فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۸۱، زمستان ۱۳۹۵، ۲۰۳-۱۸۱

# ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا در شرایط عدم قطعیت ـ رویکرد تحلیل پوششی داده‌های خاکستری

مرتضی صالحی سربیژن*

محسن سیاح مرکبی**

دریافت: ۹۴/۹/۲ پذیرش: ۹۵/۶/۱۶

تحلیل پوششی داده‌ها / تأمین‌کنندگان کارا / عدم قطعیت / تئوری اعداد خاکستری

## چکیده

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا یکی از مسائل مهم مدیریت زنجیره تأمین است و بیش‌تر از آن‌که به شاخص هزینه وابسته باشد، به دامنه گسترده‌ای از شاخص‌های کمّی و کیفی بستگی دارد. همچنین، رویکردهای وسیعی از تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کنندگان وجود دارد که تحلیل پوششی داده‌ها یکی از پرکاربردترین آن‌ها است و با در نظر گرفتن شرایط عدم‌قطعیت در دنیای واقعی، مسأله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان به یک مسأله تصمیم‌گیری پیچیده تبدیل می‌شود. تئوری اعداد خاکستری یکی از تئوری‌هایی است که برای مواجهه با شرایط عدم‌قطعیت به‌کار می‌رود. در این تحقیق برای دسترسی به نتایج واقعی در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا، یک مدل توسعه‌یافته به منظور تحلیل پوششی داده‌های خاکستری ارائه می‌شود که با اعمال ارجحیت‌های تصمیم‌گیرندگان درباره ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌دست می‌آید.

**طبقه‌بندی JEL: C61, D81**

*. عضو هیأت علمی دانشگاه زابل، دانشکده فنی و مهندسی m.salehisarbijan@uoz.ac.ir

**. دانشگاه پیام نور زنجان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع sayyah.mohsen@gmail.com

■ مرتضی صالحی سربیژن، مسئول مکاتبات.

## مقدمه

امروزه با جهانی شدن بازارها و افزایش رقابت در بازارهای جهانی و محیط کسب‌وکار، سعی سازمان‌ها برای بقا افزایش یافته و این موضوع سبب پیدایش فلسفه مدیریت زنجیره تأمین شده است. مدیریت زنجیره تأمین در حقیقت یکپارچه‌سازی واحدهای سازمانی در طول زنجیره تأمین و هماهنگ سازی جریان‌های مواد، اطلاعات و مالی است. همچنین، مدیریت زنجیره تأمین به یکی از مسائل اساسی برای شرکت‌ها و سازمان‌ها تبدیل شده، زیرا تمام فعالیت‌های سازمان از مرحله تهیه مواد اولیه تا تولید محصول نهایی و رساندن آن به دست مشتری را در بر می‌گیرد[1].

مسأله ارزیابی کارایی زنجیره تأمین محدوده وسیعی از ارزیابی کارایی سازمان‌های مستقل را در طول زنجیره تأمین تحت پوشش قرار می‌دهد، به‌طوری‌که یکی از مهم‌ترین مسائل تصمیم‌گیری، استراتژی است که به در نظر گرفتن عملیات مؤثر بلندمدت در کل زنجیره تأمین نیاز دارد و از آنجا که معمولاً سازمان‌های بازاریابی، توزیع، طرح‌ریزی، تولید و خرید در زنجیره تأمین مستقل از سازمان‌های دیگر هستند، بنابراین، ارزیابی کارایی زنجیره تأمین به معنای ارزیابی کارایی سازمان‌های بازاریابی، توزیع، طرح‌ریزی، تولید و خرید است.

افزایش مسأله خرید، اهمیت تصمیمات مرتبط با خرید را نیز دو چندان می‌سازد. بنابراین، تصمیمات مرتبط با استراتژی‌ها و عملیات خرید نقش تعیین‌کننده‌ای در سودآوری دارد. همچنین، مسأله انتخاب تأمین‌کننده یکی از مهم‌ترین مسایل موجود در حوزه مدیریت خرید است. از این‌رو، در پاسخ به افزایش رقابت، کوتاه شدن چرخه عمر محصولات و تغییر سریع سلایق مشتری، اکثر شرکت‌ها توسعه قابلیت‌های بلندمدت تأمین‌کنندگان را مورد توجه قرار داده و این امر اهمیت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان را روشن می‌کند.

