambridge and Massachusetts Institute of Technology, CMI Working Paper, No. 3.
- 14-Hess B. and Cullmann A. (2007), “Efficiency Analysis of East and West German Electricity Distribution Companies, Do the “Ossis” Really Beat the “Wessis?””, *Utilities Policy*, 15, PP. 206-214.
- 15-Hjalmarsson, L.A. and Veiderpass (1992), “Efficiency and Ownership in Swedish Electricity Retail Distribution”, *The Journal of Productivity Analysis*, 23, pp. 34-48.
- 16-Karimi F., Piraste H. and Zahedi Keivan M. (2008), “Determination of Wheat Production Efficiency Subject to Time and Risk Factors by Using Interval Data Envelopment Analysis and Window Data Envelopment Analysis”, *Journal of Agriculture and Development Analysis*, 16(64), pp. 25-40.
- 17-Kumbhakar, S. and Lovell K. (2000), “Stochastic Frontier Analysis”, Cambridge University Press.
- 18-McDonald, J. (2009), “Using Least Squares and Tobit in Second Stage DEA Efficiency Analyses”, *European Journal of Operational Research*, 197, PP. 792–798.
- 19-Mohammadzadeh, Parviz (2011), “Estimation of Foreign Tourism Demand in Iran (TVP Approach)”, *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, 1(1), pp. 107-135.
- 20-O'Donnell C.J., Rao D.S.P. and Battese G.E. (2008), “Metafrontier Frameworks for the Study of Firm-level Efficiencies and Technology Ratios”, *Empirical Economics*, 34(2), PP. 231–255.
- 21-Olatubi, W. and Dismukes D. (2000), “A Data Envelopment Analysis of the Levels and Determinants of Coal-fired Electric Power Generation Performance”, *Utilities Policy*, 9, PP. 47–59.
- 22-Pe´rez-Reyes R. and Tovar B. (2009), “Measuring Efficiency and

- Productivity Change (PTF) in the Peruvian Electricity Distribution Companies after Reforms”, *Energy Policy*, 37, PP. 2249–2261.
- 23-Ramos-Real F., Tovar, B., Iooty M., Fagundes de Almeida E. and Pinto Jr H.Q. (2009), “The Evolution and Main Determinants of Productivity in Brazilian Electricity Distribution 1998–2005: An empirical analysis”, *Energy Economics*, 31, PP. 298–305.
- 24-Resende M. (2002), “Relative Efficiency Measurement and Prospects Yardstick Competition in Brazilian Electricity Distribution”, *Energy Policy*, 30(8), PP. 637-647.
- 25-Sadjadi, S.J. and Omrani, H. (2008), “Data Envelopment Analysis with Uncertain Data: An Application for Iranian Electricity Distribution Companies”, *Energy Policy*, 36, PP. 4247–4254.
- 26-Shahooth Kh., Battall, A.H., Al-Delaimi Kh. and Al-Ani (2006), “Using Data Envelopment Analysis to Measure Cost Efficiency with Application on Islamic Banks”, *Scientific Journal of Administrative Development*, 4, pp. 45-56.
- 27-Sueyoshi, T., Goto, M. (2009), “Productivity Growth and Deregulation of Japanese Electricity Distribution”, *Energy Policy*, 4, pp. 115-142.
- 28-Yarrow G. (1994), “Privatization, Restructuring and Regulatory Reform in Electricity Supply”, Oxford University Press.