استناد: فرزام، صادق و سعید رمضان‌زاده؛ (۱۳۹۷). «ارزیابی کارایی براساس روش تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط عدم‌قطعیت (نمونه: واحدهای ستادی طرح و برنامه و بودجه ناجا)»، توسعه سازمانی پلیس، شماره ۶۵، صص ۱۱-۳۹.

ارزیابی کارایی براساس روش تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط عدم‌قطعیت (نمونه: واحدهای ستادی طرح و برنامه و بودجه ناجا)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۵/۱۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۱۰/۳۰

صادق فرزام[۱]، سعید رمضان‌زاده[۲]

چکیده:

امروزه یکی از دغدغه‌های مهم هر سازمان، چگونگی آگاهی از عملکرد و میزان تأثیر فعالیت‌ها و نظارت کلی بر فرایندهای مربوط به عملکرد واحدهاست؛ بنابراین وجود نظام ارزیابی کارایی دقیق و جامع بسیار بااهمیت است. در حال حاضر در نظام‌های ارزیابی کارایی و عملکرد، از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها، استفاده از تحلیل پوششی داده‌هاست که مهمترین مسئله این روش، نادیده گرفتن عدم‌قطعیت‌ها در مسئله ارزیابی کارایی می‌باشد؛ علت این امر، وجود فضای غیرقطعی برای تصمیم‌هاست. همچنین وجود برخی متغیرهای تصمیم غیرقابل‌کنترل، فرایند تصمیم‌گیری مدیران را به کلی تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین ارائه روشی در فضای عدم‌قطعیت، برای ارزیابی کارایی از جایگاه خاصی برخوردار است. در این مقاله به بررسی روش‌های تحلیل پوششی داده در شرایط عدم‌قطعیت پرداخته شده است. همچنین راه‌کاری برای ایجاد الگویی جدید با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه‌سازی استوار، پیشنهاد شده است که با توجه به نوع در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در داده‌ها، در بهینه‌سازی استوار و برتری این روش نسبت به سایر روش‌های غیرقطعی نظیر روش‌های فازی، تصادفی، تحلیل حساسیت و ... می‌تواند راه‌کار بسیار مناسبی برای حل مسئله پیش‌گفته باشد.

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، شرایط عدم قطعیت، بهینه‌سازی استوار.

---

۱. گروه ریاضی، دانشجوی دکتری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) sadegh.farzam@gmail.com
۲. استادیار، گروه علوم پایه و مهندسی دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران

مقدمه

به‌طور کلی هر سازمان به‌منظور آگاهی از میزان مطلوبیت فعالیت‌های خود، به‌ویژه در محیط‌های پیچیده و پویا، به نظارت و ارزیابی نیاز مبرم دارد. وجود نظام ارزیابی کارایی دقیق و جامع، افزون‌بر ایجاد رقابت در بین کارکنان می‌تواند به ارتقای کارکنان و مدیران توانمند و شایسته بینجامد و به بهبود مستمر فرایندهای جاری نیز کمک کند. سازمان‌ها برای بهبود وضعیت منابع انسانی، سرمایه و اطلاعات خود، نیازمند شناخت واحدها و فرایندها هستند تا بتوانند بر کیفیت تولید یا ارائه خدمات خود بیفزایند و در روند حرکت خود، تحولات مثبت ایجاد کنند. ارزیابی کارایی فرایندی است که کارایی افراد و سازمان‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و اگر به‌درستی انجام شود، کارکنان، سرپرستان و مدیران از آن بهره‌مند خواهند شد. از این رو با توجه به اهمیت سنجش کارایی سازمان‌ها، باید افزون‌بر ابعاد مالی به ابعاد غیرمالی نیز در سنجش کارایی پرداخته شود. به این منظور چارچوب‌ها و الگوهای مختلفی برای سنجش کارایی و عملکرد مطرح شده‌اند، که الگوهای جایزه کیفیت اروپایی و جایزه مالکوم بالدریج و چارچوب‌هایی ازقبیل هرم عملکرد و کارت امتیازی متوازن از این جمله‌اند. هر سازمان پس از بررسی تمامی ابعاد سنجش کارایی، نیازمند روشی برای انجام این ارزیابی می‌باشد. یکی از این روش‌ها که در حال حاضر بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش تحلیل پوششی داده‌هاست. تحلیل پوششی داده‌ها، نوعی برنامه‌ریزی خطی است که مدیر می‌تواند با استفاده از آن، از بهترین واحد تصمیم‌گیری برای سایر واحدها الگوگیری کند. تحلیل پوششی داده‌ها ازجمله فنونی است که افزون‌بر سنجش کارایی و ارزیابی عملکرد، راه‌های افزایش آنها را نیز به‌طور تفکیکی با استفاده از نسبت ستاده به داده برای هر سطح جداگانه پیشنهاد و نحوه افزایش بهره‌وری را در تمام سطوح ارائه می‌دهد. در این تکنیک واحدها به صورت کارا و ناکارا دس‌ته‌بندی می‌شوند. الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها نحوه کاراسازی واحدهای مورد ارزیابی که ناکارا تعیین شده‌اند را معرفی می‌کند. این الگو تکنیکی است که کارایی چند ستاده را در مقابل چند داده بررسی می‌کند. در ادامه به بررسی روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها در قالب عدم‌قطعیت پرداخته شده است.

پیشینه تحقیق

پژوهش‌های خارجی

برای اولین بار رودز[3] در سال ۱۹۷۸ از تحلیل پوششی داده‌ها در رساله دکتری برای ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان ملی آمریکا استفاده کرد. به عنوان یکی از اولین پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه

3. Rhods

نظامی و پلیس، تاناسولیس در سال ۱۹۹۵ الگوی CCR خروجی محور تحلیل پوششی داده‌ها را در انگلستان و ولز برای ارزیابی ۴۱ واحد از نیروهای پلیس به‌کار گرفت. این پژوهش با انتخاب تعداد افسران پلیس هر واحد، میزان جرایم خشن، ورود غیرمجاز و میزان سایر جرایم به‌عنوان چهار ورودی و میزان کشفیات جرایم خشن، ورود غیرمجاز و سایر جرایم به عنوان سه خروجی مدل به نشان دادن کاربرد روش پیش‌گفته در ارزیابی عملکرد نیروهای پلیس پرداخته است.

کارینگتون، پوتوچری و یاساوارنگ، در سال ۱۹۹۷، در پی اجرای طرح دولت ایالتی نیوساوث ولز کشور استرالیا، برای افزایش کارآیی و اثربخشی ارائه‌دهندگان خدمات دولتی، به تشریح نتایج استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین کارآیی خدمات پلیسی در این ایالت پرداختند. نتایج این پژوهش حاکی از امکان کاهش ۱۳.۵ درصدی گشت‌های انتظامی با مدیریت بهتر و همچنین کاهش ۶ درصدی آنها در صورت سازماندهی دوباره و دستیابی به مقیاس مناسب بود. نتایج همچنین حکایت از نداشتن تأثیر معنادار تفاوت محیط‌های عملیاتی همانند عوامل مکانی و اقتصادی- اجتماعی بر کارآیی گشت‌های پلیس داشته است.

برای، کاگیانی و اوتومانلی[۴] (۲۰۱۵)، بهره‌وری نظام‌های حمل‌ونقل تحت عدم‌قطعیت توسط نظریه مجموعه‌های فازی بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها با عنوان «مقایسه نظری و عملی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های سنتی» اندازه‌گیری کردند. در این مقاله، مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی برای ارزیابی بهره‌وری از یک مجموعه انتخاب‌شده از بنادر حامل بین‌المللی اعمال می‌شود.

هدف سیدمهدیان، سارگواوید و استویکاو (۲۰۱۵)، از انجام پژوهش «تأثیر بانکداری اینترنتی بر عملکرد بانک‌های رومانیایی»، تحلیل روشی است که در آن نوآوری مالی توسط خدمات بانکداری اینترنتی ارائه شده و می‌تواند به بهبود بازده کلی بانک رومانیایی کمک کند. نتایج نشان می‌دهد که بانک‌های بسیار کمی در نمونه موردنظر وجود دارد که از خدمات بانکداری اینترنتی در فرایند تولید خود به‌منظور افزایش سطح بهره‌وری استفاده کرده‌اند و درنتیجه مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها و توصیه‌ها را پیشنهاد می‌کنند.

شیانگ و همکاران[۵] (۲۰۱۵) به مطالعه موضوع کشورهای عضو طراحی اکو برای حمل‌ونقل در مدیریت زنجیره تأمین پایدار با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به مدل‌سازی برای این برنامه پرداخت. مدل ارائه شده، همراه با الگوریتم توسعه‌یافته در این پژوهش، سهام‌داران را با یک راهبرد حمل‌ونقل بهینه

4. Sara Bray, Leonardo Caggiani and Michele Ottomanelli
5. Chiang et al

پارتو ارائه می‌کند. این راهبرد حمل‌ونقل مشتق شده، می‌تواند به ذی‌نفعان در تحقق اهداف حمل‌ونقل خاص با مصرف منابع کمتر و انتشار آلودگی کمتر کمک کند.

جی ووآ و همکاران[۶] (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به توسعه روش کارایی متقاطع پرداختند، به‌طوری‌که مسئله وزن بهینه غیرمنحصر در تحلیل پوششی داده‌ها را کاهش می‌دهد. درنهایت، نتایج محاسبات مدل‌های پیشنهادی با برخی روش‌های سنتی برای دو نمونه موردی ارزیابی کارایی شش خانه سالمندان و انتخاب پروژه R D مورد مقایسه قرار گرفت.

اقلیمز[۷] و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای، مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی با رویکرد ارزیابی چرخه حیات ورودی و خروجی‌محور برای انجام ارزیابی عملکرد پایداری ۳۳ بخش تولید مواد غذایی در ایالات متحده به کار برد. برای اعمال روش پیشنهادی، نتایج ارزیابی چرخه حیات به عنوان فواصل کریسپ فازی با مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی فرموله و ادغام شد، درنتیجه، شاخص‌های عملکرد پایداری صورت گرفت.

ژیانگ ژو[۸] و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله‌ای، به توسعه مدل تحلیل پوششی داده‌های چند هدفه در مدل‌سازی فازی نوع ۲ برای ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین تأمین‌کنندگان پایدار پرداختند. در مدل ارائه‌شده، هر دو بهره‌وری و اثربخشی برای توصیف بهره‌وری یکپارچگی تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که الگو می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان برای تعادل عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در هنگام انتخاب تأمین‌کننده پایدار کمک کند.

در ادامه برخی دیگر از پژوهش‌های پیشین در زمینه تحلیل پوششی داده‌ها در جدولی بر اساس نام پژوهشگر، سال انجام پژوهش، موضوع و نتایج پژوهش آورده شده است.

جدول ۱: پژوهش‌های انجام‌شده خارجی

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج
نیهان و مارتین ۱۹۹۹	بررسی مقایسه کارآیی پلیس در ۲۰ شهر آمریکا در حالت‌های بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس با فرض کنترل یا عدم کنترل بر روی دو معیار محیطی
دریک و سیمپر ۲۰۰۰	به بررسی کارآیی نسبی واحدهای پلیس انگلیس و ولز پرداختند. در این پژوهش داده‌های بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷ مورد استفاده قرار گرفته است.

6. Jie Wua et al
7. Egilmez
8. Xiaoyang Zhouet

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج
دریک و سیمپر ۲۰۰۱	آنها به بازبینی و تکمیل کار پیشین خود پرداختند و این بار با لحاظ کردن روش‌شناسی‌های منفعلانه، پاسخ‌گویانه و فعالانه و نیز پیشگیرانه و با استفاده از روش‌های ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها استخراج‌شده از پیشینه پژوهش‌های جرم‌شناسی به ارزیابی کارآیی واحدهای پلیس بریتانیا ۱۹۹۸ پرداختند.
سان ۲۰۰۲	در شهر تایپه تایوان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به سنجش کارآیی نسبی حوزه‌های پلیس پرداخت. از نتایج آن می‌توان به تعیین کمبودهای هر یک از داده‌ها و ستاده‌های مورد بررسی و همچنین میزان کارآیی کلی، فنی و بازده نسبت به مقیاس هر یک از ۱۶ واحد مورد مطالعه اشاره کرد.
دریک و سیمپر ۲۰۰۲	ارزیابی کارآیی واحدهای پلیس بریتانیا با دو روش متفاوت پارامتریک و ناپارامتریک پرداختند. در نتایج این پژوهش نیز به اهمیت تعیین بازده نسبت به مقیاس و تعیین اندازه مناسب برای واحدهای پلیس در جهت دستیابی به کارآیی بیشتر تأکید شده است.
بیسلی ۲۰۰۳	پژوهشی بر روی واحدهای کشف جرم پلیس اسپانیا انجام شد. داده‌های مورد استفاده مربوط به سال ۱۹۹۵ بوده و مدل بهینه‌شده تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارآیی واحدهای دارای ورودی اشتراکی در آن مورد استفاده قرار گرفته است.
دریک و سیمپر ۲۰۰۳	بار دیگر به ارزیابی کارآیی نسبی واحدهای پلیس انگلستان و ولز پرداختند. این پژوهش با رویکرد مقایسه‌ای نتایج چهار روش FDH, SIDF، بهترین کارایی و تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارآیی صورت گرفت. این پژوهش همبستگی زیاد بین نتایج ارزیابی کارآیی به‌دست‌آمده از دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و SIDF را نشان می‌دهد.
ناکانیشی و فالکوچیو ۲۰۰۴	با بررسی جامع و رویکرد کاربردی در مبانی نظری روش تحلیل پوششی داده‌ها و مقایسه مدل‌های چهارگانه این روش، به طرح اصولی برای چگونگی انتخاب ورودی و خروجی‌های مورد استفاده در مدل پرداختند. سپس مثالی از به‌کارگیری روش را در ارزیابی کارآیی مراکز مدیریت ترافیک یا مراکز عملیات ترافیکی در مراحل انتخاب ورودی و خروجی و نوع مدل مورد استفاده ارائه کردند.
دریک و سیمپر ۲۰۰۵	به بررسی کارآیی تعداد ۳۸ واحد پلیس انگلیس با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. همچنین آنان اقدام به مقایسه یک نوع خاص از روش پارامتریک مرزی تصادفی به نام SODF (کوئلی و پورلمن، ۱۹۹۹؛ کورنس، ۱۹۹۲) با تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند و برتری نسبی روش تحلیل پوششی داده‌ها اثبات شد. همچنین نتایج مدل بازده نسبت به مقیاس تحلیل پوششی داده‌ها گویای ارتباط قوی غیرخطی بین میزان جرایم و کشف جرم بوده است.
دریک و سیمپر ۲۰۰۵	به بررسی رویکرد جدید دولت انگلستان و ولز در زمینه نگرش اقتصادی به عملکرد پلیس پرداختند. پس از انجام بررسی‌های مقایسه‌ای، مدعی شدند که روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به روش مزبور دارای نقاط قوت متعددی است و نتایج قابل اعتمادتری را ارائه می‌دهد. آنان توصیه نمودند روش ارزیابی، بازنگری شود و به جای روش پیمایش‌محور، از ردیاب عملکرد به روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان جایگزینی قابل اعتماد استفاده شود.
گارسیاسانچز ۲۰۰۷	اثربخشی ۵۲ واحد پلیس اسپانیا در سه بخش مجزا به وسیله روش تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی شد. این سه بخش شامل اثربخشی پلیس، اثربخشی کشف جرم و اثربخشی اقدامات اصلاحی است.

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج
گورمن و روجریو ۲۰۰۸	با استفاده از روش سه مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارآیی واحدهای پلیس ایالات متحده آمریکا پرداختند.
وو، چن و یه ۲۰۱۰	در تایوان برای سنجش کارآیی نیروهای پلیس، روش تحلیل پوششی داده‌ها به کار گرفته شد. در این پژوهش، داده‌های ۲۲ واحد پلیس تایوان در سال ۲۰۰۶ بررسی شد.
دانگ‌گو و همکاران ۲۰۱۳	به رتبه‌بندی واحدها با خروجی نامطلوب و با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. سود خروجی نامطلوب زمانی‌که خروجی نامطلوب به طور مشترک با خروجی مطلوب تولید شود، منفی در نظر گرفته می‌شود. چون خروجی نامطلوب نمی‌تواند سود جدید ایجاد کند، بنابراین از نقطه‌نظر هزینه برای شرکت یا نهاد، خروجی نامطلوب باید به‌عنوان نوعی از هزینه‌ها در نظر گرفته شود.
دونگ‌گوا و همکاران ۲۰۱۴	روش تحلیل پوششی داده‌ها را با شاخص‌های کامپوزیت برای تعیین وزن مشترک ترکیب کردند. در این مقاله از روش شاخص کامپوزیت برای مطالعه گسترش روش‌های انتخاب تأمین‌کننده سنتی با عوامل محیطی استفاده می‌شود. انتخاب سیستم وزن می‌تواند نتیجه روند انتخاب را واپایش کند. هدف این مقاله انتخاب وزن‌هایی است که بر نتایج حاصل از فرایند انتخاب تأثیر می‌گذارد. روش ارائه‌شده این امکان را فراهم می‌سازد تا واحدهای تصمیم‌گیری (تأمین‌کننده) براساس شاخص‌های عملکرد پایدار رتبه‌بندی شوند.

پژوهش‌های داخلی

علیرضایی و جهانشاهلو در سال ۱۳۷۳ به ارزیابی کارایی واحدهای دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم پرداختند.

در سال ۱۳۷۷ شمس و صمدی مقاله‌ای با عنوان طراحی و تعیین شاخص‌ها و ارزیابی بهره‌وری دانشگاه‌ها ارائه دادند.

در سال ۱۳۸۰ بررسی کارایی دانشگاه‌های بزرگ دولتی ایران، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در مقاله‌ای توسط سامتی و رضوانی، مطرح شد. نوع استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در این مقاله به صورت فازی می‌باشد و برای اندازه‌گیری میزان کارایی مدل‌ها از نرم‌افزار GAMS استفاده شده است.

در سال ۱۳۸۱ پایان‌نامه‌ای در زمینه مدل‌های شبه تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی واحدهای خاص وابسته به هم (مطالعه موردی بر روی مدارس مختلف کشور)، توسط مهدی معینی انجام شد.

شهریاری (۱۳۸۲)، از تحلیل پوششی داده‌های فازی برای ارزیابی عملکرد نسبی دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه تهران استفاده کرد.

سیده صغری (۱۳۸۳) ارزیابی عملکرد دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه شهید بهشتی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها انجام دادند.

سهرابی و نالچیگر (۱۳۸۹)، مدل نوین تحلیل پوششی داده‌ها برای شناسایی کاراترین واحد تصمیم‌گیری[9] با داده‌های غیردقیق ارائه دادند.

در این مقاله، مدل نوین تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می‌شود که کاربر می‌تواند تا کاراترین واحد تصمیم‌گیری را با در نظر گرفتن داده‌های غیردقیق (بازه‌ای و رتبه‌ای) شناسایی کند.

در سال ۱۳۹۰ در مقاله‌ای ابراهیمی، ساعتی و رئیسی، ارزیابی عملکرد پژوهشی اساتید را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کردند.

در سال ۱۳۹۳ مقاله‌ای با عنوان ارزیابی کارایی نسبی و رتبه‌بندی دبیرستان‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (مطاله موردی دبیرستان‌های شهرستان گیلانغرب) توسط قاسم‌نژاد مطرح و بررسی شد. این مدل مجموعه‌ای از اوزان را برای متغیرهای ورودی وخروجی هر واحد تصمیم‌گیری به دست آورده و براساس آن کارایی نسبی هر واحد را محاسبه می‌کند.

آزادی‌نژاد، آماده و امامی میبدی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی عوامل موثر در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها» به بررسی عوامل پایه‌ای تولید (عواملی که به‌طور مستقیم در تابع تولید بنگاه وارد و شامل عامل سرمایه، نیروی کار و انرژی می‌شوند) و محیطی (عواملی است که در تابع تولید نیامده‌اند اما به‌طور غیرمستقیم در کارایی فنی مؤثرند و تنوع این عوامل نیز گسترده و وسیع است. در این مطالعه پنج عامل محیطی: جمعیت، نسبت مذکر بودن شاغلان، وضعیت حقوقی کارگاه، تعداد کارگاه و تعداد تخت بیمارستان هر استان انتخاب شده‌اند) پرداختند.

فلاح‌پور و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به بهبود مدل‌های پیشین با عنوان مدلی قوی از تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد جدید هوش مصنوعی[10] یعنی الگوریتم ژنتیک[11] برای غلبه بر کاستی مدل‌های پیشین تحلیل پوششی داده‌ها و هوش مصنوعی در انتخاب تأمین‌کننده پرداختند.

آزاده و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای رویکرد یکپارچه جدید براساس طراحی تجربی و شبیه‌سازی کامپیوتری برای انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند. در این مطالعه، روش شبیه‌سازی برای تعیین معادل خاص از مقادیر مؤلفه‌ها در طراحی شبکه اجرا شده است که نمی‌تواند از طریق مدل ریاضی محاسبه شود.

9. Decision Making Unit
10. Artificial Intelligence
11. Genetic Algorithm

جدول ۲. پژوهش‌های داخلی

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج پژوهش
حقیقت و نصیری ۱۳۸۳	در مقاله‌ای به بررسی کارایی نظام بانکی، با کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی بانک کشاورزی) پرداختند. آنها با روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی ۱۷۲ شعبه از بانک‌های کشاورزی با فرض‌های بازدهی ثابت[12] و متغیر به مقیاس[13] در مناطق شهری و روستایی استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.
هاشم‌آبادی ۱۳۸۴	در پایان‌نامه خود به بررسی کارایی و بهره‌وری[14] برخی از پالایشگاه‌های نفت ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد ستانده‌محور[15] پرداخته است. از آنجا که ضایعات خروجی نامطلوب است، مقدار آن را به صورت معکوس وارد مدل کرده است، تا اثر منفی آن بر میزان کارایی بررسی شود. نتایج به‌دست‌آمده نشانگر این است که طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۶ کل پالایشگاه‌ها، دارای بازدهی کاهنده به مقیاس می‌باشند.
ترکاشوند ۱۳۸۵	از طریق مدل تحلیل پوششی داده‌ها، عملکرد آموزشی و پژوهشی ۲۱ گروه آموزشی متعلق به دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس را ارزیابی کردند. در این مطالعه هدف تحقیق اندازه‌گیری کارایی و رتبه‌بندی، تعیین نقاط قوت و ضعف و مشخص کردن وضعیت استفاده بهینه از منابع دردسترس است.
حیدری‌نژاد و همکاران ۱۳۸۵	به بررسی وضعیت بهره‌وری حوزه معاونت دانشجویی دانشگاه شهید باهنر کرمان، با استفاده از تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (DEA-PCA) پرداختند.
جهانشاهلو و همکاران ۱۳۸۷	در مقاله‌ای به بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب[16] پرداختند. در این مقاله برخی از احتمالات که برای برخورد با عوامل نامطلوب در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها وجود دارد، تبیین شده است. برای نمونه، احتمال اول چشم‌پوشی از عوامل نامطلوب است. دوم این است که خروجی نامطلوب را به عنوان ورودی و ورودی نامطلوب را به عنوان خروجی در نظر گرفت، درحالی‌که فرایند تولید واقعی را منعکس نمی‌کند. سوم اینکه خروجی نامطلوب را در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، غیرخطی در نظر گرفته شوند. چهارم اعمال یک تبدیل یکنواخت کاهشی را برای خروجی نامطلوب و سپس استفاده از متغیر تعدیل‌شده به عنوان خروجی.
فرزی‌پور ۱۳۸۷	از آنالیز سوپرکارا[17] به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در حضور ارائه مقدار تخفیف، پرداخته است.
مصطفی ۱۳۷۸	در مقاله‌ای با عنوان مدل‌سازی کارایی بانک‌های کشورهای عربی از این رویکرد تلفیقی استفاده کرده است. وی در این مقاله به دو رویکرد کلی سنجش کارایی برای بانک‌ها با عنوان واسطه‌گری و تولید اشاره می‌کند و با استفاده از این رویکردها ورودی و خروجی خود را مشخص می‌کند. مدل استفاده‌شده برای تحلیل پوششی داده‌ها مدل BCC خروجی‌محور بوده است. با این حال مدل CCR را نیز برای مقایسه نتایج بررسی کرده است. در انتها مشخص می‌شود که در این بررسی تفاوتی بین روش BCC و CCR مشاهده نشده است.

12. Fixed Efficiency
13. Variable Scale
14. Efficiency
15. Output Axis
16. Undesirable
17. Super-Efficient

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج پژوهش
هاشمی و حسین‌زاده ۱۳۸۸	ارزیابی عملکرد گروهای آموزشی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها را مطرح کردند.
فرهاد نجاتی ۱۳۸۸	بررسی کارایی آموزشگاه‌های پسرانه مقطع راهنمایی دولتی (سال سوم) ناحیه چهار اهواز با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در سال تحصیلی ۱۳۸۶–۱۳۸۵ انجام شد.
انواری رستمی و همکاران ۱۳۸۸	کاربرد تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارآیی نسبی کلانتری‌ها و پاسگاه‌های انتظامی را نشان دادند. این پژوهش با استفاده از داده‌های شش ماهه مربوط به فرماندهی انتظامی استان کرمان، به‌خوبی و به‌طور عملی کاربرد این تکنیک را در ارزیابی کارآیی نسبی واحدهای انتظامی نشان داده است. نتایج حاکی از توانایی این مدل در تعیین کارآیی نسبی واحدهای مورد مطالعه است. یافتن نقاط ضعف واحدهای مورد بررسی و پیشنهاد میزان تغییرات موردنیاز در مقادیر ورودی و خروجی برای رسیدن واحدها به مرز کاراً از دیگر نتایج این پژوهش بوده است.
مظفری و کاووسی ۱۳۸۹	تحلیل پوششی داده‌ها را در گسترش کیفیت عملکرد[18]، طراحی محصول و صنایع تولید تلویزیون (مطالعه موردی شرکت پارس الکتریک) به‌کار گرفتند.
یزدی و همکاران ۱۳۸۹	در مقاله‌ای به دسته‌بندی داده‌های فازی (مطالعه موردی بر روی ۲۰ واحد آموزشی) پرداختند که ورودی آن مقادیر مشخص هر داده و خروجی عدد یک می‌باشد و برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی از نرم‌افزار متلب[19] و جعبه ابزار YALMIP استفاده شده است.
مصطفی حسینی ۱۳۸۹	به ارزیابی عملکرد ادارات آموزش و پرورش استان‌ها، با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. مدل مورد استفاده آنها، BCC و CCR می‌باشد و برای ارزیابی کارایی از نرم‌افزار DS استفاده شده است.
سهرابی و نالچیگر ۱۳۸۹	برای ارائه یک مدل نوین تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور شناسایی کاراترین واحد تصمیم‌گیری با داده‌های غیردقیق در مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها (نظیر مدل‌های BCC و CCR) این فرض وجود دارد که مقدار عددی دقیقی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها مشخص است. همچنین، نتایج مدل پیشنهادی با یکی از مدل‌های پیشین مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج مدل پیشنهادی با مدل‌های پیشین حاکی از این است که مدل پیشنهادی از کارایی محاسباتی بهره‌مند بوده و تنها با یک بار حل کردن آن، کاراترین واحد با داده‌های غیردقیق شناسایی می‌شود.
هادی زارع ۱۳۹۰	به ارزیابی عملکرد تجاری‌سازی تحقیقات دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها پرداخت. ورودی‌ها شامل تعداد دانشجو، میزان سرانه اعتبار تحقیقاتی و تعداد عضو هیئت علمی و خروجی‌ها شامل تعداد مقالات علمی پژوهشی، تعداد طرح‌های تحقیقاتی خاتمه‌یافته و تعداد کتب تألیف و ترجمه‌شده می‌باشد.
احمدی و یزدی ۱۳۹۰	سنجش بهره‌وری مؤسسات آموزش عالی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها انجام شد. در این پژوهش نرم‌افزار استفاده‌شده برای سازماندهی اطلاعات ExeL و DEAP2 می‌باشد.
اسفندیار ۱۳۹۰	طراحی مدل تلفیقی برای ارزیابی عملکرد کارکنان دانشگاه‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و مجموعه فازی (مطالعه موردی) انجام شد.

18. Quality Function Deployment
19. MATLAB

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج پژوهش
جبارزاده و صوفی ۱۳۹۰	در پژوهش «سنجش کارایی و رتبه‌بندی واحدهای بازرسی استانی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها» با استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی واحدهای بازرسی استانی مورد ارزیابی قرار گرفته و واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده است.
دینی ترکمانی و همکاران ۱۳۹۰	برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین[20] از مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای داده‌ها استفاده کرده‌اند. از آنجایی‌که زنجیره تأمین، زنجیره‌ای است که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده را شامل می‌شود، برای محاسبه کارایی این سیستم از مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای داده‌ها استفاده می‌شود.
محسن فرجی ۱۳۹۰	طراحی مدل ریاضی ارزیابی عملکرد با تأکید بر شاخص‌های درونی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی گروه‌های آموزشی دانشگاه امام صادق (ع)) انجام شد.
شفیعی و همکاران ۱۳۹۰	در مقاله‌ای با استفاده از ۲۳ شاخص ارائه‌شده توسط دیکسون و پس از غربال اولیه، تأمین‌کنندگان شرکت دایتی را براساس مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی و تحلیل دو مرحله‌ای مورد ارزیابی قرار دادند.
حسینی و ملایی آزادبنی ۱۳۹۰	ارزیابی عملکرد گروه‌های آموزشی یکی از دانشگاه‌ها را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (IDEA) بررسی کردند. در این مقاله معیارهای ارزیابی با استفاده از ادبیات موضوع و نظرات خبرگان انتخاب شده و برای وزن‌دهی زیرمعیارها و ترکیب آنها در قالب یک معیار اصلی از تکنیک AHP استفاده شده است.
حلواچی‌زاده و یزدی ۱۳۹۰	از سروکوال[21] و تحلیل پوششی داده‌ها برای سنجش و مقایسه کارایی بیمارستان‌ها استفاده کرده است. در این پژوهش رویکرد مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای داده‌ها[22]، از نوع خروجی‌گراست، که در چنین مدل‌هایی به دنبال افزایش در میزان خروجی‌ها بدون تغییر در میزان ورودی‌ها با هدف افزایش کارایی می‌باشیم.
شاهرودی و حسنی ۱۳۹۰	به منظور انتخاب تأمین‌کنندگان از رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و هزینه کل مالکیت بهره بردند.
محبی، علیمردانی و اسدی ۱۳۹۰	برای اندازه‌گیری کارایی پژوهشی دانشکده‌های دانشگاه علوم انتظامی در سال (۱۳۸۷) در قیاس با دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی– که از مهم‌ترین نظام‌های تولید علم و پژوهش می‌باشند– بایستی سیستمی برای ارزیابی آنها طراحی و در این فرایند با ملاک‌ها و اصول خاص و علمی به بررسی زیرمجموعه‌های آنها پرداخت. به این جهت، پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی پژوهشی دانشکده‌های دانشگاه علوم انتظامی در سال (۱۳۸۷) و برای تعیین دانشکده‌های کارا و ناکارا و رتبه‌بندی آن‌ها انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که دانشکده‌های علوم و فنون اطلاعات و آگاهی، پلیس راهور و دانشکده اداری پشتیبانی کارا و دانشکده‌های مرز، انتظامی و فرماندهی و ستاد ناکارا می‌باشند. نتیجه این تحقیق نشان داد در رتبه‌بندی نیز به ترتیب دانشکده‌های راهور، اداری پشتیبانی، اطلاعات و آگاهی، مرزی، انتظامی و فرماندهی و ستاد در رتبه اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم قرار گرفتند.

20. Supply Chain
21. ServQual
22. Network Data Envelopment Analysis

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج پژوهش
طلوع و همکاران ۱۳۹۰	یک مدل جدید از تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه است که توان شناسایی کارآمدترین تأمین‌کننده در حضور داده‌های اصلی و داده‌های ترتیبی را دارد. سپس، با استفاده از این مدل، یک روش ابتکاری برای اولویت‌بندی تأمین‌کننده با در نظر گرفتن معیارهای چندگانه ارائه شده است. به عنوان یک مزیت، این روش بهترین گزینه را شناسایی و با حل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط به دست آورد.
بلندی ۱۳۹۱	تحلیل کارایی و تخصصی بهینه منابع به بخش‌های مختلف مرکز آموزشی درمانی الزهرا (س) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های متمرکز انجام شد.
پاکزاد ۱۳۹۱	تطبیق تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی عملکرد سیستم آموزشی (مطالعه موردی گروه‌های آموزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان) انجام ش‌د. برای ارزیابی عملکرد مناسب گروه‌های آموزشی از مدل (AHP-joint MLDEA) استفاده شده است.
الفت و همکاران ۱۳۹۱	در مقاله‌ای از مدلی متناسب با ماهیت شبکه‌ای و چندمرحله‌ای زنجیره تأمین استفاده کرده‌اند که عملکرد کل زنجیره را در قالب یک مدل ریاضی و با استفاده از شاخص‌های مالی، دانشی، مشارکت و پاسخگویی زنجیره تأمین، ارزیابی می‌کند. این مقاله حاصل تحقیقی مرتبط با زنجیره‌های تأمین شرکت‌های داروسازی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است و ۱۱۱ نفر از کارشناسان و مدیران ارشد به عنوان نمونه مورد سؤال قرار گرفته‌اند.
معصومه دشتی‌نژاد ۱۳۹۱	مهم‌ترین مشکلات مدل‌های ارائه‌شده عدم در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهای چندگانه در ارزیابی کارایی سبد سهام می‌باشد. در این تحقیق با هدف رفع این مشکل از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد از بین ۹۶ شرکت مورد بررسی، تعداد ۱۸ شرکت کارا و مابقی ناکارا شناخته شده‌اند.
حمزه‌پور و محمدی ۱۳۹۱	در پژوهش «بررسی کارآیی شعب سازمان بیمه تأمین اجتماعی در استان تهران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها»، رتبه هر یک از شعب سازمان تأمین اجتماعی در استان تهران بر حسب انواع کارایی (کارایی فنی، کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس) محاسبه شده و نوع بازدهی نسبت به مقیاس، در هر یک از شعب (بازده صعودی، نزولی یا ثابت) برآورد شده است.
محمودی و بدیعی ۱۳۹۲	رابطه نسبت‌های سودآوری یا کارایی در مؤسسات آموزش عالی غیردولتی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی با درجه بسیار بزرگ) بررسی شد. برای کاربرد تجربی این مدل، عملکرد مالی ۷۰ واحد دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلام در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ بررسی و با استفاده از متغیرهای هزینه‌های عملیاتی و ارزش ویژه و سود خالص و خالص جریان نقدی عملیاتی که از مبنای نظری بیشتری برخوردار بوده‌اند با عنوان دو ورودی و دو خروجی مطرح و سپس نتایج را با یک روش تلفیقی توسط نرم‌افزار بهینه‌سازی لینگو ارزیابی شد و کاراترین و ناکاراترین واحد در بازه زمانی مورد مطالعه به دست آورده شد و مدل استفاده از آن (تحلیل پوششی داده‌ها) می‌باشد.
نجفی ۱۳۹۲	ارزیابی عملکرد واحدهای آموزشی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، الگوریتم تفاضلات تکاملی و ژنتیک انجام شد. در این مقاله رویکرد جدیدی براساس تکامل تفاضلات برای ارزیابی و رتبه‌بندی واحدهای آموزشی ارائه شده است. کارایی این واحدها توسط تکنیک ناپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها نیز تعیین و با استفاده از مدل AHP

نویسنده و سال انجام	موضوع و نتایج پژوهش
	رتبه‌بندی شده‌اند. مقایسه این روش‌ها با الگوریتم ژنتیک نیز انجام شد و تحلیل اختلاف این مقایسات به‌وسیله آزمایش اسپیرمن[۲۳] صورت پذیرفت.
احمدی و همکاران ۱۳۹۳	روش جدید تحلیل پوششی داده‌های فازی با مرزهای دوبل را برای انتخاب تأمین‌کننده توسعه دادند. در مقایسه با تحلیل پوششی داده‌ها مرسوم، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوبل می‌تواند بهترین تأمین‌کننده را به‌راحتی و بدون نیاز به اعمال هر گونه محدودیت وزن یا نیاز به محاسبه ماتریس کارایی متقاطع را ارائه و همچنین ممکن است نتایج متناقض‌شونده را شناسایی کند.
آزادی و همکارن ۱۳۹۳	در مقاله‌ای نظریه معیار ارائه‌شده توسط استوارت (۲۰۱۰) برای تعیین معیار و انتخاب تأمین‌کنندگان در یک محیط نامطمئن گسترش دادند. در این مقاله، مدل ارائه‌شده از ساختار برنامه‌ریزی هدف برای پیدا کردن نقاط در مرز کارایی استفاده می‌شود که درواقع توسط تأمین‌کننده در حضور داده‌های فازی قابل دسترسی هستند، همچنین به‌طور همزمان به یک روش برای اهداف بلندمدت سازمانی دست یافتند.
میرهدایتیان و همکاران ۱۳۹۴	در مقاله‌ای شبکه‌ای جدید برای ارزیابی سامانه جهانی ارتباطات همراه[۲۴] در حضور دو فاکتور، خروجی نامطلوب و داده‌های فازی، ارائه دادند.
توسلی و همکاران ۱۳۹۴	در مقاله‌ای یک مدل برای اندازه‌گیری کارایی، اثربخشی و بازده کلی تأمین‌کننده در مدیریت زنجیره تأمین ارائه کرده‌اند. افزون‌بر این، برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، فرمول سوپر کارای جدید تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد کردند.
کشاورز و طلوع ۱۳۹۵	رویکرد نوآورانه تحلیل پوششی داده‌ها– پیدا کردن و دسته‌بندی کردن تمامی تخصیص‌های کارآمد برای یک مسئله تخصیص چندمعیاره– یکی از مسائل بحث‌برانگیز در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره[۲۵] است. هدف اصلی این مطالعه استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای مقابله با این مسئله است.

مبانی نظری

فارل[۲۶] در سال ۱۹۵۷، با استفاده از روش اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، به سنجش کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. روش فارل با وجود رفع مشکل مربوط به انتخاب تابع تولید، همچنان مشکل تعداد ورودی و خروجی را داشت. در سال ۱۹۷۸ چارنز[۲۷]، کوپر[۲۸] و رودز[۲۹] با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی، روش غیرپارامتری فارل را، در مقاله «اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده»، برای سیستمی با

23. Spearman
24. Group Special Mobile
25. Multi Criteria Decision Making
26. Farrell
27. Charnes
28. Cooper
29. Rhodes

ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه تعمیم دادند و عنوان «تحلیل پوششی داده‌ها» " را برای روش خود انتخاب کردند. البته این تکنیک پیش از آن در سال ۱۹۷۶ در رساله دکتری رودز به راهنمایی کوپر با عنوان «ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ملی آمریکا» مورد استفاده قرار گرفته بود. مدلی که توسط چارنز، کوپر و رودز معرفی شد، مدل معروف CCR است که با فرض بازده به مقیاس ثابت ارائه شد و یکی از اساسی‌ترین مدل‌های تحلیل پوششی داده‌هاست که درواقع این عنوان از اولین حرف نوشتاری نام آنها گرفته شده است. از آن زمان به بعد، مطالعات بسیاری در زمینه کاربرد این روش انجام و مدل‌های جدید و مقالات زیادی در این زمینه ارائه شد. به عنوان نمونه، در سال ۱۹۸۴بنکر، چارنز و کوپر مدل معروف CCR را برای بازده به مقیاس متغیر بسط دادند و مدل معروف BCC – برگرفته از ابتدای نام هر سه پژوهشگر– ارائه کردند. پس از آن مدل‌های دیگری نظیر مدل ضربی در سال ۱۹۸۲، مدل جمعی در سال ۱۹۸۵ توسط چارنز و مدل نسبت مخروطی در سال ۱۹۸۲ توسط چارنز، کوپر و یوهوانگ و مدل ناحیه اطمینان و ... در حوزه تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شدند. در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، امکان سه نوع جهت‌گیری با ماهیت ورودی، ماهیت خروجی و بدون ماهیت وجود دارد. در مدل‌های با ماهیت ورودی واحدهای تصمیم‌گیرنده درپی آن هستند که با کمترین میزان ورودی ممکن، مقدار مشخصی خروجی ایجاد کنند. مدل‌های با ماهیت خروجی واحدهای تصمیم‌گیرنده در پی آن است که با مقدار مشخصی ورودی، بیشترین میزان خروجی ممکن را ایجاد کند. مدل‌های بدون ماهیت واحدهای تصمیم‌گیرنده، در پی کاهش ورودی‌ها و افزایش همزمان خروجی‌هاست. تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، تمام داده‌ها را تحت پوشش قرار داده و به همین دلیل تحلیل پوششی داده‌ها نامیده شده است. به‌طور معمول ورودی و خروجی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به صورت قطعی فرض می‌شوند. هر چند که در سال‌های گذشته داده‌های ورودی و خروجی تحلیل پوششی داده‌ها به صورت غیردقیق در نظر گرفته شده‌اند. داده‌های غیردقیق یعنی داده‌های احتمالی، بازه‌ای، وصفی، کیفی و فازی (جهانشاهلو و همکاران ۲۰۰۹). در این روش، واحدها با یک سطح استاندارد از پیش‌تعیین‌شده یا تابعی معلوم و مشخص مقایسه نمی‌شود؛ بلکه ملاک ارزیابی آنها واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای است که در وضعیت یکسان، فعالیت‌های مشابهی انجام می‌دهد. ارزیابی عملکرد واحدها در این روش، تحت دو فرض بازده ثابت و متغیر به مقیاس با دو رویکرد نهاده‌گرا یا ستاده‌گرا، صورت می‌پذیرد. این روش برای محاسبه کارآیی نسبی واحدها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، نحوه کاراسازی واحدهای مورد ارزیابی ناکارا را معرفی می‌کند. در ایران نیز تحلیل پوششی داده‌ها در سال (۱۹۹۴) با رساله دکتری محمدرضا

علیرضایی با عنوان ارزیابی اریب کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها، شروع شد و به دنبال آن از تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی و اندازه‌گیری عملکرد در زمینه‌های گوناگون استفاده شد. در این پژوهش نیز با اتکا بر کارآمدترین و جدیدترین روش استوارسازی، تغییرات مورد نظر را در مدل تحلیل پوششی داده‌ها ایجاد خواهیم کرد. در روش‌های استوارسازی با صرف‌نظر کردن از مقداری از تابع هدف، مسئله محدودیت‌های حاکم بر مسئله را اعمال می‌کنیم. در ادامه به توضیح مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شده و برخی از روش‌های غیرقطعی نظیر نظریه فازی که بسیار پرکاربرد هستند به تفضیل ارائه داده شده است تا از این پژوهش بتوان به عنوان منبع جامع علمی برای انجام طرح‌های آتی استفاده کرد.

روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها تحت عدم‌قطعیت در داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌های فازی

نظریه مجموعه فازی[30]برای اولین بار توسط پروفسور لطفعلی عسگرزاده[31] در سال ۱۹۶۵ با هدف مدل‌سازی ابهام‌ها و عدم‌قطعیت رویدادها مطرح شد. واژه «فازی» به معنای غیردقیق، ناواضح و مبهم (شناور) است. این نظریه، عدم‌قطعیت غیراحتمالی را پیش‌بینی می‌کند و به دنبال ارائه قالبی برای نمایش و مدیریت دانش مبهم و غیرقطعی است. سنگوپتا[32] در سال ۱۹۹۲ برای اولین بار رویکرد فازی به تحلیل پوششی داده‌ها را به ثبت رساند و ارزیابی عملکرد را با استفاده از مقادیر تصادفی مورد مطالعه قرار داد. کائو و لیو[33] در سال ۲۰۰۰، روش انتخاب تأمین‌کننده با داده‌های فازی ارائه کرده‌اند. با استفاده از برش α و نظریه فازی، آنها روش تحلیل پوششی داده‌های فازی را ساده‌سازی کردند (کائو و همکاران[34]، ۲۰۱۰). در جوامع امروزی، ارزیابی عملکرد در سازمان‌ها و واحدهای صنعتی روزبه‌روز بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. روش سنتی تحلیل پوششی داده‌ها قابلیت کاربرد در شرایط محیطی ثابت را دارد؛ درحالی‌که در مسائل جهان واقعی نیازمند ارزیابی سازمان‌ها در شرایط محیطی متفاوت هستیم. این واقعیت، به‌کارگیری نظریه تحلیل پوششی داده‌ها را با چالش مواجه می‌کند، به‌ویژه در زمانی‌که مناطق تحت پوشش سازمان‌ها تفاوت چشمگیری با یکدیگر دارند. این واقعیت لزوم استفاده از داده‌های محیطی در محاسبه ارزیابی عملکرد به

30. Fuzzy set
31. Zade
32. Sengupta
33. Kao and Liu
34. Kuoet al

روش تحلیل پوششی داده‌ها را نشان می‌دهد. در دنیای واقعی، در مسائل واقعی ارزیابی عملکرد، داده‌های ورودی و خروجی واحدهای تصمیم‌گیری‌ها دارای نوسان هستند. این داده‌های پرنوسان را می‌توان به وسیله متغیرهای زبانی در قالب اعداد فازی برای نشان دادن احساس عمومی و تجربیات خبرگان، ارائه کرد. ارزیابی عملکرد یک واحد توسط الگوهای تحلیل پوششی داده‌های معمولی نیازمند داده‌های ورودی و خروجی قطعی است. با این حال، در دنیای واقعی مسائل ورودی و خروجی اغلب مبهم است. در این بخش توسعه الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از داده‌های مبهم توسط مجموعه‌های فازی ارائه شده است.

مدل CCR فازی

با در نظر گرفتن داده‌های ورودی و خروجی فازی، مدل CCR به‌طور طبیعی به الگوی تحلیل پوششی داده‌های فازی به شرح زیر توسعه می‌یابد.

S.t:

$$\begin{aligned} & u_r\tilde{Y}_{rj} - v_i\tilde{X}_{ij} \le 0, && \text{j=1,2,...,n} \\ & v_i\tilde{X}_{ik} \le \tilde{1}, && \text{i=1,2,...,m} \\ & v_i . u_r 0, && \text{i=1,2,...,m} \quad \text{r=1,2,...,s} \end{aligned} \tag{۹}$$

$X_i . X_j$ به ترتیب بردارهای خروجی و ورودی فازی واحد تصمیم‌گیری هستند. انواع مختلفی از اعداد فازی وجود دارد، اما اعداد فازی مثلثی مفیدتر هستند، به‌طوری‌که ورودی و خروجی واحدهای تصمیم‌گیری به‌عنوان اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شود. بنابراین، مدل پیش‌گفته را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} & Max\ \tilde{z}_k = \sum_{r=1}^{s_1} u_{rk}\left(y_{rk}^L, y_{rk}^M, y_{rk}^R\right) \\ & \sum_{i=1}^{m} v_{ik}\left(x_{ik}^L, x_{ik}^M, x_{ik}^R\right) = (1,1,1) \\ & \sum_{r=1}^{s_1} u_{rk}\left(y_{rk}^L, y_{rk}^M, y_{rk}^R\right) - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}\left(x_{ik}^L, x_{ik}^M, x_{ik}^R\right) \le (0,0,0) \quad \forall j = 1,2,\dots,n \end{aligned} \tag{۱۰}$$

برای تبدیل مدل CCR فازی به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی قطعی با استفاده از یک رویکرد جایگزین α برش و با شرط $\alpha \in [0,1]$ می‌توان بهره برد. در نتیجه، مسئله به یک برنامه‌ریزی فاصله‌ای به شرح زیر تبدیل می‌شود.

$$Max\tilde{z}_k = \sum_{r=1}^{s_1} u_{rk}(\alpha y_{rk}^L + (1-\alpha)y_{rk}^M, \alpha y_{rk}^L + (1-\alpha)y_{rk}^R)$$

S.t:

$$\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(\alpha x_{ik}^L + (1-\alpha)x_{ik}^M, \alpha x_{ik}^L + (1-\alpha)x_{ik}^R) = 1,\\
&\sum_{r=1}^{s_1} u_{rk}(\alpha y_{rk}^L + (1-\alpha)y_{rk}^M, \alpha y_{rk}^L + (1-\alpha)y_{rk}^R)\\
&-\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(\alpha x_{ik}^L + (1-\alpha)x_{ik}^M, \alpha x_{ik}^L + (1-\alpha)x_{ik}^R) \le 0
\end{aligned} \qquad (۱۱)$$

با استفاده از برش α، عدد فازی مثلثی به فاصله کریسپ تبدیل می‌شود و با توجه به اینکه داده‌های ورودی استفاده‌شده در مدل برنامه‌ریزی خطی به صورت اعداد کرسیپ هستند؛ بنابراین با انتگرال‌گیری (روش مینکوسکی) از فاصله کرسیپ هر متغیر، یک عدد کرسیپ برای هر متغیر حاصل می‌شود و درنهایت مدل CCR ورودی‌محور فازی تبدیل به مدل برنامه‌ریزی خطی می‌شود.

بهینه سازی استوار

هنگامی که داده‌های موجود در تابع هدف غیر قطعی باشند، با تغییر مقادیر اسمی، بهینگی پاسخ به‌دست‌آمده برای مسئله اسمی به خطر می‌افتد و هنگامی که داده‌های مربوط به محدودیت‌ها قطعی[۳۵] نباشند نگران موجه‌بودن پاسخ به‌دست‌آمده هستیم. این مشاهده به یک پرسش برای طراحی رویکردهایی برای یافتن پاسخی بهینه که در مقابل عدم‌قطعیت داده‌ها ایمن باشد منتج می‌شود که این پاسخ‌ها را استوار[۳۶] می‌نامند. در کاربردهای عملی برنامه‌ریزی خطی، نمی‌توان این عدم‌قطعیت در داده‌ها را نادیده گرفت. در تحقیقات بن تال و نمیروفسکی طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ آشکار می‌شود که یک درصد نوسان در داده‌هایی که به‌وضوح غیرقطعی هستند، موجه بودن پاسخ بهینه به‌دست‌آمده برای داده‌های اسمی را با یک احتمال که نمی‌توان از صرف‌نظر کرد دچار مخاطره می‌کند. همچنین شواهدی در دست نیست که بگوید با تنظیمات و تغییراتی اندک در پاسخ بهینه به‌دست‌آمده برای داده‌های اسمی می‌توان

35. Certain
36. Robust

مانع بروز این مشکلات شد. مواردی وجود دارد که در آن‌ها پاسخ بهینه به‌دست‌آمده برای داده‌های اسمی را باید به‌طور کامل تغییر داد. رویکردی که در سال‌های اخیر برای مواجهه با عدم‌قطعیت داده‌ها بسط داده شده‌است، بهینه‌سازی استوار[۳۷] است که در آن به بهینه‌سازی به هنگام رخدادن بدترین موارد[۳۸] پرداخته می‌شود که ممکن است به یک تابع هدف کمینه‌کردن ماکزیمم $(Min-Max)$ بینجامد. در این رویکرد به دنبال پاسخ‌های نزدیک به بهینه‌ای هستیم که با احتمال بالایی موجه باشند. به عبارتی دیگر با صرف‌نظر اندک از تابع هدف، موجه‌بودن پاسخ به‌دست‌آمده را تضمین می‌کنیم. البته در مورد عدم‌قطعیت در ضرایب تابع هدف، با صرف‌نظر اندک از تابع هدف بهینه، به دنبال پاسخی هستیم که با احتمال بالایی پاسخ‌های واقعی بهتر از آن پاسخ باشند. در اوایل دهه ۱۹۷۰ سویستر[۳۹] مدل بهینه‌سازی خطی ارائه کرد که بهترین پاسخ موجه برای همه داده‌های ورودی را به ما می‌دهد، به‌طوری‌که هر داده ورودی می‌تواند هر مقداری از یک بازه را دربرگیرد. این رویکرد تمایل به یافتن پاسخ‌هایی دارد که بسیار محافظه‌کارانه هستند. بدین معنی که برای اطمینان از استوار بودن پاسخ به مقدار زیادی از بهینگی مسئله اسمی دور می‌شویم. بن تال و نمیروفسکی[۴۰] (۱۹۹۸–۲۰۰۱) و القاوی (۱۹۹۷–۱۹۹۸) با فرض اینکه داده‌ها از یک مجموعه عدم‌قطعیت بیضوی انتخاب می‌شوند، الگوریتم‌های کارایی برای حل مسائل بهینه‌سازی محدب[۴۱] تحت عدم‌قطعیت داده‌ها ارائه کردند. با وجود این، با توجه به اینکه فرمول‌بندی‌های استوار به‌دست‌آمده از مسائل درجه دوم مخروطی[۴۲] هستند، این روش‌ها نمی‌توانند به‌طور مستقیم برای حل مسائل گسسته مورد استفاده قرار گیرند. برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) رویکرد متفاوتی برای کنترل سطح محافظه‌کاری معرفی کردند. این رویکرد از این مزیت برخوردار است که به یک مدل بهینه‌سازی خطی می‌انجامد و بنابراین بر روی مدل‌های بهینه‌سازی گسسته نیز می‌توان اجرا کرد. در ادامه به توضیح مدل استوار برتسیماس و سیم بر مسئله برنامه‌ریزی خطی می‌پردازیم.

$$\begin{aligned} &Maximize \quad c^T x \\ &\text{S.t:} \\ &\qquad Ax \le b \\ &\qquad l \le x \le u \end{aligned} \tag{۱۲}$$

37. Robust Optimization
38. Worse Cases
39. Soyster
40. Ben. Tal and Nemirovski
41. Convex Optimization
42. Conical

مدل استوار برتسیماس و سیم

در مدل برتسیماس و سیم[۴۳] (۲۰۰۴) هر کدام از ضرایب محدودیت‌ها $j \in J_i = \{1,2,..., n\}$ ، a_{ij} به صورت یک متغیر تصادفی مستقل $\tilde{a}_{ij}$، با توزیع متقارن ولی ناشناخته مدل می‌شود که در بازه $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}, a_{ij} + \hat{a}_{ij}]$ مقدار می‌گیرد که $\hat{a}_{ij}$ نشان‌دهنده انحراف از ضرایب اسمی a_{ij} است. هر کدام از ضرایب تابع هدف $c_j \quad j \in N$ ، در بازه $[c_j - d_j, c_j + dj]$ مقدار می‌گیرد که d_j نشان‌دهنده انحراف از ضریب اسمی c_j است. گفتنی است از آن‌جاکه تابع هدف کمینه‌سازی است و هدف مدل‌های استوار به‌دست آوردن بیشینه کمینه $(Max - Min)$ است تنها یک طرف از بازه گفته‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ یعنی فرض می‌شود که c_j در بازه $[c_j, c_j + dj]$ مقدار می‌گیرد. برای فرمول‌بندی همتای استوار مسئله Γ_i به صورت زیر تعریف می‌شود. نقش Γ_iها در محدودیت‌ها، تنظیم کردن میزان استواری روش پیشنهادی در مقابل سطح محافظه‌کاری پاسخ است Γ_i که این سطح را حفاظت برای محدودیت iام می‌نامیم. گویه Γ_0 سطح استواری در تابع هدف را واپایش می‌کند. بنابراین می‌خواهیم مقدار پاسخ بهینه را در حالت‌هایی پیدا کنیم که ضرایب تابع هدف تا Γ_0 تغییر می‌کند و بیشترین تأثیر بر پاسخ می‌گذارد. همتای استوار ارائه‌شده توسط برتسیماس و سیم به صورت زیر است:

$$Maximize \ \ c^T x + z_0\Gamma_0 + \sum_{j \in J_0} P_{0j}$$

S.t:

$$\begin{aligned}
&\sum_j a_{ij} x_j + z_i\Gamma_i + \sum_{j \in J_i} P_{ij} \le b_i \quad \forall i \\
&Z_0 + P_{0j} \ge d_j y_j \quad \forall j \in J_0 \\
&Z_i + P_{ij} \ge \hat{a}_{ij} y_j \quad \forall i \ne 0,\ j \in J_i \\
&P_{ij}, y_j, z_i \ge 0 \quad \forall i, j \in J_i \\
&-y_j \le x_j \le y_j \quad \forall j \\
&l_j \le x_j \le u_j \quad \forall j
\end{aligned} \qquad (۱۳)$$

43. Bertsimas and Sim

با توجه به خطی‌بودن الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان به استوارسازی آنها پرداخت و از روش بالا برای این کار بهره‌گیری کرد.

نتیجه‌گیری

روش‌های نوین برآورد کارایی، ما را به سوی روشی نوین با رویکردی جامع به نام «تحلیل پوششی داده‌ها» سوق می‌دهد. در تحلیل پوششی داده‌ها به تعیین تابع توزیع و فرضیه‌سازی نیازی نیست؛ به صورتی که «تحلیل پوششی داده‌ها» با ساخت و حل n مدل، عملکرد n واحد را در قیاس با یکدیگر بررسی و هر کدام از مشاهدات را در مقایسه با مرز کارا، بهینه می‌کند. این روش، تکنیکی مبتنی‌بر مجموعه بهینه‌سازی برای محاسبه کارایی نسبی است که با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی انجام می‌شود. از این تکنیک برای اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای عملیاتی استفاده می‌شود. واحدهای عملیاتی بیشتر سازمان‌ها و صنایع دارای نهاده‌های مختلف و همچنین ستانده‌های گوناگون هستند. در این‌گونه موارد، مدیریت تعیین واحدهای عملیاتی ناکارآمد در تبدیل نهاده‌های چندگانه به ستانده‌های چندگانه معمولاً دشوار است. این روش، ابزاری قدرتمند برای اندازه‌گیری کارایی فرایندهای دارای نهاده‌ها و ستانده‌های چندگانه است. با توجه به آن‌چه که در پیشینه و کلیات پژوهش تبیین شد، اهمیت ارزیابی کارایی در ساختار سازمان‌های نظامی و غیرنظامی بر ما پوشیده نیست و پیشرفت‌های حاصل از انجام ارزیابی کارایی در سازمان‌ها نیز ما را به انجام این امر در سازمان‌هایی نظیر سازمان‌های پیش‌گفته در پیشینه پژوهش تشویق می‌کند؛ از اینرو در این پژوهش به بررسی یکی از مهمترین مسائل، یعنی ارائه یک راه‌کار جدید برای ارزیابی کارایی واحدها و کارمندان در سازمان ناجا در فضای عدم‌قطعیت پرداخته شده است تا بتوانیم از این روش برای ارزیابی کارایی در حوزه نظامی استفاده کنیم.

منابع:

منابع فارسی

ابراهیمی، علیرضا و صابر ساعتی (۱۳۹۰)، *ارزیابی عملکرد پژوهشی اساتید با استفاده ازروش تحلیل پوششی داده‌ها*، مجله ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان، سال هشتم، شماره ۲، صفحه ۸۰-۷۱.

بدیعی، حسین و محمد محمودی (۱۳۹۲)، *بررسی رابطه نسبت‌ها سودآوری با کارایی در موسسات آموزش عالی غیردولتی با استفاده ازتحلیل پوششی داده‌ها (مورد مطالعه واحدهای دانشگاه آزاداسلامی با درجه بسیاربزرگ)*، مجله مهندسی داده‌های مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره شانزدهم.

بلندی، دینا (۱۳۹۱)، *تحلیل کارایی وتخصصی بهینه منابع به بخش‌های مختلف مراکز آموزشی درمانی الزهرا(س) با استفاده ازروش تحلیل پوششی داده‌های متمرکز*، پایان‌نامه، دانشگاه الزهرا.

پاکزاد، آیلین (۱۳۹۱)، *تطبیق مدل تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی عملکرد سیستم آموزشی (مطالعه موردی گروه‌های آموزشی دانشگاه شهید باهنرکرمان)*، پایان‌نامه، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

ترکاشوند، آذر (۱۳۸۵)، *ارزیابی عملکرد آموزشی و پژوهشی ۲۱ گروه آموزشی متعلق به دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس ازطریق مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌ها*، پایان‌نامه، دانشگاه تربیت مدرس.

حسینی، سید علی و مهدی ملایی (۱۳۹۰)، *ارزیابی عملکرد گروهای آموزشی یکی از دانشگاه‌ها با استفاده ازتحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای*، سومین همایش تحلیل پوششی داده‌ها، دانشگاه آزاد.(IDEA).

حسینی، سید مصطفی (۱۳۸۹)، *ارزیابی عملکرد ادارات آموزش و پرورش استان‌ها با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

حیدری نژاد (۱۳۸۵)، *بررسی وضعیت بهره‌وری حوزه معاوت دانشجویی دانشگاه شهید باهنرکرمان، با استفاده ازتکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها وتحلیل مولفه‌های اصلی(DEA-PCA)*، پایان‌نامه، شهید باهنر کرمان.

خانی، عیسی (۱۳۸۱)، *مدل ریاضی ارزیابی کارایی گروه‌های آموزشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس با استفاده ازتحلیل پوششی داده‌ها*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

دباغ، رحیم (۱۳۸۸)، *بررسی کارایی و بهره‌وری دانشگاه‌های جامع دولتی ایران*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

زارع، هادی (۱۳۹۰)، *ارزیابی عملکرد تجاری سازی تحقیقات دانشگاه‌ها وموسسات آموزش عالی بارویکرد تحلیل پوششی داده‌ها*، فصلنامه اقتصاد در تجارت نوین، شماره‌های ۲۱و۲۲، صفحات ۲۰۲-۱۸۳، دانشگاه تهران.

سهرابی، بابک و سروش نالچیگر (۱۳۸۹)، *ارائه‌ی یک مدل نوین تحلیل پوششی داده‌ها برای شناسایی کاراترین واحد تصمیم‌گیری با داده‌ها غیردقیق در مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها مثل مدل‌های (BCC,CCR)*، دوره ۴۴، شماره۱.

شجاعتی، گلناز (۱۳۹۳)، *بررسی روندکارایی گروه‌های آموزشی دانشکده علوم و پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحدکرمان با استفاده ازتحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای*، دانشکده علوم پایه، ششمین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها دانشگاه آزاد کرمان .

علیرضایی، محمد رضا (۱۳۷۳)، *ارزیابی واحدهای دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم*، پایان‌نامه دانشگاه تربیت معلم.

فلاح، اسفندیار (۱۳۹۰)، *طراحی مدل تلفیقی برای ارزیابی عملکرد کارکنان دانشگاه‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و مجموعه‌های فازی (مطالعه موردی)*، فصلنامه مدیریت، سال هشتم، شماره ۲۲، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه.

مظلومی، حیدر (۱۳۹۳)، *ارزیابی عملکرد واحدهای آموزشی به کمک تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی ارزیابی عملکرد دانشکده‌های دانشگاه علم وصنعت ایران)*، مقاله‌ی کتابنامه ششمین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها.

معینی، مهدی (۱۳۸۱)، *مدل‌های شبه تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی واحدهای خاص وابسته بهم (مطالعه موردی برروی مدارس مختلف کشور)*، پایان نامه، دانشگاه امیرکبیر.

یزدی، الهام و یوسف احمدی (۱۳۸۹)، *دسته‌بندی داده‌های فازی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی بر روی ۲۰ واحد آموزشی)*.

منابع لاتین

Ben-Tal.A, Nemirovski.A. (1998). *Robust Convex Optimization*, Mathematics of Operations Research 23:769–805.

Ben-Tal.A, Nemirovski.A. (1999). *Robust Solutions of Uncertain Linear Programs*, Operations Research Letters; 1-13.

Ben-Tal.A, Nemirovski.A.(2000). *Robust Solutions of Linear Programming Problems Contaminated with Uncertain Data*, Mathematical Programming;88:411-424.

Ben-Tal.A, Nemirovski.A.(2001). *Lectures on Modern Convex Optimization: Analysis, Algorithms, and Angineering Applications*. MPS-SIAMS eriesonOptimization, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.

Bertsimas.D, Browny.D. B, Caramanisz.C. (2007). *Theory and Applications of Robust Optimization*.1-34.

Bertsimas.D, Pachamanova.D, Sim.M. (2004). *Robust Linear Optimization Under General Norms*, Operations Research Letters;32:510-516.

Bertsimas.D, Sim.M. (2004). *The Price of Robustness*, Operations Research ;52:35-53.

Chen, C. T. (2000). *Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment*, Fuzzy sets and systems, vol. 114, no. 1, p. p. 1-9, Aug.

Chen.X, Sim.M, Sun.P. (2007). *A Robust Optimization Perspective on Stochastic Programming*, Operations Research ;55:1058-1071.

Davé, N. N. and Sen, S. (1997). *On generalizing the noise clustering algorithms*. IFSA 97 Prague Proceedings Volume, p. p. 205-210.

Davé, R. N. and Krishnapuram, R. (1997). *Robust clustering methods: a unified view*, Fuzzy Systems. IEEE Transactions on, vol. 5, no. 2, p. p. 270-293.

Davé, R. N. and Krishnapuram, R. (1997). *Robust clustering methods: a unified view*, *Fuzzy Systems*. IEEE Transactions on, vol. 5, no. 2, p. p. 270-293.

Dubois, D. and Prade, H. (1988). *Possibility Theory*, John Wiley & Sons. Inc, New York, USA.

Duda, R. O. and Hart, P. E. (1973). *Pattern classification and scene analysis*, vol. 3, John Wiley & Sons. Inc, New York, USA.

Dunn, J. C. (1973). *A fuzzy relative of the ISO DATA process and its use in detecting compact well-separated clusters*, Journal of Cybernetics, vol. 3, no. 3, p. p. 32-57, Sep.

Egilmez, G; Gumus, S; Kucukvar, M; Tatari, O. (2016). *A Fuzzy Data Envelopment Analysis Framework for Dealing with Uncertainty Impacts of Input-Output Life Cycle Assessment Models*, on Eco-Efficiency Assessment, Journal of Cleaner Production.

El-Ghaui.L, Lebret.H. (1997). *Robust Solutions Least-Square Problems to Uncertain Data Marices*, SIAM J; 1035-1064.

El-Ghaui.L, Oustry.F, Lebret.H. (1998). *Robust Solutions to Uncertain Semidefnite Programs*, SIAM J. Optim; 9(1), 33-52.

Ellram, L. M. (1990). *The supplier selection decision in strategic partnerships*. International Journal of Purchasing and Materials Management, vol. 26, no. 4, p. p. 8-14, Fall.

ErtugrulKarsak, E; ErtugrulKarsak, Mehtap, Dursun. (2014). *An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data*; Expert Systems with Applications 41. p 6995–7004.

Fallahpour, Alireza, UdoncyOlugu, Ezutah, SitiNurmaya Musa, Khezrimotlagh, Dariush, Kuan Yew Wong. (2015). *An integrated model for green supplier selection under fuzzy environment: application of data envelopment analysis and genetic programming approach*, Neural Comput&Applic.

FarzipoorSaen R. (2008). *Using super-effciency analysis for ranking suppliers in the presence of volume discount offers*. Int.J. Phys.Distrib. Logist.Manage. 38 (8):637–51.

Frigui, H. and Krishnapuram, R. (1996). *A robust algorithm for automatic extraction of an unknown number of clusters from noisy data*, Pattern Recognition Letters, vol. 17, no. 12, p. p. 1223-1232, Oct.

Frigui, H. and Krishnapuram, R. (1997). *Clustering by competitive agglomeration*, Pattern recognition, vol. 30, no. 7, p. p. 1109-1119.

Frigui, H. and Krishnapuram, R. (1999(. *A robust competitive clustering algorithm with applications in computer vision*, Pattern Analysis and Machine Intelligence. IEEE Transactions on, vol. 21, no. 5, p. p. 450-465.

Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (1998). *A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming*, International Journal of Production Economics, vol. 56-57, no. 20, p. p. 199-212, Sep.

Gulpinar.N, Katata.K. (2013). *Modelling Oil and Gas Supply Disruption Risks Using ExtremEvalue Theory and Copula*, Journal of Applied Statistics.

Gulpinara.N, Canakoglub.E, Pachamanovac.D. (2014). *Robust Investment Decisions Under Supply Disruption in Petroleum Markets*, Computers and Operations Research;44:75-91.

Guo, Dong; Wu, Jie. (2013). *A complete ranking of DMUs with undesirable outputs using restrictions in DEA models*; Mathematical and Computer Modelling 58. p 1102–1109.

Guo, Xuesong; Zhu, Zhengwei; Shi, Jia, *Integration of semi-fuzzy SVDD and CC-Rule method for supplier selection*, Expert Systems with Applications 41 (2014) 2083–2097 Volume 41, Issue 4, Part 2, March 2014, Pages 2083–2097 (china).

Gustafson, E. E, Kessel, W. C. (1979). *Fuzzy Clustering with A Fuzzy Covariance Matrix*, Proc. of The IEEE Conference on Decision and Control, San Diego, Californien, Pp. 761–766.

Halkidi, M., Batistakis, Y. and Vazirgiannis, M. (2002a). *Cluster validity methods: part I, ACM Sigmod Record*, New York, USA, vol. 31, no. 2, p. p. 40-45, Jun.

Halkidi, M., Batistakis, Y. and Vazirgiannis, M. (2002b). *Clustering validity checking methods: part II, ACM Sigmod Record*, New York, USA, vol. 31, no. 3, p. p. 19-27.

Handfield, R. B. and Nichols, E. L. (1999). *Introduction to Supply Chain Management*, Pittsburgh, PA, Prentice Hall.

Handfield, R. B., Walton, S. V., Sroufe, R. and Melynyk, S. A. (2002). *Applying environmental criteria to supplier assessment: a study in the application of the analytical hierarchy process*, European Journal of Operational Research, vol. 141, no. 1, p. p. 70-87, Aug.

Harland, C. M. (1996) *Supply chain management: relationships, chains and networks*, British Journal of management, vol. 7, no. s1, p. p. S63-S80, Dec.

Hathaway, R. J. and Bezdek, J. C. (1994). *NERF c-means: Non-Euclidean relational fuzzy clustering*, Pattern recognition, vol. 27, no. 3, p. p. 429-437, Mar.

Hervani, A. A., Helms, M. M. and Sarkis, J. (2005). *Performance measurement for green supply chain management*, Benchmarking: An International Journal, vol. 12, no. 4, p. p. 330-363.

Hoppner, F., Klawonn, F., Kruse, R. and Runkler, T. (2000). *Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification*, Data Analysis and Image Recognition, John Wiley & Sons Inc, New York, USA.

Hsu, C. W. and Hu, A. H. (2009). *Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process*, Journal of Cleaner Production, vol. 17, no. 2, p.p. 255-264, Jan.

Hsu, C.W, A.H., Hu. (2008). *Green supply chain management in the electronic industry*, International Journal Environ Science Technology, Vol. 5, No. 2, PP. 205-216.

Imre, Dobos; Gyöngyi, Vörösmarty. (2014). *Green supplier selection a devaluation using DEA-type composite indicators*, Int. J. Production Economics 157. p273–278.

Jaeseok, Kim, and Krishnapuram, Raghu. (1993). *Membership function generation methods for pattern recognition and computer vision*. Fifth International Fuzzy Systems Association World Congres 93 Volume I. Vol. 1.

Jahanshahloo, G.R; F. Lotfi, Hosseinzadeh; ShojaN, Tohidi, G; Razavyan, S. (2005). *Undesirable inputs and outputsin DEA models*. Applied Mathematics and Computation 169. p 917–925.

Ji, Xiang; Wu Jie. (2015). *Qingyuan Zhu. Eco-design of transportation in sustainable supply chain management: A DEA-like method*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Available online.

Jørnsten, K. O. (1992). *Sequencing Offshore Oil and Gas Field Under Uncertainty*, European Journal of Operational Research; 58, 191-201.

Karpak, B., Kumcu, E. and Kasuganti, R. R. (2001). *Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task*, European Journal of Purchasing and Supply Management, vol. 7, no.3, p. p. 209-216.

Kelle, P. and SILVER, E. A. (1989). *Purchasing policy of new containers considering the random returns of previously issued containers*, IIE transactions, vol. 21, no. 4, p. p. 349-354.

Klawonn, F. (2004). *Fuzzy clustering: insights and a new approach,* Mathware& soft computing, vol. 11, no. 3, p. p. 125-142.

Klawonn, F. and Höppner, F. (). *What is fuzzy about fuzzy clustering? Understanding and improving the concept of the fuzzifier*, Advances in Intelligent Data Analysis V, Springer Berlin Heidelberg, p. p. 254-264.

Klawonn, F., Kruse, R. and Timm, H. (2003). *Fuzzy shell cluster analysis*. Springer Vienna, 1997.

Krishnapuram, R. and Keller, J. M. (1993). *A possibilistic approach to clustering*, Fuzzy Systems. IEEE Transactions on, vol. 1, no. 2, p. p. 98-110.

Kumar Shukla, Anand; Sohani, Nagendra. (2016). *Green Supplier Selection Based On Analytic Network Process and Grey Relational Model*, Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol-2, Issue-8. ISSN: 2454-1362.

Kuo, R.J.; Lee, L.Y; Lai Hu, Tung. (2010). *Developing a supplier selection system through integrating fuzzy AHP and fuzzy DEA: a case study on an auto lighting system company in Taiwan*, Production Planning & Control: The Management of Operations, 21:5, 468-484.

Lee, A. H., Kang, H. Y., Hsu, C. F. and Hung, H. C. (2009). *A green supplier selection model for high-tech industry*, Expert systems with applications, vol. 36, no. 4, p. p. 7917-7927.

Liu, W. and Jiang, L. (2010). *A clustering algorithm FCM-ACO for supplier base management*, Advanced Data Mining and Applications, Springer Berlin Heidelberg, p. p. 106-113.

Mac Queen, J. (1967). *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*, Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability, vol. 1, no. 14, p. p. 281-297.

Mirhedayatian, SeyedMostafa; Azadi, Majid; FarzipoorSaen, Reza. (2014). *A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain managemen*; Int. J. Production Economics 147. P.p 544–554.

NazaninAhmady, Majid Azadi, Seyed Amir HosseinSadeghi& Reza FarzipoorSaen. (2013). *A novel fuzzy data envelopment analysis model with double frontiers for supplier selection*. International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management.

Ng, C. Y. and CHUAH, K. B. B. (2010). *Evaluation of eco design alternatives using fuzzy AHP methodology*. Design Principles and Practices, vol. 4, no. 1, p. p. 1-13.

Oliver, K. R. and Webber, M. D. (1982). *Supply-Chain Management: Logistics Catches Up with Strategy*, Outlook, vol. 5, no. 1, p. p. 42-47.

Park, D. and Krishnan, H. A. (2001). *Supplier selection practices among small firms in the United States: testing three models*, Journal of Small Business Management, Vol. 39, no. 3, p. p. 259-271.

QianYu, FujunHou. (2016). *An approach for green supplier selection in the automobile manufacturing industry*, Kybernetes, Vol. 45 Iss: 4, pp.571 – 588.

Rezaei, Jafar; Nispeling, Thomas; Sarkis, Joseph; Tavasszy, Lori. (2016), *A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method*, Journal of Cleaner Production 135. p.p 577-588.

Rousseeuw, P. J., Trauwaert, E. and Kaufman, L. (1995). *Fuzzy clustering with high contrast*, Journal of computational and applied mathematics, vol. 64, no. 1-2, p. p. 81-90, Nov.

Sahbi, H. and Boujemaa, N. (2005). *Validity of fuzzy clustering using entropy regularization*, Fuzzy Systems, 2005. FUZZ'05. The 14th IEEE International Conference on, p. p. 177-182, May.

Schölkopf, B. and Smola, A. J. (2002). *Learning with kernels: Support vector machines***,** regularization, optimization, and beyond, MIT press.

Sharma, S. (1996). *Applied Multivariate Techniques, John Willey & Sons Inc*, New York, USA.

Shen, H, Yang, J, Liu, X, Chou, K. (2005). *Using Supervised Fuzzy Clustering to Predict Protein Structural Classes*, Biochemical and Biophysical Research Communications 334, 577–581.

Sneath, P. H. and Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy***.** The principles and practice of numerical classification.

Srivastava, S. K. (2007). *Green supply-chain management: a state-of-the-art literaturereview* International journal of management reviews, vol. 9, no. 1, p. p. 53-80, Mar.

Stevens, G. C. (1989). *Integrating the supply chain*, International Journal of Physical Distribution and Materials Management, vol. 19, no. 8, p. p. 3-8.

Tajbakhsh, Alireza; Hassini, Elkafi. (2015). *A data envelopment analysis approach to evaluate sustainability in supply chain networks*. Journal of Cleaner ProductionVolume 105, 15 October.

Tavassoli, M; Faramarzi, G.R. and FarzipoorSaen, R. (2014). *A joint measurement of efficiency and effectiveness for the best supplier selection using integrated data envelopment analysis approach*, Int. J. Mathematics in Operational Research, Vol. 6, No. 1, pp.70–83.

Timm, H., Borgelt, C., Döring, C. and Kruse, R. (2004). *An extension to possibilistic fuzzy cluster analysis*, Fuzzy Sets and systems, vol. 147, no. 1, p. p. 3-16, Oct.

Toloo, Mehdi; Nalchigar, Sorooshc. (2011). *A new DEA method for supplier selection in presence of both cardinal and ordinal data*, Expert Systems with Applications 38. 14726–14731.

Tseng, M. L., Chiang, J. H. and Lan, L. W. (2009). *Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquetintegral*, Computers and Industrial Engineering, vol. 57, no.1, p.p 330-340.

Tuzkaya, G., Ozgen, A., Ozgen, D. and Tuzkaya, U. R. (2009). *Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach*, International Journal of Environmental Science & Technology, vol. 6, no. 3, p. p. 477-490.

Vachon, S. and Klassen, R. D. (2006). *Extending green practices across the supply chain: the impact of upstream and downstream integration*, International Journal of Operations and Production Management, vol. 26, no.7, p. p. 795-821, 2006a.

Vachon, S. and Klassen, R. D. (2006b). *Green project partnership in the supply chain: the case of package printing industry*, Journal of Cleaner production, vol. 14, no. 6, p. p. 661-71.

Vapnik, V. (1995). *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer, New York, USA.

Verma, R. and Pullman, M. E. (1998). *An analysis of the supplier selection process*, International Journal of Management Science, vol. 26, no. 6, p. p.739-750, Dec.

Weber, C. A., Current, J. R. and Benton, W.C. (1991). *Vendor selection criteria and methods*, European Journal of Operational Research, vol. 50, no. 1, p. p. 3-18, Jan. P.24.

Wu, Chong, Barnes, David. (2016). *An integrated model for green partner selection and supply chain Construction*. Journal of Cleaner Production 112. 2114-2132.

Wu, Desheng. (2009). *Supplier selection: A hybrid model using DEA*, decision tree and neural network Expert Systems with Applications 36. p.p 9105–9112.

Wu, Jie; Chu, Junfei; Sun, Jiasen; Zhu, Qingyuan; Liang, Liang. (2016). *Extended secondary goal models for weights selection in DEA cross-efficiency evaluation*, Computers & Industrial Engineering 93. p.p. 143–151.

Wu, Z. D., Xie, W. X. and Yu, J. P. (2003). *Fuzzy c-means clustering algorithm based on kernel method*. Computational Intelligence and Multimedia Applications. ICCIMA. Proceedings. Fifth International Conference on, p. p. 49-54, Sep. 2003.

Wu, G. C., Ding, J. H. and, Chen, P. S. (2012). *The effects of GSCM drivers and institutional pressures on GSCM practices in Taiwan's textile and apparel industry*, International Journal Production Economics, vol. 135, no. 2, p. p. 618-636, Feb.

Zadeh, L. A.; (1965) *Fuzzy sets*, Information and control, vol. 8, no. 3, p. p. 338-353.

Zhen-Hua Che. (2012). *Clustering and selecting suppliers based on simulated annealing algorithms*. Computers and Mathematics with Applications 63. 228–238 Z.H. Che, Volume 63, Issue 1, January 2012, Pages 228–238 (Taiwan).

Zhi, X. B., Fan, J. L. and Zhao, F. (2013). *Fuzzy Linear Discriminant Analysis-guided maximum entropy fuzzy clustering algorithm*. Pattern Recognition, vol. 46, no. 6, p. p. 1604-1615, Jun.

Zhou, Xiaoyang; Pedrycz, Witold; Kuang, Yunxin; Zhang, Zhe. (2016). *Type-2 fuzzy multi-objective DEA model: An application to sustainable supplier evaluation*, Applied Soft Computing. Volume 46, Pages 424–440.