در بخش اول این مقاله به مبانی نظری و بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پرداخته می‌شود. بخش دوم به تئوری اعداد خاکستری، تحلیل پوششی داده‌های خاکستری و مدل پیشنهادی اختصاص دارد و سپس، در بخش سوم مثالی برای تبیین مدل پیشنهادی ارائه می‌شود. در نهایت، در بخش آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای مطالعات بعدی ارائه خواهد شد.

1. Birasnav (2013); p.240.

## ۱. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

امروزه اهمیت تصمیم‌گیری درباره تأمین‌کنندگان مناسب، بسیار مهم و سخت است؛ به‌طوری‌که هرچه وابستگی سازمان‌ها به تأمین‌کنندگان بیش‌تر شود، نتایج مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری نادرست و غلط نیز زیان‌بارتر می‌شود. همچنین، کسب رضایت مشتری، تأمین نیازها و اولویت‌های مشتری مستلزم انتخاب و ارزیابی سریع و مناسب تأمین‌کنندگان است.

بسیاری از مسائل موجود در سازمان‌ها و زندگی روزمره، مربوط به مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه بوده و هدف‌شان انتخاب بهترین گزینه یا گزینه‌ها از میان چندین گزینه است. روش‌های مختلفی نظیر روش مجموع ساده وزین[1]، تکنیک تاپسیس، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[2]، تحلیل پوششی داده‌ها[3] برای حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد (یون و هوانگ[4]، یانگ و همکاران[5] و یانگ و هنگ[6]).

تاکنون مطالعات مختلفی درباره مسائل تصمیم‌گیری و انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

باسنِت و لیونگ[7] با یکپارچه‌سازی دو مسأله اندازه دسته سفارش و انتخاب تأمین‌کننده، مسأله جدیدی را با عنوان «تعیین اندازه دسته سفارش چنددوره‌ای توأم با مسأله انتخاب تأمین‌کننده» مطرح ساختند که در آن، تنها فاکتورهای کمّی در نظر گرفته شده و برای حل این مسأله یک روش و الگوریتم جست‌وجویی شمارشی و ابتکاری ارائه کرده‌اند. مدل ارائه‌شده به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند بدانند چه کالاهایی را با چه میزان، در چه دوره‌ای و از کدام تأمین‌کننده تأمین کنند. هونگ و همکاران[8] یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط را برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده ارائه دادند، به‌طوری‌که تعداد بهینه تأمین‌کنندگان را تعیین کرده و میزان سفارش را بهینه ساخته و درآمد را حداکثر می‌کند.

1. Simple Additive Weighting.
2. Analytical Hierarchy Process.
3. Data Envelopment Analysis.
4. Yoon & Hwang (1995); p.21.
5. Yang & et al. (2007); p.286.
6. Yang & Hung (2007); p.126.
7. .Basnet & Leung (1982); p.3.
8. Hong & et al. (2005); p.635.

ناراسیمهان و همکاران[1] یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده بهینه و تعیین مقدار بهینه سفارش ارائه داده‌اند. پنج شاخص برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کننده پیشنهاد شده، به‌طوری که وزن هر پنج شاخص با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[2] قبل از حل مدل به‌دست آمده است. همچنین بایازیت[3] یک مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای[4] برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد داده است که در آن ده شاخص ارزیابی وجود دارد که به عملکرد و قابلیت تأمین‌کنندگان خوشه‌بندی شده‌اند. برای تدوین و فرموله کردن روابط متقابل میان تمامی معیارها، هریک از آن‌ها به‌عنوان شاخص کنترلی برای ماتریس مقایسات زوجی در نظر گرفته شده است. چوی و لی[5] نیز یک مدل عمومی با استفاده از تکنیک استدلال بر پایه مورد[6] برای انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد داده‌اند. معیارهای مختلف دسته‌بندی در سه دسته توانایی فنی، سیستم کیفیت و مشخصات سازمانی طبقه‌بندی شده‌اند.

