JOURNAL OF SUSTAINABLE REGIONAL & URBAN DEVELOPMENT STUDIES
JSRUDS

Volume 3, Issue 2 - Serial Number 8, Summer 2022
ISSN: 2783-0764

Evaluating the Performance of Isfahan City Bus Lines with Data Envelopment Analysis Model (Case Study: Lines that Overlap with a Subway Line)

Behnam Jalilian[1*] , Seyyed Abbas Rouhani [2]
[1]. MA of Geography and Urban Planning, Director of studies and bus planning in Isfahan, Iran
[2]. MA of Urban Management, Manager of Isfahan Bus Company, Iran

Received Date: 10 August 2022 **Accepted Date:** 15 August 2022

Abstract

Background and Aim: The lack of an efficient transportation system is one of the obstacles to the growth and development of any country. Among the types of intra-city transportation, the role of the bus is more prominent than other methods. Considering that bus lines have the largest role and contribution in the country's intra-city transportation, therefore, they should have the necessary efficiency. In this research, the efficiency of parallel lines with a metro line in Isfahan city has been evaluated by using data envelopment analysis technique.

Methods: The research method in this study was applied in terms of its purpose and in terms of descriptive-analytical nature and the method of collecting information in the library field. In order to analyze the data and evaluate the performance, the performance information of 15 lines as production units or DMUs in the period of the first nine months of the year 1400, including 5 input variables and one output variable through the mechanized fleet management system (AVL) located in the bus unit company Isfahan were extracted and their efficiency was evaluated using DEA SOLVER and DEAFrontier software.

Findings and Conclusion: Out of the total of 15 studied lines, lines number 10, 17, 70, 81 and 82 did not have the necessary efficiency due to the ratio of input and output and existing conditions, of which three lines 17, 70 and 81 they are privately run. The important issue in this research is the higher efficiency of lines with more passenger movement and less overlap, which shows the importance of the passenger volume variable in evaluating the efficiency of bus lines.

Keywords: Data envelopment analysis, Evaluation, Efficiency, Isfahan bus service.

[*] **Corresponding Author**: isfahanbus@gmail.com
Cite this article: Jalilian, B., Rouhani, A.(2022). Evaluating the Performance of Isfahan City Bus Lines with Data Envelopment Analysis Model (Case Study: Lines that Overlap with a Subway Line). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 3(2), 119-134.*

مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای
دوره۳، شماره ۲، شماره پیاپی ۸، تابستان ۱۴۰۱
صفحات ۱۳۴-۱۱۹
شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی شهر اصفهان با مدل تحلیل پوششی داده‌ها[1] (مطالعه موردی: خطوطی که با خط یک مترو همپوشانی دارند)

بهنام جلیلیان [1*]، سیدعباس روحانی [2]

[1]. کارشناس ارشد جغرافیا وبرنامه‌ریزی شهری، مدیر مطالعات و برنامه‌ریزی اتوبوسرانی اصفهان، ایران

[2]. کارشناس ارشد مدیریت شهری، مدیر عامل اتوبوسرانی اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: فقدان یک سیستم حمل و نقل کارا یکی از موانع رشد و توسعه هر کشوری بشمار می‌رود. در میان انواع حمل و نقل درون شهری نقش اتوبوسرانی برجسته‌تر از سایر روش هاست. با توجه به اینکه خطوط اتوبوسرانی بیشترین نقش و سهم را در حمل و نقل درون شهری کشور را دارند، بنابراین باید از کارآیی لازم برخوردار باشند. در این پژوهش کارآیی خطوط همراستا با خط یک مترو در اصفهان با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

روش بررسی: روش تحقیق در این پژوهش به لحاظ هدف ازنوع کاربردی و به لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی و شیوه گردآوری اطلاعات در حوزه کتابخانه‌ای بوده است. به منظور تحلیل داده‌ها و ارزیابی عملکرد، اطلاعات عملکردی ۱۵ خط به عنوان واحدهای تولیدی یا DMUها در بازه زمانی نه ماهه اول سال ۱۴۰۰، شامل ۵ متغیر ورودی و یک متغیر خروجی از طریق سامانه مدیریت مکانیزه ناوگان(AVL) مستقر در شرکت واحد اتوبوسرانی اصفهان استخراج و با استفاده از نرم‌افزار DEA SOLVER وDEAFrontier نسبت به ارزیابی کارآیی آن‌ها اقدام گردید.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: از مجموع ۱۵ خط مورد مطالعه، خطوط شماره۸۱،۷۰،۱۷،۱۰و۸۲ با توجه به نسبت ورودی‌ها و خروجی و شرایط موجود از کارآیی لازم برخوردار نبوده‌اند که از این تعداد سه خط ۷۰،۱۷ و۸۱ به صورت خصوصی اداره می‌شوند. موضوع مهم در این پژوهش کارآیی بیشتر خطوطی است که میزان مسافر جابجا شده بیشتری داشته و همپوشانی کمتری در آن‌ها بوده که نشان از اهمیت متغیر حجم مسافر در ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها، ارزیابی، کارآیی، اتوبوسرانی اصفهان.

[1]Data Envlopment Analysis (DEA)

* **نویسنده مسئول:** isfahanbus@gmail.com

ارجاع به این مقاله: جلیلیان، بهنام؛ روحانی، عباس (۱۴۰۱). ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی شهر اصفهان با مدل تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: خطوطی که با خط یک مترو همپوشانی دارند)، *فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای*، ۳(۲)، ۱۳۴-۱۱۹.

مقدمه و بیان مسأله

می‌توان گفت یکی از مهمترین موضوعات مورد نظر در زمینه توسعه پایدار، راهبرد حمل و نقل پایدار است. این نظریه در سال‌های اخیر مورد توجه کارشناسان، مدیران و گردانندگان حمل و نقل و ترافیک قرار گرفته و دارای ضرورت‌های متعددی است. برنامه‌ریزی حمل و نقل پایدار شهری، حوزه مطالعاتی میان رشته‌ای و تقریبا حرفه تخصصی جدیدی است که بنیان‌های نافذ تئوریک، ابزار روش‌شناسانه و حوضه وسیعی از تداخل فعالیت بخش‌های دولتی و خصوصی را کسب کرده است. دیگر اهمیت بالای حمل و نقل و تاثیرگذاری آن بر بسیاری از حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، توسعه راهبردی، سیاست‌گذاری، محیط زیست باعث شده است که در تمام دنیا، مدیران تلاش کنند حمل و نقل را در قالب مدیریت جامع حمل و نقل سازماندهی کنند؛ و با استفاده از جدیدترین روش‌های طراحی و برنامه‌ریزی و با در اختیار گرفتن تمام ابزار های ممکن و فراهم آوردن زمینه همکاری بین متخصصان رشته‌های مختلف، راه را برای رسیدن به یک راه حل پایدار و متعادل در زمینه مسائل حمل و نقل شهری هموار کنند. ضمن این که با توجه به عواملی که باعث عدم پایداری در حمل و نقل شهری می‌شوند، زمینه بالابردن کارآیی و اثر بخشی این بخش را نیز فراهم کنند(تندیسه و رضایی، ۱۳۹۲ :۲).

سیستم‌های حمل و نقل عمومی یکی از زیر مجموعه‌های حمل و نقل‌های درون شهری است که از دیدگاه مهندسین ترافیک در اولویت درجه یک راهکارهای بهبود وضعیت تردد و توسعه شهری محسوب می‌شود(سقایی و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۰۹). جابه جایی، جزئی جدایی ناپذیر از زندگی و فعالیت روزمره انسان و برنامه‌ریزی حمل ونقل فصلی الزامی در مطالعه و برنامه‌ریزی شهری است. امروزه حمل ونقل و ترافیک یکی از بزرگترین مشکلات جوامع انسانی است(تقوایی و سجادی، ۱۳۹۵: ۲).

