Journal of Structural and Construction Engineering, 8(8), 2021, pp. 189-207

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Improving process of concrete road bridges management by determining their efficiency using data envelopment analytical method(DEA) (Case study of Zanjan province)

Ali Medghalchi, Poorya Rashvand, Ali Delnavaz*

1- Department of Civil Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin,

ABSTRACT

Nowadays, all managers in all organizations want to make optimal use of facilities and capacities in various departments. Therefore, the existence of a model to provide feedback on destructive factors in bridges with the aim of improving the management of concrete bridges and obtaining a tool to satisfy the needs of managers, seems very necessary and logical. In line with the above necessity, concrete road bridges under the supervision of the Highway and Road Transportation Organization of the country will be selected as a statistical sample and the performance of concrete bridges will be compared with each other using data envelopment analysis (DEA) method. In order to evaluate the performance of bridges, efficient and inefficient bridges are determined and the effective factors in their inefficiency are determined. In order to evaluate the efficiency of inputs such as weather and traffic conditions, and the outputs including structural failure factor and serviceability were examined using the input-axis CCR model through DEA-Master software. The results showed that 35 bridges out of 384 concrete road bridges measured in the main axes of Zanjan province have strong performance and the average efficiency of these 384 bridges is 0.98 out of 1. Also, the 8 km bridge of Zanjan-Qazvin freeway is the most efficient bridge in terms of threat of reference times.

ARTICLE INFO

Receive Date: 22 July 2020
Revise Date: 16 September 2020
Accept Date: 27 September 2020

Keywords:
Bridge management
Efficiency performance evaluation
Data envelopment analysis
Zanjan province
Concrete road bridges

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.240169.2195

*Corresponding author: Poorya Rashvand
Email address: poorya_rashvand@qiau.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

بهبود فرآیند مدیریت پلهای بتنی جاده ای از طریق تعیین کارایی آنها با استفاده از روش تحلیلی پوششی داده ها (مطالعه موردی استان زنجان)

علی مدقالچی[۱]، پویا رشوند[۲*]، علی دلنواز[۳]

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

۲-عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی،واحد قزوین،گروه مهندسی عمران،قزوین ،ایران.

۳-عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی،واحد قزوین،گروه مهندسی عمران ،قزوین ،ایران

چکیده

امروزه تمامی مدیران در همه سازمانها خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیتهای موجود در بخشهای مختلف می باشند. بنابراین وجود مدلی به منظور ارائه بازخورد های عوامل مخرب در پلها با هدف بهبود مدیریت پلهای بتنی و دستیابی به ابزاری جهت برآوردن این نیاز مدیران، بسیار ضروری و منطقی به نظر می رسد. در راستای ضرورت فوق، پلهای بتنی جاده ای تحت نظر سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور به عنوان نمونه آماری انتخاب و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) کارایی پلهای بتنی در مقایسه با هم مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا ضمن ارزیابی عملکرد پلها، پلهای کارا و نا کارا تعیین و عوامل موثر در ناکارایی آنها مشخص شود. جهت بررسی کارایی نهاده های مانند شرایط جوی و ترافیکی استفاده وستاده هایی شامل فاکتور خرابی سازه ای و بهره برداری با استفاده از مدل CCR ورودی محور از طریق نرم افزار DEA-Master مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که ۳۵ پل از ۳۸۴ پل بتنی جاده ای مورد سنجش در محورهای اصلی استان زنجان کارایی قوی دارند و متوسط کارایی این۳۸۴ پل ۰,۹۸ از ۱ است. همچنین پل کیلومتر ۸ آزادراه زنجان قزوین از لحاظ تعداد دفعات مرجع شدن، کاراترین پل می باشد.

کلمات کلیدی: مدیریت پلها، کارایی، ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده ها، استان زنجان، پلهای بتنی جاده ای

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۳۹۹/۰۵/۰۱	۱۳۹۹/۰۶/۲۶	۱۳۹۹/۰۷/۰۶	۱۳۹۹/۰۷/۰۶	۱۴۰۰/۰۸/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2020.240169.2195
					https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.240169.2195

*نویسنده مسئول: پویا رشوند

پست الکترونیکی: poorya_rashvand@qiau.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه اوضاع حاکم بر اعتبارات عمرانی، سازمانها را به سوی اتخاذ راهبردهای مناسب سوق داده است. بطوریکه مدیران و تصمیم گیران سازمان ها، خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت های موجود در بخش های مختلف می باشند. بنابراین ارزیابی عملکرد به منظور ارایه بازخورد در راستای بهبود عملکرد پلهای مختلف سازمان ها و دستیابی به ابزاری جهت برآوردن این نیاز مدیران، بسیار ضروری و منطقی به نظر می رسد. از این رو ارزیابی عملکرد و بهره وری در دهه‌های اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته است. متدها و تکنیکهای بسیاری جهت ارزیابی عملکرد ایجاد شده است که هر کدام مجموعه ای از شاخص ها را جهت ایجاد توازن در دیدگاه‌های سنتی و تک بعدی به عملکرد معرفی می نمایند. اما علی رغم تمامی این پیشرفتها در ارزیابی عملکرد، بسیاری از سازمانها همچنان بر شاخصهای عملکرد سنتی و مالی متکی هستند.[1]

پل ها به عنوان یک زیرساخت پرهزینه و پر ریسگ در حمل و نقل همواره دغدغه مدیران حمل و نقل کشور ها می باشند لذا ایجاد روشهای مختلف کنترل و مدیریت تعمیر و نگهداری پلها در جهت این خواسته مدیران می باشد. BMS[1] سیستمی است که برای بهینه سازی استفاده از منابع موجود جهت بازرسی، نگهداری، بازسازی و تعمیر و تعویض پل ها طراحی شده است. این سیستم، یکی از سیستم های مدیریتی می باشد که سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور از سال ۱۳۹۵ در راستای اهداف عالی خود در دستور کار قرار داده است.

از آنجائیکه اکثر مطالعات انجام شده در حوزه بررسی کارایی و ارزیابی پلهای جاده ای با استفاده از روشهای پارامتریک بوده است. پژوهش حاضر درصدد برآمده تا با استفاده از روشی ناپارامتریک به سنجش کارایی پلها به عنوان ابزار سیستم مدیریت پلها در تغییر روند آسیبهای پلها بپردازد. در این راستا از تکنیک تحلیل پوششی داده ها که توسط "چارنز" و همکارانش (۱۹۷۶) ایجاد شده و بصورت گسترده ای مورد توجه قرار گرفته بهره گرفته شد.

تحلیل پوششی داده ها (DEA[2]) یک روش برنامه ریزی ریاضی است که ابزار مناسب برای بهر ه وری نسبی واحد های تصمیم گیری در حالت چند ورودی و چند خروجی به حساب می آید. در تحلیل پوششی داده ها با توجه به مشاهدات فردی از واحد تصمیم گیرنده (DMU) و تقابل بهینه آن با دیگر واحد ها، می توان کارایی محاسبه شده را مهم تر از رویکرد سنتی دانست. در این روش بدون استفاده از یک فرم تابعی، یک حد مرزی برآورد گردیده که نشان دهنده حداکثر مقدار کارایی هر واحد، نسبت به کارایی مشاهده شده از واحد های دیگر است.[2]

منظور از کارایی موفقیت بنگاه یا موسسه در تولید حداکثر ممکن ستاده از مجموعه عوامل تولید با تکنولوژی ثابتی می‌باشد به طوری که تمام نهاده‌ها و ستاده‌ها به دقت اندازه گرفته شده باشد. اندازه گیری و تحلیل کارایی نشان می دهد که واحدها چگونه می توانند از منابع خود در راستای نیل به بهترین عملکرد و افزایش تولید در مقطعی از زمان استفاده نمایند. به طور کلی کارایی،معرف نسبت ستاده ها به نهاده ها در مقایسه با یک استاندارد مشخص است. [3]

