مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش‌های دانش انتظامی، سال بیست‌وهفتم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

صص ۲۸-۱

کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای[۱]

علی محمدی[۲]، معصومه موسوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: ارزیابی عملکرد برای بهبود کارایی سازمان‌ها حیاتی است. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با شناسایی واحدهای کارآمد و ناکارآمد، ابزاری قدرتمند در این زمینه است. این پژوهش با مقایسه مدل‌های DEA، به انتخاب روش مناسب کمک می‌کند و عملکرد ایمنی جاده‌های ایران طی سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۹ را بررسی می‌کند.

روش: این مطالعه با چارچوب ورودی- خروجی، ۳۱ استان را به‌عنوان واحد تصمیم‌گیری بررسی می‌کند. ورودی‌ها شامل جمعیت، وسایل‌نقلیه و راه‌ها، خروجی‌ها شامل تصادفات منجر به فوت و تولید ناخالص داخلی هستند. از مدل‌های CRS-DEA و VRS-DEA و روش Window-DEA برای تحلیل تغییرات عملکرد ایمنی جاده‌ها در طول زمان استفاده شده‌است. داده‌ها با نرم‌افزارهای دیپ و اکسل تحلیل‌شده‌اند.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد در مدل CRS، استان‌های تهران، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد کاملاً کارا و سیستان و بلوچستان ناکاراترین هستند. در مدل VRS، البرز، ایلام، خوزستان و قم کارا و فارس ناکاراترین است. در مدل‌های پنجره‌ای، سیستان و بلوچستان در CRS-WINDOW و فارس در VRS-WINDOW اغلب ناکاراترین بودند.

نتیجه‌گیری: مدل VRS به‌دلیل در نظر گرفتن بازده متغیر نسبت به مقیاس، کارایی بالاتری نسبت به مدل CRS نشان‌می‌دهد، که بیانگر ناکارایی مقیاسی در برخی استان‌ها است. استان‌های بهینه در هر دو مدل کارایی یک دارند، در حالی که اختلاف بین CRS و VRS نشان‌دهنده نیاز به بازنگری در مقیاس عملیاتی است. مدل VRS-WINDOW با پنجره‌های سه‌ساله، نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی، بازدهی ثابت، بازدهی متغیر، تحلیل پنجره‌ای

---

۱. مقاله برگرفته از پژوهش مستقل است.

۲. استاد مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: amohamadi11@gmail.com

۳. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول). رایانامه: Moosaavii.m@gmail.com

مقدمه

ارزیابی عملکرد به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی در مدیریت و بهبود فرآیندها، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای کارایی و اثربخشی سازمان‌ها و نهادها دارد که می‌تواند به شناسایی نقاط قوت و ضعف، تخصیص بهینه منابع و بهبود سیاست‌ها و برنامه‌ها کمک کند. در این راستا، روش‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد وجود دارد. روش تحلیل پوششی داده‌ها با بررسی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده و شناسایی واحدهای کارآمد و ناکارآمد، به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در ارزیابی عملکرد شناخته می‌شود. پژوهش حاضر با بررسی و مقایسه مدل‌هایی از تحلیل پوششی داده‌ها به پژوهشگر در انتخاب مدل مناسب در ارزیابی عملکرد کمک می‌کند. مطالعه موردی این پژوهش، ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای ایران با واحد تصمیم گیری استان‌ها در طول سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۹ است.

مسأله اصلی این پژوهش، بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های روش‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی عملکرد است. با مرور ادبیات موجود، می‌توان دریافت که اگرچه تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان یکی از روش‌های پرکاربرد در ارزیابی عملکرد شناخته می‌شود، اما کمبود تحقیقاتی که به مقایسه روش‌های مختلف DEA[1] پرداخته باشد و به محقق در انتخاب روش مناسب کمک کند، به وضوح احساس می‌شود. این خلأ پژوهشی، ضرورت انجام مطالعه حاضر را بیش از پیش آشکار می‌سازد. لذا سؤال اصلی پژوهش این است که چگونه می‌توان از روش‌های مختلف DEA برای ارزیابی عملکرد نهادها و سازمان‌های مرتبط با ایمنی جاده‌ها استفاده کرد و کدام روش از دقت و کارایی بیشتری برخوردار است؟

انجام این پژوهش از دو جهت دارای اهمیت است. نخست، نتایج آن می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران در تدوین راهبردهای هدفمند برای بهبود ایمنی جاده‌ها

1. Data Envelopment Analysis

کمک کند. دوم، این مطالعه با ارائه یک چارچوب تحلیلی، امکان مقایسه روش‌هایی از DEA را فراهم می‌کند و به محققان به‌خصوص در حوزه ایمنی جاده‌ای در انتخاب روش مناسب کمک می‌کند.

در این پژوهش، ابتدا به بررسی پیشینه و مبانی نظری پرداخته شده‌است که شامل مرور پیشینه‌های داخلی و خارجی، ادبیات نظری، چارچوب نظری و مدل مفهومی می‌شود. در ادامه، روش تحقیق و چارچوب تحلیلی به‌طور جامع تشریح شده‌اند، که در آن روش‌هایی از تحلیل پوششی داده‌ها معرفی و مقایسه می‌شوند. سپس، در بخش یافته‌ها، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها در مطالعه موردی ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای استان‌ها ارائه شده‌است. در بخش بحث و نتیجه‌گیری، این نتایج مورد تحلیل نهایی قرار گرفته‌اند. در بخش پیشنهادها، راهکارها و پیشنهاداتی برای پژوهش‌های آینده در این حوزه ارائه شده‌است. این ساختار منسجم، مسیر تحقیق را از مبانی نظری تا دستیابی به نتایج و ارائه راهکارهای عملی به‌طور روشن و علمی ترسیم می‌کند.

پیشینه و مبانی نظری

پیشینه

محمدی و شاهین (۱۴۰۴)، در پژوهشی کاربردی توسعه‌ای باعنوان «سنجش عملکرد ایمنی راه‌های ایران با شاخص‌های مالم‌کوئیست دو مرزی»، با به‌کارگیری روش DEA دو مرزی و تحلیل داده‌های ۱۴۰۰-۱۴۰۱، استان‌های کشور را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد استان‌های قم، لرستان و کرمانشاه (به‌ترتیب با امتیازات ۰.۹۲، ۰.۸۹ و ۰.۸۷) بهترین عملکرد ایمنی را داشته‌اند، درحالی‌که البرز و سمنان (با امتیازات ۰.۴۵ و ۰.۴۸) در پایین‌ترین سطح قرار گرفتند. استان‌های مرزی مانند کردستان و چهارمحال (با رشد ۱۸٪ و ۱۵٪ در کارایی فنی) بیشترین پیشرفت را تجربه کرده‌اند، در مقابل استان‌های شمالی مانند گلستان (با کاهش ۱۲٪) افت محسوسی نشان دادند.

رمضان‌زاده و همکاران (۱۴۰۳)، در پژوهشی کاربردی - توصیفی با عنوان «ارزیابی و رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس سطح ایمنی جاده‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی

داده‌ها» با بهره‌گیری از روش DEA و روش دلفی برای انتخاب شاخص‌های بهینه، جهت تحلیل عملکرد ایمنی جاده‌های ۳۱ استان کشور، دریافتند که استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، البرز و قم بالاترین سطح کارایی را در ایمنی جاده‌ای دارند در حالی که استان‌های گردشگری مانند اصفهان و مازندران در رتبه‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند. در نهایت با ارائه الگوی استان‌های کارا، راهکارهای عملی برای بهبود ایمنی جاده‌ها در استان‌های کم‌کارا پیشنهاد داده‌اند.

جلیلیان و روحانی اصفهانی (۱۴۰۱)، در پژوهشی کاربردی باعنوان «ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی شهر اصفهان با مدل تحلیل پوششی داده‌ها»، کارایی ۱۵ خط اتوبوسرانی همپوشان با خط یک مترو اصفهان را با استفاده از مدل DEA و داده‌های عملکردی نه ماهه اول ۱۴۰۰ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که **۳۳** درصد خطوط (شامل خطوط ۱۰، ۱۷، ۷۰، ۸۱ و ۸۲) ناکارآمد هستند که از این میان، ۶۰ درصد خطوط ناکارآمد متعلق به بخش خصوصی می‌باشد. تحلیل‌ها حاکی از آن است که خطوط با حجم مسافر بالاتر و هم‌پوشانی کمتر با مترو، کارایی بالاتری دارند.