کول و تالوری[7] یک روش ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی[8] و AHP را برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با توجه به شاخص‌های ریسک و چرخه عمر محصولات پیشنهاد دادند که در آن از AHP برای ارزیابی تأمین‌کنندگان موجود با توجه به شاخص‌های مربوطه و یافتن وزن شاخص‌ها استفاده شده و سپس مدل GP برای ارزیابی تأمین‌کنندگان جانشین براساس اهداف ریسک چندگانه و محدودیت‌های موجود به‌کار رفته است. یانگ و چِن[9] یک روش ترکیبی AHP و تحلیل رابطه‌ای خاکستری[10] برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه دادند. در مدل پیشنهادی ایشان، ابتدا از AHP برای تعیین وزن شاخص‌های کیفی استفاده شده و سپس از وزن‌های به‌دست آمده به‌عنوان ضرایب مدل تحلیل رابطه‌ای خاکستری استفاده می‌شود.

دمیرتاش و اوستون[11] یک مدل ترکیبیANP و GP برای انتخاب تأمین‌کننده ارائه

1. .Narasimhan & et al. (2006): p.579.
2. Analytic Hierarchy Process.
3. Bayazit (2006); p.567.
4. Analytic Network Process
5. .Choy & Lee (2002); p.237.
6. Case-Based Reasoning
7. Kull & Talluri(2008); p.411.
8. Goal Programming
9. Yang & Chen (2006); p.927.
10. Grey Rational Analysis
11. Demirtas & üstün (2009),677 .

دادند که در آن از ANP برای ارزیابی تأمین‌کنندگان بالقوه استفاده شده و سپس وزن‌های به‌دست‌آمده در این مرحله به‌عنوان ضرایب یکی از توابع هدف GP به‌کار می‌رود. کُوُنگ و همکاران[1] نیز تئوری مجموعه فازی و SMART[2] را برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان ادغام کرده‌اند. در ابتدا فرم‌های ارزیابی تأمین‌کننده برای تعیین نمرات ارزیابی انفرادی به‌کار رفته و سپس نمرات حاصله به‌عنوان ورودی سیستم خبره فازی برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده شده است.

گارفامی[3] از تحلیل پوششی داده‌ها[4] برای ارزیابی کارایی تأمین‌کننده با توجه به ویژگی‌ها و شاخص‌های عملکرد تأمین‌کننده و خریدار استفاده کرده است. در این رویکرد سه تحلیل حساسیت انجام شده است. اولین تحلیل کارایی تأمین‌کننده را بدون درنظرگرفتن وزن تیم ارزیابی محاسبه می‌کند. دومین تحلیل ارزیابی تیم ارزیابی را به تأمین‌کننده ترجیح داده، درحالی‌که سومین تحلیل خریداران را به تأمین‌کننده ترجیح می‌دهد. سیدل[5] نیز از DEA برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده کرده و هیچ ورودی را در نظر نگرفته است. در این مدل، یک مقیاس هفت نقطه‌ای برای رتبه‌بندی شاخص‌های کیفی ارائه شده است. براگلیا و پترونی[6] روش DEA را برای اندازه‌گیری کارایی تأمین‌کنندگان جایگزین به‌کار برده و نُه شاخص ارزیابی پیشنهاد دادند که هم از شاخص‌های مستقل و هم از شاخص‌های متقابل استفاده شده است. لو و همکاران[7] یک مدل ساده‌شده DEA برای ارزیابی کارایی تأمین‌کنندگان با سه شاخص ورودی و دو شاخص خروجی پیشنهاد داده‌اند. مدل مذکور تأمین‌کنندگانی را برمی‌گزیند که بیش‌ترین تنوع عرضه را دارند و این گونه تعداد تأمین‌کنندگان را نیز می‌توان کاهش داد.