کوئلی نشان داده است که از میان روشهای مختلف ارزیابی عملکرد، روش تحلیل پوششی دارای دو مزیت عمده در اندازه گیری کارایی می باشد: اولاً نیازی به تصریح یک شکل تابعی میان داده ها و ستاده ها ندارد، به این معنی که محقق میتواند از شرایط محدودکنندهٔ انتخاب فرم تابع تولید یا تابع هزینه که میتواند تأثیرگذار بر نتایج تجزیه و تحلیل کارایی باشد اجتناب کند و ثانیا نیازی به مفروض توزیعات آماری برای اجزای کارایی ندارد. از سویی دیگر با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها می توان برای هریک از واحدهای ناکارا، واحد یا واحدهایی را به عنوان واحد مرجع پیشنهاد نمود که کارا بوده و می تواند ساختار بهینه نهاده و ستاده ای را جهت هر یک از واحدهای ناکارا به شکل ترکیب خطی نشان دهد. در واقع این روش علاوه بر محاسبه انواع کارایی، برنامه ای پیشنهادی برای واحدهای ناکارا ارائه می دهد که بر اساس آن میزان مطلوب هر نهاده و میزان ایده‌آل قابل دسترس برای ستاده، ارائه و کارایی حداکثر می شود.[4]

[1] Bredge Management System
[2] Data Envelopment Analysis

در این پژوهش از روش ارزیابی کارایی یک سری واحد که در اینجا همان پلهای بتنی می باشند، بر اساس مقادیری به عنوان ورودی و مقادیری به عنوان خروجی در مقاسیه با سایر واحد های مورد ارزیابی با روش تحلیل پوششی داده ها استفاده شده است. در حقیقت در این پژوهش به دنبال شناسایی پل هایی هستیم که نسبت به سایر پلهای مورد بررسی کاراتر باشند یعنی پل هایی که عوامل مخرب جوی و اقلیمی و ترافیکی منجرب به شاخص خرابی سازه ای و بهره برداری کمتر شود. برای این منظور پس از مروری بر ادبیات موضوع و پژوهش های مشابه انجام شده در زمینه تعیین کارایی سیستم های مدیریت پل و زیرساختها با تکنیک DEA، داده های مشخصاتی، اقلیمی و ترافیکی مربوط به پلهای بتنی استان زنجان جمع بندی ، صحت سنجی و بر اساس مدل تنظیم و نرمال سازی گشته و مدل تعیین کارایی پلها بر اساس داده های ورودی و خروجی های در دسترس ایجاد گردید. با شناسایی پل های کارا و ناکارا ، علت کارایی و ناکاریی پل ها مشخص و چگونگی ارتقاء کارایی پل های ناکارا بر اساس الگوی پل های کارا تعیین و شاخص خرابی هدف که می توانند یک پل ناکارا را در آستانه کارایی قرار دهد را تعیین کرده ایم. بدیهی است عناصر موثر در محاسبه شاخص های خرابی سازه ای و بهره برداری مانند ، میزان فرسایش، میزان و گستردگی ترک ها و... می بایست از طریق انجام عملیات تعمیر و نگهداری می بایست بهبود پیدا نماید تا رسیدن به مقادیر هدف، کارایی پل تضمین شود. نهایتاً نتیجه گیری و پیشنهادات پژوهش ارائه گردید.

۲- مرور ادبیات موضوع

ارزیابی عملکرد

ارزیابی به عنوان یکی از عملکردها و وظایف مهم مدیریت نوین و حتی مدیریت کلاسیک مطرح بوده و زمانی برنامه ریزی و طراحی های انجام شده در مورد سازمان، مثمرثمر خواهد بود که بر مبنای یک نظام ارزیابی، سنجیده شده و نواقص آن رفع شود. امروزه یکی از بیماری های جدی مدیریت مخصوصا در کشورهای جهان سوم که به سمت صنعتی‌شدن و همچنین دنیای اطلاعاتی حرکت می-کنند عدم کنترل و ارزیابی برنامه‌ها، افراد و سازمان است. [5]

مسئله ارزیابی عملکرد سالیان زیادی است که محققان و کاربران را به چالش واداشته است. سازمان های تجاری در گذشته تنها از شاخص های مالی به عنوان ابزار ارزیابی عملکرد استفاده می کردند؛ تا اینکه کاپلن و نورتن اوایل دهه 1980 پس از بررسی و ارزیابی سیستم های حسابداری مدیریت، بسیاری از ناکارایی های این اطلاعات را برای ارزیابی عملکرد سازمان ها نمایان ساختند که این ناکارایی ناشی از افزایش پیچیدگی سازمان ها، پویایی محیط و رقابت بازار بود.[6]

روشهای ارزیابی عملکرد:

با توجه به روش آماری مورد استفاده نیز ارزیابی عملکرد را به دو دستهٔ پارامتری و ناپارامتری تقسیم بندی می کنند:

الف) روشهای پارامتری

- تابع تولید مرزی تصادفی
- تابع سود.

ب) روشهای ناپارامتری

- روش وصل نقاط حدی
- روش تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی داده ها DEA

این روش برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیری که وظایف یکسانی انجام می دهند، به کار می رود. زمانی که به علت فعالیتها عوامل محیطی متفاوت، داده و ستاده‌های متعددی وجود داشته باشد، دیگر مقیاس معمول کارایی یعنی ستاده تقسیم بر داده مناسب نیست. این تکنیک یک روش مبتنی بر تجربه می باشد که نیازی به مفروضات و محدودیتهای سنتی سنجش کارایی ندارد. از زمان معرفی، این روش به طور گسترده در تمام سازمانها اعم از انتفاعی و غیرانتفاعی و... استفاده شده است. اگر یک واحد تصمیم گیری تنها دارای یک نهاده و یک ستاده باشد، کارایی این واحدها از طریق تقسیم ستاده به نهاده به دست می آید. در حالتی هم که نهاده و ستاده های چندگانه وجود داشته باشد، در صورت وجود قیمت (ارزش) هر یک از نهادها و ستاده‌ها می‌توان از طریق تقسیم مجموع وزنی ستاده‌ها به مجموع وزنی نهاده‌ها، کارایی را مشخص کرد. چارنز و کوپر و رودز در ساخت مدل تحلیل پوششی داده‌ها به یک رابطه تجربی در ارتباط با تعداد واحدهای مورد ارزیابی و تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورت زیر رسیده اند:

(تعداد خروجیها + تعداد ورودیها)۳ ≥ تعداد واحدهای مورد ارزیابی

عدم به کارگیری رابطه فوق در عمل موجب می شود که تعداد زیادی از واحدها روی مرز کارا قرار گرفته و به عبارت دیگر دارای امتیاز کارایی یک گردند، بنابراین قدرت تفکیک مدل به این ترتیب کاهش می‌یابد. [2]

در حالت کلی کارآیی یک واحد سازمانی حاصل نسبت ستانده به نهاده آن واحد است. اگر یک واحد سازمانی بتواند با نهاده های ثابت، ستانده های بیشتر با نهاده های کمتر، ستانده های ثابت و یا نهاده های کمتر، ستانده های بیشتری را تولید کند آن واحد سازمانی از کارآیی بالاتری برخوردار خواهد بود.[7]

دومشخصه اساسی برای الگوDEA :

استفاده ازتحلیل پوششی داده ها برای نسبی واحد ها نیازمند تعین دو مشخصه اساسی ،ماهیت الگو و بازده به مقیاس الگو می باشد [3] :

۱)بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده

این مشخصه بیانگر پیوند بین تغییرات ورودی ها و خروجی های یک سیستم می باشد.

الف)بازده به مقیاس ثابت: بازده به مقیاس ثابت یعنی هر مضربی از ورودی ها همان مضرب از خروجی ها را تولید می کند .الگوی CCR [۳] بازده به مقیاس واحد ها را ثابت فرض می کند .

ب) بازده به مقیاس متغیرVRS[۴]:بازده به مقیاس متغیر یعنی هر مضربی از ورودی ها می تواند همان مضرب از خروجی ها یا کمتر ویا بیشتر از آن را تولید می کند.

ج)الگوی BCC[۵] بازده به مقیاس واحد ها را متغیر فرض می کند.

۲) ماهیت الگوی مورد استفاده

الف) ماهیت ورودی :در صورتیکه در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح خروجی ها، سعی در حداقل سازی ورودی ها داشته باشیم ماهیت الگوی مورد استفاده ورودی است.

[3] Charnes, Cooper, and Rhodes
[4] variable returns of scale
[5] Banker, Chames and Cooper

ب)ماهیت خروجی : در صورتیکه در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح ورودی ها، سعی در افزایش سطح خروجی ها داشته باشیم ماهیت الگوی مورد استفاده خروجی است.