پورغلامی و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی باعنوان «تحلیل تصادفات جاده‌ای با رویکرد اقلیمی» به بررسی عوامل آب‌وهوایی مؤثر بر تصادفات در شمال غرب ایران پرداختند. یافته‌ها نشان داد در زمستان، پوشش ابر، رطوبت، باد و بارش بیشترین تأثیر مستقیم را داشته‌اند، درحالی‌که دما در سه فصل رابطه معکوس نشان داده است. رطوبت در بهار اثر کاهشی و در سایر فصول اثر افزایشی داشته است. محققان بر لزوم آموزش رانندگان، نظارت دقیق بر قوانین و ارتقای فرهنگ ترافیکی به‌عنوان راهکارهای پیشگیرانه تأکید کردند. این مطالعه اهمیت توجه به شرایط جوی در مدیریت ایمنی راه‌ها را برجسته ساخته‌است.

پاک‌گوهر و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی باعنوان «بررسی عوامل مؤثر در کاهش تصادفات جاده‌ای ایران»، با تحلیل **۳۴۳۰۸۲** مورد تصادف و استفاده از سه مدل آماری

پیشرفته شامل: ۱) رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی احتمال وقوع تصادف، ۲) رگرسیون درختی برای طبقه‌بندی عوامل مؤثر، و ۳) مدل خطی تعمیم‌یافته برای تحلیل روابط پیچیده، نشان دادند که عوامل انسانی با سهم ۴۹ درصد بیشترین تأثیر را داشته‌اند. عوامل محیطی با ۳۶ درصد و خودرو با ۱۵ پانزده درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این مطالعه به‌ویژه بر نقش سرعت غیرمجاز، عدم استفاده از کمربند ایمنی و شرایط جوی نامناسب به‌عنوان متغیرهای کلیدی تأکید کرده است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای سیاست‌گذاری‌های ایمنی راه‌ها فراهم کند.

احمدی فینی و طاهرپور (۱۳۸۷)، در پژوهشی باعنوان «طراحی ساختار سازمانی مناسب فرماندهی حادثه در شبکه حمل و نقل جاده‌ای»، که در آن با روش تحقیق حلزونی نشان داده‌اند که سامانه فرماندهی حادثه مبتنی بر سه اصل استفاده از امکانات موجود، تجربیات بین‌المللی و نظرات نخبگان، قابلیت اجرا در شبکه حمل‌ونقل ایران را دارد. یافته‌ها حاکی از بهبود ۴۰ درصدی کارایی سیستم و کاهش ۳۵ درصدی زمان پاسخ‌گویی به حوادث بود. محققان تأکید کردند پلیس به‌عنوان عضو اصلی باید بستر اجرای این سامانه را فراهم کند. این مطالعه راهکارهای عملی برای بهبود هماهنگی بین‌سازمانی و کاهش تلفات حوادث ارائه داد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت این ساختار بر مدیریت یکپارچه تصادفات جاده‌ای بود.

ژائو[1] و همکاران (۲۰۲۵)، در پژوهشی کمی ترکیبی باعنوان «پیش‌بینی تخصیص منابع ایمنی راه‌ها در چین با ترکیب مدل‌های ZSG[2]-DEA و DEA معکوس»، به بررسی تخصیص بهینه منابع ایمنی راه‌ها پرداختند. این مطالعه با ترکیب سه روش DEA با مجموع صفر، DEA معکوس و یادگیری ماشین با استفاده از داده‌های ۲۰۱۲–۲۰۲۲، سه یافته کلیدی؛ محدودیت سهمیه منابع در برخی استان‌ها که فشار توسعه آینده را افزایش می‌دهد، نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجه در برخی مناطق برای دستیابی به

1. Zhao
2. Zero-Sum Gains

اهداف برنامه‌ریزی شده و وجود ناهمخوانی بین خروجی پیش‌بینی شده بالا و کارایی پایین در برخی استان‌ها را ارائه کرده‌اند.

پایکوویچ و گردینیچ-راکونیاک[1] (۲۰۲۱)، در پژوهشی کیفی کمی باعنوان «ارزیابی عملکرد ایمنی راه‌ها بر اساس مجموعه داده‌های خوداظهاری رفتار رانندگان»، از تحلیل پوششی داده‌های فازی و تحلیل رابطه‌ای خاکستری استفاده کرده‌اند. این مطالعه با بررسی داده‌های خوداظهاری رفتار رانندگان در جاده‌های مونته‌نگرو، به ارزیابی عملکرد ایمنی راه‌ها در مناطق مختلف این کشور پرداخته‌است. یافته‌ها نشان داد که مدل ترکیبی DEA-GRA[2] با در نظر گرفتن ماهیت فازی و نامطمئن داده‌های خوداظهاری، روشی مناسب برای رتبه‌بندی عملکرد شهرداری‌ها در حوزه ایمنی راه‌ها ارائه می‌دهد که به‌عنوان ابزاری جامع برای ارزیابی عملکرد ایمنی راه‌ها در شرایط عدم قطعیت داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

علیزاده و صافی (۲۰۲۰)، در پژوهشی کاربردی توسعه‌ای باعنوان «مدل جدید ارزیابی کارایی ناوگان اتوبوسرانی با استفاده از تحلیل پنجره‌ای در DEA و داده‌کاوی»، با بررسی شاخص‌های عملکرد ناوگان حمل‌ونقل عمومی، به ارزیابی کارایی ناوگان اتوبوسرانی تهران پرداختند. پژوهشگران ابتدا با به‌کارگیری تحلیل پنجره‌ای، عملکرد ناوگان را در بازه‌های زمانی مختلف مقایسه کردند. سپس با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، قواعد پیش‌بینی کارایی ناوگان را استخراج نمودند. یافته‌ها نشان داد؛ این روش تحلیلی قابلیت بالایی در پیش‌بینی کارایی دارد، به‌طوری‌که یکی از الگوریتم‌های داده‌کاوی نسبت به دیگر روش‌ها از دقت بیشتری برخوردار بود.

تیمورزاده و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی کاربردی توسعه‌ای باعنوان «برآورد جدیدی از شاخص ایمنی جاده‌ها در سیستم‌های حمل‌ونقل با روش Fuzzy-DEA: مطالعه موردی جاده‌های استان آذربایجان شرقی ایران»، از روش تحلیل پوششی

1. Pajković, and Grdinić-Rakonjac
2. Gray relation analyses

داده‌های فازی برای ارزیابی شاخص ایمنی جاده‌ها استفاده کرده‌اند. این پژوهش با تفکیک شاخص‌های مؤثر بر ایمنی جاده‌ها به دو دسته مطلوب و نامطلوب و با در نظر گرفتن عدم قطعیت ذاتی داده‌های واقعی، مدلی جدید برای محاسبه بهینه‌ترین شاخص ایمنی ارائه نموده‌است. محققان در این مطالعه با طراحی یک شاخص ترکیبی جدید و معرفی روشی نوین برای رتبه‌بندی کارایی جاده‌ها، امکان ارزیابی دقیق‌تر ایمنی جاده‌های استان آذربایجان شرقی را فراهم آورده‌اند.

امیدی و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی کاربردی باعنوان «ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیر در کاهش تصادفات رانندگی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها»، با بررسی سه شاخص ورودی (تجهیزات، بودجه مصوب استانی و نیروی انسانی) و دو شاخص خروجی (امتیاز کاهش مصدومان و امتیاز کاهش فوتی‌های ناشی از تصادفات)، به ارزیابی عملکرد پلیس راهور در ۳۱ استان کشور در سال ۱۳۹۷ پرداخته‌اند. یافته‌های پژوهش نشان‌می‌دهد که تنها ۱۰ استان (معادل ۳۲ درصد واحدهای مورد بررسی) در وضعیت کارا قرار دارند، در حالی که ۲۱ استان ۶۸ درصد عملکرد ناکارا داشته‌اند. همچنین نتایج نشان داد که تخصیص نامناسب منابع در برخی استان‌ها (از جمله تهران که بیشترین میزان منابع ورودی را داشته است) منجر به ناکارایی شده‌است و با بهینه‌سازی توزیع منابع می‌توان به بهبود قابل توجهی در کارایی واحدها دست‌یافت.

فانچلو[1] و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی کمی مقایسه‌ای باعنوان «تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی ایمنی راه‌ها در شبکه‌های جاده‌ای شهری: مطالعه مقایسه‌ای با استفاده از مدل‌های CCR و BCC[2]»، با بررسی دو ورودی (میانگین نقاط خاموش تقاطع‌ها و حجم ترافیک) و یک خروجی (هزینه اجتماعی تصادفات)، به ارزیابی ایمنی شبکه جاده‌ای شهری در ایتالیا پرداخته‌است. یافته‌ها نشان‌می‌دهد مدل CCR برای اولویت‌بندی نقاط پرخطر مناسب‌تر است و این روش می‌تواند به‌عنوان ابزار تصمیم‌یار

1. Fancello
2. Banker-Charnes-Cooper

در مدیریت ایمنی راه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش‌گران به این نتیجه رسیدند که رویکرد پیشنهادی امکان شناسایی دقیق‌تر نقاط حادثه‌خیز و تعیین اولویت‌های مداخلات ایمنی را فراهم می‌کند.