فقدان یک سیستم حمل و نقل کارا، یکی از موانع رشد و توسعه هر کشوری بشمار می‌رود. با توجه به رشد روزافزون شهرها، حمل و نقل شهری نیز اهمیت ویژه ایی یافته است. در میان انواع حمل و نقل درون شهری نقش اتوبوسرانی برجسته‌تر از سایر روش هاست که به علت سرمایه‌گذاری کم و ارائه خدمات بیشتر، از سایر روش‌ها متمایز شده است. با توجه به اینکه خطوط اتوبوسرانی بیشترین نقش و سهم را در حمل و نقل درون شهری کشور ما دارند، بنابراین باید از کارآیی لازم برخوردار باشند و بتوانند بیشترین و بهترین خدمات را به شهروندان ارائه دهند (رهنما و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین، کارآیی یک سیستم حمل و نقل عمومی موضوعی حیاتی است. برای بهره وری، هدف کلی گردانندگان سیستم اتوبوسرانی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و در عین حال برآورده کردن خواسته‌های مسافران است. بنابراین، از یک طرف، از دیدگاه گردانندگان اتوبوسرانی، عملکرد توسط ورودی‌ها و خروجی‌های مربوطه منعکس می‌شود و می‌توان با شاخص‌های کارایی هزینه کلی، استفاده از وسیله نقلیه و استفاده از نیروی کار ارزیابی کرد. از سوی دیگر، از دیدگاه مسافران، حمل ونقل عمومی باید به مسافران این احساس را بدهد که می‌توان خواسته‌های سفر روزانه‌شان را با هزینه کمتر برآورده کند(Zicheng Liu, Naiqi Wu, Yan Qiao, and Zhiwu Li,2021:779).

اندازه‌گیری عملکرد در صنعت حمل و نقل عمومی امروزه شتاب قابل توجهی پیدا کرده است، زیرا سازمان‌ها به منظور جذب مسافر بیشتر در حین طراحی و ارائه خدمات در شرایط رقابتی فزاینده، نیاز به بهبود مستمر عملکرد خود دارند(Georgios,Politis, Papaioannou,2014:2).

این پژوهش در تلاش است با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به عنوان یکی از مدل‌های ارزیابی کارآیی واحدهای تولیدی(که در این پژوهش خطوط مورد مطالعه می‌باشد) به ارزیابی کارآیی این خطوط بپردازد.

شبکه خطوط اتوبوسرانی کلان شهر اصفهان با ۱۰۰ خط یکی از بزرگترین سیستم‌های حمل و نقل عمومی ایران و به طور مشخص شهر اصفهان است که سهم عمده ایی در جابجایی روزانه مسافر دارد. با راه‌اندازی و بهره‌برداری از خط یک

مترو اصفهان تعداد ۱۵ خط از مجموع خطوط اتوبوسرانی به صورت مستقیم و غیر مستقیم با خط یک مترو همپوشانی دارد. از جمله مسائل مهمی که سیستم‌های حمل ونقل عمومی و به ویژه اتوبوسرانی‌های شهری کشور با آن مواجه هستند نبود سیستم‌های منسجم ارزیابی عملکرد است. بنابراین ارزیابی کارآیی خطوط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مبانی نظری پژوهش

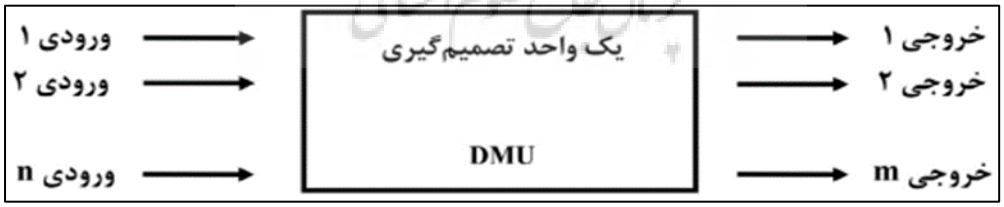
مفهوم کارآیی: کارایی به عبارت ساده به نسبت خروجی‌ها به ورودی‌های یک سیستم گفته می‌شود بنابراین هرچه یک واحد تصمیم‌گیری با مصرف ورودی کمتر، خروجی بیشتر تولید کند کارایی و عملکرد آن بیشتر خواهد بود. بنابراین مسیر اتوبوسی کاراست که با حداقل مصرف منابع، بالاترین تقاضا را برای استفاده از سوی مسافران داشته باشد(قضایی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۰۸).

$$\text{کارآیی} = \frac{\text{خروجی}}{\text{مقدار استفاده شده از عناصر ورودی}}$$

زمانی که یک سازمان تولیدی تنها با استفاده از یک عنصر ورودی تنها یک خروجی تولید می‌کند، محاسبه کارایی نسبتاً ساده است. اما بیشتر سازمان‌ها از تعدادی عنصر ورودی استفاده می‌کنند و خروجی‌های زیادی تولید می‌کنند، به منظور محاسبه کارایی این سازمان‌ها، با اضافه کردن وزن به بسیاری از عناصر ورودی و خروجی کارآیی آن‌ها به صورت مجموع ضرایب خروجی به مجموع ضرایب ورودی محاسبه خواهد شد(Jin-seok et al,2009:1221).

تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها(DEA[1]):

از بهترین روش‌های ارزیابی خطوط اتوبوسرانی، محاسبه کارآیی آنهاست. کارآیی به عبارت ساده، به نسبت خروجی‌ها به ورودی‌های یک واحد گفته می‌شود. بنابراین هر چه یک واحد تصمیم‌گیری با مصرف ورودی کمتر، خروجی بیشتری تولید کند، کارآیی و عملکرد آن بیشتر خواهد بود. مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یکی از بهترین مدل‌های ارائه شده برای محاسبه کارآیی نسبی واحدهای مختلف تصمیم‌گیری (DMU) است. در این مدل، که با یافتن بهترین وزن‌ها برای ورودی ها و خروجی‌ها، بیشترین مقدار کارآیی ممکن برای هر واحد محاسبه می‌شود، بر خلاف سایر مدل‌ها که وزن خروجی‌ها و ورودی‌ها به صورت ثابت و با اعمال نظر فرد تصمیم گیرنده تخصیص داده می‌شود(که این امر از دقت نتایج میکاهد)در DEA، تخصیص وزن به شاخص‌ها توسط خود مدل صورت می‌گیرد (قوامی و همکاران، ۱۳۹۰ :۲۶۲).



شکل۱. یک واحد تولیدی با چند ورودی و چند خروجی(**منبع: قضایی و همکاران، ۱۳۹۴:۳۱۰**)

تحلیل پوششی داده‌ها، روشی ناپارمتریک براساس برنامه‌ریزی خطی است که متشکل از چندین مجموعه مشابه از ورودی‌ها و خروجی‌ها برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم گیرنده (DMU)متجانس استفاده می‌شود(مالدار و

[1] Data Envlopment Analysis

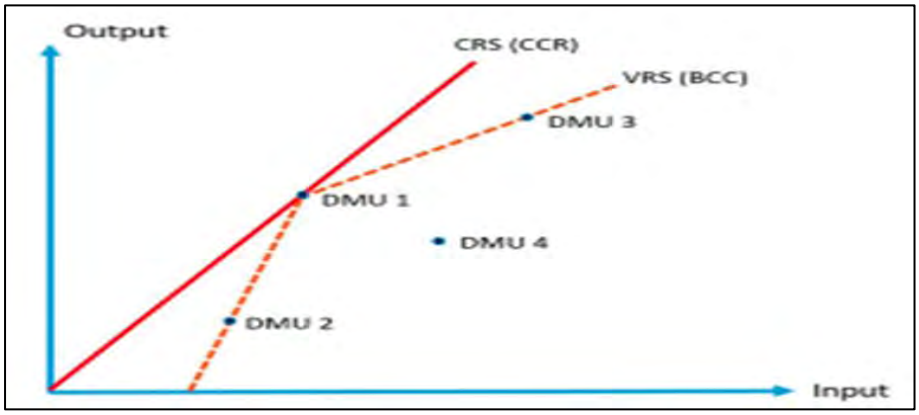
حسین‌زاده سلجوقی، ۱۳۹۶:۳۵). نخستین تلاش‌ها برای ارزیابی عملکرد و کارایی واحدها و سازمان‌ها، توسط کوپمن[1] و دبرو[2] انجام گرفت. کوپمن کارایی فنی را تعریف کرد و دبرو هم شاخصی برای اندازه‌گیری کارایی فنی ارائه نمود. اما کار اساسی و کاربردی برای تشخیص کارایی را فارل در سال ۱۹۵۱ انجام داد. او برای اولین بار کارایی کلی (اقتصادی)تولید کننده را به دو جزء کارایی فنی و تخصیصی (قیمت) تقسیم نمود که کارآیی فنی، نشان‌دهنده میزان توانایی یک بنگاه در حداکثرسازی تولید با توجه به عوامل تولید معین است و کارآیی تخصیصی، نشان‌دهنده توانایی بنگاه برای استفاده از ترکیب بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت آنهاست. سپس روشی را برای اندازه‌گیری هر یک از آن‌ها ارائه داد و فروضی را قائل شد، ازجمله تک محصولی بودن تولید و ثابت بودن بازدهی نسبت به مقیاس، و در نهایت با استفاده از روش برنامه ریزی خطی به تحلیل کارایی پرداخت(رهنما و همکاران، ۱۳۹۳).

در سال ۱۹۷۸ چارنز و همکاران یک فرمولبندی از نوع برنامه‌ریزی کسری را معرفی کردند که در واقع گسترش همان شاخص نسبی کارایی یک ورودی-یک خروجی در علوم مهندسی به حالت چندورودی-چندخروجی بدون نیاز به منابعی جهت اعمال وزن از بیرون به درون مدل بود. در واقع اولین مقاله مدل تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز و همکاران با نام اختصاری CCR که برگرفته شده از نام پدید آورندگان آن است، با جامعیت بخشیدن به روش فارل ارائه شد(بنی هاشمی و نجفی، ۱۳۹۶: ۷۱).

این مدل که به مدل بازده نسبت به مقیاس ثابت (CRS[3]) نیز شناخته می‌شود یعنی هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند، که بازده به مقیاس واحدها را ثابت فرض می‌کند (رهنما و همکاران، ۱۳۹۳). به عبارت دیگر افزایش در مقدار ورودی منجر به افزایش خروجی به همان نسبت می‌شود (قضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۱۱). برای افزایش کارایی، یا ورودی را ثابت و خروجی را حداکثر می‌کنیم و یا خروجی را ثابت و ورودی را حداقل می‌کنیم. بر این اساس، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را ورودی محور یا خروجی محور می‌نامیم. هرگاه بازده نسبت به مقیاس ثابت نباشد، مدل CCR توانایی محاسبهٔ کارایی و بهره وری را ندارد. به همین علت بنکر، چارنز و کوپر (۱۹۸۴) برای رفع این مشکل، مدل BCC را که در آن بازده نسبت به مقیاس ممکن است متغیر باشد، مطرح کردند(خمویی و همکاران، ۱۳۹۷:۹).

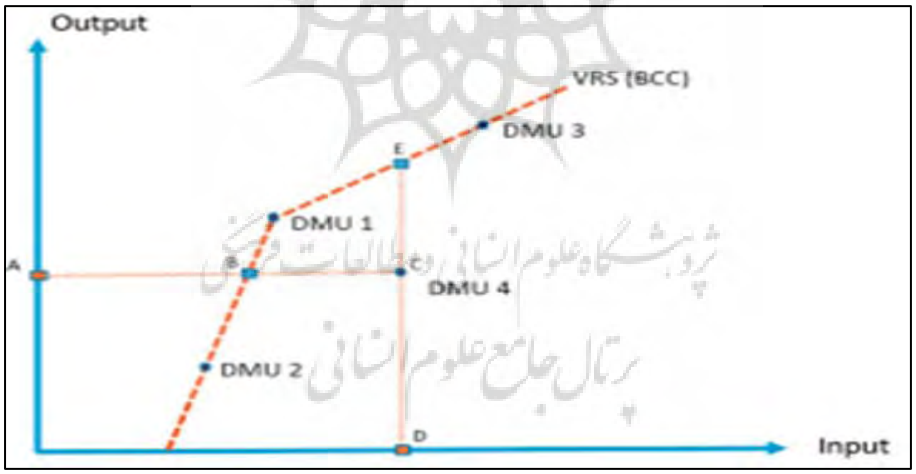
این مدل که به مدل بازده نسبت به مقیاس متغیر (VRS[4]) نیز معروف است یعنی هر مضربی از ورودی‌ها، می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را، در خروجی‌ها تولید کند(رهنما و همکاران، ۱۳۹۳). شکل ۳ نمونه‌ای از چهار DMU و مرزهای کارایی در رویکردهای CRS و VRS را نشان می‌دهد. DMU شماره ۱ تنها در مدل CRS در مرز کارایی است (به عبارت دیگر تنها در رویکرد CRS کارآمد است)، که نسبت خروجی/ورودی را به حداکثر می‌رساند، در حالی که DMUهای شماره ۲،۱ و ۳ در مدل VRS در مرز کارایی هستند (به عبارت دیگر این سه در رویکرد VRS کارآمد هستند)، DMU شماره ۲ در مقادیر ورودی پایین کارآمد بوده وDMU شماره ۳ در مقادیر ورودی بالا.

1 Copman
2 - Debreu
3 Constant Return of Scale
4 Variable Return of Scale



شکل ۲. مرزهای کارآیی چهار DMU در مدل‌های VRS و CRS (منبع: Taboada et al ,2020:8a)

مدل‌های DEA را می‌توان در دو مدل ورودی گرا یا خروجی گرا طبقه‌بندی کرد. تصویر شماره ۴ یک DMU ناکارآمد (DMU شماره ۴ یا C) را برای نمونه در هر دو رویکرد نشان می‌دهد. CA-BA ورودی گرا و ED-CD خروجی گرا است. با DEA ورودی گرا، یک DMU صرفه‌جویی بالقوه ورودی‌ها را در صورت کارآمد بودن محاسبه می کند (در شکل ۴ ورودی‌ها را از C به B کاهش می‌دهد در حالی که همان خروجی را ارائه می‌دهد). در مقابل، با DEA خروجی گرا، یک DMU افزایش بالقوه خروجی خود را با توجه به عدم تغییر در ورودی‌هایش اندازه می‌گیرد (در شکل ۴ افزایش خروجی‌ها از C به E در حالی که از همان مقدار ورودی D استفاده می‌کند). اگر C در مرز کارآیی بود، بنابراین C = B = E و در نتیجه بازده برابر با ۱ خواهد بود. (Taboada and et al,2020:8).



شکل ۳. رویکرد خروجی محور و کارآیی DMU شماره ۴ (منبع: Taboada & et al,2020: 8)

در بازده به مقیاس متغیر افزایش خروجی، بیشتر یا کمتر از نسبت افزایش در ورودی می‌باشد. در ارزیابی عملکرد حمل ونقل عمومی معمولا باید از الگوی خروجی و بازده به مقیاس متغیر استفاده نمود (قضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۱۱). بر همین اساس این مطالعه بر اساس روش BCC انجام شده است. از نظر ریاضی مدل BCC را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Max_{u,v} \quad \theta_k = \frac{\sum_{m=1}^{M} u_m y_{mk}}{\sum_{n=1}^{N} v_n x_{nk}} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$subject \quad to \quad \frac{\sum_{m=1}^{M} u_m y_{mj}}{\sum_{n=1}^{N} v_n x_{nj}} \le 1 \quad \forall j \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$\sum_{n=1}^{N} v_n x_{nk} = 1 \qquad \text{رابطه (۳)}$$

$$u_m, v_n, y_{mj}, x_{nj} > 0 \quad \forall m,n,j \qquad \text{رابطه (٤)}$$

جایی که،

j: شاخص واحد تصمیم‌گیری (DMU)، و y_{mj}: mامین خروجی برای jامین DMU
j=1,2,3,…,J

n: شاخص ورودی، و n=1,2,3,…,N — u_m, v_n: وزن mامین خروجی و nامین ورودی

m: شاخص خروجی و m=1,2,3,…,M — θ_k: نسبت کارایی / اثربخشی DMU_k

x_{nj}: nامین ورودی برای jامین DMU

DMU هدف (از یک ارزیابی معین) به عنوان DMU_k تعیین می‌شود. مدل BCC (رابطه۱) نسبت خروجی‌های وزنی به ورودی‌های وزنی را به حداکثر می‌رساند. وزن‌های u_m و v_n متغیرهای تصمیم هستند. این وزن‌ها تا زمانی تغییر می کنند که نسبت (خروجی‌های وزن‌دار به ورودی‌های وزن‌دار) برای DMU_k هدف به حداکثر برسد، در حالی که وزن‌های یکسان برای همه DMUها اعمال می‌شود. مقدار نسبت، θ، در (رابطه ۱) به عنوان امتیاز کارایی/اثربخشی DMU_k نامیده می‌شود، که در آن $0 \le \theta \le 1$ است. مقدار $\theta=1$ برای یک DMU کاملاً کارآمد. لازم به ذکر است که وزن‌ها، متغیرهای تصمیم‌گیری هستند و مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌ها مقادیر واقعی مشاهده شده هستند. محدودیت (رابطه ۳) بازگشت متغیر مدل DEA به مقیاس (BCC) را تضمین می‌کند. محدودیت (رابطه ۴) محدودیت‌های غیر منفی را برای وزن‌ها اعمال می‌کند.

پیشینه پژوهش

تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه ارزیابی کارآیی با روش تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه‌های مختلف صورت گرفته است. اهم تحقیقات انجام شده در حوزه حمل و نقل عمومی و به طور خاص، حمل و نقل عمومی درون شهری توسط ناوگان اتوبوسرانی در دو بخش داخلی و خارجی به شرح زیر بوده است:

"مداحی و یزدانی نجف آبادی، ۱۳۹۹" در مطالعه‌ای تحت عنوان "رتبه‌بندی واحدهای تصمیم گیرنده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با در نظر گرفتن دوره‌های زمانی متعدد " به این موضوع پرداخته که تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) تکنیکی برای ارزیابی واحدهای تصمیم گیرنده متجانس است. در این روش عدد کارایی برای هر واحد، از مقایسه عملکرد هر واحد تصمیم گیرنده با عملکرد بقیه واحدها بدست می‌آید. عدد کارایی مذکور به عنوان معیار رتبه‌بندی واحدها

قابل استفاده است. در بسیاری از موارد تعداد قابل توجهی از واحدها کارا شده و لذا کارایی حاصل از مدل‌های کلاسیک DEA نمی‌توانند معیار مناسبی برای رتبه‌بندی دقیق DMUها باشند.

در پژوهش انجام شده روشی برای رتبه‌بندی DMUها با استفاده از کارایی آن‌ها در دوره‌های زمانی متعدد ارائه می شود، سپس مقادیر منتج از روش ارائه شده، با استفاده از روش آنتروپی شانون با یکدیگر ترکیب شده و یک معیار کلی برای هر واحد تعریف می‌کنند. این معیار در نهایت به عنوان شاخص اصلی رتبه‌بندی واحدها در نظر گرفته می‌شود.

"قضایی و همکاران، ۱۳۹۷" در پژوهشی با عنوان "ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی با استفاده ترکیبی سه‌گانه از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، آنتروپی و تاپسیس " عنوان نموده‌اند که با توجه به ماهیت سیستم اتوبوسرانی که سیستم بسیار پیچیده‌ای است، عوامل متفاوتی در عملکرد و کارایی آن تأثیرگذار هستند که در سه حوزه اداره‌کننده، جامعه-محیط و مسافران قرار می‌گیرند. این عوامل می‌توانند تأثیرات قابل توجهی در افزایش و یا کاهش مسافران و میزان رضایتمندی آن‌ها داشته باشند. نتایج نشان داده است که عملکرد و کارایی پایین خطوط اتوبوسرانی می‌تواند در میزان استفاده مردم از اتوبوس تأثیرگذار باشد و آن‌ها را به استفاده از حمل ونقل خصوصی تشویق نماید. همچنین با تکیه بر این مهم که بین کارآمدی اقتصادی و عملکرد همه جانبه خطوط رابطه مستقیمی وجود دارد ضمن توجه به منافع سازمانی زمینه‌های لازم برای ارتقای عملکرد خطوط را نیز فراهم سازند.

"برندک و فنی، ۱۳۹۴" در تحقیقی با عنوان "کارآیی پایدار شبکه حمل ونقل عمومی با رویکرد تحلیل فراگیر داده‌ها، نمونه موردی: خطوط اتوبوسرانی شهر و حومه اردبیل" با بررسی خطوط شهری و حومه‌ای و سنجش کارآیی آن‌ها نشان دادند که شاخص خروجی پژوهش(مسافران) با افزایش خود سبب بهبود کارایی خطوط می‌گردند و می‌توان با تغییر و افزودن مسیر به طراحی جدیدی از خطوط برای تجهیز همه مناطق و بلوک اصلی شهر به فراگیری دسترسی شهروندان به حمل و نقل عمومی پرداخت.

"رهنما و همکاران، ۱۳۹۳"در تحقیقی با عنوان"ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی شهر مشهد با مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، نمونه موردی خطوط پایانه مصلی"کارایی خطوط اتوبوسرانی را با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مورد ارزیابی قرار داده و با مد نظر قراردادن۴ متغیر ورودی و۲ متغیر خروجی نسبت به مقایسه کارا بودن و ناکارا بودن خطوط و در مرحله بعد برای مناطق ناکارا، الگو و مقادیر بهینه درنظر گرفته و در مرحله آخر اقدام به رتبه‌بندی مناطق نموده‌اند یکی از نتایج این پژوهش کارآیی بهتر خطوط بخش خصوصی نسبت به خطوط دولتی بوده است.

"قوامی و همکاران، ۱۳۹۰"در پژوهشی تحت عنوان "ارزیابی خطوط اتوبوسرانی با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و تحلیل پوششی داده‌ها، مطالعه موردی: خطوط اتوبوسرانی تهران" با ترکیب مدل تحلیل پوششی داده‌ها و سامانه اطلاعات مکانی، کارآیی خطوط اتوبوسرانی را مورد ارزیابی قرار داده و عنوان می‌دارند برتری این مدل، تخصیص وزن به شاخص‌ها توسط خود مدل تحلیل پوششی داده هاست، به گونه‌ای که هر خط بهترین مقدار کارآیی ممکن را داشته باشد. شاخص های تعداد ایستگاه‌ها و مصرف سوخت، به عنوان شاخص‌های ورودی و شاخص‌های تعداد افراد ناتوان در استفاده از سرویس و جمعیت تحت پوشش هر خط، به عنوان شاخص‌های خروجی در نظر گرفته شده‌اند.

"شی ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱"در مقاله‌ای تحت عنوان " مدل ارزیابی طرح بهینه‌سازی مسیرهای اتوبوس بر اساس منابع چندگانه " یک شبکه حمل و نقل عمومی موثر برای بهبود کیفیت خدمات حمل و نقل عمومی و صرفه‌جویی در زمان سفر مسافران را مقید دانسته و بهینه‌سازی مستمر شبکه اتوبوسرانی برای بهبود سطح خدمات را ضروری می‌دانند. این مقاله به طور سیستماتیک طرح بهینه‌سازی سطوح مختلف از جمله مسیر اتوبوس، ایستگاه، زمان‌بندی اتوبوس را با استفاده تحلیل سلسله مراتبی (AHP)تجزیه و تحلیل می‌کند و یک مدل ارزیابی ارائه داده و آن را مرجع ارزشمندی برای تصمیم‌گیری تنظیم مسیر اتوبوس در شهر پکن ارائه دهد. در پایان استفاده از اطلاعات ثبت شده از ثبت کارت مسافر به منظور شناخت ویژگی‌های سفر شهروندان در طراحی مسیرهای جدید را لازم می‌دانند.

"اسماعیل و وحید، ۲۰۲۰"در مقاله ایی تحت عنوان"تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس ارزیابی کارایی مسیرهای اتوبوسرانی عمومی در شهر بغداد" عنوان داشته خدمات حمل و نقل عمومی برای پاسخگویی به تقاضا به دلیل رشد سریع جمعیت و تحرک بسیار ضروری است. بنابراین ارائه خدمات عمومی و بهبود خدمات آن به یک نیاز فوری در سال‌های اخیر تبدیل شده است. در این پژوهش کارایی مسیر عمومی شهری را با استفاده از تکنیک "تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)" بررسی می‌کنند و معیارهای عملکردی شامل طراحی مسیر، هزینه، خدمات، بهره‌برداری و بهره وری آسایش برای مسیر های مختلف ملاک و معیار محاسبات قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که صاحبان شرکت‌های اتوبوسرانی می‌توانند از نتایج این مطالعه برای بهبود خدمات، جذب مشتریان جدید و مدیریت بهتر منابع خود استفاده کنند.

"آدهیکاری و همکاران، ۲۰۱۸"در پژوهش خود با عنوان " تجزیه و تحلیل کارایی مسیر با استفاده از روش DEA اصلاح شده مبتنی بر آنتروپی شانون و بررسی ویژگی‌های مسیر برای حمل و نقل اتوبوس شهری در هند" در زمینه حمل‌ونقل اتوبوس شهری، عنوان داشته نسبت به مطالعه کارایی مسیرهای اتوبوسرانی و تاثیر عوامل زمینه‌ای بر کارایی و سنجش عملکرد محیطی توجه کافی نشده است. همچنین بیان داشته‌اند که برای ارزیابی عملکرد، محققان عمدتاً از مدل تحلیل پوششی داده‌های مرسوم (DEA) استفاده می‌کنند که محدودیت‌های موجود در این روش موجب شده که یک مدل DEA تلفیقی مبتنی بر آنتروپی شانون را برای اندازه‌گیری عملکرد کل‌نگر مسیرهای اتوبوس پیشنهاد کنند و براساس نتایج حاصله از پژوهش به این نتیجه رسیده‌اند که عواملی همچون طول مسیر، همپوشانی مسیر، تعداد توقف‌های میانی و ساختار هزینه نقش مهمی در عملکرد دارند.

"گونر و صامت، ۲۰۱۷"در مقاله‌ای تحت عنوان " کارایی عملیاتی و تحلیل کیفیت خدمات در سیستم‌های حمل و نقل عمومی " عنوان داشته‌اند عملکرد سیستم‌های حمل و نقل عمومی را می‌توان هم از طریق گردانندگان و هم از طریق استفاده‌کنندگان ارزیابی کرد. گردانندگان بر روی کارایی و سودآوری سیستم متمرکز هستند، در حالی که کاربران به کیفیت خدمات ارائه شده توجه دارند. هدف این مطالعه، ارزیابی عملکرد مسیرهای اتوبوس از دو دیدگاه گردانندگان و استفاده‌کنندگان است. بازده عملیاتی که منعکس‌کننده دیدگاه گرداننده است، با تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها اندازه گیری شده وکیفیت خدماتی که دیدگاه استفاده‌کننده را منعکس می‌کند با رویکرد دو مرحله‌ای متشکل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و TOPSIS اندازه‌گیری شده و در نهایت پیشنهاداتی به منظور بهبود عملکرد در مسیرهای حمل و نقل اتوبوس ارائه شد.

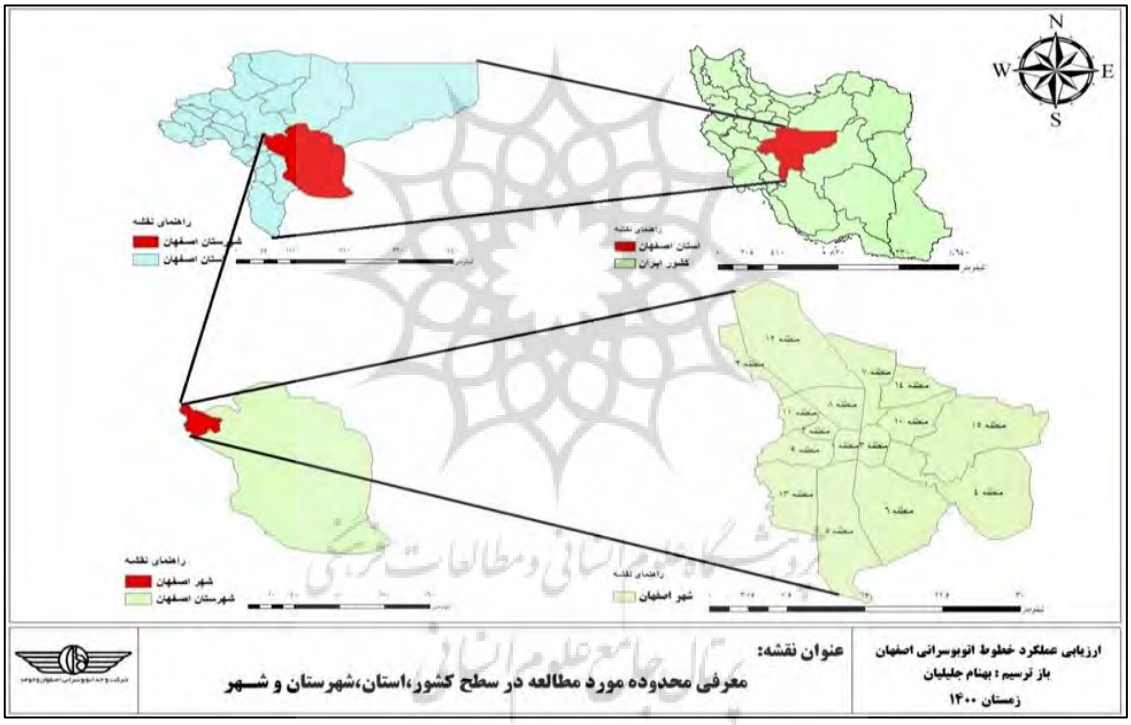
"لیو و هکاران، ۲۰۱۶"در پژوهشی با عنوان " ارزیابی کارایی سیستم حمل و نقل: یک مدل DEA پیشرفته با مخروط های فازی-AHP محدود" به تلاش‌ها برای ترکیب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با تجزیه و تحلیل پوششی داده ها (DEA) برای ارائه یک مدل DEA تقویت‌شده قوی برای ارزیابی کارایی سیستم حمل ونقل می‌پردازد. مدل پیشنهادی ترکیبی از روش DEA و یک مدل فازی-AHP اصلاح شده بوده که در آن مدل پیشنهادی ادغام منطق فازی با یک ساختار سلسله مراتبی AHP را برای: ۱) عادی‌سازی مقیاس شاخص‌های ارزیابی مختلف، ۲) ساخت ماتریس مقایسه‌های زوجی با مجموعه فازی و ۳) بهینه کردن وزن هر معیار را با یک مدل برنامه‌ریزی غیر خطی بکار رفته است و در آخر نشان داده که مدل پیشنهادی در ارزیابی کارایی گردانندگان حمل‌ونقل کاربرد بیشتری دارد.

"چن و همکاران، ۲۰۱۳" در مقاله‌ای با عنوان " ارزیابی عملیات حمل و نقل عمومی بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها" روشی را برای ارزیابی عملکرد مسیرهای اتوبوس در یک سیستم حمل‌ونقل عمومی با استفاده از روش بازنگری شده DEA و تحلیل حساسیت شاخص‌ها، ارائه می‌کند و نشان می‌دهد عملکرد در دوره کم‌پیک بهتر از دوره پیک است و میانگین زمان اجرا و قابلیت اطمینان خدمات از عوامل کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد، مطابق با واقعیت شهر هستند و در نتیجه عملی

بودن آن را تأیید می‌کنند و در مجموع، مطالعه صورت گرفته را برای بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل عمومی مفید می دانند.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی بعد از تهران و مشهد سومین شهر بزرگ ایران است.شهر تاریخی اصفهان، مرکز استان اصفهان است که در شمال غرب شهرستان اصفهان قرار گرفته است.جمعیت این شهر بر اساس آخرین سرشماری سال ۱۳۹۵, تعداد ۱۹۶۱۲۶۰ نفر بوده است .این شهر به دلیل موقعیت جغرافیایی بسیار مناسب یعنی واقع شدن در قلب فلات ایران، پیوسته مورد توجه سلاطین و مدیران مملکتی بوده است.در تقسیم بندی مناطق شهری اصفهان رودخانه زاینده رود شهر را به دو نیمه شمالی و جنوبی تقسیم نموده است. نیمه جنوبی شامل سه منطقه ۵،۶،۱۳ و سایر مناطق در نیمه شمالی رودخانه واقع شده اند . محور مصنوع چهارباغ ، نیمه شرقی و غربی را پدید می آورد (مختاری و همکاران،۱۳۹۳: ۱۰۹).



شکل ۴. موقعیت محدوده مورد مطالعه

اتوبوسرانی شهر اصفهان از سال ۱۳۲۰ به عنوان اولین سیستم حمل و نقل همگانی در این شهر فعالیت خود را آغاز نمود. تعداد محدودی اتوبوس و مینی بوس فیات در هشت خط مسیرهای تعیین شده، به جابجائی مسافرین مشغول بودند با گذشت زمان تعداد خطوط به ده خط رسید. به دنبال افزایش اهمیت سیستم حمل و نقل شهری در سال ۱۳۳۱ ماده واحده قانون تاسیس شرکت های واحد اتوبوسرانی همگانی در شهرها به تصویب رسید. قانون مذکور مجدداً در سال ۱۳۳۴ در مجلس وقت به تصویب رسید و در چهارم آبان ماه ۱۳۴۶ شرکت واحد اتوبوسرانی اصفهان با رعایت مقررات این قانون و تصویب هیئت مدیره با هدف ایجاد سیستم حمل و نقل عمومی منظم و کارآمد به منظور جابجایی دسته جمعی مسافر در خطوط تعیین شده شهری و حومه، مراقبت و بهره برداری صحیح از اتوبوس ها و خودروهای موجود، توسعه و تکمیل

تاسیسات مربوط (از قبیل تعمیرگاه ، توقفگاه و ...) و در نهایت افزایش تعداد اتوبوس ها به ترتیبی که متناسب با احتیاجات و تامین نیازمند های همگانی شهر و حومه در آینده باشد، تاسیس شد.شرکت واحد اتوبوسرانی اصفهان در حال حاضر با حدود ۱۰۰ خط و بالغ بر ۲۵۴۰ کیلومتر طول شبکه خطوط اکنون به عنوان مهمترین سامانه حمل و نقل عمومی شهر اصفهان وظیفه جابجایی مسافر روزانه را بر عهده دارد. از بدوشروع بکار خط یک متر تعدادی از خطوط اتوبوسرانی اصفهان به شکل مستقیم و غیر مستقیم تحت الشعاع فعالیت مترو قرار گرفته است . پس از بررسی های به عمل آمده تعداد ۱۵ خط از مجموع ۱۰۰خط با فرض همپوشانی با خط یک مترو جهت مطالعه و بررسی انتخاب شدند .

شکل ۵. خطوط مورد مطالعه در پژوهش

روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق دراین پژوهش به لحاظ هدف ازنوع کاربردی و به لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی و شیوه گردآوری اطلاعات در حوزه کتابخانه ای خواهد بود . در روش کتابخانه ای از کتب و مقالات داخلی و خارجی و دیگر طرح های فرادست استفاده گردیده است .در بخش گردآوری داده ها جهت ارزیابی عملکرد و رتبه بندی خطوط از طریق استخراج داده های موجود از سامانه AVL و AFC مستقر در شرکت واحد اتوبوسرانی اصفهان به منظور تحلیل داده ها استفاده شده است.

تحلیل یافته‌ها

پس از راه اندازی خط یک مترو در شهر اصفهان، عملکرد تعداد ۱۵ خط از مجموع کل خطوط اتوبوسرانی به طور کامل یا بصورت محدود ،تحت الشعاع فعالیت مترو قرار گرفته است . یکی از کاربردهای مهم تحلیل پوششی داده ها اندازه گیری کارآیی واحدهای تولیدی است لذا اطلاعات عملکردی ۱۵ خط مورد نظر به عنوان واحدهای تولیدی یا DMUها ، طی بازه

زمانی نه ماهه اول سال ۱۴۰۰(که متأثر از شرایط کرونا نیز بوده)با توجه به اهمیت موضوع از سامانه مدیریت مکانیزه کنترل ناوگان (AVL) استخراج شدند.از مجموع ۱۵ خط انتخاب شده تعداد ۵ خط در اختیار بخش خصوصی و تعداد ۱۱ خط دولتی بوده اند.به منظور ارزیابی کارآیی خطوط هرچه تعداد ورودی ها و خروجی ها کمتر باشد ارزیابی صورت گرفته از اعتبار بیشتری برخوردار است. شرکت های اتوبوسرانی به عنوان بزرگترین مجموعه شرکت های حمل و نقل عمومی در شهرها نقش مهمی در جابجایی مسافران و پاسخگویی به تقاضای سفر شهروندان ایفا می کنند ،به همین منظور علیرغم وجود عوامل متعددی که می توان از آنها به عنوان ورودی و خروجی استفاده نمود پنج عامل (شاخص)مهم و اساسی شامل تعداد اتوبوس،زمان تعرفه،طول خطوط،تعداد سرویس های رفت و برگشت انجام شده و سرفاصله زمانی به عنوان ورودی و عامل میزان مسافر جابجا شده به عنوان مهمترین نتیجه حاصل از عملکرد اتوبوسرانی به عنوان خروجی در نظر گرفته شده است . اطلاعات خام مربوط و عوامل ورودی و خروجی در تحلیل پوششی داده ها به شرح جدول زیر می باشد :

جدول ۱. اطلاعات هر یک از DMUها در سه بازه زمانی مختلف

خط	مالکیت	مبداء	مقصد	اطلاعات عملکردی در۹ ماهه اول سال ۱۴۰۰					
				تعداد اتوبوس	زمان تعرفه	طول خط	تعداد سرویس	سرفاصله زمانی	برداشت مسافر(نفر)
۹	دولتی	میدان جمهوری، خ فروغی	باغ گلدسته ، میدان انقلاب	۱۲	۶۷	۱۱.۴	۱۲	۱۵	۶۶۰۵۱۳
۱۰	دولتی	پایانه باغ قوشخانه، شمس آبادی	نظر غربی ، میدان ارتش	۱۴	۶۷	۲۲	۹	۱۸	۸۳۳۷۸۰
۱۴	دولتی	کوی بهار ، مرداویج	میدان آزادی ، هتل پل	۸	۵۳	۱۶.۷	۹	۱۸	۱۸۹۰۸۴
۱۶	خصوصی	شهرک ولی عصر عج،میدان انقلاب	جانبازان ، پایانه کوی ولی عصر	۱۷	۱۰۶	۴۱.۷	۷	۱۸	۱۴۴۳۵۳۶
۱۷	خصوصی	میدان جمهوری اسلامی،فروغی	فلاطوری، پایانه باغ قوشخانه	۹	۶۷	۲۲.۶	۹	۲۳	۴۰۱۳۱۲
۳۲	دولتی	۲۲۰دستگاه هوانیروز	هزار جریب ، میدان آزادی	۲	۳۹	۱۵.۹	۲۱	۳۴	۲۰۸۴۳
۳۴	دولتی	پایانه مترو قدس ، میدان جمهوری	حکیم نظامی ، پایانه صفه	۴۳	۱۰۲	۳۷.۷	۷	۶	۳۷۸۷۳۰۶
۳۶	دولتی	کوی امام ، هزار جریب	میدان آزادی ، سی و سه پل	۶	۴۸	۱۵.۶	۱۲	۲۲	۱۲۴۶۳۵
۶۱	دولتی	کوی امام جعفر صادق(ع)	هزار جریب ، میدان آزادی	۲	۵۶	۱۴.۴	۲۰	۳۰	۱۹۴۲۵
۷۰	خصوصی	باغ فدک ، گلستان	کاوه ، پایانه بابلدشت	۸	۵۰	۲۶.۹	۱۰	۲۰	۲۶۶۹۵۳
۷۶	دولتی	سپاهان شهر(بلوار شاهد)	هزار جریب ، میدان آزادی	۱۳	۵۶	۲۸.۵	۴	۱۵	۴۳۹۵۳۸
۸۱	خصوصی	برازنده ، آل محمد	کاوه ، پایانه بابلدشت	۸	۵۰	۱۴.۵	۱۵	۲۲	۳۱۹۷۵۱
۸۲	دولتی	سه راه ملک شهر ، بهارستان	پایانه مترو قدس،میدان	۶	۵۰	۲۶	۱۴	۳۲	۲۱۰۸۵۱

			استقلال						
۸۶	دولتی	سپاهان شهر(بلوار غدیر)	هزار جریب ، میدان آزادی	۱۰	۵۶	۲۹	۵	۱۵	۴۳۸۷۱۷
۹۱	خصوصی	پایانه صفه ، توحید	کاوه ، ملک شهر	۲۵	۹۸	۴۰.۲	۵	۱۴	۱۶۸۳۰۸۷

(منبع :سامانه AVL و AFC اتوبوسرانی اصفهان)

به منظور ارزیابی کارآیی خطوط مورد مطالعه در نه ماهه اول سال ۱۴۰۰ ،داده های عملکردی مربوط به تعداد اتوبوس فعال، زمان تعرفه،طول خطوط،تعداد سرویس رفت و برگشت کامل در خطوط و سرفاصله زمانی به عنوان متغیرهای ورودی و میزان مسافر جابجا شده به عنوان متغیر خروجی از سامانه AVL استخراج و با استفاده از نرم افزارBT DEA Solver و DEAFrontier نسبت به ارزیابی کارآیی آنها اقدام گردید.نتایج حاصل از ارزیابی کارآیی خطوط به شرح جدول شماره ۲ می باشد:

جدول ۲. نتایج حاصل از ارزیابی کارآیی خطوط مورد مطالعه

پخط	مالکیت	ضریب کارآیی	توضیح	روند کارآیی
9	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
10	**دولتی**	**۰,۹۳۶۱۷**	**ناکارا**	**افزایشی**
14	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
16	**خصوصی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
17	**خصوصی**	**۰,۹۷۹۴۹**	**ناکارا**	**افزایشی**
32	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
34	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**ثابت**
36	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
61	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
70	**خصوصی**	**۰,۶۹۶۳۷**	**ناکارا**	**افزایشی**
76	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
81	**خصوصی**	**۰,۷۵۰۲۶**	**ناکارا**	**افزایشی**
82	**دولتی**	**۰,۷۲۱۲۶**	**ناکارا**	**افزایشی**
86	**دولتی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**
91	**خصوصی**	**1**	**کارای قوی**	**افزایشی**

تعیین مقادیر بهینه برای خطوط ناکارا:

از مجموع ۱۵ خط مورد مطالعه ،خطوط شماره ۱۰، ۱۷ ، ۷۰ ، ۸۱ و ۸۲ با توجه به نسبت ورودی ها و خروجی و شرایط موجود از کارآیی لازم برخوردار نبوده اند و در مجموع ۳۳ درصد از خطوط مورد بررسی ناکارا بوده اند . از این تعداد سه خط ۱۷ ، ۷۰ و ۸۱ به صورت خصوصی اداره می شوند . به عبارت دیگر ۷۵ درصد از مجموع خطوطی که در این پژوهش توسط بخش خصوصی اداره می شوند،ناکارا بوده اند. با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره (۲) روند کارآیی در اکثر خطوط افزایشی می باشد و ناکارآیی خطوط ذکر شده ناشی از شاخص های عملکردی در کارآمدی آنها می باشد که

به منظور کارآمد شدن خطوط و افزایش ضریب کارآمدی آنها ، و نزدیک شدن به مرز کارآیی ، مقادیر بهینه برای خطوط ناکارا به شرح زیر تعیین می گردد :

مقادیر شناوری(Slack) – مقادیر موجود = مقادیر بهینه ورودی

مقادیر شناوری(Slack) + مقادیر موجود = مقادیر بهینه خروجی

با توجه به اینکه در این پژوهش از مدل BCC خروجی محور بهره گرفته شده لذا ، کاهش در مقادیر ورودی می تواند در افزایش ضریب عملکردی خطوط ناکارا مؤثر باشد. با توجه به اینکه صرفاً ۵ خط از مجموع ۱۵ خط مورد مطالعه، ناکارآمد بوده اند. بنابراین مقادیر بهینه نیز فقط برای همین خطوط محاسبه شده که به شرح جدول ۳ می باشد :

جدول ۳. مقادیر بهینه برای افزایش ضریب کارآیی در خطوط ناکارا

خط	مقادیر	تعداد اتوبوس	زمان تعرفه	طول خط	تعداد سرویس رفت و برگشت	سرفاصله زمانی	برداشت مسافر(نفر)
10	موجود	14	55	22	9	18	660513
	بهینه		۵۲			۱۵	890631
۱۷	موجود	9	50	22.6	9	23	401312
	بهینه		۴۸			۱۹	409716
70	موجود	8	49	26.9	10	20	168464
	بهینه		۴۷	۲۵			383346
81	موجود	8	45	14.5	15	22	199779
	بهینه		۳۹				۵42618
82	موجود	6	45	26	14	32	134010
	بهینه		۴۲	۲۲		۲۴	292337

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از بهترین روش‌های ارزیابی خطوط اتوبوسرانی، محاسبه کارآیی آنهاست .کارآیی به عبارت ساده، به نسبت خروجیها به ورودیهای یک واحد گفته میشود. بنابراین هر چه یک واحد تصمیم گیری با مصرف ورودی کمتر، خروجی بیشتری تولید کند، کارآیی و عملکرد آن بیشتر خواهد بود.امروزه فقدان ارزیابی کارآیی خطوط اتوبوسرانی در واقع حلقه مفقوده سیستم های حمل و نقل عمومی است . اهمیت این موضوع سبب شده تا در این پژوهش نسبت به ارزیابی عملکرد ۱۵ خط اتوبوسرانی اصفهان و رتبه بندی خطوط با استفاده از تلفیق تکنیک تحلیل پوششی داده ها(DEA) اقدام گردد . در این پژوهش متغیرهای تعداد اتوبوس فعال،زمان تعرفه،طول خط،تعداد سرویس های رفت وبرگشت ،سرفاصله زمانی به عنوان متغیرهای ورودی و متغیر مسافر جابجا شده به عنوان متغیر خروجی و در مجموع ۶ متغیر به عنوان متغیرهای مورد استفاده در پژوهش انتخاب شدند . در ابتدا با استفاده از مدل BCC خروجی محور به عنوان راه حل ارزیابی سیستم های

حمل و نقل عمومی ،نسبت به ارزیابی کارآیی خطوط شماره ۹،۱۰،۱۴،۱۶،۱۷،۳۲،۳۴،۳۶،۶۱،۷۰،۷۶،۸۱،۸۲،۸۶،۹۱ که به طور کامل یا مقطعی با خط شماره یک مترو در شهر اصفهان همپوشانی دارند اقدام شد . بر اساس محاسبات انجام شده که توسط نرم افزار BT DEA Solver و DEAFrontier صورت گرفت از مجموع ۱۵ خط مورد مطالعه تعداد ۵ خط به شماره های ۱۰، ۱۷، ۷۰، ۸۱ و ۸۲ به عنوان خطوط ناکارا مشخص شدند که خطوط ۱۷ و ۷۰ و ۸۱ به صورت خصوصی اداره می شوند . به منظور افزایش ضریب کارآمدی خطوط ناکارا مقادیر بهینه پیشنهاد گردید .بر اساس این پیشنهاد چنانچه در خط شماره ۱۰ متغیر زمان تعرفه و متغیر سر فاصله زمانی به مدت ۳ دقیقه کاهش یابد خط به مرز کارایی نزدیک می شود . در خط شماره ۱۷ با کاهش ۲ دقیقه ای متغیر زمان تعرفه و کاهش ۴ دقیقه ای متغیر سر فاصله خط به مرز کارآیی نزدیک می گردد . همچنین با کاهش زمان تعرفه در خطوط شماره ۷۰ به میزان ۲ دقیقه ، خط شماره ۸۱ به میزان ۶ دقیقه این خطوط نیز به مرز کارایی نزدیک می شوند . در خط شماره ۸۲ با کاهش ۳ دقیقه ای متغیر زمان تعرفه و کاهش ۸ دقیقه ای متغیر سرفاصله زمانی موجب افزایش کارآمدی خط می گردد.

ارائه خدمات مطلوب حمل و نقل عمومی در شهرها در اولویت تصمیم گیری مدیران شهری است. اما نکته حائز اهمیت این است که خدمات رسانی ناکارا به شهروندان که بواسطه کمبود منابع و امکانات رخ می دهد می تواند در بلند مدت منجر به وارد آمدن خسارات جبران ناپذیر به شهروندان ، جامعه و محیط گردد . نتایج بررسی ها نشان داده است که عملکرد و کارایی پایین خطوط اتوبوسرانی می تواند در میزان استفاده مردم از اتوبوس تأثیرگذار باشد و آنها را به استفاده از حمل ونقل خصوصی تشویق نماید عوامل بسیاری می تواند در کارا یا ناکارا بودن خطوط اتوبوسرانی تأثیر گذار باشد.عواملی همچون میزان مصرف سوخت ، مسیر خط، مناطق شهری که خطوط از آنجا عبور می کنند ، دسترسی خطوط به مکانهای خاص مانند اماکن فرهنگی و مذهبی و مراکز خرید،تراکم جمعیت مسیرها ، مالکیت ونحوه اداره اتوبوسها (بخش خصوصی یا دولتی) که می تواند در پژوهش های بعدی مد نظر قرار گیرد . با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش و ماهیت متغیر خروجی تحقیق که همـــان میزان مسافر جابجا شده می باشد می توان دریافت که افزایش میزان مسافر سبب بهبود کارآیی خطوط می گردد.همچنین برنامه ریزی در جهت ایجاد ساز و کاری مبنی بر ایجاد خطوط فیدر با خط یک مترو و کمتر کردن همپوشانی خطوط با یکدیگر در شهر اصفهان می تواند در افزایش جذابیت حمل ونقل عمومی شهری و افزایش کارآیی خطوط اتوبوسرانی مؤثر باشد .بنابراین می توان با تغییر در شبکه خطوط و افزودن خطوط جدید و یا اصلاح شبکه فعلی، برای تحت پوشش قرار گرفتن مناطق وسیعی از شهر نسبت به دسترسی وسیع شهروندان به حمل و نقل عمومی اقدام نمود. در پایان انجام ارزیابی برای تمام خطوط با در نظر گرفتن مبانی توسعه پایدار شهری به ویژه میزان رضایت شهروندان و همچنین رتبه بندی خطوط با روش های موجود در تحقیقات آتی می تواند مدیران اتوبوسرانی را در جهت ارائه خدمات بهتر یاری نماید.

منابع و مأخذ

برندک،فرهاد ؛ فنی،زهره (۱۳۹۴)، کارآیی پایدار شبکه حمل ونقل عمومی با رویکرد تحلیل فراگیر داده ها (نمونه موردی: خطوط اتوبوسرانی شهر و حومه اردبیل)،نشریه معماری و شهر پایدار،سال سوم،شماره دوم،پاییزوزمستان ۹۴،صص ۱-۱۰

رهنما ،محمدرحیم ؛ اجزاء شکوهی، محمد ؛ عرب، حامد (۱۳۹۳)، ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی شهر مشهد با مدل تحلیل پوششی دادهها(DEA) نمونه موردی خطوط پایانه مصلی،ششمین کنفرانس ملی برنامه ریزی و مدیریت شهری با تأکید بر مؤلفه های شهر اسلامی ،۲۱ و ۲۲ آبان ۱۳۹۳ ، مشهد

قوامی ،سید مرسل ؛ کریمی ،علی ؛ سعدی مسگری، محمد (۱۳۹۰)، ارزیابی خطوط اتوبوسرانی با استفاده از سامانه مطالعات مکانی و تحلیل پوششی دادهها، مطالعه موردی: خطوط اتوبوسرانی تهران، نشریه مهندسی حمل و نقل ، سال دوم ،شماره سوم ،بهار ۱۳۹۰،صص ۲۶۱-۲۷۱

قضائی ،محمد ؛ فرهمندی، ایمان ؛ عطارزاده طوسی، هادی (۱۳۹۷)، ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی با استفاده ترکیبی سه گانه از مدلهای تحلیل پوششی دادهها، آنتروپی و تاپسیس، نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، شماره ۲۳ .تابستان ۱۳۹۷،صص ۳۰۷-۳۱۸

شریفی ،شهرام ؛ صارمی ،حمیدرضا ؛ بمانیان ،محمدرضا (۱۳۹۳)، ارزیابی سیستم حمل و نقل عمومی با رویکرد توسعه پایدار شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نمونه مطالعاتی: شهر همدان،نشریه مطالعات محیطی هفت حصار شماره هشتم، سال دوم، تابستان ۱۳۹۳،صص ۵-۱۶

سقائی ،محسن ؛ مختاری ،رضا ؛ بخشی، ابوالحسن (۱۴۰۰)، ارزیابی رضایتمندی شهروندان از وضعیت حمل ونقل عمومی شهری(مورد مطالعه: شهر اراک)، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال هجدهم، دوره چهارم، شماره ، ۶۹ زمستان۱۴۰۰، صص 220- 207

تقوایی ،مسعود ؛ سجادی ،مسعود (۱۳۹۵)، ارزیابی و تحلیل شاخصهای حملونقل پایدار شهری ،مطالعه موردی: شهر اصفهان،نشریه معماری و شهرپایدار،سال چهارم،شماره اول،بهار و تابستان ۹۵،

تندیسه ،محسن ؛ رضایی، محمدرضا (۱۳۹۲)، برنامه ریزی راهبردی حمل و نقل پایدار شهری در کلانشهرهای ایران (مطالعه موردی: شهر مشهد)،نشریه مهندسی حمل و نقل ،سال پنجم ، شماره اول، پائیز ۱۳۹۲

مالدار، علی اصغر ؛ حسین زاده سلجوقی، فرانک (۱۳۹۶)، استوارسازی مدلهای DEA برای شناسایی واحدهای دارای بدترین عملکرد، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال چهاردهم، شماره سوم (پیاپی ۵۴)، پاییز ۹۶ ،صص۵۳-۳۵

بنی هاشمی، سید علی ؛ نجفی ،سید اسماعیل (۱۳۹۶)، ارایه رویکرد توسعهای جدید DEA و TOPSIS برای رتبه بندی کارایی (مطالعه موردی شرکتهای سیمان پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار)، نشریه مهندسی و مدیریت کیفیت، جلد ۷ شماره ۱ – بهار۱۳۹۶،صص ۶۹-۸۱

خمویی ،فرشید ؛ شکرالله تبار آکتیج ،معظمه ؛ مؤذنی ،بهرام ؛ صحت ،سعید (۱۳۹۷)، استفاده از مدل تلفیقی تحلیل پوششی دادهها-تصمیم گیری چندشاخصه در ارزیابی کارایی نسبی و رتبه بندی شرکتهای بیمه در ایران، پژوهشنامهٔ بیمه/ سال سوم / شمارهٔ ۲ /تابستان ۱۳۹۷ /شمارهٔ مسلسل ۱۳۰ /صفحات ۱ تا ۲۲

Liu, Z., Wu, N., Qiao, Y., & Li, Z. (2020). Performance Evaluation of Public Bus Transportation by Using DEA Models and Shannon's Entropy: An Example From a Company in a Large City of China. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 8(4), 779-795.

N. M. Asmael , M. Q.Waheed," A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS BASED FOR EVALUATING EFFICIENCY OF BUS PUBLIC ROUTES", Archives of Civil Engineering, Vol. 66, No 4,pp. 303-323,2020-2021

Sanjay Sharma،Srinivasan Balan(۲۰۱۳), Journal of Intelligent Manufacturing ,Vol.24,No 6, December 2013,pp. 1123–1130

Ali Soltani,Ebrahim Zargari ,MarandiYousef ,Esmaili Ivaki(2013)," Bus route evaluation using a two-stage hybrid model of Fuzzy AHP and TOPSIS", Journal of Transport Literature, Vol.,No.3, July 2013

Güner, Samet. "Operational efficiency and service quality analysis in public transportation systems." Journal of Transportation and Logistics, vol.2.No,2 (2017): 33-48.

Li, J., Chen, X., Li, X., & Guo, X. (2013). Evaluation of public transportation operation based on data envelopment analysis. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 96, 148-155.

Adhikari, A., Basu, S., Biswas, I., Banerjee, A., & Sengupta, P. P. (2018). A route efficiency analysis using Shannon entropy-based modified DEA method and route characteristics investigation for urban bus transport in India. INFOR: Information Systems and Operational Research, 56(3), 332-359.

Li, X., Liu, Y., Wang, Y., & Gao, Z. (2016). Evaluating transit operator efficiency: An enhanced DEA model with constrained fuzzy-AHP cones. Journal of traffic and transportation engineering (English edition), 3(3), 215-225.

Shi, Q., Zhang, K., Weng, J., Dong, Y., Ma, S., & Zhang, M. (2021). Evaluation model of bus routes optimization scheme based on multi-source bus data. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 10, 100342.

Georgiadis, Georgios, Ioannis Politis, and Panagiotis Papaioannou. "Measuring and improving the efficiency and effectiveness of bus public transport systems." Research in Transportation Economics 48 (2014): 84-91.

Jin-seok, Hahn, Kim Hye-ran, and Kho Seung-young. "A DEA Approach for Evaluating the Efficiency of Exclusive Bus Routes." Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 2009. Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2009.

TABOADA, Guillermo L.; HAN, Liangxiu. Exploratory data analysis and data envelopment analysis of urban rail transit. Electronics, 2020, 9.8: 1270.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی