



بهبود تدریجی در واحدهای دو مرحله‌ای مطالعه کاربردی: ۲۴ شرکت بیمه تایوان

الهه ملائیان^۱، فرهاد حسین‌زاده لطفی^{۲*}، عباس طلوعی اشلقی^۳، محسن رستمی مال خلیفه^۴، محمدعلی افشارکاظمی^۵

(^{۱و۳}) گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(^{۲و۴}) گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴

چکیده

در بسیاری از اوقات الگو ارائه شده توسط مدل‌های DEA، از واحد تحت ارزیابی فاصله زیادی دارد، در چنین شرایطی استراتژی بهبود تدریجی مطرح می‌شود. از آنجایی که در مقالات گذشته، به مفهوم فرآیند الگویابی تدریجی در واحدهای شبکه‌ای کمتر پرداخته شده، در این مقاله مجموعه‌ای از واحدهای دو مرحله‌ای با مدل غیرشعاعی DEA (که در آن‌ها تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک نسبت نیست) در نظر گرفته می‌شود. مدل ارائه شده دنباله‌ای از اهداف پی‌درپی تا رسیدن به بهترین حالت را برای واحد تحت ارزیابی نشان می‌دهد. تعداد مراحل برای رسیدن به الگوی نهایی، برای هر واحد دو مرحله‌ای متفاوت است و این امر بستگی به کران‌های تعیین شده بر تغییرات ورودی و خروجی دارد. نقطه الگو میانی در هر گام الگوی قبلی را پوشش می‌دهد. دنباله اهداف تعیین شده، یک دنباله متناهی است و از جایی به بعد دیگر تغییری در روند الگویابی ایجاد نمی‌شود. مزایای این روش به این صورت است: بر خلاف الگویابی تک مرحله‌ای، نقطه الگوی نهایی حتماً قابل دستیابی خواهد بود. همچنین بهبود کارایی در تعداد محدود مرحله تضمین می‌شود. نتایج متد ارائه شده بر روی ۲۴ شرکت بیمه در تایوان نشان می‌دهد که در طی فرآیند الگویابی ورودی‌ها همواره کاهش می‌یابد (یا یکسان باقی می‌مانند) و خروجی‌های نهایی همواره افزایش می‌یابد (یا یکسان باقی می‌مانند) همچنین تعداد مراحل رسیدن به الگوی نهایی برای هر واحد متغیر است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، واحد دو مرحله‌ای، الگویابی، بهبود تدریجی

۱- مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA) یکی از روش‌های ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده^۲ (DMU) است که دارای کاربردهای فراوانی در حوزه‌های مدیریتی و صنایع کاربردی می‌باشد. این روش ابتدا توسط چارلز^۳ و همکارانش ارائه و به مدل *CCR* معروف شد [1] در این روش تغییرات ورودی و خروجی‌ها به صورت شعاعی بررسی می‌شود. سپس بنکر^۴ و همکاران (۱۹۸۴) مدل *CCR* را با در نظر گرفتن مفروضات دیگری به مدل *BCC* گسترش دادند [2]. از آن زمان تا کنون به دلیل استفاده فراوان *DEA* در مسائل کاربردی، مدل‌های متعددی در این زمینه ارائه شده است. مدل‌های شعاعی *DEA* از این فرض پیروی می‌کنند که ورودی‌ها یا خروجی‌ها به صورت متناسب تغییر می‌کنند، اما معمولاً شرایطی وجود دارد که این فرض قابل قبول نمی‌باشد. لذا، با توسعه مطالعات، بسیاری از محققان مدل‌های *DEA* شعاعی را گسترش داده و مدل *DEA* غیر شعاعی را به عنوان معیاری (مبتنی بر متغیرهای کمکی) برای ارزیابی عملکرد واحدها ارائه دادند. این مدل‌ها برای ارزیابی کارایی در هنگامی که ممکن است تغییرات ورودی و خروجی‌ها غیرمتناسب باشد، بسیار کاربرد دارند. مدل جمعی^۵ و مدل مبنی بر متغیرهای کمکی^۶ از معروف‌ترین مدل‌های غیرشعاعی هستند. [3]

در دنیای واقعی اغلب با سازمان‌هایی مواجه هستیم که به صورت شبکه‌ای فعالیت می‌کنند اما مدل‌های کلاسیک *DEA* مثل *CCR*، ساختار درونی واحدهای تحت ارزیابی را در نظر نمی‌گیرند و با آنها همانند "جعبه سیاه" رفتار می‌کنند. یعنی تنها ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی را مدنظر قرار می‌دهند و از عملکرد محصولات میانی چشم پوشی می‌کنند. در حالیکه محصولات میانی در واحدهای تصمیم‌گیرنده نقش مهمی را در کارایی نهایی واحد ایفا می‌کنند و چشم پوشی کردن از تاثیر آنها منجر به ارزیابی نادقیق خواهد بود. لذا برای مقایسه کارایی واحدهایی که ساختاری شبکه‌ای دارند، مدل‌های *DEA* توسعه یافته و تحت عنوان *DEA* شبکه‌ای ارائه شده‌اند. فار و گراسکوف^۷ در سال ۲۰۰۰ یک مدل *DEA* شبکه‌ای برای ارزیابی عملکرد واحدهای شبکه‌ای ارائه دادند [4]. کائو و هوانگ^۸ در سال ۲۰۰۸ با در نظر گرفتن رابطه سری بین دو مرحله سیستم، مدل *DEA* معمولی را اصلاح کردند و بررسی کردند که می‌توان کارایی کل *DMU* را به کارایی دو زیرمجموعه آن تجزیه کرد [5]. روش کائو و هوانگ، در شرایط بازده به مقیاس متغیر، به یک مدل غیرخطی تبدیل شده و خطی کردن آن با روش‌های معمول، امکان‌پذیر نیست. برای رهایی از این مشکل، چن و همکاران در سال ۲۰۰۹، روشی را بر مبنای کارایی جمعی ارائه کرده و مدل خود را در شرایط بازده به مقیاس ثابت و متغیر بیان نمودند [6]. این روش نیز تجزیه اندازه کارایی کلی و مقایسه مراحل اول و دوم را ممکن م‌سازد. تن و سویشی^۹ در سال ۲۰۰۹ به منظور سنجش کارایی کلی واحد شبکه‌ای، مدل *DEA* مبتنی بر متغیرهای کمکی به نام *Network SBM* را ارائه کردند که اندازه‌های واسطه‌ای را در محاسبه کارایی دخیل می‌کند [7]. چن و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۰) مدلی را برای استخراج مرز *DEA* برای فرآیندهای دو مرحله‌ای ارائه دادند [8]. آنها خاطر نشان کردند که در فرایندهای دو مرحله، مرحله دوم ورودی‌ها را

¹ Data Envelopment Analysis² Decision Making Unit³ Charnes⁴ Banker⁵ Additive (ADD) Model⁶ Slack-Based Measure (SBM) model⁷ Fare and Grosskopf⁸ Kao and Hwang⁹ Tone and Tsutsui¹⁰ Chen

کاهش می‌دهد تا کارا باشد در حالی که ورودی‌های آنها خروجی مرحله اول هستند؛ در نتیجه این کاهش منجر به کاهش بهره‌وری مرحله اول می‌شود. لوزانو^{۱۱} در سال ۲۰۱۱، روشی ساده برای محاسبه کارایی فنی، هزینه و کارایی تخصیصی برای واحدهای شبکه‌ای ارائه داد. در این رویکرد، مجموعه تولید امکان تولید^{۱۲} (PPS) از طریق ترکیب PPS زیرواحدها شکل می‌گیرد که هر کدام به نوبه خود با استفاده از داده‌های مشاهده شده به روش معمولی و بدیهی مدل‌سازی می‌شوند [9]. ابراهیم نژاد و همکاران در سال ۲۰۱۴ مدل DEA سه مرحله‌ای را با دو مرحله موازی مستقل که به مرحله نهایی سوم متصل می‌شوند، پیشنهاد کردند و با در نظر گرفتن یک سری اقدامات و محدودیت‌های میانی، کارایی این مدل را محاسبه کردند. آنها در صنعت بانکداری از مدل پیشنهادی استفاده کردند [10]. لوزانو در سال ۲۰۱۵ یک مدل SBM شبکه‌ای را معرفی کرد. مدل ارائه شده با رویکردهای موجود در شبکه SBM تفاوت دارد زیرا علاوه بر ورودی و خروجی سیستم، خارج از مجموعه شبکه‌ای هم ورودی و خروجی (بیرونی) هم به سیستم وارد می‌شود [11]. رویکرد پیشنهادی واحد تحت ارزیابی را بر روی مرز کارایی تصویر می‌کند به طوریکه الگوی واحد تحت ارزیابی کاراست. کائو^{۱۳} در سال ۲۰۱۶ یک مدل رابط‌های شبکه‌ای را با در نظر گرفتن تجزیه کارایی به کارایی اجزا و کارایی کل ارائه داد [12]. کارایی کلی سیستم را می‌توان به یک میانگین وزنی کارایی اجزا، توسط یک فاکتور، تجزیه کرد و کارایی سیستم کمتر از میانگین وزنی آن دسته از اجزا است. ایزدی خواه و همکارانش در سال ۲۰۱۷، مقاله‌ای در خصوص سیستم دو مرحله‌ای ارائه کردند که در آن علاوه بر آنکه بخش دوم دارای ورودی خارج از سیستم است، بخشی از اندازه‌های واسطه‌ای هم می‌توانند از سیستم خارج شوند. در این مقاله چهار مدل خطی برای به دست آوردن کران بالا و پایین کارایی دو زیرمجموعه از سیستم ارائه شده است. [13]

ارزیابی عملکرد و تعیین الگو، ابزاری قدرتمند برای توسعه و بهبود سازمان است و داشتن اطلاعاتی دقیق و هدف-گذاری مناسب برای واحد تصمیم‌گیرنده، به منظور باقی‌ماندن در بازار رقابت جهانی، امری ضروری است. الگویابی، مقایسه سیستماتیک عملکرد یک واحد در برابر سایر واحدها است زیرا دستیابی به یک معیار، یک الزام برای محاسبه یا به دست آوردن کارایی نسبی است. در تعاریف اولیه تحلیل پوششی داده‌ها، مجموعه امکان تولید (PPS) به عنوان مجموعه کلیه ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم تعریف شده است. مجموعه PPS یک مرز کارایی را تشکیل می‌دهد و هنگامی که یک واحد بر روی مرز (PPS) قرار دارد، کارا است و در غیر این صورت ناکارا خواهد بود. مدل‌های DEA واحدهای تصمیم‌گیرنده ناکارا را بر روی مرز کارایی تصویر می‌کنند و نقطه‌ای از مرز که یک واحد ناکارا بر روی آن تصویر می‌شود، نقطه هدف یا الگو^{۱۴} نام دارد. در واقع، مدل‌های DEA با تصویر کردن واحد تحت ارزیابی بر روی مرز کارایی و تعیین فاصله واحد از مرکز کارایی، نمره کارایی نسبی واحد تحت ارزیابی را مشخص می‌کنند. نقاط الگو تولید بیشتر خروجی‌ها از جریان‌های فعلی (بدون مصرف ورودی بیشتر) و یا مصرف کمتر ورودی‌ها از جریان‌های فعلی (بدون تولید خروجی کمتر) را نشان می‌دهند. تاکنون مدل‌های متعددی در زمینه الگویابی و ارزیابی کارایی واحدهای دو مرحله‌ای و... ارائه شده است. یکی از اهداف مهم در توسعه این مدل‌ها، امکان ارزیابی علمی عملکرد سازمان‌ها و الگویابی می‌باشد. نتایج ارزیابی که با استفاده از این روش عاید می‌گردد می‌تواند برای انجام تغییرات در عملیات‌های جاری سازمان‌ها و ایجاد یک استراتژی جدید جهت متوقف کردن و پیشی گرفتن از رقبای مفید واقع شود. الگویابی فرآیندی است که از تحقیق، تجزیه و مقایسه سیستماتیک، جهت شناسایی و