مرور ادبیات پژوهش نشان‌می‌دهد، تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان یک روش کارآمد در ارزیابی عملکرد، کاربرد گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف مدیریتی پیدا کرده و با توسعه مدل‌های متنوع، امکان تحلیل دقیق‌تر را فراهم آورده‌است. یکی از حوزه‌های کاربردی این روش، ارزیابی ایمنی جاده است که می‌تواند ابزار ارزشمندی برای تصمیم‌گیری مسئولان باشد. در مطالعات پیشین، اگرچه مدل‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما به‌ندرت به‌دلایل انتخاب روش‌ها و توجیه علمی مدل‌های انتخابی پرداخته شده‌است و عموماً بستر زمان و تأثیرات آن در نتایج نادیده گرفته شده‌است. این پژوهش با تمرکز بر این شکاف، چهار مدل تحلیل پوششی داده‌ها شامل مدل‌های CRS[1]، VRS[2] و همچنین حالت شبکه‌ای هر مدل، جهت اهمیت دادن به تأثیر دوره‌های زمانی را مورد بررسی قرار می‌دهد. با مقایسه نتایج حاصل از این مدل‌ها، به پژوهش‌گران کمک می‌کند تا با درک بهتر کاربرد مدل‌ها، مورد مناسب را برای اهداف تحقیقاتی خود انتخاب نمایند. این رویکرد مقایسه‌ای، نه‌تنها به شفاف‌سازی مزایا و محدودیت‌های چهار مدل اشاره می‌کند، بلکه مبنای علمی مستحکمی برای تصمیم‌گیری در حوزه مدیریت ایمنی راه‌ها فراهم می‌سازد.

مبانی نظری

مطالعات پیشین نشان می‌دهند که روش‌های DEA و DEA-window ابزارهای قدرتمندی برای ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ها هستند. این روش‌ها امکان مقایسه عملکرد استان‌ها و مناطق مختلف را فراهم می‌کنند و بینش‌های ارزشمندی را برای

1. Constant Returns to Scale
2. Variable Returns to Scale

سیاست‌گذاران ارائه می‌دهند (کیم[1] و همکاران ، ۲۰۲۳). DEA یک روش غیرپارامتری است که برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری با چندین ورودی و خروجی استفاده می‌شود. این روش بر پایه چارچوب مدل‌های بازدهی مقیاس متغیر و بازدهی ثابت استوار است (چارنز[2] و همکاران ، ۱۹۷۸). روش DEA-window نیز امکان ارزیابی تغییرات کارایی را با تخمین امتیازات کارایی در دوره‌های متعدد فراهم می‌کند و بینش‌های ارزشمندی را در مورد روندهای عملکرد[3] DMUها در طول زمان ارائه می‌دهد. مدل CRS بر این فرض استوار است که رابطه میان ورودی‌ها و خروجی‌ها همواره ثابت بوده و تغییر در مقیاس تولید تأثیری بر میزان کارایی ندارد. به‌بیان‌دیگر، افزایش یا کاهش در ابعاد تولید، بهره‌وری را دستخوش تغییر نمی‌کند (چارنز و همکاران ، ۱۹۷۸). در مقابل، مدل VRS دیدگاهی انعطاف‌پذیرتر ارائه می‌دهد و بر این باور است که کارایی می‌تواند بسته به‌اندازه و مقیاس تولید دستخوش تغییر شود. بدین معنا که واحدهای تصمیم‌گیرنده ممکن است در سطوح مختلف تولید، کارایی متفاوتی را تجربه کنند. این رویکرد به شناسایی ناکارایی‌های ناشی از مقیاس کمک کرده و امکان اصلاح و بهینه‌سازی را برای سازمان‌ها و واحدهای اجرایی فراهم می‌آورد (بانکر و همکاران، ۱۹۸۴).

مدل CCR یا همان مدل بازدهی به مقیاس ثابت با استفاده از ترکیبی از سایر واحدهای تصمیم‌گیری (j) و وزن‌های مربوط به آن‌ها (λj)، یک مرجع کارایی برای واحد تصمیم‌گیری صفر (DMU_0[4]) ایجاد می‌کند. سپس کارایی (θ) این واحد را نسبت به این مرجع می‌سنجد. در این مدل، ورودی‌ها (xij و xi0) و خروجی‌ها (yrj و yr0) نقش مهمی در تعیین کارایی واحد تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند (چارنز و همکاران، ۱۹۷۸)

1. Kim
2. Charnes
3. Decision Making Unit
4. Decision Making Unit Zero

مدل VRS یا همان مدل بازدهی به مقیاس متغیر نیز برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری ($DMUs^1$) در تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود، اما با این تفاوت که فرض بازدهی به مقیاس ثابت را کنار می‌گذارد. به‌عبارت دیگر، در مدل VRS، افزایش یا کاهش ورودی‌ها لزوماً به همان نسبت، خروجی‌ها را تغییر نمی‌دهد. فرمول مدل VRS دقیقاً مشابه مدل CCR است. تنها تفاوت در تفسیر مدل و محدودیت‌های ضمنی آن است. در مدل VRS، به‌دلیل عدم وجود فرض بازدهی به مقیاس ثابت، امکان وجود سه حالت بازدهی به مقیاس (افزایشی، کاهشی و ثابت) وجود دارد. در این مدل، هدف، ارزیابی کارایی واحد تصمیم‌گیری صفر (DMU_0) است (بانکر و همکاران ، ۱۹۸۴).

مدل CRS

$$\theta = \min \sum (\lambda j * xij) / xi0$$
$$\text{s.t.} \sum (\lambda j * yrj) >= yr0$$
$$\sum \lambda j = 1$$
$$\lambda j >= 0, \forall j$$

مدل VRS

$$\theta = \min \sum (\lambda j * xij) / xi0$$
$$\text{s.t.}$$
$$\sum (\lambda j * yrj) >= yr0$$
$$\sum \lambda j = 1$$
$$\lambda j >= 0, \forall j$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

روش DEA-window بر پایه میانگین متحرک است که برای ارزیابی تغییر عملکرد DMUها در طول زمان استفاده می‌شود. هنگام محاسبه امتیاز عملکرد هر DMU در هر پنجره، تمام DMUهای قرار گرفته در دوره‌های زمانی مختلف در داخل پنجره به‌عنوان موجودیت‌های مجزا در نظر گرفته است (کیم و همکاران ، ۲۰۲۳). مدل

1. Decision Making Units

شبکه‌ای CRS با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس عمل می‌کند. به‌عبارت دیگر، افزایش یا کاهش ورودی‌ها به همان نسبت منجر به افزایش یا کاهش خروجی‌ها می‌شود. مدل شبکه‌ای VRSاین مدل با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس عمل می‌کند. در این حالت، افزایش یا کاهش ورودی‌ها ممکن است به نسبت‌های مختلفی منجر به افزایش یا کاهش خروجی‌ها شود. تفاوت اصلی بین مدل CRS و VRS در محدودیت‌های مربوط به λ است. در مدل CRS، مجموع λ برابر با ۱ است، در حالی که در مدل VRS این محدودیت وجود ندارد. این امر باعث می‌شود که مدل VRS انعطاف‌پذیری بیشتری در ارزیابی عملکرد DMUها داشته‌باشد. در نهایت، انتخاب بین مدل CRS و VRS بستگی به نوع داده‌ها و فرضیات مربوط به بازدهیDMUها دارد (بانکر و همکاران، ۱۹۸۴).

