Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Designing an Organizational Innovation Measurement Model with Dynamic Network Data Analysis and Applying Fuzzy constraint for Weight Control and Finding a common set of weights (Case Study: Iranian Universities)

Ali Hosein Gharib

Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economic, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: ali.gharib@hormozgan.ac.ir

Adel Azar*

*Corresponding Author, Prof., Faculty of Management and Economic, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: azara@modares.ac.ir

Mahmoud Dehghan Nayeri

Assistant Prof., Faculty of Management and Economic, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: mdnayeri@modares.ac.ir

Abstract

Objective: Measuring the efficiency of innovation to manage innovation investment in the era of "knowledge economy" is being considered by more researchers every day. The evaluation of innovation efficiency helps identify the best innovators for benchmarking and identifies ways to improve efficiency by identifying the weaknesses. In this paper, a new formulation approach for dynamic network data envelopment analysis is presented to evaluate the efficiency of multi-period and multi-division systems (MPMDS) while controlling the weights.

Methods: To prevent facing the black-box of innovation, at the first, a conceptual dynamic network structure of the universities' innovation was developed, and then, the proposed dynamic network DEA approach is used to overcome the fundamental shortcomings to control the weights of factors in line with enabling the desired management weights**.**

Results: The findings depicted that, among 13 universities surveyed, one university (about 7%), was recognized as efficient in the total process of innovation, and the average efficiency was equal to 0.79 for universities. In both sub-processes of R&D and application, one university (7%) was considered efficient and their average efficiency was 0.82 and 0.47, respectively, which indicates the poor performance of universities in implementation and ideas commercialization. Also, the changes in the average efficiency of the sub-process of applying the results are quite the opposite of the research and development sub-process.

Conclusion: The results reflect that the model presented in this study, by solving the conventional DNDEA model problems in weight control, improves the discriminating power of efficient and inefficient units.

Keywords: Dynamic Network Data Envelopment analysis, Innovation Process, Weight Controlling, Common Set of Weights.

Citation: Gharib, Ali Hosein; Azar, Adel & Dehghan Nayeri, Mahmoud (2020). Designing an Organizational Innovation Measurement Model with Dynamic Network Data Analysis and Applying Fuzzy constraint for Weight Control and Finding a common set of weights (Case Study: Iranian Universities). *Industrial Management Journal*, 12(3), 373-394. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2020, Vol. 12, No.3, pp. 373-394

DOI: 10.22059/imj.2020.304824.1007749

Received: June 20, 2020; Accepted: January 01, 2021

© Faculty of Management, University of Tehran

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

طراحی مدل اندازه‌گیری نوآوری سازمان با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا و اعمال محدودیت‌های فازی برای کنترل اوزان و یافتن اوزان عمومی (مورد مطالعه: دانشگاه‌های سطح یک کشور)

علی‌حسین غریب
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: ali.gharib@hormozgan.ac.ir

عادل آذر*
* نویسنده مسئول، استاد، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران رایانامه: azara@modares.ac.ir

محمود دهقان نیری
استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: mdnayeri@modares.ac.ir

چکیده

هدف: ارزیابی کارآیی نوآوری کمک می‌کند تا بهترین دست‌اندرکاران نوآوری را به منظور الگوگیری مورد شناسایی قرار داده و روش‌های بهبود کارآیی را از طریق روشن نمودن نقاط ضعف مشخص نمود. در این مقاله رویکرد فرموله‌سازی جدیدی برای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا ارائه شده است تا ضمن کنترل اوزان انتخابی، کارآیی کلی سیستم‌های چندبخشی- چند دوره‌ای (**MPMDS**) را مورد ارزیابی قرار دهد.

روش: به منظور ممانعت از روبرو شدن با جعبه سیاه فرآیند نوآوری، در ابتدا یک مدل مفهومی از ساختار شبکه‌ای پویای نوآوری دانشگاه‌ها طراحی شده و سپس مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویای ارائه شده در این تحقیق، مورد استفاده قرار گرفته شده است.

یافته‌ها: از ۱۳ دانشگاه مورد مطالعه، تعداد ۱ دانشگاه (معادل ۷ درصد) در فرآیند نوآوری کل کارآ شناخته شدند و میانگین کارایی برابر ۰/۸۲ برای دانشگاه‌ها بدست آمد. در هر دو زیرفرآیند تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج نیز ۱ دانشگاه (معادل ۷ درصد) کارآ شناخته شد و میانگین کارآیی به ترتیب برابر با ۰/۸۵ و ۰/۴۶ بدست آمد که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف دانشگاه‌ها در زمینه بکارگیری نتایج و پیاده‌سازی و تجاری‌سازی ایده‌ها می‌باشد. همچنین روند تغییرات میانگین کارآیی در زیرفرآیند بکارگیری نتایج، کاملاً برعکس زیرفرآیند تحقیق و توسعه بود.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل نشان‌دهنده آن است که مدل ارائه شده در این تحقیق با کنترل وزن‌ها و محدود کردن آنها و توانایی اعمال اوزان مورد نظر مدیریت، علاوه بر حل مشکلات مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها در عدم کنترل اوزان، قابلیت تفکیک‌کنندگی واحدهای کارآ و ناکارآ را بهبود می‌بخشد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا، فرآیند نوآوری، کنترل اوزان، مجموعه عمومی اوزان.

استناد: غریب، علی‌حسین؛ آذر، عادل؛ دهقان نیری، محمود (۱۳۹۹). طراحی مدل اندازه‌گیری نوآوری سازمان با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا و اعمال محدودیت‌های فازی برای کنترل اوزان و یافتن اوزان عمومی (مورد مطالعه: دانشگاه‌های سطح یک کشور). *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۳)، ۳۷۳- ۳۹۴.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۹، دوره ۱۲، شماره ۳، صص. ۳۷۳- ۳۹۴
DOI: 10.22059/imj.2020.304824.1007749
دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

سیستم‌ها به طور چشم‌گیری در اطراف ما وجود دارند. ساختار داخلی این سیستم‌های پیچیده از فرآیندهای چندگانه مرتبطی تشکیل شده است که معمولاً عملکرد آنها در یک دوره زمانی مشخص نمی‌تواند مستقل از عملکرد آنها در سایر دوره‌های زمانی باشد. با توجه به گستردگی این سیستم‌ها، ارزیابی عملکرد آنها نیز بطور فزاینده‌ای برای مدیران و سیستم‌های پشتیبان تصمیم دارای اهمیت شده است. این مطالعه بر روی اندازه‌گیری عملکرد سیستم‌های چندبخشی- چنددوره‌ای با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها تمرکز دارد و رویکرد مدل‌سازی دقیق‌تری برای اندازه‌گیری کارآیی در سیستم‌های خبره و هوشمند ارائه می‌کند.

تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان ابزاری محبوب در اندازه‌گیری عملکرد و تجزیه و تحلیل آن تلقی می‌شود (کاظمی و فائضی راد، ۱۳۹۷). تحلیل پوششی داده‌ها در ابتدا برای اندازه‌گیری کارآیی یک واحد تصمیم‌گیرنده به عنوان یک کل و بدون در نظر گرفتن ساختار داخلی آن ایجاد شد. به عبارت دیگر سیستم به عنوان یک جعبه سیاه در نظر گرفته می‌شود که ورودی‌ها برای تولید خروجی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و همبستگی مثبتی میان این دو وجود دارد. اگر چه مطالعات تجربی وجود دارد که نشان می‌دهد این فرض همواره صحیح نمی‌باشد (کرون و سوبول[1]، ۱۹۸۳؛ وانگ، گوپال و زیونتس[2]، ۱۹۹۷). نکته دیگری که باید در نظر گرفت آن است که نادیده گرفتن عملیات فرآیندهای جزئی ممکن است باعث ایجاد نتایج گمراه‌کننده‌ای شود. مثال‌های متعددی در این زمینه وجود دارد که نشان می‌دهد این امکان وجود دارد که یک سیستم کلی کارآ باشد در حالی که ممکن است تمامی اجزاء آن کارآ نباشند (کااو و هوانگ[3]، ۲۰۰۸). موارد دیگری نیز وجود دارد که تمامی فرآیندهای جزئی یک واحد تصمیم‌گیرنده عملکرد ضعیف‌تری از واحد تصمیم‌گیرنده دیگر داشته اما عملکرد کلی آن بهتر از سیستم دوم بوده است (کااو و هوانگ، ۲۰۱۰). مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برای رفع این مشکل و در نظر گرفتن ساختار داخلی سیستم‌ها توسعه داده شده‌اند. زمانی که ساختار داخلی سیستم مورد نظر قرار می‌گیرد، ورودی‌هایی که از خارج سیستم تأمین می‌شوند می‌توانند توسط هر یک از فرآیندها مورد استفاده قرار گرفته و خروجی‌های هر فرآیند می‌توانند خروجی نهایی سیستم بوده و یا محصول واسطه‌ای باشند که توسط سایر فرآیندها برای تولید محصولات نهایی استفاده خواهند شد. در این مدل‌ها، متغیرهای رابط که به محصولات میان‌بخشی مربوط می‌باشند وظیفه برقراری ارتباط میان بخش‌های مختلف را بر عهده دارند (کااو، ۲۰۰۹؛ چن، کوک، لی و ژو[4]، ۲۰۰۹؛ کوک، ژو، بی و یانگ[5]، ۲۰۱۰، گووان و چن[6]، ۲۰۱۲؛ چن و کو[7]، ۲۰۱۴).

همچنین در مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها، هر دوره زمانی بصورت مجزا و با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌هایش مورد تحلیل قرار گرفته و هیچ وابستگی میان عملکرد در دوره‌های زمانی مختلف وجود ندارد. واقعیت این است که فعالیت‌های سیستم‌ها عموماً در طول دوره‌های زمانی متوالی ادامه خواهد داشت و عملکرد سیستم در هر دوره

[1] Cron & Sobol
[2] Wang, Gopal & Zionts
[3] Kao, C., & Hwang
[4] Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., & Zhu
[5] Cook, W. D., Zhu, J., Bi, G. B. & Yang
[6] Guan, J. C., & Chen
[7] Chen, K. H., & Kou

زمانی بر عملکرد آتی آن اثرگذار خواهد بود. برای این منظور نیز مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های پویا که امکان ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده در طول چندین دوره زمانی را دارا هستند، ارائه شده‌اند. روابط داخلی میان دوره‌های زمانی متوالی از طریق متغیرهای ناقل که معمولاً به محصولات میان دوره‌ای مربوط می‌شوند، ایجاد می‌شود (تون وسوتسویی[1]، ۲۰۱۰؛ کاو[2]، ۲۰۱۳). در مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها باید t مدل برای ارزیابی کارآیی سال به سال حل گردد. در این مدل‌ها، بهینه‌سازی تنها با توجه به یک دوره زمانی انجام می‌گیرد که با نحوه عملکرد چنین سیستم‌هایی مطابق نبوده و به مدل‌های پویای تحلیل پوششی داده‌ها احتیاج خواهد شد (بوگتوف، فیر، گراسکوف، هایس و تیلور[3]، ۲۰۰۹؛ تون و سوتسویی، ۲۰۱۰؛ کاو، ۲۰۱۳). در شرایطی که سیستم از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که عملکرد آن در دوره‌های زمانی متوالی به هم مرتبط و وابسته است، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و تحلیل پوششی داده‌های پویا به طور مستقل کاربرد نخواهند داشت و به یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا نیاز است. در این مقاله بر خلاف اکثر تحقیقات صورت گرفته، فرآیند نوآوری به عنوان یک چارچوب چندبخشی- چند دوره‌ای در نظر گرفته شده است که روش‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و یا پویا در آن به خوبی پاسخگو نبوده و ارزیابی دقیق عملکرد واحدها تنها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا امکان‌پذیر خواهد بود.

علاوه بر موارد ذکر شده مدل‌های پایه تحلیل پوششی داده‌ها دارای دو نقطه ضعف اساسی هستند. عدم اعمال کنترل بر روی وزن‌های عوامل، یکی از اصلی‌ترین ایراداتی است که به مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها گرفته می‌شود. عدم اعمال کنترل بر روی وزن‌های عوامل، باعث می‌شود هر واحد وزن‌ها را بصورتی به عوامل تخصیص دهد تا میزان کارآیی خود را به حداکثر برساند. رل، کک و گلونی[4] (۱۹۹۱) و ژیائو و ریوس[5] (۱۹۹۷) بیان می‌کنند که عدم کنترل اوزان، می تواند باعث تسلط عوامل کم‌اهمیت در ارزیابی شود. این امر باعث خواهد شد واحدهایی که در عوامل بااهمیت توانمند هستند دارای کارآیی پایین‌تری از واحدهایی باشند که در عوامل کم‌اهمیت توانمند هستند. همچنین ممکن است مواردی وجود داشته باشد که مدیریت تمایل داشته باشد وزن‌های خاصی را برای برخی از عوامل در نظر بگیرد و این نظریات می‌بایست اعمال گردند. برای رفع این مشکل، مدل‌های مختلفی ارائه شده است که از پرکاربردترین آنها می‌توان به مدل‌های cone- ratio که بوسیله چارنز، کوپر، هوانگ و سان[6] (۱۹۹۰) و مدل محدوده اطمینان که بوسیله تامپسون، لانگمیر، لی، لی و ثرال[7] (۱۹۹۰) ارائه شده است اشاره نمود.

یکی دیگر از ایرادات مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها، متفاوت بودن مجموعه اوزانی است که واحدهای مختلف برای به حداکثر رساندن میزان کارآیی خود انتخاب می‌کنند (ساعتی و معماریانی[8]، ۲۰۰۵). اینکه واحدهای مختلف به هنگام ارزیابی، به عوامل مشابه اوزان متفاوتی تخصیص دهند می‌تواند باعث منحرف شدن نتایج ارزیابی شود

[1] Tone, K., & Tsutsui
[2] Kao
[3] Bogetoft, P., Färe, R., Grosskopf, S., Hayes, K., & Taylor
[4] Roll, Y., Cook, W., & Golany
[5] Xiao- Bail & Reeves
[6] Charnes, A., Cooper, W. W., Huang, Z. M., & Sun
[7] Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C. T., Lee, E., & Thrall
[8] Saati, M. S., & Memariani

(صادقی‌مقدم و غریب، ۱۳۹۲) اما در صورت استفاده از اوزان مشترک برای عوامل ورودی و خروجی، کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با در نظر گرفتن مبنایی مشترک و بصورت همگن مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

در این مقاله سعی شده که ضمن در نظر گرفتن یک چارچوب چندبخشی- چند دوره‌ای برای فرآیند نوآوری؛ مدل شبکه‌ای پویایی ارائه شود که هر دو ضعف مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها را به صورت همزمان برطرف نماید. در این مدل علاوه بر اینکه اوزان انتخابی براساس نظرات خبرگان محدود شده‌اند (ایراد اول)؛ یک مجموعه عمومی برای اوزان براساس محدوده تعریف شده انتخاب خواهد شد که مبنای ارزیابی تمامی واحدهای تصمیم‌گیرنده، این اوزان مشترک خواهد بود (ایراد دوم). در نهایت مدل معرفی شده برای ارزیابی کارآیی نوآوری دانشگاه‌های سطح یک کشور در یک بازه زمانی سه ساله استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

در ادبیات تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا دو رویکرد اساسی به نام رویکردهای نسبتی[۱] و غیرنسبتی[۲] برای مدل‌سازی وجود دارد. رویکرد غیرنسبتی بوسیله فیر و گراسکوف[۳] (۲۰۰۰) و بوگوتوف و دیگران (۲۰۰۹) ارائه شد. در رویکرد نسبتی، تون و سوتسویی (۲۰۱۴) یک شاخص شبکه‌ای پویا بر مبنای متغیرهای کمکی (DN-SBM) معرفی نمودند. رویکرد غیرنسبتی کمتر از رویکرد نسبتی مورد اقبال محققان قرار گرفت. فوکویاما و وبر[۴] (۲۰۱۳) و کردرستمی و آزماینده[۵] (۲۰۱۳) از این رویکرد برای ارزیابی شعب بانک‌ها به ترتیب در ژاپن و ایران استفاده نمودند. از میان محققینی که رویکرد نسبتی را در تحقیقات خود مورد استفاده قرار داده‌اند می‌توان به ژانگ، چیو، لی و لین[۶] (۲۰۱۸) برای ارزیابی شهرهای مرکز استان‌های چین، آوکیران[۷] (۲۰۱۵) برای ارزیابی بانک‌های خارجی در چین و چاوو، یو و وو[۸] (۲۰۱۵) برای ارزیابی بانک‌های تایوان اشاره نمود.

خوشالانی و اوزکان[۹] (۲۰۱۷) یک مدل غیرشعاعی بازده به مقیاس ثابت بر مبنای متغیرهای کمکی را برای بررسی کارایی تولید کیفیت در بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار دادند. سلطان‌زاده و عمرانی[۱۰] (۲۰۱۸) یک مدل فازی شبکه‌ای پویا ارائه دادند تا اثرات عدم‌اطمینان در داده‌ها را بر روی امتیازات کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده در دوره‌های زمانی انتخاب شده و در سطوح مختلف α تحلیل کرده و پایداری واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقابل عدم‌اطمینان در داده‌ها را مورد ارزیابی قرار دهند. ژانگ[۱۱] (۲۰۱۹) یک مدل تجمعی شبکه‌ای پویا ارائه داد تا سیستم‌های چند دوره‌ای را که در هر

---

[1]. ratio
[2]. non-ratioo
[3] Färe, R., & Grosskopf
[4] Fukuyama, H., & Weber
[5] Kordrostami, S., & Azmayandeh
[6] Zhang, T., Chiu, Y-H., Li, Y., & Lin
[7] Avkiran
[8] Chao, C. M., Yu, M. M., & Wu
[9] Khushalani, J., & Ozcan
[10] Soltanzadeh, E., & Omrani
[11] Zhang

دوره دارای دو مرحله بودند را اندازه‌گیری نماید. آن، منگ، ژیونگ، وانگ و چن[۱] (۲۰۱۸) از یک مدل شبکه‌ای پویا برای ارزیابی ساختارهای شبکه‌ای با خروجی‌های مشترک میان دوره‌ای ناشی از اثرات متأخیر ورودی‌ها برای ارزیابی صنایع تکنولوژیک چین استفاده نمودند. تران و ویلاینو[۲] (۲۰۱۸) برای ارزیابی عملکرد ۸۲ دانشگاه دولتی ویتنام مدل شبکه‌ای پویا را بکار بردند و ژانگ و دیگران (۲۰۱۸) از مدل شبکه‌ای پویا مبتنی بر متغیر کمکی (DNSBM) برای تحلیل دو مرحله (کارآیی تولید و کارآیی سلامت) در ۳۱ شهر مرکز استان چین استفاده نمودند.

از تحقیقاتی که در زمینه نوآوری با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده است می‌توان به تحقیقات کانتو و گونزالس[۳] (۱۹۹۹)، اندرسون، دایم و لاوای[۴] (۲۰۰۷)، هاشیموتو و هاندا[۵] (۲۰۰۸)، جیوتی و دشماخ[۶] (۲۰۰۸)، لی، پارک و چوی[۷] (۲۰۰۹)، چن و گووان[۸] (۲۰۱۲)، گوان و چن (۲۰۱۰ و ۲۰۱۲)، هالکوس و زرمس[۹] (۲۰۱۳)، هولاندرز و چلیک–اسر[۱۰] (۲۰۰۷)، وانگ و هوانگ[۱۱] (۲۰۰۷) و شهریاری و لاهیجی (۱۳۹۶) اشاره نمود. در برخی از موارد ذکر شده، فرآیند نوآوری به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته شده و در سایر موارد این فرآیند به صورت یک فرآیند ایستای دوبخشی لحاظ شده که کارآیی این فرآیند دومرحله‌ای را در یک زمان منفصل با استفاده از مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. اما همانطور که قبلاً ذکر شد، میان عملکرد فرآیند نوآوری در دوره‌های زمانی مختلف وابستگی وجود دارد و عملکرد سیستم در هر دوره زمانی بر عملکرد آتی آن اثرگذار خواهد بود. از تحقیقاتی که در زمینه نوآوری و با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا انجام شده است می‌توان به تحقیق کو، چن، وانگ و شائو[۱۲] (۲۰۱۶) اشاره نمود که کارآیی نوآوری ۳۰ کشور عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی را با استفاده از رویکرد دوبخشی برای فرآیند نوآوری و در دوره‌های زمانی متوالی با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای پویا ارزیابی نمودند. فوکویاما، وبر و ژیا[۱۳] (۲۰۱۶) نیز از یک مدل شبکه‌ای پویا برای ارزیابی تولید دانش در تحقیقات نانوبیوتکنولوژی در ۲۵ دانشگاه ایالات متحده امریکا در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ استفاده نمودند. غریب و همکاران (۱۳۹۸) نیز از یک مدل شبکه‌ای پویا برای ارزیابی نوآوری دانشگاه‌ها استفاده نمودند اما تفاوت مدل ارائه شده در این تحقیق با تحقیقات ذکر شده، محدود شدن عوامل در انتخاب اوزان مطابق با نظر کارشناسان و استفاده از مجموعه اوزان مشترک برای ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده است.

---

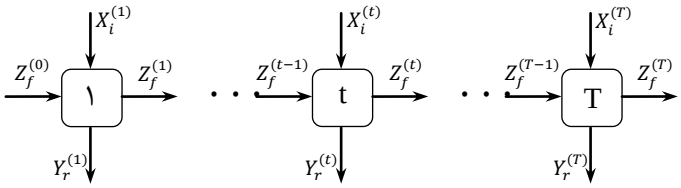
[1] An, Q., Meng, F., Xiong, B., Wang, Z., & Chen
[2] Tran, C-D. T. T., & Villano
[3] Canto, J. G. D., & Gonzalez
[4] Anderson, T. R., Daim, T. U., & Lavoie
[5] Hashimoto, A., & Haneda
[6] Jyoti, D. K., & Deshmukh
[7] Lee, H., Park, Y., & Choi
[8] Chen, K. H., & Guan
[9] Halkos, G. E., & Tzeremes
[10] Hollanders, H., & Celikel-Esser
[11] Wang, E. C., & Huang
[12] Kou, M., Chen, K., Wang, Sh., & Shao
[13] Fukuyama, H., Weber, W. L., & Xia

روش‌شناسی پژوهش

در ادامه، مراحل تکامل از مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها به مدل‌های شبکه‌ای پویا که شامل مدل‌های پویا و شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها می‌شود به اختصار توضیح داده شده است. همچنین مفهوم استفاده شده از نوآوری در این تحقیق نیز تشریح شده است و در پایان این بخش، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویای توسعه داده شده، ارائه شده است.

تحلیل پوششی داده‌های پویا

با وجود انعطاف‌پذیری و قابلیت توسعه بالا، بیشتر مطالعات تحلیل پوششی داده‌ها اساساً با داده‌های یک مقطع زمانی روبرو بوده و کارآیی نسبی را در یک دوره زمانی واحد مورد ارزیابی قرار می‌دهند (پارک و پارک[1]، ۲۰۰۹) اما در مدل‌های پویای تحلیل پوششی داده‌ها، یک واحد تصمیم‌گیرنده عملیات مشابهی را از یک دوره زمانی به دوره دیگر تکرار کرده و به این صورت دو دوره متوالی از طریق ناقل‌ها به یگدیگر مرتبط می‌شوند.



شکل ۱: شکل مفهومی یک مدل پویا

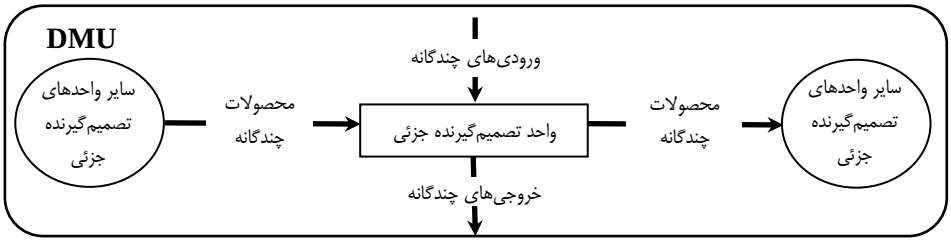
شکل شماره ۱ مفهوم یک سیستم پویا را نمایش می‌دهد که در آن هر دورهٔ t ورودی‌های $X_i^{(t)}(i = 1.2. \ldots . . m)$ و ناقل‌های $Z_f^{(t-1)}(f = 1.2. \ldots . . h)$ را مصرف می‌نماید تا خروجی‌های $Y_r^{(t)}(r = 1.2. \ldots . . s)$ و ناقل‌های $Z_f^{(t)}(f = 1.2. \ldots . . h)$ را تولید نماید. با دقت در تصویر مشاهده می‌شود که یک سیستم سری به صورت افقی وجود دارد که در آن هر فرآیند، محصولات واسطه‌ای (ناقل‌ها) را که توسط فرآیندهای پیشین تولید شده‌اند را مصرف می‌نماید تا محصولات را برای مصرف فرآیندهای بعدی تولید نمایند. همچنین در حالت عمودی سیستمی موازی وجود دارد که هر فرآیند ورودی‌های برونزای[2] مشابهی را مصرف می‌کند تا خروجی‌های برونزای مشابهی را تولید نماید.

تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

ایرادی که از سوی محققان به مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها وارد می‌شود، این است که بسیاری از واحدهای تصمیم‌گیرنده، ساختارهای مرکب و متنوعی دارند که نوع این ساختار و عملکرد این اجزا بر کارآیی سیستم تأثیر می‌گذارد. در حقیقت همانگونه که در شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود، در دنیای واقعی واحدهای تصمیم‌گیری‌ای وجود دارند که در آنها فرآیند تولید را می‌توان به صورت یک فرآیند دو یا چندمرحله‌ای در نظر گرفت. درون واحدهای

[1] Park, K. S., & Park
[2]. exogenous

تصمیم‌گیرنده برای تبدیل ورودی‌های اولیه به خروجی‌های نهایی، ممکن است فرآیندهای داخلی بسیار زیادی وجود داشته باشد؛ در حالی که در مدل‌های معمولی، ورودی‌ها برای تولید خروجی‌ها به کار می‌روند، بدون اینکه توجهی به ارتباطات بخش‌های داخلی واحدها شود (کوک، ژو و یانگ، ۲۰۱۰).



شکل ۲: نمای داخلی از واحدهای تصمیم‌گیرنده در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

به منظور رفع این مشکل، فار و گراسکف (۲۰۰۰) با نگارش مقاله‌ای، ضمن اشاره به ضعف مدل مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها، به معرفی "تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای" پرداختند و اهمیت آن را در تحلیل دقیق‌تر کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده توصیف کردند (سلیمانی دامنه، ۱۳۹۸). این مدل یک واحد تصمیم‌گیرنده را با تمامی زیرواحدها و ارتباطات موجود در آن، به صورت ساختار شبکه‌ای در نظر می‌گیرد. در این مورد فرض می‌شود که سیستم تحت ارزیابی، شامل چندین واحد تصمیم‌گیرندهٔ مشابه هم است که هر واحد نیز، چندین زیرواحد به هم مرتبط دارد.

به اعتقاد کائو[1] (۲۰۰۹) برای ارزیابی عملکرد هر بخش از سیستم‌های دوبخشی، به راحتی می‌توان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های متعارف را به کار برد تا کارآیی هر بخش به طور مستقل اندازه‌گیری شود، اما در حالتی که واحد تصمیم‌گیری دارای چندین بخش است، به کارگیری مدل‌های پیوندی پیشنهاد می‌شود. از آنجایی که در مدل‌های پیوندی، متغیرهای میانی ماهیت دوگانه دارند، یعنی نسبت به مرحلهٔ اول خروجی و نسبت به مرحلهٔ دوم ورودی محسوب می‌شوند، لذا فرض اساسی در مدل‌های پیوندی این است که وزن اختصاص داده شده به متغیر خروجی در ارزیابی کارآیی مرحلهٔ اول، با وزن اختصاص داده شده به همان متغیر در ارزیابی کارآیی مرحلهٔ دوم، یکسان در نظر گرفته می‌شود. در واقع تفاوت مدل‌های پیوندی با مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها در این است که در مدل‌های پیوندی کارآیی کل سیستم توسط اندازهٔ کارآیی بخش‌های آن به دست می‌آید (کااو، ۲۰۰۹).

کوک، ژو، بی و یانگ (۲۰۱۰) با توسعهٔ مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، مدلی چند مرحله‌ای را معرفی کردند که خروجی‌های هر مرحله می‌توانند محصول نهایی تلقی شده و از سیستم خارج شوند. این مدل بیانگر یک فرآیند چندمرحله‌ای باز[2] است. به این معنا که خروجی‌های هر مرحله می‌توانند سیستم را ترک کنند، یا به منزلهٔ ورودی، وارد مرحلهٔ بعد شوند، ضمن اینکه ورودی‌های جدیدی نیز در هر مرحله می‌توانند وارد سیستم شوند. تفاوت این مدل با

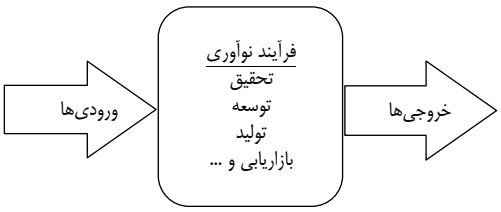
[1] Kao
[2]. Multistage Process Open

مدل‌های بسته[1] در این است که در سیستم‌های بسته، امکان وارد کردن ورودی‌های جدید در هر مرحله به سیستم وجود ندارد و صرفاً خروجی‌های مرحلهٔ آخر، خروجی‌های نهایی محسوب می‌شوند (کوک، ژو، بی و یانگ، ۲۰۱۰).

نوآوری

اندازه‌گیری کارآیی نوآوری به منظور مدیریت سرمایه‌گذاری‌های نوآوری در دوران "اقتصاد دانش" هر روز مورد توجه تعداد بیشتری از محققان قرار می‌گیرد. ارزیابی کارآیی نوآوری کمک می‌کند تا بهترین دست‌اندرکاران نوآوری را به منظور الگوگیری[2] شناسایی نموده و روش‌های بهبود کارآیی را از طریق روشن نمودن نقاط ضعف مشخص نمود.

تحقیقات متعددی در خصوص کارآیی نوآوری انجام شده است اما تعداد کمی از آنها به زیرفرآیندهای مختلف و ساختار داخلی آن در دانشگاه‌ها توجه نموده‌اند. اولاً ارتباط بالقوه میان تحقیق و توسعه و تجاری نمودن ایده‌های خلق شده در فرایند تحقیق و توسعه به خوبی نشان داده نشده است و تنها زیرفرآیند تحقیق و توسعه و میزان کارآیی آن مورد توجه قرار گرفته است. در برخی دیگر از تحقیقات کارآیی جعبه سیاه فرآیند نوآوری (شکل شماره ۳) بدون در نظر گرفتن زیرفرآیندهای آن و تعاملات موجود میان آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق یک ساختار دو بخشی برای ارزیابی کارآیی نوآوری با در نظر گرفتن دو زیرفرایند تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج در دانشگاه مورد استفاده قرار گرفته است.

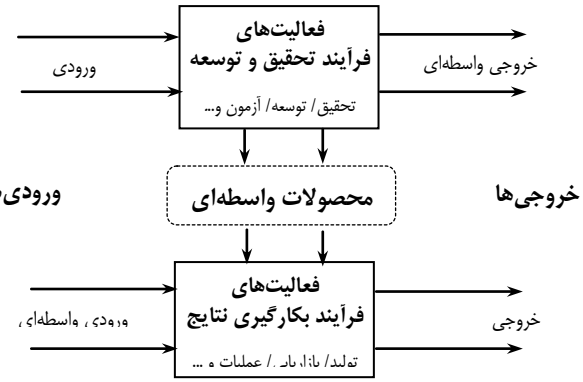


شکل ۳: چارچوب مفهومی جعبه سیاه

این دو زیرفرآیند مستقل نبوده و از طریق محصولات واسطه‌ای که به عنوان خروجی توسط زیرفرآیند بالادستی تحقیق و توسعه ایجاد شده و به عنوان ورودی توسط زیرفرایند پایین دستی بکارگیری نتایج مورد استفاده قرار می‌گیرند به یکدیگر وابسته هستند (شکل شماره ۴).

---

[2]. Closed
[3]. Benchmarking



شکل ٤: فرآیند نوآوری حاصل از ترکیب دو فرآیند تحقیق و توسعه و کاربرد نتایج تحقیق و توسعه

چن و گوآن (۲۰۱۱؛ ۲۰۱۲) و گوان و چن (۲۰۱۲) مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها را برای ارزیابی نوآوری مورد استفاده قرار دادند که تعاملات میان فرآیندهای تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج این فرآیند را در نظر می‌گیرد (چن و گوان، ۲۰۱۱ و چن و گوان، ۲۰۱۲). تحلیل پوششی شبکه‌ای پویا تخمین بهتری نسبت به مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها برای کارآیی‌ها فرآیند نوآوری ارائه می‌دهد و برخلاف مدل‌های متعارف، امکان مقایسه کارآیی کلی و کارآیی اجزاء و کشف دقیق‌تر دلایل عدم‌کارآیی در این مدل‌ها وجود دارد.

مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویای ارائه شده

در شرایطی که سیستم از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که عملکرد ان در دوره‌های زمانی متوالی به هم مرتبط و وابسته است، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و تحلیل پوششی داده‌های پویا به طور مستقل کاربرد نخواهند داشت و به یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا نیاز است.

در این تحقیق تلاش می‌شود تا رویکرد پیوندی به یک سیستم شبکه‌ای پویای عمومی توسعه داده شود. به منظور قابل فهم نمودن رویکرد ارائه شده و مفاهیم ناقل‌ها و رابط‌ها، چارچوب مفهومی ساختار داخلی یک سیستم شبکه‌ای پویا متشکل از واحد از n واحد تصمیم‌گیرنده (j=1, 2, ..., n) که از D بخش (d=1, 2, ..., D) در T دوره زمانی (t=1, 2, ..., T) تشکیل شده در شکل شماره ۵ و جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: متغیرها و پارامترهای مدل

متغیر	شرح
$X_{i^d j}^{(t)}$	ورودی iام بخش dام دوره زمانی tام واحد تصمیم‌گیرنده jام
$Y_{r^d j}^{(t)}$	خروجی rام بخش dام دوره زمانی tام واحد تصمیم‌گیرنده jام
$Z_{p^d j}^{(t.t+1)}$	ناقل pام بخش dام دوره زمانی t به t+1ام واحد تصمیم‌گیرنده jام
$Z_{p^{(d-1.d)} j}^{(t)}$	رابط pام بخش d-1 به dام دوره زمانی tام واحد تصمیم‌گیرنده jام
$v_{i^d}^*$	ضریب ورودی iام بخش dام
$u_{r^d}^*$	ضریب خروجی rام بخش dام
$w_{p^d}^*$	ضریب ناقل pام بخش dام
$w_{p^{(d-1.d)}}^*$	ضریب رابط pام بخش d-1 به dام

دلیل اصلی عدم‌توانایی مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها در برقراری ارتباط میان کارآیی کلی و کارآیی اجـزاء آن است که تابع هدف و محدودیت‌های آن تعاملات داخلی فرآینـد نـوآوری کـه ریشـه در ناقـل‌هـای مـرتبط‌کننـده دوره‌های زمانی و رابطهای مرتبط‌کننده زیرفرآیندهای متوالی دارند را نادیده گرفته و همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده است تنها انتقال‌دهندگان ابتدایی و انتهایی که در خارج از سیستم شبکه‌ای پویا قرار دارنـد را در نظـر مـی‌گیـرد. در حقیقت ناقل‌ها و رابطهای فعال درون فرآیند نوآوری ممکن است همانند خروجی‌هـا باعـث کمبـود و هماننـد ورودی‌هـا باعث ایجاد مازاد شوند و در نتیجه عملکرد کل نوآوری را تحت تأثیر قرار دهند. این احتمال وجود دارد که این ناقل‌هـا و رابطها نسبت به ورودی‌ها و خروجی‌های عمومی دارای تأثیرات بیشتری بر اندازه‌گیری کارآیی فرآیند چندبخشـی- چنـد دوره‌ای نوآوری داشته باشند. این تحقیق یک مدل CCR تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا ارائـه مـی‌دهـد (DN-CCR) که اطلاعات داخلی فرآیندها را بطور کامل در نظر می‌گیرد.

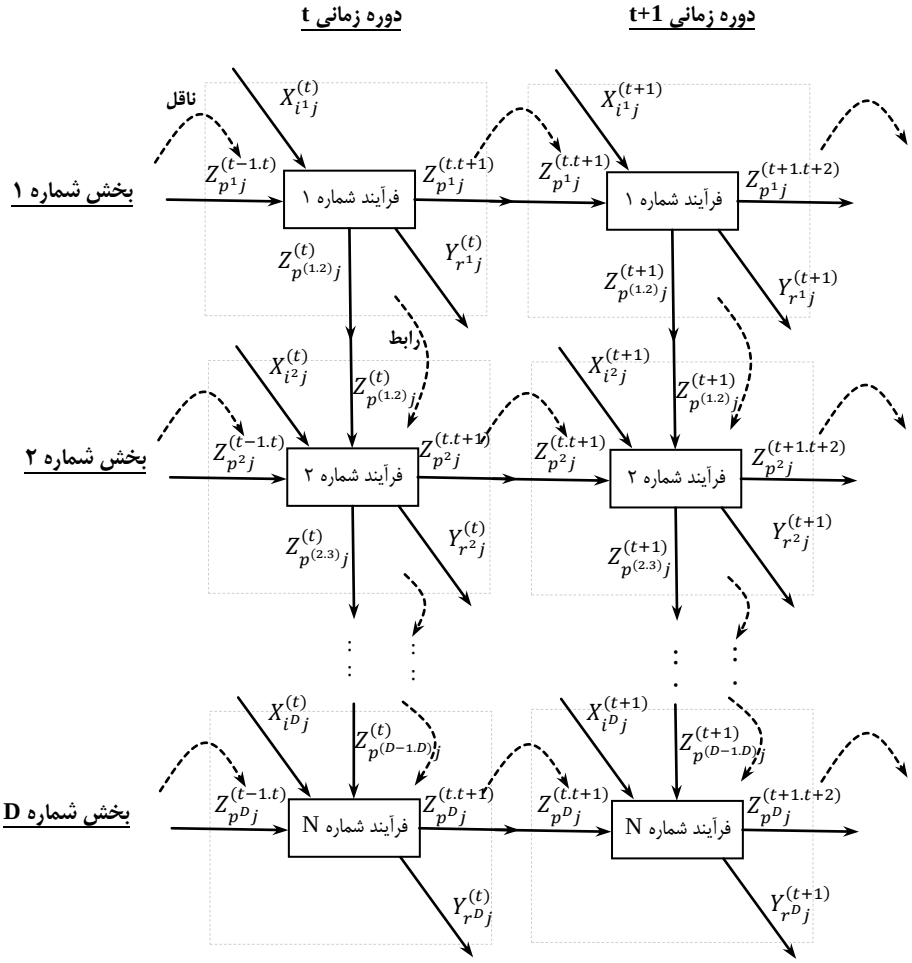
چـارچوب مفهـومی یـک سیسـتم شـبکه‌ای پویـا در شـکل ۵ نشـان داده شـده اسـت. در اینجـا $Z^{(t)}_{p^{(D.D+1)}{}_j} = 0$ و $Z^{(t)}_{p^{(0.1)}{}_j} = 0$ خواهد بود. همانگونه که در شکل ۵ مشخص است عبارات تجمعـی زیـر کـه اطلاعـات کامـل ناقـل‌هـا و رابطهای درون سیستم را در خود جای داده است به ترتیب نشان‌دهنده ورودی‌هـا و خروجـی‌هـای اسـمی تجمعـی کـل سیستم شبکه‌ای پویا می‌باشند.

رابطه ۱) $$\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} U_{r^d}\, Y^{(t)}_{r^d{}_k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} W_{p^d}\, Z^{(t.t+1)}_{p^d{}_k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d.d+1)}=1}^{q^{(d.d+1)}} W_{p^{(d.d+1)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d.d+1)}{}_k}$$

رابطه ۲) $$\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} V_{i^d}\, X^{(t)}_{i^d{}_k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} W_{p^d}\, Z^{(t-1.t)}_{p^d{}_k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1.d)}=1}^{q^{(d-1.d)}} W_{p^{(d-1.d)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d-1.d)}{}_k}$$

روش ارائه شده برای محدود نمودن اوزان و انتخاب اوزان مشترک طی سه مرحله انجام می‌گیـرد. در مرحلـه اول بـا حل نمودن یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای هر یک عوامل (شامل ورودی‌ها، خروجی‌ها، ناقل‌ها و رابط ها)، یک حد بالا برای هر یک مشخص خواهد شد. این حد بالابه همراه حد پایین صفر، محدوده‌ای که اوزان مشترک باید در آن انتخـاب شوند را مشخص می‌کند. در مرحله دوم با فشرده‌سازی محدوده تعیین شده برای اوزان، از طریق یک مدل برنامـه‌ریـزی خطی، مقادیر اوزان عمومی عوامل حاصل خواهد شد. در این مرحله همچنین از طریق یک سری محدودیت‌هـای فـازی، اوزان مورد نظر کارشناسان نیز برای هر یک از عوامل اعمال خواهد شد. در این صورت اوزان عمومی با توجه به محدوده

حاصل شده در مرحله اول و نظر کارشناسان تعیین خواهد شد و در نهایت در مرحله سوم با استفاده از اوزان عمـومی حاصل از مرحله دوم و با استفاده از نسبت خروجی به ورودی، کارآیی هـر یـک از بخـش‌هـا، دوره‌هـای زمـانی و دوره- بخش‌ها قابل محاسبه خواهد بود.



شکل ۵: چارچوب مفهومی ساختار داخلی سیستم چندبخشی- چنددوره‌ای

$$Max \quad v_i \text{ or } Z_p^{(t-1,t)} \text{ or } Z_{p^{(d,d+1)}}$$

$$St:$$

$$\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} v_{i^d} X_{i^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t-1,t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1,d)}=1}^{q^{(d-1,d)}} w_{p^{(d-1,d)}} Z_{p^{(d-1,d)} j}^{(t)} \le 1$$

$$j = 1,\ldots, n$$

$$\left(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} u_{r^d} Y_{r^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t,t+1)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d,d+1)}=1}^{q^{(d,d+1)}} w_{p^{(d,d+1)}} Z_{p^{(d,d+1)} j}^{(t)}\right)$$

$$-\left(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} v_{i^d} X_{i^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t-1,t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1,d)}=1}^{q^{(d-1,d)}} w_{p^{(d-1,d)}} Z_{p^{(d-1,d)} j}^{(t)}\right) \le 0$$

$$j = 1,\ldots, n$$

$$u_{r^d}, v_{i^d}, w_{p^d}, w_{p^{(d-1,d)}} \ge \varepsilon \qquad (A)$$

حدود بالای اوزان ورودی

$$Max \quad u_r \ or \ Z_p^{(t-1,t)} \ or \ Z_{p^{(d,d+1)}}$$

$$St:$$

$$\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} u_{r^d} Y_{r^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t,t+1)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d,d+1)}=1}^{q^{(d,d+1)}} w_{p^{(d,d+1)}} Z_{p^{(d,d+1)} j}^{(t)} \le 1$$

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

$$\left(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} u_{r^d} Y_{r^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t,t+1)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d,d+1)}=1}^{q^{(d,d+1)}} w_{p^{(d,d+1)}} Z_{p^{(d,d+1)} j}^{(t)}\right)$$

$$-\left(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} v_{i^d} X_{i^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t-1,t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1,d)}=1}^{q^{(d-1,d)}} w_{p^{(d-1,d)}} Z_{p^{(d-1,d)} j}^{(t)}\right) \le 0$$

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

$$u_{r^d}, v_{i^d}, w_{p^d}, w_{p^{(d-1,d)}} \ge \varepsilon \qquad (B)$$

حدود بالای اوزان خروجی

$$Max \quad Z_p^{(t-1,t)} \ and \ Z_{p^{(d,d+1)}}$$

$$St:$$

$$\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} u_{r^d} Y_{r^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t,t+1)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d,d+1)}=1}^{q^{(d,d+1)}} w_{p^{(d,d+1)}} Z_{p^{(d,d+1)} j}^{(t)} \le 1$$

$$\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} v_{i^d} X_{i^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t-1,t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1,d)}=1}^{q^{(d-1,d)}} w_{p^{(d-1,d)}} Z_{p^{(d-1,d)} j}^{(t)}) \le 1$$

$$\left(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} u_{r^d} Y_{r^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t,t+1)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d,d+1)}=1}^{q^{(d,d+1)}} w_{p^{(d,d+1)}} Z_{p^{(d,d+1)} j}^{(t)}\right)$$

$$-\left(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} v_{i^d} X_{i^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t-1,t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1,d)}=1}^{q^{(d-1,d)}} w_{p^{(d-1,d)}} Z_{p^{(d-1,d)} j}^{(t)}\right) \le 0$$

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

$$u_{r^d}, v_{i^d}, w_{p^d}, w_{p^{(d-1,d)}} \ge \varepsilon \qquad (C)$$

حدود بالای اوزان رابطها و ناقل‌ها

مرحله اول: در ابتدا حدود بالای ورودی‌ها، خروجی‌ها، ناقل‌ها و رابطها به ترتیب از طریق حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی A، B و C محاسبه می‌گردد.

مقادیر U_r^d، V_i^d، $Z_p^{(t-1,t)}$ و $Z_{p^{(d,d+1)}}$ از حل تعداد m+s+p+q مدل‌های A، B و C حاصل شده و نشان‌دهنده حدود بالای اوزان ورودی‌ها، خروجی‌ها، ناقل‌ها و رابطها می‌باشند.

مرحله دوم: با در نظر گرفتن نتایج مدل‌های A، B و C به عنوان حدود بالای اوزان و مقدار صفر به عنوان حدود پایین، مدل D حاصل خواهد شد که عمل فشرده سازی محدوده تعریف شده و تعیین مجموعه عمومی اوزان را انجام خواهد داد. محدودیت‌های ۲ تا ۵ برای بدست آوردن اوزان مشترک عوامل و محدودیت‌های ۶ تا ۹ برای اعمال نظرات مدیریت در مورد اوزان در مدل قرار داده شده‌اند.

مقادیر $\widehat{U}_r^d$، $\widehat{V}_i^d$، $\widehat{Z}_p^{(t-1,t)}$ و $\widehat{Z}_{p^{(d,d+1)}}$ اوزان تخصیص داده شده بوسیله کارشناسان هستند که با استفاده از محدودیت‌های فازی شماره ۶ تا ۹ در مدل فوق اعمال شده‌اند. این محدودیت با استفاده از برش f عدد فازی مثلثی، نظر کارشناسان را اعمال می‌کند. مثلاً با در نظر گرفتن محدودیت برش f از عدد فازی مثلثی [۰/۱۵۵۲، ۰/۰۷۷۶، ۰] برای ورودی اول، این عامل تنها می‌تواند در محدوده [۰/۱۵۵۲، ۰] تغییر نماید. به این دلیل برای اعمال نظر کارشناسان در مورد میزان اهمیت عوامل از محدودیت‌های فازی استفاده شده است که ممکن است در صورت اعمال نظر دقیق آنان و برابر با ۱ قراردادن متغیر فازی f (در این حالت مدل قطعی خواهد شد)، مسأله دارای حالت غیرموجه شود. در این حالت باید مقدار متغیر فازی f را تا زمان موجه شدن مدل، کاهش داد. هرچه مقدار f کمتر باشد (به صفر نزدیک‌تر باشد) مدل فازی‌تر شده و نظر کارشناسان به جای مقادیر دقیق، بصورت یک بازه اعمال خواهد شد و مدل مجبور خواهد بود اوزان انتخابی را از این بازه انتخاب نماید. برای ورودی فوق در f=0 وزنی برابر با ۰/۰۰۶۱ حاصل شد.

$$Max \quad \phi$$

$$St:$$

$$\Big(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} u_{r^d} Y_{r^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t,t+1)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d,d+1)}=1}^{q^{(d,d+1)}} w_{p^{(d,d+1)}} Z_{p^{(d,d+1)} j}^{(t)}\Big)$$

$$-\Big(\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} v_{i^d} X_{i^d j}^{(t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} w_{p^d} Z_{p^d j}^{(t-1,t)} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1,d)}=1}^{q^{(d-1,d)}} w_{p^{(d-1,d)}} Z_{p^{(d-1,d)} j}^{(t)}\Big) \le 0 \quad j=1,\dots,n \qquad (1)$$

$$\phi U_r^d \le u_{r^d} \le U_r^d(1-\phi) \quad \forall r,d \qquad (2)$$

$$\phi V_i^d \le v_{i^d} \le V_i^d(1-\phi) \quad \forall i,d \qquad (3)$$

$$\phi Z_p^{(t-1,t)} \le z_p^{(t-1,t)} \le Z_p^{(t-1,t)}(1-\phi) \quad \forall t,p \qquad (4)$$

$$\phi Z_{p^{(d,d+1)}} \le z_{p^{(d,d+1)}} \le Z_{p^{(d,d+1)}}(1-\phi) \quad \forall d,p \qquad (5)$$

$$\widehat{U}_r^d - (1-f)\widehat{U}_r^d \le u_{r^d} \le \widehat{U}_r^d + (1-f)\widehat{U}_r^d \quad \forall r,d \qquad (6)$$

$$\widehat{V}_i^d - (1-f)\widehat{V}_i^d \le v_{i^d} \le \widehat{V}_i^d + (1-f)\widehat{V}_i^d \quad \forall i,d \qquad (7)$$

$$\widehat{Z}_p^{(t-1,t)} - (1-f)\widehat{Z}_p^{(t-1,t)} \le z_p^{(t-1,t)} \le \widehat{Z}_p^{(t-1,t)}(1-\phi) \quad \forall t,p \qquad (8)$$

$$\widehat{Z}_{p^{(d,d+1)}} - (1-f)\widehat{Z}_{p^{(d,d+1)}} \le z_{p^{(d,d+1)}} \le \widehat{Z}_{p^{(d,d+1)}}(1-\phi) \quad \forall d,p \qquad (9) \qquad (D)$$

مرحلـه سـوم: خروجـی مـدل D، مقـادیر اوزان مشـترک[1] (CSW) عوامـل خواهـد بـود. بـا تعیـین مقـادیر بهینـه $u^*_{rd}.v^*_{id}.w^*_{pd}.w^*_{p^{(d-1.d)}}$، کارآیی کل سیستم ($E^S_k$) واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی بـا سـاختار تولیـدی شـبکه‌ای حاصل از D بخش در T دوره زمانی بصورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$E^S_k = \frac{\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} U_{rd}\, Y^{(t)}_{r^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} W_{pd}\, Z^{(t.t+1)}_{p^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d.d+1)}=1}^{q^{(d.d+1)}} W_{p^{(d.d+1)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d.d+1)}k}}{\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} V_{id}\, X^{(t)}_{i^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} W_{pd}\, Z^{(t-1.t)}_{p^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1.d)}=1}^{q^{(d-1.d)}} W_{p^{(d-1.d)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d-1.d)}k}}$$ رابطه ۳)

همچنین می‌توان از روابط زیر برای محاسـبه کـارآیی دوره زمـانی، بخـش و بخـش- دوره زمـانی بـرای هـر واحـد تصمیم‌گیرنده استفاده نمود.

$$E^{(d)}_k = \frac{\sum_{t=1}^{T}\sum_{r^d=1}^{s^d} U^*_{r^d} Y^{(t)}_{r^d k} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} W^*_{p^d}\, Z^{(t.t+1)}_{p^d k} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d.d+1)}=1}^{q^{(d.d+1)}} W^*_{p^{(d.d+1)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d.d+1)}k}}{\sum_{t=1}^{T}\sum_{i^d=1}^{m^d} V^*_{i^d} X^{(t)}_{i^d k} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{p^d=1}^{q^d} W^*_{p^d}\, Z^{(t-1.t)}_{p^d k} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{p^{(d-1.d)}=1}^{q^{(d-1.d)}} W^*_{p^{(d-1.d)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d-1.d)}k}}$$

$d = 1.2. \ldots . D$ رابطه ۴)

$$E^{(d)}_k = \frac{\sum_{d=1}^{D}\sum_{r^d=1}^{s^d} U^*_{r^d} Y^{(t)}_{r^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{p^d=1}^{q^d} W^*_{p^d}\, Z^{(t.t+1)}_{p^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{p^{(d.d+1)}=1}^{q^{(d.d+1)}} W^*_{p^{(d.d+1)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d.d+1)}k}}{\sum_{d=1}^{D}\sum_{i^d=1}^{m^d} V^*_{i^d} X^{(t)}_{i^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{p^d=1}^{q^d} W^*_{p^d}\, Z^{(t-1.t)}_{p^d k} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{p^{(d-1.d)}=1}^{q^{(d-1.d)}} W^*_{p^{(d-1.d)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d-1.d)}k}}$$

$t = 1.2. \ldots . T$ رابطه ۵)

$$E^{(d)}_k = \frac{\sum_{r^d=1}^{s^d} U^*_{r^d} Y^{(t)}_{r^d k} + \sum_{p^d=1}^{q^d} W^*_{p^d}\, Z^{(t.t+1)}_{p^d k} + \sum_{p^{(d.d+1)}=1}^{q^{(d.d+1)}} W^*_{p^{(d.d+1)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d.d+1)}k}}{\sum_{i^d=1}^{m^d} V^*_{i^d} X^{(t)}_{i^d k} + \sum_{p^d=1}^{q^d} W^*_{p^d}\, Z^{(t-1.t)}_{p^d k} + \sum_{p^{(d-1.d)}=1}^{q^{(d-1.d)}} W^*_{p^{(d-1.d)}}\, Z^{(t)}_{p^{(d-1.d)}k}}$$

$d = 1.2. \ldots . D;\ t = 1.2. \ldots . T$ رابطه ۶)

در صورتی که سقف هر یک از کارآیی‌ها برابر با ۱ نباشد می‌توان تغییر متغیر زیر را انجام داد:

رابطه ۷)

$$M = \frac{u^*_{r^d} \text{ or } w^*_{p^d} \text{ or } w^*_{p^{(d-1,d)}}}{e}, \qquad N_i = v^*_i \quad \forall r, p, d$$

که $e = \max_{1\le j\le n}\{e^m_j\}$

تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

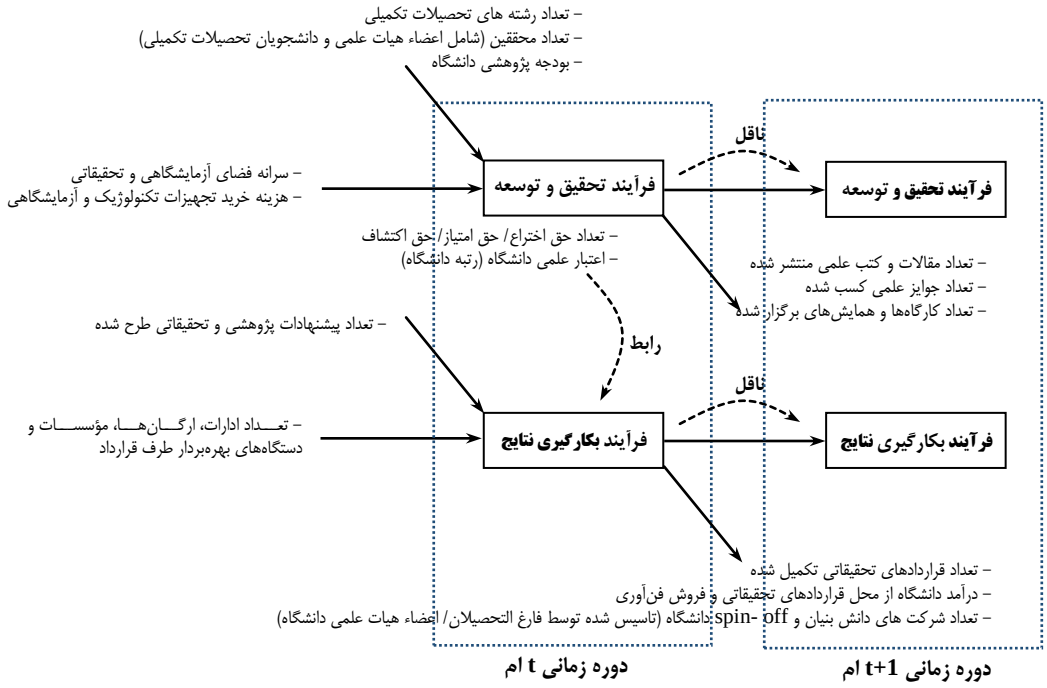
در این تحقیق از طریق تجزیه فرآیند نوآوری به فرآیند بالادستی تحقیق و توسعه و فرآیند پایین‌دستی کـاربرد نتـایج بـه ارزیابی کارآیی دانشگاه‌های سطح یک کشور پرداخته شده است. دو فرآیند ذکـر شـده از طریـق محصـولات واسـطه‌ای تولیدشده به‌وسیله فعالیت‌های فرآیند تحقیق و توسعه که توسط فرآیند بکارگیری نتایج مورد استفاده قرار می گیرنـد، بـه یکدیگر وابسته هستند.

شکل شماره ۶، ساختار مدل فرآیند نوآوری دانشگاه‌ها را نشان می‌دهد. ساختار شبکه‌ای پویای حاضر براسـاس مـرور ادبیات پژوهش و مطالعات پیشین و همچنین بهره‌گیری از نظرات ۱۲ نفر از خبرگان شـامل کارشناسـان، اعضـاء هیـات

[1]. Common Set of Weights

علمی و مدیران و معاونین پژوهشی دانشگاه‌ها و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری حاصل شده که دارای سوابق اجرایی و صاحب نظر در زمینه نوآوری در دادنشگاه ها بودند. افراد مذکور به صورت هدفمند و با روش گلوله برفی انتخاب شده بودند. مدل ارائه شده، پس از تایید توسط کارشناسان، به منظور اندازه‌گیری نوآوری دانشگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفته شده است. در این مدل متغیرهای تعداد رشته‌های تحصیلات تکمیلی، تعداد محققین (شامل اعضاء هیات علمی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی) و بودجه پژوهشی دانشگاه به عنوان ورودی و متغیرهای تعداد مقالات و کتب علمی منتشر شده، تعداد جوایز علمی کسب شده و تعداد کارگاه‌ها و همایش‌های برگزار شده به عنوان خروجی فرآیند بالادستی تحقیق و توسعه در نظر گرفته شده‌اند. همچنین سرانه فضای آزمایشگاهی و تحقیقاتی و هزینه خرید تجهیزات تکنولوژیک و آزمایشگاهی به عنوان متغیر بین زمانی در این فرآیند عمل می‌کند؛ یعنی خروجی یک دوره زمانی هستند که به عنوان ورودی همان DMU در دوره زمانی بعدی عمل کرده و به عنوان ناقل بین دو دوره زمانی متوالی ارتباط برقرار خواهد کرد.

در فرآیند پایین دستی بکارگیری نتایج، متغیر تعداد پیشنهادات پژوهشی و تحقیقاتی طرح شده به عنوان ورودی و متغیرهای تعداد قراردادهای تحقیقاتی تکمیل شده، درآمد دانشگاه از محل قراردادهای تحقیقاتی و فروش فن‌آوری و تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان و spin-off دانشگاه به عنوان خروجی تعیین شده‌اند. در فرآیند بکارگیری نتایج، متغیر تعداد ادارات، ارگان‌ها، مؤسسات و دستگاه‌های بهره‌بردار طرف قرارداد نقش ناقل را بازی خواهد کرد. متغیرهای تعداد حق اختراع، حق امتیاز و حق اکتشاف و اعتبار علمی دانشگاه به عنوان رابط، وظیفه برقراری ارتباط میان دو زیر فرآیند تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج را بر عهده خواهند داشت. در جدول شماره ۲، نتایج ارزیابی دانشگاه‌ها با استفاده از مدل ارائه شده نشان داده شده است.



شکل ٦: چارچوب مفهومی ساختار چندبخشی- چنددوره‌ای فرآیند نوآوری

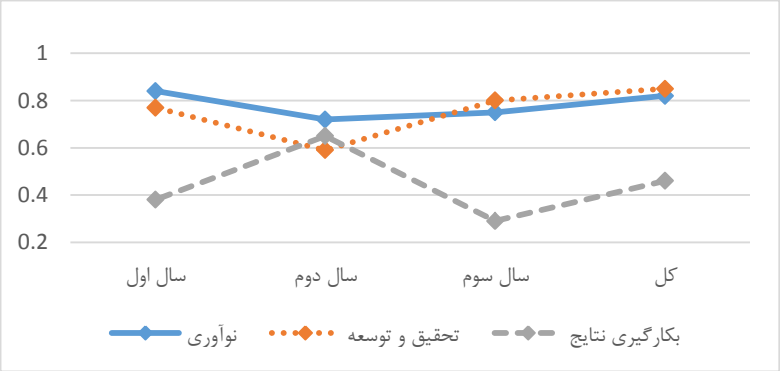
داده‌های جدول شماره ۲ نشان می‌دهد از ۱۳ دانشگاه مورد مطالعه، تنها ۱ دانشگاه (معادل ۷ درصد) در یک دوره سه ساله کارآ بوده‌اند و میانگین کارآیی کلی دانشگاه‌ها ۰/۸۲ بوده است. در این مدل امکان مقایسه امتیاز کارآیی کل و امتیاز کارآیی اجزاء در هر سال و هر زیر فرآیند (بخش) نیز وجود دارد که از بُعد ارزیابی عملکرد قابل توجه است. به عبارت دیگر عملکرد نسبی هر دانشگاه با سایر دانشگاه‌ها با در نظر گرفتن ساختار داخلی و زمان، قابل مقایسه است. یعنی اگر دانشگاه «ب» با امتیاز نوآوری کل ۰/۷۶ ناکارآ شده است می‌توان با بررسی سایر امتیازات این دانشگاه در زیرفرآیندها مشخص نمود که منبع این ناکارآیی مربوط به کدام سال و کدام زیرفرآیند می‌باشد. این دانشگاه در زیرفرآیند تحقیق و توسعه با کارآیی ۰/۸۱ عملکرد نسبتاً قابل قبولی داشته اما عملکرد این دانشگاه در زیرفرآیند بکارگیری نتایج با امتیاز ۰/۳۳ بسیار ضعیف بوده و همین عامل باعث افت کارآیی این دانشگاه در فرآیند نوآوری شده است. عملکرد این دانشگاه در این زیرفرآیند در سال‌های اول و سوم بسیار ضعیف بوده است. یا مثلاً دانشگاه «ت» در فرآیندهای نوآوری و همچنین تحقیق و توسعه در رتبه ۱۲ قرار دارد اما در زیرفرآیند بکارگیری نتایج با صعود به رتبه دوم جایگاه بسیار خوبی در میان سایر دانشگاه‌ها کسب نموده است. این مورد برای دانشگاه «ج» هم مصداق دارد و و مؤید این نکته است که این دانشگاه‌ها از نظر نفوذ در جامعه و ارتباط با صنعت و تجاری‌سازی ایده‌ها و طرح‌های پژوهشی عملکرد مطلوبی دارند اما با توجه به داده‌های استفاده شده در زمینه تحقیق و توسعه و خلق ایده نیازمند تلاش و برنامه‌ریزی بیشتر برای بهبود عملکرد هستند. این مورد برای دانشگاه‌های «ح» و «ذ» بالعکس است.

جدول ۲: نتایج تحلیل داده‌های دانشگاه‌ها

	نوآوری کل					تحقیق و توسعه					بکارگیری نتایج				
	کل (سه ساله)	رتبه	سال اول	سال دوم	سال سوم	کل (سه ساله)	رتبه	سال اول	سال دوم	سال سوم	کل (سه ساله)	رتبه	سال اول	سال دوم	سال سوم
الف	۰/۸۰	۷	۰/۸۲	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۹۳	۶	۰/۸۵	۰/۶۳	۰/۸۵	۰/۲۴	۱۳	۰/۱۹	۰/۳۶	۰/۱۴
ب	۰/۷۶	۱۰	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۸۱	۸	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۳۳	۹	۰/۲۳	۰/۵۷	۰/۱۹
پ	۰/۸۹	۳	۱/۰۰	۰/۸۳	۰/۷۴	۰/۹۵	۵	۱/۰۰	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۳۱	۱۰	۰/۱۸	۰/۴۶	۰/۲۳
ت	۰/۷۰	۱۲	۰/۹۸	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۶۱	۱۲	۰/۶۷	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۷۵	۲	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۳۷
ث	۰/۶۱	۱۳	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۶۰	۱۳	۰/۶۰	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۳۶	۸	۰/۲۴	۰/۶۱	۰/۲۱
ج	۰/۸۹	۶	۰/۸۶	۰/۶۲	۱/۰۰	۰/۷۵	۱۰	۰/۶۷	۰/۵۰	۰/۷۳	۱/۰۰	۱	۰/۷۵	۰/۵۳	۱/۰۰
چ	۰/۷۶	۸	۰/۸۴	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۷۴	۱۱	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۷۲	۰/۵۱	۴	۰/۵۰	۰/۶۸	۰/۳۱
ح	۰/۸۹	۴	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۸۲	۰/۹۷	۳	۰/۹۹	۰/۵۸	۰/۹۵	۰/۲۹	۱۲	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۱۵
خ	۰/۷۳	۱۱	۰/۸۰	۰/۶۱	۰/۶۷	۰/۷۷	۹	۰/۸۵	۰/۴۷	۰/۷۰	۰/۴۰	۷	۰/۱۹	۰/۶۹	۰/۲۸
د	۰/۸۹	۵	۰/۶۶	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۹۶	۴	۰/۵۵	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۵۰	۵	۰/۴۷	۰/۸۰	۰/۲۶
ذ	۰/۹۲	۲	۰/۹۲	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۹۹	۲	۰/۸۴	۰/۶۷	۱/۰۰	۰/۴۵	۶	۰/۴۵	۰/۶۸	۰/۲۳
ر	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۸	۱/۰۰	۰/۹۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۷۸	۱/۰۰	۰/۵۲	۳	۰/۳۶	۱/۰۰	۰/۲۴
ز	۰/۷۶	۹	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۸۵	۷	۰/۷۶	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۳۰	۱۱	۰/۲۰	۰/۵۵	۰/۱۸
میانگین	۰/۸۲	–	۰/۸۴	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۸۵	–	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۴۶	–	۰/۳۸	۰/۶۵	۰/۲۹

شکل ۷ مقایسه میانگین کارآیی نوآوری، تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشخص می‌باشد میانگین کارآیی‌ها نشان‌دهنده آن است که این دانشگاه‌ها در زیرفرآیند تحقیق و توسعه با میانگین کل ۸۵ درصد نسبت به زیر فرآیند بکارگیری نتایج با میانگین کل ۴۶ درصد عملکرد بهتری داشته‌اند. با مقایسه موقعیت نسبی منحنی فرآیند نوآوری و دو زیر فرآیند مربوطه ملاحظه می‌شود که کارآیی نوآوری از کارآیی تحقیق و توسعه تبعیت می‌کند در حالی که ناکارآیی نوآوری اساساً از ناکارآیی در فرآیند بکارگیری نتایج تحقیق و توسعه حاصل می‌شود.

همچنین نتایج نشان‌دهنده آن است که عملکرد دانشگاه‌ها در زیرفرایند تحقیق و توسعه و در نتیجه در کل فرایند نوآوری در سال دوم نسبت به سال اول افت داشته اما این عملکرد در سال سوم مجدداً کمی سیر صعودی داشته است. روند تغییرات میانگین کارآیی در زیر فرآیند بکارگیری نتایج، کاملاً برعکس فرآیند تحقیق و توسعه است که نشان‌دهنده نامشخص بودن سیاست‌های کلان در خصوص این فرآیند و یا عدم تأثیرگذاری این سیاست‌ها در عملکرد دانشگاه و وجود رابطه معکوس و تدافعی بجای رابطه سینرژیک میان این زیرفرآیندهاست. بدین معنی که ظاهرا سیاست‌های در نظر گرفته شده برای دانشگاه، امکان توجه همزمان به هر دو زیر فرایند تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج را فراهم نکرده و در هر سال با تغییر توجهات از یکی از زیرفرآیندها به دیگری، زیرفرآیند قبلی مغفول مانده و عملکردها در آن زمینه با کاهش همراه خواهد شد.



شکل ۷: روند تغییرات میانگین کارآیی نوآوری و زیرفرآیندهای تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدل ارائه شده برای ارزیابی کارایی ۱۳ دانشگاه سطح یک کشور در فرآیند نوآوری مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق فرآیند نوآوری به صورت یک سیستم چندبخشی- چند دوره‌ای در نظر گرفته شده است که از دو زیر فرآیند وابسته به هم تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج تشکیل شده است. این فرآیندها در یک دوره سه ساله مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. از ۱۳ دانشگاه مورد مطالعه تعداد، ۱ دانشگاه یعنی ۷ درصد آنها در فرآیند نوآوری کل کاراً شناخته شدند و میانگین کارایی برابر ۰/۸۲ برای دانشگاه‌ها بدست آمد. در هر دو زیرفرآیند تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج نیز ۱ دانشگاه (معادل ۷ درصد) کاراً شناخته شد و میانگین کارآیی آنها به ترتیب برابر با ۰/۸۵ و ۰/۴۶ می‌باشد که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف دانشگاه‌ها در زمینه بکارگیری نتایج و پیاده‌سازی و تجاری‌سازی ایده‌ها می‌باشد. با بررسی امتیازات

کارآیی دانشگاه در مدل ارائه شده می‌توان مشخص نمود که منبع عدم‌کارآیی دانشگاه‌ها مربوط به کدام زیرفرآیند و کدام سال بوده و ضمن شناسایی دلایل عملکردهای ضعیف، سیاست‌ها و راهکارهایی را جهت بهبود عملکرد دانشگاه در زمینه‌های که امکان بهبود در آنها فراهم است اتخاذ نمود.

نمودار مربوط به تغییرات میانگین کارآیی نوآوری دانشگاه‌ها و زیرفرآیندهای مربوطه روشن خواهد نمود که نوآوری کل از کدام زیرفرآیند تبعیت می‌کند و میزان تأثیرگذاری هر کدام از این زیرفرآیندها را بر کارآیی نوآوری مورد شناسایی قرار داد. می‌توان با تغییر در سیاستگذاری‌ها، نحوه این تأثیرگذاری و فرایندهای تأثیرگذار را اصلاح نمود تا دانشگاه‌ها را به سمتی سوق داد که عملکرد نوآوری آنها بیشتر تابع تجاری کردن ایده‌ها و ارتباط مستحکم‌تر و سودمندتر آنها با صنعت باشد. در این حالت ایده‌های خق شده در زیرفرآیند تحقیق و توسعه قابلیت‌های اجرایی و پیاده‌سازی خواهند داشت و دانشگاه‌ها به بنگاه‌های خلق ایده‌های غیرقابل اجرا تبدیل نخواهند شد. همچنین از تغییرات میانگین کارآیی در طول سنوات مختلف می‌توان تأثیر تغییر در سیاست‌های وزارت علوم بر عملکرد کلی دانشگاه‌ها به صورت عمومی و عملکرد پژوهشی آنها به صورت اختصاصی را درک نمود. بررسی نمودار فوق نشان دهنده این حقیقت این که متأسفانه ارتباط منطقی و نزدیکی میان دو زیرفرآیند تحقیق و توسعه و بکارگیری نتایج در دانشگاه‌ها برقرار نبوده و هر یک بصورت کاملاً مستقل سیاست‌گذاری شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. اخیراً وزارت علوم با تغییر در سیاست‌های خود و اعمال شاخص‌های عملکردی دانشگاه‌ها در تعیین بودجه عمومی آنها و حرکت از بودجه نهاده‌محور به بودجه ستاده‌محور (بر مبنای عملکرد) برای دانشگاه‌ها قدم‌هایی در این خصوص برداشته است. به نظر می‌رسد در حالی که دانشگاه‌ها در هر سال توجه خود را تنها به یکی از این زیر فرآیندها معطوف نموده و دیگری را مغفول می‌گذاشته‌اند، اکنون نیازمند توجه متناسب‌تر و متوازن‌تری به هر دو مقوله تحقیق و توسعه و تجاری‌سازی آن و درک ارتباط این دو زیرفرایند می‌باشند.

مدل استفاده شده در این تحقیق بر پایه مدل‌های ارائه شده بوسیله کو، چن، وانگ و شائو[1] (۲۰۱۶) و ساعتی و معماریانی[2] (۲۰۰۵) می‌باشد که تغییراتی در آن اعمال شده است. مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویای کو و دیگران (۲۰۱۶)، توانایی کنترل اوزان عوامل را نداشته و هیچ ایده ای در این مورد ندارد. این مدل با وجود اینکه برای ارزیابی سیستم‌های چندبخشی در دوره‌های زمانی متوالی مرتبط به هم، قابل استفاده است اما همچنان دو ایراد اساسی مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها در عدم کنترل اوزان و استفاده از اوزان متفاوت برای عوامل مشابه را داراست. در مدل ساعتی و معماریانی، با وجود اینکه امکان یافتن اوزان عمومی وجود دارد اما این مدل علاوه بر عدم‌توانایی در نظر گرفتن ساختارهای چندبخشی در دوره‌های زمانی متوالی، توانایی اعمال اوزان مورد نظر کارشناسان و کنترل اوزان را ندارد. اما مدل ارائه شده در این تحقیق علاوه بر اینکه امکان کاربرد در سیستم‌های چندبخشی- چند دوره‌ای را دارد با برطرف نمودن دو ایراد ذکرشده در مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها، امکان محدود نمودن اوزان انتخابی، اعمال نظر کارشناسان و محاسبه مجموعه اوزان عمومی برای عوامل را داراست.

نتایج جدول شماره ۲ نشان‌دهنده آن است که مدل ارائه شده در این تحقیق، علاوه بر امکان کنترل اوزان عوامل، از قابلیت خوبی در تفکیک‌کنندگی واحدهای کارآ و ناکارآ برخوردار است. البته لازم به ذکر است از ایراداتی که هم به مدل

[1] Kou, M., Chen, K., Wang, Sh., & Shao

[2]. Saati & Memariani

ارائه شده و هم به مدل ساعتی و معماریانی (۲۰۰۵) وارد است می‌توان به عدم معرفی واحدهای مرجع و ارائه مقادیر هدف برای واحدهای ناکارآ اشاره نمود.

با توجه به اینکه مدل مورد استفاده بر پایه مدل CCR خروجی محور تدوین شده است پیشنهاد می‌گردد ضمن در نظر گرفتن مفروضات متغیرهای بازگشت به مقیاس بر روی مدل‌های BCC شبکه‌ای پویا، مدل‌های غیرشعاعی، مدل‌های با خروجی یا ورودی مشترک بین مراحل و مدل‌های مبتنی بر متغیر کمبود، تحقیقات بیشتری صورت گیرد. همچنین در این مقاله برای رفع نقاط ضعف تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا و محدود کردن دامنه تغییرات اوزان، از روش‌های خاصی استفاده شده است. محققان می‌توانند ضمن استفاده از سایر روش‌ها برای حصول به این هدف، روش‌های مختلف را بررسی نموده و با یکدیگر مقایسه نمایند.

منابع

سلیمانی دامنه، رضا (۱۳۹۸). ارزیابی ساختارهای دومرحله‌ای متوالی: رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای چندهدفه (MO-NDEA). فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۱(۳)، ۴۸۷-۵۱۶.

شهریاری، سلطانعلی؛ لاهیجی، ساینا (۱۳۹۶). ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۹(۳)، ۴۵۵-۴۷۴.

صادقی‌مقدم، محمدرضا؛ غریب، علی‌حسین (۱۳۹۲). ارزیابی کارایی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی و اعمال محدودیت فازی برای کنترل اوزان و یافتن اوزان عمومی. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۵(۲)، ۷۱-۸۴.

غریب، علی‌حسین؛ آذر، عادل؛ مقبل باعرض؛ دهقان نیری، محمود (۱۳۹۸). طراحی مدل اندازه‌گیری نوآوری سازمان با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا (مورد مطالعه: دانشگاه‌های سطح یک کشور). چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۹(۳۳)، ۹-۲۹.

کاظمی، مصطفی؛ فائضی راد، محمدعلی (۱۳۹۷). پیش‌بینی کارآیی به کمک تأثیرپذیری غیرخطی از تأخبرهای زمانی در تحلیل پوششی داده‌ها با شبکه‌های عصبی مصنوعی. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۰(۱)، ۱۷-۳۴.

References

An, Q., Meng, F., Xiong, B., Wang, Z., & Chen, X. (2018). Assessing the relative efficiency of Chinese high-tech industries: a dynamic network data envelopment analysis approach. *Annals of Operations Research*, 1–23.

Anderson, T. R., Daim, T. U., & Lavoie, F. F. (2007). Measuring the efficiency of university technology transfer. *Technovation*, 27(5), 306–318.

Avkiran, N. K. (2015). An illustration of dynamic network DEA in commercial banking including robustness tests. *Omega*, 55, 141–150.

Bogetoft, P., Färe, R., Grosskopf, S., Hayes, K., & Taylor, L. (2009). Dynamic network DEA: An illustration. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 52(2), 147–162.

Canto, J. G. D., & Gonzalez, I. S. (1999). A resource-based analysis of the factors determining a firm's R&D activities. *Research Policy*, 28 (8), 891-905.

Chao, C. M., Yu, M. M., & Wu, H. N. (2015). An application of the dynamic network dea model: the case of banks in Taiwan. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51, S133–S151.

Charnes, A., Cooper, W. W., Huang, Z. M., & Sun, D. B. (1990). Polyhedral cone-ratio DEA models with an illustrative application to large commercial banks. *Journal of Econometrics*, 46(1-2). 73-91.

Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., & Zhu, J. (2009). Additive efficiency decomposition in two stage DEA. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 1170–1176

Chen, K., & Guan, J. (2011). Mapping the functionality of China's regional innovation systems: A structural approach. *China Economic Review*, 22, 11-27.

Chen, K. H., & Guan, J. C. (2012). Measuring China's regional innovation systems: an application of a relational network DEA. *Regional Studies*, 46(3), 355-370.

Chen, K. H., & Kou, M. T. (2014). Staged efficiency and its determinants of regional innovation systems: a two-step analytical procedure. *The Annals of Regional Science*, 52(2), 627–657.

Cook, W. D., Zhu, J., Bi, G. B. & Yang, F. (2010). Network DEA: additive efficiency decomposition. *European Journal of Operational Research*, 207(2), 1122–1129.

Cron, W., & Sobol, M. (1983). The relationship between compurerization and performance: A strategy for maximizing economic benefits of computerization. *Information & management*, 6, 171-181.

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

Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2013). *A dynamic network DEA model with an application to Japanese Shinkin banks*. In F. Pasiouras (Ed.), Efficiency and Productivity growth: modelling in the financial services industry (pp. 193–213). John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9781118541531.ch9.

Fukuyama, H., Weber, W. L., & Xia, Y., (2016). Time substitution and network effects with an application to nanobiotechnology policy for us universiries. *Omega*, 60, 34-44.

Guan, J. C., & Chen, K. H. (2010). Measuring the innovation production process: a cross-region empirical study of China's high-tech innovations. *Technovation*, 30(5), 348–358.

Guan, J. C., & Chen, K. H. (2012). Modeling the relative efficiency of national innovation systems. *Research Policy*, 41(1), 102–115.

Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2013). Modelling the effect of national culture on countries' innovation performances: A conditional full frontier approach. *International Review of Applied Economics*, 27(5), 656–678.

Hashimoto, A., & Haneda, S. (2008). Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry. *Research Policy*, 37(10), 1829–1836.

Hollanders, H., & Celikel-Esser, F. (2007). Measuring innovation efficiency. INNO Metrics 2007 report. *European Commission*. Brussels: DG Enterprise INNO Metrics 2007 report.

Jyoti, Banwet, D. K., & Deshmukh, S. G. (2008). Evaluating performance of national R&D organizations using integrated DEA-AHP technique. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(5), 370-388.

Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418–429.

Kao, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: a relational model. *European Journal of Operational Research*, 192(3), 949–962.

Kao, C., & Hwang, S. N. (2010). Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance. *Decision Support Systems*, 48, 437-446.

Kao, C. (2013). Dynamic data envelopment analysis: A relational analysis. *European Journal of Operational Research*, 227(2), 325–330.

Kazemi, M., Faezirad, M. (2018). Efficiency Estimation using Nonlinear Influences of Time Lags in DEA Using Artificial Neural Networks. *Industrial Management Journal*, 10(1), 17- 34. (*in Persian*)

Khushalani, J., & Ozcan, Y. A. (2017). Are hospitals producing quality care efficiently? An analysis using Dynamic Network Data Envelopment Analysis (DEA). *Socio-Economic Planning Sciences*, 60, 15–23.

Kordrostami, S., & Azmayandeh, O. H. (2013). The dynamic effect in parallel production systems; An illustration with Iranian Banks. *International Journal of Industrial Mathematics*, 5(2), 175-185.

Kou, M., Chen, K., Wang, Sh., & Shao, Y. (2016). Measuring efficiencies of multi-period and multi-division system associated with DEA: An application to OECD countries' national innovation systems. *Expert systems whit applications*, 46, 494–510.

Lee, H., Park, Y., & Choi, H. (2009). Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 847–855.

Park, K. S., & Park, K. (2009). Measurement of multiperiod aggregative efficiency. *European Journal of Operational Research*, 193 (2), 567-580.

Roll, Y., Cook, W., & Golany, B. (1991). Controlling Weights in DEA. *IIE Trans*, 21, 99-109

Saati, M. S., & Memariani, A. (2005). Reducing Weight Flexibility in Fuzzy DEA. *Applied Mathematics and Computation*, 161, 611-622.

Sadeghi moghaddam, M. R., Gharib, A. H. (2013). Measuring efficiency with fuzzy DEA using fuzzy constraints to finding a common set of weights. *Journal of Industrial Management*, 5(2), 71-84. (*in Persian*)

Shahriari, S., Lahiji, S. (2017). Performance Evaluation of the National Innovation Systems by Network Data Envelopment Analysis. *Journal of Industrial Management*, 9(3), 455-474. (*in Persian*)

Soleymani Damaneh, R. (2019). Evaluation of Continuous Two-stage Structures: A New Multi-objective Network Data Envelopment Analysis (MO-NDEA) Approach. *Industrial Management Journal*, 11(3), 487-516. (*in Persian*)

Soltanzadeh, E., & Omrani, H. (2018). Dynamic network data envelopment analysis model with fuzzy inputs and outputs: An application for Iranian Airlines. *Applied Soft Computing*, 63, 268–288.

Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C. T., Lee, E., & Thrall, R. M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of Econometrics*, 46 (1–2), 93–108.

Tone, K., & Tsutsui, M. (2010). Dynamic DEA: A slacks-basedmeasure approach. Omega. *The International Journal of Management Science*, 38(3), 145–156.

Tone, K., & Tsutsui, M., (2014). Dynamic DEA with network structure: A slack-based measure approach. *Omega*. 42, 124–131

Tran, C-D. T. T., & Villano, R. A. (2018). Financial efficiency of tertiary education institution: A second-stage dynamic network data envelopment analysis method. *The Singapore Economic Review*. https://doi.org/10.1142/S0217590818500133

Wang, C. H., Gopal, R. D., & Zionts, S. (1997). Use of data envelopment analysis in assessing information technology impact on firm performance. *Annals of Operation Research*, 73, 191–213.

Wang, E. C., & Huang, W. C. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA. *approach. Research Policy*, 36(2), 260–273.

Xiao- Bail & Reeves, G. R, (1997). Theory and Methodology: A Multiple Criteria Approach to Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operation Research*, 507-508.

Zhang, T., Chiu, Y-H., Li, Y., & Lin, T-Y. (2018). Air Pollutant and Health-Efficiency Evaluation Based on a Dynamic Network Data Envelopment Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), 2046.

Zhang, L. (2019). Dynamic network data envelopment analysis based upon technology changes. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 57(2), 242–259.