مدلهای پایه ای CCR تحلیل پوششی داده‌ها:

اولین مدل تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس حروف اول نام واضعان آنها CCR نام گرفت. در این مدل، هدف اندازه‌گیری و مقایسه کارایی نسبی واحدهای سازمانی مانند مدارس، بیمارستانها، بانک و شهرداریها با چندین ورودی و چندین خروجی شبیه به هم است. یکی از ویژگی‌های مدل "تحلیل پوششی داده‌ها" ساختار بازده به مقیاس آن است. بازده به مقیاس می‌تواند "ثابت" یا "متغیر" باشد، بدان معنا که افزایش ورودی به افزایش خروجی به همان نسبت منجر می شود. در بازه متغیر، افزایش خروجی بیشتر یا کمتر از نسبت افزایش ورودی است. مدل CCR از جمله مدلهای بازده ثابت نسبت به مقیاس طراحی هستند. مدلهای بازده ثابت نسبت به مقیاس زمانی مناسب است که همه واحدها در مقیاس بهینه عمل کنند. در ارزیابی کارایی واحدها هرگاه فضا و شرایط رقابت ناقص، محدودیتهایی را در سرمایه‌گذاری تحمیل کند موجب عدم فعالیت واحد در مقیاس بهینه می شود.[2]

مدل نسبت CCR

فارل برای ساختن یک واحد مجازی در اندازه‌گیری نسبی واحدها، بر مجموع موزون واحدها متمرکز شد و کارایی فنی را طبق رابطه ۱ محاسبه کرد:

(۱)

$$\text{کارایی} = \frac{\text{مجموع وزنی خروجی‌ها}}{\text{مجموع موزون ورودی‌ها}}$$

در صورتی که هدف بررسی n واحد- هر واحد دارای m ورودی و s خروجی باشد، کارایی واحد jام (n،.....۳و۲و۱=j) با رابطه۲ محاسبه می گردد:

$$\text{کارایی واحد jام} = \frac{\sum_{r=1}^{t} u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij}}$$

(۲)

در مورد فوق دونکته (مشکل)،حائز اهمیت است:

۱-ارزش ورودی وخروجی می تواند متفاوت باشد.

۲-واحد ها به گونه ای عمل می کنند که جهت کسب کارایی بالاتر ،خروجی هایی که قیمت یا ارزش بیشتر دارد را ارائه می کنند،که این امر باعث اریب کارایی می شود (واحدهای مختلف به گونه ای عمل می کنند که خروجی هایی با ارزش های متفاوت ارائه کند).

آنچه در رابطه فوق از اهمیت خاصی برخوردار است آن است که این وسیله سنجش کارایی نیازمند مجموعه ای از وزن هاست که در تمامی واحدهای تحت بررسی استفاده می شود. واحدهایی که با بکارگیری میزان مشخصی از ورودی ها و خروجی هایی را که ارائه می کنند، واحدتصمیم گیرنده نامیده می شوند، زیرا این واحدها درخصوص نحوه استفاده از ورودی ها و نحوه پردازش آنها تصمیم گیری می کنند. نکته دیگر آنکه ارزش این ورودی ها و خروجی ها می تواند متفاوت و اندازه گیری آنها مشکل باشدهمچنین ممکن است

واحدهای مختلف به گونه ای عملیات خود را سازمان دهند که خروجیهایی با ارزشهای متفاوت ارائه کنند، بنابراین به وزنهای متفاوتی در اندازه گیری کارایی نیازمندند.چارنز و همکارانش این مشکل را شناسایی و برای حل آن در مدل خود به ورودی ها و خروجی ها وزن های مختلفی اختصاص دادند و واحدهایی را مطرح کردند که می توانند وزنهایی را در مقایسه با سایر واحدها که برای آنها متناسبتر و روشن کننده تر باشد بپذیرند. در این شرایط مدل ارائه شده از حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی بدست می آید که مدل نسبت CCR نامیده می-شود.بدین ترتیب که مدل ریاضی آن بصورت رابطه۳ خواهد بود:

$$MaxZ_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} UrYr_0}{\sum_{i=1}^{m} ViXi_0}$$

S.t

(۳)

$$\sum_{i=1}^{s} U_r Y_{rj} \quad - \leq 1$$

J=1, 2, 3, …, n

Ur, Vi≥0

در رابطه فوق اگر UY ها خیلی بزرگ و Vi ها خیلی کوچک باشد، مقدار نسبت ها می تواند بینهایت و یا نامحدود شود. برای جلوگیری از چنین مشکلی تمامی نسبت ها (کارایی واحدها) را کوچکتر یا مساوی یک در نظر می گیرند و به عنوان محدودیت وارد مدل می کنند. لازم به ذکر است که در محدودیتها به جای عدد یک هر عدد مثبت دلخواه دیگر مانند k را می توان قرار داد، در این صورت کارایی واحدها نسبت به سطح k سنجیده می شوند. [2]

بنکر، چارنز و کوپر مدل جدیدی را عرضه کردند که به مدل نهاده محور شهرت یافت. مدل بنکر، چارنز و کوپر مدلی از انواع مدل های تحلیلی پوششی داده ها است که در ارزیابی نسبی کارآیی واحدهایی با بازده نسبت به مقیاس ثابت کارآیی کمتری را در بر می گیرد و مقدار کارآیی نیز کمتر می گردد. علت این امر حالت خاص داشتن مدل "بازده ثابت نسبت به مقیاس" از مدل "بازده متغیر نسبت به مقیاس" می باشد.[8]

سیستم مدیریت پلهاBMS

هدف اصلی از مدیریت پل محافظت از سرمایه های کلان بکار گرفته شده در پل ها با کمترین هزینه اجرایی می باشد. برنامه ریزی اقتصادی منطبق با زمان و برنامه ریزی برای نگهداری پیشگیرانه و اصلاحی یا حتی جایگزینی پل با کمترین اثرات برای ترافیک، وابسته به بازرسی های سیستماتیک پل ها، ارزیابی تخصصی از اطلاعات و برنامه های مؤثر،مدیریت پل می باشد.[9]

BMS سیستمی است که برای بهینه سازی استفاده از منابع موجود جهت بازرسی، نگهداری، بازسازی و تعمیر و تعویض پل ها طراحی شده است. هدف از ایجاد BMS مجهز کردن ادارات نگهداری (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور) به وسیله ای است که آنها را قادر می سازد تا حداقل دو مورد ذیل را در مقاطع مختلف زمانی مشخص کنند.[10]

الف - وضعیت کلی هر پل در شبکه راهها

ب- وضعیت هر جزء مشخص از یک پل

علاوه بر دو مورد اصولی فوق الذکر (ارزیابی وضعیت یک پل یا گروهی از پل ها)، یک BMS باید با استفاده از روش های تحلیلی و یا آماری در مورد زیر را نیز مشخص نماید.

ج - برنامه های نگهداری و بازسازی امکان پذیر

د- هزینه های مربوط به این برنامه ها

واضح است که نیل به اهداف فوق کار ساده ای نمی باشد. دو عاملی که ایجاد و توسعه BMS را پیچیده می سازد یکی بزرگی و پیچیدگی بانک اطلاعاتی است که وضعیت سازه ها را مشخص نموده و دیگری طبیعت متغیر سازه ها از نظر نوع سیستم طراحی و مصالح بکار گرفته شده می باشد. از اینرو بدون وجود یک سیستم مناسب مدیریت پل ها، در تصمیم گیری های مربوط به بازرسی و تعمیر و نگهداری پل ها حالت مدیریت بحرانی حاصل می شود و تخصیص بودجه ها براساس وضعیت هر پل بدون در نظر گرفتن مجموعه پل های یک شبکه و تأثیر آن در شبکه مزبور انجام می گیرد.

مدول های BMS

BMS می تواند بطور ساده ای با روتین های خاص و نیازهای ویژه یک سازمان خاص در هر کشوری تطابق داده شود زیراBMS یک سیستم مدولار می باشد که دارای انعطا فپذیری بالا و درحد اطمینان است.

بطور کلی سیستم مدیریت پل شامل ۹ مدول زیر می باشد.[11]

-ثبت فرمهای اطلاعاتی (شناسنامه فنی پلها)

-بازرسی اولیه (سطحی)

-بازرسی اصلی و ارزیابی شرایط

-بازرسی ویژه

-ظرفیت باربری و ارزیابی وسائل نقلیه

-آماده سازی استراتژی نگهداری

-اولویت بندی پروژه ها از دیدگاه فنی و اقتصادی

-بودجه بندی کارهای نگهداری

- مدیریت حمل و نقل بارهای ترافیکی سنگین و فوق سنگین

روش سیستم مدیریت پل مورد استفاده در ایران:

نسخه بومی مدیریت پلهای جاده ای کشور که از سال ۱۳۹۷ در دستور کار سازمان راهداری و حمل و جاده ای کشور قرار گرفته است در دو مرحله تکمیل فرم اطلاعات پل و بارگذاری در نرم افزار تحت وب که اجرایی شده ودر مرحله دوم ثبت اطلاعات آسیبها و وضعیت خرابی پل و بارگذاری اطلاعات و تصاویر در سامانه یاد شده می باشد. در نهایت جهت اولویت بندی پلها بر مبنای روش امتیاز بندی (وزن داده نشده)، نمره شاخص آسیب‌دیدگی سازه‌ای کل پل،شاخص آسیب‌دیدگی بهره‌برداری کل پل و رتبه‌بندی وضعیت کلی پل تعیین می شود. مدلهای بکار رفته در این نسخه به شرح ذیل است:(شکل۱)

الف-مدل شناسنامه

۱- داده های اداری :سازمان (۳ عنوان)

۲- داد ه های فنی :داده های هندسی ،مختصات جهانی، دهانه ها ،طراحی (۱۴ عنوان)

ب-مدول بازرسی عمومی :بازدید عمومی ،گزارش خرابی های (۱ عنوان)

ج-مدول بازرسی اصلی:انجام بازرسی اصلی، انجام دید کلی، ثبت خرابی ها، لیست کنترل مسئول، ارزیابی اعضا و تهیه گزارش(نمره شاخص آسیب‌دیدگی سازه‌ای کل پل،شاخص آسیب‌دیدگی بهره‌برداری کل پل و رتبه‌بندی وضعیت کلی پل)

فرم بازرسی و شناسنامه فنی پل

تاریخ تکمیل فرم: روز: ماه: سال:

عکس		اطلاعات شناسنامه ای پل			
عکس هوایی (ماهواره‌ای)	نمای طولی از بغل		۸- کد مسیر		۱- اداره کل استان
			۹- کد پل		۲- نام حوزه شهرستان
			۱۰- سال ساخت		۳- محور (مبداء- مقصد)
			۱۱- GPS-X		۴- مبدأ کیلومترگذاری
			۱۲- GPS-Y		۵- کیلومتراژ
			۱۳- سیستم سازه‌ای پل		۶- نام محلی پل
			۱۴- نوع عارضه متقاطع		۷- جهت مسیر

		اطلاعات هندسی پل			
متقاطع (نمای پایه‌ها و زیر ع	نمای سواره رو از بالا		۲۰- نوع مصالح پل		۱۵- تعداد دهانه ها
			۲۱- ارتفاع آزاد (m)		۱۶- طول بزرگترین دهانه (m)
			۲۲- نوع محور		۱۷- عرض کل پل (m)
			۲۳- مسیر جایگزین (کنارگذر)		۱۸- طول کل پل (m)
					۱۹- تعداد خطوط ترافیکی

اطلاعات اعضاء آسیب‌دیده

توضیحات	شماره عکس	شاخص آسیب	شدت آسیب	نوع آسیب	نوع مصالح	نام عضو	کد آسیب	کد عضو	ردیف
									۱
									۲
									۳۰

شاخص آسیب‌دیدگی سازه‌ای کل پل

شاخص آسیب‌دیدگی بهره‌برداری کل پل

رتبه‌بندی وضعیت کلی پل

شکل ۱: فرم ورود اطلاعات

در این مدل بر اساس اطلاعات جمع آوری شده ناشی از روش مشاهده عینی، دو شاخص سازه ای پل ها و شاخص بهره برداری پل ها تعیین شده است. برای محاسبه این شاخص ها، لیست خرابی های پل مشخص و برای هر یک ضریبی تعیین گردیده است. شاخص سازه ای و بهره برداری، جمع مقادیر تمامی اعضای یک پل حاصل ضرب ضریب عضو پل در ضرایب نوع خرابی ، میزان خرابی، طول و ارتفاع پل، نوع راه و نوع عارضه متقاطع می باشد. برای خرابی زهکشی،رویه،حفاظ ، نرده ، پیاده رو و قرنیز شاخص بهره برداری محاسبه می شود در سایراعضای پل شاخص سازه ای محاسبه می شود.

پژوهش های انجام شده مشابه در حوزه DEA

در این بخش به بررسی پژوهش های انجام یافته در زمینه تعیین کارایی پروژه های مرتبط با زیرساختهای حمل و نقل می پردازیم. خلاصه این پژوهشها در جدول۱ قابل مشاهده است.

۱-ژانگ و همکاران در این مطالعه امکان سنجی، تحلیل پوششی داده ها (DEA) را برای اندازه گیری کارایی برنامه های جایگزینی پل های بین ایالتی ادارات بزرگراه دولتی در ایالات متحده بررسی کرده است. مطالعه حاضر یک متغیر متغیر ورودی محور اصلاح شده را به مدل مقیاس توسعه داده است که متغیرهای کنترل نشده را غیرقابل کنترل می کند. دو متغیر انتخاب شده به عنوان خروجی عبارتند از: الف) تغییر موضعی خرابی های سازه ای پل و (ب) تغییر موضعی خرابی های عملکردی پل ها بین دو سال متوالی. شش متغیر انتخاب شده به عنوان ورودی ها (الف) هزینه های مربوط به تعویض و احیای پل بین ایالتی ، ب) میانگین تردد روزانه در پل های بین شهری ، (ج) نسبت میزان سفر وسایل نقلیه کامیون بین شهر به کل تردد ، (د) سن متوسط پل های بین ایالتی ، (ه) بارش سالانه و چرخه یخ زدگی سالانه برای هر ایالت [۱۲]

۲-ازبک و همکاران دراین مقاله چارچوبی با استفاده از DEA را برای سنجش کارایی کلی عملیات نگهداری جاده ها در حالی که با توجه به اثرات عوامل محیطی و عملیاتی را ارائه می دهند. این پژوهش، بدنبال شناسایی کارایی نسبی هفت بخش ایالت ویرجینیا در انجام تعمیر و نگهداری پل، معیارهای بخش های مجاور و اهداف مربوط به مناطق ناکارآمد و تأثیر عوامل محیطی و عملیاتی بر بازده نگهداری جاده ای شهرستانها می باشد. [۱۳]

۳-واکوور و همکاران در این مقاله، از تحلیل پوششی داده ها (DEA) برای به دست آوردن کارایی ۱۴ پل منتخب استفاده کرده اند. بسته به در دسترس بودن داده ها ، این روش می تواند علاوه بر شاخص سلامت سلامت پل ، عوامل دیگری را نیز در نظر بگیرد که بر تصمیم گیری های مربوط به برنامه ریزی تعمیر و نگهداری تأثیر می گذارد. متغیرهای انتخاب شده برای DEA عبارتند از: شاخص سلامت پل ، سطح عرشه پل ، هزینه نگهداری پل و سن پل. [۱۴]

۴-کیانگ لی و همکاران در این مقاله از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) استفاده کرده اند تا کارایی سناریوهای مختلف سرمایه گذاری بزرگراهها را با استفاده از داده های موجود یا داده هایی که به راحتی از طریق مدل های موجود در دسترس هستند ، محک بزنند. سه نوع دارایی پیاده روها ، پل ها و علائم راهنمایی و رانندگی مورد بررسی قرار گرفته است. ورودی هایی چون حفظ سرمایه گذاری های موجود، ایمنی ، خرابی روسازی و هزینه های کاربران در مقابل خروجی بودجه مورد نیاز برای واحد های گزینه های مختلف سرمایه گذاری قرار داده شده است . [۱۵]

۵-داداشی و میربها در این مقاله یک رویکرد رتبه بندی مبتنی بر ادغام تحلیل پوششی داده ها و شبیه سازی مونت کارلو برای پروژه های راهداری ارائه داده اند. شبیه سازی مونت کارلو برای تولید مقادیر تصادفی برای ایجاد برخی مقادیر ورودی و خروجی و بخش عمده ای از داده ها از نتایج مطالعه میدانی برای مدل DEA استفاده شده است. نتایج عددی مشخص کرد که نتایج DEA نسبت به عدم اطمینان داده بسیار حساس است و عدم اطمینان می تواند تأثیر زیادی در رتبه بندی نتایج پروژه های بهبود ایمنی جاده داشته باشد، به ویژه هنگامی که داده های ورودی و خروجی هر دو نامشخص باشند. [۱۶]

۶-فانسلو و همکاران در این مقاله یک روش پشتیبانی تصمیم گیری مبتنی بر DEA برای کمک به متخصصان مدیریت ایمنی راههای شهری در جهت شناسایی جاده هایی که بیشترین نیاز به ارتقا ایمنی دارند، پیشنهاد داده اند. هزینه اجتماعی تصادفات به عنوان تنها شاخص خروجی استفاده می شود در حالی که میانگین تعداد نقاط درگیری در تقاطع ها و جریان ترافیک به عنوان ورودی استفاده می شود. [۱۷]

۷-تیاگو بوستوس و همکاران در این مطالعه، پژوهشی را در مورد دو شاخص اصلی سوانح در برزیل ارائه می دهند: میزان مرگ و میر (نشان داده شده توسط سرانه ها) و میزان مرگ و میر (نشان داده شده توسط دو زیر شاخص، به عنوان مثال ، تلفات در هر کشور در هر کیلومتر مسافر وسیله نقلیه و تلفات). این شاخص ها از طریق یک مدل شاخص ترکیبی تحلیل پوششی داده های چند لایه (DEA) به یک شاخص یا شاخص مرکب تجمع می یابند ، که به دنبال ترکیب بهینه وزن شاخص ها برای هر واحد تصمیم گیری یعنی ابالات برزیل است . [۱۸]

۸- ستولزر و همکاران در پژوهش بدنبال تدوین مدلی برای سنجش و آزمایش اثربخشی پیام کوتاه سیستم های مدیریت ایمنی (پیامکی) از طریق مدلهای تحلیل پوششی داده (DEA) می باشند. [۱۹]

۹-ترینددا و همکاران در این مقاله یک مدل برای ارزیابی کارآیی مدیریت پروژه توسط یک شرکت پرتغالی مسئول توزیع برق ارائه کرده اند. اهداف اصلی این مدل، کمک به شرکت در سه زمینه است: ارزیابی کارآیی بیست و پنج حوزه عملیاتی در حال توسعه پروژه های کنترل از راه دور شبکه توزیع، شفاف سازی بیشتر مزایای یک روش مدیریت پروژه یکپارچه. [۲۰]

۱۰-ترزا در گزارش نهایی پژوهش خود برای بهینه سازی استراتژی سرمایه گذاری برای نگهداری زیرساخت های حمل و نقل از روش تحلیل پوششی داده ها استفاده کرده است. در این مدل هزینه های نگهداری پل، میانگین ترافیک روزانه، مساحت کل پل و شاخص شدت زمستان به عنوان ورودی ها و رتبه رضایتمندی به عنوان خروجی استفاده شده است. [۲۱]

جدول۱: خلاصه مطالعات انجام یافته در زمینه تعیین کارایی با استفاده از DEA

ردیف	نویسندگان	زمینه مورد ارزیابی کارایی	روشDEA
1	ژانگ و و همکاران	اندازه گیری کارایی برنامه های جایگزینی پل های بین ایالتی آمریکا	CCR ورودی محور
2	ازبک و همکاران	سنجش کارایی کلی عملیات نگهداری جاده ها	CCR خروجی محور
3	واکوور و همکاران	به دست آوردن کارایی ۱۴ پل	CCR خروجی محور
4	کیانگ لی و همکاران	ارزیابی کارایی سناریوهای مختلف سرمایه گذاری بزرگراهها	VRSورودی محور
5	داداشی و میربها	رتبه بندی مبتنی بر ادغام تحلیل پوششی داده ها و شبیه سازی مونت کارلو برای پروژه های راهداری	CCR ورودی محور
6	فانسلو و همکاران	شناسایی جاده هایی که بیشترین نیاز به ارتقا ایمنی دارند	CCR&BBC خروجی محور
7	تیاگو بوستوس و همکاران	تعیین کارایی ایالات برزیل بر اساس شاخص سوانح رانندگی	CCR ورودی محور
8	ستولزر و همکاران	تدوین مدلی برای سنجش و آزمایش اثربخشی پیام کوتاه سیستم های مدیریت ایمنی	VRSورودی محور
9	ترینددا و همکاران	رزیابی کارآیی مدیریت پروژه توسط یک شرکت	CCR ورودی محور
10	ترزا	بهینه سازی استراتژی سرمایه گذاری برای نگهداری زیرساخت های حمل و نقل	CCR خروجی محور

۳- روش تحقیق

اهداف تحقیق

- هدف اصلی
- تعیین کارایی پلهای بتنی جاده ای با استفاده از روش تحلیلی پوششی داده ها (DEA) بر اساس عناصر مخرب تاثیر گذار
- اهداف فرعی
- شناسایی پلهای الگو و مرجع برای پلهای ناکارا
- شناسایی علل کارآمدی پلهای کارآمد
- شناسایی علل ناکارآمدی پلهای ناکارآمد

جامعه آماری:

جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه پلهای بتنی جاده ای با طول بیشتر از ۵ متر در نحورهای اصلی استان زنجان شامل ۳۸۴ پل می باشد.

روش گردآوری اطلاعات

در پژوهش حاضر با توجه به نوع، هدف و موضوع مورد مطالعه و خصوصیات جامعه آماری برای گردآوری اطلاعات از پایگاه های داده و بانک های اطلاعاتی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای استان و سالنامه آماری سازمان هواشناسی برای سال ۱۳۹۸ استفاده شده است.

ورودی ها و خروجی های مدل:

همانطور که بر بخش های قبلی اشاره گردید ، سنجش میزان خرابی پلها بر اساس مدل ایرانی مورد استفاده، شاخص های خرابی سازه ای و بهره برداری می باشد که بر اساس مشاهدات چشمی بازرسان و انجام محاسبات، بدست آمده و در حقیقت ستاده های مدل می باشد. در انتخاب نهاده ها یا ورودی های مدل، از نتیجه یافته های سایر پژوهشگران مانند ژانگ، ازبک و واکوور در زمینه عوامل موثر در خرابی پلهای بتنی استفاده شده است. طبیعتا از میان گستره بسیار عوامل، عواملی که امکان مهیا سازی و تصدیق داده ها در جامعه آماری وجود داشت، استفاده شده است.

بر این اساس، سه گروه داده می تواند در تعیین کارایی پل ها بر اساس ستاده شاخص خرابی سازه ای و بهره برداری مورد استفاده قرار گیرد. این سه گروه شامل گروه عوامل جوی و اقلیمی مانند تعداد روز های بارش باران و برف و میزان، تعداد روزهای یخبندان، میانگین اختلاف در روز، شدت، میزای اسیدیته باران و برف، غلظت نمک مورد استفاده در عملیات برف روبی و یخزدایی، گروه عوامل ترافیکی مانند میزان تردد، میزان تردد خودروهای سنگین، میزان تناژ عبوری از پل، سرعت عبوریاز روی پل، تعداد سوانح برخورد خودرو به عرشه و پایه های پل و عوامل تعمیر و نگهداری مانند دوره ها و نوع تعمیر مقطعی و اساسی، هزینه های تعمیر و نگهداری. از آنجا که متاسفانه بانک اطلاعاتی در خصوص سوانح به وقوع پیوسته بر روی پلها و سوابق تعمیر و نگه داری و هزینه های مربوطه در ادارات راهداری و حمل و نقل جاده ای استان موجود نبود لذا داده های موجود در سامانه ثبت وقایع جاده ای استان(مرکز مدیریت راه های استان)، سامانه تردد شمار های هوشمند جاده ای و سامانه های هواشناسی منصوبه در منطقه قرار گیری پلها استخراج و پس از صحت سنجی و اصلاح به عنوان داده های مدل مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه به ورودی ها و خروجی های(داده ها و ستاده ها) مورد استفاده در مدل می پردازیم.

۱-اطلاعات هواشناسی و اقلیمی

I1ورودی۱-تعداد دفعات برف محوری (تعداد دفعاتی که بر اساس گزارشات مرکز مدیریت راهها،در طول سال بر روی مقطع محور یاد شده بارش برف وجود داشته است.)

I2-مرودی۲-تعداد دفعات باران محوری (تعداد دفعاتی که بر اساس گزارشات مرکز مدیریت راهها،در طول سال بر روی مقطع محور یاد شده بارش باران وجود داشته است.)

I3-ورودی ۳-میزان بارش (ml) (مجموع بارش باران و برف بر اساس گزارشات مرکز مدیریت راهها،در طول سال بر روی مقطع محور یاد شده)

I4-ورودی۴-تعداد روزهای یخبندان (تعداد روز های یخبندان در منطقه قرار گیری پل بر اساس گزارشات ایستگاه های هواشناسی نزدیک پل)

I5-ورودی۵-تعداد روز های بارش برف (تعداد روز های بارش برف در منطقه قرار گیری پل بر اساس گزارشات ایستگاه های هواشناسی نزدیک پل)

I6-ورودی۶-میانگین بارش (ml) (میانگین بارش باران و برف در منطقه قرار گیری پل بر اساس گزارشات ایستگاه های هواشناسی نزدیک پل)

I6-ورودی۷-میانگین اختلاف دما (میانگین اختلاف دما در روز و شب در منطقه قرار گیری پل بر اساس گزارشات ایستگاه های هواشناسی نزدیک پل)

۲-اطلاعات ترافیکی

I8-ورودی ۸-متوسط تردد روزانه(ADT) (متوسط تردد روزانه رفت و برگشت محور بر اساس اطلاعات دستگاه های تردد شمار نصب شده در محور)

I9 –ورودی۹-درصد وسیله نقلیه سنگین (درصد میزان تردد ناوگان سنگین شامل کامیون، تریلی و اتوبوس نسبت به تردد کل وسایل نقلیه در محور بر اساس اطلاعات دستگاه های تردد شمار نصب شده در محور)

I10-ورودی ۱۰-سرعت متوسط (km/h) (متوسط سرعت تردد وسایط نقلیه متردد در محور بر اساس اطلاعات دستگاه های تردد شمار نصب شده در محور)

خروجی های مدل:

O1-شاخص خرابی سازه ای پل (بر اساس وضعیت خرابی هر یک از عناصر پل واعمال ضرایب تاثیر عضو و میزان خرابی)

O2-شاخص خرابی بهره برداری پل (بر اساس وضعیت خرابی برخی از عناصر پل که مربوط به بهربرداری از پلها می باشند واعمال ضرایب تاثیر عضو و میزان خرابی)

۴-نتایج

تجزیه و تحلیل داده ها

در مدل‌های DEA، راهکار بهبود واحدهای ناکارا، رسیدن به مرز کارایی است. مرز کارایی، متشکل از واحدهایی با اندازهٔ کارایی ۱ است. به طور کلی، دو نوع راهکار برای بهبود واحدهای غیرکارا و رسیدن آنها به مرز کارایی وجود دارد: [۳]

الف – کاهش نهاده‌ها بدون کاهش ستاده‌ها تا زمان رسیدن به واحدی بر روی مرزکارایی (این نگرش را ماهیت نهاده‌ای بهبود عملکرد یا سنجش کارایی با ماهیت ورودی ـ محور می‌نامند).

ب- افزایش ستاده‌ها تا زمان رسیدن به واحدی بر روی مرز کارایی بدون جذب نهاده‌های بیشتر (این نگرش را ماهیت ستاده‌ای بهبود عملکرد یا سنجش کارایی با ماهیت خروجی ـ محور می‌نامند).

در این پژوهش برای سنجیدن کارایی پلهای، از مدل خروجی محور CCR استفاده شده چرا که بر اساس تعریف پل های دارای شاخص خرابی بالاتر تحت تاثیر عوامل مختلف که در اینجا نهاده ها است، در وضعیت بد تری قرار دارند. لذا برای اولویت بندی پلها بر اساس شاخص خرابی، پلهای با شاخص خرابی بیشتر بدون تغییر در نهاده ها مد نظر است. یعنی پلهای با کارایی ۱ در مقایسه با سایر پلهای مورد مقایسه به ازاء عوامل موثر مشخص ثابت، شاخص خرابی کمتری داشته اند. لازم به ذکر است مقادیر ستاده این مدل قبل از بارگذاری، معکوس شده است. .نرم افزار مورد استفاده نیز نرم افزار DEA Master بوده که به منظور محاسبه کارایی، اثر بخشی و بهره وری در عملکرد سازمانها بر اساس مدل تحلیل پوششی داده ها طراحی و پیاده سازی شده است. با استفاده از این سیستم امتیاز کارایی نسبی واحدها محاسبه شده و واحدهای کارا و ناکارا تعیین می گردد. همچنین واحدهای الگو برای هر واحد ناکارا معرفی شده و اهداف مطلوب در هر شاخص برای هر واحد ناکارا بدست می آید.

همانطور که گفته شد، نهاده ها(ورودی ها) از اطلاعات حاصل از فرم های ویژه جمع آوری اطلاعات پلهای جاده ای که توسط کارشناسان آموزش دیده تکمیل شده است و اطلاعات ترافیکی و هواشناسی محور های اصلی استان استخراج شده است. ستاده ها(خروجی

ها) نیز شاخص خرابی سازه ای و بهره برداری می باشد که با استفاده از مشاهده خرابی ها و ایرادهای پلهای موجود محاسبه شده است.(جدول۲) با توجه به تعداد زیاد پلها (۳۸۴عدد) در جدول ۳ نمونه ای از اطلاعات جمع آوری شده و محاسبه شده در قالب داده ها و ستاده ها قابل مشاهده است.

جدول ۲: نهاده ها و ستاده های پلهای بتنی جاده ای

ستاده ها		شرح		کد	شرح		کد
		شاخص خرابی سازه ای		O1	شاخص خرابی بهره برداری		O2
نهاده ها		شرح	کد	شرح	کد	شرح	کد
	هواشناسی	تعداد دفعات برف محوری	I1	تعداد دفعات باران محوری	I2	میزان بارش(ml)	I3
		تعداد روزهای یخبندان	I4	تعداد روز های بارش برف	I5	میانگین بارش (ml) I6	میانگین اختلاف دما I7
	ترافیکی	متوسط تردد روزانه(ADT)	I8	درصد وسیله نقلیه سنگین	I9	سرعت متوسط (km/h) I10	
کد محور (axis)		۱:آزادراه زنجان-قزوین ۲:آزادراه زنجان- تبریز ۴:ترانزیت زنجان- قزوین ۶:ترانزیت زنجان-تبریز ۱۰: زنجان -بیجار					

جدول ۳: نمونه ای از مقادیر نهاده ها و ستاده های پلهای بتنی جاده ای زنجان

code	axis	O1	O2	I1	I2	I3	I5	I6	I4	I7	I8	I9	I10
a1	1	114.19	0	19	18	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1
a10	1	42.12	1.08	16	16	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1
a100	1	34.54	0.11	15	19	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1
a101	1	85.75	1.3	18	15	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1
a102	1	9.36	0	15	19	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1
a103	1	34.56	0.26	16	16	392	91	30	1.07	12.4	15736	24.63	92.1
a104	1	34.56	0	18	15	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1
a105	1	29.38	1.3	16	16	392	91	30	1.07	12.4	15736	24.63	92.1
a106	1	5.67	0.11	16	16	392	91	30	1.07	12.4	15736	24.63	92.1
a107	1	57.78	0	15	19	385	116	43	1.06	14.8	15736	24.63	92.1

همانگونه که مشاهده می شود مقادیر ورودی و خروجی های فوق در مقیاس های مختلفی (تعداد، میلی متر، نسبت، درصدو ...) ارائه گردیده اندکه به جهت نرمال سازی، اعداد هرستون بر بزرگترین عدد همان ستون (ستون مربوط به هریک از ورودی‌ها و خروجی‌ها) تقسیم شده و در نهایت در ۱۰۰ ضرب گردیدند. از آنجا که ملاک کارایی یک پل در پایین بودن شاخص های خرابی سازه ای و بهره برداری پایین تر در ازاء شرایط آب و هوایی و ترافیکی بالاتر و برد تر است لذا مقدایر نرمال شده شاخص های خروجی این مدل(خرابی سازه ای و بهره برداری) معکوش شدند.

بررسی نتایج با مدل CCR

پس از تحلیل داده ها و ستاده ها در نرم افزار نتایج در جدول ۴ قابل مشاهده است. مشاهده می شود از ۳۸۴ دستگاه پل ۳۵ پل کارا (میزان کارایی ۱) و ۳۵۰ پل غیر کارا می باشند. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده میانگین کارایی در این حالت ۰,۹۸ برآورد شد. همانطور که از جدول شماره۴مشاهده می شود در بین پلهای مورد بررسی پل شماره ۱۱۸ با کد ۱۴۸ در محور با کد ۲(آزاد راه زنجان-تبریز) کیلومتراژ۸ از لحاظ تعداد دفعات مرجع شدن در سبد مجموعه مرجع با ۱۰۴ بار در صدر قرار دارد لذا می تواند بر مبنای روش

شمارشی به عنوان کاراترین پل مد نظر قرار بگیرد. اما به طور کلی چند روش برای رتبه بندی واحد های کاملاً کارا وجود دارد که روش شمارشی و وزنی از جمله آنها می باشند. در روش شمارشی، همانطور که اشاره شد تعداد دفعاتی که بنگاه کارا در ساختن مجموعه مرجع دخیل بوده است، مد نظر قرار می گیرد. بنابراین هر بنگاهی که تعداد دفعات بیشتری در ساختن مجموعه مرجع شرکت داشته باشد. به نسبت به سایربنگاه ها از رتبه بالاتری برخوردار است .

جدول٤: بررسی وضعیت کارایی بازدهی ثابت به مقیاس، ستاده محور یا خروجی محور

رتبه بر اساس تعداد مرجه شدن	تعداد مرجع شدن	نوع کارایی	میزان کارایی	نام واحد DUM	کد محور	کیلومتراژ	کد پل
1	104	کارایی قوی	1	118	۲	۸	۱۴۸
2	85	کارایی قوی	1	122	۲	۴۴	۱۵۲
3	83	کارایی قوی	1	141	۲	۱۷	۱۸۷
4	81	کارایی قوی	1	55	۱	۲۱	۶۱
5	79	کارایی قوی	1	204	۴	۱۰	۴۳۲
6	59	کارایی قوی	1	278	۶	۵۲	۵۱۴
7	27	کارایی قوی	1	327	۶	۶۰	۵۸۰
8	26	کارایی قوی	1	188	۲	۷۴	۲۴۳
9	21	کارایی قوی	1	234	۴	۱۲	۴۶۴
10	20	کارایی قوی	1	309	۶	۵۳	۵۵۶
11	18	کارایی قوی	1	5	۱	۸۸	۵
12	18	کارایی قوی	1	121	۲	۲۴	۱۵۱
13	18	کارایی قوی	1	145	۲	۳۵	۱۹۱
14	17	کارایی قوی	1	114	۱	۷۵	۱۴۴
15	16	کارایی قوی	1	183	۲	۶۹	۲۳۴
16	15	کارایی قوی	1	131	۲	۲۲	۱۶۶
17	14	کارایی قوی	1	167	۲	۶۰	۲۱۹
18	12	کارایی قوی	1	163	۲	۱۱	۲۱۵
19	12	کارایی قوی	1	189	۲	۷۸	۲۴۴
20	12	کارایی قوی	1	348	۱۰	۴	۷۷۱
21	11	کارایی قوی	1	265	۴	۶۹	۴۹۷
22	7	کارایی قوی	1	37	۱	۱۸	۴۱
23	7	کارایی قوی	1	208	۴	۹۹	۴۳۶
24	6	کارایی قوی	1	28	۱	۷۹	۳۲
25	5	کارایی قوی	1	26	۱	۴	۳۰
26	4	کارایی قوی	1	25	۱	۱۰۳	۲۹
27	4	کارایی قوی	1	187	۲	۷۳	۲۴۲
28	4	کارایی قوی	1	276	۶	۱۹	۵۱۱
29	4	کارایی قوی	1	342	۶	۱۳	۶۰۶
30	3	کارایی قوی	1	116	۱	۷۶	۱۴۶
31	2	کارایی قوی	1	2	۱	۲۴	۲
32	2	کارایی قوی	1	18	۱	۷۸	۲۱

33	2	کارایی قوی	1	322	۶	۹	۵۷۳
34	1	کارایی قوی	1	115	۱	۷۶	۱۴۵
35	1	کارایی قوی	1	343	۶	۴	۶۱۰

مجموعه مرجع

در روش DEA برای هریک بنگاه غیر کارا، یک ترکیبی از دو یا چند پل به عنوان مرجع یا الگو معرفی می گردند به گونه ای که واحد های ناکارا برای رسیدن به کارایی می توانند آنها را به عنوان الگو خود قرار دهند. در واقع چنانچه یک بنگاه ناکارا بتواند با استفاده از وزن های ارایه شده در میزان استفاده از نهاده های خود تجدید نظر کند بر روی مرز کارایی قرار خواهد گرفت. همچنین زمانی که بنگاهی کارا باشد مجموعه مرجع آن، خود بنگاه می باشد.[12] در جدول ۵، مجموعه مرجع تعدادی از بنگاه های ناکارا و سهم هریک از بنگاههای کارا در تشکیل بنگاه الگو (مرجع)برای بنگاه ناکارا ارائه شده است.

در جدول ۵، پل های مرجع(با کارایی۱) برای پل های ناکار قابل مشاهده می باشد. بعنوان مثال برای پل با واحد۵۰(با کد پل ۵۵ در آزاد راه زنجان- قزوین کیلومتراژ۱)، پل با واحد ۵(کد پل۵ در آزاد راه زنجان –قزوین کیلومتراژ۸۸) به عنوان مرجع انتخاب شده اند. یعنی برای بالابردن کیفیت و کارایی این پل، می توان معیارهای شاخص های خرابی سازه ای و بهره بردای را مقایسه سازی کرد.

جدول ۵: مرجع واحدها برای پل های ناکارا (بخشی از پلها)

واحد	کد پل	کیلومتراژ	کد محور	میزان کارایی	نوع کارایی	peer1	peer2	peer3	peer4	peer5
DMU 50	۵۵	۱	۱	0.651	ناکارا	5	-	-	-	-
DMU 180	۲۳۴	۶۴	۲	0.851	ناکارا	5	-	-	-	-
DMU 202	۴۳۰	۸۱	۴	0.866	ناکارا	118	131	208	-	-
DMU 273	۵۰۸	۷۷	۴	0.88	ناکارا	118	131	163	309	-
DMU 99	۱۱۰	۱۴	۱	0.888	ناکارا	5	118	309	-	-
DMU 17	۲۰	۱۶	۱	0.89	ناکارا	118	131	163	309	-
DMU 49	۵۴	۱	۱	0.891	ناکارا	118	131	163	309	-

بررسی علل کارآمدی پلهای کارآمد و ناکارآمدی پلهای ناکارآمد

برای هر یک از بنگاههای ناکارا در روش DEA یک یا چند واحد به عنوان الگو یا مرجع معرفی می شود که واحد ناکارا می تواند با الگو قرار دادن واحد یا واحدهای کارای مذبور در استفاده از نهاده های خود تجدیدنظر کند و به مرز کارایی بهینه دست پیدا کند. [۲۲] به جهت بررسی علل کار آمدی و ناکارآمدی پلهای، ابتدا نقطه بهبود یا هدف برای هریک از متغیرهای ورودی به جهت ورودی محور بودن پژوهش، محاسبه و در قالب جدول ۶ ارائه گردید. با توجه به اینکه مدل پژوهش حاضر مدل CCR خروجی محور بوده بنابراین مقدار ورودی ها که از جنس داده های هواشناسی و ترافیکی می باشند، ثابت و مقدار خروجی ها که از جنس شاخص خرابی سازه ای و بهره برداری می باشند، محاسبه گردیده اند(متغیر می باشند). همانطور که مشاهده می شود در واحدهای کارا مقادیر محاسبه شده و هدف در خروجی با هم برابرند بدین معنی که واحدهای کارا توانسته اند به مقدار که در نظر داشته اند دست یابند. اما برعکس واحدهای ناکارا نتوانسته اند به اهداف تعیین شده و نقطه بهینه در متغیر مورد بررسی دست یابند.

به عنوان مثال برای بهبود کارایی و کیفیت پل ناکارای شماره ۱(پل کد ۱در آزاد راه زنجان –قزوین کیلومتراژ ۳۴) مقادیر هدف شاخص خرابی سازه ای برای رسیدن به کارایی محقق نشده است از این رو باید برای رسیدن به نقطه بهینه و مرز کارایی مطلوب، شاخص خرابی سازه ای(ستون های واقعی) می بایست از ۱۱۴,۱۹ به ۸۹,۸۶ کاهش یابد. به بیان واظهتر ، برای اینکه پل شماره ۱ کارا گردد می

بایست عملیات تعمیر و نگهداری چنان برای این پل انجام گردد که پی از محاسبه مجدد شاخص های خرابی پل، شاخص خرابی جدید به رقم ۸۹,۸۶ برسد.

جدول ٦: مقادیر محقق شده و مقادیر هدف متغیرهای ورودی استانها

احد DMU	خروجی ۱						خروجی ۲					
	اصلی			هدف			اصلی			هدف		
	محاسبه شده	معکوس شده	واقعی	محاسبه شده	معکوس شده	واقعی	محاسبه شده	معکوس شده	واقعی	محاسبه شده	معکوس شده	واقعی
1	59.21	40.79	114.19	67.9	32.1	89.86	100	0	0	100	0	0
2	95.27	4.73	13.24	95.27	4.73	13.24	79.08	20.92	2.73	79.08	20.92	2.73
3	87.36	12.64	35.38	88.45	11.55	32.33	91.95	8.05	1.05	93.097	6.903	0.9
4	0	100	279.94	67.9	32.1	89.86	100	0	0	100	0	0
5	67.9	32.1	89.86	67.9	32.1	89.86	100	0	0	100	0	0
6	65.19	34.81	97.45	68.124	31.876	89.23	95.25	4.75	0.62	99.536	0.464	0.06
7	93.95	6.05	16.94	93.95	6.05	16.94	89.73	10.27	1.34	95.85	4.15	0.54
8	56.87	43.13	120.74	67.9	32.1	89.86	100	0	0	100	0	0
9	84.95	15.05	42.13	88.319	11.681	32.7	91.72	8.28	1.08	95.357	4.643	0.61
10	94.17	5.83	16.32	94.29	5.71	15.98	45.21	54.79	7.15	95.56	4.44	0.58

۵-نتیجه گیری:

در این پژوهش ۳۸۴ پل بتنی جاده ای استان زنجان مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل و میزان کارایی هر یک از پل ها نشان می دهد از ۳۸۴ پل مورد بررسی ۳۵پل با امتیاز کارایی برابر یک و درصد کارایی ۱۰۰ بیشترین امتیاز کارایی را دارا بوده اند. مجموعه

مرجع پل های ناکارا و مقادیر هدف ستاده های مدل جهت رساندن پل های ناکارا تعیین گردید که بر اساس آن می توان برنامه تعمیر و نگهداری برای پلهای ناکارا تدوین کرد.

این برنامه باید دارای پتانسیل رساندن شاخص خرابی پلهای ناکارا در دوره ارزیابی آتی به مقادیر به هدف محاسبه شده باشد. از آنجا که نوع و میزان شدت و وسعت خرابی اعضای پلها در محاسبه شاخص خرابی موثر است، می توان برنامه تعمیر و نگه داری را چنان تنظیم نمود که اولاً پلهای با کارایی بسیار پایین در اولویت قرار گیرند و دوماً سطح اجرای برنامه تعمیرات چنان تنظیم گردد که از یک سو شاخص پل را در حد مورد نیاز ارتقا داده شده و از سویی دیگر اجازه بودجه بندی مناسب جهت اجرای برنامه تعمیر و نگهداری برای سایر پیهای ناکارا را بدهد.

پیشنهاداتی بر مبنای یافته های پژوهش

طبق نتایج حاصل از پژوهش، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور می تواند در جهت بهبود کارایی پلهای خود از طریق کاهش خروجی ها به میزان مقادیر اشاره شده در جدول ۴ از طریق اقدامات تعمیر و نگهداری مناسب جهت بهبود شاخص های خرابی سازه ای و بهره برداری اقدام کند. از این رو با در نظر گرفتن نتایج حاصل از انجام تحقیق و با توجه به اینکه پلهای ناکارا بایستی الگوبرداری از پلهای کارا و با استفادهٔ بهینه از منابع خود در جهت افزایش کارایی گام دارند، لذا توصیه های زیر در جهت بهبود کارآیی ارائه می گردد:

۱-در روش ارزیابی عملکرد با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها پل های تحت بررسی به دلیل مقایسه با یک سطح استاندارد از قبل تعیین شده ناکارا نمی شوند، بلکه ملاک وضعیت عملکردی سایر پل های مورد بررسی است. بنابراین نتایج بدست آمده می تواند راهنمای عمل خوبی برای مدیران پلها در راستای رسیدن به مرز کارایی باشد.

۲-با توجه به اینکه با تمرکز بر بهبود یک یا دو مولفه، سایر اوضاع نیز دچار تغییراتی می شوند، پیشنهاد می گردد به تشخیص خبرگان پس از چند ماه از اجرای بهبود، مجدداً وضع موجود ارزیابی شود و اولویت‌های جدید، بر اساس محاسبه کارایی جدید، تعیین شوند.

۳-سایر سازمانهای استانی متولی پلها می توانند با بهره‌گیری از نتایج تحقیق، نسبت به تعیین کارایی و رتبه بندی پلهای تحت نظارت خود بپردازند.

۴-سازمان های کشوری متولی تعمیر و نگه داری پلها مانند سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور می توانند کارایی استانهای تحت نظر خود را براساس این تکنیک و شاخص های کلان تعمیر و نگهداری پلها مورد سنجش قرار داده تا از یک سو عملکرد استانها احصاء و از سویی دیگر بودجه بندی اعتبارات تعمیر و نگهداری بر اساس رتبه بندی استانها ناشی از وسعت خرابی پلها و شدت تاثیر عوامل مختلف جوی و ترافیکی بر روی پلها منطقه باد. یعنی دیدگاه مدیریت کلان پلها نه بر اساس استان بلکه بر اساس شرایط سخت و زیان آوری باشد که پلها درگیر آنها می باشند.

مراجع

[1] Tangen, S. (2004), "Professional practice performance measurement: from philosophy to practice", International Journal of Productivity and performance Management, vol.53No.8,pp726-37
[2] Charnes, A., w.w. Cooper, and E. Rhodes, 1978, measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research 2, 429-444.
[3] Farrell, M.J. (1957), "The measurement of productive efficiency", Journal of the Royal Statistical Science Series A, General 120, pp.253-81
[4] Battese, G. E. & T. J. Coelli (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", Journal of Productivity Analysis, Vol. 3, PP. 153-169.
[5] Philips, J.J., (1983), Handbook of training evaluation and measurement methods. Houston, texas: Gulf publishing company.
[6] Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (1992), "The Balanced scorecard:Measures that Drive performance", Harvard Business Review,January-February, pp.9-71
[7] Bowlin, W.F (1998), Measuring Performance: an Introduction to Data Envelopment Analysis, Journal of cost analysis.

[8] Banker, R.D. Charnes, A., Cooper, W.W., (1984), Models for Estimating Technical Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis, Management Science, Vol.30, P1078-1092.
[9] ryall, M.J., and Parke, G.A.R., and Harding,J.E., "Bridge Management, Inspection,Maintenance, Assessment & Repair", Departmentof civil Engineering, University of surrey, Uk,2000.
[10] Tonias, D.E., " Bridge Engineering, Design, Rehabilitation and Maintenance of Modern Highway Bridges," McGraw-Hill, 1995.
[11] COWI Consultant Engineers ," Bridge Management System", Technical Report, 2004.
[12] Zhang Zhibo , Agbelie Bismark R. , Labi Samuel , Efficiency Measurement of Bridge Management with Data Envelopment Analysis, Journal of the Transportation Research Board, Volume: 2481 issue: 1, 2015.
[13] Ozbek Mehmet E. , Garza Jesus M. de la, Efficiency Measurement of Bridge Maintenance Using Data Envelopment Analysis, Journal of Infrastructure Systems ,March,2010.
[14] Wakchaure Sanjay Sampat , Neeraj Jha Kumar, Prioritization of bridges for maintenance planning using data envelopment analysis, Construction Management and Economics, Volume 29, 2011.
[15] QiangLi Joshua , McNeil Sue, Data envelopment analysis for highway asset investment assessment, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), August 2019.
[16] Dadashi Ali, Mirbaha Babak, Prioritizing highway safety improvement projects: A Monte-Carlo based Data Envelopment Analysis approach, Accident Analysis & Prevention, Volume 123, February 2019.
[17] Fancello Gianfranco, Carta Michele, Serra Patrizia, Data Envelopment Analysis for the assessment of road safety in urban road networks: A comparative study using CCR and BCC models, Case Studies on Transport Policy, Volume 8, Issue 3, September 2020.
[18] TiagoBastos Jorge and other , Traffic fatality indicators in Brazil: State diagnosis based on data envelopment analysis research, Accident Analysis & Prevention, Volume 81, August 2015.
[19] Stolzer Alan J. and other , Measuring and evaluating safety management system effectiveness using Data Envelopment Analysis, Safety Science, Volume 104, April 2018.
[20] Trindadea Diogo and other, Project Management Efficiency of a Portuguese Electricity Distribution Utility Using Data Envelopment Analysis, Procedia Computer Science, Volume 64, 2015.
[21] Teresa M. Adams, Use of Comparative Efficiency Analysis to Optimize Transportation Infrastructure Maintenance Investment Strategy, University of Wisconsin-Madison,NEXTRANS Project No 132, February, 2016.
[22] Webb, R. W. (2003) "Levels of Efficiency in UK Retail Bank: A DEA Window Analysis" International Journal of the Economics of Business 10(3),305-322.