Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Uncertain Network Data Envelopment Analysis with Parallel Structure and Imprecisely Inputs and Outputs (Case Study: Social Security Organization)

Mansour Momeni
Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Management University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mmomeni@ut.ac.ir

Somayeh Khodaei*
*Corresponding Author, Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: somayeh_khodaei@ut.ac.ir

Mojtaba Bashiri
MSc., Department of Executive Management, University of Payame Nour, Babol, Iran. E-mail: mojtaba.bashiri@alumni.ut.ac.ir

Abstract

Objective: Data Envelopment Analysis (DEA) is an effective method for evaluating the relative efficiency of decision-making units (DMUs). The classical approach considers each organizational unit as a black box and limits evaluation to primary inputs and final outputs and neglects internal processes. This problem with the introduction and use of DEA in network structures for more accurate performance analysis, taking into account its internal processes, has been resolved. In most of the proposed models, the inputs and outputs of DMUs are definite, but in many cases, those data cannot be measured in a precise way. Therefore, this paper seeks to introduce a new model of Network Data Envelopment Analysis with a parallel structure by considering inputs and outputs as uncertain variables. The approach used is to develop the mathematical model from a theoretical point of view, to prove the theoretical properties of the model, the mathematical validity and its application.

Methods: In this paper, the assumptions of uncertainty theory and models of Network Data Envelopment Analysis to evaluate DMUs with parallel structure and imprecise inputs and outputs.

Results: According to the results of the implementation of the proposed model in the Social Security Organization, the efficiency of all DMUs and its sub-system has been evaluated between zero and one.

Conclusion: Due to the multiplicity of the sub-system, none of the 12-provincial social security managing directorates as DMUs were efficient (one efficiency score), but among 313 branches, three branches were efficient. The final results of the implementation of the uncertain model proved the assumptions of the definitive model.

Keywords: Network Data Envelopment Analysis, Uncertainty Theory, Parallel Structure.

Citation: Momeni, Mansour; Khodaei, Somayeh & Bashiri, Mojtaba (2020). Uncertain Network Data Envelopment Analysis with Parallel Structure and Imprecisely Inputs and Outputs (Case Study: Social Security Organization). *Industrial Management Journal*, 12(3), 419-439. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2020, Vol. 12, No.3, pp. 419-439
DOI: 10.22059/imj.2020.300992.1007733
Received: April 14, 2020; Accepted: October 04, 2020
© Faculty of Management, University of Tehran

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین با ساختار موازی و ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق (مطالعه موردی: سازمان تأمین اجتماعی)

منصور مؤمنی
استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: immomeni@ut.ac.ir

سمیّه خدایی*
* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: somayeh_khodaei@ut.ac.ir

مجتبی بشیری
کارشناس ارشد، گروه مدیریت اجرایی (MBA)، دانشگاه پیام نور، واحد بابل، بابل، ایران. رایانامه: mojtaba.bashiri@alumni.ut.ac.ir

چکیده

هدف: تحلیل پوششی داده‌ها یک روش مؤثّر برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده است. روش‌های کلاسیک، هر واحد سازمانی را به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته و ارزیابی را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی، محدود و از فرآیندهای داخلی غفلت می‌ورزد که این مشکل با معرفی و بکارگیری تحلیل پوششی داده‌ها در ساختارهای شبکه‌ای جهت تحلیل دقیق‌تر کارایی با درنظر گرفتن فرآیندهای داخلی آن، مرتفع گردیده است. در اکثر مدل‌های ارائه شده، ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای تصمیم‌گیری، قطعی می‌باشند اما در بسیاری از موارد، این داده‌ها با روش‌های دقیق، قابل اندازه‌گیری نیستند. لذا این مقاله، به دنبال معرفی یک مدل جدید تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین با ساختار موازی با درنظرگرفتن ورودی‌ها و خروجی‌ها به عنوان متغیرهای نایقین، می‌باشد. رویکرد مورد استفاده، توسعه مدل ریاضی از بعد نظری، اثبات خواص نظری مدل، اعتبار ریاضی و کاربردی نمودن آن است.

روش: در این مقاله از مفروضات تئوری نایقینی و مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با ساختار موازی برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده شبکه‌ای با ساختار موازی و ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق، استفاده شده است.

یافته‌ها: با توجه به نتایج اجرای مدل پیشنهادی در سازمان تامین اجتماعی، کارائی تمامی واحدهای تصمیم‌گیرنده و بخش‌های زیر مجموعه آن، بین صفر و یک ارزیابی گردیده است.

نتیجه‌گیری: به دلیل کثرت بخش‌های زیرمجموعه، هیچ کدام از دوازده اداره کل بیمه‌ای تأمین اجتماعی به عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده، کارا (نمره کارایی یک) نبوده است امّا در میان ۳۱۳ شعبه، سه شعبه کارا ارزیابی گردیدند. نتایج نهایی اجرای مدل نایقین، مفروضات مدل قطعی را اثبات نمود.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، تئوری نایقینی، ساختار موازی.

استناد: مؤمنی، منصور؛ خدایی، سمیّه؛ بشیری، مجتبی (۱۳۹۹). تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین با ساختار موازی و ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق (مطالعه موردی: سازمان تأمین اجتماعی). *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۳)، ۴۱۹- ۴۳۹.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۹، دوره ۱۲، شماره ۳، صص. ۴۱۹- ۴۳۹
DOI: 10.22059/imj.2020.300992.1007733
دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

هر سازمانی در راستای مدیریت صحیح، بایستی با استفاده از الگوهای علمی ارزیابی عملکرد، میزان تلاش و نتایج عملیات خود را اندازه‌گیری نماید. در عصر ما، کارایی و اثربخشی بالاترین هدف مدیران و ارزشمندترین مقصد همه سازمان‌ها می‌باشد. از آنجا که سازمان تأمین اجتماعی با پوشش جمعیتی بالغ بر چهل و سه میلیون نفر بیمه شده در کشور، نقش بسیار مهمی در ارائه خدمات بیمه‌ای و درمانی ایفا می نماید لذا ارزیابی واحدهای آن اعم از بیمه‌ای و درمانی جهت مشخص شدن وضعیت کارایی‌شان به عنوان بزرگ‌ترین نهاد بیمه‌گر اجتماعی کشور، بسیار مهم و حیاتی خواهدبود. به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] می‌توان کارایی واحدهای مختلف را ارزیابی نمود. این روش که توسط چارنز، کوپر و رودز (CCR)[2] در سال ۱۹۷۸ توسعه یافته، به دلیل مبنای تئوریکی قوی به یک تکنیک بسیار گسترده برای اندازه‌گیری کارایی تبدیل شده است. برخی از واحدهای تصمیم‌گیرنده در عمل از چند بخش یا مرحله تشکیل شده‌اند که یک شبکه از زیرفرآیندها را ایجاد می‌کنند لیکن روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، سازمان را به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته و محاسبات خود را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی محدود کرده است و از فرآیندهای داخلی غفلت می‌ورزد. اگر فرآیندهای تشکیل‌دهنده یک عملیات مورد توجه قرار نگیرد، این امکان وجود دارد که سیستم به عنوان کارا ارزیابی شود، در حالی که تمام فرآیندهای آن کارا نبوده‌اند (فار و گروسکوف[3]، ۲۰۰۰). به منظور برطرف نمودن این مشکل، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به منظور تحلیل دقیق‌تر کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده ، معرفی گردید (فار و گروسکوف، ۲۰۰۰). مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای سیستم‌های موازی کائو به همین منظور طراحی شده و مورد استقبال قرار گرفته است.

کلید موفقیت روش تحلیل پوششی داده‌ها، اندازه‌گیری دقیق تمام عوامل، از جمله ورودی‌ها و خروجی‌ها است. با این حال، در بسیاری از شرایط، ورودی‌ها و خروجی‌ها ناقص، پیچیده، مبهم و گاهی زبانی هستند به طوری که اندازه‌گیری آن‌ها با یک روش دقیق دشوار است. با وجود ارائه بسیار زیاد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با ورودی ها و خروجی های دقیق، اما در زمینه مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای با ورودی و خروجی های نادقیق مطالعات کمتری صورت پذیرفته است و تمرکز این مطالعات هم بیشتر در حوزه تئوری فازی صورت گرفته است از طرفی ممکن است ، مجموعه‌های فازی در برخی از ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق گزینه مناسبی نباشد همچنین در اغلب موارد تشکیل تابع عضویت در تئوری فازی جهت مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک و شبکه‌ای نیز مشکلاتی را به همراه دارد، لذا این مقاله درصدد ارائه روشی است که در آن با بهره‌مندی از تئوری نایقینی (لیو، ۲۰۰۷)، مشکلات پیشگفت را برطرف نماید. در ابتدا با مروری بر برخی از مفاهیم تئوری نایقینی ، مدل تحلیل پوششی داده‌های نایقین[4] و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موازی کائو، برخی مطالعات انجام شده در این زمینه عنوان شده و سپس با معرفی مدل پیشنهادی و اثبات آن، ارزیابی نتایج مدل یاد شده با بکارگیری آن در ارزیابی عملکرد ادارات کل بیمه

[1]. Data Envelopment Analysis
[2]. Charnes, Cooper & Rhodes
[3]. Färe & Grosskopf
[4]. Uncertain Data Envelopment Analysis

سازمان تامین اجتماعی که به دلیل ساختار شبکه ای موازی و ماهیت نادقیق متغیر نادقیق مطالبات معوق دولت می‌تواند با روش پیشنهادی صورت پذیرد، اجرا خواهدشد در بخش پایانی نتایج اجرای مدل مورد بحث و بررسی قرار خواهدگرفت.

پیشینه پژوهش

برای محاسبه کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده شبکه‌ای با ساختار موازی و ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق، در ابتدا پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص موضوع مورد مطالعه عنوان گردیده و سپس برخی از مفاهیم تئوری نایقینی شرح داده خواهدشد. پس از آن با مروری بر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های نایقین و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موازی با ساختار چندبخشی[1]، به معرفی مدل پیشنهادی و اثبات آن در بخش روش‌شناسی پژوهش، خواهیم‌پرداخت.

ساختار موازی یکی از ساختارهای اساسی در یک سیستم شبکه‌ای می‌باشد. مقاله فارو، گرابوسکی، گروسکوف و کرافت[2]، (۱۹۹۷) یکی از اولین کارها در سیستم‌های موازی است و هدف مدل آن‌ها ماکزیمم کردن تابع فاصله سیستم خروجی است. کستلی، پِسِنتی و اوکوویچ[3] (۲۰۰۴) یک ساختار سلسله مراتبی را پیشنهاد کردند که از مراحل متوالی فرآیندهای موازی ساخته شده بود. امیرتیموری و کردرستمی (۲۰۰۵a) مدلی برای مطالعه حالتی با داده‌های نادقیق (داده‌ها شامل رتبه‌های ترتیبی و ارزش می‌باشند) ارائه دادند. کائو[4] (۲۰۰۹b) یک مدل رابطه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی سیستم و فرآیند در سیستم‌های موازی مطرح نمود که در آن کارایی سیستم برابر میانگین موزون کارایی فرآیندها می‌باشد. بای، دینگ و لو[5] (۲۰۱۱) با تبعیت از ایده اصلی کائو (۲۰۰۹b) و انجام برخی تعدیلات، مسائل مربوط به تخصیص منابع و تنظیم هدف[6] را مطالعه نمودند. کائو و لین[7] (۲۰۱۱) با توجه به فاکتورهای کیفی، کارایی را اندازه‌گیری نمود. کائو (۲۰۱۲) یک مدل تحلیل پوششی داده‌ای شبکه‌ای موازی را پیشنهاد داد که کارایی اندازه‌گیری شده سیستم توسط مدل می‌توانست به کارایی فرآیندها تجزیه شود. مؤمنی، رستمی مال خلیفه، رضوی و یاکیده (۱۳۹۳) نیز رتبه‌بندی گروهی واحدهای بانکی را با بهره گیری از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موازی کائو، مورد بررسی قرار دادند.

سینگوپتا[8] (a۱۹۹۲، b) ادعا نموده است که ورودی‌های و خروجی‌های نادقیق در یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان با مجموعه‌های فازی معرفی نمود. او یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی با تعریف سطوح تحمل ثابت در توابع عضویت اهداف و محدودیت‌ها ارائه نموده است. براساس معیارهای احتمالی، ژو، ونگ و ژانگ (۲۰۰۰) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های احتمالاتی را ارائه نمودند و لرتووراسیریکول، فنگ، جوینز و ناتل (a۲۰۰۳) این مدل را با اعمال برنامه‌ریزی محدودیت شانس با سطوح اطمینان از پیش تعیین شده برای توابع محدود، بهبود بخشیدند. همچنین یک مدل تحلیل پوششی داده‌های اعتباری توسط لرتووراسیریکول، فنگ، جوینز و ناتل (b۲۰۰۳) پیشنهاد شد. جعفریان مقدم

---

1. Multi-Component
2. Färe, Grabowski, Grosskopf & Kraft
3. Castelli, Pesenti &.Ukovich
4. Kao
5. Bi, Ding & Luo
6. Target Setting
7. Kao & Lin
8. Sengupta

و قصیری (۱۳۸۹) مدل DEA چندهدفه در فضای پویای فازی ارائه نمودند تا بدین‌وسیله تغییرات داده‌ها در طول دوره ارزیابی را در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها اعمال نمایند. صادقی مقدم و غریب (۱۳۹۲) ارزیابی کارایی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی و اعمال محدودیت فازی برای کنترل اوزان و یافتن اوزان عمومی را مورد بررسی قرار دادند. کائو و لین (۲۰۱۲) از داده‌های فازی برای اندازه‌گیری کارایی سیستم‌های شبکه‌ای استفاده نمودند. لوزانو[1] (۲۰۱۴) تئوری فازی را برای محاسبه کارائی سیستم‌های موازی بکار گرفته است. عامری، سنکار ثنا و شیخ (۲۰۱۹) خودارزیابی سیستم‌های موازی را با داده‌های فازی شهودی مورد مطالعه قرار دادند. شی، امروزنژاد، جین و یانگ[2] (۲۰۲۰) مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی را برای ساختارهای موازی دو بخشی مبتنی بر تئوری بازی استاکلبرگ[3] (رهبر–پیرو) پیشنهاد نمودند.

ون و کانگ[4] (۲۰۱۴) برخی مدل‌های متفاوت تحلیل پوششی داده‌ها را با استفاده از تئوری نایقینی(لیو، ۲۰۰۷) توسعه داده‌اند. لئو و لیو[5] (۲۰۱۷) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های جدید را برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق با استفاده از تئوری نایقینی (لیو، ۲۰۰۷) معرفی نمودند.

در خصوص ارزیابی عملکرد واحدهای دارای ساختار شبکه‌ای و داده‌های نادقیق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی در سازمان‌های مختلف، پژوهش‌های متعددی صورت پذیرفته است که عمده پژوهش‌های یاد شده در حوزه سیستم‌های بانکی کشور به لحاظ ساختار شبکه‌ای آن‌ها بوده است. امّا این مهم، در سازمان تأمین اجتماعی به عنوان یک نهاد بیمه‌گر اجتماعی که بیش از نیمی از جمعیت کشور را تحت پوشش خود دارد و دارای ساختارهای پیچیده و شبکه‌ای به خصوص در حوزه بیمه‌ای خود می‌باشد، هیچ‌گونه مطالعاتی با موضوع ارزیابی عملکرد با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در محیط قطعی یا غیرقطعی، صورت نپذیرفته است و تنها ارزیابی عملکرد به واحدهای صفی که شامل شعب بیمه‌ای و واحدهای درمانی می‌باشد، محدود گردیده است. امیرغلام ابری (۱۳۹۳) طی پژوهشی شعب تأمین اجتماعی استان اصفهان را از طریق روش CCR مورد ارزیابی قرار داده و سپس شعب کارا را با استفاده از مدل اندرسن و پیترسون، رتبه‌بندی نموده است. در حوزه درمان نیز ستار مهربان و حسین راغفر (۱۳۹۵) به ارزیابی کارایی مراکز درمانی (ملکی) سازمان تأمین اجتماعی در مقیاس استانی و بدون درنظرگرفتن عملکرد واحدهای زیرمجموعه با استفاده از مدل CCR پرداخته است و در آخر نیز، به تحلیل حساسیت نتایج حاصله را انجام داده است. همچنین در محیط غیرقطعی و فازی می‌توان به پژوهش مؤمنی، خدایی و بشیری (۱۳۸۸) اشاره نمود که ایشان در این پژوهش با استفاده از روش ترکیبی کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌های فازی به ارزیابی عملکرد شعب سازمان تأمین اجتماعی شهرستان‌های استان تهران، پرداخته‌اند.

---

1. Lozano
2. Shi, Jin & Yang
3. Stackelberg game theory
4. Wen & Kang
5. Lio & Liu

تئوری نایقینی

کاربرد نظریه احتمال بر مبنای این فرضیه استوار است که داده‌های تاریخی مناسب، برای ارزیابی توزیع احتمال وجود دارد. در عمل، همیشه رسیدن به نمونه‌های کافی برای بدست آوردن توزیع احتمال، ممکن نیست. در چنین شرایطی، متخصصان حوزه مربوطه بایستی جهت ارزیابی و تعیین درجه باور هر رویداد ممکن، دعوت شوند. کانمن و تورسکی[1] (۱۹۷۹) دریافتند که اغلب بشر رویدادهای نامحتمل را بیش برآورد می‌نماید. علاوه بر این، معمولا گستره وسیعی از ارزش‌ها را بیش از آنچه که واقعاً رخ داده است، ارزیابی می‌کند (لیو، ۲۰۱۲). به عبارت دیگر، ارزیابی‌های محافظه‌کارانه جامعه بشری منجر به درجه‌ای از باور برای انحراف از تکرارها می‌شود. لیو (۲۰۱۲) بیان می‌نماید که این امر منجر به نتایج غیر قابل انکاری برای بکارگیری نظریه احتمال جهت مدل‌سازی درجات باور می‌شود.

برای مدل‌سازی درجات باور منطقی، نظریه نایقینی توسط لیو (۲۰۰۷) مطرح شد. همچنین لیو (b۲۰۰۹) با افزودن مفهوم پایه‌ای معیار نایقینی $\mathcal{M}$ کامل نمود که به صورت تابع مجموعه‌ای روی σ-جبر $\mathcal{L}$ بر مجموعه مرجع Γ با سه اصل متعارفی زیر تعریف می‌شود:

اصل ۱ (اصل نرمال بودن): برای مجموعه مرجع Γ ، $\mathcal{M}\{\Gamma\} = 1$.

اصل ۲ (اصل دوگان): برای هر رویداد Λ داریم: $\mathcal{M}\{\Lambda\} + \mathcal{M}\{\Lambda^c\} = 1$

اصل ۳ (اصل زیرجمعی): برای هر دنباله شمارا از رویدادهای Λ_1 ، Λ_2 و ... داریم: $\mathcal{M}\{\mathrm{U}_{i=1}^{\infty}\Lambda_i\} \leq \sum_{i=1}^{\infty}\mathcal{M}\{\Lambda_i\}$

تعریف ۱: سه‌گانه $(\Gamma, \mathcal{L}, \mathcal{M})$ یک فضای نایقینی نام دارد، اگر Γ مجموعه‌ای ناتهی، $\mathcal{L}$ یک σ- جبر بر Γ و $\mathcal{M}$ یک اندازه نایقینی باشد (لیو، ۲۰۰۷).

علاوه بر این، اندازه نایقینی ضربی روی یک σ-جبر بر Γ توسط لیو (b۲۰۰۹) به این صورت تعریف شده است:

اصل ۴ (اصل ضرب): فرض کنید $(\Gamma_k, \mathcal{L}_k, \mathcal{M}_k)$ فضای نایقینی برای $k = 1,2, \ldots$ باشد، اندازه نایقینی $\mathcal{M}$ یک اندازه نایقینی برآوردکننده شرط $\mathcal{M}\{\prod_{k=1}^{\infty}\Lambda_k\} \leq \Lambda_{k=1}^{\infty}\mathcal{M}_k\Lambda_k$ است که در آن Λ_k رویداد منتخب دلخواه از $\mathcal{L}_k$ برای $k = 1,2, \ldots$ است.

تعریف ۲: متغیر نایقینی یک تابع اندازه‌پذیر ξ از فضای نایقینی $(\Gamma, \mathcal{L}, \mathcal{M})$ به مجموعه اعداد حقیقی است به گونه‌ای که $\{\xi \in B\} = \{\gamma \in \Gamma \,|\xi(\gamma) \in B\}$ رویدادی برای هر مجموعه بورل B از اعداد حقیقی باشد (لیو، ۲۰۰۷).

تعریف ۳: توزیع نایقینی Φ از متغیر نایقینی ξ به صورت زیر بیان می‌شود (لیو، ۲۰۰۷):

$$\Phi(x) = \mathcal{M}\{\xi \leq x\}, \quad \forall x \in \mathcal{R}$$

بعضی توزیع‌های نایقینی می‌توانند برای تشریح متغیرهای نایقینی بکار روند. یک متغیر نایقینی ξ خطی است، اگر توزیع نایقینی آن به صورت

$$\Phi(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0, & if\ x \leq a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & if\ a < x \leq b \\ 1, & if\ x \leq a; \end{cases}$$

باشد و زیگزاگ است، اگر توزیع نایقینی آن به صورت زیر باشد:

1. Kahneman & Tversky

$$\Phi(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0, & if\ x \le a \\ \dfrac{x-a}{[2(b-a)]}, & if\ a < x \le b \\ \dfrac{x+c-2b}{[2(c-b)]}, & if\ b < x \le c \\ 1, & if\ x > c\,. \end{cases}$$

یک توزیع نایقینی $\Phi(x)$ منظم نامیده می‌شود، اگر تابعی پیوسته و صعودی اکید نسبت به x باشد و در آن $0 < \Phi(x) < 1$ و $lim_{x\to-\infty}\Phi(x) = 0$ ، $lim_{x\to\infty}\Phi(x) = 1$ (لیو، ۲۰۱۰).

اگر ξ یک متغیر نایقینی با توزیع نایقینی منظم $\Phi(x)$ باشد، آنگاه تابع وارون$\Phi^{-1}(\alpha)$ توزیع نایقینی وارون ξ نامیده می‌شود (لیو، ۲۰۱۰).

مثال: توزیع نایقینی وارون متغیر خطی $\mathcal{L}(a,b)$ به صورت زیر می‌باشد:

$$\Phi^{-1}(\alpha) = (1-\alpha)a + \alpha b$$

مثال: توزیع نایقینی وارون متغیر زیگزاک $Z(a,b,c)$ به صورت زیر می‌باشد:

$$\Phi^{-1}(\alpha) = \begin{cases} (1-2\alpha)a + 2\alpha b\alpha < 5/0 \\ (2-2\alpha)b + (2a-1)c, \alpha \ge 5/0 \end{cases}$$

تعریف ۴: متغیرهای نایقینی $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ مستقل نامیده می‌شوند، هرگاه برای هر مجموعه بورل $B_1, B_2, \dots, B_n$ از اعداد حقیقی داشته باشیم $\mathcal{M}\{\cap_{i=1}^{n}(\xi_i \in B_i)\} = \wedge_{i=1}^{n}\mathcal{M}\xi_i \in B_i$ (لیو، ۲۰۰۹b).

توزیع نایقینی وارون یک تابع یکنوای اکید از متغیرهای نایقینی مستقل با توزیع‌های نایقینی منظم، می‌تواند با استفاده از قضیه زیر محاسبه شود.

قضیه ۱: فرض کنید $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ متغیرهای نایقینی مستقلی با توزیع‌های نایقینی منظم $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ باشند. اگر f نسبت به $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m$ اکیداً صعودی و نسبت به$\xi_{m+1}, \xi_{m+2}, \dots, \xi_n$ اکیداً نزولی باشد، آن‌گاه $\xi = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ یک متغیر نایقینی با یک توزیع نایقینی وارون $\Phi^{-1}(\alpha) = f(\Phi_1^{-1}(\alpha), \dots, \Phi_m^{-1}(\alpha), \Phi_{m+1}^{-1}(1-\alpha), \dots, \Phi_n^{-1}(1-\alpha))$ است (لیو، ۲۰۱۰).

تعریف ۵: مقدار مورد انتظار متغیر نایقینی ξ به صورت زیرتعریف می‌شود (لیو، ۲۰۰۷):

$$E[\xi] = \int_0^{+\infty} \mathcal{M}\{\xi \ge x\}dx - \int_{-\infty}^{0} \mathcal{M}\{\xi \le x\}dx$$

به شرطی که حداقل یکی از دو انتگرال فوق، متناهی باشند.

فرض کنید ξ یک متغیر نایقینی با توزیع نایقینی Φ باشد. فرمول‌های مربوط به مقدار مورد انتظار ξ به صورت زیر هستند:

$$E[\xi] = \int_0^{+\infty} \big(1-\phi(x)\big)dx - \int_{-\infty}^{0} \phi(x)dx$$

$$E[\xi] = \int_0^1 \phi^{-1}(\alpha) d\alpha$$

قضیه ۲: فرض کنید $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ متغیرهای نایقینی مستقلی با توزیع‌های نایقینی منظم $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ باشند. اگر f نسبت به $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ اکیداً صعودی و نسبت به $\xi_{m+1}, \xi_{m+2}, \dots, \xi_n$ اکیداً نزولی باشد، آن‌گاه متغیر نایقینی $\xi = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ دارای مقدار مورد انتظار $E[\xi] = \int_0^1 f\left(\Phi_1^{-1}(\alpha), \dots, \Phi_m^{-1}(\alpha), \Phi_{m+1}^{-1}(1-\alpha), \dots, \Phi_n^{-1}(1-\alpha)\right) d\alpha$ است (لیو، ۲۰۰۹).

تحلیل پوششی داده‌های نایقین

همانطور که در مقدمه توضیح داده شد CCR یک مدل اولیه تحلیل پوششی داده‌ها است که در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز،کوپر و رودز ساخته شد. لئو و لیو در سال ۲۰۱۷ بر اساس آن مدل نایقینی آن را بر اساس تئوری نایقینی (لیو، ۲۰۰۷) معرفی نمودند. در تحلیل پوششی داده‌های نایقین فرض بر این است که تمام ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده، متغیرهای نایقین[1] با داده‌های نادقیق هستند. هر متغیر نایقین، تابع توزیع خودش را دارد. این توابع توزیع نایقین[2] نشان‌دهنده نظر خبره در مورد بازه مقادیر این متغیرها و درجه باور متناظر با این بازه‌ها (پیشامدها) می‌باشد که با توجه به نوع مسئله و خواصی که رده‌های مختلف توابع توزیع دارند، از آن‌ها استفاده می‌شود از جمله توزیع خطی، زیگزاگی، نرمال و ...

هر کدام از واحدهای تصمیم‌گیرنده j دارای m ورودی و s خروجی می‌باشند. برای واحد تصمیم‌گیرنده j ام، متغیر نایقینی $\tilde{x}_{ij}$ نشان‌دهنده ورودی i ام به این واحد تصمیم‌گیرنده $(1 \le i \le m)$ و متغیر نایقینی $\tilde{y}_{rj}$ نشان دهنده خروجی r ام از این واحد تصمیم‌گیرنده می‌باشد. $(1 \le r \le s)$

DMU_j : $j = 1, 2, \dots, n$ واحد تصمیم‌گیرنده j ام

$\tilde{x}_j = (\tilde{x}_{1j}, \tilde{x}_{2j}, \dots, \tilde{x}_{mj})$ بردار ورودی تصمیم‌گیرنده j ام , $j = 1, 2, \dots, n$

$\tilde{y}_j = (\tilde{y}_{1j}, \tilde{y}_{2j}, \dots, \tilde{y}_{sj})$ بردار خروجی واحد تصمیم‌گیرنده j ام , $j = 1, 2, \dots, n$

$v \in \Re^m$: بردار وزنی ورودی

$u \in \Re^s$: بردار وزنی خروجی

با استفاده از نمادهای فوق، مدل CCR نایقینی به شکل مسئله بهینه‌سازی زیر تعریف می‌شود:

$$E_0 = max\, E\left[\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r \tilde{Y}_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i \tilde{X}_{i0}}\right]$$

$$s.t.\;\; E\left[\sum_{r=1}^{s} u_r \tilde{Y}_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i \tilde{X}_{ij}\right] \le 0.\;\; k = 1 \dots, P_j\,,\; j = 1, \dots n \qquad \text{رابطه ۱)}$$

$$u_r . v_i \ge \varepsilon . \forall\, r . i$$

[1]. Uncertain Variable
[2]. Uncertain Distribution Function

چنانچه تابع توزیع متغیرهای $\tilde{X}_{ij}$ و $\tilde{Y}_{rj}$ را به ترتیب با Φ_{ij} و Ψ_{rj} نمایش دهیم به قسمی کـه: $j\leq n\geq 1$ و $r\leq s\geq 1$ و $i\leq m\geq 1$ بنابراین لئو و لیو (۲۰۱۷) با استفاده از قضایای ۱ و ۲ ثابت کردند رابطه ۱ با مسـئله بهینـه‌سـازی بـه شـرح رابطه ۲ معادل است:

$$E_0 = max \int_0^1 \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r \Psi_{r0}^{-1}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{m} v_i \Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)} d\alpha$$

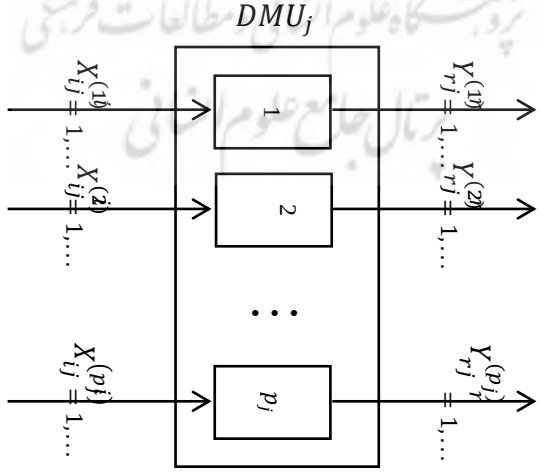
$$s.t. \int_0^1 \left(\sum_{r=1}^{s} u_r \Psi_{rj}^{-1}(\alpha) - \sum_{i=1}^{m} v_i \Phi_{rj}^{-1}(1-\alpha) \right) d\alpha \leq 0 \quad k = 1 \dots P_j$$

$$u_r . v_i \geq \varepsilon . \forall\, r . i$$

رابطه ۲)

تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موازی کائو در سیستم‌های چند بخشی

به طور کلی در تحلیل شبکه دو ساختار پایه‌ای وجود دارد که اساسی برای مطالعه ساختار عمومی شبکه‌ای است، سری و موازی. در ساختار موازی، هر مرحله و فرآیند بدون اثر گذاشتن بر دیگر فرآیندها به صورت مستقل در یک زمان انجام می‌پذیرد. یک سیستم موازی می‌تواند بر اساس کارکرد فرآیندها و مراحل خود به دو صورت طبقه‌بندی شود: چندبخشی و چندعملکردی[1]. سیستم چندبخشی دارای قسمت‌های متفاوت و عملکرد یکسانی می‌باشند و ورودی‌های یکسان در هر بخش، برای تولید خروجی‌های یکسان بکار گرفته می‌شود. در این ساختار تعداد بخش‌ها در هر واحد تصمیم‌گیرنده لزوماً یکسان نمی‌باشد و می‌تواند هر واحد تصمیم‌گیرنده بخش‌های متفاوت لیکن با ورودی و خروجی یکسان داشته باشد (شکل ۱). در سیستم چندعملکردی تعداد بخش‌ها در هر واحد تصمیم‌گیرنده یکسان بوده لیکن هر بخش دارای کارکرد خاص خود می‌باشد. در این پژوهش از مدل چندبخشی ارائه شده توسط (کائو، b۲۰۰۹) به شرح ذیل جهت معرفی مدل تحلیل پوششی داده‌های نایقینی شبکه‌ای موازی و مطالعه موردی استفاده خواهدشد.



شکل ۱. ساختار موازی چندبخشی

[1]. Multi-Function

بر اساس شکل ۱، هر واحد تصمیم گیرنده DMU_j شامل P_j بخش می باشد و هر بخش ورودی‌های مشابه $(i = 1, \dots, m)\ X_i$ را برای تولید خروجی‌های مشابه $(j = 1, \dots, s)Y_j$ بکار می‌گیرد. ورودی‌های مصرف شده کل و خروجی‌های تولید شده کل توسط بخش P_j به ترتیب با $X_{ij} = \left(\sum_{k=1}^{p_j} x_{ij}^{(k)}\right)$ و $Y_{rj} = \left(\sum_{k=1}^{p_j} y_{rj}^{(k)}\right)$ نمایش داده می‌شود. بنابراین مدل اندازه گیری کارائی این سیستم در شرایط بازده به مقیاس ثابت برابر است با:

رابطه ۳)

$$E_0 = max \ \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i X_{i0}}$$
$$s.t. \ \sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj}^{(k)} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij}^{(k)} \ \leq 0$$
$$k = 1, \dots, P_j \ , \ j = 1, \dots n$$
$$u_r . v_i \geq \varepsilon . \forall r . i$$

در شرایط بهینه، مقدار کارایی سیستم و واحدهای آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۴)

$$E_0 = \sum_{r=1}^{s} u^*{}_r Y_{r0} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v^*{}_i X_{i0}$$
$$E_0{}^{(k)} = \sum_{r=1}^{s} u^*{}_r Y_{r0}^{(k)} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v^*{}_i X_{i0}^{(k)}$$

زمانی که بخش‌ها به صورت مستقل و بدون هیچ محصول واسطه‌ای عمل می‌کنند میانگین وزنی کارایی بخش‌ها، کارایی کل سیستم را تشکیل می‌دهد.

رابطه ۵)

$$E_0 = \sum_{k=1}^{p_j} \omega^k E_0{}^{(k)}$$

که وزن هر یک از بخش‌ها در اینجا از رابطه زیر به دست خواهدآمد:

رابطه ۶)

$$\omega^k = \frac{\sum_{i=1}^{m} v^*{}_i X_{i0}^{(k)}}{\sum_{i=1}^{m} v^*{}_i X_{i0}^{(k)}}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

روش‌شناسی پژوهش

در بخش پیشینه پژوهش مباحث تئوری نایقینی و مدل CCR نایقینی (لیو، ۲۰۱۷) مطرح شد و در انتهای بخش مزبور، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موازی کائو در سیستم‌های چندبخشی مورد بررسی قرار گرفت. در این قسمت، روش‌شناسی پژوهش با استفاده از تئوری و مدل‌های عنوان شده، به معرفی و اثبات مدل پیشنهادی پرداخته خواهدشد.

مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موازی نایقینی در سیستم‌های چندبخشی

بر اساس رابطه (۳) و مدل تحلیل پوششی داده‌های نایقین طبق رابطه (۱)، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین با ساختار چندبخشی موازی به صورت رابطه (۷) معرفی می‌شود.

$\tilde{X}_{ij}^{(k)}\ \ i=1,\dots,m\ ,\ k=1.\dots.P_j\ .j=1.\dots.n$

$\tilde{Y}_{rj}^{(k)}\ \ r=1,\dots,s\ .\ k=1.\dots.P_j\ .j=1.\dots.n$

$p_j\ \ j=1,\dots,n$

$\tilde{Y}_{ij}=\left(\sum_{k=1}^{p_j}\tilde{y}_{rj}^{(k)}\right)$

$\tilde{X}_{ij}=\left(\sum_{k=1}^{p_j}\tilde{x}_{ij}^{(k)}\right)$

$$E_0=\ \ max\,E\left[\frac{\sum_{r=1}^{s}u_r\tilde{Y}_{r0}}{\sum_{i=1}^{m}v_i\tilde{X}_{i0}}\right]$$

$$s.t.\ E\left[\sum_{r=1}^{s}u_r\tilde{Y}_{rj}^{(k)}-\sum_{i=1}^{m}v_i\tilde{X}_{ij}^{(k)}\right]\le 0.\ \ k=1.\dots.P_j\ .j=1.\dots.n \qquad \text{(رابطه ۷)}$$

$$u_r.v_i\ge\varepsilon.\forall\, r.i$$

در مدل پیشنهادی هر واحد تصمیم گیرنده DMU_jشامل P_j بخش می باشد که هر بخش شامل ورودی‌های نایقین مشابه $\tilde{X}_i\,(i=1,\dots,m)$ و خروجی‌های مشابه نایقین $\tilde{Y}_j(j=1,\dots,s)$ می باشد. ورودی‌های و خروجی‌های نایقین کل هر بخشP_j به ترتیب با $X_{ij}=\left(\sum_{k=1}^{p_j}x_{\mathrm{ij}}^{(k)}\right)$ و $Y_{rj}=\left(\sum_{k=1}^{p_j}y_{rj}^{(k)}\right)$ نمایش داده می‌شود

محاسبه‌پذیری

مدل فوق دارای متغیرهای نایقینی می‌باشد، تعداد این متغیرها به ازای واحد تصمیم‌گیر jام برابر است با مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها در تمام بخش‌های این واحد. بنابراین اگر تعداد بخش‌ها در این واحد را با p_j نمایش دهیم، متغیرهای نایقینی مرتبط با این واحد عبارتند از:

متغیرهای ورودی: $\tilde{X}_{ij}^{(k)}$ ، ورودی i ام برای بخش k ام از واحد j ام، با تابع توزیع $\Phi_{ij}^{(k)}$ و $\tilde{X}_{\mathrm{ij}}\left(\sum_{k=1}^{p_j}\tilde{x}_{\mathrm{ij}}^{(k)}\right)$ ورودی کل i ام از واحد j ام با تابع توزیع Φ_{ij} $\left(k=1,\dots,P_j,i=1,\dots m,j=1,\dots n\right)$

متغیرهای خروجی: $\tilde{Y}_{rj}^{(k)}$ ، خروجی r ام برای بخش k ام از واحد jام، با تابع توزیع $\Psi_{rj}^{(k)}$و خروجی کل $\tilde{Y}_{ij}\left(\sum_{k=1}^{p_j}\tilde{y}_{rj}^{(k)}\right)$با تابع توزیع Ψ_{rj} $\left(k=1,\dots,P_j,i=1,\dots m,j=1,\dots n\right)$

بنابراین تعداد متغیرها برای این واحد عبارت است از: $m\times p_j+s\times p_j$

در صورتی‌که تابع توزیع این متغیرها را داشته باشیم، قضیه زیر بیان می‌کند که می‌توان مسئله بهینه‌سازی فوق را به شکل قابل محاسبه‌تری بیان کرد:

قضیه ۳: اگر در رابطه (۷) تمام ورودی‌های $\tilde{X}_{ij}^{(k)}$ و $\tilde{X}_{\mathrm{ij}}$ و خروجی‌های $\tilde{Y}_{rj}^{(k)}$ و $\tilde{Y}_{\mathrm{ij}}$ متغیرهای نایقین مستقل و دارای توزیع نایقینی منظم $\Phi_{ij}^{(k)}$ و Φ_{ij} برای متغیرهای ورودی و$\Psi_{rj}^{(k)}$ و Ψ_{rj} برای متغیرهای خروجی باشند در این‌صورت رابطه (۷) معادل با رابطه زیر می‌باشد:

$$E_0=max\int_0^1\frac{\sum_{r=1}^{s}u_r\Psi_{r0}^{-1}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{m}v_i\Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)}d\alpha$$

$$s.t.\ \int_0^1\left(\sum_{r=1}^{s}u_r\left(\Psi^{(k)}\right)_{rj}^{-1}(\alpha)-\sum_{i=1}^{m}v_i\left(\Phi^{(k)}\right)_{rj}^{-1}(1-\alpha)\right)d\alpha\le 0\ k=1\dots P_j \qquad \text{(رابطه ۸)}$$

$$u_r.v_i\ge\varepsilon.\forall\, r.i$$

اثبات: تابع $f_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r \tilde{Y}_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i \tilde{X}_{i0}}$ را در نظر می‌گیریم، این تابع دارای $(s+m)$متغیر نایقینی با ملاحظه زیر می‌باشد:

این تابع روی تعداد s متغیر $\tilde{Y}_{r0}(r = 1, \dots . s)$اکیداً صعودی است و روی تعداد m متغیر$\tilde{X}_{i0}(i = 1, \dots m)$ اکیداً نزولی است. با استفاده از قضیه (۱)، وارون تابع توزیع برای f_0 از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۹)
$$f_0^{-1} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r \Psi_{r0}^{-1}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{m} v_i \Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)}$$

بنابراین با استفاده از قضیه (۲)، امید ریاضی[1] برای این تابع از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۱۰)
$$E\left(\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r \Psi_{r0}^{-1}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{m} v_i \Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)}\right) = \int_0^1 \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r \Psi_{r0}^{-1}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{m} v_i \Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)} d\alpha$$

بنابراین رابطه مورد نظر برای تابع هدف، اثبات شد.

برای رابطه مربوط به توابع محدودیت‌ها، تابع $f_j^k = \sum_{r=1}^{s} u_r \tilde{Y}_{rj}^{(k)} - \sum_{i=1}^{m} v_i \tilde{X}_{ij}^{(k)}$را در نظر می‌گیریم. این تابع روی تعداد s متغیر $\tilde{Y}_{rj}^{(k)}$ ، $r = 1, \dots s$ اکیداً صعودی است و روی تعداد m متغیر $\tilde{X}_{ij}^{(k)}$ ، $i = 1, \dots m$ اکیداً نزولی است. با استفاده از قضیه ۱، وارون تابع توزیع برای f_j^k از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۱۱)
$$(f_j^{-1}) = \sum_{r=1}^{s} u_r \left(\Psi_{rj}^{(k)}\right)^{-1}(\alpha) - \sum_{i=1}^{m} v_i \left(\Phi_{ij}^{(k)}\right)^{-1}(1-\alpha)$$

بنابراین با استفاده از قضیه ۲، امید ریاضی برای این تابع از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۱۲)
$$(f_j^{-1})^k = E\left(\sum_{r=1}^{s} u_r \tilde{Y}_{rj}^{(k)} - \sum_{i=1}^{m} v_i \tilde{X}_{ij}^{(k)}\right) = \int_0^1 \left(\sum_{r=1}^{s} u_r \left(\Psi_{rj}^{(k)}\right)^{-1}(\alpha) - \sum_{i=1}^{m} v_i \left(\Phi_{ij}^{(k)}\right)^{-1}(1-\alpha)\right) d\alpha$$

در شرایط بهینه مقدار کارایی سیستم و واحدهای آن با توجه به قضیه (۳) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۱۳)
$$E_0 = \int_0^1 \sum_{r=1}^{s} u^*{}_r \Psi_{r0}^{-1}(\alpha) \Big/ \sum_{i=1}^{m} v^*{}_i \Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)\, d\alpha$$
$$E_0{}^{(k)} = \int_0^1 \sum_{r=1}^{s} u^*{}_r \left(\Psi^{(k)}\right)_{r0}^{-1}(\alpha) \Big/ \sum_{i=1}^{m} v^*{}_i \left(\Phi^{(k)}\right)_{r0}^{-1}(1-\alpha)\, d\alpha$$

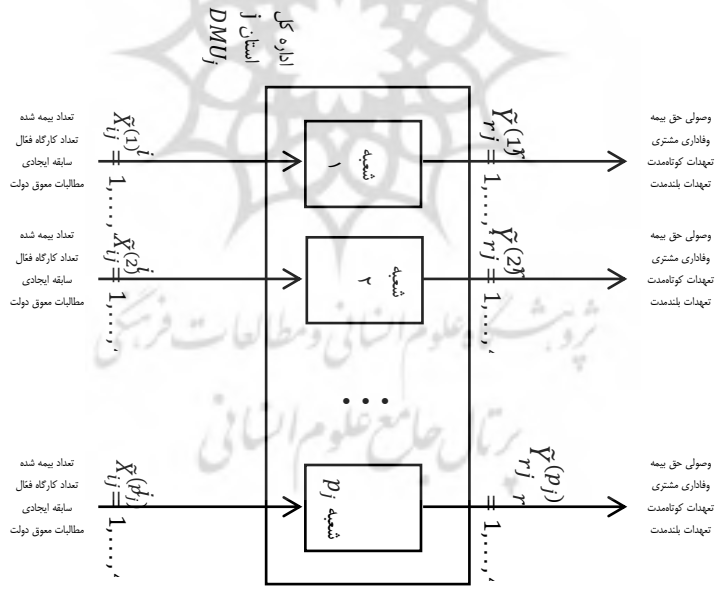
با توجه به اینکه در مدل قطعی میانگین وزنی کارایی بخش‌ها، کارایی کل سیستم را تشکیل می‌دهد، لذا با عنایت به قضیه (۱)، (۲) و (۳) این مقاله و رابطه (۶) وزن هر یک از بخش‌ها در مدل نایقینی به صورت رابطه (۱۴) خواهدبود:

رابطه ۱۴)
$$\omega^k = \int_0^1 \frac{\sum_{i=1}^{m} v^*{}_i \left(\Phi^{(k)}\right)_{r0}^{-1}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{m} v^*{}_i \Phi_{i0}^{-1}(1-\alpha)} d\alpha$$

[1] Expected Value

یافته‌های پژوهش

سازمان تامین اجتماعی به عنوان بزرگ‌ترین نهاد بیمه‌گر اجتماعی بیش از چهل میلیون نفر بیمه شده را در کشور تحت پوشش خود دارد این سازمان خدماتی، ایفای تعهدات قانونی کوتاه مدت و بلند مدت خود را از طریق شعب بیمه‌ای خود در سرتاسر کشور انجام می‌دهد. هر یک از این شعب تحت راهبری اداره کل استان به عنوان واحد ستادی فعالیت می‌نماید. بنابراین کسب رضایت ذینفعان از مهم‌ترین اهداف این سازمان می‌باشد لذا در راستای تحقق این هدف بزرگ و در جهت ایفای وظایف ذاتی و قانونی خود بایستی بخش بیمه‌ای اعم از شعب و اداره کل استان‌ها از نظام مناسب ارزیابی عملکرد، برخوردار باشند تا بدین وسیله افزایش اثربخشی، کارائی و بهره‌وری، تحقق راهبردها و اهداف کلان، بهبود پاسخگوئی و رضایت مشتری و بهبود کیفیت خدمات را امکان‌پذیر نمایند. با توجه به فقر مطالعاتی صورت گرفته در خصوص ارزیابی عملکرد بخش بیمه‌ای سازمان تامین اجتماعی خصوصاً به نحوی که ارزیابی عملکرد شعب و ادارات کل تواماً و با وجود برخی شاخص‌هایی که به طور دقیق قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند را ممکن نماید، انجام مطالعه موردی این مقاله بیش از پیش اهمیت می یابد. در این پژوهش، از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین برای ارزیابی عملکرد ادارات کل بیمه‌ای تیپ یک سازمان تأمین اجتماعی که با داشتن شعب متعدد و مستقل به عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده با ساختار موازی چند بخشی، فعالیت می‌کنند، استفاده شده است. (شکل ۲)



شکل ۲. مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین موازی در ادارات کل بیمه‌ای تیپ یک سازمان تأمین اجتماعی

این واحدهای تصمیم‌گیرنده، شامل دوازده اداره کل و در مجموع ۳۱۳ شعبه بوده که دارای یک ورودی با داده‌های نادقیق و سه ورودی قطعی و همچنین چهار خروجی با داده‌های قطعی می‌باشد. ورودی‌ها و خروجی‌ها به شرح جدول ۱، می‌باشد.

جدول ۱. ورودی‌ها و خروجی‌های ادارات کل بیمه‌ای تیپ یک سازمان تأمین اجتماعی

ردیف	عنوان ورودی	نوع داده	عنوان خروجی	نوع داده
۱	تعداد بیمه شده	دقیق	وصولی حق بیمه	دقیق
۲	تعداد کارگاه فعّال	دقیق	وفاداری مشتری	دقیق
۳	سابقه ایجادی	دقیق	تعهدات کوتاه‌مدت	دقیق
۴	مطالبات معوق دولت	نادقیق	تعهدات بلندمدت	دقیق

در این تحقیق، متغیر ورودی مطالبات دولت به دلیل تجمعی بودن مقدار آن از سال ۱۳۵۴ و مشخص نبودن سهم هر یک از واحدهای بیمه‌ای، دارای ماهیت نادقیق بوده و از نظر خبرگان در مورد بازه مقادیر این متغیرها و درجه باور متناظر با این بازه‌ها (پیشامدها) برای تعیین تابع توزیع این متغیر نایقین، استفاده شده است، لیکن متغیرهای دیگر، اعداد دقیق و قطعی هستند. برای حل مدل، ابتدا باید توزیع نایقینی متغیرها را مشخص و سپس توزیع وارون نایقینی آن‌ها را محاسبه نمود که در مطالعه موردی این پژوهش، توزیع خطی به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$\Phi(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0 & if\ x \le a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & if\ a \le x \le b \\ 1 & if\ x \ge b \end{cases}$$

که به صورت $\mathcal{L}(a,b)$ نمایش داده می شود به قسمی که $a < b$.

وارون توزیع نایقینی $\Phi(x)$ مربوط به متغیر نایقینی خطی $\mathcal{L}(a,b)$ به صورت زیر می باشد:

$$\Phi^{-1}(\alpha) = (1-\alpha)a + \alpha b$$

نحوه وارد کردن اعداد قطعی در مدل تحلیل پوششی داده‌های نایقینی شبکه‌ای موازی

از آن‌جایی که متغیرهای دیگر واحدهای مورد مطالعه (ادارات کل بیمه‌ای تیپ یک سازمان تأمین اجتماعی) به جز مطالبات معوق دولت دقیق می‌باشند، لذا برای وارد نمودن آن‌ها در مدل UPNDEA[1]، به صورت متغیر خطی $\mathcal{L}(a,a)$ اقدام خواهدشد.

جدول ۲، اطلاعات دریافتی از ۳۰ واحد استانی (بعد از تجمیع داده‌های شعب) و جدول ۳، به طور نمونه اطلاعات مربوط به یک اداره کل استانی به همراه شعب تابعه را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است با عنایت به اینکه بعضی از اطلاعات دریافتی به صورت محرمانه می‌باشد، لذا تمامی داده‌ها به صورت نرمالایزه شده ارائه گردیده است.

1. Uncertain Parallel Network Data Envelopment Analysis

جدول ۲. ورودی‌ها و خروجی‌های دوازده اداره کل یک بیمه‌ای سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۹۷

ردیف	استان	تعداد شعبه	بیمه شده	کارگاه فعال	سابقه ایجادی	مطالبات معوق دولت	وصولی حق بیمه	وفاداری مشتری	تعهدات کوتاه مدت	تعهدات بلند مدت
۱	آذربایجان شرقی	۲۸	۰/۰۷۳	۰/۰۵۸	۰/۰۷۳	ℒ (۰/۰۶ , ۰/۰۷)	۰/۰۵۵	۰/۰۹۰	۰/۱۱۲	۰/۰۷۰
۲	اصفهان	۴۴	۰/۱۱۹	۰/۱۳۲	۰/۱۲۰	ℒ (۰/۱۰ , ۰/۱۲)	۰/۱۰۳	۰/۱۳۹	۰/۱۵۵	۰/۱۳۲
۳	خراسان رضوی	۲۶	۰/۰۹۴	۰/۰۹۸	۰/۰۹۲	ℒ (۰/۰۸ , ۰/۰۹)	۰/۰۷۹	۰/۰۸۲	۰/۱۰۷	۰/۰۸۳
۴	خوزستان	۳۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۳	۰/۰۸۴	ℒ (۰/۰۸ , ۰/۱۰)	۰/۰۹۱	۰/۱۱۶	۰/۰۷۲	۰/۰۹۳
۵	شهرستان‌های استان تهران	۱۴	۰/۰۶۷	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶	ℒ (۰/۰۶ , ۰/۰۷)	۰/۰۶۰	۰/۰۴۳	۰/۰۹۲	۰/۰۷۱
۶	کرمان	۲۶	۰/۰۵۰	۰/۰۵۶	۰/۰۴۹	ℒ (۰/۰۴ , ۰/۰۵)	۰/۰۴۸	۰/۰۸۳	۰/۰۷۲	۰/۰۴۱
۷	گیلان	۲۸	۰/۰۴۴	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	ℒ (۰/۰۳ , ۰/۰۴)	۰/۰۳۴	۰/۰۸۹	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱
۸	فارس	۳۴	۰/۰۷۹	۰/۰۸۷	۰/۰۸۱	ℒ (۰/۰۷ , ۰/۰۸)	۰/۰۶۲	۰/۱۰۸	۰/۱۰۲	۰/۰۷۴
۹	مازندران	۲۸	۰/۰۶۹	۰/۱۲۵	۰/۰۷۱	ℒ (۰/۰۵ , ۰/۰۶)	۰/۰۴۸	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۶۸
۱۰	یزد	۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	ℒ (۰/۰۲ , ۰/۰۳)	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۳۶	۰/۰۳۱
۱۱	شرق استان تهران	۱۸	۰/۱۴۳	۰/۱۲۶	۰/۱۴۴	ℒ (۰/۱۵ , ۰/۱۸)	۰/۱۸۷	۰/۰۵۹	۰/۰۵۷	۰/۱۴۰
۱۲	غرب استان تهران	۱۵	۰/۱۳۹	۰/۰۹۳	۰/۱۴۳	ℒ (۰/۱۵ , ۰/۱۹)	۰/۲۰۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۱۳۶

جدول ۳. ورودی‌ها و خروجی‌های اداره کل تیپ یک بیمه‌ای استان یزد سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۹۷

ردیف	استان	نام شعبه	بیمه شده	کارگاه فعال	سابقه ایجادی	مطالبات معوق دولت	وصولی حق بیمه	وفاداری مشتری	تعهدات کوتاه مدت	تعهدات بلند مدت
۱	یزد	ابرکوه	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۲	ℒ(۰/۰۰۱۰ , ۰/۰۰۱۱)	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۰
۲		پنج یزد	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳	ℒ(۰/۰۰۱۱ , ۰/۰۰۱۳)	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۶
۳		بهاباد	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۳	ℒ(۰/۰۰۰۲ , ۰/۰۰۰۳)	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴
۴		دو اردکان	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	ℒ(۰/۰۰۳ ۰/۰ , ۰/۰۰۰۴)	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰
۵		سه یزد	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۲۵	ℒ(۰/۰۰۱۷ , ۰/۰۰۲)	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲۹
۶		زارچ	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۷	ℒ(۰/۰۰۰۵ , ۰/۰۰۰۶)	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۷
۷		خاتم	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۷	ℒ(۰/۰۰۰۵ , ۰/۰۰۰۶)	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴
۸		یک یزد	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۴۲	ℒ(۰/۰۰۳۵ , ۰/۰۰۴۳)	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۶۵
۹		میبد	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۷	ℒ(۰/۰۰۲۳ , ۰/۰۰۲۸)	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۲۱
۱۰		چهار یزد	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۲۷	ℒ(۰/۰۰۲۴ , ۰/۰۰۳۰)	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۱
۱۱		اردکان یزد	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۲۹	ℒ(۰/۰۰۳۲ , ۰/۰۰۳۶)	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۹
۱۲		اشکذر	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۰	ℒ(۰/۰۰۲۲ , ۰/۰۰۲۳)	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۴
۱۳		تفت	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۲	ℒ(۰/۰۰۱۰ , ۰/۰۰۱۱)	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۳
۱۴		مهریز	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۵	ℒ(۰/۰۰۱۳ , ۰/۰۰۱۵)	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۲
۱۵		بافق	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۶	ℒ(۰/۰۰۱۸ , ۰/۰۰۲۳)	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۰
۱۶		دو یزد	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۵۹	ℒ(۰/۰۰۵۳ , ۰/۰۰۶۷)	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۶۶

پس از کدنویسی و ورود اطلاعات در نرم‌افزار متلب ۲۰۱۹، کارایی ادارات کل به عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده و شعب زیرمجموعه هر یک از آنان به عنوان بخش‌هایی که به صورت مستقل از هم، تحت عنوان ساختار شبکه‌ای موازی فعالیّت می‌کنند، محاسبه شدند. همچنین بر اساس رابطه (۱۴)، وزن هر یک از شعب نیز مشخص گردید که در جداول ۳ و ۴ ملاحظه می‌شود.

جدول ۳. کارایی کل و رتبه‌بندی ادارات کل یک بیمه‌ای سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۹۷

رتبه	استان	تعداد شعبه	کارایی کل
۱	غرب استان تهران	۱۵	۰/۸۱۲
۲	شرق استان تهران	۱۸	۰/۷۶۷
۳	گیلان	۲۸	۰/۷۵۹
۴	شهرستان‌های استان تهران	۱۴	۰/۷۳۷
۵	یزد	۱۶	۰/۷۳۳
۶	خوزستان	۳۶	۰/۷۲۱
۷	اصفهان	۴۴	۰/۷۱۹
۸	آذربایجان شرقی	۲۸	۰/۷۰۹
۹	کرمان	۲۶	۰/۶۹۴
۱۰	خراسان رضوی	۲۶	۰/۶۷۱
۱۱	فارس	۳۴	۰/۶۷۰
۱۲	مازندران	۲۸	۰/۶۰۳

جدول ٤. کارایی و وزن شعب تابعه اداره کل تیپ یک بیمه‌ای به ترتیب نمره کارائی در سال ۱۳۹۷

غرب استان تهران										
شعبه	۷ تهران	۱۱ تهران	۱۰ تهران	۲۸ تهران	۶ تهران	۱۴ تهران	۱۷ تهران	۲۵ تهران	۱۳ تهران	۱۵ تهران	۲ تهران
E^k	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۷
ω^k	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۶۱	۰/۰۳۳	۰/۰۸۳	۰/۰۶۴	۰/۱۷۰	۰/۰۹۷	۰/۰۳۲	۰/۰۳۵
شعبه	۱۸ تهران	۳۳ تهران	۱ تهران	۲۶ تهران							
E^k	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۴۸							
ω^k	۰/۰۹۴	۰/۰۵۴	۰/۰۸۸	۰/۰۴۵							
شرق استان تهران											
شعبه	۲۰ تهران	۳ تهران	۱۲ تهران	۲۹ تهران	شهرری	۵ تهران	۱۶ تهران	۲۴ تهران	۱شمیران	۹ تهران	۲۲ تهران
E^k	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۴
ω^k	۰/۰۴۰	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۵۷	۰/۱۴۰	۰/۰۹۱	۰/۱۴۱
شعبه	۳ تهران	۱۹ تهران	۲۱ تهران	۲۷ تهران	۲۳ تهران	۸ تهران	مدرس				
E^k	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۱۱				
ω^k	۰/۰۳۸	۰/۰۷۳	۰/۰۳۸	۰/۰۲۵	۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	۰/۰۳۲				
گیلان											
شعبه	رستم آباد	لوشان	منجیل	رضوانشهر	سنگر	۱ رشت	۲ رشت	کیاشهر	بندرانزلی	کلاچای	خمام

E^k	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۵
ω^k	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۱۱	۰/۱۵۳	۰/۱۳۳	۰/۰۱۰	۰/۰۷۶	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷
شعبه	کوچ‌صفهان	رشت	رودسر	فومن	آستانه	چابکسر	تالش	لاهیجان	استارا	لنگرود	سیاهکل
E^k	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۳
ω^k	۰/۰۱۹	۰/۰۴۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۵	۰/۰۲۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳۲	۰/۰۶۷	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵	۰/۰۱۴
شعبه	صومعه‌سرا	شفت	سه رشت	ماسال	املش	اسالم					
E^k	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۵					
ω^k	۰/۰۳۶	۰/۰۱۵	۰/۱۰۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲					
شهرستان‌های استان تهران											
شعبه	قرچک	اسلامشهر	ورامین	شهریار	فشم	شهرقدس	فیروزکوه	بهارستان	ملارد	دماوند	رباط کریم
E^k	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۱
ω^k	۰/۰۳۸	۰/۱۱۴	۰/۰۶۲	۰/۱۳۳	۰/۰۱۳	۰/۰۹۱	۰/۰۱۲	۰/۰۶۵	۰/۰۶۴	۰/۰۲۱	۰/۰۹۹
شعبه	رودهن	پاکدشت	فشافویه								
E^k	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۸								
ω^k	۰/۰۷۷	۰/۱۲۵	۰/۰۸۶								
یزد											
شعبه	۱ یزد	بافق	بهاباد	۲ یزد	اردکان	۵ یزد	اشکذر	میبد	تفت	۴ یزد	زارچ
E^k	۰/۷۲	۰/۷۰	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۵
ω^k	۰/۱۳۳	۰/۰۵۰	۰/۰۰۹	۰/۱۸۹	۰/۰۹۲	۰/۰۴۲	۰/۰۶۴	۰/۰۸۲	۰/۰۳۸	۰/۰۸۵	۰/۰۲۱
شعبه	۳ یزد	مهریز	ابرکوه	خاتم	عقدا						
E^k	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۳۲						
ω^k	۰/۰۷۷	۰/۰۴۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۰						
خوزستان											
شعبه	۲بندرامام	۲ دزفول	۱ شوشتر	۴ اهواز	۳ اهواز	مسجد	۵ اهواز	آغاجاری	اندیمشک	رامهرمز	گتوند
E^k	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۵
ω^k	۰/۰۲۷	۰/۰۱۳	۰/۰۳۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۱	۰/۰۲۸	۰/۰۵۰	۰/۰۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۹
شعبه	۱بندرامام	۶ اهواز	ماهشهر	۲ اهواز	هفتگل	خرمشهر	هفت تپه	ایذه	شوش	۱ ابادان	۱ اهواز
E^k	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۸
ω^k	۰/۰۳۵	۰/۰۳۹	۰/۰۳۳	۰/۰۶۰	۰/۰۰۵	۰/۰۳۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	۰/۰۶۴
شعبه	۱ دزفول	رامشیر	۲ ابادان	امیدیه	بهبهان	ملاثانی	لالی	سوسنگرد	۷ اهواز	۲شوشتر	باغ ملک
E^k	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۳۸
ω^k	۰/۰۶۰	۰/۰۰۹	۰/۰۳۱	۰/۰۲۴	۰/۰۴۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۵۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
شعبه	شادگان	هندیجان	اروندکنار								
E^k	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۲۴								
ω^k	۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶								
اصفهان											
شعبه	انارک	کاشان	ایرانکوه	۳ اصفهان	۲ اصفهان	شاهینشهر	فولاد شهر	میمه	۵ اصفهان	زرینشهر	مبارکه
E^k	۰/۹۹	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۳
ω^k	۰/۰۰۱	۰/۰۶۰	۰/۰۰۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۶	۰/۰۴۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۶۴	۰/۰۴۸	۰/۰۴۹

شعبه	۶ اصفهان	خمینیشهر	رهنان	نائین	نجف آباد	۱ اصفهان	خوربیابانک	فلاورجان	گزو برخوار	خوانسار	۴اصفهان
E^k	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۸
ω^k	۰/۰۲۹	۰/۰۴۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۵۱	۰/۰۷۱	۰/۰۰۴	۰/۰۳۹	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۵۳
شعبه	گلپایگان	دهق	شهرضا	درچه	بادرود	کوهپایه	دهاقان	آران بیدگل	نطنز	تیران	خوراسگان
E^k	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۷
ω^k	۰/۰۱۷	۰/۰۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۵۴
شعبه	علویجه	دولت اباد	اردستان	فریدن	فریدون‌شهر	چادگان	سمیرم	هرند	جرقویه	ورزنه	راوند
E^k	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۸
ω^k	۰/۰۰۳	۰/۰۲۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲
آذربایجان شرقی											
شعبه	ترکمنچای	۲ تبریز	۳ تبریز	۱ تبریز	میانه	مرند	جلفا	هادی‌شهر	۴ تبریز	مراغه	هشترود
E^k	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۸
ω^k	۰/۰۰۳	۰/۰۸۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۸	۰/۰۳۱	۰/۰۴۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۹	۰/۱۲۱	۰/۰۴۱	۰/۰۱۲
شعبه	ورزقان	کلیبر	اسکو	اذرشهر	اهر	۵ تبریز	صوفیان	شبستر	۶ تبریز	بناب	عجب‌شیر
E^k	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۲
ω^k	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۰	۰/۰۲۶	۰/۱۱۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۵۷	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱
شعبه	سراب	بستان اباد	ایلخچی	ملکان	ممقان	هریس					
E^k	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۰					
ω^k	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۳۴	۰/۰۱۱					
کرمان											
شعبه	مس	کوهبنان	شهربابک	زرندکرمان	۳ کرمان	سیرجان	ماهان	۱کرمان	رفسنجان	بردسیر	۲کرمان
E^k	۱/۰۰	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۶
ω^k	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	۰/۰۳۳	۰/۰۵۷	۰/۰۸۰	۰/۱۵۶	۰/۰۱۰	۰/۱۴۷	۰/۰۷۹	۰/۰۲۴	۰/۱۱۹
شعبه	بافت	انار	راور	منوجان	جیرفت	بم	نوق	رابر	چترود	اسفندقه	کشکوئیه
E^k	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۰
ω^k	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸
شعبه	گلباف	شهداد	کهنوج	فهرج							
E^k	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۲۵							
ω^k	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۵							
خراسان رضوی											
شعبه	۳مشهد	۲مشهد	۴مشهد	۱مشهد	قوچان	فریمان	درگز	نیشابور	۵مشهد	سبزوار	تربتحیدریه
E^k	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱
ω^k	۰/۰۷۷	۰/۰۷۱	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۰۲۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۵۹	۰/۰۹۷	۰/۰۵۴	۰/۰۴۰
شعبه	کاشمر	صنعتی‌توس	سرخس	گناباد	خواف	طرقبه	تربت جام	چناران	بردسکن	۶مشهد	زبرخان
E^k	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷
ω^k	۰/۰۲۲	۰/۰۷۹	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۰	۰/۰۷۷	۰/۰۱۱
شعبه	تایباد	خلیل آباد	کلات	جوین							
E^k	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۱							
ω^k	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۳۰							
فارس											

شعبه	قادرآباد	۱شیراز	۳شیراز	۲شیراز	مرودشت	زرقان	۵شیراز	کازرون	۴شیراز	اقلید	جهرم
E^k	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۱
ω^k	۰/۰۰۳	۰/۰۸۶	۰/۰۹۵	۰/۱۳۱	۰/۰۵۸	۰/۰۱۹	۰/۰۵۹	۰/۰۴۰	۰/۱۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۳۹
شعبه	آباده	نورآباد	نیریز	فراشبند	فسا	استهبان	کوار	خفر	فیروزآباد	خرم بید	داراب
E^k	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۸
ω^k	۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۰/۰۰۸	۰/۰۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳	۰/۰۱۰	۰/۰۲۳
شعبه	ارسنجان	بوانات	لار	سعادتشهر	مهر	سپیدان	لامرد	سروستان	خرامه	خنج	زرین‌دشت
E^k	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۱
ω^k	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۲۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷
شعبه	قیروکازین										
E^k	۰/۳۱										
ω^k	۰/۰۱۰										
مازندران											
شعبه	۱ قائمشهر	زیراب	بهشهر	۲ قائمشهر	چالوس	۱بابل	سوادکوه	بابلسر	۱آمل	دو ساری	تنکابن
E^k	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲
ω^k	۰/۰۶۹	۰/۰۰۶	۰/۰۵۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۷۲	۰/۰۱۱	۰/۰۴۴	۰/۰۷۶	۰/۰۸۲	۰/۰۴۵
شعبه	نکاء	نور	نوشهر	رامسر	۳ساری	۱ساری	شیرگاه	میاندرود	فریدونکنار	عباس اباد	۲آمل
E^k	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۱
ω^k	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۷	۰/۰۷۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۳۴
شعبه	محموداباد	گلوگاه	۳بابل	لاریجان	۲بابل	جویبار					
E^k	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰					
ω^k	۰/۰۳۰	۰/۰۱۴	۰/۰۳۰	۰/۰۰۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۵					

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به نامناسب بودن مجموعه‌های فازی در برخی از ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق و همچنین مشکلات مربوطه به تشکیل تابع عضویت در تئوری فازی جهت مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک و شبکه‌ای، لذا با بهره‌مندی از تئوری نایقینی (لیو، ۲۰۰۷) و مدل تحلیل پوششی داده‌های CCR نایقین (لئو و لیو، ۲۰۱۷)، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نایقین با ساختار موازی چندبخشی با ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق، معرفی گردید و سپس محاسبه‌پذیری مدل پیشنهادی با استفاده از مفروضات و قضایای ریاضی تئوری مزبور، اثبات شد.

جهت کاربردی نمودن مدل معرفی شده، این مهم در ادارات کل سازمان تأمین اجتماعی که به مثابه ساختار شبکه‌ای موازی چندبخشی دارای شعب متعدد با فعالیت مستقل می‌باشند، با متغیر نایقین مطالبات دولت، پیاده‌سازی شد. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از این واحدها و شعب تابعه در سال ۱۳۹۷، کارایی کل تمامی استان‌ها و شعب تابعه پس از اجرا در نرم افزار متلب ورژن ۲۰۱۹، بین صفر و یک محاسبه گردید. همانطور که گفته شد در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با ساختار موازی چند بخشی، کارائی کل سیستم (E_0)، از میانگین وزنی کارایی بخش‌های ذیل سیستم بدست می‌آید. لذا کارایی کل هر واحد تصمیم‌گیرنده در صورتی برابر یک خواهدشد که کارایی هر یک از بخش‌های زیر مجموعه آن برابر یک باشد. نتایج نهایی اجرای مدل پیشنهادی پژوهش در مطالعه موردی، درستی روابط (۵) و (۶) را اثبات نمود.

همچنین نتایج حاصله نشان داد هیچ یک از ادارات کل به عنوان واحد تصمیم‌گیرنده به دلیل کثرت شعب زیر مجموعه (به عنوان بخش‌های یک سیستم) و لزوم کارا بودن تمامی شعب دارای نمره کارایی یک نبوده و بالاترین کارایی مربوط به اداره کل غرب استان تهران با نمره ۰/۸۱۲ می‌باشد امّا در میان شعب تابعه واحدهای مزبور، شعب ۲۰ تهران از اداره کل شرق استان تهران، ترکمانچای از اداره کل آذربایجان شرقی و مس سرچشمه از اداره کل کرمان، کارا (نمره کارایی یک) ارزیابی شده‌اند.

به طور کلی می‌توان گفت که نکته برجسته این پژوهش کاربرد تئوری نایقینی در تحلیل پوششی داده های شبکه‌ای با داده‌های غیر دقیق و داده‌های جمع‌آوری شده با عبارات زبان طبیعی و قضاوت‌های انسانی و به طور کلی داده‌های غیر قطعی می‌باشد. لیکن در جهت دانش‌افزائی و توسعه مدل در حوزه داده‌های نادقیق پیشنهادهای جهت پژوهش‌های آتی ذیل توصیه می‌شود:

۱. مدل‌سازی‌های انجام شده در این پژوهش بر مبنای مدل CCR (کسری) صورت گرفته است است. در راستای تکمیل این مدل‌ها و توسعه آن می‌توان از مدل اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی (SBM) به عنوان یک مدل جایگزین نیز استفاده نمود.
۲. استواری یکی از مفاهیم بسیار اساسی در مدل‌های بهینه‌سازی و تحقیق در عملیات است که این تکنیک برای بکارگیری داده‌های نادقیق با رویکرد یافتن جوابی که برای کلیه حالت‌های ممکن، بهینه باشد، مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین می‌توان با بهره‌گیری از این تکنیک نسبت به مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با داده‌های نادقیق اقدام نمود.

منابع

ابری، امیرغلام (۱۳۹۳). ارزیابی کارایی شعب سازمان تامین اجتماعی استان اصفهان. *فصلنامه علمی - پژوهشی مدل‌سازی اقتصادی*، ۸(۲۵)، ۹۹-۸۳.

جعفریان مقدم, احمد رضا, قصیری, کیوان. (۱۳۸۹). مدل پویای چند هدفه تحلیل پوششی داده‌های فازی. *مدیریت صنعتی*, ۲(۱), ۱۹-۳۶.

صادقی مقدم, محمدرضا, غریب, علی حسین. (۱۳۹۲). ارزیابی کارایی با استفاده از مدل تحلیل پوششی دادههای فازی و اعمال محدودیت فازی برای کنترل اوزان و یافتن اوزان عمومی. *مدیریت صنعتی*, ۵(۲), ۷۱-۸۴.

مهربان، ستار؛ راغفر، حسین (۱۳۹۶). ارزیابی کارایی مراکز درمانی سازمان تأمین اجتماعی طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۱ با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. *مجلس و راهبرد*، ۲۴(۹۰)، ۱۰۱-۷۳.

مومنی, منصور, رستمی مال خلیفه, محسن, رضوی, سید مصطفی, یاکیده, کیخسرو. (۱۳۹۳). رتبه‌بندی گروهی واحدهای بانکی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. *مدیریت صنعتی*, ۶(۱), ۱۸۱-۱۹۶.

مؤمنی، منصور؛ خدایی، سمیّه؛ بشیری، مجتبی (۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد سازمان تامین اجتماعی با استفاده از مدل ترکیبی BSC و FDEA. *مدیریت صنعتی*، (۳)۱، ۱۵۲-۱۳۷.

References

Ahmad Reza, J., Ghoseiri, K. (2010). Fuzzy Dynamic Multi-Objective Data Envelopment Analysis Model (FDM-DEA). *Industrial Management Journal*, 2(1),19 -36. (in Persian)

Ameri, Z., Sana, S. S., & Sheikh, R. (2019). Self-assessment of parallel network systems with intuitionistic fuzzy data: a case study. *Soft Computing*, 23(23), 12821-12832.

Amirteimoori, A., & Kordrostami, S. (2005b). DEA-like models for multi-component performance measurement. *Applied Mathematics and Computation*, 163, 735–743.

Bi, G. B., Ding, J. J., & Luo, Y. (2011). Resource allocation and target setting for parallel production system based on DEA. *Applied Mathematical Modelling*, 35, 4270–4280.

Castelli L, Pesenti R, & Ukovich W (2004) DEA-like models for the efficiency evaluation of hierarchically structured units. *European journal of operational research*, 154(2):465–476

D. Cook, L.M. Seiford (2009). Data envelopment analysis-thirty years on, *European journal of operational research*. 192, 1–17.

Färe, R., Grabowski, R., Grosskopf, S., & Kraft, S. (1997). Efifciency of a ifxed but allocabl□□ input: A non-parametric approach. *Economics Letters*, 56, 187□193.

Färe, R., Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 35–49.

Gholamabri, A. (2014). Evaluating the Efficiency of Social Security in Isfahan Province. *Economic Modeling*, 8(25), 83-99. (in Persian)

Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–292.

Kao, C. (2009b). Efifciency measurement for parallel production systems.□*European journal of operational research*, 196, 1107□1112.

Kao, C. (2012). Efficiency decomposition for parallel production systems. *J Oper Res Soc* 63(1):64–71

Kao, C., Lin, P. H. (2011). Qualitative factors in data envelopment analysis: A fuzzy number approach. *European journal of operational research*, 211, 586–593.

Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.W. (2003b). Fuzzy data envelopment analysis: A credibility approach. In J. L. Verdegay (Ed.), *Fuzzy sets-based heuristics for optimization* (pp. 141–158). Berlin: Springer.

Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.W. (2003a). Fuzzy data envelopment analysis(DEA): A possibility approach. *Fuzzy Sets and Systems*, *139*, 379–394.

Lio, W., & Liu, B. (2017). Uncertain data envelopment analysis with imprecisely observed inputs and outputs. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 1-17.

Liu, B. (2007). *Uncertainty theory* (5nd ed.). Berlin: Springer.

Liu, B. (2009a). *Theory and practice of uncertain programming* (2nd ed.). Berlin: Springer.

Liu, B. (2009b). Some research problems in uncertain theory. *Journal of Uncertain Systems*, 3, 3–10.

Liu, B. (2010). Uncertainty theory: *A branch of mathematics for modeling human uncertainty*. Berlin: Springer.

Liu, B. (2012). Why is there a need for uncertainty theory? *Journal of Uncertain Systems*, 6, 3–10.

Lozano, S. (2014). Computing fuzzy process efficiency in parallel systems. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 13(1), 73-89.

Mehraban, S., Raghfar, H. (2017). An Appraisal on Efficiency of SSO's Health Centers During the Years 2012-2014 Based on DEA Approach. *Majlis and Rahbord*, 24(90), 73-101. (in Persian)

Momeni, M., Khodaee, S., Bashiri, M. (2009). Evaluating the Operations of Social Security Organization of the Cities in Tehran Province by Using the Synthetic Model BSC & FDEA. *Industrial Management Journal*, 1(3),137-152. (in Persian)

Momeni, M., Rostamy Malkhalifeh, M., Razavi, S., Yakideh, K. (2014). Group Ranking Of Bank Units According To Data Envelopment Analysis Approach. *Industrial Management Journal*, 6(1), 181-196. (in Persian)

Sadeghi Moghaddam, M., gharib, A. (2013). Measuring Efficiency Using Fuzzy DEA and Fuzzy Constraints to Control Weights and to Find a Common Set of Weights. *Industrial Management Journal*, 5(2), 71-84. (in Persian)

Sengupta, J. K. (1992a). A fuzzy systems approach in data envelopment analysis. *Computers and Industrial Engineering*, 24, 259–266.

Sengupta, J. K. (1992b). Measuring efficiency by a fuzzy statistical approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 46, 73–80.

Shi, X., Emrouznejad, A., Jin, M., & Yang, F. (2020). A new parallel fuzzy data envelopment analysis model for parallel systems with two components based on Stackelberg game theory. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 1-22.

Wen, M. L., & Kang, R. (2014). Data envelopment analysis (DEA) with uncertain inputs and outputs. *Journal of Applied Mathematics*, 2, 1–7.

Yang, Y., Ma, B., Koike, M. (2000). Efifcienc□-measuring DEA model for production system with k independent subsystems. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 43, 343□354.

Zhu, Z., Wang, K., Zhang, B., (2014). Applying a network data envelopment analysis model to quantify the eco-efficiency of products: A case study of pesticides. *Journal of Cleaner Production*,69,67-73.