E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 6, Spec. Issue. (2022) 1–19.

Paper Type: Original Article

Projects Efficiency Evaluation by Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard

Morteza Shafiee[1], Hilda Saleh[2,*], Ramin Ziyari[3]

[1] *Department of Industrial Management, Faculty of Economic and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran; ma.shafiee277@gmail.com.*

[2] *Department of Mathematics, Faculty of Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; hilda_saleh@yahoo.com.*

[3] *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shemiranat Branch, Payame-Noor University, Tehran, Iran; m_shafiee277@yahoo.com.*

Citation:

Shafiee, M., Saleh, H., & Ziyari, R. (2022). Projects efficiency evaluation by data envelopment analysis and balanced scorecard. *Journal of decisions and operations research,* 6 (Spec. Issue), 1-19.

Received: 14/05/2021 Reviewed: 22/06/2021 Revised: 07/11/2021 Accepted: 12/11/2021

Abstract

Purpose: Despite increasing advances in project management, a very large proportion of projects still fail. Because there is no comprehensive approach to fully evaluate projects. Therefore, in this research, a new method for evaluating the efficiency of projects has been introduced, which is well understood due to the quantitative and qualitative nature of the designed model.

Methodology: This research is applied in nature and the research method used in it is case study. Various methods such as library studies, searching articles and journals related to the research topic have been used to obtain information in the theoretical sections, and interviews and questionnaire have been used to determine the indicators. After extracting the indicators and designing the network structure based on the perspective of the balanced scorecard, the data envelopment analysis network model was designed and then the model was solved and finally the results were analyzed.

Findings: Using the designed model, the efficiency and performance of Shiraz Civil Institute projects is evaluated from four financial perspectives, stakeholders and partners, and internal processes, and growth and learning. And according to the results, 33% of the projects of the Civil Institute are inefficient and the rest of the projects are efficient.

Originality/Value: The model presented in this paper is a combination of network data envelopment analysis and balanced scorecard, and a systematic relationship has been established between the two methods, so that one of them complements and covers the weaknesses of the other method.

Keywords: Efficiency evaluation, Network data envelopment analysis, Balanced scorecard, Project efficiency.

Corresponding Author: hilda_saleh@yahoo.com http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2020.229828.1150

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۶، شماره ویژه، (۱۴۰۰)، ۱۹-۱

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی کارایی پروژه‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیازی متوازن

مرتضی شفیعی[۱]، هیلدا صالح[۲،*]، رامین زیاری[۳]

[۱]گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

[۲]گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۳]گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، واحد شمیرانات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

چکیده

هدف: علی‌رغم پیشرفت‌های روزافزون در زمینه مدیریت پروژه، هنوز سهم بسیار بالایی از پروژه‌ها با شکست مواجه می‌شوند. زیرا رویکرد جامعی که بتوان ارزیابی کاملی از پروژه‌ها انجام داد، وجود ندارد. در این پژوهش یک روش جدید برای ارزیابی کارایی پروژه‌ها معرفی شده است که با توجه به ماهیت کمی و کیفی مدل طراحی‌شده، عملکرد پروژه‌ها به‌خوبی قابل‌درک باشد.

روش‌شناسی پژوهش: این تحقیق به لحاظ ماهیت از تحقیقات کاربردی بوده و روش تحقیق مورد استفاده در آن زمینه‌ای موردی می‌باشد. برای دست‌یابی به اطلاعات بخش‌های نظری از روش‌های مختلفی همچون مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات و ژورنال‌های مرتبط با موضوع تحقیق و برای تعیین شاخص‌ها از روش مصاحبه و برگه ارزشیابی استفاده شده است. بعد از استخراج شاخص‌ها و طراحی ساختار شبکه‌ای بر اساس منظر کارت امتیازی متوازن، مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها طراحی گردید و سپس مدل حل و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: با استفاده از مدل طراحی‌شده، به ارزیابی کارایی و عملکرد پروژه‌های موسسه عمران شهر شیراز از چهار منظر مالی، ذینفعان و شرکا و فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری پرداخته شده است و براساس نتایج به دست آمده، ۳۳% از پروژه‌های موسسه عمران ناکارا می‌باشند و مابقی پروژه‌ها کارا هستند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: مدل ارائه‌شده در این مقاله، تلفیقی از تحلیل‌پوششی داده‌های شبکه‌ای و کارت امتیاز متوازن می‌باشد و یک ارتباط سیستماتیک بین این دو روش ایجاد شده است به‌طوری که از یکی از آن‌ها به‌عنوان مکمل و پوشاننده نقاط ضعف روش دیگر باشد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی کارایی، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، کارت امتیازی متوازن، کارایی پروژه.

۱- مقدمه

امروزه تمامی مدیران در همه‌ی سازمان‌ها، خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت‌های موجود در بخش‌های مختلف می‌باشند. بنابراین وجود مدلی به‌منظور ارائه‌ی بازخورد در راستای بهبود عملکرد پروژه‌های مختلف سازمان‌ها و دستیابی به ابزاری جهت برآوردن این نیاز مدیران، بسیار ضروری و منطقی به نظر می‌رسد. امروزه سازمان‌ها نیز محق و علاقمند هستند که در راستای ضرورت فوق، سعی و تلاش در به‌کارگیری مدلی مناسب جهت ارزیابی عملکرد پروژه‌های خود داشته باشند. تا بتوانند علاوه بر شناسایی پروژه‌های کارا و ناکارا،

* نویسنده مسئول

hilda_saleh@yahoo.com

http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2020.229828.1150

استراتژی‌های مناسب را جهت بهبود عملکرد پروژه‌های ناکارا و تقویت پروژه‌های کارا تدوین نماید. در سال‌های اخیر، محققین توجه بسیار زیادی بر مباحث مرتبط با مدیریت پروژه نموده‌اند. با بررسی اجمالی منابع اطلاعاتی، به‌راحتی می‌توانیم روند رو به رشد مطالعات پروژه را در حوزه‌های مختلف ادبیات سازمانی شاهد باشیم. اما نکته قابل‌توجه اینکه در کنار به وجود آمدن هر سیستم و رویه جدید در سازمان، نیازمند آن هستیم که عملکرد این سیستم جدید و به عبارتی کارایی و اثربخشی آن را بسنجیم، تا بتوانیم با شناسایی فرصت‌های بهبود، شرایط سازمان را ارتقا دهیم.

به‌طور کلی روش‌های ارزیابی عملکرد پروژه را می‌توان به دودسته روش‌های کیفی و کمی تقسیم‌بندی نمود. روش‌های نظری در عین حالی که تاثیر تعیین‌کننده‌ای در گشودن افق‌های جدید در امر ارزیابی داشتند،، اما پاسخگوی ارزیابی کیفی عملکرد پروژه‌ها نبودند، لذا تلاش‌هایی در زمینه روش‌های ارزیابی کمی نیز صورت گرفت. در این راستا شاخص‌های ارزیابی که قابلیت اندازه‌گیری داشته و ابعاد مختلف عملکرد را منعکس نمایند، تعریف شدند و روش‌های مختلف تجزیه‌وتحلیل آن‌ها ارائه شد. یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌های ارزیابی عملکرد، روش ارزیابی کلاسیك می‌باشد که با طبقه‌بندی و امتیازدهی شاخص‌ها شروع شده و سپس با استفاده از جمع وزنی تک‌تک شاخص‌ها، امتیاز کل عملکرد سیستم به‌دست می‌آید. با پیشرفت کاربرد روش‌های ریاضی در ارزیابی واحدهای صنعتی و خدماتی، روش‌های دیگری نیز معرفی شده و به‌تدریج در واحدهای صنعتی و خدماتی به‌کار گرفته شدند. برخی‌از این روش‌ها عبارت‌اند از: روش تحلیل تشخیصی[1]، روش ارزیابی سریع، روش تحلیل پوششی داده‌ها، روش کارت امتیازی متوازن و روش‌های ارزیابی پس از انجام پروژه[2].

در ادبیات ارزیابی عملکرد دو دیدگاه اساسی وجود دارد: دیدگاه اول، در سال ۱۸۸۰ آغاز شد که به دیدگاه سنتی معروف بود و دیدگاه دوم، در اواخر ۱۹۸۰ آغاز و تا به امروز نیز ادامه دارد (قالاوینی و نوبل[3]، ۱۹۹٦). دیدگاه سنتی بر اندازه‌گیری عملکرد مبتنی‌بر شاخص‌های مالی و حسابداری نظیر سود هر سهم، نرخ بازده دارایی‌ها و ... تأکید داشت. در این روش، با استفاده از داده‌ها و ستاده‌های بنگاه، نسبتی را تهیه می‌کنند، صورت آن ستاده و مخرج آن داده است و حاصل این نسبت کارایی آن بنگاه است. شاخص‌ها و نسبت‌های مالی به‌منظور تجزیه‌وتحلیل وضعیت مالی بنگاه و مقایسه‌ی آن با سایر بنگاه‌ها، از صورت‌های مالی منتشرشده توسط سیستم حسابداری، استخراج می‌شود. سپس نسبت‌های مالی محاسبه‌شده، با نسبت‌هایی که برای واحد انتفاعی موردنظر مناسب به‌نظر می‌رسد (شاخص عملکرد) مقایسه می‌گردد (شباهنگ[4]، ۱۹۹٤). با نسبت‌های مالی می‌توان درستی و صحت مالی کلی پروژه و کارایی عملیاتی مدیریت آن را بررسی کرد (کوئنگ[5]، ۲۰۰۰). از دیدگاه هنجاری، نسبت‌های مالی با مبنا (متوسط سالیانه و یا شاخص) مقایسه شده، آن‌گاه در مورد عملکرد قضاوت می‌شود، درحالی که از دیدگاه اثباتی، نسبت‌های مالی برای پیش‌بینی عملکرد آتی و ورشکستگی و ارزیابی ریسک پروژه استفاده می‌شود (الشماری و سلیمی[6]، ۱۹۹۸).

بررسی‌ها نشان داده است که هر دو دیدگاه موفقیت‌هایی در گذشته کسب کرده‌اند. درعین حال این روش‌ها دارای مشکلات و معایبی نیز هستند. به نظر اسمیت و بارتر، یک سری مشکلات روش‌شناسی وجود دارد که ضعف‌هایی را در روش نسبت‌های مالی نمایان کرده است. ضعف اصلی این است که یک یا چند نسبت، نمی‌تواند اطلاعات کافی در مورد جنبه گوناگون عملکرد را فراهم کند. به‌عنوان مثال پروژه‌ای که در کوتاه‌مدت به‌خوبی اداره نشده است، امکان دارد بلندمدت نتواند عملکرد خوبی را از خود نشان دهد (یولان و شوستراند[7]، ۲۰۰۷). مشکل بعدی که در روش نسبت‌های مالی وجود دارد، به انتخاب مبنا یا معیار مقایسه (شاخص) که برای تحلیل نسبت‌های مالی از نسبت‌های واحد یا چندگانه استفاده می‌شود، بستگی دارد (الشماری و سلیمی، ۱۹۹۸). معمولاً استفاده از نسبت‌های عملکرد، در بررسی عملکرد واحدهایی که چندین ستاده به‌همراه چندین داده دارند (مؤسسات خدمات یا بازرگانی) امکان‌پذیر نیست (اسلامی بیگدلی و کاشانی پور[8]، ۲۰۰٤). مشکل دیگری که در استفاده از نسبت‌های مالی وجود دارد این است که استانداردهای حسابداری غیرقابل انعطاف هستند. این در حالی است که شرایط کسب‌وکار دائماً در حال تغییر و تحول است و استانداردهای حسابداری کمابیش ثابت می‌مانند. به نظر منتقدین در یک محیط پویا و متحرک، اتکای عمده‌ی مؤسسه باید بیش‌تر روی منابع انسانی آن باشد تا انطباق آن با استانداردهای

[1] Diagnostic Analysis
[2] Ex-Post evaluation method
[3] Ghalayini and Noble
[4] Shabahang
[5] Kueng
[6] Al-Shammari and Salimi
[7] Youranoliy and Shosterand
[8] Eslami Bigdeli and Kashanipour

غیرقابل انعطاف. با گذشت زمان توجه حسابداران به مسائل روان‌شناختی و روابط انسانی فزونی یافته و استانداردها (مقیاس‌های حسابداری) از ابزار فشاربودن خارج شده و به‌عنوان جزئی از مدیریت مشارکتی درآمده است (سجادی و همکاران[1]، ۲۰۱۰).

با توجه به آن‌چه گفته شد می‌توان گفت که، توجه صرف بر شاخص‌های مالی نتایج ضعیفی را در ارزیابی عملکرد ارائه می‌دهد (آن[2]، ۲۰۰۱) و سبب بروز مشکلاتی ازجمله امکان تضاد شاخص مالی با اهداف راهبردی سازمان و اثرات کوتاه‌مدت آن و توجه‌نکردن به عوامل کیفی هم‌چون رضایت مشتری می‌شود. با گسترش فعالیت‌ها و حوزه عملکردی سازمان‌ها، پویایی محیط و مطرح‌شدن موضوع‌ها و مسائل نوین مدیریتی مانند رضایت مشتری، مسئولیت اجتماعی و ... مدیران به‌دنبال ابزاری بودند که علاوه بر شاخص‌های مالی دربردارنده شاخص‌های کیفی نیز باشند و آن‌ها را در تحقق استراتژی‌هایشان یاری دهد. در این راستا کاپلان و نورتن روش کارت امتیازی متوازن[3](*BSC*) را ارائه نمودند (کاپلان و نورتون[4]، ۱۹۹۶). کارت امتیازی متوازن ابزاری نوین و چندبعدی در ارزیابی عملکرد و کنترل مدیریت است که معیارهای عملکردی را با استراتژی‌های سازمان هم‌سو می‌سازد (آن، ۲۰۰۱). هم‌چنین اندازه‌گیری را به‌عنوان زبانی جدید برای توصیف عوامل محسوس و نامحسوس، جهت نیل به استراتژی‌های سازمان به‌کارگرفته و چشم‌انداز و مأموریت سازمان را در قالب روابط علت‌ومعلولی در چهار منظر، مالی، مشتری، فرآیند داخلی کسب‌وکار و رشد و یادگیری توصیف می‌کند. سیستم مدیریتی کارت امتیازی متوازن، به‌عنوان چارچوب جامع ارزیابی عملکرد و پیشبرد استراتژی، مطرح بوده که به ایجاد توازن بین اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت، سنجه‌های مالی و غیرمالی، عملکرد داخلی و خارجی، ذینفعان درونی و بیرونی، شاخص‌های هادی و تابع عملکرد، منجر می‌شود و عملکرد سازمان را در حال و آینده مورد بررسی قرار می‌دهد (کاپلان و نورتون، ۱۹۹۲). از زمان معرفی کارت امتیازی متوازن تا به حال، اکثر شرکت‌ها آن را به‌عنوان یك زیربنا برای سیستم مدیریت استراتژیك خود پذیرفته‌اند و این امر به مدیران کمك می‌نماید تا کسب‌وکارشان را با استراتژی‌های جدید در راستای فرصت‌های رشد بر مبنای انعطاف‌پذیری بیش‌تر، ارزش‌افزوده محصولات و خدمات و کاهش هزینه‌ها، همسو نمایند (مارتینسونس و همکاران[5]، ۱۹۹۹). درواقع کارت امتیازی متوازن را می‌توان معیار سنجش مدیریتی و یک سیستم مدیریت استراتژیک دانست که به‌نوعی کار ارزیابی عملکرد سازمانی را میسر می‌سازد (یه‌چینگ و شیه‌جن[6]، ۱۹۹۹). کارت امتیازی متوازن نیز هم‌چون سایر مدل‌ها دارای کاستی‌هایی می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مواردی هم‌چون تمرکز بر علیت یک جهته، نادیده‌گرفتن جایگزینی بین شاخص‌ها و بین چهار وجه، یکسان ودن ارزش وزنی بین شاخص‌ها، عدم‌تشخیص تأخیر بین اقدامات و تأثیر آن بر عملکرد سیستم و عدم امکان رتبه‌بندی کارایی و عملکرد اشاره نمود.

این مشکلات باعث شدند تا محققان در این مقاله، با ترکیب روش‌های ریاضی با کارت امتیازی متوازن، مشکلات و مسائل آن را مرتفع سازند. با بررسی بیش‌تر مشخص گردید که روش مناسبی که می‌تواند با کارت امتیازی متوازن ترکیب شود و امکان ارائه نمره کارایی و رتبه‌بندی پروژه‌ها را مهیا سازد، تحلیل پوششی داده‌ها است (بوسکویک و کرستیس[7]، ۲۰۲۰). این روش نا پارامتریک برای اندازه‌گیری کارایی از تابع تولید استفاده می‌کند. تحلیل پوششی داده‌ها روشی ناپارامتریک برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده همگن است که برای اولین بار توسط فارل[8] (۱۹۵۷) برای ارزیابی کارایی واحدهای با یک ورودی و یک خروجی ارایه شد. سپس چارنز و همکاران[9] (۱۹۷۸) این روش را برای ارزیابی واحدهای با چند ورودی و چند خروجی تعمیم دادند.

بنابراین در این پژوهش یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای جدید با ماهیت کارت امتیازی متوازن، برای ارزیابی کارایی پروژه‌ها معرفی می‌شود که با توجه به ماهیت کمی و کیفی روش ارایه‌شده، عملکرد پروژه‌ها به‌خوبی قابل‌درک می‌باشد. در این پژوهش، دو روش کارت امتیاز متوازن[10] و روش تحلیل‌پوششی داده‌های شبکه‌ای[11] باهم ترکیب می‌شوند و درنهایت نشان داده می‌شود که ترکیب روش‌های فوق از کارایی بالاتری نسبت به هرکدام از روش‌ها به‌تنهایی برخوردار است.

---

[1] Sajjadi et al.
[2] Ahn
[3] Balanced Score Card
[4] Kaplan and Norton
[5] Martinsons et al.
[6] Yee-Ching and Shih-Jen
[7] Bošković and Krstić
[8] Farrell
[9] Charnes et al.
[10] Balanced Score Card (BSC)
[11] Network Data Envelopment Analysis (NDEA)

۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۱- کارت امتیازی متوازن

در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی، مقالات متعددی در نشریات مدیریتی در مورد ناکارآمدی روش‌های ارزیابی، عملکرد پروژه‌ها و شرکت‌ها منتشر شد. در سال ۱۹۸۷، تحقیقی توسط انجمن ملی حسابداران آمریکا و مؤسسه نشان داد که ٪۶۰ از مجموع ۲۶۰ مدیر مالی و ٦٤ مدیر اجرایی شرکت‌های آمریکایی از سیستم ارزیابی عملکرد شرکت ناراضی بودند و نارسایی سنجش‌های مالی صرف بیش‌ازپیش نمایان گردید. چرا که در عصر اقتصاد مبتنی بر دانش، فعالیت‌های ارزش‌آفرین سازمان‌ها فقط متکی به دارایی‌های مشهود آن‌ها نیست. روش‌های سنتی ارزیابی عملکرد که عمدتاً بر سنجه‌های مالی استوار هستند، نه‌تنها در انعکاس کامل دلایل موفقیت و یا عدم موفقیت شرکت‌ها کفایت لازم را ندارند، بلکه ارتباط منطقی و علت و معلولی بین عوامل محرکه موفقیت و دستاوردهای حاصله نیز برقرار نمی‌کنند، از این‌رو در حمایت از برنامه‌های مدیریت بالاخص برنامه‌های استراتژیک سازمان ناتوان می‌باشند. در اوایل دهه ۱۹۹۰، رابرت کاپلان استاد دانشکده بازرگانی دانشگاه هاروارد به‌اتفاق دیوید نورتن، اعلام کردند که برای انجام یک ارزیابی کامل از عملکرد سازمان می‌بایست این عملکرد از چهار زاویه یا منظر مورد ارزیابی قرار گیرد (کاپلان و نورتون، ۱۹۹٦). این مناظر عبارت‌اند از: منظر مالی، منظر مشتری، منظر فرآیندهای داخلی و منظر رشد و یادگیری. در وجه مالی با بررسی امکانات، نیازها و انتظارات مالی پروژه و در وجه مشتریان با بررسی نیازها و تاثیرات نتایج اجرای پروژه و در وجه فرآیندها با بررسی فرآیندها و فعالیت‌های پروژه و در وجه رشد و یادگیری با بررسی منابع موردنیاز پروژه به ارزیابی عملکرد پروژه می‌پردازد. برای طبقه‌بندی شاخص‌های پروژه با الهام‌گرفتن از چهار وجه اشاره شده و در هر یك از بخش‌ها با درنظر گرفتن عناوین کلی و شاخص‌ها به ارزیابی عملکرد پروژه پرداخته شده است (کاپلان و نورتون، ۱۹۹٦).

۲-۲- تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک تجزیه‌وتحلیل ناپارامتریک داده‌ها است که به‌طور گسترده، توسط جوامع تحقیقاتی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. اولین بار فارل در سال ۱۹۵۷ مدلی را برای ارزیابی و محاسبه کارایی با ورودی‌های چندگانه و یک خروجی ارائه داد (فارل، ۱۹۵۷). مدلی که فارل ارائه کرد از مرز تولید که بعدا به‌نام مرز کارایی نامیده شد، استفاده می‌کند تا کارایی تولید را بدون استفاده از توابع تولید ازپیش تعیین‌شده، با درنظر گرفتن تمامی واحدهای تصمیم‌گیرنده[1]، محاسبه کند. او کارایی فنی، کارایی تخصیصی یا کارایی قیمت را مورد ارزیابی قرار داده و مقدار کارایی را بین صفر و یک تعریف می‌کند (چنان‌چه مقدار یک باشد واحد کاراست در غیر این صورت ناکاراست) (لین و همکاران[2]، ۲۰۰۹). تحلیل پوششی داده‌ها برخلاف روش‌های پارامتریک از قبیل *SFA*[3]، *DFA*[4] و *TFA*[5] یا روش‌های آماری رگرسیون، نیازی به اختصاص وزن به هرکدام از ورودی‌ها یا خروجی‌ها نداشته و همچنین احتیاجی به تعیین شکل خاصی از یک تابع (مثل تابع کاب-داگلاس یا ترانسلوگ) به‌منظور ارزیابی کارایی ندارد.

چارنز و همکاران (۱۹۷۸) مفهوم اندازه‌گیری کارایی فارل با چندین ورودی و یک خروجی را به مفهوم چندین ورودی و چندین خروجی توسعه دادند. آن‌ها از ترکیب خطی به‌منظور تبدیل مدل به یک ورودی و یک خروجی مجازی استفاده کردند و مرز کارایی را از نسبت دو ترکیب خطی تخمین زده و کارایی نسبی هرکدام از واحدهای تصمیم‌گیرنده را تحت بازده نسبت به مقیاس ثابت به‌صورت عددی بین صفر و یک محاسبه کردند (چارنز و همکاران ۱۹۷۸). بنکر و چانز و کوپر با حذف اصل بازده به مقیاس ثابت و تغییر آن به بازده متغیر به مقیاس، مدل دیگری به نام مدل *BCC* ارایه نمودند (بنکر و همکاران[6]، ۱۹۸٤). مدل‌های*CCR* و *BCC* برحسب این‌که مدیر بر ورودی‌ها یا خروجی‌ها کنترل داشته باشد به‌صورت مدل‌های ورودی محور یا خروجی‌محور ارائه می‌شوند. پس‌از ارایه مدل‌های اولیه تحلیل پوششی داده‌ها این تکنیک به‌سرعت در صنایع مختلف به کار گرفته شد و محققین بسیاری در این زمینه مطالعات گسترده‌ای انجام دادند ازجمله: لی و همکاران[7] (۲۰۱۸)، مائو و همکاران[8] (۲۰۲۰)، بوسکویک و کرستیس (۲۰۲۰)، یانگ و همکاران[9] (۲۰۲۰) و عدالت‌پناه[10] (۲۰۲۰).

---

[1] Decision Making Uits (DMUs)
[2] Lin et al.
[3] Stochastic Frontier Approach
[4] Tick Frontier Approach
[5] Distribution Free Approach
[6] Banker et al.
[7] Li et al.
[8] Mao et al.
[9] Yang et al.
[10] Edalatpanah

اگرچه مدل‌های تحلیل‌پوششی‌داده‌ها ابزاری قدرتمند برای ارزیابی عملکرد واحدهای تحت ارزیابی می‌باشند ولی با استفاده از این مدل‌ها روابط درون سازمان نادیده گرفته می‌شد و صرفا ورودی اولیه و خروجی نهایی سیستم درنظر گرفته می‌شده است. بنابراین شاخه‌ای جدید از تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به نام تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای معرفی شد. یکی از تحقیقات اولیه در مورد تحلیل‌پوششی‌داده-های‌شبکه‌ای به مطالعه فار و همکاران برمی‌گردد (فار و گروسکف[1]، ۲۰۰۰). در سال ۲۰۰٤ مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای توسط سکستون و لوئیس[2] (۲۰۰۳) توسعه داده‌شد. همچنین چن و همکاران[3] (۲۰۰٦) نوعی مدل تحلیل پوششی داده‌ای شبکه‌ای برای ارزیابی زنجیره تأمین ارائه دادند که توانایی به‌کارگیری تعاملات پیچیده زنجیره را به‌وسیله یک مدل ریاضی داراست. این روش برای طراحی و ارزیابی عملیات زنجیره تأمین چند شرکت خودروسازی مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌های انتخاب‌شده در این تحقیق صرفاً از نوع مالی و از سطح عملیاتی بوده است. در مطالعه‌ای دیگر ملکی و علی لو شاخص بهره‌وری لئونبرگر در شبکه‌ی دومرحله‌ای با حضور محصولات میانی نامطلوب و داده‌های ورودی غیرقابل کنترل مورد محاسبه قرار دادند (ملکی و کربلایی‌علیلو[4]، ۲۰۲۰). همچنین نصرت و روزبهی مدلی غیر شعاعی را برای ارزیابی واحدهای دومرحله‌ای ارایه نمودند (نصرت و روزبهی[5]، ۲۰۱۹). پس‌از معرفی تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای، مطالعات کاربردی متعددی در این زمینه انجام شده است. به‌عنوان نمونه امامی و باقرزاده تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای را برای ارزیابی کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران به کار گرفتند (امانی و باقرزاده‌ولمی[6]، ۲۰۱۸). همچنین در مطالعه‌ای دیگر ژو با استفاده از این روش به ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین صنایع مبلمان در چین پرداخته و شاخص‌های هزینه (هزینه‌های مستقیم، عملیاتی و حمل‌ونقل)، زمان تأخیر سفارش، تعداد کارکنان، انعطاف‌پذیری، مالی، نرخ اجرای سفارش و درصد زمان تحویل استفاده کرد (لین و همکاران، ۲۰۰۹). هیس و لین[7] (۲۰۱۰) از این روش برای ارزیابی عملکرد هتل‌های گردشگری بین‌المللی تایوان استفاده نمود. وی از ورودی‌هایی نظیر هزینه‌های مکان، تعداد کارکنان، هزینه‌های تدارکات و تعداد پرسنل تدارکات و شاخص‌های واسطه‌ای شامل متراژ اتاق‌ها و تدارکات و برخی ستانده‌های نهایی مانند سودنهایی و ...؛ استفاده نموده بود، که نشان می‌دهد در تحقیق مذکور تنها شاخص‌های فیزیکی و مالی استفاده شده است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر کوک و همکاران[8] (۲۰۱۰) با توجه به ماهیت واحدهای تصمیم‌گیرنده، به‌صورت شبکه‌ای و چندمرحله‌ای مدل شبکه‌ای جدیدی را ارائه دادند.

۳-۲- مقایسه تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیازی متوازن

ترکیب دو روش *DEA* و *BSC* دارای مزایایی می‌باشد که نقاط ضعف هر دو روش را پوشش می‌دهد. تکنیک‌هایی مانند *DEA* و *BSC* به‌عنوان ابزارهایی هستند که نمی‌توان آن‌ها را به‌عنوان تکنیک‌های جایگزین هم مطرح نمود. بلکه استفاده تلفیقی از آن‌ها در نظام ارزیابی عملکرد لازم به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر می‌توان یک ارتباط سیستماتیک بین دو روش یادشده ایجاد نمود. به طوری‌که از یکی از آن‌ها به‌عنوان مکمل و پوشاننده نقاط ضعف روش دیگر استفاده کرد. از این رو به‌کارگیری صحیح و ترکیب درست آن‌ها می‌تواند از مسائل مهم ارزیابی باشد. ساختار تکمیلی مقایسه‌ای در مورد *DEA* و *BSC* در **جدول ۱** به شکل خلاصه آورده شده است (نجفی و همکاران[9]، ۲۰۰۸).

جدول ۱- مقایسه دو تکنیک تحلیل‌پوششی‌داده‌ها و کارت امتیازی متوازن.

Table 1- Comparison of two techniques of data envelopment analysis and balanced scorecard.

قابلیت	تکنیک DEA	تکنیک BSC
نحوه مقایسه	مقایسه نسبی واحدهای مشابه	مقایسه با یک واحد مجازی ایدئال
ساختار	ورودی-خروجی	چند دیدگاهی
اصول ریاضی	قوی	ضعیف
فرآیندهای کاربردی	تعیین کارایی تکنیکی	خودارزیابی سازمان
دقت اندازه‌گیری	بالا	متوسط
توانایی در ارائه راهکارهای بهبود	بالا	متوسط
امکان رتبه‌بندی	دارد	ندارد
آینده‌نگری	ندارد	دارد
لحاظ استراتژی سازمان	ندارد	دارد

[1] Färe and Grosskopf
[2] Sexton and Lewis
[3] Chen et al.
[4] Maleki and Karbalaei Alilo
[5] Nosrat and Roozbehi
[6] Amani and Bagherzadevalami
[7] Hsieh and Lin
[8] Cook et al.
[9] Najafi et al.

در تکنیک ترکیبی *DEA – BSC* از *BSC* به‌عنوان ابزاری برای طراحی شاخص‌های ارزیابی عملکرد و از *DEA* به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی عملکرد استفاده می‌شود. تکنیک ترکیبی *DEA – BSC* دارای ویژگی‌های متعددی است که ازجمله‌ی آن‌ها را می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- اطمینان از ارتباط اهداف و استراتژی‌ها با شاخص‌های کلیدی عملکرد.
- وجود توازن در شاخص‌های کلیدی عملکرد در ابعاد مختلف سازمان.
- ارزیابی پروژه در فضای مقایسه‌ای تجربه‌شده از سال‌های قبل با پروژه‌های مشابه.
- تعیین مسیر اصلاح و بهبود شاخص‌ها با تکیه بر نتایج علمی ارزیابی عملکرد.
- تعیین اهداف شاخص‌ها بر اساس مسیر اصلاح و بهبود پیشینه تحقیق.

ایلت و همکاران[1] (۲۰۰۶) از تکنیک‌های تحلیل‌پوششی‌داده‌ها و کارت امتیاز متوازن و الگوریتم شاخه کرانه استفاده نمودند. در این مقاله یک روش برای ساخت و ارزیابی بهره‌وری سبدهای متعادل پروژه‌های *R & D* ارائه شد. روش پیشنهادی از ۷ مرحله تشکیل شده است: ۱) تخصیص منابع ۲) ارزیابی پروژه‌های منفرد ۳) کنترل تغییرپذیری پروژه‌ها ٤) ایجاد یک سبد پروژه ٥) ایجاد یک تابع تجمعی برای محاسبه ورودی‌ها و خروجی‌های سبد پروژه جایگزین ٦) ارزیابی سبدهای پروژه جایگزین ۷) تحلیل حساسیت.

آمادو و همکاران[2] (۲۰۱۲) مقاله‌ای تحت عنوان "ادغام دو رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیازی متوازن برای ارتقای ارزیابی عملکرد" ارائه دادند. در این مقاله مشخص شده است که، کجا فضایی برای بهبود کارایی‌های سازمانی وجود دارد و فرصت‌هایی را برای یادگیری متقابل بین *DMUs*ها را خاطرنشان می‌کند. چن و چن[3] (۲۰۰۷) نیز با ترکیب دو روش *BSC* و*DEA* به سنجش کارایی صنایع تولیدی اجسام نیمه‌رسانا در تایوان پرداختند. در این تحقیق از مدل بدون ورودی واقعی استفاده گردید و نرخ درآمد قبل از پرداخت مالیات، حساب‌های دریافتنی، سود عملیاتی ناخالص، مقدار فروش، سهم بازار، موجودی برگشتی، هزینه‌های تحقیق و توسعه، حجم موجودی انبار، برنامه‌های آموزشی، شاخص تفویض اختیار و ساعات آموزش به‌عنوان خروجی‌های مدل درنظر گرفته شده است (چن و چن، ۲۰۰۷). سونر و همکاران[4] (۲۰۰۵) با ترکیب روش‌های *DEA-BSC* کارایی شرکت‌های مرتبط با سازمان تحقیقاتی بازار اروپا را مورد سنجش قرار دادند، که دارای ورودی‌هایی مانند کل هزینه‌های عملیاتی، زمان دستیابی به بازار، توانایی اجرای فرآیند تولید وخروجی‌هایی از قبیل سهم بازار، انگیزش و رضایت کارکنان می‌باشد. گارسیا- والدراما و همکاران[5] (۲۰۰۹) در مقاله‌ای ارتباط متقابل بین وجه‌های تکنیک کارت امتیاز متوازن را به‌وسیله تکنیک تحلیل‌پوششی‌داده‌ها، در شرکت‌های شیمیایی و داروسازی در اسپانیا مورد مطالعه قرار دهند. در این مقاله در مرحله اول ٥ مدل مختلف تحلیل پوششی داده‌ها توسعه داده شده است، در مرحله دوم نسبت ارتباط بین نتایج مدل‌های *DEA* محاسبه شده است. چیانگ و لین[6] (۲۰۰۹) به ارزیابی عملکرد بر اساس تکنیک *DEA* و *BSC* در دو صنعت مجزا (خودرو و بانک‌های تجاری) در ایالات‌متحده پرداختند. آن‌ها در مرحله اول یک تحلیل آماری برای اثبات ارتباط متقابل بین وجه‌های تکنیک *BSC* انجام دادند و در مرحله دوم یک مدل *DEA* با چهار متغیر ورودی و چهار متغیر خروجی ایجاد کردند. هر متغیر خروجی بر اساس یک میانگین ساده از شاخص‌های *BSC* برای هر وجه آن محاسبه می‌شود. چن و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای تحت عنوان "آنالیز عملکرد عملیات شرکت‌ها با استفاده از تکنیک *DEA* و *BSC* با مطالعه موردی در بانک‌های تایوان" نشان می‌دهد، چگونه انتخاب شاخص‌های عملکرد می‌تواند بر روی نتایج ارزیابی عملکرد اثر بگذارد. در این مقاله محقق نتایج ٤ مدل *DEA* را باهم مقایسه می‌کند. اولین مدل شامل شاخص‌های اساسی برای ورودی و خروجی می‌باشد. مدل دوم شامل شاخص‌های *BSC* می‌باشد. مدل سوم علاوه بر شاخص‌های *BSC* شامل شاخص مدیریت ریسک هم می‌باشد و درنهایت مدل چهارم شامل شاخص‌های سنتی و مالی می‌باشد. ایلت و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی پروژه‌های *R & D*" از یک مدل یکپارچه *DEA-BSC* استفاده کردند. در این روش ورودی‌ها و خروجی‌ها به کارت‌هایی تقسیم شدند، که این کارت‌ها به وجه‌های *BSC* تخصیص داده شدند. تکنیک کارت امتیاز متوازن به‌صورت ساختار سلسله مراتبی از محدودیت‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها قرار می‌گیرد که این امر سبب تعادل در ارزیابی می‌گردد. مین و همکاران[7] (۲۰۰۸) از ترکیب تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیاز متوازن در ارزیابی عملکرد هتل‌های لوکس در کره استفاده کردند. در این روش

[1] Eilat et al.
[2] Amado et al.
[3] Chen and Chen
[4] Soner et al.
[5] García-Valderrama et al.
[6] Chiang and Lin
[7] Min et al.

بر اساس ٤ وجه توسعه داده‌شده کارت امتیاز متوازن می‌باشد. امتیازهای مدل *DEA* شامل ورودی‌های پایه و خروجی‌های این مدل به‌عنوان عملکرد وجه مالی تکنیک کارت امتیاز متوازن می‌باشد. بنکر و همکاران (٢٠٠٤) در مقاله‌ای تحت عنوان "تحلیل استانداردهای عملکرد با استفاده از کارت امتیاز متوازن" از تکنیک ترکیبی *DEA* و *BSC* استفاده کردند که در آن تبادل میان استانداردهای مختلف عملکرد در صنعت مخابرات ایالات‌متحده ارزیابی می‌گردید. ریچارد[1] (٢٠٠٣) در مقاله‌ای به ارزیابی عملکرد مدیریت جامع می‌پردازد. در این مقاله در مرحله اول شاخص‌های عملکرد سازمان بر اساس وجه‌های *BSC* شناسایی می‌شوند؛ در مرحله دوم شاخص‌ها به متغیرهای ورودی و خروجی تقسیم‌بندی می‌شوند و درنهایت یک مدل *DEA* برای اندازه‌گیری عملکرد ساخته می‌شود.

روز و همکاران[2] (٢٠٠٢) از ترکیب دو تکنیک *BSC* و *DEA* در ارزیابی عملکرد خدمات مهندسی در خطوط هوایی بین‌المللی استفاده کردند. آن‌ها در مرحله اول یک مدل *DEA* برای اندازه‌گیری بهره‌وری استفاده کردند و در مرحله دوم هرم عملکرد که شامل ٤ وجه *BSC* می‌باشد را توسعه دادند. حسینی[3] (٢٠١٤) در تحقیقی بر ضرورت برنامه‌ریزی بهتر در استفاده از منابع و جلوگیری از هدررفت آن‌ها تمرکز نمود. میانگین کل کارایی بانک‌ها از سال ٩١ تا ٩٢ ، ٠/٨٨٨ است که عدد قابل قبولی به نظر می‌رسد ولی با این وجود می‌توان گفت که بانک‌ها طی این سال برای رسیدن به این عملکرد، دارای ١١/٢% منابع اضافه بودند که می‌توانست در صورت کاهش ١١/٢% از ورودی‌ها با برنامه‌ریزی بهتر و جامع‌تر به همین مقدار خروجی برسد. میانگین کارایی شاخص مالی نسبت به دیگر ورودی‌ها بیشتر است. این بدان دلیل است که هزینه بسیار بالاست و بانک‌ها با توجه به این موضوع به دنبال حداکثر استفاده از آن هستند. کرمی و همکاران در مقاله‌ای به ارزیابی عملکرد بانک‌های دولتی با استفاده از مدل *BSC* و *DEA* پرداختند (کرمی و کریمی[4]، ٢٠١٣). در این تحقیق هزینه‌های حاصل از رشد و یادگیری و فرآیندهای داخلی به‌عنوان ورودی و وجه مالی و جذب مشتریان به‌عنوان خروجی *DEA* درنظر گرفته شده است که در این میان از٩٣ شعبه بانک توسعه تعاون، ١١ شعبه کارا شناخته شد.

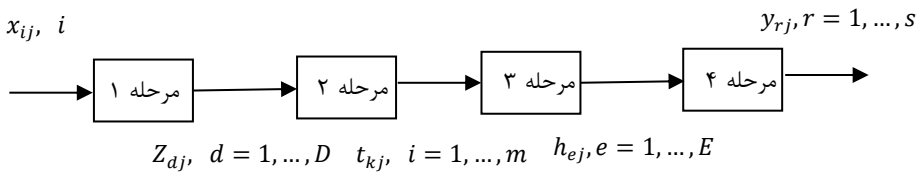
آسوشه و همکاران با به‌کارگیری مدل ترکیبی *DEA-BSC* در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ایران تحقیق را انجام دادند که در این تحقیق هزینه، زمان، منابع انسانی به‌عنوان ورودی و -میزان کنترل، امنیت، قابلیت اطمینان، رضایت مشتری، دسترس‌پذیری خدمات، برآوردن نیازهای سهامداران، ریسک فرآیندها، ریسک منابع انسانی و ریسک تکنولوژی به‌عنوان خروجی‌های مدل درنظر گرفته شده است (آسوشه و همکاران[5]، ٢٠١٠). نجفی و همکاران (٢٠٠٨) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی کارایی با تلفیق دو نظام اندازه‌گیری *BSC* و*DEA* " را برای سرپرستی یکی از بانک‌های ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که با استفاده تلفیقی از این دو روش در یک نظام ارزیابی عملکرد می‌تواند نتایج مثبت‌تری را به همراه داشته باشد. با مروری بر تحقیقات انجام‌شده در زمینه *BSC*، درمی‌یابیم که این روش به جایگاه قابل قبولی جهت ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، چه در داخل و چه در خارج رسیده است. انبوه مقالاتی که به ارزیابی عملکرد از طریق مدل *BSC* پرداخته‌اند مؤید این گفته می‌باشند. با توجه به تحقیقاتی که تاکنون در این زمینه صورت گرفته است، می‌توان به کاستی‌هایی هم‌چون تمرکز بر علیت با یک‌جهت، نادیده گرفتن جایگزینی بین شاخص‌ها و بین چهار وجه، یکسان‌بودن ارزش وزنی بین شاخص‌ها اشاره نمود. همچنین مدل‌های تحلیل‌پوششی‌داده‌هایی که تاکنون با کارت امتیازی متوازن ترکیب شده‌اند، نیز دارای معایبی از قبیل عدم ارائه واحد کارای نسبی هستند. از این‌رو در این مقاله مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به‌صورت شبکه‌ای طراحی می‌گردد که علاوه بر حل مسائل و مشکلات کارت امتیازی متوازن، واحد کارای نسبی را نیز معرفی کرده و نمره کارایی و رتبه‌بندی مناسبی را ارائه دهد.

۴- متدولوژی تحقیق

این تحقیق به لحاظ ماهیت از تحقیقات کاربردی بوده و روش تحقیق مورد استفاده در آن زمینه‌ای موردی می‌باشد. جامعه‌ی آماری این پژوهش شامل کلیه پروژه‌های موسسه عمران در شهر شیراز طی دوره ٧ ساله از سال ١٣٨٤ الی ١٣٩١ است. و با توجه به این‌که تمام پروژه‌ها مورد بررسی گرفته‌اند، نمونه‌گیری انجام نشده است. داده‌های موردنیاز از طریق موسسه عمران استان فارس جمع‌آوری گردیده است. برای دست‌یابی به اطلاعات بخش‌های نظری از روش‌های مختلفی هم‌چون مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات و ژورنال‌های مرتبط با موضوع تحقیق و برای تعیین شاخص‌ها از روش مصاحبه و برگه ارزشیابی استفاده شده است. در این پژوهش، ابتدا نقشه استراتژیک سازمان (موسسه عمران) به‌وسیله کلیه ذینفعان پروژه تهیه و طراحی می‌شود. در مرحله بعد وجه‌های مناسب موردنیاز در تکنیک کارت

[1] Rickards
[2] Rouse et al.
[3] Hoseini
[4] Karami and Karimi
[5] Asosheh et al.

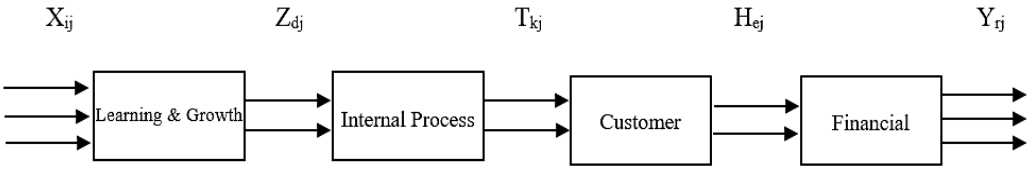
امتیازدهی متوازن توسط ذینفعان پروژه شناسایی می‌شود. در گام بعدی تیم پروژه بر اساس وجه‌های تکنیک کارت امتیازدهی متوازن و همچنین بر اساس نقشه استراتژیک سازمان شاخص‌های مهم و عوامل کلیدی را شناسایی و تعیین می‌کنند. پس‌از مشخص‌شدن شاخص‌ها، و تعیین ساختار شبکه‌ای مدل بر اساس کارت امتیازی متوازن، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای طراحی‌شده و ورودی و خروجی مدل تعیین می‌شود و درنهایت به‌وسیله حل مدل مذکور، کارایی کل پروژه‌ها را به‌دست می‌آید. سپس پروژه‌های کارا و ناکارا مشخص و رتبه‌بندی می‌شود. به‌طور خلاصه روش تحلیلی انجام‌گرفته در **شکل ۱** نشان داده شده است.



شکل ۱- فرآیند ارزیابی عملکرد پروژه با رویکرد کارت امتیازی متوازن.
Figure 1- Project performance appraisal process with a balanced score card approach.

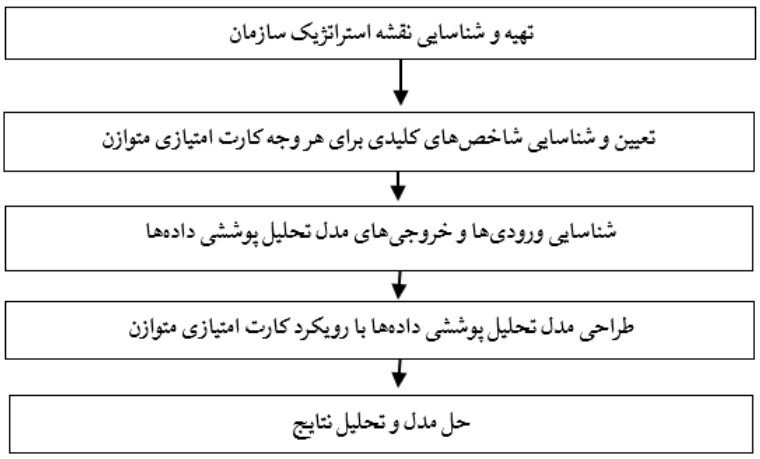
۵- مدل‌سازی

تحلیل پوششی داده‌ها، به‌عنوان روشی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس با چند ورودی و چند خروجی شرح داده شد. این واحدها در برخی حالات به‌صورت یک فرآیند چندمرحله‌ای عمل می‌نمایند، **شکل ۲** مراحل کارت امتیازی متوازن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید هرمرحله از ورودی‌هایی استفاده کرده و خروجی‌هایی را تولید می‌کند که این خروجی‌ها، ورودی‌های مرحله بعد را تشکیل می‌دهند. خروجی‌های هر مرحله را واسطه نیز می‌نامند. در انتها خروجی‌های نهایی سیستم تولید می‌شوند.



شکل ۲- مدل چهار مرحله‌ای پیوسته DEA بر اساس وجوه BSC.
Figure 2- DEA continuous four-stage model based on BSC funds.

اکنون n واحد تصمیم‌گیرنده ٤ مرحله‌ای را که در **شکل ۳** نشان داده شده است، را در نظر بگیرید. در اینجا فرض شده است که هر واحد تصمیم‌گیرنده در مرحله ۱ دارای m ورودی Xij و D خروجی Zdj می‌باشد. در مرحله دوم D خروجی مرحله اول به‌صورت D ورودی عمل می‌کند و K خروجی tkj را تولید می‌کنند که به‌عنوان ورودی مرحله سوم در نظر گرفته شده است به همین ترتیب مرحله سوم شامل E خروجی hej می‌باشد درنهایت y_{rj}، خروجی‌های نهایی سیستم تولید می‌شوند.



شکل ۳- واحد تصمیم‌گیرنده چهارمرحله‌ای.
Figure 3- Four-stage decision-making unit.

برای ساخت مدل به‌صورت گام‌به‌گام به معرفی مجموعه امکان تولید می‌پردازیم و براساس PPS جدید، مدل را معرفی خواهیم کرد. فرض کنید n شبکه تحت ارزیابی قرار دارند. به‌طوری مرحله اول x_j را مصرف کرده و z_j را تولید می‌کند و مرحله دوم با مصرف z_j، t_j را تولید می‌کند. به همین ترتیب مراحل ۳ و ٤ را می‌توان توصیف کرد. بنابراین j امین شبکه را به‌صورت $\left(x_j,z_j,z_j,t_j,t_j,h_j,h_j,y_j\right)^T$ نمایش می‌دهیم. اکنون اصول اساسی ساخت PPS را مرور می‌کنیم:

اصل اول- مجموعه فعالیت‌های مشاهده‌شده $\left(x_j,z_j,z_j,t_j,t_j,h_j,h_j,y_j\right)^T, j=1,...,n$ به مجموعه امکانات تولید تعلق دارد.

اصل دوم- هر ترکیب محدب فعالیت‌های متعلق به PPS به مجموعه امکان تولید تعلق دارد. به عبارت دیگر:

$$T_{network}=\left\{\left(x,z,z,t,t,h,h,y\right)^T \middle| \left(x,z,z,t,t,h,h,y\right)^T=\sum_j \lambda_j\left(x_j,z_j,z_j,t_j,t_j,h_j,h_j,y_j\right)^T, \sum_j \lambda_j=1, \lambda_j\geq 0\right\}.$$

اصل سوم- امکان‌پذیری:

$$T_{network}=\left\{\begin{array}{l}\left(x,z,z,t,t,h,h,y\right)^T \middle| x\geq\sum_j\lambda_j x_j, z\leq\sum_j\lambda_j z_j, z\geq\sum_j\lambda_j z_j, t\leq\sum_j\lambda_j t_j, t\geq\sum_j\lambda_j t_j \\ h\leq\sum_j\lambda_j h_j, h\geq\sum_j\lambda_j h_j, y\leq\sum_j\lambda_j y_j, \sum_j\lambda_j=1, \lambda_j\geq 0\end{array}\right\}.$$

اصل چهارم- اصل بی‌کرانی اشعه: اگر فعالیت $\left(x_j,z_j,z_j,t_j,t_j,h_j,h_j,y_j\right)^T$ متعلق به مجموعه امکانات تولید باشد، آن‌گاه $\lambda\left(x_j,z_j,z_j,t_j,t_j,h_j,h_j,y_j\right)^T$ به ازای تمامی مقادیر مثبت λ متعلق به مجموعه امکانات تولید می‌باشد.

بنابراین مجموعه امکان تولید شبکه چهار مرحله‌ای به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$T_{network}=\left\{\left(x,z,z,t,t,h,h,y\right)^T \middle| x\geq\sum_j\lambda_j x_j, z=\sum_j\lambda_j z_j, t=\sum_j\lambda_j t_j, h=\sum_j\lambda_j h_j, y\leq\sum_j\lambda_j y_j, \sum_j\lambda_j=1, \lambda_j\geq 0\right\}.$$

درنهایت مدل ارائه‌شده به مطابق **رابطه (۱)** می‌باشد:

$$\begin{array}{l} min\,\theta \\ s.t \\ \sum_j\lambda_j x_j\leq\theta x_o, \sum_j\lambda_j z_j=z_o, \\ \sum_j\lambda_j t_j=t_o, \sum_j\lambda_j h_j=h_o, \\ \sum_j\lambda_j y_j\geq y_o, \sum_j\lambda_j=1, \\ \lambda_j\geq 0. \end{array} \qquad (۱)$$

تعریف ۱- شبکه تحت ارزیابی o با استفاده از **مدل (۱)** کارا است اگر تنها اگر مقدار بهینه تابع هدف (θ^*) برابر با یک باشد.

همچنین دوگان **مدل (۱)** را به‌صورت ذیل بیان می‌شود:

تعریف ۲- شبکه تحت ارزیابی o با استفاده از **مدل (۲)** کارا است اگر تنها اگر مقدار بهینه تابع هدف برابر با یک باشد.

بدیهی است که در بهینگی مقدار تابع هدف **مدل‌های (۱)** و **(۲)** با یکدیگر برابرند.

$$
\begin{aligned}
&\max uy_o + w^1 z_o + w^2 t_o + w^3 h_o \\
&s.t. \\
&vx_o = 1, \\
&\sum_r u_r y_{rj} + \sum_d w_d^1 z_{dj} + \sum_k w_k^2 t_{kj} + \sum_e w_e^3 h_{ej} - \sum_i v_i x_{ij} \le 0 , \qquad j = 1,\dots,n, \\
&u_r \ge 0, v_i \ge 0, w_d^1 \ge 0, w_k^2 \ge 0, w_e^3 \ge 0.
\end{aligned} \tag{۲}
$$

قضیه ۱- فرض کنید $(u_r^*, v_i^*, w_d^{1*}, w_k^{2*}, w_e^{3*})$ جواب بهینه **مدل (۲)** می‌باشد. در این صورت:

الف) حداقل به ازای یکی از واحدهای تحت ارزیابی مانند q، قید

$$\sum_r u_r y_{rj} + \sum_d w_d^1 z_{dj} + \sum_k w_k^2 t_{kj} + \sum_e w_e^3 h_{ej} - \sum_i v_i x_{ij} \le 0 .$$

نافذ است. به عبارت دیگر:

$$\sum_r u_r^* y_{rq} + \sum_d w_d^{1*} z_{dq} + \sum_k w_k^{2*} t_{kq} + \sum_e w_e^{3*} h_{eq} - \sum_i v_i^* x_{iq} = 0.$$

اثبات: فرض کنید هیچ‌یک از نامعادلات $\sum_r u_r y_{rj} + \sum_d w_d^1 z_{dj} + \sum_k w_k^2 t_{kj} + \sum_e w_e^3 h_{ej} - \sum_i v_i x_{ij} \le 0$ در جواب بهینه نافذ نمی‌باشند. می‌دانیم $y_q \ne 0$ در این صورت بدون ازدست دادن کلیت مطلب فرض می‌کنیم $y_{1q} \ne 0$ درنتیجه تعریف می‌کنیم:

$(\bar{u}, v^*, w^{1*}, w^{2*}, w^{3*})$ به طوری‌که $\bar{u}_1 = u_1^* + \varepsilon, \bar{u}_r = u_r^*, r = 2,\dots,s$ به‌طوری که:

$$\varepsilon = \min\left\{ \frac{\sum_i v_i^* x_{ij} - \sum_r u_r^* y_{rj} - \sum_d w_d^{1*} z_{dj} - \sum_k w_k^{2*} t_{kj} - \sum_e w_e^{3*} h_{ej}}{y_{1j}} \middle| y_{1j} > 0, j = 1,\dots,n \right\}.$$

به‌راحتی می‌توان نشان داد $(\bar{u}, v^*, w^{1*}, w^{2*}, w^{3*})$ یک جواب شدنی برای **مدل (۲)** است و مقدار تابع هدف به ازای این جواب شدنی برابر است با :

$$\varepsilon y_{1q} + \sum_r u_r^* y_{rq} + \sum_d w_d^{1*} z_{dq} + \sum_k w_k^{2*} t_{kq} + \sum_e w_e^{3*} h_{eq} \ge \sum_r u_r^* y_{rq} + \sum_d w_d^{1*} z_{dq} + \sum_k w_k^{2*} t_{kq} + \sum_e w_e^{3*} h_{eq}.$$

و این موضوع در تناقض با بهینگی $(u_r^*, v_i^*, w_d^{1*}, w_k^{2*}, w_e^{3*})$ است. بنابراین فرض خلف باطل است و حداقل یکی از قیود $\sum_r u_r y_{rj} + \sum_d w_d^1 z_{dj} + \sum_k w_k^2 t_{kj} + \sum_e w_e^3 h_{ej} - \sum_i v_i x_{ij} \le 0$ نافذ است.

ب) DMU_q کارای نسبی است.

اثبات: باتوجه به قسمت الف داریم: $\sum_r u_r^* y_{rq} + \sum_d w_d^{1*} z_{dq} + \sum_k w_k^{2*} t_{kq} + \sum_e w_e^{3*} h_{eq} - \sum_i v_i^* x_{iq} = 0$. بنابراین اگر $\sum_i v_i^* x_{ij} = 1$ آن‌گاه $(u_r^*, v_i^*, w_d^{1*}, w_k^{2*}, w_e^{3*})$ جواب شدنی **مدل (۲)** در ارزیابی DMU_q می‌باشد و $\sum_r u_r^* y_{rq} + \sum_d w_d^{1*} z_{dq} + \sum_k w_k^{2*} t_{kq} + \sum_e w_e^{3*} h_{eq} = 1$.

در غیر این صورت: $\sum_i v_i^* x_{iq} = a \ne 1$ بنابراین به‌راحتی می‌توان نشان داد: $(\frac{u_r^*}{a}, \frac{v_i^*}{a}, \frac{w_d^{1*}}{a}, \frac{w_k^{2*}}{a}, \frac{w_e^{3*}}{a})$ جواب شدنی **مدل (۲)** در ارزیابی DMU_q است. بنابراین:

$$\sum_r \frac{u_r^*}{a} y_{rq} + \sum_d \frac{w_d^{1*}}{a} z_{dq} + \sum_k \frac{w_k^{2*}}{a} t_{kq} + \sum_e \frac{w_e^{3*}}{a} h_{eq} = \sum_i \frac{v_i^*}{a} x_{iq} = 1.$$

شفیعی و همکاران/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ویژه، زمستان ۱۴۰۰، صفحه: ۱۹-۱

بنابراین DMU_q کارای نسبی است. درنتیجه با ترکیب مدل فوق با کارت امتیازی متوازن ، امکان ارائه نمره کارایی و رتبه‌بندی کردن واحدهای کارا مقدور می‌گردد.

۶- مطالعه موردی

قرارگاه خاتم با بهره‌گیری از ده‌ها گروه اجرایی و شرکت‌های تابعه و همکار تاکنون تعداد ۱۸۳٦ پروژه در رشته‌های تخصصی نظیر سد و بند، شبکه آبیاری و زهکشی، ابنیه مسکونی و اداری، راه و ابنیه، تونل و سازه‌های زیرزمینی، بندر و سازه‌های دریایی، خدمات مهندسی، تاسیسات نفت-گاز و پتروشیمی، مخازن و تصفیه‌خانه، سازه‌های فلزی، خدمات صنعتی، حمل‌ونقل، خطوط انتقال (نفت، گاز، آب و فاضلاب)، سازها و شناورها، معدن و کشاورزی را به اتمام رسانیده و تعداد ۲۸۸ پروژه دیگر را هم در دست اجرا دارد که بخشی از این فعالیت‌ها در مناطق محروم انجام می‌شود.

یکی از شرکت‌های تابعه قرارگاه خاتم موسسه عمران می‌باشد که بیشتر در کارهای عمرانی از قبیل تونل، راه و باند و پل فعال می‌باشد. با شروع فعالیت‌های عمرانی در شهر شیراز در سال‌های اخیر این موسسه توانسته پروژه‌های زیادی را در شهر شیراز به خود اختصاص دهد و با توجه به توانایی‌های فنی و مالی، اعتماد کارفرما که درواقع شهرداری شیراز می‌باشد را جلب نماید. در حال حاضر موسسه عمران شامل ۱۵ پروژه و ریز پروژه در شهر شیراز می‌باشد. اولین پروژه موسسه عمران در شیراز ساخت تونل‌های دوقلوی ایمان در سال ۱۳۸٤ می‌باشد.

در حال حاضر تنها معیار برای ارزیابی پروژه‌ها در موسسه عمران همان روش سنتی و بر اساس وجه مالی می‌باشد. درواقع پروژه‌ای کارا و دارای عملکرد خوب است که سود بیشتری برای سازمان به ارمغان بیاورد. در برخی موارد عملکرد پروژه بر اساس سیستم ارزش کسب‌شده (EVM) اندازه‌گیری و قضاوت می‌شود. یعنی از دو شاخص زمان و هزینه در ارزیابی پروژه‌ها استفاده می‌گردد. درواقع در این حالت پروژه‌ای کارا می‌باشد که از برنامه زمان‌بندی جلوتر یا منطبق با آن باشد و از بودجه پیش‌بینی‌شده، هزینه کمتر یا برابر با آن استفاده نماید.

۶-۱- تهیه و شناسایی نقشه استراتژیک سازمان

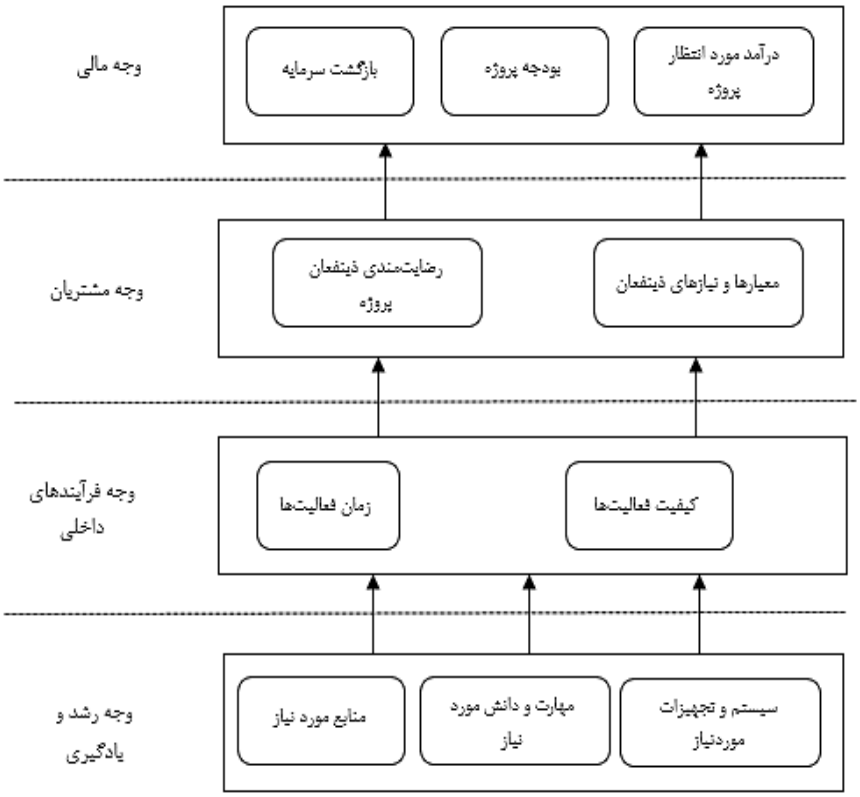
اولین قدم در این پژوهش تهیه نقشه استراتژیک می‌باشد. از آنجا که موسسه عمران یکی از بزرگ‌ترین پیمانکاران عمرانی در سطح کشور می‌باشد. دارای اهداف استراتژیک تعریف‌شده و ازپیش مشخص‌شده‌ای می‌باشد و کلیه پروژه‌های این موسسه در مسیر دستیابی به این اهداف استراتژیک تعریف و انجام می‌شوند. با توجه به این‌که کارت امتیاز متوازن رابطه مستقیمی با اهداف استراتژیک سازمان دارد، بدین منظور می‌بایست اهداف استراتژیک موجود را با نظر کارشناسان و افراد خبره این سازمان در چهار وجه کارت امتیاز متوازن تقسیم‌بندی نمود و یک وابستگی میان این اهداف در چهار منظر ایجاد نمود. نقشه استراتژیک موسسه عمران مطابق **شکل ٤** می‌باشد.

همان‌طور که در **شکل ٤** ملاحظه می‌کنید چهار وجه کارت امتیازدهی متوازن به هم متصل می‌باشند. منظر رشد و یادگیری زیربنای برپایی نظام ارزیابی متوازن است. وقتی شما اهداف و سنجه‌های مربوط به منظر مشتری و فرآیند داخلی را تعیین کردید؛ بلافاصله متوجه شکاف موجود بین مهارت‌ها و قابلیت‌های موردنیاز کارکنان و سطح فعلی این مهارت‌ها و قابلیت‌ها خواهید شد. همچنین فاصله‌ی بین فناوری اطلاعات موردنیاز و سطح فعلی سیستم‌های اطلاعاتی مشخص خواهد شد. اهداف منظر رشد و یادگیری می‌بایست در جهت پر کردن و پوشاندن این شکاف‌ها و فاصله‌ها تعیین شوند.

۶-۲- تعیین و شناسایی شاخص‌های کلیدی برای هر وجه کارت امتیاز متوازن

پس از این‌که نقشه استراتژیک سازمان تهیه گردید، می‌بایست شاخص‌های کلیدی در هر وجه شناسایی گردد. بدین منظور پرسشنامه‌ای تهیه گردید که شاخص‌های مهم در وجه‌های (مالی، مشتریان، فرآیندهای داخلی و رشد یادگیری) شناسایی می‌گردد. براین‌اساس کلیه کارشناسان و افراد خبره (شامل کارشناسان فنی، کارشناسان کنترل پروژه، مدیران پروژه و سرپرست‌های کارگاه) در کلیه پروژه‌های شیراز

نسبت به تکمیل این فرم اقدام نمودند. پس از بررسی فرم‌های پرسشنامه، نتایج به دست آمده با مدیران پروژه و مدیرعامل مورد بازبینی قرار می‌گیرد و درنهایت شاخص‌های نهایی در هر وجه کارت امتیاز متوازن مطابق **جدول ۲** ارائه می‌گردد.



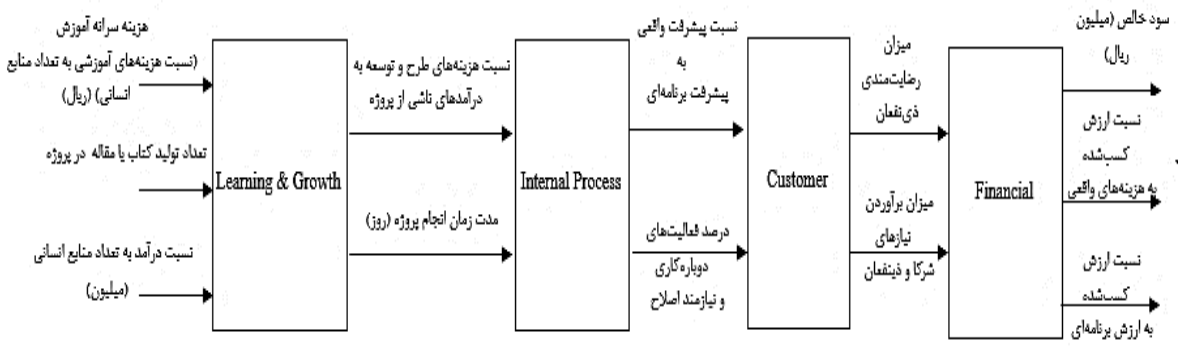
شکل ۴- نقشه استراتژیک موسسه عمران.
Figure 4- Strategic plan of the civil institute.

جدول ۲- شاخص‌های نهایی به تفکیک وجوه کارت امتیازی متوازن.
Table 2- Final indicators by balanced scorecard funds.

	شاخص	نوع شاخص
وجه مالی	سود خالص (میلیون ریال).	کمی
	نسبت ارزش کسب‌شده به هزینه‌های واقعی (CPI).	کمی
	نسبت ارزش کسب‌شده به ارزش برنامه‌ای (SPI).	کمی
وجه مشتریان	میزان رضایتمندی ذینفعان.	کیفی
	میزان برآوردن نیازهای شرکا و ذینفعان.	کیفی
وجه فرآیند داخلی	نسبت پیشرفت واقعی به پیشرفت برنامه‌ای.	کمی
	درصد فعالیت‌های دوباره‌کاری و نیازمند اصلاح.	کمی
	مدت‌زمان انجام پروژه (روز).	کمی
وجه رشد و یادگیری	نسبت هزینه‌های طرح و توسعه به درآمدهای ناشی از پروژه (میلیون ریال).	کمی
	هزینه سرانه آموزش (نسبت هزینه‌های آموزشی به تعداد منابع انسانی) (ریال).	کمی
	متوسط میزان تولید کتاب یا مقاله در پروژه.	کمی
	نسبت درآمد به تعداد منابع انسانی (میلیون ریال).	کمی

۳-۶- شناسایی ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها

بر اساس مصاحبه با مدیران پروژه ورودی‌ها و خروجی‌های برای هر وجه شناسایی می‌شود و درنهایت به ساختار زیر دست پیدا می‌کنیم:



شکل ۵- مدل ترکیبی DEA و BSC با ورودی‌ها و خروجی‌ها.
Figure 5- Combined model of DEA and BSC with inputs and outputs.

بر اساس ساختار ارائه‌شده بالا ورودی‌ها و خروجی برای هر وجه به تفکیک جداول زیر می‌باشد:

جدول ۳- ورودی‌ها و خروجی‌های وجه مالی.
Table 3- Financial inflows and outflows.

وجه مالی			
ورودی	میزان رضایتمندی ذینفعان. میزان برآوردن نیازهای شرکا و ذینفعان.	خروجی	نسبت ارزش کسب‌شده به ارزش برنامه‌ای (SPI). نسبت ارزش کسب‌شده به هزینه‌های واقعی (CPI). سود خالص (میلیون ریال).

جدول ۴- ورودی‌ها و خروجی‌های وجه مشتریان.
Table 4- Customer cash inflows and outflows.

وجه مشتریان			
ورودی	نسبت پیشرفت واقعی به پیشرفت برنامه ای. درصد فعالیت‌های دوباره‌کاری و نیازمند اصلاح.	خروجی	میزان رضایتمندی ذینفعان. میزان برآوردن نیازهای شرکا و ذینفعان.

جدول ۵- ورودی‌ها و خروجی‌های وجه فرآیندهای داخلی.
Table 5- Inputs and outputs of internal processes.

وجه فرآیندهای داخلی			
ورودی	نسبت هزینه‌های طرح و توسعه به درآمدهای ناشی از پروژه (میلیون ریال). مدت‌زمان انجام پروژه (روز).	خروجی	نسبت پیشرفت واقعی به پیشرفت برنامه‌ای. درصد فعالیت‌های دوباره‌کاری و نیازمند اصلاح.

جدول ۶- ورودی‌ها و خروجی‌های وجه رشد و یادگیری.
Table 6- Inputs and outputs for growth and learning.

وجه رشد و یادگیری			
ورودی	هزینه سرانه آموزش (نسبت هزینه‌های آموزشی به تعداد منابع انسانی) (ریال). متوسط میزان تولید کتاب یا مقاله در پروژه. نسبت درآمد به تعداد منابع انسانی (میلیون ریال).	خروجی	نسبت هزینه‌های طرح و توسعه به درآمدهای ناشی از پروژه (میلیون ریال). مدت زمان انجام پروژه (روز).

با مشخص شدن ورودی‌ها و خروجی‌ها برای هر وجه کارت امتیاز متوازن و به‌منظور حل مدل ارائه‌شده تحلیل پوششی داده‌ها، می‌بایست داده‌ها و اطلاعات مربوط به هرکدام از این ورودی‌ها و خروجی‌ها برای هر ۱۵ پروژه جمع‌آوری گردد. داده‌ها از اسناد مالی، گزارش‌های روزانه و گزارش‌های پیشرفت پروژه، قراردادها و در برخی موارد با مصاحبه جمع‌آوری شده است.

۴-۶- حل مدل

بر اساس داده‌های اولیه و مدل ارائه‌شده، کارایی $n=15$ پروژه را به دست می‌آوریم. پروژه‌ها درواقع همان واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشند که با $DMUj$ نشان داده شده‌اند ($j=1,2,...,15$). داده‌ها و اطلاعات اولیه مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای تصمیم‌گیرنده مطابق **جداول ٦** و **٧** می‌باشد.

جدول ۷- متغیرهای اصلی مدل ترکیبی DEA و BSC.

Table 7- The main variables of the combined model DEA and BSC.

شاخص‌ها			
درصد فعالیت‌های دوباره‌کاری و نیازمند اصلاح.	T2	سود خالص (میلیون ریال).	Y1
مدت‌زمان انجام پروژه (روز).	Z1	نسبت ارزش کسب‌شده به هزینه‌های واقعی (CPI).	Y2
نسبت هزینه‌های طرح و توسعه به درآمدهای ناشی از پروژه (میلیون ریال).	Z2	نسبت ارزش کسب‌شده به ارزش برنامه‌ای (SPI).	Y3
هزینه سرانه آموزش (نسبت هزینه‌های آموزشی به تعداد منابع انسانی به ریال).	X1	میزان رضایتمندی ذینفعان.	H1
میزان تولید کتاب یا مقاله در پروژه.	X2	میزان برآوردن نیازهای شرکا و ذینفعان.	H2
نسبت درآمد به تعداد منابع انسانی (میلیون ریال).	X3	نسبت پیشرفت واقعی به پیشرفت برنامه‌ای.	T1

جدول ۸- اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های مدل ارائه‌شده.

Table 8- Information about model inputs and outputs provided.

	Y_3	Y_2	Y_1	H_2	H_1	T_2	T_1	Z_2	Z_1	X_3	X_2	X_1
DMU1	142857	1	338	791	473	0.95	0.05	زیاد	خیلی زیاد	29,932	0.79	0.99
DMU2	120000	0	1459	1140	504	0.66	0.1	زیاد	زیاد	56,900	0.4	0.59
DMU3	105000	1	887	420	301	0.85	0.03	زیاد	زیاد	31,141	1.2	0.89
DMU4	105000	1	688	420	99	0.73	0.1	متوسط	متوسط	105	0.81	0.74
DMU5	101500	0	791	365	42	0.59	0.03	متوسط	متوسط	15	0.35	0.67
DMU6	101500	0	684	365	55	0.68	0.05	متوسط	متوسط	59	0.6	0.68
DMU7	98450	0	564	365	90	0.56	0.08	متوسط	متوسط	13	0.55	0.51
DMU8	150200	3	5897	1560	1002	0.89	0.15	زیاد	زیاد	105,431	0.94	0.96
DMU9	250000	3	10800	1800	1500	0.66	0.1	زیاد	خیلی زیاد	151,200	1.1	0.69
DMU10	250000	2	4987	1800	1450	0.4	0.25	زیاد	زیاد	1,490	0.55	0.45
DMU11	360500	3	10890	2160	3500	0.72	0.15	زیاد	خیلی زیاد	550,900	0.8	0.78
DMU12	154000	1	401	365	501	1.01	0.05	زیاد	زیاد	36,500	0.8	1.05
DMU13	123400	2	364	185	100	0.79	0.03	زیاد	زیاد	12,300	0.86	0.96
DMU14	15000	0	19	210	15	0.84	0.01	زیاد	زیاد	897	1.01	0.89
DMU15	145800	1	668	365	650	0.56	0.1	زیاد	زیاد	3,567	0.65	0.59

مدل طراحی‌شده و توسط نرم‌افزار لینگو حل می‌گردد و کارایی تمام پروژه‌ها در **جدول ۹** به‌طور خلاصه بیان گردیده است.

جدول ۹- خلاصه نتایج کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده.

Table 9- Summary of performance results of decision-making units.

تصمیم گیرنده	مقدار کارایی	تصمیم گیرنده	مقدار کارایی	تصمیم گیرنده	مقدار کارایی
DMU_1	1	DMU_6	0.59	DMU_{11}	1
DMU_2	1	DMU_7	1	DMU_{12}	1
DMU_3	0.66	DMU_8	1	DMU_{13}	0.49
DMU_4	1	DMU_9	0.81	DMU_{14}	1
DMU_5	0.37	DMU_{10}	1	DMU_{15}	1

به‌منظور رتبه‌بندی واحدهای کارا می‌بایست از روش اندرسون - پترسون استفاده کرد. با این تکنیک امتیاز پروژه‌های کارا می‌تواند از یک بیشتر شود به این ترتیب، واحدهای کارا نیز مانند واحدهای غیرکارا می‌توانند رتبه‌بندی گردند. در این روش همان مدل قبل را حل می‌کنیم

فقط با این تفاوت که محدودیت مربوط به آن پروژه کارای تحت بررسی را حذف کنیم. پس‌از حل مدل *DEA* به روش اندرسون - پترسون نتایج مربوط به کارایی ۱۵ پروژه تحت بررسی در **جدول ۱۰** خلاصه می‌گردد.

جدول ۱۰- کارایی واحدهای کارا به‌وسیله مدل اندرسون- پترسون.

Table 10- Efficiency of efficient units by Anderson-Peterson model.

تصمیم گیرنده	مقدار کارایی	تصمیم گیرنده	مقدار کارایی	تصمیم گیرنده	مقدار کارایی
DMU_1	1.178	DMU_6	0.594	DMU_{11}	2.685
DMU_2	7.98	DMU_7	1.105	DMU_{12}	1.11
DMU_3	0.6670	DMU_8	1.266	DMU_{13}	0.498
DMU_4	1.007	DMU_9	0.816	DMU_{14}	55.35
DMU_5	0.3770	DMU_{10}	1.155	DMU_{15}	1.027

براساس نتایج به‌دست آمده رتبه‌بندی پروژه‌های موسسه عمران در شهر شیراز مطابق **جدول ۱۱** می‌باشد.

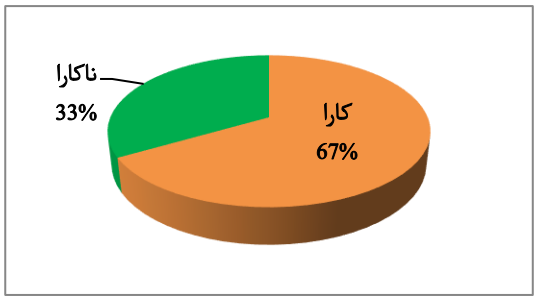
جدول ۱۱- رتبه‌بندی پروژه‌ها.

Table 11- Project ranking.

تصمیم گیرنده	رتبه	تصمیم گیرنده	رتبه	تصمیم گیرنده	رتبه
DMU_1	5	DMU_6	13	DMU_{11}	3
DMU_2	2	DMU_7	8	DMU_{12}	7
DMU_3	10	DMU_8	4	DMU_{13}	14
DMU_4	12	DMU_9	11	DMU_{14}	1
DMU_5	15	DMU_{10}	6	DMU_{15}	9

۵-۶- تحلیل نتایج

همان‌طور که در قسمت‌های قبل بیان شد، معمولا عملکرد بیشتر پروژه‌ها به‌صورت سنتی و بر اساس عملکرد مالی آن‌ها ارزیابی می‌شود. به صورتی که بیشترین توجه به سود خالص پروژه، درآمد خالص پروژه و میزان بازگشت سرمایه می‌باشد. علاوه بر روش‌های سنتی ارزیابی عملکرد پروژه‌ها، روش جدیدتری به نام سیستم ارزش کسب‌شده (*EVM*) نیز وجود دارد. که علاوه بر وجه مالی پروژه‌ها، وجه زمانی آن را هم در نظر می‌گیرد و پروژه‌ها را از دو منظر زمان و هزینه ارزیابی می‌کند. مدل ارائه‌شده در این مقاله که درواقع مدل تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیاز متوازن می‌باشد، پروژه‌ها را از چهار منظر مالی، ذینفعان و شرکا و فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری مورد ارزیابی قرار می‌دهد. که هر وجه می‌تواند شامل تعداد زیادی شاخص باشد. بر اساس نتایج به دست آمده و مطابق **شکل ٦**، ٪۳۳ پروژه‌های موسسه عمران ناکارا می‌باشند و مابقی پروژه‌ها کارا هستند.



شکل ۶- درصد پروژه‌های کارا و ناکارا.

Figure 6- Percentage of efficient and inefficient projects.

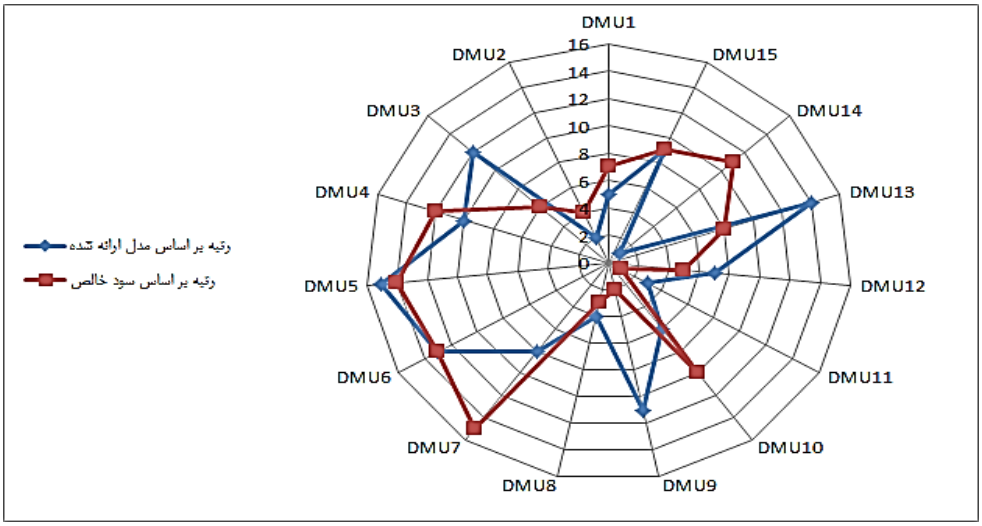
در **جدول ۱۱** نتایج به دست آمده از مدل ارائه شده به‌صورت خلاصه بیان گردیده است و در **جدول ۱۲** با روش سنتی ارزیابی عملکرد (بر اساس سود خالص) مقایسه می‌شود.

جدول ۱۲- مقایسه رتبه واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس مدل ارائه‌شده و روش سنتی.

Table 12- Comparison of ranking units of decision-making based on the proposed model and traditional method.

DMU_j	رتبه بر اساس مدل ارائه‌شده	رتبه بر اساس سود خالص	وضعیت
DMU1	5	7	کارا
DMU_2	2	4	کارا
DMU_3	12	6	ناکارا
DMU_4	10	12	کارا
DMU_5	15	14	ناکارا
DMU_6	13	13	ناکارا
DMU_7	8	15	کارا
DMU_8	4	3	کارا
DMU_9	11	2	ناکارا
DMU_{10}	6	10	کارا
DMU_{11}	3	1	کارا
DMU_{12}	7	5	کارا
DMU_{13}	14	8	ناکارا
DMU_{14}	1	11	کارا
DMU_{15}	9	9	کارا

همان‌طور که در **جدول ۱۱** مشاهده می‌گردد، فقط برای ۲ پروژه (*DMU15*، *DMU6*) جواب‌ها یکسان می‌باشد. برای سایر پروژه‌ها جواب‌های کاملا متفاوتی به دست آمده است. ازجمله این تناقض‌ها می‌توان به دو پروژه *DMU13* و *DMU9* اشاره کرد. هردوی این پروژه‌ها در مدل ارائه‌شده ناکارا می‌باشند ولی در روش سنتی نمره ارزیابی عملکرد آن‌ها بالا می‌باشد. با توجه به اینکه در مدل ارائه‌شده چهار وجه در نظر گرفته شده است، نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که پروژه‌های مذکور شاید در وجه مالی عملکرد خوبی داشته‌اند ولی در سایر وجه‌ها (ذی‌نفعان، رشد و یادگیری و فرآیندهای داخلی) عملکرد خوبی نداشته‌اند و همین امر سبب گردیده است که رتبه آن‌ها در ارزیابی عملکرد، کمتر از روش سنتی باشد. **شکل ۷** رتبه‌های هر دو روش فوق را باهم مقایسه می‌کند.



شکل ۷- مقایسه رتبه پروژه‌ها بر اساس مدل ارائه‌شده و روش سنتی.

Figure 7- Comparison of project rankings based on the proposed model and traditional method.

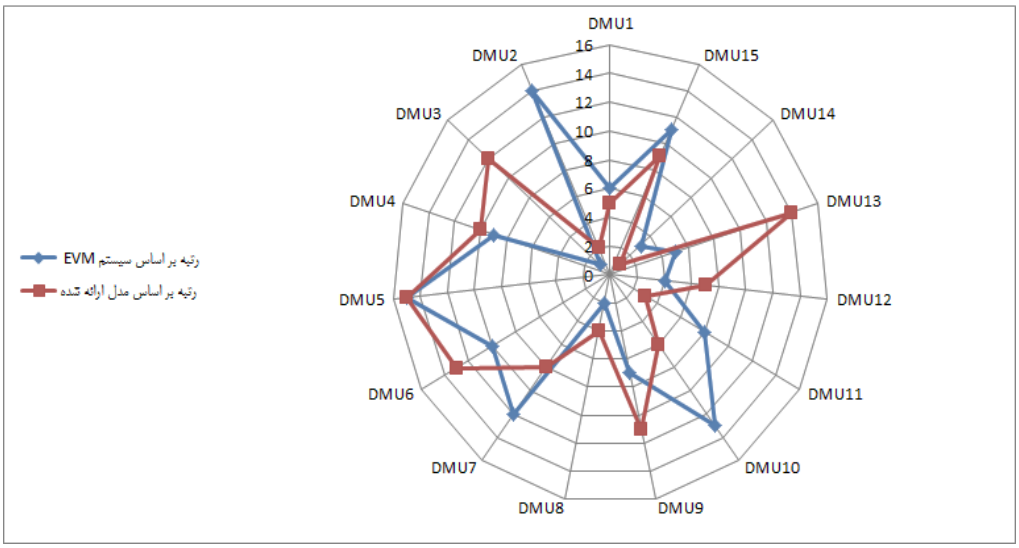
همچنین مدل ارائه‌شده با روش ارزیابی عملکرد به‌وسیله سیستم ارزش کسب‌شده که بر اساس دو شاخص زمان و هزینه پروژه‌ها را ارزیابی می‌کند، مقایسه می‌گردد. سیستم ارزش کسب‌شده بر اساس دو شاخص *CPI* و *SPI* که به ترتیب شاخص‌های ریالی و زمانی می‌باشد؛ عمل می‌کند. لازم به‌ذکر است که شاخص ترکیبی آن‌ها *CSI* از حاصل‌ضرب دو شاخص فوق به دست می‌آید. **جدول ۱۳** مقایسه حاصل از رتبه‌بندی پروژه‌ها بر اساس مدل ارائه‌شده و سیستم ارزش کسب‌شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳- مقایسه رتبه واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس مدل ارائه‌شده و سیستم ارزش کسب‌شده.

Table 13- Comparison of the ranking of decision units based on the proposed model and the value system obtained.

DMUj	رتبه بر اساس مدل ارائه‌شده	رتبه بر اساس EMV	وضعیت
DMU1	5	6	کارا
DMU2	2	14	کارا
DMU3	12	1	ناکارا
DMU4	10	9	کارا
DMU5	15	15	ناکارا
DMU6	13	10	ناکارا
DMU7	8	12	کارا
DMU8	4	2	کارا
DMU9	11	7	ناکارا
DMU10	6	13	کارا
DMU11	3	8	کارا
DMU12	7	4	کارا
DMU13	14	5	ناکارا
DMU14	1	3	کارا
DMU15	9	11	کارا

بر اساس **جدول ۱۳** فقط برای یک پروژه (*DMU5*) نتیجه مشابهی به دست آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید براساس مدل ارائه‌شده، *DMU3* یک پروژه ناکارا می‌باشد و رتبه آن در میان ۱۵ پروژه ۱۲ می‌باشد. ولی در روش سیستم ارزش کسب‌شده این پروژه دارای رتبه یک می‌باشد. نتیجه فوق بیانگر این است که *DMU3* در شاخص‌های زمانی و هزینه‌ای وضعیت مناسبی داشته باشد ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت مناسبی ندارد و همین امر سبب می‌گردد عملکرد آن کاهش یابد و رتبه پایینی کسب کند. مقایسه رتبه واحدهای تصمیم‌گیرنده در هر دو روش در **شکل ۸** نشان داده شده است.



شکل ۸- مقایسه رتبه پروژه‌ها بر اساس مدل ارائه‌شده و سیستم ارزش کسب‌شده.

Figure 8- Comparison of project rankings based on the proposed model and the value system obtained.

۷- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده و مقایسات انجام‌شده مشاهده می‌گردد که روش تلفیقی *DEA-BSC* یک روش جامع و کامل برای ارزیابی عملکرد پروژه‌ها می‌باشد. به صورتی که تمام جوانب و شاخص‌های مهم و حیاتی که در پروژه نقش دارند در ارزیابی عملکرد پروژه در نظر گرفته می‌شوند. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، دیدگاه کاملا متفاوتی به مدیران ارشد پروژه ارائه نمود و باعث گردید در سیستم

جمع‌آوری اطلاعات سازمان یک بازنگری کلی انجام دهند. توسعه نقشه استراتژیک سازمان و مشخصه‌های کارت امتیاز متوازن نیازمند جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های جدید برای شاخص‌های ارزیابی می‌باشد. زیرا بسیاری از اطلاعات و داده‌های شاخص‌ها، موجود و در دسترس نمی‌باشد و یا تعدادی از داده‌های مربوط به شاخص‌ها، مربوط به سطح کلان می‌باشند و در سطح‌های پایین‌تر، این اطلاعات وجود ندارد. همچنین برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد مدلی برای پروژه‌های ناکارا ارائه گردد تا مشخص شود در کدام جنبه کارت امتیازی متوازن نیاز به بهبود دارند و با بهبود چه شاخص‌هایی می‌توانند به پروژه‌های کارا تبدیل شوند.

منابع

Ahn, H. (2001). Applying the balanced scorecard concept: an experience report. *Long range planning*, *34*(4), 441-461.

Al-Shammari, M., & Salimi, A. (1998). Modeling the operating efficiency of Banks nonparametric methodology. *Logistics information management*, *11*(1), 5-17. https://doi.org/10.1108/09576059810202196

Amado, C. A., Santos, S. P., & Marques, P. M. (2012). Integrating the Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard approaches for enhanced performance assessment. *Omega*, *40*(3), 390-403.

Amani, N., & Bagherzadevalami, H. (2018). Evaluating the efficiency of regional power companies in Iran by network data envelopment analysis: based on the transformation of structures into a uniform structure. *Journal of decision making and operations research*, *3*(3), 249-280. (**In Persian**). DOI: 10.22105/DMOR.2018.81213

Asosheh, A., Nalchigar, S., & Jamporazmey, M. (2010). Information technology project evaluation: an integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach. *Expert systems with applications*, *37*(8), 5931-5938.

Banker, R. D., Chang, H., Janakiraman, S. N., & Konstans, C. (2004). A balanced scorecard analysis of performance metrics. *European journal of operational research*, *154*(2), 423-436.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, *30*(9), 1078-1092.

Bošković, A., & Krstić, A. (2020). The combined use of balanced scorecard and data envelopment analysis in the banking industry. *Business systems research: international journal of the society for advancing innovation and research in economy*, *11*(1), 1-15.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429-444.

Chen, T. Y., & Chen, L. H. (2007). DEA performance evaluation based on BSC indicators incorporated: the case of semiconductor industry. *International journal of productivity and performance management*, *56*(4), 335–357.

Chen, T. Y., Chen, C. B., & Peng, S. Y. (2008). Firm operation performance analysis using data envelopment analysis and balanced scorecard: a case study of a credit cooperative bank. *International journal of productivity and performance management*, *57*(7), 523-539.

Chen, Y., Liang, L., & Yang, F. (2006). A DEA game model approach to supply chain efficiency. *Annals of operations research*, *145*(1), 5-13.

Chiang, C. Y., & Lin, B. (2009). An integration of balanced scorecards and data envelopment analysis for firm's benchmarking management. *Total quality management*, *20*(11), 1153-1172.

Cook, W. D., Zhu, J., Bi, G., & Yang, F. (2010). Network DEA: additive efficiency decomposition. *European journal of operational research*, *207*(2), 1122-1129.

Edalatpanah, S. A. (2020). Data envelopment analysis based on triangular neutrosophic numbers. *CAAI transactions on intelligence technology*, *5*(2), 94-98. DOI: 10.1049/trit.2020.0016

Eilat, H., Golany, B., & Shtub, A. (2006). Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. *European journal of operational research*, *172*(3), 1018-1039.

Eilat, H., Golany, B., & Shtub, A. (2008). R&D project evaluation: an integrated DEA and balanced scorecard approach. *Omega*, *36*(5), 895-912.

Eslami Bigdeli, Gh. R., & Kashanipour, M. (2004). Comparison and evaluation of methods for measuring the efficiency of bank branches and present the appropriate model. *Study of accounting and auditing*, *38*(11), 3-27. (**In Persian**). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=14866

Färe, R., & Grosskopf. S, (2000). Network DEA. *Socio-economic planning sciences*, *34(1)*, 35–49. https://doi.org/10.1016/S0038-0121(99)00012-9

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society: series A (General)*, *120*(3), 253-281.

García-Valderrama, T., Mulero-Mendigorri, E., & Revuelta-Bordoy, D. (2009). Relating the perspectives of the balanced scorecard for R&D by means of DEA. *European journal of operational research*, *196*(3), 1177-1189.

Ghalayini, A. M., & Noble, J. S. (1996). The changing basis of performance measurement. *International journal of operations & production management*, *16*(8), 63-80.

Hoseini, M. (2014). *Evaluating the performance of private banks listed on the stock exchange by the Balanced Scorecard and Data Envelopment Analysis method* (Master Thesis, Azad University, Central Tehran Branch). Retrieved from https://www.virascience.com/thesis/790113/

Hsieh, L. F., & Lin, L. H. (2010). A performance evaluation model for international tourist hotels in Taiwan—an application of the relational network DEA. *International journal of hospitality management*, *29*(1), 14-24.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard: measures that drive performance. *Harvard business review*, *70*(1), 71-79.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). Linking the balanced scorecard to strategy. *California management review*, *39*(1), 53-79.

Karami, M., & Karimi, F. (2013). Designing a model for evaluating the performance of state-owned banks using the BSC and DEA models studied by the Tose'e Ta'avon Bank. *The first national conference on the development of monetary and banking management*, Tehran. (**In Persian**). https://civilica.com/doc/244635/

Kueng, P. (2000). Process performance measurement system: a tool to support process-based organizations. *Total quality management*, *11*(1), 67-85.

Li, F., Zhu, Q., Chen, Z., & Xue, H. (2018). A balanced data envelopment analysis cross-efficiency evaluation approach. *Expert systems with applications*, *106*, 154-168.

Lin, T. T., Lee, C. C., & Chiu, T. F. (2009). Application of DEA in analyzing a bank's operating performance. *Expert systems with applications*, *36*(5), 8883-8891.

Maleki, S., & Karbalaei Alilou, M. (2020). Calculation of Leonberger productivity index in a two-stage network with undesirable intermediate products and uncontrollable input data. *Journal of decision making and operations research*, *5*(1), 28-33. (**In Persian**). DOI: 10.22105/DMOR.2020.104018

Mao, X., Guoxi, Zh., Fallah, M., & Edalatpanah, S. A. (2020). A neutrosophic-based approach in data envelopment analysis with undesirable outputs. *Mathematical problems in engineering*. https://doi.org/10.1155/2020/7626102

Martinsons, M., Davison, R., & Tse, D. (1999). The balanced scorecard: a foundation for the strategic management of information systems. *Decision support systems*, *25*(1), 71-88.

Min, H., Min, H., & Joo, S. (2008). A data envelopment analysis-based balanced scorecard for measuring the comparative efficiency of Korean luxury hotels. *International journal of quality & reliability management*, *25*(4), 349-365.

Najafi, A., Arianezhad, M., Hoseinzadeh Lotfi, F., & Ebnerasol, A. (2008). Performance evaluation by combining two systems of balanced scorecard measurement and data envelopment analysis. *Management quarterly*, *5*(11), 1-9. (**In Persian**). https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=112222

Nosrat, A., & Roozbehi, G. R. (2019). Provide a model of non-radial data envelopment analysis determine the performance of two-stage basic systems. *Journal of decision making and operations research*, *4*(4), 324-331. (**In Persian**). DOI: 10.22105/DMOR.2020.104022

Rickards, R. C. (2003). Setting benchmarks and evaluating balanced scorecards with data envelopment analysis. *Benchmarking: an international journal*, *10*(3), 226–245.

Rouse, P., Putterill, M., & Ryan, D. (2002). Integrated performance measurement design: insights from an application in aircraft maintenance. *Management accounting research*, *13*(2), 229-248.

Sajjadi, J., Sangtarsh, L., & Maghdordost, A. (2010). Evaluate the performance and ranking of metro stations in Tehran and its suburbs using a balanced scorecard and data envelopment analysis. *Eleventh conference on transportation and traffic engineering*. Tehran. (**In Persian**). https://civilica.com/doc/154949/

Sexton, T. R., & Lewis, H. F. (2003). Two-stage DEA: an application to major league baseball. *Journal of productivity analysis*, *19*(2), 227-249.

Soner, S., Önüt, S., & Tuzkaya, U., (2005). Evaluation and selection of R&D projects using an integrated bsc-dea methodology. *35th international conference on computers&industrial engineering, CIE2005* (pp.1783-1788). İstanbul, TURKEY. https://avesis.yildiz.edu.tr/publication/details/1f7b523b-06ed-40df-b8b4-61bea8457fca/evaluation-and-selection-of-rd-projects-using-an-integrated-bsc-dea-methodology

Yang, W., Cai, L., Edalatpanah, S. A., & Smarandache, F. (2020). Triangular single valued neutrosophic data envelopment analysis: application to hospital performance measurement. *Symmetry*, *12*(4), 588. https://doi.org/10.3390/sym12040588

Youranoliy, Y., & Shosterand, A. (2007). Balanced scorecard (A. R. Ali Soleimani, Trans.). Iran Industrial Training and Research Center Publications. (**In Persian**). https://www.adinehbook.com/gp/product/9647300611

Shabahang, R. (1994). Working capital management and cash budget. *Accountants*, *107/108*, 80-93. (**In Persian**). https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/6691/93/text

Yee-Ching, L. C., & Shih-Jen, K. H. (1999). *The use of balanced scorecard in Canadian hospitals*. Retrieved from https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.196.5862&rep=rep1&type=pdf