¹¹ Lozano¹² Production possibility set (PPS)¹³ kao¹⁴ Target

یادگیری از عملکردهای برتر سایر ارگان‌ها، استفاده می‌نماید. ماهیت اصلی الگویابی تلاش برای بهتر شدن است. الگویابی به ارایه سطوح عملکردی، به عنوان هدف مورد نظر می‌پردازد. الگویابی چیزی فراتر از مقایسه می‌باشد زیرا آگاهی از شرایط بهتر، رضایت برای تغییر را در بردارد و اقدامات تنها زمانی باید اعمال شوند که سازمان آماده پذیرش تغییر باشد. الگویابی یک ابزار اجرایی جهت پیروی موسسات از قانون و سایر معیارها نمی‌باشد، بالعکس واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌توانند از آن برای توسعه خود، پیشرفت مداوم و ایجاد خدمات در سطح جهانی بهره جویند و لزوماً از الگویابی جهت حل مشکلات موجود استفاده نمی‌کنند. بلکه از آن می‌توان برای پذیرش عملکردهای برتر بهره جست. در این مقاله به یکی از مباحث مهم DEA یعنی معرفی الگوی مناسب برای واحدهای ناکارا، که در اصطلاح الگویابی^{۱۵} نامیده می‌شود، خواهیم پرداخت. دانشی که از طریق الگویابی حاصل می‌شود به واحدها این امکان را می‌دهد تا بدانند چه سطحی از عملکرد قابل دستیابی است و شکاف بین عملکرد فعلی خود را با عملکرد بهینه قابل دستیابی شناسایی کنند. (مطالعات آدلر^{۱۶} و همکاران [14] در سال ۲۰۱۳، زانلا^{۱۷} و همکاران [15] در سال ۲۰۱۳ به عنوان منابعی دیگری از کاربردهای DEA و الگویابی معرفی می‌شوند). کروگر^{۱۸} در سال ۲۰۱۶ روشی دو مرحله‌ای برای یافتن الگوهای واقعی برای تحلیل کارایی غیرپارامتری ارائه داد [16]. با این رویکرد، نیازی به استفاده از ترکیبات خطی واحدهای موجود نیست زیرا که ممکن است در واقعیت قابل دستیابی نباشند و همچنین نیازی به پذیرش متغیرهای کمکی که تاثیری بر کارایی ندارند، نیست. رویگز و سیرونت^{۱۹} ۲۰۱۷ روشی برای هدف‌گذاری و رتبه‌بندی واحدها با DEA ایجاد کردند [17]. روش آنها بهترین مرز مشترک را به عنوان مرز کارایی DEA مشخص می‌کند که توسط DMU های کارآی فنی در یک گروه مرجع مشترک گسترش می‌دهد. این مدل علاوه بر الگویابی، مقیاسی برای کارایی با استفاده از مفهوم وزن مشترک (CSW) ارائه می‌دهد. لوزانو و همکارانش ۲۰۱۹، رویکرد جدیدی برای تعیین هدف با استفاده از DEA ارائه کردند که از روش برنامه‌نویسی توافقی (CP) بهینه‌سازی چند هدفه استفاده می‌کند [18]. این روش نقطه ایده‌آل مربوط به هر DMU را محاسبه می‌کند و یک هدف کارا را تعیین می‌کند که تا آنجا که ممکن است نزدیک به آن نقطه ایده‌آل باشد.

با وجود کاربردی بودن و مفید بودن روش DEA در الگویابی، الگوهای DEA غالباً اهداف غیرواقعی را تعیین می‌کنند، به این معنا که آن‌ها برنامه‌هایی را نشان می‌دهند که خیلی دور از اجرای واقعی هستند. لذا، مدل‌هایی که فاصله DMU ها تا مرز کارایی DEA را به حداقل می‌رسانند، پیشرفت چشمگیری نسبت به مدل‌های کلاسیک DEA داشته‌اند که در آنها فرآیند الگویابی از طریق به حداکثر رساندن متغیرهای کمکی انجام می‌شود. این مدل‌ها رویکرد مناسبی برای مقابله با مشکل الگویابی در DEA ارائه می‌دهند، زیرا آنها به دنبال تعیین الگوهای هستند که به DMU ها اجازه می‌دهد با تلاش کمتری به کارایی دست یابند. (در خصوص مقالات مرتبط با این مبحث می‌توان به ترتیب به منابع [22], [21], [20], [19] به مطالعات رویز^{۲۰} و همکاران در سال ۲۰۱۵، رویز و سیرونت^{۲۱} در سال ۲۰۱۶، اپاریکو^{۲۲} و همکاران در سال ۲۰۱۶، کوک^{۲۳} و همکاران در سال ۲۰۱۷ اشاره کرد).

¹⁵ Benchmarking¹⁶ Adler¹⁷ Zanella¹⁸ Krüger¹⁹ Ruiz and Sirvent²⁰ Ruiz²¹ Ruiz and Sirvent²² Aparicio²³ Cook

همانطور که اشاره شد، بعد از اجرای مدل و مشخص شدن نقطه الگو، ممکن است این نقطه از واحد تحت ارزیابی بسیار فاصله داشته باشد. در چنین حالتی کاهش بسیار زیاد در ورودی‌ها و افزایش بسیار زیاد در خروجی‌ها لازم است، که اجرای آن به صورت یکباره عملاً امکان‌پذیر نخواهد بود و نیاز به بسترسازی مناسب در طول زمان دارد. از آنجایی که مدل‌های *DEA* تنها میزان تغییرات لازم را جهت رسیدن به الگو مشخص می‌کنند و مشکلات اجرایی در تغییرات یکباره و همچنین نقشه رسیدن به الگو را بیان نمی‌کنند، لذا ارائه مدل‌هایی جهت رسیدن به نقطه هدف به صورت تدریجی و مرحله‌ای و همچنین باقی ماندن در مسیر بهبود همواره مورد نیاز است و گام اساسی بعد از ارزیابی واحد تصمیم‌گیرنده رسیدن به الگوی کارا خواهد بود. این روش مانند دستگاه‌های مدرن مثل *GPS+GIS* عمل می‌کند، به این ترتیب که، مانند این دستگاه‌ها، برای پیدا کردن مسیر با استفاده از اطلاعات پردازش شده از هر نقطه شروع اولیه تا مقصد مطلوب نهایی هدایت می‌کنند. این فرآیند در اینجا توسط مجموعه امکان تولید *DEA* انجام می‌شود. بعلاوه در متد پیشنهادی، مدیریت هر واحد اهداف میانی خاصی را مشخص می‌کند که می‌تواند برای نظارت و اندازه‌گیری میزان بهبود و پیشرفت به سمت هدف نهایی، مورد استفاده قرار بگیرد. به این ترتیب عدم پیشرفت می‌تواند خیلی زودتر شناسایی و اصلاح شود. اصل "**کایزن**" در زبان ژاپنی به معنای بهتر شدن پیوسته به همین نکته اشاره دارد که همیشه راه‌هایی وجود دارد که کمک می‌کند تا بتوانید عملکرد و نتایج خود را به صورت مستمر و پیوسته بهبود بخشید. بر اساس این اصل جهش به صورت قدم به قدم خواهد بود در واقع کایزن بر این فلسفه استوار است که برای ایجاد بهبود در سازمان‌ها لازم نیست به دنبال تغییرات انفجاری یا ناگهانی باشیم، بلکه هر نوع بهبود یا اصلاح به شرط آنکه پیوسته و مداوم باشد ارتقای بهره‌وری را در سازمان‌ها به ارمغان خواهد آورد. کایزن روی تغییرات تدریجی در فرایندها تاکید می‌کند و در مقایسه با سایر روش‌های تحول سازمانی از جمله مهندسی مجدد که تغییرات سریع و کلی را مدنظر دارد، بسیار کم هزینه بوده و غالباً منابع (زمان، سرمایه، دارائی‌ها و...) قابل توجهی را مصرف نمی‌کند. برخی از نویسندگان این مشکلات *DEA* را با الگویی نشان داده‌اند و نیاز به رویکردهای جدید برای بهبود برنامه‌ریزی‌ها را بر اساس الگوهای متوالی مطرح کرده‌اند، که در آن تعیین الگو در چند مرحله انجام می‌شود. زو^{۲۴} در سال ۲۰۰۳ اظهار داشت، به احتمال زیاد یک *DMU* ناکارا به دلیل محدودیت‌هایی مانند تخصص مدیریت، منابع موجود و غیره، قادر نیست به فوریت عملکرد خود را بهبود دهد. به همین دلیل الگوهای واسطه‌ای و میانی، که حاصل از الگوبابی‌های محلی هستند، به جای یک الگوی کلی در یک مرحله، می‌توانند مفید باشند. [23]

لوزانو و ویلا^{۲۵} در سال ۲۰۰۵ با در نظر گرفتن این که دستیابی به الگو ممکن است دشوار و در برخی موارد ناممکن باشد، مفهوم توالی الگوها را تعیین کردند [24]. در این مفهوم هر یک از الگوها، در فاصله کوتاه و مناسب با الگوی قبلی قرار خواهد گرفت. روش پیشنهادی با فرض بازده به مقیاس ثابت^{۲۶} (*CRS*) دارای دو ویژگی جالب است: (الف) دنباله الگوها بر روی مرز کارایی به اتمام خواهد رسید و (ب) الگوی نهایی به دست آمده توسط این روش، به طور کلی، از الگوی تعیین شده در یک مرحله به واحد تحت ارزیابی نزدیک‌تر است. پس از آن در سال ۲۰۱۰، آنها مدل خود را به تکنولوژی بازده به مقیاس متغیر^{۲۷} (*VRS*) گسترش دادند [25]. در سناریوی *VRS*، آنها بین واحدهای دارای کارایی فنی و غیره تفاوت قائل شدند. برای واحدهایی که از لحاظ تکنیکی کارا هستند اما از لحاظ

²⁴ Zhu²⁵ Lozano and Villa²⁶ Constant return to scale (*CRS*)²⁷ Variable return to scale (*VRS*)

قیاسی کارا نیستند، رویکرد پیشنهادی دنباله‌ای از اهداف منتهی به مرز کارایی را محاسبه می‌کند. لیم^{۲۸} و همکاران در سال ۲۰۱۱ در مقاله‌ای بیان کردند که برای یک DMU ناکارا دستیابی به نقطه الگو در یک مرحله، احتمالاً غیرممکن است. بدین معنی که، اگر DMU ناکارا از مرز کارایی فاصله داشته باشد، رسیدن به مرز در یک حرکت غیرممکن خواهد بود، اما گزینه جایگزین مناسب‌تر برای دستیابی به پیشرفت‌های تدریجی گام به گام در رسیدن به هدف است [26]. جهانشاهلو و همکارانش در سال ۲۰۱۴ مدل بهبود تدریجی جدیدی را که برای هر دو واحد کارا و ناکارا استفاده می‌شود، پیشنهاد کردند [27]. در این روش با قرار دادن کران‌هایی تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها کنترل می‌شود و الگوهای پی‌درپی به طور مستقیم به سمت الگوی کارای قیاسی هدایت می‌شوند. رومان و همکارانش^{۲۹} در سال ۲۰۱۷، یک مدل دو مرحله‌ای برای یافتن الگوی واقعی برای واحد تحت ارزیابی ارائه کردند، که اهداف واقعی و قابل دستیابی را در کوتاه‌ترین زمان مشخص می‌کند [28]. همچنین، این روش گزینه‌های مختلفی را برای برنامه‌ریزی پیشرفت به سمت اهداف کارا در DEA ارائه می‌دهد، که می‌تواند نشانگر پیشرفت در یک چشم‌انداز بلند مدت باشد. بنابراین این رویکرد یک ابزار پشتیبانی از تصمیم‌گیری را برای طراحی استراتژی‌های بهبود مستمر، بر اساس اهداف عملی، فراهم می‌کند. نصرآبادی در سال ۲۰۱۸، به مقاله رویز و سیوانت اشاره کرد که مدل آنها قادر به تعیین الگو برای همه واحدهای تحت ارزیابی، به طور همزمان، با این ویژگی است که همه آنها در یک مرز مشترک بهترین عملکرد قرار دهد [29]. با این حال، در عمل برای برخی از واحدها رسیدن به الگوی مشخص شده در یک مرحله دشوار است. نصرآبادی این مشکل را بررسی کرد و یک رویکرد الگویابی گام به گام را پیشنهاد کرد که مسیری از اهداف میانی را برای هر واحد ارائه می‌کند. واحدهای کارا و ناکارا به طور جداگانه مطالعه می‌شود و دو مدل مجزا برای هر دسته ارائه می‌شود، اگرچه هر دوی آنها ذاتاً مشابه هستند. آن و همکارانش در ۲۰۱۹ با در نظر گرفتن فاکتورهای واقعی، رویکرد جدیدی را در DEA برای تعیین هدف و انتخاب مسیر الگو توسعه دادند [30]. این روش معیارهایی را برای DMU ناکارا در کوتاه‌مدت تعیین می‌کند و در بلندمدت مسیر الگو واقع بینانه‌ای را انتخاب می‌کند. این روش برای تعیین الگوهای متوالی و شناسایی مسیرهای واقعی برای DMU ناکارا، در بخش حمل و نقل چین اعمال شده است. دهنوخلجی و همکارش در سال ۲۰۱۹ اشاره کردند که یافتن اهداف میانی در بهبود عملکرد واحدها از اهمیت بالایی برخوردار است [31]. در مقاله‌ای به جای یک الگوی یکتا برای هر واحد ناکارا، دنباله‌ای از الگوها را پیدا کردند. در روش آنها، هدف میانی در هر مرحله دارای سه ویژگی است: (I) اهداف میانی و واحد مورد ارزیابی همه از نظر اندازه مشابه هستند. (II) نمرات کارایی از طریق توالی اهداف صعودی است؛ (III) الگو در هر مرحله به بخشی از مرز کارایی نزدیک است. این ویژگی‌ها منجر به یافتن a هدفی می‌شود که در برنامه‌های واقعی قابل دستیابی‌تر است. رشیدی در سال ۲۰۲۰ در مقاله مقایسه‌ای بین روش DEA و AHP، به عنوان دو روش پرکاربرد برای ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان از نظر پایداری، انجام داد [32]. از آنجایی که پایداری تامین‌کنندگان به دلیل محدودیت‌های متعدد نمی‌تواند در یک فرآیند تک مرحله‌ای بهبود یابد، بهبود باید به تدریج انجام شود. بنابراین، با استفاده از روش خودسازمانده، تامین‌کنندگان در یک چارچوب جدید برای بهبود تدریجی پایداری خود به خوشه‌هایی طبقه‌بندی شدند. سپس دو فرآیند بهبود تدریجی بر اساس نتایج DEA و AHP مقایسه شدند.

²⁸ Lim²⁹ Nuria Ramón

از آنجایی که اغلب سازمان‌ها به صورت شبکه‌ای فعالیت می‌کنند و اغلب مقالات DEA شبکه‌ای تنها به ارائه نقطه تصویر در یک مرحله بسنده کرده‌اند و کمتر به موضوع الگویابی تدریجی پرداخته شده است. لذا، در این مقاله راهبردی برای تعیین دنباله‌ای از اهداف اتخاذ شده است که الگوی نهایی بتدریج و در یک فاصله کوتاه و مناسب از الگوی قبلی ارائه می‌گردد. علاوه بر این، تعیین الگوهای میانی می‌تواند به پیشرفت واحد تحت ارزیابی تا رسیدن به هدف نهایی کمک کند. هدف این مقاله بحث در خصوص حالتی است که مجموعه‌ای از DMU دو مرحله‌ای در نظر گرفته شده و الگویابی تدریجی با توجه به کران‌های بالا در تغییرات ورودی و خروجی در نظر گرفته می‌شود. این مطالعه با فرض بازده به مقیاس ثابت (CRS) انجام شده است. شایان ذکر است هر چه کران‌ها بزرگ‌تر باشد، تغییر در ورودی و خروجی DMU ها و تعداد مراحل مورد نیاز برای دستیابی به کارایی بیشتر می‌شود.

ساختار کلی این مقاله به این صورت خواهد بود: در بخش ۲ مروری بر ادبیات DEA، یک مدل غیرشعاعی اندازه‌گیری مبتنی بر متغیرهای کمکی، (NSBM)، بیان شده و همچنین به طور خلاصه مدل TEIP تدریجی تدریجی که توسط لوزانو و ویلا بر پایه مدل جمعی پیشنهاد شده، ارائه می‌گردد. بخش ۳ مدل پیشنهادی را مورد بحث قرار می‌دهد، که بهبود عملکرد DMU دو مرحله‌ای کارا و ناکارا را منجر می‌شود. در ادامه، بخش ۴ مثال‌های کاربردی را برای مدل پیشنهادی نشان می‌دهد و در نهایت بخش ۵ حاوی نتیجه‌گیری از مباحث مطرح شده است.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱: مدل جمعی

در مدل‌های شعاعی لازم است بین مدل‌های ورودی محور و خروجی محور تمایز قائل شویم و انقباض همه ورودی‌ها و انبساط تمامی خروجی‌ها به یک نسبت صورت می‌گیرد. اما در عمل ممکن است با حالاتی مواجه شویم که شرط متناسب بودن تغییرات ورودی و خروجی اعمال نشود. بنابراین، ترکیبی از هر دو حالت ورودی محور و خروجی محور در یک مدل انجام شده که کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها به یک اندازه نیست و مدل غیرشعاعی نامیده می‌شود. انواع مختلفی از مدل‌های غیرشعاعی وجود دارد که از بین آنها مدل جمعی در این مقاله انتخاب شده است. فرض کنیم n واحد تحت ارزیابی موجود باشد و m و s به ترتیب، نشان دهنده تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها باشند. هر واحد DMU_j ($j = 1, \dots, n$)، با صرف بردار ورودی $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})$ بردار خروجی $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj})$ را تولید می‌کند. مجموعه امکان تولید به صورت زیر خواهد بود:

$$T = \{(X, Y); \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq X, \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n\} \quad (1)$$

نامعادلات (1) با اضافه کردن متغیرهای کمکی به معادلات زیر تبدیل می‌شوند:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- &= X \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ &= Y \\ S^-, S^+ &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

به طوریکه $S^- = (s_1^-, \dots, s_m^-) \in R^m$ و $S^+ = (s_1^+, \dots, s_s^+) \in R^s$ ، به ترتیب، متغیرهای کمکی ورودی و خروجی نامیده می‌شوند. مدل جمعی با بازده به مقیاس ثابت به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\begin{aligned} \text{Max } \delta_o &= \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= x_{io}, \quad i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s \\ \lambda_j, s_r^+, s_i^- &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m, \quad r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (3)$$

تعریف ۱: DMU_o در مدل جمعی کارای پاراتو است اگر و فقط اگر $S^{*-} = 0, S^{*+} = 0$ ملاحظه می‌گردد که در مدل جمعی، مقدار کارایی محاسبه نمی‌شود و تنها کارا یا ناکارا بودن واحد تصمیم‌گیرنده مشخص می‌گردد، که این مسئله ضعف مدل جمعی را نشان می‌دهد.

قضیه ۱: واحد تصمیم‌گیرنده بهبود یافته در مدل جمعی که به صورت زیر تعریف می‌شود، پاراتو کارا است.

$$\hat{X}_o = X_o - S^{*-}, \hat{Y}_o = Y_o + S^{*+}$$

اثبات: به مرجع [33] مراجعه شود.

تعریف ۲: بردار Z_2 توسط بردار Z_1 مغلوب می‌شود اگر و تنها اگر $Z_1 \neq Z_2, Z_1 \geq Z_2$. به عبارت دیگر Z_2 توسط بردار Z_1 مغلوب می‌شود اگر $Z_{1j} \geq Z_{2j} (j = 1, \dots, n)$ به طوریکه نامساوی حداقل در یک مولفه به صورت اکید برقرار است. (مرجع [33])

۲-۲: مدل شبکه‌ای تن^{۲۰} و سویی^{۲۱}

با توجه به این واقعیت که در دنیای واقعی اکثر واحدها از ساختار شبکه پیروی می‌کنند، برخی نویسندگان از مدل DEA غیرشعاعی شبکه استفاده کرده‌اند. تن و سویی در سال ۲۰۰۹ یک مدل شبکه‌ای مبنی بر متغیرهای کمکی به نام NSBM ارائه دادند و با توجه به ماهیت ورودی، خروجی یا مدل غیرشعاعی، چند مدل کارایی را تعریف کردند. در اینجا، مدل ورودی محور NSBM ارائه می‌شود.

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده شبکه‌ای DMU_j ($j = 1, \dots, n$) شامل k زیربخش داریم. r_k و m_k به ترتیب نشان‌دهنده تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های بخش k ام هستند. ارتباط از بخش k ام به بخش h ام به صورت (k, h) نشان داده می‌شود و مجموعه تمام لینک‌ها با L نشان داده شده است.

همچنین $\{X_j^k \in R^{m_k}\} (j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, K)$ ورودی‌های DMU_j هستند که به بخش k ام وارد می‌شوند و $\{Y_j^k \in R^{r_k}\} (j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, K)$ نشان‌دهنده خروجی‌های تولید شده توسط بخش k ام از DMU_j هستند. $\{Z_j^{(k,h)} \in R^{t(k,h)}\} (j = 1, \dots, n, (k, h) \in L)$ اندازه‌های واسطه‌ای از بخش k ام به بخش h ام هستند که $t(k, h)$ تعداد لینک‌ها هستند.

³⁰ Kaoru Tone

³¹ Miki Tsutsui

تن و سویی، دو حالت خاص تحت عناوین لینک آزاد^{۳۲} و لینک ثابت^{۳۳} را به صورت زیر تعریف کردند:
۱- لینک آزاد: در آن اندازه‌های واسطه‌ای به طور آزاد تعریف می‌شوند.

$$\sum_{j=1}^n Z_j^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^n Z_j^{(k,h)} \lambda_j^h \quad (4)$$

۲- لینک ثابت: در آن اندازه‌های واسطه‌ای بدون تغییر باقی می‌مانند.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n Z_j^{(k,h)} \lambda_j^k &= z_o^{(k,h)} \quad \forall (k,h) \\ \sum_{j=1}^n Z_j^{(k,h)} \lambda_j &= z_o^{(k,h)} \quad \forall (k,h) \end{aligned} \quad (5)$$

سپس مدل زیر را در ماهیت ورودی، به منظور بررسی کارایی کلی واحد تحت ارزیابی ارائه کردند:

$$\theta_o^* = \min \sum_{k=1}^K w^k \left[1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^{k-}}{x_{io}^k} \right) \right]$$

$$s.t \quad \sum_{j=1}^n x_j^k \lambda_j^k + s^{k-} = x_o^k \quad k = 1, \dots, K \quad (6-1)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j^k \lambda_j^k - s^{k+} = y_o^k \quad k = 1, \dots, K \quad (6-2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^k = 1 \quad \forall k, \lambda_j^k \geq 0, (\forall j, k) \quad (6-3)$$

$$\sum_{j=1}^n z_j^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^n z_j^{(k,h)} \lambda_j^h \quad (6-4)$$

$$s^{k-}, s^{k+} \geq 0 \quad \forall k$$

در مدل فوق داریم: $\sum_{k=1}^K w^k = 1, w^k \geq 0 (\forall k)$ که در آن w^k وزن نسبی بخش k ام است که متناظر با اهمیت آن تعیین شده است. همچنین قابل ذکر است به جای قید (۶-۴)، که متناظر با لینک آزاد یعنی (۴) است، می‌توان عبارت (۵) یعنی لینک ثابت را به کار برد.

تعریف ۳: (کارایی کلی در ماهیت ورودی) کارایی کلی در ماهیت ورودی را با θ_o^* نمایش می‌دهیم. اگر $\theta_o^* = 1$ آنگاه واحد تحت ارزیابی کارای کل در ماهیت ورودی است.

۲-۳: مدل TEIP برای بهبود تدریجی کارایی

لوزانو و ویلا با نظر به آنکه نقطه هدف یا الگوی تعیین شده توسط مدل‌های DEA ممکن است فاصله زیادی داشته باشد و دسترسی به الگوی تعیین شده بسیار سخت و حتی در برخی مواقع ناممکن باشد، مدل زیر را به منظور بهبود تدریجی کارایی واحدهای ناکارا ارائه کردند. در این مدل کران‌هایی بر روی میزان تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها قرار داده می‌شود که می‌تواند بر روی هر یک از مدل‌های DEA انجام بگیرد. این کران‌ها با توجه به نظر مدیر

³² Free link

³³ Fixed link

مشخص می‌شوند. مدل لوزانو و ویلا بر روی مدل غیرشعاعی با فرض بازده به مقیاس متغیر پیاده‌سازی شده است. در مدل TEIP نقاط هدف میانی و پی در پی تعیین می‌شود تا زمانی که نقطه هدف نهایی بر روی مرز کارایی قرار بگیرد.

α_{io}^-	کران تعیین شده برای میزان کاهش ورودی i ام در واحد o
β_{ro}^+	کران تعیین شده برای میزان افزایش خروجی r ام در واحد o

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده داریم که m نشان‌دهنده تعداد ورودی‌ها و s تعداد خروجی‌های هر واحد تصمیم‌گیرنده باشد. اگر t را نشان‌دهنده نقاط هدف میانی در زمان t در نظر بگیریم، آنگاه x_{io}^t و y_{ro}^t به ترتیب ورودی i ام و خروجی r ام برای نقطه هدف زمان t خواهند بود. همچنین کران‌های اعمال شده بر تغییرات ورودی و خروجی به صورت زیر خواهند بود:

$$\begin{aligned} \delta_o^* &= \text{Max} \sum_{i=1}^m \frac{s_{it}^-}{x_{io}} + \sum_{r=1}^s \frac{z_{it}^+}{y_{ro}} \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jt} + s_{it}^- &= x_{io}^{(t-1)} \quad i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jt} - z_{it}^+ &= y_{ro}^{(t-1)} \quad r = 1, \dots, s \\ s_{it}^- &\leq \alpha_{io}^- x_{io}^{(t-1)} \quad i = 1, \dots, m \\ z_{rt}^+ &\leq \beta_{ro}^+ y_{ro}^{(t-1)} \quad r = 1, \dots, s \\ s_{it}^-, z_{rt}^+, \lambda_{jt} &\geq 0 \quad \forall j, i, r \end{aligned} \quad (7)$$

همانطور که از تابع هدف مدل (۷) مشخص است در صورتیکه جواب بهینه مدل برابر صفر باشد، نقطه الگو در زمان $t - 1$ کارای تکنیکی است. در غیر این صورت نقطه هدف زمان $t - 1$ نقطه درونی خواهد بود و نقطه هدف به دست آمده در زمان t آن را مغلوب می‌کند. لذا دنباله به دست آمده از اهداف میانی، کارایی را اکیدا بهبود می‌دهد و به تدریج به مرز نزدیک می‌شود تا اینکه جواب نهایی بر روی مرز قرار می‌گیرد و در این مرحله تابع هدف صفر می‌شود. جواب بهینه مدل (۷) نقطه هدف میانی در زمان t را در مرحله بعد به صورت زیر تعیین می‌کند:

$$x_{io}^t = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jt}^* = x_{io}^{(t-1)} - (s_{it}^-)^* \quad (8)$$

$$y_{ro}^t = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jt}^* = y_{ro}^{(t-1)} + (z_{rt}^+)^*$$

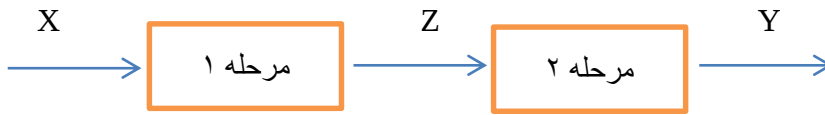
همچنین مقیاس زیر برای نشان دادن بهبود کارایی واحد تحت ارزیابی تا مرحله t به صورت زیر تعیین شده است.

$$\Delta_{ot} = \sum_{t'=1}^t \delta_{ot'}^* = \sum_{t'=1}^t \left[\sum_{i=1}^m \frac{(s_{it'}^-)^*}{x_{io}} + \sum_{r=1}^s \frac{(z_{rt'}^+)^*}{y_{ro}} \right] = \sum_{i=1}^m \frac{x_{io} - x_{io}^t}{x_{io}} + \sum_{r=1}^s \frac{y_{ro}^t - y_{ro}}{y_{ro}} \quad (9)$$

این رابطه نشان می‌دهد کارایی به صورت اکید افزایش می‌یابد.

۳- مدل سازی برای بهبود تدریجی کارایی واحد دو مرحله‌ای

از آنجایی که مشکلات ارزیابی عملکرد واحدهای شبکه‌ای مشکلات مهم و پیچیده‌ای هستند، توجه مطالعات بسیاری را به خود جلب کرده‌اند. در این بخش یک مدل بهبود تدریجی برای واحد دو مرحله‌ای پیشنهاد می‌دهیم. این مدل در هر مرحله، با ارائه الگویی برای واحد تحت ارزیابی منجر به بهبود کارایی کل می‌گردد. همچنین این مدل بر مبنای مدل‌های غیرشعاعی DEA می‌باشد که در آن‌ها تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک نسبت نیست. شکل ۱ را در نظر بگیرید که یک واحد تصمیم‌گیرنده دو مرحله‌ای را نشان می‌دهد. در آن $x_{ij} = (x_{1j}, \dots, x_{mj})$ بردار ورودی اولیه، $y_{rj} = (y_{1j}, \dots, y_{sj})$ خروجی نهایی و $z_{dj} = (z_{1j}, \dots, z_{Dj})$ نشان دهنده اندازه‌های واسطه‌ای است.



شکل ۱ واحد تصمیم‌گیرنده دو مرحله‌ای

مدل زیر دنباله اهداف میانی تا رسیدن به بهترین حالت را برای واحد تحت ارزیابی نشان می‌دهد:

$$\begin{aligned}
 \delta_0 = \max & \quad w^1 \left[\sum_{i=1}^m s_{it}^- \right] + w^2 \left[\sum_{r=1}^s s_{rt}^+ \right] \\
 \text{s.t.} & \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} \lambda_{jt} + s_{it}^- = x_{io}^{(t-1)} & i = 1, \dots, m \\
 & \quad \sum_{i=1}^m y_{rj} \mu_{jt} - s_{rt}^+ = y_{ro}^{(t-1)} & r = 1, \dots, s \\
 & \quad \sum_{j=1}^n z_{dj}^{(1,2)} \lambda_{jt} = \sum_{j=1}^n z_{dj}^{(1,2)} \mu_{jt} & d = 1, \dots, D \\
 & \quad s_{it}^- \leq \alpha_{io}^- x_{io}^{(t-1)} & i = 1, \dots, m \\
 & \quad s_{rt}^+ \leq \beta_{ro}^+ y_{ro}^{(t-1)} & r = 1, \dots, s \\
 & \quad \lambda_{jt}, \mu_{jt}, s_{it}^-, s_{rt}^+ \geq 0 & \forall j, i, r
 \end{aligned} \quad (10)$$

در این مدل $w^1, w^2 \geq 0$ ، $w^1 + w^2 = 1$ هستند که در آن w^1 و w^2 به ترتیب اهمیت نسبی مرحله اول و دوم را در واحد دو مرحله‌ای تحت ارزیابی نشان می‌دهند. چنانچه واحد تحت ارزیابی کارای کلی باشد، تابع هدف مدل (۱۰) برابر صفر خواهد بود. تعداد مراحل که برای رسیدن به آخرین الگوی می‌شود برای هر واحد دو مرحله‌ای متفاوت است که این امر بستگی به کران‌های تعیین شده بر تغییرات ورودی و خروجی دارد. قیود چهارم و پنجم از مدل (۱۰) بیان‌کننده این مفهوم است. قابل ذکر است کران‌های تعیین شده بر تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها با توجه به نظر مدیریت واحد تعیین می‌شود و الزاما برای تمام واحدها یکسان نیست و هر چه کران تعیین شده بزرگ‌تر باشد، تعداد مراحل برای رسیدن به آخرین الگو سریع‌تر است. اگر فرض کنیم جواب بهینه مدل (۱۰)، $(\lambda^*, \mu^*, S^{*-}, S^{*+})$ باشد، آنگاه الگوهای میانی به صورت زیر خواهند بود:

$$\begin{aligned}
 x_{io}^t &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jt}^* = x_{io}^{t-1} - s_{it}^{-*} & i &= 1, \dots, m \\
 y_{ro}^t &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \mu_{jt}^* = y_{ro}^{t-1} + s_{it}^{+*} & r &= 1, \dots, s \\
 z_{do}^t &= \sum_{j=1}^n z_{dj}^{(1,2)} \lambda_{jt}^* = \sum_{j=1}^n z_{dj}^{(1,2)} \mu_{jt}^* & d &= 1, \dots, D
 \end{aligned} \tag{11}$$

فاصله موجود بین دو نقطه الگوی میانی، t و $t-1$ ، را می‌توان با استفاده از رابطه زیر مشخص کرد:

$$\delta_{ot}^* = \sum_{i=1}^m \frac{(s_{it}^-)^*}{x_{io}} + \sum_{r=1}^s \frac{(s_{rt}^+)^*}{y_{ro}} \tag{12}$$

که یک مقیاس برای کارایی در زمان t را نشان می‌دهد. قاعدتا هر چه این فاصله بیشتر باشد نشان دهنده آن است که نمره کارایی الگوی میانی جدید بهتر بوده است زیرا نقطه هدف میانی در مرحله، به طور ضعیف، نقطه هدف قبلی را پوشش می‌دهد. در نهایت، مطابق با مقیاس ارائه شده توسط لوزانو و ویلا، می‌توان بهبود کارایی واحد دو مرحله‌ای تحت ارزیابی را، از ابتدا تا مرحله t ، مشخص کرد.

$$\Delta_{ot} = \sum_{t'=1}^t \delta_{ot'}^* = \sum_{t'=1}^t \left[\sum_{i=1}^m \frac{(s_{it'}^-)^*}{x_{io}} + \sum_{r=1}^s \frac{(s_{rt'}^+)^*}{y_{ro}} \right] \tag{13}$$

قابل ذکر است، دنباله اهداف تعیین شده برای هر واحد تحت ارزیابی، یک دنباله متناهی است و از جایی به بعد دیگر تغییری در روند الگویابی ایجاد نمی‌شود.

در انتهای بخش، به این موضوع اشاره می‌کنیم که روش ارائه شده در این مقاله مزایای زیر را دارد: اولاً در این روش، بر خلاف الگویابی تک مرحله‌ای، نقطه الگوی نهایی حتماً قابل دستیابی توسط واحد تصمیم‌گیرنده است. همچنین در این روش بهبود کارایی در تعداد محدود مرحله تضمین می‌شود. قبل از تکمیل این بخش و ارائه یک مثال کاربردی، الگوریتم الگویابی تدریجی را به شرح زیر توضیح می‌دهیم:

۱- کاهش ورودی α_{io}^- و میزان افزایش خروجی β_{ro}^+ در هر مرحله را برای واحد تحت ارزیابی به صورت β_{ro}^+ و α_{io}^- تعیین کنید.

۲- قرار دهید: $t=1$ ، $x_{io}^0 = x_{io}$ ، $y_{ro}^0 = y_{ro}$

۳- مراحل زیر را تا رسیدن به الگوی نهایی ادامه دهید:

۴- حل مدل ۱۰

۵- اگر جواب بهینه مدل ۱۰ برابر با صفر باشد الگوریتم پایان می‌پذیرد در غیر این صورت گام ۶ اجرا شود.

۶- محاسبه الگوی مرحله t با استفاده از روابط ۱۱

۷- محاسبه میزان کارایی الگوی مرحله t با استفاده از رابطه ۱۳

۸- قرار دهید: $t=t+1$ و به گام ۴ برگردید.

۹- تمام.

۴- نتایج عددی از مدل الگویابی دو مرحله‌ای ارائه شده

در بسیاری از موارد DMU ها ساختار شبکه‌ای دو مرحله‌ای دارند. این ساختارها به گونه‌ای هستند که خروجی مرحله اول ورودی مرحله دوم است. به عنوان مثال در شرکت‌های بیمه در مرحله اول شرکت بیمه با مشتری (بیمه‌گذار) بعد از بستن قرارداد و مصرف هزینه‌های عملیاتی (ورودی‌های مرحله اول) حق بیمه صادره را مستقیم دریافت کرده (خروجی‌های مرحله اول) و در مرحله دوم با استفاده از آنها (که ورودی مرحله دوم نیز هستند) قسمتی از این قرارداد را به بیمه‌گر دیگری به عنوان حق بیمه اتکایی واگذار می‌کنند و در نهایت سود صادره و سود ناشی از سرمایه‌گذاری حق بیمه‌ها یا مشارکت در منافع را دریافت می‌کنند (خروجی‌های مرحله دوم). با توجه به اینکه در ارزیابی عملکرد، چندین معیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، از این رو، تحلیل پوششی داده‌ها ابزار بسیار مناسبی در جهت رسیدن به موارد خواسته شده می‌باشد.

در این بخش به منظور نشان دادن اعتبار مدل ارائه شده، آن را بر روی ۲۴ شعبه بیمه در تایوان آزمایش کرده‌ایم. هر شعبه بیمه به عنوان یک DMU دو مرحله‌ای فرض شده است که از دو بخش تشکیل می‌شود. بخش کسب حق بیمه و تولید سود. زیر بخش اول^{۳۴}، بخش بازاریابی بیمه است به طوریکه در آن به جذب مشتریان برای پرداخت حق بیمه کتبی پرداخته می‌شود و حق بیمه مجدد از سایر شرکت‌های بیمه دریافت می‌شود. مرحله دوم با سرمایه‌گذاری، که در آن حق بیمه‌ها در یک سبد سرمایه‌گذاری برای کسب سود است، مشخص می‌شود. تعاریف مربوط به ورودی، خروجی و محصولات میانی واحدهای تصمیم گیرنده در جدول ۲ آورده شده است. همچنین اهمیت نسبی هر زیربخش در واحد دو مرحله‌ای ۰/۵ فرض شده است. یعنی داریم $w_1 = 0/5$ و $w_2 = 0/5$.

جدول ۲ تعاریف مربوط ورودی، خروجی و محصولات میانی

اول ورودی	x_1	هزینه‌های عملیاتی	حقوق کارمندان و انواع مختلفی از هزینه‌های انجام شده در کار روزانه.
دوم ورودی	x_2	هزینه‌های بیمه	هزینه‌های پرداخت شده به آژانس‌ها، کارگزاران و وکلاء و سایر هزینه‌های مرتبط با بازاریابی خدمات بیمه.
اول خروجی	y_1	سود تضمین شده	سود حاصل از کسب و کار بیمه.
دوم خروجی	y_2	سود سرمایه‌گذاری	سود حاصل از سبد سرمایه‌گذاری
اندازه واسطه‌ای اول	z_1	حق بیمه کتبی مستقیم	حق بیمه دریافت شده از مشتریان بیمه شده.
اندازه واسطه‌ای دوم	z_2	حق بیمه اتکایی	حق بیمه دریافت شده از شرکت‌های واگذاری.

بعد از معرفی و تعریف پارامترهای ورودی، خروجی و اندازه‌های واسطه‌ای جدول ۳ مقادیر مربوط به ۲۴ شعبه بیمه در تایوان را نشان می‌دهد.

با در نظر گرفتن مقادیر $\alpha_1^- = 0/12$ ، $\alpha_2^- = 0/2$ ، $\beta_1^+ = 0/15$ و $\beta_2^+ = 0/12$ به عنوان کران‌هایی برای میزان تغییرات ورودی و خروجی‌ها، جدول ۴ دنباله اهداف تعیین شده برای هر واحد تحت ارزیابی را نشان می‌دهد. همانطور که از مقادیر جدول مشخص است، میزان ورودی‌ها در هر مرحله کاهش می‌یابد و یا ثابت باقی می‌ماند. همچنین مقادیر خروجی در هر مرحله افزایش می‌یابد و یا ثابت باقی می‌ماند. ستون هشتم از جدول ۴ مقیاسی برای نشان دادن بهبود کارایی بین دو الگوی مرحله t و $t-1$ است. و در نهایت ستون آخر جدول ۴ بهبود کارایی کل را در واحد تحت ارزیابی نشان می‌دهد.

³⁴ The first Sub DMU

جدول ۳ مقادیر ورودی، خروجی و اندازه های واسطه ای

DMU	x_1	x_2	z_1	z_2	y_1	y_2
1. Taiwan Fire	1,178,744	673,512	7,451,757	856,735	984,143	681,687
2. Chung Kuo	1,381,822	1,352,755	10,020,274	1,812,894	1,228,502	834,754
3. Tai Ping	1,177,494	592,790	4,776,548	560,244	293,613	658,428
4. China Mariners	601,320	594,259	3,174,851	371,863	248,709	177,331
5. Fubon	6,699,063	3,531,614	37,392,862	1,753,794	7,851,229	3,925,272
6. Zurich	2,627,707	668,363	9,747,908	952,326	1,713,598	415,058
7. Taian	1,942,833	1,443,100	10,685,457	643,412	2,239,593	439,039
8. Ming Tai	3,789,001	1,873,530	17,267,266	1,134,600	3,899,530	622,868
9. Central	1,567,746	950,432	11,473,162	546,337	1,043,778	264,098
10. The First	1,303,249	1,298,470	8,210,389	504,528	1,697,941	554,806
11. Kuo Hua	1,962,448	672,414	7,222,378	643,178	1,486,014	18,259
12. Union	2,592,790	650,952	9,434,406	1,118,489	1,574,191	909,295
13. Shingkong	2,609,941	1,368,802	13,921,464	811,343	3,609,236	223,047
14. South China	1,396,002	988,888	7,396,396	465,509	1,401,200	332,283
15. Cathay Century	2,184,944	651,063	10,422,297	749,893	3,355,197	555,482
16. Allianz President	1,211,716	415,071	5,606,013	402,881	854,054	197,947
17. Newa	1,453,797	1,085,019	7,695,461	342,489	3,144,484	371,984
18. AIU	757,515	547,997	3,631,484	995,620	692,731	163,927
19. North America	159,422	182,338	1,141,950	483,291	519,121	46,857
20. Federal	145,442	53,518	316,829	131,920	355,624	26,537
21. Royal & Sunalliance	84,171	26,224	225,888	40,542	51,950	6491
22. Asia	15,993	10,502	52,063	14,574	82,141	4181
23. AXA	54,693	28,408	245,910	49,864	12370	18,980
24. MitsuiSumitomo	163,297	235,094	476,419	644,816	142,370	16,976

جدول ۴ دنباله الگوهای تعیین شده توسط مدل ارائه شده

DMU	x_1	x_2	z_1	z_2	y_1	y_2	δ_t^*	Δ_t
1.Taiwan Fire	1,178,744	673,512	7,451,757	856,735	984,143	681,687		
Step t=1	884058.00	538809.60	5729268.13	752443.97	1102240.16	761292.91	6270.91	6270.91
2. Chung Kuo	1,381,822	1,352,755	10,020,274	1,812,894	1,228,502	834,754		
Step t=1	1062098.95	1082204.00	7679024.96	1836382.86	1375922.24	959967.10	8629.07	8629.07
t=2	1062098.95	865763.20	7729449.74	1020924.92	1541032.91	1025024.21	4466.08	13095.15
t=3	1062098.95	774819.26	7734906.16	1023690.90	1561188.49	1025024.21	1110.99	14206.05
3.Tai Ping	1,177,494	592,790	4,776,548	560,244	293,613	658,428		
Step t=1	883120.50	474232.00	5349733.76	627473.28	328846.56	737439.36	5271.76	5271.76
t=2	870645.67	474232.00	5360416.59	632888.65	368308.15	737439.36	519.3642	5791.124
4. China Mariners	601,320	594,259	3,174,851	371,863	248,709	177,331		
Step t=1	450990.00	475407.20	2450658.41	546520.21	278554.08	203930.65	3256.26	3256.26
t=2	338242.50	380325.76	2024057.11	743460.65	311980.57	234520.25	2718.45	5974.71
t=3	297907.82	304260.61	2153504.55	522532.49	349418.24	269698.28	1890.15	7864.86
t=4	297907.82	243408.49	2168195.02	281990.46	391348.43	289083.64	1221.67	9086.53
t=5	297907.82	216462.43	2169811.72	282810.01	397320.38	289083.64	329.18	9415.72

5. Fubon	6,699,063	3,531,614	37,392,862	1,753,794	7,851,229	3,925,272		
Step t=1	5024297.25	2825291.20	30517929.27	4321458.78	8793376.48	3944267.93	33422.31	33422.31
6. Zurich	2,627,707	668,363	9,747,908	952,326	1,713,598	415,058		
Step t=1	1970780.25	534690.40	7540245.74	701919.74	1919229.76	477316.70	10584.89	10584.89
t=2	1478085.19	427752.32	5838636.10	516580.00	2149537.33	548914.21	9015.38	19600.27
t=3	1108563.89	427752.32	5563563.99	690141.86	2407481.81	630483.61	7090.35	26690.62
7. Taian	1,942,833	1,443,100	10,685,457	643,412	2,239,593	439,039		
Step t=1	1457124.75	1154480.00	7498031.03	749227.89	2508344.16	504894.85	11089.35	11089.35
t=2	1092843.56	923584.00	5872456.85	554840.32	2809345.46	580629.08	9719.12	20808.47
t=3	819632.67	738867.20	5906737.83	861834.24	3146466.91	667723.44	8821.43	29629.9
t=4	787071.85	624724.89	5717384.36	1010900.91	3524042.94	667723.44	5242.79	34872.69
8. Ming Tai	3,789,001	1,873,530	17,267,266	1,134,600	3,899,530	622,868		
Step t=1	2841750.75	1498824.00	11737039.47	1648014.35	4367473.60	716298.20	18833.30	18833.30
t=2	2131313.06	1199059.20	9437030.72	1144286.10	4891570.43	823742.93	16417.44	35250.74
t=3	1598484.80	959247.36	9618464.11	1040443.70	5478558.88	947304.37	14831.90	50082.64
t=4	1198863.60	927082.15	8418937.09	1590122.53	6135985.95	947304.37	10892.13	60974.77
9. Central	1,567,746	950,432	11,473,162	546,337	1,043,778	264,098		
Step t=1	1175809.50	760345.60	7032786.26	610211.48	1169031.36	303712.70	7468.90	7468.90
t=2	881857.13	608276.48	6440460.55	497718.33	1309315.12	349269.61	6318.62	13787.52
t=3	661392.84	486621.18	4792694.10	418980.67	1466432.94	401660.05	5516.27	19303.79
t=4	507394.90	389296.95	3689657.60	584605.33	1642404.89	454884.61	4805.18	24108.97
10.The First	1,303,249	1,298,470	8,210,389	504,528	1,697,941	554,806		
Step t=1	977436.75	1038776.00	5982056.55	2540277.51	1901693.92	638026.90	8724.80	8724.80
t=2	830765.13	831020.80	6014772.94	1274962.57	2129897.19	733730.94	6783.34	15508.14
t=3	830765.13	664816.64	6040932.29	924590.34	2385484.85	756284.45	4443.45	19951.59
t=4	830765.13	631077.79	6042956.54	925616.47	2392962.27	756284.45	412.16	20363.75
11. Kuo Hua	1,962,448	672,414	7,222,378	643,178	1,486,014	18,259		
Step t=1	1471836.00	603990.11	8029106.92	716736.30	1664335.68	20997.85	7400.96	7400.96
t=2	1340073.53	603990.11	7684357.37	695903.71	1664335.68	24147.53	1349.12	8750.08
t=3	1188546.68	603990.11	7287895.40	671946.23	1664335.68	27769.66	1551.48	10301.56
t=4	1014290.81	603990.11	6831964.13	644395.13	1664335.68	31935.11	1784.21	12085.77
t=5	864367.50	586417.47	6307643.17	612711.37	1664335.68	36725.37	1722.86	13808.63
t=6	781914.13	534887.77	5704674.06	576275.04	1664335.68	42234.18	1394.91	15203.54
t=7	687092.75	475628.63	5011259.59	534373.26	1664335.68	48569.30	1604.15	2999.06
t=8	578048.17	407480.61	4213832.94	486186.21	1664335.68	55854.70	1844.78	4843.84
t=9	452646.90	329110.38	3296792.31	430771.11	1664335.68	64232.90	2121.49	6965.33
t=10	345391.01	263288.31	2512097.25	389404.89	1707832.14	73867.84	2262.09	9227.42
t=11	259043.26	211923.54	1879898.79	364219.67	1801397.75	84948.01	2423.58	11651
t=12	194282.44	175568.56	1405123.83	356155.65	1949650.51	97690.22	2621.10	14272.1
t=13	194282.44	175568.56	1361961.00	381253.86	2148797.39	109374.39	2108.31	16380.41
12. Union	2,592,790	650,952	9,434,406	1,118,489	1,574,191	909,295		
Step t=1	1944592.50	571941.66	9094894.28	681502.24	1763093.92	1045689.25	10525.05	10525.05
13.Shingkong	2,609,941	1,368,802	13,921,464	811,343	3,609,236	223,047		
Step t=1	1957455.75	1095041.60	8206868.45	961803.58	4042344.32	256504.05	13928.11	13928.11
t=2	1468091.81	876033.28	5967695.62	905754.84	4527425.64	294979.66	12319.29	26247.4
t=3	1101068.86	700826.62	4846196.95	941904.87	5070716.72	339226.61	11297.67	37545.07
t=4	825801.64	560661.30	4528610.55	1017980.86	5679202.72	390110.60	10748.02	48293.09
t=5	652534.50	560661.30	4504889.73	1180953.46	6360707.05	390110.60	8547.71	56840.8
14.SouthChina	1,396,002	988,888	7,396,396	465,509	1,401,200	332,283		
Step t=1	1047001.50	791110.40	5109586.71	585667.65	1569344.00	382125.45	7647.64	7647.64
t=2	785251.13	632888.32	4373086.38	376801.40	1757665.28	439444.27	6656.12	14303.76

t=3	588938.34	506310.66	4281890.34	621248.93	1968585.11	505360.91	5997.26	20301.02
t=4	578133.38	450690.27	4201995.83	701646.11	2204815.33	505360.91	3026.55	23327.57
15. Cathay Century	2,184,944	651,063	10,422,297	749,893	3,355,197	555,482		
Step t=1	1638708.00	520850.40	6611327.17	824654.61	3757820.64	638804.30	11623.94	11623.94
t=2	1229031.00	520850.40	6300044.61	913305.42	4208759.12	649092.56	8709.03	20332.97
16. Allianz President	1,211,716	415,071	5,606,013	402,881	854,054	197,947		
Step t=1	908787.00	332056.80	3178502.13	379723.81	956540.48	227639.05	5181.21	5181.21
t=2	681590.25	265645.44	2776906.35	251056.50	1071325.34	261784.91	4425.38	9606.59
t=3	511192.69	212516.35	2642565.82	345661.28	1199884.38	301052.64	3913.53	13520.12
t=4	511192.69	212516.35	2608724.90	366771.38	1243055.60	301052.64	431.71	13951.83
17. Newa	1,453,797	1,085,019	7,695,461	342,489	3,144,484	371,984		
Step t=1	1090347.75	868015.20	5411828.09	663544.98	3521822.08	427781.60	10135.88	10135.88
t=2	817760.81	694412.16	5177302.56	729644.63	3944440.73	491948.84	9329.75	19465.63
t=3	660622.86	555529.73	4789843.81	1004090.08	4417773.62	503786.36	7811.90	27277.53
18. AIU	757,515	547,997	3,631,484	995,620	692,731	163,927		
Step t=1	568136.25	438397.60	2731042.57	332653.08	775858.72	188516.05	4066.94	4066.94
t=2	426102.19	350718.08	2295834.26	209071.37	868961.77	216793.46	3510.94	7577.88
t=3	319576.64	280574.46	2250046.51	261045.34	973237.18	249312.48	3134.63	10712.51
t=4	288176.91	224459.57	2094586.22	348785.15	1090025.64	252251.55	2072.42	12784.93
19. North America	159,422	182,338	1,141,950	483,291	519,121	46,857		
Step t=1	119566.50	145870.40	663712.01	357815.09	581415.52	53885.55	1456.46	1456.46
t=2	100955.34	116696.32	705514.19	309858.08	651185.38	61968.38	1256.37	2712.83
t=3	97495.04	93357.06	705816.93	156362.52	729327.63	71263.64	1142.37	3855.2
t=4	97495.04	83682.71	706397.37	156656.76	731471.72	71263.64	118.18	3973.38
20. Federal	145,442	53,518	316,829	131,920	355,624	26,537		
Step t=1	109081.50	42814.40	350398.57	73990.41	398298.88	30517.55	937.19	937.19
t=2	81811.13	38364.77	396655.18	80416.83	446094.75	35095.18	840.93	1778.12
21. Royal & Sunalliance	84,171	26,224	225,888	40,542	51,950	6491		
Step t=1	63128.25	20979.20	232034.64	21426.68	58184.00	7464.65	334.95	334.95
t=2	47346.19	16783.36	184453.62	17463.04	65166.08	8584.35	280.79	615.74
t=3	35509.64	13426.69	155800.98	16575.96	72986.01	9872.00	243.00	858.74
t=4	26632.23	10741.35	125596.34	15673.07	81744.33	11352.80	218.01	1076.75
t=5	19974.17	10667.54	108620.43	21844.38	91553.65	11751.95	169.40	1246.15
22. Asia	15,993	10,502	52,063	14,574	82,141	4181		
Step t=1	11994.75	8401.60	71368.40	17009.61	91997.92	4808.15	165.82	165.82
t=2	9365.34	8401.60	65307.83	18281.63	103037.67	5244.65	141.05	306.87
23. AXA	54,693	28,408	245,910	49,864	12370	18,980		
Step t=1	41019.75	22726.40	164366.82	17500.75	13854.40	21827.00	236.86	236.86
t=2	30764.81	18181.12	188414.35	20233.92	15516.93	25101.05	197.36	434.22
t=3	25217.17	17975.97	183769.43	22206.88	17378.96	25101.05	76.14	510.36
24. Mitsui Sumitomo	163,297	235,094	476,419	644,816	142,370	16,976		
Step t=1	132689.99	188075.20	429514.12	514798.98	159454.40	19522.40	972.56	972.56
t=2	108500.96	150460.16	398981.14	410633.08	178588.93	22450.76	838.66	1811.22
t=3	89489.45	120368.13	382562.41	327125.94	200019.60	25818.37	739.01	2550.23
t=4	74669.39	96294.50	378600.50	260120.41	224021.95	29691.13	667.68	3217.91
t=5	63259.17	77035.60	385939.96	206287.07	250904.59	34144.80	620.05	3837.96
t=6	55342.56	61628.48	397318.12	150352.54	281013.14	39266.52	585.54	4423.5
t=7	55342.56	49302.79	401361.29	78189.25	314734.71	44318.60	510.99	4934.49
t=8	55342.56	45375.17	401596.94	78308.70	315605.17	44318.60	47.98	4982.47

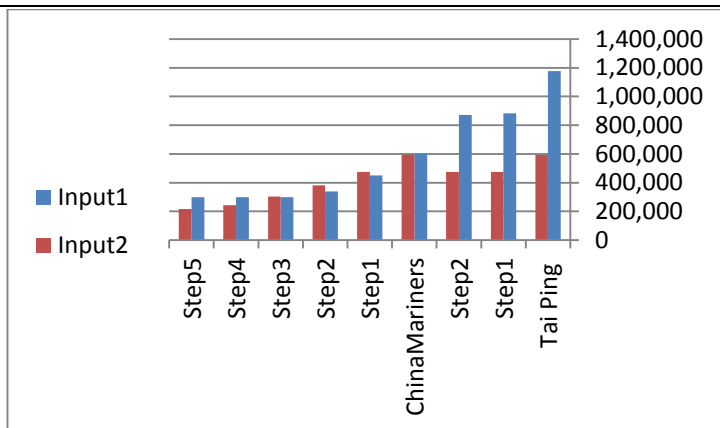
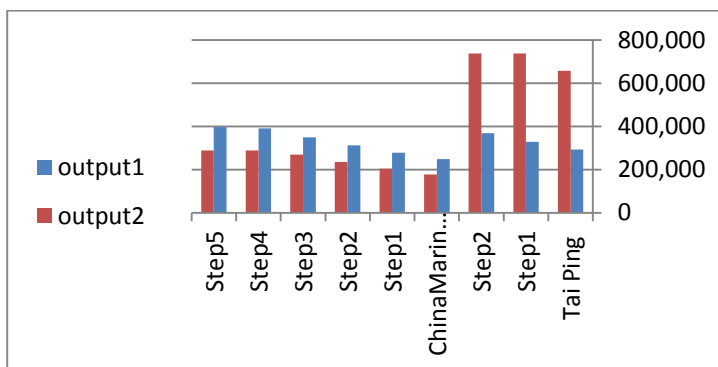
به عنوان مثالی از روند اجرای الگوریتم، DMU_2 یعنی Chung Kuo را در نظر بگیرید. ورودی‌های اولیه و خروجی نهایی این واحد به ترتیب $X = (1381822, 1352755)$ و $Y = (1228502, 834754)$ بودند. فرآیند الگویابی تدریجی برای این واحد تحت ارزیابی، در سه گام به نتیجه رسیده است. در گام اول، اولین الگوی میانی، که با $t=1$ نشان داده شده است، بردار ورودی به $(1062098.95, 1082204.00)$ تبدیل شده است و بردار خروجی با مقداری افزایش به $(1375922.24, 959967.10)$ رسیده است. از آنجایی که مقادیر به دست آمده، واحد تحت ارزیابی را پوشش می‌دهند می‌توانند الگویابی برای آن باشند. در این مرحله، ستون هفتم جدول، مقدار بهبود کارایی (δ_t^*) برابر $۸۶۲۹/۰۷$ است.

در نقطه الگو در گام دوم، همانطور که انتظار داشتیم، مقدار ورودی‌ها کاهش و مقدار خروجی‌ها افزایش یافته است. در آن مقادیر ورودی و خروجی الگو به ترتیب $X = (1062098.95, 865763.20)$ و $Y = (1541032.91, 1025024.21)$ می‌باشد. فاصله بین الگوی تعیین شده در گام اول و دوم برابر $۴۴۶۶/۰۸$ است.

پروژه الگویابی آنقدر ادامه می‌یابد تا جواب بهینه مدل (10) برابر صفر شود یعنی مجموع مقادیر متغیرهای کمکی برابر صفر شود. در نهایت آخرین الگو برای DMU_2 را در گام سوم اجرای مدل می‌بینیم. در این گام مقادیر ورودی $X = (1062098.95, 774819.26)$ و خروجی $Y = (1561188.49, 1025024.21)$ نقطه الگو، بیانگر میزان کاهش در ورودی‌های اولیه و افزایش در خروجی نهایی سیستم تحت ارزیابی است. همچنین، همانطور که واضح است، مقادیر مولفه‌های اول بردار ورودی در گام دوم و سوم بدون تغییر باقی مانده‌اند و مولفه دوم کاهش یافته است.

نتایج نشان می‌دهد که DMU_1, DMU_5 و DMU_{12} بعد از یک مرحله، با طی کوتاه‌ترین فاصله، نقطه الگوی خود رسیده‌اند و برای اینکه DMU_{11} بتواند به نقطه الگو برسد باید سیزده مرتبه الگوریتم اجرا شود یعنی یک دنباله سیزده‌تایی از اهداف میانی را خواهد داشت. این واحد دورترین واحد تحت ارزیابی از نقطه هدف خود بوده است.

در پایان، نمودار ۱ و ۲، به ترتیب، کاهش و افزایش تدریجی در ورودی و خروجی DMU_3 و DMU_4 را نشان می‌دهند. نمودار ۱ داده شده برخی از اطلاعات مربوط به کاهش سطح ورودی دو واحد را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، ابتدا مقدار واقعی ورودی ۱ و ورودی ۲ تعیین می‌شود، سپس در هر مرحله، سطح ورودی به تدریج کاهش می‌یابد. DMU_3 بعد از دو مرحله و DMU_4 بعد از پنج مرحله به مقادیر مطلوب خود می‌رسند. علاوه بر این، همانطور که در نمودار ۲ مشخص است، خروجی‌های دو DMU به تدریج در حال افزایش است و مرحله آخر نشان دهنده هدف نهایی سطح خروجی است.

نمودار ۱- کاهش تدریجی ورودی DMU_4 و DMU_3 نمودار ۲- افزایش تدریجی ورودی DMU_4 و DMU_3

برای نشان دادن مزیت این تحقیق، تعیین هدف در یک مرحله در جدول ۵ آورده شده است. هر سطر از جدول ۵ از دو خط تشکیل شده است که نشان دهنده داده‌های اولیه و مقادیر هدف برای هر DMU است. همانطور که مشخص است، در برخی از خروجی‌ها افزایش چشمگیری وجود دارد که ممکن است برای تصمیم گیرنده منطقی نباشد و یا دستیابی به آن امکان‌پذیر نباشد. علاوه بر این، در ستون‌های ورودی، در برخی از سطوح ورودی‌ها کاهش زیادی وجود دارد. در حالی که در معیار تدریجی روند تعیین هدف، که با تضمین سیستماتیک انجام می‌شود و شب تغییرات ورودی و خروجی منطقی‌تر است.

جدول ۵- الگویابی در یک مرحله

DMU	x_1	x_2	z_1	z_2	y_1	y_2
1. Taiwan Fire	1178744 1178744.00	673512 673512.00	7451757 6574261.72	856735 1405802.31	984143 6321322.37	681687 681687.00
2. Chung Kuo	1381822 1381822.00	1352755 1282484.97	10020274 9984108.87	1812894 2701675.41	1228502 14883490.16	834754 834754.00
3. Tai Ping	1177494 1177494.00	592790 592790.00	4776548 6301206.75	560244 1173093.25	293613 5222222.92	658428 658428.00
4. China Mariners	601320 601320.00	594259 566085.63	3174851 4342422.69	371863 1215574.75	248709 6851140.78	177331 348724.99
5. Fubon	6699063 6699063.00	3531614 3531614.00	37392862 36299271.58	1753794 7179671.93	7851229 30095254.05	3925272 3925272.00
6. Zurich	2627707	668363	9747908	952326	1713598	415058

	1160508.24	668363.00	5711178.98	1598730.82	9010659.25	458645.09
7. Taian	1942833 1942833.00	1443100 1443100.00	10685457 11869185.17	643412 3322542.01	2239593 18726288.14	439039 953173.33
8. Ming Tai	3789001 3253093.02	1873530 1873530.00	17267266 16009361.92	1134600 4481502.04	3899530 25258340.80	622868 1285656.65
9. Central	1567746 1567746.00	950432 950432.00	11473162 8068966.39	546337 2258746.45	1043778 12730595.02	264098 647990.87
10. The First	1303249 1303249.00	1298470 1226885.07	8210389 9411391.65	504528 2634531.66	1697941 14848570.42	554806 755796.41
11 Kuo Hua	1962448 1167542.17	672414 672414.00	7222378 5745794.88	643178 1608420.85	1486014 9065273.56	18259 461424.97
12 Union	2592790 2563321.18	650952 650952.00	9434406 9356387.29	1118489 1127326.43	1574191 6005636.18	909295 909295.00
13 Shingkong	2609941 2376711.46	1368802 1368802.00	13921464 11696448.21	811343 3274187.74	3609236 18453757.03	223047 939301.42
14 SouthChina	1396002 1396002.00	988888 988888.00	7396396 8245849.34	465509 2308261.30	1401200 13009667.34	332283 662195.73
15 Cathay Century	2184944 1467228.98	651063 651063.00	10422297 6454920.94	749893 1456357.91	3355197 8126418.64	555482 555482.00
16 Allianz President	1211716 720706.14	415071 415071.00	5606013 3546792.34	402881 992853.88	854054 5595856.36	197947 284830.66
17 Newa	1453797 1453797.00	1085019 1085019.00	7695461 8910486.74	342489 2494313.31	3144484 14058281.15	371984 715570.46
18 AIU	757515 757515.00	547997 547997.00	3631484 4545666.61	995620 1272468.84	692731 7171803.41	163927 365046.81
19 North America	159422 159422.00	182338 150080.66	1141950 1151263.40	483291 322273.26	519121 1816374.92	46857 92453.99
20 Federal	145442 92925.67	53518 53518.00	316829 457312.68	131920 128015.58	355624 721512.80	26537 36725.20
21 Royal & Sunalliance	84171 45533.89	26224 26224.00	225888 224084.75	40542 62728.06	51950 353543.70	6491 17995.47
22 Asia	15993 15993.00	10502 10502.00	52063 88313.63	14574 24721.64	82141 139334.46	4181 7092.16
23 AXA	54693 49326.07	28408 28408.00	245910 242747.09	49864 67952.21	12370 382987.70	18980 19494.18
24 Mitsui Sumitomo	163297 163297.00	235094 153728.61	476419 1179246.65	644816 330106.62	142370 1860524.74	16976 94701.23

به عنوان مثال، الگوی تعیین شده برای DMU21 را در دو حالت تک مرحله‌ای و تدریجی در نظر بگیرید. مقادیر اصلی ورودی و خروجی به صورت $X = (x_1, x_2) = (84171, 26224)$ و $Y = (y_1, y_2) = (51950, 6491)$ است. الگویابی در روش تک مرحله مقادیر $(x_1, x_2) = (45533.89, 26224)$ و $(y_1, y_2) = (353543.70, 17995.47)$ را تعیین می‌کند در حالیکه در الگویابی تدریجی داریم

$$(x_1, x_2) = (19974.17, 10667.54) \text{ and } (y_1, y_2) = (91553.65, 11751.95).$$

با مقایسه مقادیر یاد شده، مزیت روش تدریجی را مشاهده خواهیم کرد. مقادیر الگوهای به دست آمده برای ورودی‌ها در روش الگویابی تدریجی، کمتر از روش یک مرحله‌ای است. در سطح خروجی‌ها، مقادیر هدف در روش یک مرحله‌ای مقادیر بسیار بزرگی هستند که به دلیل فاصله زیاد آنها از مقادیر اصلی، می‌توانند غیرقابل دسترسی شوند. در واقع، در روش الگویابی تدریجی، هدف نهایی تعیین شده از مقادیر اصلی فاصله منطقی دارد. علاوه بر این، این روش طرحی را برای دستیابی به این الگوها ارائه می‌دهد در حالی که روش یک مرحله‌ای بدون توجه به دسترسی یا عدم دسترسی به آن، هدف را مشخص می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

الگویابی فرآیندی است که از تحقیق، تجزیه و مقایسه سیستماتیک، جهت شناسایی و یادگیری از عملکردهای برتر سایر ارگان‌ها، استفاده می‌نماید. ماهیت اصلی الگویابی تلاش برای بهتر شدن است. الگویابی به ارایه سطوح عملکردی، به عنوان هدف موردنظر می‌پردازد و امری فراتر از مقایسه می‌باشد زیرا آگاهی از شرایط بهتر، رضایت برای تغییر را دربر دارد و اقدامات تنها زمانی باید اعمال شوند که سازمان آماده پذیرش تغییر باشد. اما از آنجایی که الگوی تعیین شده ممکن است از واحد تحت ارزیابی فاصله بسیار زیادی داشته باشد و رسیدن به آن عملاً غیرممکن باشد، مفهوم بهبود تدریجی را در این مقاله مورد مطالعه و بررسی قرار داده شده است. اگرچه که ممکن است این مطالعه، نخستین مطالعه در مورد بهبود تدریجی نباشد اما از آنجایی که در دنیای واقعیت اغلب سازمان‌ها به صورت شبکه فعالیت می‌کنند، تمرکز بر روی واحدهای شبکه‌ای و ارائه الگو برای آنها امری اجتناب‌ناپذیر است زیرا در اغلب مقالات نقطه تصویر برای واحدهای شبکه‌ای در یک زمان محاسبه شده است. لذا، در این مقاله، با نظر به استراتژی کایزن، یک مدل بهبود تدریجی و گام‌به‌گام برای واحد دو مرحله ارائه گردید تا ضمن تضمین بهبود عملکرد، مشکلات رسیدن به نقطه الگو در یک زمان برطرف شود و این برتری مدل را نسبت به الگویابی در یک زمان نشان می‌دهد. در واقع طبق مدل ارائه شده در این مقاله، نقطه الگو در هر مرتبه و زمان، نقطه الگوی زمان قبل را مغلوب می‌کند. تکنولوژی تولید استفاده شده در مدل مذکور بازده به مقیاس ثابت می‌باشد که قابلیت گسترش به تکنولوژی تولید بازده به مقیاس متغیر را نیز دارد. تعداد مراحل لازم برای رسیدن به آخرین نقطه الگو، برای هر واحد، متفاوت از دیگری است و کران‌های تعیین شده بر تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها نیز در تعداد مراحل رسیدن به الگوی نهایی تاثیرگذار است. این کران‌ها توسط مدیر سازمان تعیین می‌شود که در مطالعات بعدی می‌توان مقدار بهینه‌ای برای کران‌ها به دست آورد تا نظرات مدیریت در فرآیند تاثیرگذار نباشد. این مقاله بر روی اطلاعات مربوط به بیمه در تایوان مورد آزمایش قرار گرفته است و نتایج حاصل از آن به خوبی بیانگر اعتبار مدل می‌باشد. در آخر به عنوان پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- از آنجایی که در روش الگویابی تدریجی کران‌های تعیین شده بر روی ورودی‌ها و خروجی‌ها توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود، ارائه روشی که بتواند مقادیر بهینه این کران‌ها را بدون نظر تصمیم‌گیرنده تعیین کند، می‌تواند روش کارسازی باشد.

۲- با توجه به اینکه دستیابی به الگوی مورد نظر نیازمند زمان می‌باشد، و این امر منجر به تغییر در مرز امکان تولید می‌گردد، پیش‌بینی مرز امکان تولید در آینده مورد نیاز می‌باشد.

فهرست منابع

- [1] A.Charnes, W. W., Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision-making", *European Journal Operation Research*. 2, 429-444. 1978.
- [2] R. D.Banker, A. Charnes, and w.w. Cooper, "Some method for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*. 30, 9, 1078-1092. 1984.
- [3] K. Tone, "A Slack-based measure of efficiency in DEA". *European Journal of Operation Research* 130 498-509. 2001
- [4] R. Fare, S.Grosskopf, "Network DEA". *Socio-Economic Planning Sciences* 34 35-49. 2000.
- [5] C. Kao, S.N. Hwang, "Efficiency decomposition in two-stage DEA: An application to non-life insurance companies in Taiwan". *European Journal of Operation Research* 185 (1) 418-429. 2008.
- [6] Y. Chen, WD. Cook , N. Li , J. Zhu, "Additive efficiency decomposition in two-stage DEA". *European Journal of Operational Research*,196:1170–6 , 2009
- [7] K. Tone, M. Tsutsui, "Network DEA: A Slack-based measure approach". *European Journal of Operation Research* 197 (1) 243-252. 2009
- [8] Y. Chen, D. Wade, Cook , Zhu. "Deriving the DEA frontier for two-stage processes" *European Journal of Operational Research* 202 , 138–142. 2010.
- [9] S. Lozano, "Scale and cost efficiency analysis of networks of processes". *Expert Systems with Applications* 38 ,6612–6617, 2011.
- [10] A. Ebrahimnejad , M.Tavana , F . Hosseinzadeh Lotfi, R. Shahverdi . and M .Yousefpour , "A three-stage Data Envelopment Analysis model with application to banking industry" *Measurement* 49 ,308–319, 2014.
- [11] S .Lozano, "Alternative SBM Model for Network DEA" *Computers & Industrial Engineering* . S0360-8352(15)00017-0, 2015.
- [12] Ch .Kao, "Efficiency decomposition and aggregation in network data envelopment analysis" *European Journal of Operational Research*. S0377-2217(16)30339-3. 2016
- [13] M. Izadikhah, M.Tavana, D. Caprio and J. Francisco Santos-Arteaga. " A novel two-stage DEA production model with freely distributed initial inputs and shared intermediate outputs". *Expert Systems With Applications* 0 0 0 1–18, 2017.
- [14] N.Adler, V.Liebert, and E.Yazhemsky. "Benchmarking airports from a managerial perspective", *Omega*, 41(2), 442-458, 2013.
- [15] A.Zanella, A.S.Camanho, and T.G.Dias,. "Benchmarking countries' environmental performance", *Journal of the Operational Research Society*, 64(3), 426-438, 2013.

- [16] J.Krüger, "Direct targeting of efficient DMUs for benchmarking" *International Journal of Production Economics* S0925-5273(18)30098-7, 2016.
- [17] J.L. Ruiz , I.Sirvent, "Common benchmarking and ranking of units with DEA", *Omega*, 65, 1-9. 2017.
- [18] S. Lozano, N. Soltani and A.Dehnokhalaji, " A compromise programming approach for target setting in DEA." *Annals of operation Research* , 288, 363-390. 2019.
- [19] J.L. Ruiz, J.V. Segura, I.Sirvent. "Benchmarking and target setting with expert preferences: An application to the evaluation of educational performance of Spanish universities", *European Journal of Operational Research*, 242(2), 594-605. 2015
- [20] J.L. Ruiz, I.Sirvent, "Common benchmarking and ranking of units with DEA", *Omega*, 65, 1-9. 2016.
- [21] J.Aparicio, J.M.Cordero and J.T.Pastor. "The determination of the least distance to the strongly efficient frontier in Data Envelopment Analysis oriented models". *Modelling and computational aspects*, *Omega* 2016.
- [22] W.D.Cook, J.L.Ruiz, , I.Sirvent, and J. Zhu. "Within-group common benchmarking using DEA". *European Journal of Operational Research*, 256, 901-910. 2017
- [23] J.Zhu, "Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets", Springer International Series. 2003.
- [24] S.Lozano, G. Villa. "Determining a sequence of targets in DEA". *Journal of the Operational Research Society*, 56(12), 1439–1447. 2005
- [25] S.Lozano, G. Villa,. "Gradual technical and scale efficiency improvement in DEA". *Annals of Operations Research*, 173, 123–136. 2010
- [26] S.Lim, H.Bar, and L.H. Lee, "A study on the selection of benchmarking paths in DEA", *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7665-7673. 2011
- [27] G.R. Jahanshahloo, F.Hosseinzadeh Lotfi, M .Rostamy-Malkhalife and A.Haseli. "A New Gradual Efficiency Improvement Model for Environmental Assessment Projects Decision Making Units on the Scale Efficiency Frontier in DEA". *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 4(1)1-8, 2014
- [28] N.Ramon, , j L.Ruiz, I.Sirvent. "Two-step benchmarking: Setting more realistically achievable targets in DEA". *Expert Systems With Applications*, S0957-4174(17)30648-6. 2017
- [29] N.NasrAbadi, "A sequence of targets toward a common best practice frontier in DEA". *Journal of Industrial Engineering International* 15:695–707. 2019

[30] Q. An, X.Tao, B.Dai, " Bounded-change target-setting approach: Selection of a realistic benchmarking path". Journal of the Operation Research Society. 1700185, 2019.

[31] A.DejnoKhalaji, N.Soltani, " Gradual efficiency improvement through a sequence of target." Journal of the Operational Research Society, 70, 2143-2152. 2019.

[32] K.Rashidi, "AHP versus DEA: a comparative analysis for the gradual improvement of unsustainable suppliers", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 27 No. 8, pp. 2283-2321. 2020

[33] غلامرضا جهانشاهلو، فرهاد حسین زاده لطفی، هاشم نیکو مرام. " تحلیل پوششی داده ها و کاربرد های آن ". ۱۳۸۷.