مدل شبکه‌ای CRS

$$P(x_{i}^{hw}, y_{i}^{hw}) = \max \theta$$
s.t.
$$\sum \lambda x_i^t \le x_i^{hw}, \quad i = 1, 2, ..., m$$
$$\sum \lambda y_r^t \ge \theta y_r^{hw}, \quad r = 1, 2, ..., s$$
$$\sum \lambda = 1$$
$$\lambda \ge 0, \quad j = 1, 2, ..., n$$
$$t = k, k + 1, ..., k + w - 1$$

مدل شبکه‌ای VRS

$$P(x_{i}^{hw}, y_{i}^{hw}) = \max \theta$$
s.t.
$$\sum \lambda x_i^t \le x_i^{hw}, \quad i = 1, 2, ..., m$$
$$\sum \lambda y_r^t \ge \theta y_r^{hw}, \quad r = 1, 2, ..., s$$
$$\lambda \ge 0, \quad j = 1, 2, ..., n$$
$$t = k, k + 1, ..., k + w - 1$$

x_i^t ورودی i ام برای DMU j ام در دوره زمانی t

y_r^t خروجی r ام برای DMU j ام در دوره زمانی t

x_i^{wh} ورودی i ام برای DMU ۰ ام در دوره زمانی h در پنجره w

y_r^{hw} خروجی r ام برای DMU ۰ ام در دوره زمانی h در پنجره w

θ مقدار کارایی DMU ۰ ام

λ وزن DMU j ام

m تعداد ورودی‌ها

s تعداد خروجی‌ها

n تعداد DMUها

w اندازه پنجره (تعداد دوره‌های زمانی در هر پنجره)

k شاخص دوره زمانی شروع پنجره

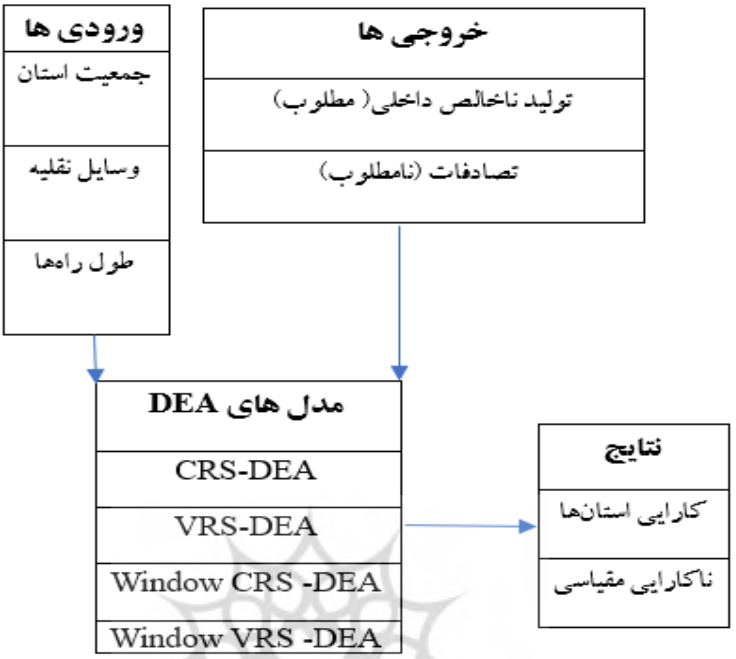
مدل مفهومی

این مطالعه بر اساس چارچوب ورودی-خروجی، برای ۳۱ استان به‌عنوان واحدهای تصمیم‌گیری طراحی شده‌است. ورودی‌ها شامل تعداد انواع وسایل‌نقلیه موتوری و موتورسیکلت شماره‌گذاری شده و انواع راه‌های تحت حوزه استحفاظی وزارت راه و شهرسازی هستند که به‌عنوان شاخص‌های اصلی برای اندازه‌گیری عملکرد ایمنی جاده‌ها در نظر گرفته می‌شوند. خروجی‌ها نیز شامل تعداد کل تصادفات منجر به فوت به‌عنوان شاخص نامطلوب و محصول ناخالص داخلی استان به‌عنوان شاخص مطلوب در نظر گرفته‌شده‌اند. این مدل امکان ارزیابی جامع عملکرد ایمنی جاده‌ها را با در نظر گرفتن عوامل مختلف فراهم می‌کند و به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا راهبردهای مؤثری برای بهبود ایمنی جاده‌ها تدوین کنند. این پنج شاخص را می‌توان در سالنامه آماری ایران یافت و از قابلیت اطمینان منبع داده اطمینان حاصل کرد. در ایران، اصانلو و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با رویکرد مدیریتی، ویژگی‌های نقاط پر تصادف جاده‌ای را تحلیل کردند. این مطالعه نشان داد که عواملی مانند تراکم جمعیت و زیرساخت‌های حمل‌ونقل نقش مهمی در وقوع تصادفات جاده‌ای دارند. هنگامی که صحبت از ارزیابی قرار گرفتن در

معرض خطر ایمنی جاده‌ای می‌شود، تجزیه و تحلیل اندازه جمعیت، وسایل‌نقلیه ثبت شده و مسافت پیموده شده معمولاً به‌عنوان شاخص‌هایی برای بررسی وضعیت ایمنی جاده استفاده می‌شود (باستوس[1] و همکاران، ۲۰۱۵).

تعداد تصادفات جاده‌ای در ایران در سال‌های اخیر به‌دلیل اقدامات مختلفی که توسط دولت اجرا شده‌است، روند نزولی داشته است، اما تعداد مطلق تلفات هنوز نسبتاً بالاست. با جمعیت زیاد و تعداد روبه‌رشد سریع وسایل‌نقلیه، تضمین سوابق ایمنی جاده‌ها همچنان در اولویت اصلی قرار دارد. تلفات به‌عنوان یک بعد حیاتی برای تجزیه و تحلیل وضعیت کلی ایمنی جاده‌ها عمل می‌کند (چن[2] و همکاران، ۲۰۱۸)، زیرا آنها توصیف تقریبی از سوابق ایمنی جاده‌ها را ارائه می‌دهند. علاوه بر این، توسعه اقتصادی منطقه‌ای یک منطقه نقش مهمی در تأثیرگذاری بر سرمایه‌گذاری در ایمنی جاده‌ها دارد (کانگ و وو[3]، ۲۰۲۰) که نشان‌می‌دهد جوامع زمانی که تولید ناخالص داخلی سرانه آنها از یک آستانه خاص فراتر می‌رود، ظرفیت تخصیص منابع بیشتر به ایمنی جاده‌ها و وضع سیاست‌های جامع‌تر را نشان می‌دهند، که بر اهمیت در نظر گرفتن متغیرهای اقتصادی تأکید می‌کند. به‌طورکلی، تحقیقات مربوط به ارزیابی عملکرد ایمنی نشان‌می‌دهد که خروجی باید هم عوامل مطلوب مانند توسعه اقتصادی و هم عوامل نامطلوب مانند تلفات تصادفات را در نظر بگیرد (مانگ و همکاران، ۲۰۲۰) در مقابل، دو متغیر به‌عنوان خروجی‌ها انتخاب‌شده‌اند تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای و تعداد کل تصادفات منجر به فوت که یک شاخص نامطلوب برای ارزیابی سطح ایمنی جاده است. بدین ترتیب با در نظر گرفتن پیشینه و ادبیات و چارچوب نظری، مدل مفهومی پژوهش مطابق شکل (۱) ترسیم شده‌است.

1. Bastos
2. Chen
3. Kang and Wu



شکل شماره (۱): مدل مفهومی پژوهش

روش

این پژوهش از نظر هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی و از نظر ماهیت، یک پژوهش توصیفی-پیمایشی و از نظر روش گردآوری داده‌ها، اسنادی است. هدف این پژوهش مقایسه و تحلیل روش‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای استان‌های ایران در طول زمان و کمک به محققان در جهت انتخاب مدل مناسب است. سؤال تحقیق نیز یافتن مدل مناسب تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد به‌ویژه در مورد مطالعه ایمنی جاده ای ایران در واحد استانی می‌باشد.

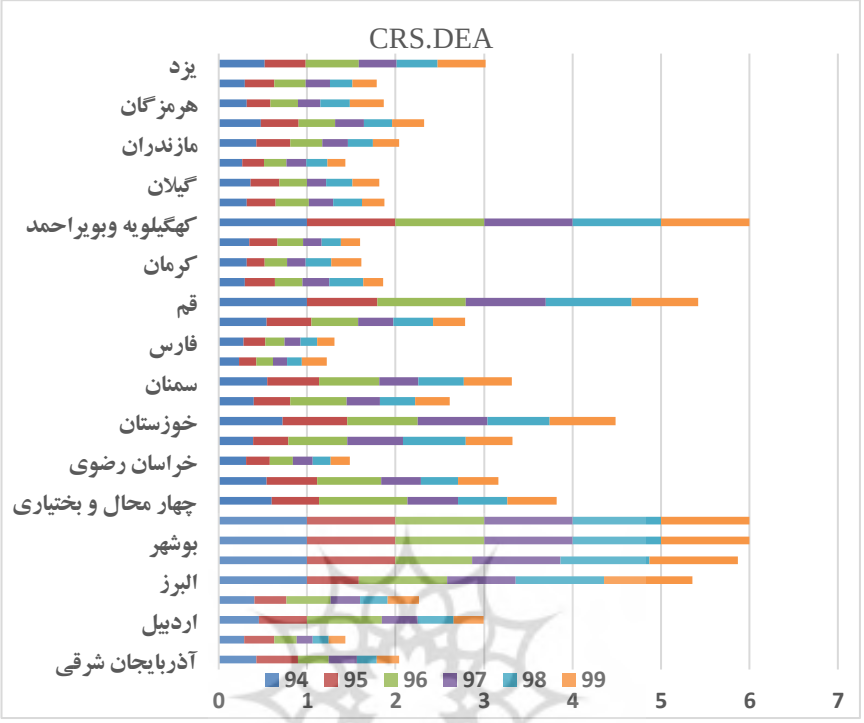
جامعه آماری، جاده‌های استانی که در حوزه فعالیت پلیس راه هستند؛ در ۳۱ استان کشور و بر اساس تقسیمات کشوری می‌باشد که به‌صورت تمام شمار در نظر گرفته شده‌است. داده‌های مورد نیاز از منابع رسمی و معتبر مانند سالنامه‌های آماری سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، مرکز آمار ایران و گزارش‌های پلیس راهور گردآوری

شده‌است. قلمرو زمانی پژوهش، سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۹ می‌باشند. از آنجا که تلاش بر آن بود که تولید ناخالص داخلی به‌عنوان یک ستانده مطلوب اقتصادی در کنار ستانده نامطلوب تصادفات قرار بگیرد عدم دسترسی به داده‌های سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳ برای تولید ناخالص داخلی محقق را مجبور کرد که صرفاً به داده‌های ۹۴ تا ۹۹ اکتفا کند. تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌روش تحلیل پوششی داده‌ها و با به‌کارگیری نرم افزارهای دیپ و اکسل جهت محاسبه کارایی، بررسی روند تغییرات عملکرد و رسم نمودارها بوده است.

در این پژوهش، از دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس یا CRS-DEA و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس یا VRS-DEA استفاده شده‌است. همچنین، برای بررسی تغییرات عملکرد ایمنی جاده‌ها در طول زمان، از روش تحلیل پوششی پنجره‌ای و یا WIndow-DEA در دو مدل Window-CRS-DEA و Window-VRS-DEA بهره گرفته شده‌است. امتیاز عملکرد بین ۰ تا ۱ قرار دارد، امتیاز ۱ نشان دهنده یک DMU کارآمد است، در حالی که امتیاز کمتر از ۱ نشان دهنده یک DMU ناکارآمد است. با توجه به گنجاندن خروجی‌های نامطلوب شامل نرخ مرگ و میر در این مطالعه، پردازش معکوس به خروجی‌های نامطلوب اعمال خواهد شد. به‌طور خاص، امتیاز بالاتری به مواردی با تعداد مرگ و میر کمتر و امتیاز پایین تری به مواردی با تعداد مرگ و میر بالاتر اختصاص داده خواهد شد.

یافته‌ها

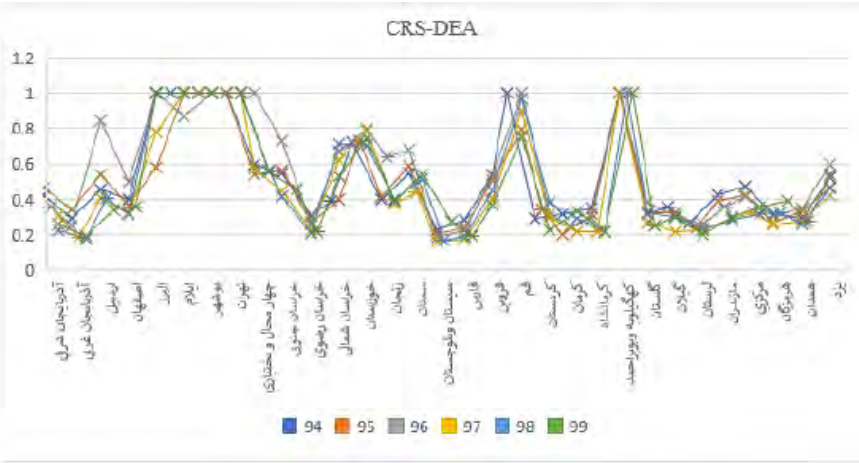
شکل شماره (۱)، نمودار کارایی CRS-DEA، داده‌های مربوط به ارزیابی عملکرد ۳۱ استان ایران در زمینه ایمنی جاده‌ها در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹، با استفاده از مدل CRS-DEA با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس را نشان‌می‌دهد. کارایی به‌صورت عددی بین صفر و یک، در شش سال مختلف در محور افقی و برای هر استان در محور عمودی نشان داده‌شده‌است.



شکل شماره (۲): نمودار کارایی CRS-DEA

نمودار کارایی استان‌ها با مدل CRS-DEA نشان‌می‌دهد که استان‌هایی مانند تهران، بوشهر، کهکیلویه و بویراحمد در تمام سال‌ها نمره کامل کارایی را کسب کرده‌اند. این نشان‌دهنده عملکرد بسیار خوب این استان‌ها در زمینه ایمنی جاده‌ها است. در مقابل، استان‌هایی مانند سیستان بلوچستان و کرمان با نمرات کارایی پایین مواجه هستند که بیانگر عملکرد نامطلوب این استان‌ها در برقراری ایمنی جاده است.

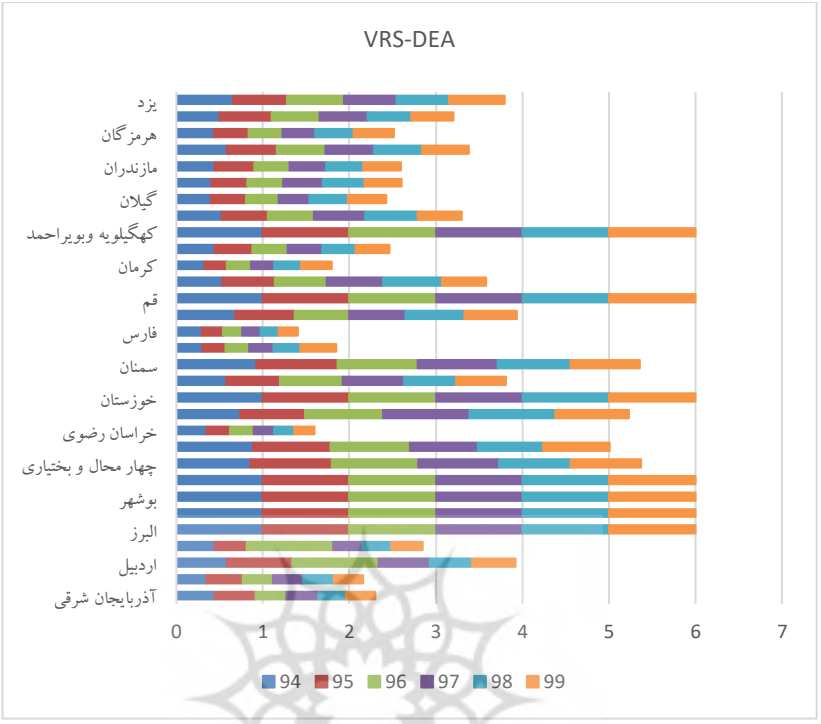
شکل شماره (۲)، نمودار نوسانات کارایی- CRS-DEA، نوسانات کارایی عملکرد ۳۱ استان ایران در زمینه ایمنی جاده‌ها در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹، با استفاده از مدل CRS-DEA با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس را نشان‌می‌دهد. برای هر استان در محور افقی، کارایی به‌صورت عددی بین صفر و یک، در شش سال مختلف در محور عمودی نشان داده‌شده‌است.



شکل شماره (۳): نمودار نوسانات کارایی CRS-DEA

نمودار نوسانات کارایی استان‌ها با مدل CRS-DEA نشان‌می‌دهد که استان‌هایی مانند ایلام، قم، البرز و چهارمحال بختیاری در برخی سال‌ها کارایی کامل داشته‌اند، اما در برخی سال‌ها نیز کارایی آن‌ها کاهش یافته‌است. این نشان‌دهنده نوسان در عملکرد این استان‌ها است. استان‌هایی مانند سیستان و بلوچستان، فارس، لرستان و آذربایجان غربی به‌ترتیب در بیشتر سال‌ها کارایی پایینی داشته‌اند. این نشان‌دهنده نیاز به بهبود در زمینه ایمنی جاده‌ها در این استان‌ها است. به‌طور کلی، این داده‌ها نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه در عملکرد استان‌ها در زمینه ایمنی جاده‌ها است و نیاز به اقدامات هدفمند برای بهبود وضعیت در استان‌های با عملکرد ضعیف را برجسته می‌کند.

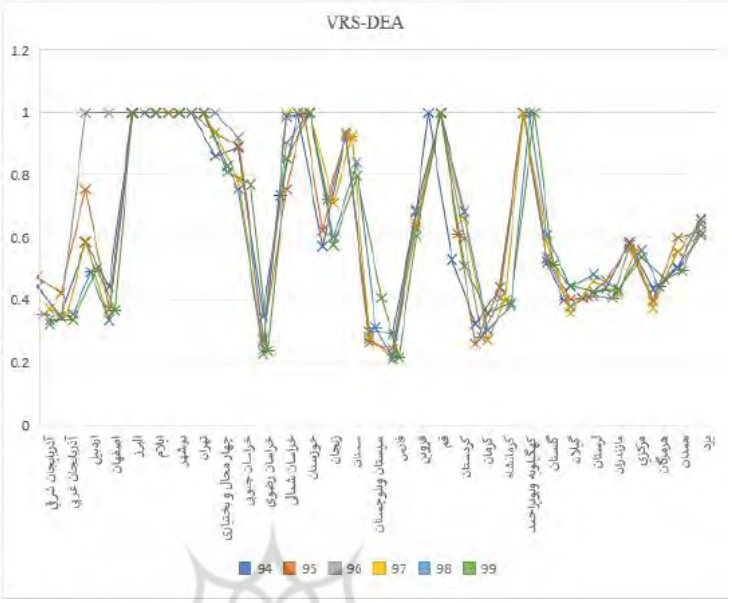
شکل شماره (۳)، نمودار کارایی VRS-DEA، داده‌های مربوط به ارزیابی عملکرد ۳۱ استان ایران در زمینه ایمنی جاده‌ها در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹، با استفاده از مدل VRS-DEA با بازدهی متغیر نسبت به مقیاس را نشان‌می‌دهد. کارایی به‌صورت عددی بین صفر و یک، در شش سال مختلف در محور افقی و برای هر استان در محور عمودی نشان داده‌شده‌است.



شکل شماره (٤): نمودار کارایی VRS-DEA

نمودار کارایی استان‌ها با مدل VRS-DEA نشان‌می‌دهد که استان‌هایی مانند البرز، ایلام، بوشهر، تهران، خوزستان، قم و کهگیلویه و بویراحمد در تمام سال‌ها نمره کامل کارایی را کسب کرده‌اند. این نشان‌دهنده عملکرد بسیار خوب این استان‌ها در زمینه ایمنی جاده‌ها است. در مقابل، استانی مانند فارس با نمرات کارایی پایین مواجه است که بیانگر عملکرد نامطلوب این استان‌ها در برقراری ایمنی جاده است.

شکل شماره (۴)، نمودار نوسانات کارایی VRS-DEA، نوسانات کارایی عملکرد ۳۱ استان ایران در زمینه ایمنی جاده‌ها در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹، با استفاده از مدل VRS-DEA با بازدهی متغیر نسبت به مقیاس را نشان‌می‌دهد. برای هر استان در محور افقی، کارایی به‌صورت عددی بین صفر و یک، در شش سال مختلف در محور عمودی نشان داده‌شده‌است.



شکل شماره (۵): نمودار نوسانات کارایی VRS-DEA

نمودار نوسانات کارایی مدل VRS-DEA، نشان‌می‌دهد که استان‌هایی مانند اصفهان، اردبیل، خراسان‌شمالی و چهارمحال بختیاری در برخی سال‌ها کارایی کامل داشته‌اند، اما در برخی سال‌ها نیز کارایی آن‌ها کاهش یافته‌است. این نشان‌دهنده نوسان در عملکرد این استان‌ها است. استان‌هایی مانند فارس، خراسان‌رضوی، کرمان و سیستان و بلوچستان به‌ترتیب در بیشتر سال‌ها کارایی پایینی داشته‌اند. این نشان‌دهنده نیاز به بهبود در زمینه ایمنی جاده‌ها در این استان‌ها است. به‌طور کلی، این داده‌ها نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه در عملکرد استان‌ها در زمینه ایمنی جاده‌ها است و نیاز به اقدامات هدفمند برای بهبود وضعیت در استان‌های با عملکرد ضعیف را برجسته می‌کند. جدول شماره (۱)، رتبه کارایی CRS-VRS-DEA-WINDOW عملکرد ایمنی جاده‌ای ۳۱ استان را در چهار بازه‌ی زمانی سه‌ساله ۱۳۹۶-۱۳۹۴، ۱۳۹۷-۱۳۹۵، ۱۳۹۸-۱۳۹۶، ۱۳۹۹-۱۳۹۷و دو مدل بازدهی ثابت و بازدهی متغیر تحلیل پوششی پنجره‌ای نشان‌می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شماره (۱): رتبه کارایی CRS- VRS-DEA-WINDOW

۹۴-۹۶		۹۴-۹۶		۹۵-۹۷		۹۵-۹۷		۹۶-۹۸		۹۶-۹۸		۹۷-۹۹		۹۷-۹۹	
CRS-DEA-WINDOW		VRS-DEA-WINDOW		CRS-DEA-WINDOW		VRS-DEA-WINDOW		CRS-DEA-WINDOW		VRS-DEA-WINDOW		CRS-DEA-WINDOW		VRS-DEA-WINDOW	
البرز	1	البرز	1	ایلام	1	البرز	1	البرز	1	اردبیل	1	ایلام	1	البرز	1
ایلام	1	ایلام	1	بوشهر	1	ایلام	1	بوشهر	1	اصفهان	1	بوشهر	1	ایلام	1
بوشهر	1	بوشهر	1	تهران	1	بوشهر	1	تهران	1	البرز	1	تهران	1	بوشهر	1
تهران	1	تهران	1	کهگیلویه وبویراحمد	1	تهران	1	چهار محال و بختیاری	1	ایلام	1	کهگیلویه وبویراحمد	1	تهران	1
قم	1	خوزستان	1	قم	0.792	خوزستان	1	قم	1	بوشهر	1	قم	0.903	خراسان‌شمالی	1
خوزستان	1	قم	1	خوزستان	0.732	قم	1	کهگیلویه وبویراحمد	1	تهران	1	خوزستان	0.788	خوزستان	1
کهگیلویه وبویراحمد	1	کهگیلویه وبویراحمد	1	سمنان	0.585	کهگیلویه وبویراحمد	1	ایلام	0.867	چهار محال و بختیاری	1	البرز	0.776	قم	1
خوزستان	0.722	چهار محال و بختیاری	0.926	البرز	0.582	سمنان	0.937	اردبیل	0.848	خوزستان	1	خراسان‌شمالی	0.623	کهگیلویه وبویراحمد	1
چهار محال و بختیاری	0.598	سمنان	0.887	خراسان‌جنوبی	0.568	چهار محال و بختیاری	0.935	خوزستان	0.794	قم	1	چهار محال و بختیاری	0.57	چهار محال و بختیاری	0.936
سمنان	0.547	خراسان‌جنوبی	0.86	اردبیل	0.541	خراسان‌جنوبی	0.893	خراسان‌جنوبی	0.726	کهگیلویه وبویراحمد	1	خراسان‌جنوبی	0.449	سمنان	0.924
خراسان‌جنوبی	0.544	چهار محال و بختیاری	0.736	چهار محال و بختیاری	0.537	اردبیل	0.755	سمنان	0.682	سمنان	0.928	سمنان	0.444	خراسان‌جنوبی	0.785
قزوین	0.54	خراسان‌شمالی	0.681	قزوین	0.507	خراسان‌شمالی	0.752	خراسان‌شمالی	0.673	خراسان‌جنوبی	0.92	یزد	0.425	زنجان	0.712
یزد	0.522	قزوین	0.658	آذربایجان شرقی	0.466	قزوین	0.688	زنجان	0.635	خراسان‌شمالی	0.902	اردبیل	0.404	کردستان	0.658
مرکزی	0.476	یزد	0.584	یزد	0.464	زنجان	0.624	یزد	0.597	زنجان	0.724	قزوین	0.402	قزوین	0.649
اردبیل	0.454	اردبیل	0.583	مرکزی	0.425	یزد	0.62	قزوین	0.529	یزد	0.657	زنجان	0.378	یزد	0.609
آذربایجان شرقی	0.427	مرکزی	0.572	زنجان	0.412	کردستان	0.61	اصفهان	0.498	قزوین	0.63	اصفهان	0.328	اردبیل	0.59
مازندران	0.423	زنجان	0.529	خراسان‌شمالی	0.397	همدان	0.6	مرکزی	0.416	کردستان	0.595	مرکزی	0.328	گلستان	0.589
اصفهان	0.402	کردستان	0.522	مازندران	0.387	مرکزی	0.577	گلستان	0.38	مرکزی	0.563	آذربایجان شرقی	0.312	مرکزی	0.56
زنجان	0.4	گلستان	0.504	اصفهان	0.367	گلستان	0.535	مازندران	0.36	همدان	0.552	کردستان	0.302	همدان	0.556
خراسان‌شمالی	0.387	همدان	0.443	آذربایجان غربی	0.342	آذربایجان شرقی	0.473	آذربایجان شرقی	0.354	گلستان	0.533	مازندران	0.288	لرستان	0.461
گیلان	0.359	اصفهان	0.441	کردستان	0.339	مازندران	0.463	همدان	0.35	لرستان	0.413	همدان	0.275	مازندران	0.419
کرمانشاه	0.347	آذربایجان شرقی	0.439	همدان	0.337	کرمانشاه	0.443	کردستان	0.314	مازندران	0.407	گلستان	0.269	کرمانشاه	0.398
کرمان	0.318	کرمانشاه	0.439	گیلان	0.328	آذربایجان غربی	0.424	هرمزگان	0.311	کرمانشاه	0.406	هرمزگان	0.256	هرمزگان	0.373
هرمزگان	0.317	مازندران	0.435	گلستان	0.327	لرستان	0.411	گیلان	0.308	هرمزگان	0.396	لرستان	0.224	آذربایجان شرقی	0.371
گلستان	0.315	هرمزگان	0.408	کرمانشاه	0.314	گیلان	0.403	کرمانشاه	0.29	گیلان	0.378	خراسان‌رضوی	0.223	گیلان	0.359
خراسان‌رضوی	0.306	لرستان	0.4	خراسان‌رضوی	0.268	هرمزگان	0.399	خراسان‌رضوی	0.262	آذربایجان شرقی	0.354	گیلان	0.219	آذربایجان غربی	0.352
کردستان	0.295	گیلان	0.347	هرمزگان	0.266	اصفهان	0.369	لرستان	0.256	آذربایجان غربی	0.342	کرمان	0.216	اصفهان	0.335
همدان	0.293	آذربایجان غربی	0.347	فارس	0.243	خراسان‌رضوی	0.276	کرمان	0.254	کرمان	0.279	کرمانشاه	0.214	سیستان وبلوچستان	0.283
آذربایجان غربی	0.288	خراسان‌رضوی	0.322	لرستان	0.241	سیستان وبلوچستان	0.264	آذربایجان غربی	0.251	سیستان وبلوچستان	0.278	آذربایجان غربی	0.184	کرمان	0.271
فارس	0.281	کرمان	0.301	سیستان وبلوچستان	0.2	کرمان	0.261	فارس	0.222	خراسان‌رضوی	0.268	فارس	0.18	خراسان‌رضوی	0.242
لرستان	0.268	سیستان وبلوچستان	0.292	کرمان	0.198	فارس	0.245	سیستان وبلوچستان	0.187	فارس	0.225	سیستان وبلوچستان	0.162	فارس	0.211
سیستان وبلوچستان	0.227	فارس													

بحث و نتیجه‌گیری

در مدل CRS، استان‌های تهران، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد به‌عنوان استان‌های کاملاً کارا شناخته‌شده‌اند، در حالی که سیستان و بلوچستان ناکاراترین استان است. در مدل VRS، علاوه بر استان‌های مذکور، البرز، ایلام، خوزستان و قم نیز به جمع استان‌های کارا اضافه می‌شوند و فارس به‌عنوان ناکاراترین استان معرفی می‌شود. در مدل CRS-WINDOW، در دو پنجره زمانی ۹۷-۹۵ و ۹۷-۹۹، استان‌های ایلام، بوشهر، تهران و کهگیلویه و بویراحمد کارا ارزیابی‌شده‌اند. در پنجره ۹۶-۹۴، علاوه بر این استان‌ها، البرز و قم نیز کارا شناخته می‌شوند و در پنجره ۹۸-۹۶، استان‌های البرز، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، قم و کهگیلویه و بویراحمد به فهرست استان‌های کارا اضافه می‌شوند. در تمامی این پنجره‌ها، سیستان و بلوچستان ناکاراترین استان بوده است، مگر در پنجره ۹۷-۹۵ که کرمان به‌عنوان ناکاراترین استان معرفی شده‌است.

در مدل VRS-WINDOW، در تمامی پنجره‌های زمانی، استان‌های البرز، ایلام، بوشهر، تهران، خوزستان، قم و کهگیلویه و بویراحمد کارایی کامل دارند. علاوه بر این، در پنجره ۹۸-۹۶، اردبیل، اصفهان و چهارمحال و بختیاری، و در پنجره ۹۹-۹۷، خراسان‌شمالی نیز به جمع استان‌های کارا پیوسته‌اند.

یافته‌های پژوهش نشان‌می‌دهد که مدل بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) به‌دلیل در نظر گرفتن اثرات بازده به مقیاس، سطح کارایی را بالاتر از مدل بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) برآورد می‌کند. این تفاوت بیانگر آن است که بسیاری از استان‌ها هنوز به مقیاس بهینه نرسیده‌اند و می‌توانند با تغییر در مقیاس تولید یا ارائه خدمات، سطح کارایی خود را ارتقا دهند. استان‌هایی که در هر دو مدل مقدار کارایی یک را به‌دست آورده‌اند، از نظر بهره‌وری و مقیاس در وضعیت بهینه قرار دارند. در مقابل، اگر اختلاف قابل توجهی میان مقادیر کارایی در مدل‌های CRS و VRS مشاهده شود، این امر نشان‌دهنده تأثیر بالای ناکارایی مقیاسی در عملکرد آن استان است و لزوم بازنگری در مقیاس عملیاتی را برجسته می‌کند.

به‌طور کلی، مدل VRS گزینه مناسبی برای ارزیابی دقیق‌تر کارایی استان‌هاست، زیرا اثر بازده متغیر نسبت به مقیاس را لحاظ می‌کند. با این حال، برای تحلیل عمیق‌تر ناکارایی مقیاسی، مقایسه هم‌زمان این مدل با مدل CRS ضروری به نظر می‌رسد. در مدل VRS-WINDOW اغلب مقادیر کارایی بالاتری نسبت به مدل CRS-WINDOW به‌دست می‌آید. همچنین، پنجره‌های زمانی سه‌ساله به نرمال‌سازی نتایج و قابل‌اعتماد بودن آن‌ها کمک می‌کند. بنابراین، مدل VRS-WINDOW به‌عنوان ابزاری دقیق‌تر برای ارزیابی عملکرد واحدها شناخته می‌شود، اما مقایسه آن با مدل CRS-WINDOW می‌تواند به شناسایی استان‌هایی که از نظر مقیاس نیازمند اصلاحات هستند، کمک کند. این مقایسه، بینش ارزشمندی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در راستای بهبود بهره‌وری و ارتقای ایمنی جاده‌ای فراهم می‌آورد.

مقایسه یافته‌های این پژوهش با مطالعات پیشین، تصویری روشن‌تر از جایگاه نتایج ارائه می‌دهد. برای نمونه، عملکرد مطلوب استان قم، ایلام و بوشهر با یافته‌های محمدی و شاهین (۱۴۰۴) و رمضان‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) که این استان‌ها را در رده استان‌های کارا قرار داده‌اند، هم‌راستاست. همچنین، یافته‌های ما با پژوهش امیدی و همکاران (۲۰۲۰) در مورد ناکارایی استان‌هایی با منابع بالا مانند تهران، تا حدی ناهم‌راستا است، زیرا در این مطالعه، تهران با وجود منابع ورودی بالا، همچنان در وضعیت کارا قرار گرفته است؛ این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در سال‌های بررسی، شاخص‌ها یا رویکرد مدل‌سازی باشد.

در خصوص ناکارایی استان فارس، که در مدل VRS پایین‌ترین رتبه را دارد، اشاره مستقیمی در پژوهش‌های مرور شده دیده نمی‌شود؛ ازاین‌رو می‌توان آن را بخشی از نوآوری پژوهش حاضر دانست. از منظر بین‌المللی، مطالعه ژائو و همکاران (۲۰۲۵) نیز تأکید دارد که نواحی با کارایی پایین نیازمند تخصیص هدفمند منابع برای ارتقای

عملکرد هستند؛ این با نتیجه‌گیری پژوهش حاضر در خصوص ناکارایی مقیاسی در برخی استان‌ها و ضرورت اصلاح ساختار عملکرد آن‌ها هم‌خوانی دارد.

همچنین به‌کارگیری روش تحلیل پنجره‌ای و تلفیق آن با مدل‌های VRS و CRS، که در مطالعاتی نظیر علیزاده و صافی (۲۰۲۰) نیز بر اثربخشی آن در تحلیل روند عملکرد تأکید شده، باعث شد نوسانات پنهان و تأثیر زمان در عملکرد ایمنی استان‌ها بهتر آشکار شود. این خود، نقطه قوت تحلیل حاضر در مقایسه با مطالعاتی است که فقط به ارزیابی ایستا بسنده کرده‌اند.

پیشنهادها

۱. با توجه به اینکه استان‌هایی مانند سیستان و بلوچستان، فارس و کرمان در اکثر مدل‌ها عملکرد پایین‌تری داشته‌اند، پیشنهاد می‌شود وزارت راه و شهرسازی با همکاری استانداری‌های مربوطه، طرح‌های ویژه‌ای برای ارتقا زیرساخت‌های ایمنی و آموزش‌های ترافیکی در این مناطق تدوین و اجرا کند.

۲. با توجه به اختلاف معنادار بین نتایج مدل‌های CRS و VRS در برخی استان‌ها، پیشنهاد می‌شود سازمان برنامه و بودجه کشور و دفاتر فنی استانی، بازنگری دقیقی در نحوه تخصیص منابع و ساختار عملیاتی مرتبط با ایمنی جاده‌ای در این استان‌ها انجام دهند.

۳. در استان‌هایی که کارایی آن‌ها در طول سال‌ها نوسان داشته (مانند چهارمحال و بختیاری، قم، خراسان‌شمالی)، لازم است اداره کل ایمنی حمل‌ونقل با مشارکت دانشگاه‌های محلی، پژوهشی تکمیلی برای شناسایی عوامل مؤثر بر این نوسانات طراحی و اجرا کند.

۴. با توجه به اهمیت تحلیل‌های زمانی در مدل VRS-WINDOW، پیشنهاد می‌شود سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای سامانه‌ای طراحی کند که بتواند عملکرد ایمنی استان‌ها را در بازه‌های متحرک زمانی رصد و تحلیل کند.

۵. با استناد به تفاوت عملکرد استان‌ها در مدل‌های مختلف، ضروری است مرکز تحقیقات وزارت راه، الگویی علمی و منصفانه برای تخصیص منابع ایمنی (بودجه، تجهیزات، نیروی انسانی) بر اساس نتایج تحلیلی مدل‌های VRS-WINDOW و CRS-WINDOW تهیه کند.

۶. پژوهشگران می‌توانند از مدل مالم‌کوئیست پنجره‌ای و مدل‌های BCC برای تحلیل پویاتر عملکرد ایمنی جاده‌ها استفاده‌کنند و با مقایسه نتایج آن‌ها با مدل‌های حاضر، دقت تحلیل را افزایش دهند.

در نهایت، این پژوهش نشان داد که به‌کارگیری مدل مناسب تحلیل پوششی داده‌ها ابزاری قدرتمند برای ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای است و می‌تواند به تصمیم‌گیران در بهینه‌سازی سیاست‌های حمل‌ونقل و کاهش تصادفات جاده‌ای کمک کند.

سپاس‌گزاری

مقاله حاضر برگرفته از یک طرح پژوهشی مستقل است و تاکنون از سوی هیچ نهادی مورد حمایت مالی قرار نگرفته‌است. نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تعارض منافع مادی و معنوی در این مقاله وجود ندارد. همچنین از زحمات سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای ایران و مرکز آمار ایران برای همکاری و کمک در دستیابی به اطلاعات مورد نیاز تشکر نمایند.

منابع

۱) اصانلو، علی؛ بیات، ناصر و علی پور، یوسف. (۱۴۰۲). جغرافیای نقاط پر تصادف در جاده‌های اصلی ایران با رویکرد مدیریتی. *پژوهش‌های مدیریت انتظامی*، ۱۸(۳)، ۱۷۱-۲۱۸.

https://doi.org/10.22034/pmsq.2023.1276188.1676

۲) احمدی فینی، علیرضا و طاهرپور، حبیب‌الله. (۱۳۸۷). طراحی ساختار سازمانی مناسب فرماندهی حادثه در شبکه حمل و نقل جاده‌ای. *پژوهش‌های دانش انتظامی*، ۱۰(۴-۳)، ۱۶۱-۱۸۰.

http://pok.jrl.police.ir/article_97384.html

۳) پاک گوهر، علیرضا؛ خلیلی، محدثه و صفارزاده، محمود. (۱۳۸۹). بررسی علل و عوامل مؤثر در کاهش تصادفات جاده‌ای ایران با استفاده از مدل‌های رگرسیون LR و CRT و GLM. *پژوهش‌های دانش انتظامی*، ۱۲(۱)، ۱۰۶-۷۷.

http://pok.jrl.police.ir/article_97022.html

۴) پورغلامی، محمدرضا؛ فرج‌زاده، منوچهر؛ گندمکار، امیر و حبیب‌زاده، اصحاب. (۱۳۹۶). تحلیل تصادفات جاده‌ای با رویکرد اقلیمی و ارائه الگو برای مداخله پیشگیرانه پلیس راهور؛ مورد مطالعه (جاده‌های شمال غرب کشور). *پژوهش‌های دانش انتظامی*، ۱۹(۲)، ۱۴۱-۱۲۰.

http://pok.jrl.police.ir/article_11445.html

۵) جلیلیان، بهنام؛ روحانی اصفهانی، سیدعباس. (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 منطقه‌ای*، ۳(۲)، ۱۳۴-۱۱۹. https://www.srds.ir/article_155644.html

۶) رمضان‌زاده، سعید؛ مؤمنی، علی و تباشیر، احسان. (۱۴۰۳). ارزیابی و رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس سطح ایمنی جاده‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. *فصلنامه علمی جاده*، ۲۲(۳)، ۲۸۴-۲۶۷.

https://road.bhrc.ac.ir/article_180843.html

۷) محمدی، علی؛ شاهین، وحیده. (۱۴۰۴). ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌های ایران با استفاده از ضریب بهره‌وری مالم‌کوئیست خوش‌بینانه و بدبینانه. *جاده*، ۳۳(۱۲۲)،۴۴۴-۴۲۵. https://doi.org/10.22034/road.2024.450939.2270

8) Alizadeh, S., & Safi, M. (2020). A new model for efficiency evaluation of a bus fleet by window analysis in DEA and data mining. *Transportation Planning and Technology*, 43(1), 62-77. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03081060.2020.1701750.

9) Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data

envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078.

10) Bastos, J. T., Shen, Y., Hermans, E., Brijs, T., Wets, G., & Ferraz, A. C. P. (2015). Traffic fatality indicators in Brazil: State diagnosis based on data envelopment analysis research. *Accident Analysis and Prevention*, 81, 61–73. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457515001244.
11) Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8.
12) Chen, F., Li, Y., Feng, Q., Dong, Z., Qian, Y., Yan, Y., Jin, Y. (2023). Road safety performance rating through PSI-PRIDIT: A planning tool for designing policies and identifying best practices for EAS countries. *Socio-Economic Planning Sciences*, 85, Article 101438. https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101438.
13) Fancello, G., Carta, M., & Serra, P. (2020). 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*, 8(3), 736–744. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.07.007..
14) Kang, L., & Wu, C. (2020). Evaluating the safety performance of China's provincial construction industries from 2009 to 2017. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(5), 435–446. https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12646.
15) Kang, L., Wu, C., Liao, X., & Wang, B. (2020). Safety performance and technology heterogeneity in China's provincial construction industry. *Safety Science*, 121, 83–92. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.005.
16) Kim, N. H., He, F., & Kwon, O. C. (2023). Combining common-weights DEA window with the Malmquist index: A case of China's iron and steel industry. *Socio-Economic Planning Sciences*, 87, Article 101596. https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101596.

17) Omidi, M. R., Omidi, N., & Mahmoudian Azar Sharabiani, A. (2020). Evaluation of Decision-making Units in Reducing Traffic Accidents Using Data Envelopment Analysis. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*, 5(2), 105–114. http://dx.doi.org/10.32598/hdq.5.2.222.7.
18) Pajkovi´c, V., & Grdini´c-Rakonjac, M. (2021). Evaluation of road safety performance based on self-reported behaviour data set. *Sustainability*, 13(24), Article 13837. https://doi.org/10.3390/su132413837.
19) Teimourzadeh, K., Pourmahmoud, J., & Kordrostami, S. (2020). A new estimation of road safety index in transportation systems with fuzzy-DEA method: A case study on roads of East Azarbaijan province in Iran. *Fuzzy Information and Engineering*, 12(2), 223–237. https://doi.org/10.1080/16168658.2020.1804040.
20) Zhao, Y., Zhu, J. H., Zhang, Y. W., & Tang, M. Y. (2025). Using ZSG-DEA and inverse DEA to predict resource allocation for road traffic safety in China. *Transport Policy*, 167, 101-115. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.03.017.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی