Journal of Structural and Construction Engineering, 8(Special Issue 4), 2022, pp. 252-269

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Evaluating the Efficiency of Building Repair and Maintenance System Using Data Envelopment Analysis Method

Mohammad Kheradranjbar[1], Mirali Mohammadi[2]*, Shahin Rafiee[3]

1- Phd Student, Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran.
2- Associate Prof.in civil Engineering, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Iran.
3- Professor in Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Given the importance of the repair and maintenance process in keeping equipment and facilities ready for use, it is necessary to assess the process and performance of maintenance indicators regularly so that the repair and maintenance is planned and upgraded. The main purpose of the building repair and maintenance is to control the equipment, facilities, and various building components to determine productivity and optimize their ability to achieve the highest efficiency. As measuring the efficiency is one of the most important performance evaluation methods, evaluating the efficiency of the repair and maintenance is one of the qualitative factors to improve this system. The purpose of this study is to evaluate the efficiency and performance of the repair and maintenance in buildings using a quantitative and provable data envelopment analysis (DEA) method. The results of this study show that the DEA is a suitable method for evaluating the efficiency and productivity of the decision-making units (DMUs).Therefore, first, the questionnaire is formed based on the building repair and maintenance system parameters extracted from Topic 22 of the National Building Code, the ranks are determined, and the results obtained from the sub-indices are integrated by the mean ranking index, and the questionnaires' reliability is measured using Cronbach's alpha. Finally, after defining the input and output indices by the DEA, the efficiency of each building and its cost are determined based on the repair and maintenance indices (In a case study of the city of Karaj). The results showed that the minimum and maximum reduction of the cost of charging, maintenance and repair of the building to convert them into an efficient building is 1% and 80%, respectively. Moreover, based on the results, it is possible to provide suggestions to improve the efficiency of the inefficient buildings based on the repair and maintenance costs.

ARTICLE INFO

Receive Date: 25 February 2021
Revise Date: 27 June 2021
Accept Date: 29 July 2021

Keywords:
Repair and Maintenance
Building
Efficiency
Performance Appraisal
Data Envelopment Analysis

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.274367.2377

*Corresponding author: Mirali Mohammadi.
Email address: m.mohammadi@urmia.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

ارزیابی کارآئی سیستم نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها

محمد خردرنجبر[۱]، میرعلی محمدی[۲*]، شاهین رفیعی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

۲-دانشیار گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳-استاد مهندسی مکانیک ماشین آلات کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

هدف اصلی سیستم نگهداری و تعمیرات (نت) ساختمان کنترل وضعیت تجهیزات و تاسیسات و اجزائ مختلف ساختمان جهت تعیین بهره‌وری و بهینه کردن توانائی آنها به منظور دستیابی به بالاترین کارآئی می‌باشد. از آنجا که اندازه‌گیری کارایی یکی از مهمترین روش-های ارزیابی عملکرد می باشد لذا ارزیابی کارآئی سیستم نگهداری و تعمیرات (نت) یکی از عوامل کیفی در ارتقاء این سیستم بشمار می-آید. در این پژوهش، هدف ارزیابی عملکرد و بررسی کارایی سیستم نت در ساختمانها با استفاده از روش کمی و قابل اثبات تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روش تحلیل پوششی داده‌ها، روشی مناسب برای ارزیابی کارایی و بهره‌وری واحدهای تصمیم‌گیری می‌باشد. از این رو، ابتدا پرسشنامه‌ای بر اساس پارامترهای سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان که از مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان استخراج شده، تهیه گردید. سپس رتبه‌ها تعیین و نتایج بدست آمده از زیر شاخص ها باتوجه به روش میانگین رتبه با یکدیگر ادغام و پایائی پرسشنامه ها با استفاده از آلفای کرونباخ سنجیده شد. در نهایت با تعیین شاخص‌های خروجی و ورودی، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها میزان کارآئی هر یک از ساختمانها مبتنی بر شاخص‌های سیستم نت و هزینه آن (در مطالعه موردی شهر کرج) مشخص گردید. نتایج نشان داد میزان کاهش حداقل و حداکثر مقدار هزینه شارژ، نگهداری و تعمیرات ساختمان برای تبدیل آنها به ساختمان کارا بترتیب ۱٪ و ۸۰٪ بدست آمده است. همچنین با بررسی نتایج، برای بهبود کارایی هر کدام از ساختمان های ناکارا بر اساس هزینه‌های نگهداری و تعمیر، می توان پیشنهادهای بهبود کارایی را ارائه داد.

کلمات کلیدی: نگهداری و تعمیرات، ساختمان، کارآئی، ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۳۹۹/۱۲/۰۷	۱۴۰۰/۰۴/۰۶	۱۴۰۰/۰۵/۰۷	۱۴۰۰/۰۵/۰۷	۱۴۰۰/۱۲/۲۹	https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.274367.2377
					doi: 10.22065/jsce.2021.274367.2377

***نویسنده مسئول:** میرعلی محمدی

پست الکترونیکی: m.mohammadi@urmia.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از مهمترین عوامل حفظ سرمایه، طراحی و استقرار سیستم‌های نگهداری و تعمیر در تمامی صنایع می‌باشد. بحث نت در صنعت ساختمان نیز از این قاعده مستثنی نبوده و در سراسر جهان بویژه کشورهای توسعه یافته نیز مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه بهره‌برداری صحیح از ساختمان‌ها باعث افزایش طول عمر مفید آن‌ها می‌شود و نحوه نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها نیز در هزینه‌های ساختمان به هنگام بهره‌برداری تاثیر بسزائی دارد لذا لازم است جهت دستیابی به این مهم نسبت به تعیین کارآئی مناسب تجهیزات ساختمانها در این خصوص تحقیق و مطالعات مناسبی انجام پذیرد. امروزه برای متخصصان صنعت ساختمان به خصوص در حوزه نگهداری و تعمیرات آشنایی کامل و شناخت نسبت به میزان کارایی و در نتیجه بهره وری تجهیزات و تاسیسات و اجزاء عناصر مختلف ساختمان از مهمترین دغدغه‌ها و چالش‌های پیش روی آنها می‌باشد، در این تحقیق سعی بر آن است تا به متخصصان در این زمینه در رفع این چالش-ها کمک شود. چون اکثر روش‌های موجود برای محاسبه کارایی از راه‌های کیفی و نه کمی بدست می آیند و روایی و پایایی این روش‌ها بسیار متغیر بوده و زیاد قابل اتکا نیست لذا متخصصان برای دستیابی به اهداف نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها نیازمند اطلاعات دقیق می‌باشند که مبنایی ریاضی و قابل اثبات داشته باشد تا از این طریق بتوانند در بدست آوردن دقیق کارایی تجهیزات اقدام نمایند. از این رو، از تکنیک تحلیل پوششی داده ها بعنوان یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای شناخت علمی و دقیق مسایل و تجزیه و تحلیل کارایی تاسیسات و تجهیزات ساختمان در فرآیند نگهداری و تعمیرات می توان استفاده نمود.

کاهش هزینه‌ها و افزایش طول عمر ساختمان‌ها را می‌توان بعنوان یکی از اهداف متخصصان در زمان بهره‌برداری و پس از ساخت در نظر گرفت. برای رسیدن به این هدف باید بهره‌وری را افزایش داد. بهره‌وری شامل دو بخش اثر بخشی و کارائی می باشد. اثر بخشی یعنی انجام کارهای درست، در مسیر رسیدن به هدف و کارایی یعنی انجام درست کارها، گرفتن بیشترین خروجی از ورودی‌هایی که وارد سیستم شده است.[1]. برای محاسبه کارایی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که اکثر قریب به اتفاق آنها روش‌های کیفی و یا از طریق روش تعریف شاخص می‌باشند اما روشی تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها راه حلی ریاضی برای ارزیابی مقایسه‌ای کارایی پیشنهاد می‌کند که به گفته دانشمندان رشته ریاضی، هر چیزی که با ریاضی به اثبات برسد درست است مگر خلاف آن به کمک ریاضی به اثبات برسد [2]. به همین منظور برای بررسی میزان کارایی نگهداری و تعمیرات عناصر سازه، معماری، تاسیسات و تجهیزات ساختمان‌ها می‌توان از این روش استفاده کرد. با کمک این روش می‌توان راهی برای تعیین دقیق‌تر و بهتر کارایی در زمینه نت ساختمان‌ها معرفی نمود، تا با تعیین میزان کارایی واحدها و رتبه آنها به متخصصان در شناخت، بهبود و افزایش کارایی واحدهای ناکارا و تصمیم‌گیری‌های دیگر در این زمینه کمک کرد.

هدف از این پژوهش ارزیابی کارائی سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر شاخص های مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان بعنوان ورودی و میزان هزینه شارژ و هزینه های مربوط به نگهداری و تعمیرات ساختمانها بعنوان خروجی در مطالعه موردی شهر کرج می باشد. از این رو ابتدا مبانی نظری و پیشینه پژوهش در این زمینه مرور می‌شود؛ سپس مدل پیشنهاد شده در زمینه مورد نظر تشریح شده و مدلهایی که برای حل در نظر گرفته شده‌اند، معرفی می‌شوند. در قسمت بعدی، نتایج به‌کارگیری رویکرد پیشنهاد شده، ارائه می گردد و ضمن مقایسه با روشهای مرسوم، به تجزیه و تحلیل کارایی آن پرداخته می‌شود. در نهایت، نتایج جمع‌بندی و پیشنهادها و محدودیتهای پژوهش بیان می گردد.

۲- مرور ادبیات

۲-۱- نگهداری و تعمیرات

نت مجموعه فعالیتهایی است که جهت نگهداری و تعمیر و یا بازگرداندن ایمنی، عملکرد، قابلیت اطمینان و قابلیت در دسترس بودن تاسیسات و تجهیزات و عناصر سازه‌ای و معماری در ساختمانها انجام می‌شود تا از عملکرد مطلوب آنها در زمان مورد نیاز اطمینان حاصل گردد. نگهداری و تعمیرات شامل مجموعه فعالیت‌هایی است که با هدف جلوگیری از خرابی ناگهانی تجهیزات و

تأسیسات برنامه ریزی شده است. تعمیرات هنگامی صورت می‌گیرد که تجهیزات از کار می‌افتد یا کارکرد آن مناسب نبوده و یا فعالیت آنها با تأخیر مواجه می شود[3]. هدف اصلی نگهداری و تعمیرات افزایش عمر تجهیزات و کاهش هزینه با بیشترین کارآئی است که از زمان نصب تجهیزات و در طول بهره‌برداری تعریف می شود[4]. نگهداری و تعمیرات روشی بهینه جهت دست یافتن به آرامش خاطر از سطح رضایت بخش قابلیت اطمینان در طول عمر مفید آن با هدف کاهش هزینه های عدم اطمینان است [5].

سهم نت در عملکرد ساختمان‌ها از طریق تضمین نمودن عملکرد تجهیزات ، تاسیسات و عناصر ساختمان تحت شرایط مورد انتظار با ایجاد توازن مابین هزینه و تخصیص مناسب منابع به نت صورت می‌گیرد. با وجود تحقیقات گسترده روی سیاست ها و معیارهای نت، بر اساس جستجوی به عمل آمده تاکنون الگویی راهبردی جهت اندازه‌گیری عملکرد نت بخش‌های مختلف ساختمانها ارائه نشده است و کمترتوجهی به آن شده است. بخش‌های مختلف ساختمان که نیازمند نگهداری و تعمیرات می‌باشند براساس مبحث۲۲ مقررات ملی ساختمان که تنها مرجع فنی کشور می‌باشد عناصری که نیازمند نگهداری و تعمیرات می‌باشند از بخش‌های سازه، معماری، تاسیسات مکانیکی، تاسیسات بهداشتی، تاسیسات گاز رسانی، حفاظت در برابر حریق، آسانسور و پله برقی و تاسیسات برقی، تشکیل یافته است. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی عملکرد نت بخش‌های مختلف ساختمان‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بعنوان مناسب‌ترین راهکار کمی و قابل اثبات می‌باشد. تحلیل پوششی داده‌ها روشی ناپارمتریک ریاضی است که بدون توجه به واحد ورودی‌ها و خروجی‌ها، امکان مقایسه کارایی عملیاتی آنها را با یکدیگر فراهم می‌آورد.

۲-۲- تحلیل پوششی داده ها *DEA*[1]

مناسب‌ترین و منطقی‌ترین روش برای ارزیابی بهره‌وری، تعیین میزان عملکرد می‌باشد که از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری می‌گردد. محاسبه بهره‌وری در تحلیل پوششی داده‌ها بیشتر به جنبه کارآیی اشاره دارد. کارایی را می‌توان به عنوان تخصیص بهینه منابع بیان کرد. کارایی، معرف نسبت ستانده‌ها به نهاده‌ها در مقایسه با یک استاندارد مشخص است. لذا محاسبه کارایی منوط به تعریف و مقایسه با یک حد مطلوب استاندارد است. مبنای چنین حد مطلوبی با روش‌های مختلفی مشخص می‌شود. روش تحلیل نسبت و روش تحلیل مرزی دو روش اصلی برای تعیین کارایی هستند. در روش تحلیل مرزی ابتدا توابع تولید مرزی برآورد شده و واحدهایی که در این مرز فعالیت می‌کنند به عنوان واحدهای کارا و واحدهایی که خارج از آن قرار می‌گیرند، به عنوان واحدهای ناکارا شناخته می‌شوند. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از مهمترین روش‌های تحلیل مرزی است. تحلیل پوششی داده‌ها یک روش غیرپارامتریک، مبتنی بر برنامه ریزی خطی برای تعیین کارایی واحدهای تصمیم گیری بر اساس داده‌ها و ستانده‌های شبیه به هم می‌باشد. در این روش، بهترین عملکرد در دسته مورد ارزیابی مشخص شده و عملکرد سایر واحدها نسبت به آن مقایسه می‌شود [6].

فارل، با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، به اندازه‌گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که او برای اندازه‌گیری کارایی مد نظر قرار داد شامل یک ورودی و یک خروجی بود. چارنز ،کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو ،تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها، نام گرفت و اولین بار، در رساله دکتری ادوارد رودز و به راهنمائی کوپر تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶، در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرارگرفت [7]. مدل‌های اساسی روش تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس ماهیت(ورودی محور، خروجی محور و جمعی) یا بر اساس بازدهی نسبت به مقیاس (بازدهی ثابت به مقیاس *CRS*[2] و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس *VRS*[3] طبقه بندی می‌شوند [8]. البته مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ترکیبی از دو مدل بازگشت به مقیاس افزایشی و بازگشت به مقیاس کاهشی است. هر کدام از مدل‌های فوق دارای دو جهت مطالعاتی خروجی محور و ورودی محور می‌باشند. در این روش کارایی یک واحد برابر با مجموع وزن خروجی‌های واحد بر مجموع وزن ورودی‌های واحد است[9].

[1] Data envelopment analysis
[2] Constant Return to Scale
[3] Variable Return Scale

مدل‌های ورودی محور، مدلهایی هستند که با ثابت نگه‌داشتن خروجی ها، ورودی ها را به حداقل می‌رسانند. اما در مدل‌های خروجی محور، هدف حداکثرساختن مقادیر خروجی‌ها مشروط به ثابت نگه‌داشتن مقادیر ورودی‌هاست. تعدادی از واحدها که در تحلیل *DEA* کارا معرفی شده‌اند در تحلیل پارامتری ناکارا هستند. تحلیل *DEA* تعداد واحدهای ناکارا را تقلیل داده و می‌تواند واحدهای کارا را رتبه بندی کند و همچنین واحدهای کارای حقیقی را از واحدهای کارای دروغین تشخیص دهد [10].

۲-۳- تحلیل پوششی داده‌ها وخروجی‌های نامطلوب

در الگوی تحلیل پوششی داده‌ها بادیدگاه ورودی، به دنبال به دست آوردن ناکارایی فنی به عنوان نسبتی می‌باشیم که بایستی در ورودی‌ها کاهش داده شود تا خروجی، بدون تغییر بماند و واحد در مرز کارایی قرار گیرد. در دیدگاه خروجی، به دنبال نسبتی هستیم که باید خروجی‌ها افزایش یابند، بدون آنکه تغییر در ورودی‌ها به وجود آید تا واحد مورد نظر به مرز کارایی برسد. در الگوی *CCR*[۴]، مقادیر به دست آمده برای کارایی در دو دیدگاه مساوی هستند . در این الگو بازده به مقیاس واحدها را ثابت فرض کرده ولی در مدل *BCC*[۵] این مقادیر متغییر هستند. مبنای مدل‌های رایج تحلیل پوششی داده‌ها مانند مدل‌های *CCR* و *BCC* بر اساس این فرض استوار است که کاهش میزان ورودی‌ها یا افزایش خروجی‌ها، بهبود کارایی را به همراه خواهد داشت. اما باید به این نکته توجه کرد که در دنیای واقعی، عامل‌های نامطلوب (بد) نیز می‌توانند در فرآیند تولید وجود داشته باشند. بنابراین، واحدهای تصمیم گیرنده، همیشه به دنبال حداکثرساختن خروجی‌ها و یا به حداقل رساندن ورودی‌ها نیستند. فرآیند تولیدی که همراه با محصول نهایی، آلودگی تولید می‌کند، دو نوع خروجی مطلوب و نامطلوب دارد. خروجی مطلوب باید افزایش و خروجی نامطلوب کاهش یابد. این رویکرد با مدل‌های عمومی تحلیل پوششی داده‌ها متفاوت است. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با ورودی‌ها یا خروجی‌های نامطلوب برای در نظرگرفتن این شرایط طراحی شده اند [6]. در این پژوهش با استفاده از مدل کوپر و همکاران کارائی ساختمان ها را با در نظر گرفتن خروجی های نامطلوب مورد ارزیابی قرار می دهیم [11].

$$\rho^{*} = \min \frac{1-\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{s_{io}^{-}}{x_{io}}}{1+\frac{1}{s}\left(\sum_{r=1}^{s_1}\frac{s_r^{g}}{y_{ro}^{g}}+\sum_{r=1}^{s_2}\frac{s_r^{b}}{s_{ro}^{b}}\right)} \qquad (۱)$$

Subject

$$x_o = X\lambda + s^{-}$$
$$y_o^{g} = Y\lambda + s^{g}$$
$$y_o = Y\lambda + s^{b}$$
$$L \le e\lambda \le U$$
$$s^{-}, s^{g}, s^{b}, \lambda \ge 0$$

در رابطه ۱، y^g: خروجی مطلوب، y^b: خروجی نامطلوب، x: مقادیر ورودی، s: مقادیر مازاد و کمبود هستند. پس از بدست آوردن جواب بهینه اگر واحدی ناکارا باشد می بایست مقدار ورودی و خروجی نامطلوب را کاهش داد تا به واحدی کارا تبدیل شود.

۲-۴- ویژگی‌ها و قابلیت‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها

این مدل دارای قابلیت‌های کاربردی می‌باشد که دارای اهمیت فراوانی است که عبارتند از: ارزیابی توأم مجموعه عوامل، ارزیابی واقع بینانه، عدم نیاز به اوزان از قبل تعیین شده، خاصیت جبرانی بودن، ارزیابی با گرایش مرزی به جای گرایش‌های مرکزی، تصویر نمودن بهترین وضعیت عملکردی به جای وضعیت مطلوب، استاندارد سازی، رتبه بندی واحدهای تصمیم گیرنده، ارائه واحدهای الگو و راهکارهای بهبود عملکرد، ارائه واحدهایی با بیشترین اندازه مقیاس بهره‌وری و تخمین بازده به مقیاس، تعیین تراکم و میزان آن در نهاده‌ها، ارائه راهکارهای توسعه‌ای شامل انبساط و انقباض واحدها، تخصیص بهینه منابع، تعیین پتانسیل‌های عملکردی(کاربردی)، تحلیل حساسیت نهاده‌ها و ستانده‌ها [12].

[4] Charles, Cooper and Rhodes
[5] Banker, Charnes and Cooper

۵-۲- محدودیت‌های مدل *DEA* در مقایسه با سایر مدل‌ها

این مدل دارای محدودیت‌هائی نیز می‌باشد. چون این روش یک تکنیک ریاضی و عددی محض است از این رو خطاهای اندازه گیری ممکن است تغییرات عمده‌ای در نتایج به همراه داشته باشد. از این رو باید پس از شناسایی واحد کارا به کنترل مجدد داده‌ها و ستانده‌ها اقدام و از صحت آن اطمینان حاصل نمود. این روش صرفا یک روش ریاضی و بر اساس برنامه‌ریزی خطی است و توانایی مقایسه متغیرهای کیفی واحدهای تصمیم‌گیری را ندارد. اگر تنها یکی از داده‌ها و ستانده‌های واحدهای تصمیم‌گیری تغییر کند، تغییرات اساسی در درجه کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری پیش خواهد آمد. توافق کلی در مورد انتخاب داده‌ها و ستانده‌ها در این روش وجود ندارد [13].

مطالعات تجربی

در این قسمت مروری بر مبانی نظری پژوهش انجام شده و پیشینه‌ی پژوهش نیز به اختصار بررسی گردیده است.

زهره‌ئی و محتشمی در پژوهشی، روش جدیدی برای انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات بر مبنای تحلیل شبکه‌ای فازی و برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی ارائه نمودند. آنها ابتدا با روش تحلیل شبکه‌ای فازی وزن‌های فازی مولفه‌ها را محاسبه نمودند وسپس با قطعی نمودن وزن‌های بدست آمده و با نوشتن آرمان‌ها و تابع هدف و با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات را اولویت بندی نمودند [14]. رشوند و همکاران، در مقاله ای با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، اقدام به بررسی کارآئی ۳۸۴ پل بتنی در مقایسه با یکدیگر نمودند و ضمن ارزیابی عملکرد پلها، کارائی، ناکارائی و عوامل ناکارائی را مشخص کردند. آنها جهت بررسی کارآئی ورودی‌هائی مانند شرایط جوی و ترافیکی و خروجی هائی شامل فاکتور خرابی سازه‌ای و بهره برداری در نظر گرفته و از مدل ورودی محور *CCR* استفاده نمودند. در پایان مشخص گردید که ۳۵ پل مورد سنجش در محور اصلی استان زنجان کارائی بالائی داشته و پل کیلومتر ۸ آزاد راه زنجان قزوین، کارا ترین پل می‌باشند [15]. مقدسی و همکاران، در مقاله‌ای معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی را استخراج و بومی سازی نمودند، پس از انتخاب، نتایج تحقیق حاکی از آن بود که در صنایع دفاعی در بین متغیرهای شناسایی شده، فرآیند اسقاط کردن و استاندارد دانش تجهیزات دارای قدرت نفوذ بالا و میزان وابستگی پایین بودند [16]. میشرا و همکاران، در مقاله‌ای به مدلسازی قابلیت اطمینان زمان محور و روش برنامه‌ریزی نگه‌داشت پیشگیرانه برای ساختمان‌های مسکونی پرداختند. هدف آنها کاهش خسارت‌های ناشی از طوفان با استفاده از فرآیند گاما به منظور مدلسازی خرابی‌های تصادفی اجزای ساختمان بود [17]. در تحقیقی سلطانی و هادی وینچه اقدام به بررسی تاثیر مکانیزه نمودن فرآیند تعمیرات بر کارائی کارکنان نیروگاه جنوب اصفهان، اندازه‌گیری کارایی کارکنان، شناسائی کارکنان کارا و ناکارا و رتبه‌بندی کارکنان کارا و نهایتاً بررسی و مقایسه میزان تاثیر عوامل موثر در کارایی آنها به منظور افزایش بهره‌وری سازمان با رویکرد رضایتمندی شغلی نمودند. نتایج نشان داد که سیستمهای مبتنی بر فناوری اطلاعات، پیاده سازی سیستم مکانیزه تعمیرات در رتبه دوم در بین سایر عوامل تاثیرگذار می‌باشد.[18]. سجادی فر و همکاران در مقاله "کارایی انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی های نامطلوب" با درنظرگرفتن همزمان فعالیت‌های اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی در فرآیند تولید و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دارای خروجی نامطلوب کارآیی انرژی در ایران و کشورهای همجوار در دوره ۲۰۰۷-۲۰۱۲ اندازه‌گیری و میزان تحقق اهداف سند چشم انداز در زمینه کارآیی انرژی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که روند تغییرات کارآیی برای ایران و متوسط کشورهای مورد بررسی دارای روند نزولی بوده و جایگاه ایران از نظر کارآیی انرژی در مقایسه با سایر کشورها مطلوب نمی‌باشد [6]. سهراب و جعفر صادق عبداله زاده، در مقاله ای با عنوان رتبه بندی بهبود عملکرد مراحل زنجیره تامین در اثر استانداردسازی ملی، اقدام به ارائه رویکردی جدیدی نمودند تا بر اساس آن میزان بهبود عملکرد هر یک از مراحل زنجیره تامین در اثر پیاده سازی نظام استاندارد سازی ملی اندازه گیری و با توجه به بیشترین اثر بخشی رتبه بندی شود. آنها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، درجه اهمیت هر یک از مراحل و ویژگی های زنجیره تامین را بدست آوردند و سپس میزان بهبود عملکرد مراحل زنجیره تامین در اثر پیاده سازی این نظام را بدست آوردند. نتایج نشان داد پیاده سازی نظام استانداردسازی ملی ایران بر کلیه مراحل مختلف اثر مثبت دارد[19]. درمقاله"روش

یکپارچه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی-تحلیل پوششی داده‌های فازی[6](*FAHP-FDEA*) برای ارزیابی ساختمان‌های هوشمند" صحرائی و همکاران، نظریه‌ی مجموعه‌های فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[7] (*AHP*) و تحلیل‌پوششی‌داده‌ها (*DEA*) را مورداستفاده قرارداده ویک روش یکپارچه (*FAHP-FDEA*) را برای ارزیابی ساختمان‌های هوشمند ارائه نمودند [20]. شیخ علی شاهی و آزاده، در پژوهشی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات یک سیستم تولیدی را مورد ارزیابی قرارداده و با استفاده از شبیه سازی *AweSim* فعالیت‌های نگهداری و تعمیر یک سیستم تولیدی را شبیه‌سازی نمودند. آنها توابع تولیدی و نگهداری و تعمیرات را با توجه به سوابق تخمین زدند و شبیه‌سازی را برای مقادیر مختلف بازه‌های نگهداری و تعمیرات اجرا نمودند. آنها با تغییر مقادیر ورودی، خروجی‌ها را بدست آورده و با توجه به اینکه معیارهای مختلفی جهت بررسی خروجی‌ها در نظر گرفته شده بود، از تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب بهترین گزینه با درنظر گرفتن هزینه، قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی، طول صف و بکار گیری ماشین آلات استفاده نمودند [21]. دو و همکاران، متوسط میزان کاهش بالقوه انتشار دی اکسید کربن را در دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۰ برای ۳۰ منطقه چین محاسبه کردند. نتایج نشان داد که به دلیل اختلاف در نوع فناوری-های مورد استفاده، میزان کاهش بالقوه در انتشار دی اکسید کربن در مناطق مختلف از پراکندگی به نسبت زیادی برخوردار است [22]. کارامان و کایا، *FTOPSIS*[8] و *FAHP* را برای ارزیابی ساختمان‌های هوشمند پیشنهادکردند. این مقاله یک روش یکپارچه (*FAHP-FDEA*) را برای ارزیابی ساختمان‌های هوشمند تحت محیط فازی توسعه داد. روش*FAHP* برای شناسایی وزن معیارها به کار برده شد. سپس، وزن معیارها با یک مدل[9] *FDEA* ترکیب گردید تا عملکرد ساختمان‌های هوشمند را اندازه‌گیری کند [23]. کریمی و محقر، در پژوهشی با عنوان اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با استفاده از *AHP-DEA*، روشی جهت رتبه‌بندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیر ماشین آلات مشابه پیشنهاد کردند. آنها جهت اولویت‌بندی فعالیت‌های آتی و همچنین شناخت الگوهای کارآیی نگهداری و تعمیرات ماشین آلات با استفاده از روش *AHP* داده‌های کیفی عملکرد را کمی نموده و با استفاده از مدلهای تحلیل پوششی داده‌هاکارآیی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات را برروی دستگاه‌های مشابه محاسبه کردند. آنها مطالعات خود را در واحد پرس کارخانه‌ای روی ۸ دستگاه پرس اجرا کردند و نمره کارایی هر دستگاه را محاسبه نموده و سپس آنها را با توجه به فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با روش اندرسون پیترسون رتبه‌بندی کردند. نتایج نشان داد که دستگاه ۸ دارای بیشترین کارآیی بوده و دستگاه‌های با کارآیی بهتر اولویت بالاتری در انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیر دارند [24]. لیو، در تحقیقی کارآیی نسبی واحدهای نگهداری و تعمیرات را از نظر نیروی انسانی به کمک تکنیک *DEA* محاسبه نمود. همچنین از این تکنیک در ارزیابی دقیق و منطقی نگهداری و تعمیرات کارخانه جهت رشد هر چه بیشتر آن نیز استفاده نمود [25].

با مطالعه پیشینه تحقیق مشخص می شود با استفاده جداگانه و یا همزمان و با کمک از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره از روش تحلیل پوششی داده‌ها درتعیین کارآئی در زمینه‌های مختلف نگهداری و تعمیرات در صنایع مختلف استفاده شده است. در بخش صنعت ساختمان از این روش در تعیین اولویت‌بندی ساختمانهای هوشمند و تعیین میزان کارائی انرژی استفاده شده است. لیکن از این روش در تعیین کارآئی ساختمان‌ها مبتنی بر سیستم نت مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین بررسی کارآئی ساختمانها در زمینه نگهداری و تعمیرات، توسعه وکاربرد مدلها، همچنان در این حوزه احساس می‌شود. از این‌رو در این پژوهش با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها کارائی سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمانهای مسکونی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. در این پژوهش، پیشینه کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌ها با تاکید بر تعیین میزان کارائی سیستم نگهداری و تعمیر در جدول ۱ آمـده اسـت.

6 Fuzzy Analytical Hierarchy process- Fuzzy Data envelopment analysis

7 Analytical Hierarchy process

8 Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

9 Fuzzy Data envelopment analysis

جدول ۱: پیشینه کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها

محقق	سال	کاربرد
زهره‌ئی و محتشمی	۲۰۲۰	اولویت بندی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات
رشوند و همکاران	۲۰۲۰	تعیین کارآئی پلهای بتنی، ارزیابی عملکرد پلها
مقدسی و همکاران	۲۰۲۰	صنایع دفاعی
میشرا و همکاران	۲۰۱۹	برنامه‌ریزی نگه‌داشت پیشگیرانه برای ساختمان‌های مسکونی
سلطانی و هادی وینچه	۲۰۱۶	رتبه بندی سیستمهای مبتنی بر فناوری اطلاعات و پیاده سازی سیستم مکانیزه تعمیرات
سجادی فر و همکاران	۲۰۱۶	تعیین کارآیی انرژی
سهراب و جعفر صادق عبداله زاده	۲۰۱۵	بهبود عملکرد مراحل زنجیره تامین در اثر پیاده سازی نظام استاندارد سازی ملی
صحرائی و همکاران	۲۰۱۵	ایجاد یک روش یکپارچه (FAHP-FDEA) برای ارزیابی کارائی ساختمان‌های هوشمند
شیخ علی شاهی و آزاده	۲۰۱۵	انتخاب بهترین گزینه در یک سیستم تولیدی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها
دو و همکاران	۲۰۱۴	تعیین متوسط میزان کاهش بالقوه انتشار دی اکسید کربن
کارامان و کایا	۲۰۱۲	اندازه گیری کارائی عملکرد ساختمانهای هوشمند با استفاده از مدل FDEA
کریمی و محقر	۲۰۰۶	رتبه‌بندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیر ماشین آلات مشابه با استفاده از مدلهای DEA
لیو	۲۰۰۴	تعیین کارآیی نسبی واحدهای نگهداری و تعمیرات از نظر نیروی انسانی به کمک تکنیک DEA

۳- روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه، از نظر هدف کاربردی، از لحاظ ماهیت توصیفی- تحلیل و از نظر جمع آوری اطلاعات پیمایشی می باشد. هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی عملکرد ساختمانها با رویکرد واقع نگرانه می باشد تا براساس شاخص‌های مورد نظر در مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان بهترین ساختمان‌ها انتخاب و بقیه ساختمانها براساس آنها مورد ارزیابی قرار گیرند. جهت دستیابی به این هدف پس از طراحی پرسشنامه با توجه به زیر شاخص‌های موجود در مبحث ۲۲ مقررات ملی به منظور پیاده سازی مدل بدست آمده، در محدوده شهر کرج، انتخاب شده و به عنوان مطالعه موردی تعدادی نمونه بصورت تصادفی انتخاب گردید و بر اساس مدل شبیه سازی شده، تحلیل پوششی داده‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پرسشنامه توزیع شده وضعیت پارامترهای نگهداری و تعمیرات ساختمان بر اساس مبحث ۲۲ مقررات ملی براساس طیف لیکرت و با توجه به میزان هزینه نگهداری و تعمیرات و شارژ ساختمان بصورت سالانه پرسش گردید. با توجه به تعداد پرسشنامه و وجود پارامترهای متعدد، پارامترهای کاربری مسکونی، تعداد طبقات ، تعداد واحد و سال ساخت بعنوان شاخص های انتخاب نمونه‌ها از میان حجم کل در نظر گرفته شد.

نحوه انتخاب نمونه‌ها با شریط مذکور به این دلیل بود که در ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر نیاز به اجرای برخی موارد مقرراتی، آئین نامه‌ای و شهرسازی مانند مطالعات ژئوتکنیک، آسانسور، انواع تاسیسات و تجهیزات بکار رفته و غیره نمی باشد و لذا در صورت انتخاب ساختمان با تعداد سقفهای کمتر تعداد شاخص‌های اندازه‌گیری کاهش می‌یافت. تعداد ساختمانهای ساخته شده با تعداد طبقات بیشتر از ۳ که از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸ در شهرستان کرج ساخته شده‌اند از طریق سامانه آمار ایران بدست آورده شد، که جامعه آماری کل را نشان می‌دهد. با توجه به روش کوکران که در رابطه ۲ بیان شده و با توجه به تعداد کل ساختمانها، جامعه آماری شامل ۳۸۰ نمونه تعیین شد.

$$n=\frac{Nz^2P(1-P)}{d^2(N-1)+z^2P(1-P)} \qquad (۲)$$

دررابطه ۲ : m: حجم نمونه، N: جمع جامعه آماری، z: مقدار سطح معنی دار و درجه آزادی که معمولا (۱,۹۶) می باشد، D: حداقل خطای قابل قبول که معمولا ۵٪ می باشد، P: نسبت موفقیت بین افراد نمونه که معمولا ۵۰٪ درنظر گرفته می شود، q: نسبت عدم موفقیت *(1-p=q)*.

جهت اجرای این روش باید ابتدا واحدهای تصمیم‌گیری مشخص و سپس عوامل داده و ستاده تعیین می‌گردید. پس از آن معادله ضرایب، نامعادلات و تابع هدف را مشخص نموده و نهایتا تابع هدف محاسبه گردید. مدل های تحلیل پوششی داده ها علاوه بر محاسبه

کارآیی ، قادر است نتایج بسیار مفیدی در اختیار مدیران قرار دهد. این روش ساختمان‌های الگو را به عنوان هدف برای ساختمان‌های ناکارا تعیین می‌نمود [26].در روش تحلیل پوششی داده ها با تغییر تعداد نهاده‌ها و ستاده‌ها میزان کارآیی ساختمان‌ها تغییر می یابد [27].

تحلیل فراگیر داده‌ها از قابلیت‌های مناسبی جهت اندازه‌گیری کارآیی برخوردار می باشد. یکی از ویژگی‌های بسیار مفید این مدل، در نظر گرفتن تعداد خروجی و ورودی‌ها برای هر ساختمان است، همان طوری که یک فرآیند قابل اندازه‌گیری و کنترل می‌باشد، خروجی و ورودی‌های یک ساختمان نیز باید قابل اندازه‌گیری باشند. معمولا اندازه خروجی و ورودی‌ها به عنوان بازخوردی جهت طراحی عملیات بهتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. خروجی استاندارد یک ساختمان در سیستم نگهداری و تعمیر ساختمان، هزینه‌های مربوط به آن فرض گردید که بعنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفته شد. همچنین متغیرهای ورودی، قطعات سازه و معماری، تاسیسات مکانیکی، تاسیسات بهداشتی، تاسیسات گاز رسانی، حفاظت در برابر حریق، آسانسور و پله برقی، تاسیسات برقی با توجه به مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان فرض گردید. روش تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد سیستم نت ساختمان کاربرد قابل ملاحظه ای دارد.

۱-۳- تناسب بین تعداد پارامترهای مدل تحلیل پوششی داده‌ها و تعداد واحدهای تصمیم‌ساز

تناسب بین تعداد پارامترهای ورودی و خروجی یک مدل *DEA* و تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده که در مدل‌های مورد نظر آن‌ها را تحت بررسی قرار داده‌ایم، از معیار بسیار مهمی در تحویل و ارائه نتایج معتبر می‌باشد. چنانچه در ارزیابی‌هایی که توسط مدل‌های استاندارد روش تحلیل پوششی داده‌ها صورت می‌گیرد تعداد مجموع پارامترهای ورودی و پارامترهای خروجی در مقایسه با تعداد واحد تصمیم گیرنده (*DMU*) زیاد باشد نتایج به دست آمده از اجرای مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، اطلاعات مفیدی را در اختیار ارزیاب قرار نخواهد داد و اغلب واحدها به عنوان واحدهای کارا معرفی می‌شوند. چارنز و کوپر در مقاله خود حداقل تعداد واحدهای تصمیم گیرنده را سه برابر تعداد مجموع پارامترهای ورودی و خروجی بیان داشته‌اند [9]. لذا از میان کل نمونه‌های بدست آمده و با توجه به مجموع تعداد خروجی و ورودی‌ها تعداد ۱۰۰ نمونه از میان ۳۸۶ نمونه‌ای که از روش کوکران بدست آمده با در نظر داشتن پارامترهائی از جمله، تعداد طبقات بین ۴ تا ۶، تعداد واحد بین ۶ تا ۱۰ و همچنین سال ساخت که بین سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ بود، در نظر گرفته شد.

۴- یافته های پژوهش

کلیه محاسبات مربوط به تحلیل پوششی داده‌ها توسط نرم افزار *DEA Solver* انجام شد. نحوه انجام محاسبات به این ترتیب بود که نتایج در سه کاربرگ«*Efficiency*»، «*Slack*» و «*Target*» ایجاد شدند. در کاربرگ «*Efficiency*» خروجی ها تعیین شد. سپس واحدهای تصمیم گیرنده‌ها و کارآیی هر ساختمان محاسبه شده وساختمانهائی که کارا بودند کارایی آنها برابر ۱ در نظر گرفته شد و برای ساختمان-های ناکارا، عدد کارایی آنها کمتر از ۱ محاسبه شد. سپس مقادیر بهینه لامبدا گزارش شد که به کمک مقدار بهینه لامبدا مشخص گردید که برای واحدهای ناکارا چه مجموعه‌های مرجعی را می توانیم به عنوان الگو معرفی کنیم تا واحدهای ناکارا با الگو گرفتن از این واحدها تبدیل به واحد کارا شوند. *Slack*ها در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها متغیرهای کمکی بوده که میزان مازاد در متغیرهای ورودی و میزان کمبود در متغیرهای خروجی واحدهای ناکارا را نشان می داد که این *Slack*ها در یک رابطه ریاضی قرار گرفتند و از طریق این رابطه مقدار بهینه ورودی ها و خروجی واحدهای ناکارا بدست آمد. برای اینکه نیاز نباشد محاسبات مقادیر بهینه متغیرها برای واحدهای ناکارا به صورت دستی توسط *slack*ها انجام گیرید نرم افزار در کاربرگ «*Target*» مقدار بهینه ورودی‌ها و خروجی واحدهای ناکارا را بطور خودکار محاسبه و گزارش نمود. لذا داده‌های ورودی و خروجی ساختمان‌ها به کمک مدل خروجی نامطلوب مورد تحلیل قرار گرفتند و از این طریق ساختمان‌ها رتبه بندی شدند که نتایج حاصل در جدول (۲) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ۲۰ ساختمان کارا (مقدار کارایی برابر با یک) و ۸۰ ساختمان ناکارا (مقدار کارایی کمتر از یک) بوده است.

جدول۲: محاسبه کارآیی ساختمان‌ها

ردیف	DMU	کارایی	رتبه بندی	نتیجه	ردیف	DMU	کارایی	رتبه بندی	نتیجه
۱	v21	۱	۱	کارا	۵۱	v56	۰,۵۶۷۴۱۲	۳۲	ناکارا
۲	v49	۱	۱	کارا	۵۲	v116	۰,۵۶۱۹۳۴	۳۳	ناکارا
۳	v79	۱	۱	کارا	۵۳	v264	۰,۵۵۲۷۷۶	۳۴	ناکارا
۴	v80	۱	۱	کارا	۵۴	v378	۰,۵۴۶۱۳۱	۳۵	ناکارا
۵	v81	۱	۱	کارا	۵۵	v338	۰,۵۳۲۸۳۸	۳۶	ناکارا
۶	v93	۱	۱	کارا	۵۶	v105	۰,۵۲۸۹۹۱	۳۷	ناکارا
۷	v98	۱	۱	کارا	۵۷	v308	۰,۵۲۲۴۱۹	۳۸	ناکارا
۸	v99	۱	۱	کارا	۵۸	v212	۰,۵۱۳۸۸۷	۳۹	ناکارا
۹	v100	۱	۱	کارا	۵۹	v283	۰,۵۱۲۰۳۸	۴۰	ناکارا
۱۰	v104	۱	۱	کارا	۶۰	v237	۰,۴۹۹۱۳۵	۴۱	ناکارا
۱۱	v106	۱	۱	کارا	۶۱	v109	۰,۴۹۸۶۸۳	۴۲	ناکارا
۱۲	v108	۱	۱	کارا	۶۲	v71	۰,۴۸۹۳۷۹	۴۳	ناکارا
۱۳	v110	۱	۱	کارا	۶۳	v325	۰,۴۸۶۳۹۶	۴۴	ناکارا
۱۴	v112	۱	۱	کارا	۶۴	v90	۰,۴۸۱۳۰۶	۴۵	ناکارا
۱۵	v113	۱	۱	کارا	۶۵	v3	۰,۴۸۱۲۷۸	۴۶	ناکارا
۱۶	v278	۱	۱	کارا	۶۶	v59	۰,۴۸۰۷۲۲	۴۷	ناکارا
۱۷	v282	۱	۱	کارا	۶۷	v103	۰,۴۷۹۴۳	۴۸	ناکارا
۱۸	v289	۱	۱	کارا	۶۸	v139	۰,۴۷۵۲۴۹	۴۹	ناکارا
۱۹	v342	۱	۱	کارا	۶۹	v2	۰,۴۶۹۳۸۵	۵۰	ناکارا
۲۰	v377	۱	۱	کارا	۷۰	v208	۰,۴۶۵۷۷۴	۵۱	ناکارا
۲۱	v7	۰,۹۹۹۸۸۸	۲	ناکارا	۷۱	v78	۰,۴۵۳۷۶۳	۵۲	ناکارا
۲۲	v356	۰,۹۹۹۸۶۸	۳	ناکارا	۷۲	v206	۰,۴۴۷۸۱۳	۵۳	ناکارا
۲۳	v52	۰,۹۹۹۸۰۸	۴	ناکارا	۷۳	v332	۰,۴۴۰۳۹۷	۵۴	ناکارا
۲۴	v20	۰,۸۳۳۹۳۱	۵	ناکارا	۷۴	v328	۰,۴۳۵۱۲۱	۵۵	ناکارا
۲۵	v35	۰,۸۰۵۰۳	۶	ناکارا	۷۵	v14	۰,۴۳۲۴۸۷	۵۶	ناکارا
۲۶	v288	۰,۷۸۸۱۸۷	۷	ناکارا	۷۶	v84	۰,۴۲۷۱۷۶	۵۷	ناکارا
۲۷	v77	۰,۷۸۶۸۱۵	۸	ناکارا	۷۷	v97	۰,۴۰۶۷۲۳	۵۸	ناکارا
۲۸	v24	۰,۷۷۶۱۲۷	۹	ناکارا	۷۸	v267	۰,۴۰۳۷۹۱	۵۹	ناکارا
۲۹	v5	۰,۷۵۴۷۰۸	۱۰	ناکارا	۷۹	v4	۰,۴۰۱۶۸۷	۶۰	ناکارا
۳۰	v43	۰,۷۵۲۹۹۲	۱۱	ناکارا	۸۰	v163	۰,۳۸۹۳۲۶	۶۱	ناکارا
۳۱	v219	۰,۷۴۲۱۰۲	۱۲	ناکارا	۸۱	v75	۰,۳۸۳۵۶۳	۶۲	ناکارا
۳۲	v359	۰,۷۱۷۱۰۳	۱۳	ناکارا	۸۲	v353	۰,۳۷۹۴۹۵	۶۳	ناکارا
۳۳	v306	۰,۷۱۳۴۳	۱۴	ناکارا	۸۳	v19	۰,۳۷۹۲۱۴	۶۴	ناکارا
۳۴	v41	۰,۷۰۴۳۰۵	۱۵	ناکارا	۸۴	v62	۰,۳۷۵۹۵۶	۶۵	ناکارا
۳۵	v102	۰,۶۸۸۷۴۵	۱۶	ناکارا	۸۵	v95	۰,۳۶۵۵۰۲	۶۶	ناکارا
۳۶	v74	۰,۶۸۶۱۲۹	۱۷	ناکارا	۸۶	v259	۰,۳۴۸۵۱۲	۶۷	ناکارا
۳۷	v107	۰,۶۸۴۵۳۳	۱۸	ناکارا	۸۷	v58	۰,۳۴۲۹۵۸	۶۸	ناکارا
۳۸	v87	۰,۶۷۳۰۵۹	۱۹	ناکارا	۸۸	v46	۰,۳۴۲۱۹۹	۶۹	ناکارا
۳۹	v111	۰,۶۵۲۵۳۳	۲۰	ناکارا	۸۹	v129	۰,۳۳۷۵۲۸	۷۰	ناکارا
۴۰	v280	۰,۶۴۳۸۵۸	۲۱	ناکارا	۹۰	v147	۰,۳۳۶۳۷۲	۷۱	ناکارا
۴۱	v309	۰,۶۳۱۹۹۴	۲۲	ناکارا	۹۱	v314	۰,۳۳۲۳۳۵	۷۲	ناکارا
۴۲	v311	۰,۶۲۵۴۴۱	۲۳	ناکارا	۹۲	v18	۰,۳۲۹۳۲۹	۷۳	ناکارا
۴۳	v125	۰,۶۲۳۰۵۱	۲۴	ناکارا	۹۳	v11	۰,۳۱۸۴۸۵	۷۴	ناکارا

ناکارا	۷۵	۰,۳۱۴۳۶	v73	۹۴	ناکارا	۲۵	۰,۶۱۹۱۸۹	v44	**۴۴**
ناکارا	۷۶	۰,۳۰۳۴۲۶	v53	۹۵	ناکارا	۲۶	۰,۶۰۶۲۶۹	v320	**۴۵**
ناکارا	۷۷	۰,۲۹۸۷۹۷	v22	۹۶	ناکارا	۲۷	۰,۵۹۸۴۷۵	v301	**۴۶**
ناکارا	۷۸	۰,۲۹۵۷۱۶	v55	۹۷	ناکارا	۲۸	۰,۵۹۷۰۶۳	v286	**۴۷**
ناکارا	۷۹	۰,۲۹۴۲۷۵	v250	۹۸	ناکارا	۲۹	۰,۵۹۵۸۵۲	v349	**۴۸**
ناکارا	۸۰	۰,۲۵۶۵۶۶	v134	۹۹	ناکارا	۳۰	۰,۵۸۴۳۷۲	v370	**۴۹**
ناکارا	۸۱	۰,۲۵۴۹۷۶	v300	۱۰۰	ناکارا	۳۱	۰,۵۸۰۲۰۲	v303	**۵۰**

مشخصات ساختمان‌های کارا شامل تعداد واحد، تعداد طبقات و سال ساخت، در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

جدول۳: مشخصات ساختمان‌های کارا

ردیف	DMU	تعداد واحد	تعداد طبقات	سال ساخت	ردیف	DMU	تعداد واحد	تعداد طبقات	سال ساخت
۱	v21	۸	۵	۱۳۹۲	۱۱	v106	۶	۴	۱۳۹۲
۲	v49	۸	۴	۱۳۹۳	۱۲	v108	۶	۴	۱۳۹۵
۳	v79	۸	۵	۱۳۹۸	۱۳	v110	۶	۴	۱۳۹۸
۴	v80	۸	۵	۱۳۹۴	۱۴	v112	۵	۶	۱۳۹۷
۵	v81	۴	۵	۱۳۹۰	۱۵	v113	۶	۴	۱۳۹۷
۶	v93	۱۰	۵	۱۳۹۵	۱۶	v278	۱۲	۵	۱۳۹۵
۷	v98	۸	۶	۱۳۹۴	۱۷	v282	۸	۵	۱۳۹۰
۸	v99	۶	۴	۱۳۹۷	۱۸	v289	۱۲	۵	۱۳۹۲
۹	v100	۸	۴	۱۳۹۳	۱۹	v342	۸	۵	۱۳۹۰
۱۰	v104	۵	۶	۱۳۹۳	۲۰	v377	۸	۶	۱۳۹۵

۴-۱- مجموعه مرجع و نحوه تشکیل واحد مجازی

در روش تحلیل پوششی داده‌ها برای هر یک از واحدهای ناکارا یک واحد کارا یا ترکیبی محدب از دو یا چند واحد کارا تحت عنوان مجموعه مرجع و الگو معرفی گردید. از آنجایی که این واحد مرکب (ترکیب دو یا چند واحد کارا) ضرورتاً در دنیای بیرون وجود نخواهد داشت به عنوان یک واحد مجازی کارا شناخته شد. مجموعه مرجع برای یک واحد ناکارا می‌تواند یک واحد واقعی یا در حالت کلی یک واحد مجازی باشد.

واحد مجازی، ترکیبی محدب از دو یا چند واحد کارا می‌باشد. به عبارت دیگر واحد مجازی ترکیب خطی مجموعه مرجع یک *DMU*ناکارا می‌باشد. اندرسون معتقد است که قالب تحلیل پوششی داده‌ها در یافتن بهترین تولیدکننده مجازی برای هر یک از تولیدکنندگان واقعی است [28]. برای انجام این کار روش تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از ترکیب محدب دو یا چند واحد کارا یک واحد مجازی می‌سازد و واحد تحت بررسی را با آن مقایسه می‌نماید. اگر واحد مجازی با استفاده از همان میزان ورودی‌های واحد تحت بررسی توانست مقدار خروجی بیشتری ایجاد نماید و یا با استفاده از ورودی‌های کمتر توانست همان مقدار خروجی واحد تحت بررسی را ایجاد نماید، آنگاه واحد تحت بررسی واحدی ناکارا می‌باشد و برعکس واحد تحت بررسی کارا است اگر شرایط فوق برقرار نباشد.

۴-۲- تعیین مجموعه مرجع برای ساختمانهای ناکارا

در تحلیل پوششی داده‌ها، در زمان محاسبه کارایی واحدها، برای هر یک از واحدهای ناکارا تعدادی از واحدهای کارا به عنوان مرجع معرفی شدند تا برای کارا شدن واحدهای ناکارا نقش الگو را داشته باشند و برای هر کدام از واحدهای الگو، ضریبی برای مشخص کردن میزان تاثیر گذاری آنها تعیین گردید. بنابراین مراجع واحدهای ناکارا از میان همان مجموعه واحدهای کارا انتخاب شدند. در حالت ثانویه مقادیر λ برای همه واحدها محاسبه گردید. واحدهایی که مقدار λ غیر صفر داشتند به عنوان واحد مرجع برای واحدهای ناکارا انتخاب

شدند، هر چه مقدار λ بیشتر باشد نقش آن مرجع به عنوان الگو برای واحد ناکارا بیشتر می باشد. واحدهای مرجع برای ساختمان های ناکارا در جدول ۴ بیان شده‌اند.

جدول ٤ : واحدهای مرجع برای ساختمان‌های ناکارا

واحدهای ناکارا	کارایی	واحدهای مرجع (ضریب لامبدا)					
v2	۰,۴۶۹۳۸۵	(۱)v80					
v3	۰,۴۸۱۲۷۸	(۱)v80					
v4	۰,۴۰۱۶۸۷	(۱)v93					
v5	۰,۷۵۴۷۰۸	(۱)v80					
v7	۰,۹۹۹۸۸۸	(۱)v7	(۰,۰۰۰۱۱)v49		(۰,۰۰۰۱۱)v80		
v11	۰,۳۱۸۴۸۵	(۱)v93					
v14	۰,۴۳۲۴۸۷	(۱)v80					
v18	۰,۳۲۹۳۲۹	(۱)v93					
v19	۰,۳۷۹۲۱۴	(۱)v93					
v20	۰,۸۳۳۹۳۱	(۰,۶۷)v93	(۰,۳۳)v289				
v22	۰,۲۹۸۷۹۷	(۱)v93					
v24	۰,۷۷۶۱۲۷	(۰,۳۱)v80	(۰,۳۸)v93		(۰,۳۱)v289		
v35	۰,۸۰۵۰۳	(۰,۱۷)v80	(۰,۳۳)v93	(۰,۱۲)v106		(۰,۳۸)v342	
v41	۰,۷۰۴۳۰۵	(۰,۰۵)v49	(۰,۵)v80	(۰,۳۱)v93		(۰,۱۴)v342	
v43	۰,۷۵۲۹۹۲	(۰,۲۹)v80	(۰,۲۱)v93	(۰,۲۷)v106	(۰,۲۱)v289		(۰,۰۳)v342
v44	۰,۶۱۹۱۸۹	(۱)v106					
v46	۰,۳۴۲۱۹۹	(۱)v80					
v52	۰,۹۹۹۸۰۸	(۱)v52	(۰)v278		(۰,۰۰۰۲۳)v342		
v53	۰,۳۰۳۴۲۶	(۱)v93					
v55	۰,۲۹۵۷۱۶	(۱)v93					
v56	۰,۵۶۷۴۱۲	(۰,۲۵)v106	(۰,۷۵)v342				
v58	۰,۳۴۲۹۵۸	(۱)v80					
v59	۰,۴۸۰۷۲۲	(۰,۳)v80	(۰,۷)v93				
v62	۰,۳۷۵۹۵۶	(۱)v93					
v71	۰,۴۸۹۳۷۹	(۱)v80					
v73	۰,۳۱۴۳۶	(۱)v93					
v74	۰,۶۸۶۱۲۹	(۰,۵)v80	(۰,۵)v342				
v75	۰,۳۸۳۵۶۳	(۱)v80					
v77	۰,۷۸۶۸۱۵	(۰,۲۶)v80	(۰,۲۱)v93		(۰,۵۳)v106		
v78	۰,۴۵۳۷۶۳	(۱)v80					
v84	۰,۴۲۷۱۷۶	(۱)v93					
v87	۰,۶۷۳۰۵۹	(۱)v80					
v90	۰,۴۸۱۳۰۶	(۱)v80					
v95	۰,۳۶۵۵۰۲	(۱)v80					
v97	۰,۴۰۶۷۲۳	(۰,۸)v79	(۰,۲)v80				
v102	۰,۶۸۸۷۴۵	(۰,۷۵)v79	(۰,۱۳)v80		(۰,۱۲)v106		
v103	۰,۴۷۹۴۳	(۱)v80					
v105	۰,۵۲۸۹۹۱	(۱)v80					
v107	۰,۶۸۴۵۳۳	(۰,۸۹)v80	(۰,۱۱)v342				
v109	۰,۴۹۸۶۸۳	(۱)v79					

v111	۰٫۶۵۲۵۳۳	(۱)v80			
v116	۰٫۵۶۱۹۳۴	(۱)v80			
v125	۰٫۶۲۳۰۵۱	(۱)v342			
v129	۰٫۳۳۷۵۲۸	(۱)v80			
v134	۰٫۲۵۶۵۶۶	(۱)v93			
v139	۰٫۴۷۵۲۴۹	(۱)v80			
v147	۰٫۳۳۶۳۷۲	(۱)v80			
v163	۰٫۳۸۹۳۲۶	(۱)v80			
v206	۰٫۴۴۷۸۱۳	(۱)v93			
v208	۰٫۴۶۵۷۷۴	(۰٫۷۱)v93	(۰٫۲۹)v342		
v212	۰٫۵۱۳۸۸۷	(۰٫۲۵)v106	(۰٫۷۵)v342		
v219	۰٫۷۴۲۱۰۲	(۰٫۵۷)v80	(۰٫۳۹)v93	(۰٫۰۴)v278	
v237	۰٫۴۹۹۱۳۵	(۱)v93			
v250	۰٫۲۹۴۲۷۵	(۱)v93			
v259	۰٫۳۴۸۵۱۲	(۱)v80			
v264	۰٫۵۵۲۷۷۶	(۱)v93			
v267	۰٫۴۰۳۷۹۱	(۱)v80			
v280	۰٫۶۴۳۸۵۸	(۰٫۶۶)v80	(۰٫۳)v93	(۰٫۰۴)v342	
v283	۰٫۵۱۲۰۳۸	(۱)v93			
v286	۰٫۵۹۷۰۶۳	(۰٫۵)v93	(۰٫۵)v342		
v288	۰٫۷۸۸۱۸۷	(۰٫۸۹)v79	(۰٫۰۵)v80	(۰٫۰۵)v342	
v300	۰٫۲۵۴۹۷۶	(۱)v93			
v301	۰٫۵۹۸۴۷۵	(۰٫۷۱)v93	(۰٫۲۹)v342		
v303	۰٫۵۸۰۲۰۲	(۰٫۳۱)v80	(۰٫۶)v93	(۰٫۰۹)v342	
v306	۰٫۷۱۳۴۳	(۱)v93			
v308	۰٫۵۲۲۴۱۹	(۱)v93			
v309	۰٫۶۳۱۹۹۴	(۰٫۵۷)v93	(۰٫۴۳)v342		
v311	۰٫۶۲۵۴۴۱	(۱)v342			
v314	۰٫۳۳۲۳۳۵	(۱)v93			
v320	۰٫۶۰۶۲۶۹	(۱)v93			
v325	۰٫۴۸۶۳۹۶	(۱)v93			
v328	۰٫۴۳۵۱۲۱	(۰٫۳)v80	(۰٫۷)v93		
v332	۰٫۴۴۰۳۹۷	(۱)v342			
v338	۰٫۵۳۲۸۳۸	(۰٫۲)v93	(۰٫۸)v342		
v349	۰٫۵۹۵۸۵۲	(۰٫۵۹)v93	(۰٫۱۶)v289	(۰٫۲۴)v342	
v353	۰٫۳۷۹۴۹۵	(۱)v93			
v356	۰٫۹۹۹۸۶۸	(۰٫۰۰۰۴۹)v80	(۰٫۰۰۰۱۹)v278	(۱)v356	
v359	۰٫۷۱۷۱۰۳	(۰٫۵)v80	(۰٫۵)v93		
v370	۰٫۵۸۴۳۷۲	(۰٫۶)v80	(۰٫۴)v93		
v378	۰٫۵۴۶۱۳۱	(۱)v80			

در جدول ۴ واحد های مرجع یا الگو برای ساختمان های ناکارا مشخص شده است. برای مثال واحدهای مرجع(E) ساختمان $V370$ از حل مسئله ثانویه مدل LP بدست می آید:

$$\varphi^{*} = 0.584\,, \quad \lambda^{*}_{V80} = 0.6, \quad \lambda^{*}_{V93} = 0.4$$

با توجه به اینکه در جواب بهینه مسئله مقادیر $\lambda^*_{V93} > 0$,$\lambda^*_{V80} > 0$ همگی بزرگتر از صفر بودند، بنابراین واحدهای مذکور به عنوان واحدهای مرجع ساختمان V370 در نظر گرفته شد.

$$E_{V370} = \{DMU_{V80}, DMU_{V93}\}$$

هر چه مقدار ضریب λ^* واحد مرجع بیشتر باشد نقش آن ساختمان به عنوان الگو بیشتر می باشد. برای مثال ساختمان V80 سهم بیشتری در الگوی ساختمان V370 دارد. برای سایر ساختمان‌های ناکارا به همین ترتیب واحدهای مرجع مشخص شده است. در جدول ۵ مقادیر مازاد (slack ها) برای هر یک از خروجی‌های نامطلوب ساختمان‌های ناکارا محاسبه شده است به عبارت دیگر چنانچه مقادیر مازاد(slack ها) را از خروجی های نامطلوب واحدهای ناکارا کم کنیم مقدار بهینه خروجی های نامطلوب واحدهای ناکارا بدست می‌آید. در جدول ۵ مشخص گردید که هر ساختمان ناکارا در خروجی نامطلوب خود چه مقدار مازاد دارد و چنانچه این مازادها را کاهش دهد تبدیل به ساختمان کارا می‌شود.

جدول۵: مقادیر مازاد خروجی‌های نامطلوب برای ساختمان‌های ناکارا

ردیف	واحدهای ناکارا	کارایی	هزینه شارژ و تعمیر و نگهداری مقدار مازاد(+S)	ردیف	واحدهای ناکارا	کارایی	**هزینه شارژ و تعمیر و نگهداری مقدار مازاد(+S)**
۱	v2	۰,۴۶۹۳۸۵	۴۴,۴۰۰,۶۱۶	۴۱	v111	۰,۶۵۲۵۳۳	**۲۸,۴۰۰,۶۱۶**
۲	v3	۰,۴۸۱۲۷۸	۱۸,۴۰۰,۶۱۶	۴۲	v116	۰,۵۶۱۹۳۴	**۱۳۶,۳۹۹,۸۱۰**
۳	v4	۰,۴۰۱۶۸۷	۱۱۶,۰۰۰,۸۴۰	۴۳	v125	۰,۶۲۳۰۵۱	**۲۲,۲۰۱,۰۱۰**
۴	v5	۰,۷۵۴۷۰۸	۱۱۴,۳۹۹,۸۱۰	۴۴	v129	۰,۳۳۷۵۲۸	**۴۶,۴۰۰,۶۱۶**
۵	v7	۰,۹۹۹۸۸۸	-	۴۵	v134	۰,۲۵۶۵۶۶	**۱۶۰,۰۰۰,۸۴۰**
۶	v11	۰,۳۱۸۴۸۵	۷۶,۰۰۰,۸۴۰	۴۶	v139	۰,۴۷۵۲۴۹	**۵۴,۴۰۰,۶۱۶**
۷	v14	۰,۴۳۲۴۸۷	۸۴,۴۰۰,۶۱۶	۴۷	v147	۰,۳۳۶۳۷۲	**۶۵,۴۰۰,۶۱۶**
۸	v18	۰,۳۲۹۳۲۹	۱۹۶,۰۰۰,۸۴۰	۴۸	v163	۰,۳۸۹۳۲۶	**۷۸,۴۰۰,۶۱۶**
۹	v19	۰,۳۷۹۲۱۴	۴۶,۰۰۰,۸۴۰	۴۹	v206	۰,۴۴۷۸۱۳	**۱۰۴,۴۰۰,۸۴۰**
۱۰	v20	۰,۸۳۳۹۳۱	۴,۸۱۳,۵۱۲	۵۰	v208	۰,۴۶۵۷۷۴	**۳۶۶,۱۴۴,۱۱۰**
۱۱	v22	۰,۲۹۸۷۹۷	۱۶۶,۰۰۰,۸۴۰	۵۱	v212	۰,۵۱۳۸۸۷	**۱۶۳,۸۰۰,۹۳۸**
۱۲	v24	۰,۷۷۶۱۲۷	۵۱,۴۳۷,۶۳۳	۵۲	v219	۰,۷۴۲۱۰۲	**۶۴,۵۲۱,۰۶۹**
۱۳	v35	۰,۸۰۵۰۳	۳۳,۶۳۶,۷۷۵	۵۳	v237	۰,۴۹۹۱۳۵	**۷۷,۰۰۰,۸۴۰**
۱۴	v41	۰,۷۰۴۳۰۵	۱۵۵,۹۹۳,۷۲۱	۵۴	v250	۰,۲۹۴۲۷۵	**۱۷۲,۸۰۰,۸۴۰**
۱۵	v43	۰,۷۵۲۹۹۲	۱۳۷,۲۸۳,۵۰۲	۵۵	v259	۰,۳۴۸۵۱۲	**۳۵,۲۰۰,۶۱۶**
۱۶	v44	۰,۶۱۹۱۸۹	۱۶,۲۰۱,۳۴۰	۵۶	v264	۰,۵۵۲۷۷۶	**۱۴۶,۰۰۰,۸۴۰**
۱۷	v46	۰,۳۴۲۱۹۹	۶۶,۴۰۰,۶۱۶	۵۷	v267	۰,۴۰۳۷۹۱	**۷۶,۴۰۰,۶۱۶**
۱۸	v52	۰,۹۹۹۸۰۸	۷۳,۹۱۱	۵۸	v280	۰,۶۴۳۸۵۸	**۱۱۷,۹۲۹,۸۴۵**
۱۹	v53	۰,۳۰۳۴۲۶	۱۰۶,۰۰۰,۸۴۰	۵۹	v283	۰,۵۱۲۰۳۸	**۲۱۴,۰۰۰,۸۴۰**
۲۰	v55	۰,۲۹۵۷۱۶	۱۶۰,۰۰۰,۸۴۰	۶۰	v286	۰,۵۹۷۰۶۳	**۱۳۸,۷۰۱,۶۲۲**
۲۱	v56	۰,۵۶۷۴۱۲	۵۱,۸۰۰,۹۳۸	۶۱	v288	۰,۷۸۸۱۸۷	**۶,۱۹۱,۲۴۳**
۲۲	v58	۰,۳۴۲۹۵۸	۸,۴۰۰,۶۱۶	۶۲	v300	۰,۲۵۴۹۷۶	**۸۳,۲۰۰,۸۴۰**
۲۳	v59	۰,۴۸۰۷۲۲	۱۱۷,۷۱۹,۸۱۰	۶۳	v301	۰,۵۹۸۴۷۵	**۸۵,۱۴۴,۱۱۰**
۲۴	v62	۰,۳۷۵۹۵۶	۶۹,۰۰۰,۸۴۰	۶۴	v303	۰,۵۸۰۲۰۲	**۲۰۱,۴۵۸,۷۳۴**
۲۵	v71	۰,۴۸۹۳۷۹	۴۴,۴۰۰,۶۱۶	۶۵	v306	۰,۷۱۳۴۳	**۱۰,۰۰۲,۷۴۴**
۲۶	v73	۰,۳۱۴۳۶	۸۵,۵۰۰,۸۴۰	۶۶	v308	۰,۵۲۲۴۱۹	**۲۱۲,۰۰۰,۸۴۰**
۲۷	v74	۰,۶۸۶۱۲۹	۵۶,۷۰۱,۴۰۴	۶۷	v309	۰,۶۳۱۹۹۴	**۶۴,۷۱۵,۵۳۹**
۲۸	v75	۰,۳۸۳۵۶۳	۱۴,۴۰۰,۶۱۶	۶۸	v311	۰,۶۲۵۴۴۱	**۵۷,۰۰۱,۰۱۰**
۲۹	v77	۰,۷۸۶۸۱۵	۱۸,۶۲۵,۳۳۷	۶۹	v314	۰,۳۳۲۳۳۵	**۲۰۸,۰۰۰,۸۴۰**
۳۰	v78	۰,۴۵۳۷۶۳	۳۰,۴۰۰,۶۱۶	۷۰	v320	۰,۶۰۶۲۶۹	**۸۰,۰۰۰,۸۴۰**

۳۱	v84	۰,۴۲۷۱۷۶	۱۷۲,۰۰۰,۸۴۰	۷۱	v325	۰,۴۸۶۳۹۶	۱۱۰,۰۰۰,۸۴۰
۳۲	v87	۰,۶۷۳۰۵۹	۴۸,۰۰۰,۶۱۶	۷۲	v328	۰,۴۳۵۱۲۱	۱۴۸,۷۱۹,۸۱۰
۳۳	v90	۰,۴۸۱۳۰۶	۴۹,۴۰۰,۶۱۶	۷۳	v332	۰,۴۴۰۳۹۷	۳۰۷,۰۰۱,۰۱۰
۳۴	v95	۰,۳۶۵۵۰۲	۵۲,۴۰۰,۶۱۶	۷۴	v338	۰,۵۳۲۸۳۸	۲۲۵,۲۰۱,۶۲۲
۳۵	v97	۰,۴۰۶۷۲۳	-	۷۵	v349	۰,۵۹۵۸۵۲	۸۰,۵۰۲,۶۲۸
۳۶	v102	۰,۶۸۸۷۴۵	۱۷,۱۲۶,۷۷۹	۷۶	v353	۰,۳۷۹۴۹۵	۱۱۶,۰۰۰,۸۴۰
۳۷	v103	۰,۴۷۹۴۳	۲,۴۰۰,۶۱۶	۷۷	v356	۰,۹۹۹۸۶۸	۱۷,۲۹۸
۳۸	v105	۰,۵۲۸۹۹۱	۳۳,۲۰۰,۶۱۶	۷۸	v359	۰,۷۱۷۱۰۳	۱۵,۲۰۲,۷۴۴
۳۹	v107	۰,۶۸۴۵۳۳	۴,۸۲۳,۶۷۰	۷۹	v370	۰,۵۸۴۳۷۲	۱۹۱,۴۳۹,۸۱۰
۴۰	v109	۰,۴۹۸۶۸۳	۳۵,۴۰۰,۳۳۶	۸۰	v378	۰,۵۴۶۱۳۱	۷۴,۴۰۰,۶۱۶

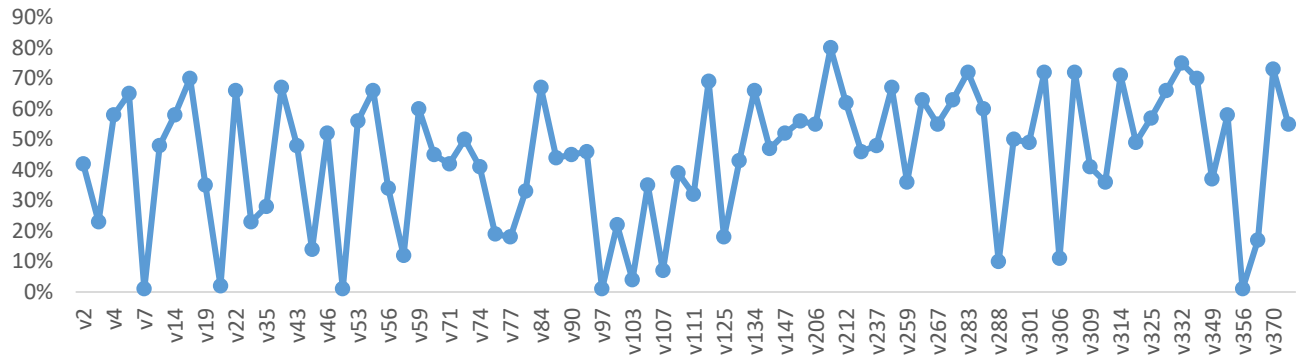
بر اساس جدول ۵، مقدار بهینه خروجی‌های نامطلوب ساختمان‌های ناکارا محاسبه گردید و نتایج حاصل جهت ارائه پیشنهاد بهبود در جدول ۶ آورده شده است.

جدول٦: مقدار بهینه خروجی‌های نامطلوب برای ساختمان‌های ناکارا

ردیف	ساختمان های ناکارا	کارایی	هزینه شارژ و تعمیر و نگهداری		ردیف	ساختمان های ناکارا	کارایی	هزینه شارژ و تعمیر و نگهداری	
			درصد کاهش	مقدار بهینه				درصد کاهش	مقدار بهینه
۱	v2	۰,۴۶۹۳۸۵	٪۴۲	۶۱۵۹۹۳۸۴	۴۱	v111	۰,۶۵۲۵۳۳	٪۳۲	۶۱۵۹۹۳۸۴
۲	v3	۰,۴۸۱۲۷۸	٪۲۳	۶۱۵۹۹۳۸۴	۴۲	v116	۰,۵۶۱۹۳۴	٪۶۹	۶۱۶۰۰۱۹۰
۳	v4	۰,۴۰۱۶۸۷	٪۵۸	۸۳۹۹۹۱۶۰	۴۳	v125	۰,۶۲۳۰۵۱	٪۱۸	۱۰۰۹۹۸۹۹۰
۴	v5	۰,۷۵۴۷۰۸	٪۶۵	۶۱۶۰۰۱۹۰	۴۴	v129	۰,۳۳۷۵۲۸	٪۴۳	۶۱۵۹۹۳۸۴
۵	v7	۰,۹۹۹۸۸۸	٪۱	۱۰۶۰۰۰۰۰۰	۴۵	v134	۰,۲۵۶۵۶۶	٪۶۶	۸۳۹۹۹۱۶۰
۶	v11	۰,۳۱۸۴۸۵	٪۴۸	۸۳۹۹۹۱۶۰	۴۶	v139	۰,۴۷۵۲۴۹	٪۴۷	۶۱۵۹۹۳۸۴
۷	v14	۰,۴۳۲۴۸۷	٪۵۸	۶۱۵۹۹۳۸۴	۴۷	v147	۰,۳۳۶۳۷۲	٪۵۲	۶۱۵۹۹۳۸۴
۸	v18	۰,۳۲۹۳۲۹	٪۷۰	۸۳۹۹۹۱۶۰	۴۸	v163	۰,۳۸۹۳۲۶	٪۵۶	۶۱۵۹۹۳۸۴
۹	v19	۰,۳۷۹۲۱۴	٪۳۵	۸۳۹۹۹۱۶۰	۴۹	v206	۰,۴۴۷۸۱۳	٪۵۵	۸۳۹۹۹۱۶۰
۱۰	v20	۰,۸۳۳۹۳۱	٪۲	۱۸۹۵۸۶۴۸۸	۵۰	v208	۰,۴۶۵۷۷۴	٪۸۰	۸۸۸۵۵۸۹۰
۱۱	v22	۰,۲۹۸۷۹۷	٪۶۶	۸۳۹۹۹۱۶۰	۵۱	v212	۰,۵۱۳۸۸۷	٪۶۲	۱۰۰۱۹۹۰۶۲
۱۲	v24	۰,۷۷۶۱۲۷	٪۲۳	۱۷۴۵۶۲۳۶۷	۵۲	v219	۰,۷۴۲۱۰۲	٪۴۶	۷۵۴۷۸۹۳۱
۱۳	v35	۰,۸۰۵۰۳	٪۲۸	۸۸۳۶۳۲۲۵	۵۳	v237	۰,۴۹۹۱۳۵	٪۴۸	۸۳۹۹۹۱۶۰
۱۴	v41	۰,۷۰۴۳۰۵	٪۶۷	۷۸۰۰۶۲۷۹	۵۴	v250	۰,۲۹۴۲۷۵	٪۶۷	۸۳۹۹۹۱۶۰
۱۵	v43	۰,۷۵۲۹۹۲	٪۴۸	۱۴۶۷۱۶۴۹۸	۵۵	v259	۰,۳۴۸۵۱۲	٪۳۶	۶۱۵۹۹۳۸۴
۱۶	v44	۰,۶۱۹۱۸۹	٪۱۴	۹۷۷۹۸۶۶۰	۵۶	v264	۰,۵۵۲۷۷۶	٪۶۳	۸۳۹۹۹۱۶۰
۱۷	v46	۰,۳۴۲۱۹۹	٪۵۲	۶۱۵۹۹۳۸۴	۵۷	v267	۰,۴۰۳۷۹۱	٪۵۵	۶۱۵۹۹۳۸۴
۱۸	v52	۰,۹۹۹۸۰۸	٪۱	۳۱۴۹۲۶۰۸۹	۵۸	v280	۰,۶۴۳۸۵۸	٪۶۳	۷۰۰۷۰۱۵۵
۱۹	v53	۰,۳۰۳۴۲۶	٪۵۶	۸۳۹۹۹۱۶۰	۵۹	v283	۰,۵۱۲۰۳۸	٪۷۲	۸۳۹۹۹۱۶۰
۲۰	v55	۰,۲۹۵۷۱۶	٪۶۶	۸۳۹۹۹۱۶۰	۶۰	v286	۰,۵۹۷۰۶۳	٪۶۰	۹۲۴۹۸۳۷۸
۲۱	v56	۰,۵۶۷۴۱۲	٪۳۴	۱۰۰۱۹۹۰۶۲	۶۱	v288	۰,۷۸۸۱۸۷	٪۱۰	۵۷۴۰۸۷۵۷
۲۲	v58	۰,۳۴۲۹۵۸	٪۱۲	۶۱۵۹۹۳۸۴	۶۲	v300	۰,۲۵۴۹۷۶	٪۵۰	۸۳۹۹۹۱۶۰
۲۳	v59	۰,۴۸۰۷۲۲	٪۶۰	۷۷۲۸۰۱۹۰	۶۳	v301	۰,۵۹۸۴۷۵	٪۴۹	۸۸۸۵۵۸۹۰
۲۴	v62	۰,۳۷۵۹۵۶	٪۴۵	۸۳۹۹۹۱۶۰	۶۴	v303	۰,۵۸۰۲۰۲	٪۷۲	۷۸۵۴۱۲۶۶
۲۵	v71	۰,۴۸۹۳۷۹	٪۴۲	۶۱۵۹۹۳۸۴	۶۵	v306	۰,۷۱۳۴۳	٪۱۱	۸۳۹۹۷۲۵۶
۲۶	v73	۰,۳۱۴۳۶	٪۵۰	۸۳۹۹۹۱۶۰	۶۶	v308	۰,۵۲۲۴۱۹	٪۷۲	۸۳۹۹۹۱۶۰
۲۷	v74	۰,۶۸۶۱۲۹	٪۴۱	۸۱۲۹۸۵۹۶	۶۷	v309	۰,۶۳۱۹۹۴	٪۴۱	۹۱۲۸۴۴۶۱
۲۸	v75	۰,۳۸۳۵۶۳	٪۱۹	۶۱۵۹۹۳۸۴	۶۸	v311	۰,۶۲۵۴۴۱	٪۳۶	۱۰۰۹۹۸۹۹۰

۲۹	v77	۰,۷۸۶۸۱۵	٪۱۸	۸۵۳۷۴۶۶۳	۶۹	v314	۰,۳۳۲۳۳۵	٪۷۱	۸۳۹۹۹۱۶۰
۳۰	v78	۰,۴۵۳۷۶۳	٪۳۳	۶۱۵۹۹۳۸۴	۷۰	v320	۰,۶۰۶۲۶۹	٪۴۹	۸۳۹۹۹۱۶۰
۳۱	v84	۰,۴۲۷۱۷۶	٪۶۷	۸۳۹۹۹۱۶۰	۷۱	v325	۰,۴۸۶۳۹۶	٪۵۷	۸۳۹۹۹۱۶۰
۳۲	v87	۰,۶۷۳۰۵۹	٪۴۴	۶۱۵۹۹۳۸۴	۷۲	v328	۰,۴۳۵۱۲۱	٪۶۶	۷۷۲۸۰۱۹۰
۳۳	v90	۰,۴۸۱۳۰۶	٪۴۵	۶۱۵۹۹۳۸۴	۷۳	v332	۰,۴۴۰۳۹۷	٪۷۵	۱۰۰۹۹۸۹۹۰
۳۴	v95	۰,۳۶۵۵۰۲	٪۴۶	۶۱۵۹۹۳۸۴	۷۴	v338	۰,۵۳۲۸۳۸	٪۷۰	۹۷۵۹۸۳۷۸
۳۵	v97	۰,۴۰۶۷۲۳	٪۱	۵۶۰۰۰۰۰۰	۷۵	v349	۰,۵۹۵۸۵۲	٪۳۷	۱۳۹۴۹۷۳۷۲
۳۶	v102	۰,۶۸۸۷۴۵	٪۲۲	۶۰۸۷۳۲۲۱	۷۶	v353	۰,۳۷۹۴۹۵	٪۵۸	۸۳۹۹۹۱۶۰
۳۷	v103	۰,۴۷۹۴۳	٪۴	۶۱۵۹۹۳۸۴	۷۷	v356	۰,۹۹۹۸۶۸	٪۱	۱۲۵۹۸۲۷۰۲
۳۸	v105	۰,۵۲۸۹۹۱	٪۳۵	۶۱۵۹۹۳۸۴	۷۸	v359	۰,۷۱۷۱۰۳	٪۱۷	۷۲۷۹۷۲۵۶
۳۹	v107	۰,۶۸۴۵۳۳	٪۷	۶۵۹۷۶۳۳۰	۷۹	v370	۰,۵۸۴۳۷۲	٪۷۳	۷۰۵۶۰۱۹۰
۴۰	v109	۰,۴۹۸۶۸۳	٪۳۹	۵۴۵۹۹۶۶۴	۸۰	v378	۰,۵۴۶۱۳۱	٪۵۵	۶۱۵۹۹۳۸۴

در جدول ۶ برای هر خروجی نامطلوب دو ستون وجود دارد. در ستون اول درصد کاهش خروجی نامطلوب و در ستون دوم مقدار بهینه خروجی نامطلوب بر اساس مقادیر *slack*ها برای ساختمان ناکارا گزارش شده است. برای مثال در ساختمان *V359* چنانچه مقدار هزینه شارژ و تعمیر و نگهداری را ۱۷٪ کاهش دهیم تبدیل به ساختمان کارا می‌شود. در نمودار ۱ ، میزان درصد کاهش خروجی نامطلوب ساختمان ها جهت بهبود کارآیی نشان داده شده است.



نمودار ۱ : میزان درصد کاهش خروجی نامطلوب جهت بهبود کارآیی ساختمان‌ها

با توجه به بررسی نتایج مشخص شد میزان کاهش هزینه شارژ، نگهداری و تعمیر بین ۱٪ تا ۸۰٪ متغییر می باشد. بیشترین فراوانی مربوط به ساختمانهائی بود ۱٪ و ۶۶٪ نیاز به کاهش این هزینه‌ها داشتند همچنین میانگین میزان کاهش هزینه‌ها حدود ۴۴٪ بدست آمد. به همین ترتیب می‌توان برای بهبود کارآیی هر کدام از ساختمان‌های ناکارا بر اساس درصد تغییر ذکر شده در خروجی‌ها، پیشنهادهای بهبود کارایی را ارائه داد.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش الگوریتمی برای برنامه‌ریزی سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها با استفاده از شاخص‌های تعیین شده در مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان ارائه گردید. الگوریتم مذکور برای سیستم نگهداری و تعمیرات ۱۰۰ ساختمان اجرا شد. مسئله تعیین شاخص‌ها و استراتژیهای مناسب سیستم نت ساختمان‌ها از جنبه‌های گوناگون و با استفاده از روشهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. اما در خصوص تعیین کارآئی ساختمان‌ها با در نظر داشتن پارامترهای سیستم نت کمتر توجه شده است. این مهم زمانی دارای اهمیت می‌شود که اهداف مهمی را دراین خصوص در نظر داشته باشیم و بخواهیم بهترین گزینه را انتخاب نمائیم، در نتیجه استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های مناسب خواهد بود. شاخص‌های ارزیابی و زیر شاخص‌های نگهداری و تعمیر ساختمان از

مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان استخراج و در نهایت در ارزیابی ساختمانها استفاده شد. هفت متغیر ورودی و یک متغیر خروجی که شامل هزینه نگهداری و تعمیر و شارژ ساختمان بود، برای هر ساختمان جمع آوری شد. متغیر خروجی چون از جنس هزینه می‌باشد دارای ماهیت منفی بوده و به همین دلیل از مدل خروجی نامطلوب برای سنجش کارآیی ساختمان‌ها استفاده گردید. پس از محاسبه کارآیی توسط نرم افزار، یافته‌ها نشان داد که ۲۰ ساختمان کارا (مقدار کارایی برابر یک دارند) و ۸۰ ساختمان ناکارا بوده و نیاز به بهبود دارند. بر اساس مجموعه مرجع، الگوی هر واحد ناکارا مشخص شد و از این طریق مقدار بهینه خروجی‌های واحدهای ناکارا محاسبه گردید. در نهایت نتایج نشان داد میزان کاهش حداقل و حداکثر مقدار هزینه شارژ، نگهداری و تعمیرات ساختمان برای تبدیل آنها به ساختمان کارا بترتیب ۱٪ و ۸۰٪ بدست آمد. این تحقیق دارای معایبی نیز می باشد از آنجا که نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده ها به انتخاب خروجی و ورودی‌ها بسیار وابسته است، در نتیجه انتخاب نامناسب هر یک از آنها، می تواند نتایج حاصل از این تحقیق را تحت تاثیر قرار داده و منحرف نماید. همچنین با افزایش تعداد ورودی و خروجی‌ها میزان کارایی ساختمان‌ها براساس تحلیل پوششی داده‌ها افزایش یافته، بدون آنکه برای آن توضیح قابل قبولی وجود داشته باشد. همچنین با افزایش تعداد ساختمان‌ها نتایج غیر قابل قبولی بدست می‌آید. در پایان پیشنهاد می‌شود جهت شناسائی واحدهای ناکارا در ساختمان‌ها، مشابه این تحقیق برای زیر شاخص های ورودی‌های مورد نظر در این تحقیق صورت پذیرد و نسبت به سنجش کارآئی بخشهای مختلف اقدام گردد. همچنین می توان تحقیق حاضر را برای ساختمانهائی با کاربری بجز کاربری مسکونی نیز انجام داد، همچنین می توان سایر الگوهای روش تحلیل پوششی داده‌ها را در این زمینه بکار گرفت.

مراجع

[1] Jafari Ghoochi, Behzad. (2002). Ways to Increase Efficiency. Journal of Tedir, 13(126), 39-4. [in Farsi]

[2] Farzipour Saen, R. Memariani, A. Hosseinizadeh Lotfati, F. (2002). Determination of relative efficiency of decision making units partially inexplant with DEA, Futures Studies and Management, No. 54and 55, pp. 55-64. [in Farsi]

[3] Shi, H. and Zeng, J. (2016). Real-time prediction of remaining useful life and preventive opportunistic maintenance strategy for multi-component systems considering stochastic dependence. Computers and Industrial Engineering, 93, pp.192-204. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.12.016.

[4] Hosseini Firouz, M. Ghadimi, N. (2016). Optimal preventive maintenance policy for electric power distribution systems based on the fuzzy AHP methods. Complexity, 21(6), pp. 70-88. https://doi.org/10.1002/cplx.21668.

[5] Das, K. Lashkari, R. S. Sengupta, S. (2007). Machine reliability and preventive maintenance planning for cellular manufacturing systems. European Journal of Operational Research, 183(1), pp. 162-180. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.079.

[6] Sajadifar, S. H. Asali, M. Fathi, B. Mohamadbagheri, A. (2016). Measuring Energy Consumption Efficiency Using Data Envelopment Analysis (DEA) with Undesirable Factors. The Journal of Planning and Budgeting, 20 (4), pp. 55-70. [in Farsi]

[7] Mehregan, M. R. (2013). Advanced Operational Research. 11th edition, Academic Book Publishing. [in Farsi]

[8] Fukuyama, H. (2000). Returns to scale and scale elasticity in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 125(1), pp. 93-112. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00200-3.

[9] Qasiry, K. Mehrno, H. Jafarian Moghadam, A. R. (2007). Introduction to Fuzzy Data Enveloping Analysis. Scientific Publication Center of Islamic Azad University of Qazvin. First edition. [in Farsi]

[10] Chauhan, N. S. Mohapatra, P. K. Pandey, K. P. (2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking—An application of data envelopment analysis. Energy conversion and Management, 47(9-10), pp. 1063-1085. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2005.07.004.

[11] Cooper, W. W. Seiford, L. M. Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. In Handbook on data envelopment analysis. Springer, Boston, MA.

[12] Adel, A. Motameni, A. R. (2003). Designing a Dynamic Productivity Model with Data Enveloping Analysis Approach. Instructor of Humanities, 7(3), pp. 15-26. [in Farsi]

[13] Adel, A. Daneshvar, M.(2007). A Review of Performance Evaluation Methods of Insurance Branches, Insurance Industry, 86 , pp.123-152 [in Farsi].

[14] Zohrehei, I. Mohtashami, A. (2020). A novel method for selecting optimum maintenance strategy using Fuzzy Analytic Network Process and Fuzzy Multi-Choice Programming approach. Journal of Industrial Management Prespective Faculty of Humanities,, 15(51), pp. 31-50. [in Farsi]

[15] Rashvand, P. Delnavaz, A. Medghalchi, A. (2020). Improving process of concrete road bridges management by determining their efficiency using data envelopment analysis method (DEA)(Case study of Zanjan province). Journal of Structural and Construction Engineering. DOI: 10.22065/JSCE.2020.240169.2195.

[16] Moghadasi, M. Ahmadi, F. Moghadasi, M. Ghasemi, M.R. (2020). Identification and prioritization of performance evaluation criteria of maintenance management system with physical asset management approach in defense industry. Journal of Research in Defense Maintenance Engineering 1(2), pp.26-41. https://civilica.com/doc/997478 .[in Farsi]

[17] Mishra, S. Vanli, O. A. Kakareko, G. Jung, S. (2019). Preventive maintenance of wood-framed buildings for hurricane preparedness. Structural safety, 76, pp. 28-39. https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2018.07.002.

[18] Soltani, M. Hadi-Vencheh, A.(2016). A DEA approach for investigating the effect of computerized maintenance management system on staff productivity: A case Study. . Journal of New research in mathematics, 5(2), pp. 25-36. [in Farsi]

[19] Abdollahzadeh, S. Abdollahzadeh J. S. (2015). Ranking of supply chain performance improvement due to national standardization. Journal of Operational Research and Its Applications (Applied Mathematics) - Lahijan Azad University Journal of Applied Mathematics - Lahijan Azad University,12(3), pp. 23-33. [in Farsi]

[20] Sahraei Loron, A. Sahraei Loron, M. Peyvandi,G. (2015). An Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process-Fuzzy Data Envelopment Analysis (FAHP-FDEA) Method For Intelligent Building Assessment. Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 22(2), pp. 383-389. DOI: 10.17559/TV-20140428223907.

[21] Sheikh Alishahi, M. Azadeh, A. (2015). Planning maintenance activities using simulation and data enveloping analysis. Journal of Industrial Engineering (Faculty of Engineering, University of Tehran), 49(2), pp. 111-122. [in Farsi]

[22] Du, K. Lu, H. Yu, K. (2014). Sources of the potential CO2 emission reduction in China: a nonparametric metafrontier approach. Applied energy, 115, pp. 491-501. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.046.

[23] Kahraman, C. Kaya, İ. (2012). A fuzzy multiple attribute utility model for intelligent building assessment. Journal of civil engineering and management, 18(6), pp. 811-820. DOI: 10.3846/13923730.2012.720932.

[24] Karimi, T. Mohaghar, A. (2006). Prioritizing maintenance activities using DEA/AHP. 4th International Conference on Management, Tehran. https://civilica.com/doc/39957. [in Farsi]

[25] Liu, J. Yu, D. J. (2004). Evaluation of plant maintenance based on data envelopment analysis. Journal of Quality in MaintenanceEngineering. https://doi.org/10.1108/13552510410553253.

[26] Shang, J. Sueyoshi, T. (1995). A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system. European Journal of Operational Research, 85(2), pp. 297-315. https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00041-A.

[27] Dyson, R. G. Thanassoulis, E. (1988). Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. Journal of the operational research society, 39(6), pp. 563-576. https://doi.org/10.1057/jors.1988.96.

[28] Andersen, P. Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. Management science, 39(10), pp. 1261-1264. https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261.