چِن و همکاران[8] یک مدل سلسله‌مراتبی براساس تئوری مجموعه فازی برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده ارائه کرده‌اند. متغیرهای زبانی برای مشخص کردن وزن شاخص‌ها

1. Kwong (2002); p.512.
2. Simple Multi-Attribute Rating Technique
3. Garfamy (2006); p.662.
4. Data Envelopment Analysis
5. Seydel (2006); p.81.
6. Braglia & Petroni (2000),96.
7. Liu& et al (2000); p.143.
8. Chen & et al (2006); p.289.

استفاده شده و می‌تواند توسط اعداد مثلثی یا ذوزنقه‌ای فازی بیان گردد. مدل پیشنهاد شده هم شامل شاخص‌های کمّی و هم شامل شاخص‌های کیفی است. وُو و اولسون[1] یک مدل ترکیبی DEA و تحلیل رابطه‌ای خاکستری فازی را برای مسأله رتبه‌بندی پیشنهاد داده‌اند. در این مدل از چهار شاخص به‌عنوان ورودی DEA استفاده شده است. چوُی و همکاران[2] یک مدل ترکیبی ANN[3] و CBR را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده توسعه داده‌اند. در این مدل از ANN برای محک و ارزیابی تأمین‌کنندگان بالقوه استفاده شده درحالی‌که CBR برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده براساس موفقیت‌های قبلی به‌کار رفته است.

تالوری و همکاران[4] یک مدل DEA با قیود تصادفی جهت ارزیابی کارایی تأمین‌کنندگان ارائه داده‌اند که در این مدل قیمت به‌عنوان پارامتر ورودی و کیفیت و تحویل به‌عنوان پارامتر خروجی در نظر گرفته شده است. همچنین برای نشان دادن قابلیت و سودمندی مدل، مدل ارائه شده با مدل DEA قطعی مقایسه شده است. وُو و همکاران[5] یک روش DEA برای انتخاب تأمین‌کننده در شرایط عدم قطعیت معرفی کرده‌اند. مدل ارائه شده را می‌توان با داده‌های غیردقیق برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان کارا به‌کار برد. همچنین مدل ارائه شده توانایی تبعیض میان تأمین‌کنندگان کارا و غیرکار را افزایش می‌دهد.فیکری و همکاران[6] از روش AHP برای انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت خودرو در کشور پاکستان استفاده کردند. در این پژوهش ابتدا معیارهای قیمت، کیفیت، زمان تحویل و سرویس‌دهی را براساس نظر خبرگان رتبه‌بندی کرده و سپس زیرمعیارهای مربوط به هر یک از معیارها را تعریف نموده و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice به تحلیل حساسیت مدل پرداختند. توانا و همکاران[7] نیز از یک مدل ترکیبی ANN–ANFIS[8] برای ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده کردند. در این مدل، پس از جمع‌آوری مجموعه داده‌ها توسط روش AHP، مهم‌ترین معیارهای عملکردی تأمین‌کنندگان توسط روش ANFIS مشخص شده

1. Wu D & Olson (2010); p.166.
2. Choy & et al (2004); p.692.
3. Artificial Neural Network.
4. Talluri & et al (2006); p.212.
5. Wu & et al (2007); p.174.
6. Fikri &et al (2015); p.273.
7. Tavana& et al (2016); p.129.
8. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System.

و سپس، روش MLP[1] برای پیش‌بینی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان کارا، برمبنای معیارهای مؤثر به‌کار رفته است. رحیمی‌نژاد و همکاران[2] یک مدل ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و کارت امتیازی متوازن برای انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت خودرو پیشنهاد دادند. ایفینوا و وی[3] نیز از مدل شبیه‌سازی سیستم دینامیکی فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان بهره بردند. در مدل ایشان، رفتار تأمین‌کنندگان با توجه به معیارهای پایداری در گذشته، حال و آینده از طریق مصاحبه با افراد خبره جمع‌آوری شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار Vensim برای انتخاب تأمین‌کننده با پایداری بالا، شبیه‌سازی شده است. نتایج تحقیق ایشان نشان می‌دهد افزایش نرخ سرمایه‌گذاری توسط تأمین‌کنندگان تأثیر بسزایی در عملکرد آن‌ها دارد. هاشمی و همکاران[4] یک مدل ترکیبی ANP و GRA برای انتخاب تأمین‌کنندگان سبز ارائه کردند به‌طوری‌که ANP تقابل بین معیارها و GRA[5] تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت را مد نظر قرار می‌دهد. در این تحقیق از روش ANP برای وزن‌دهی و از GRA برای رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده شده است.

از آنجا که بیش‌تر تحقیقات انجام‌شده در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، شرایط قطعی را در نظر گرفته و توجه کم‌تری به در نظر گرفتن شرایط عدم‌قطعیت داشته‌اند، تاکنون مطالعات اندکی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در شرایط عدم‌قطعیت با استفاده از تئوری اعداد خاکستری انجام شده است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری اعداد خاکستری برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا در شرایط عدم‌قطعیت است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ۲. تشریح مسأله و مدل پیشنهادی

### ۲ـ۱. تئوری اعداد خاکستری

تئوری اعداد خاکستری یکی از تئوری‌های جدیدی است که براساس مفهوم مجموعه

1. Multi-Layer Perceptron.
2. .Rahiminezhad& et al (2016); p.93.
3. Ifeyinwa& Wei (2015); p.1.
4. Hashemi & et al (2015); p.178.
5. Grey Relational Analysis.

خاکستری توسط دِنگ[1] در سال ۱۹۸۲ پیشنهاد شده و در زمینه‌های مختلفی به‌کار رفته است[2]. در تئوری اعداد خاکستری با توجه به درجه اطلاعات، اگر اطلاعات سیستم به‌طور کامل معلوم و مشخص باشد، در این صورت سیستم را یک سیستم سفید و اگر اطلاعات سیستم نامعلوم باشد، سیستم را سیستم سیاه می‌نامند. سیستمی با اطلاعات نسبتاً شناخته شده، سیستم خاکستری نامیده می‌شود.

تعریف ۱: یک سیستم خاکستری به‌عنوان سیستمی حاوی اطلاعات نامشخصی تعریف شده و این اطلاعات توسط اعداد خاکستری و متغیرهای خاکستری بیان می‌شود.

تعریف ۲: فرض کنید X مجموعه مرجع باشد آنگاه مجموعه خاکستری G از مجموعه مرجع به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} \overline{\mu}_G(x) : x \to [0,1] \\ \underline{\mu}_G(x) : x \to [0,1] \end{cases} \quad (۱$$

$\overline{\mu}_G(x) \geq \underline{\mu}_G(x)$، $x \in X$، X=R و $\overline{\mu}_G(x)$ و $\underline{\mu}_G(x)$ به ترتیب توابع عضویت بالا و پایین G هستند. اگر $\overline{\mu}_G(x) = \underline{\mu}_G(x)$ آنگاه مجموعه خاکستری G، مجموعه فازی خواهد بود. این نکته نشان می‌دهد تئوری خاکستری شرایط فازی را نیز در نظر می‌گیرد.

تعریف ۳: عدد خاکستری می‌تواند به‌عنوان عددی با اطلاعات ناقص در نظر گرفته شود. برای مثال در رتبه‌بندی شاخص‌ها از متغیرهای زبانی استفاده می‌شود که این متغیرها را می‌توان با اعداد بازه‌ای نشان داد. این عدد بازه‌ای شامل اطلاعات نامشخص و ناقص نیز خواهد بود. به‌طورکلی یک عدد خاکستری به‌صورت $\otimes G$ نشان داده شده و $\otimes G = G\Big|^{\overline{\mu}}_{\underline{\mu}}$.

تعریف ۴: عدد خاکستری با حد پایین و بدون حد بالا به‌صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$\otimes G = [\underline{G}, \infty) \quad (۲$$

تعریف ۵: عدد خاکستری با حد بالا و بدون حد پایین به‌صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود:

1. Deng (1982); p.293.
2. Lin & et al (2006); p.392.

$$\otimes G = (-\infty, \overline{G}] \quad (۳$$

تعریف ۶: عدد خاکستری که حد پایین و بالا دارد را عدد خاکستری بازه‌ای نامیده و به‌صورت رابطه (۴) تعریف می‌کنند:

$$\otimes G = [\underline{G}, \overline{G}] \quad (۴$$

تعریف ۷: عدد خاکستری $\otimes G = [\underline{G}, \overline{G}]$ را می‌توان به‌صورت رابطه (۵) نشان داد:

$$[\underline{G}, \overline{G}] = \underline{G} + (\overline{G} - \underline{G}) * \alpha \quad (۵$$

تعریف ۸: فرض کنید $\otimes G_1 = [\underline{G_1}, \overline{G_1}]$ و $\otimes G_2 = [\underline{G_2}, \overline{G_2}]$ دو عدد خاکستری باشند، در این‌صورت چهار عمل اصلی برای این اعداد به‌صورت روابط (۶)تعریف می‌شود:

$$\otimes G_1 - \otimes G_2 = [\underline{G_1} - \overline{G_2}, \overline{G_1} - \underline{G_2}] \quad (۶$$

$$\otimes G_1 + \otimes G_2 = [\underline{G_1} + \underline{G_2}, \overline{G_1} + \overline{G_2}]$$

$$\otimes G_1 \times \otimes G_2 = [\min(\underline{G_1}\underline{G_2}, \underline{G_1}\overline{G_2}, \overline{G_1}\underline{G_2}, \overline{G_1}\overline{G_2}), \max(\underline{G_1}\underline{G_2}, \underline{G_1}\overline{G_2}, \overline{G_1}\underline{G_2}, \overline{G_1}\overline{G_2})]$$

$$\otimes G_1 \div \otimes G_2 = [\underline{G_1}, \overline{G_1}] \times [\frac{1}{\overline{G_2}}, \frac{1}{\underline{G_2}}]$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تعریف ۹: طول عدد خاکستری $\otimes G$ به‌صورت رابطه (۷) است.

$$L(\otimes G) = [\overline{G} - \underline{G}] \quad (۷$$

تعریف ۱۰: فرض کنید $\otimes G_1 = [\underline{G_1}, \overline{G_1}]$ و $\otimes G_2 = [\underline{G_2}, \overline{G_2}]$ دو عدد خاکستری باشند، در این‌صورت رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\} = \frac{\max(0, L^* - \max(0, \overline{G_1} - \overline{G_2}))}{L^*} \quad (۸$$

که در آن $L^* = L(\otimes G_1) + L(\otimes G_2)$.

همچنین، برای رابطه (۸) چهار حالت وجود دارد:

الف) اگر $\underline{G_1}=\underline{G_2}$ و $\overline{G_1}=\overline{G_2}$، در این‌صورت $\otimes G_1=\otimes G_2$ بوده و $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\}=0.5$.

ب) اگر $\underline{G_2}\succ\overline{G_1}$ در این‌صورت $\otimes G_2 \succ \otimes G_1$ بوده و $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\}=1$.

پ) اگر $\overline{G_2}\prec\underline{G_1}$ در این‌صورت $\otimes G_2 \prec \otimes G_1$ بوده و $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\}=0$.

ت) اگر دو عدد دارای اشتراک باشند، هنگامی که $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\}\succ 0.5$ در این‌صورت $\otimes G_2 \succ \otimes G_1$ بوده و هنگامی که $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\}\prec 0.5$ در این‌صورت $\otimes G_2 \prec \otimes G_1$ خواهد بود[1].

## ۲ـ۲. مدل برنامه‌ریزی خطی با پارامترهای خاکستری

فرض کنید $X=[x_1,x_2,...,x_n]^T$، $C=[c_1(\otimes),c_2(\otimes),...,c_n(\otimes)]^T$، $b=[b_1(\otimes),b_2(\otimes),...,b_m(\otimes)]^T$ و همچنین عبارت زیر برقرار باشد:

$$A(\otimes)=\begin{bmatrix} a_{11}(\otimes) & a_{12}(\otimes) & ... & a_{1n}(\otimes) \\ a_{21}(\otimes) & a_{22}(\otimes) & ... & a_{2n}(\otimes) \\ ... & ... & ... & ... \\ a_{m1}(\otimes) & a_{m2}(\otimes) & ... & a_{mn}(\otimes) \end{bmatrix}$$

که در آن $a_{ij}\in[\underline{a}_{ij},\overline{a}_{ij}],\underline{a}_{ij}\ge 0$، $b_i\in[\underline{b}_i,\overline{b}_i],\underline{b}_j\ge 0$، $c_j\in[\underline{c}_j,\overline{c}_j],\underline{c}_j\ge 0$ بوده و i=1,2,..., m, j=1,2,..., n است. آنگاه عبارت زیر یک مسأله برنامه‌ریزی خطی با پارامترهای خاکستری نامیده شده که در آن X بردار خاکستری است:

$$Max\ S=C(\otimes)X$$
$$\text{s.t.}\begin{cases} A(\otimes)X=b(\otimes) \\ X\ge 0 \end{cases}$$

## ۳ـ۲. تحلیل پوششی داده‌های خاکستری (بازه‌ای)

فرض کنید که n واحد تصمیم‌گیری (DMU) وجود دارد که هرکدام دارای m ورودی و s خروجی است. در این‌صورت، کارایی نسبی $DMU_0$ با حل رابطه (۹) به‌دست می‌آید:

1. Lia & et al (2007); p.577.

(۹

$$Max \quad \theta_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r [\underline{y_{r0}}, \overline{y_{r0}}]$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} v_i [\underline{x_{ij}}, \overline{x_{ij}}] - \sum_{r=1}^{s} u_r [\underline{y_{rj}}, \overline{y_{rj}}] \geq 0 \\ j = 1,...,n, j \neq 0 \\ \sum_{i=1}^{m} v_i [\underline{x_{i0}}, \overline{x_{i0}}] = 1 \\ v_i, u_r \geq 0, \forall i, r \end{cases}$$

که در آن، $x_{ij} = [\underline{x_{ij}}, \overline{x_{ij}}]$ و $y_{ij} = [\underline{y_{rj}}, \overline{y_{rj}}]$ به‌ترتیب نشانگر ورودی‌ها و خروجی‌ها بوده و در آن r=1,2,...,s ، i=1,2,...,m ، j=1,2,...,n بوده و $y_{rj}$ مقدار خروجی تولید شده توسط DMUj، $x_{ij}$ مقدار ورودی استفاده شده توسط DMUj، $u_r$ وزن خروجی r –ام و $v_i$ وزن ورودی i ام است. حداکثر کارایی برای $DMU_0$ زمانی رخ می‌دهد که بیش‌ترین خروجی را با استفاده از کم‌ترین ورودی تولید کند، درحالی‌که بقیه DMUها با استفاده از بیش‌ترین ورودی، کم‌ترین خروجی را تولید کنند. مدل ریاضی برای حداکثر کارایی $DMU_0$ به‌صورت رابطه (۱۰) است.

(۱۰

$$Max \quad \overline{\theta_0} = \sum_{r=1}^{s} u_r \overline{y_{r0}}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} v_i \overline{x_{ij}} - \sum_{r=1}^{s} u_r \underline{y_{rj}} \geq 0 \\ j = 1,...,n, j \neq 0 \\ \sum_{i=1}^{m} v_i \underline{x_{i0}} = 1 \\ v_i, u_r \geq 0, \forall i, r \end{cases}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

به‌علاوه، حداقل کارایی برای $DMU_0$ زمانی رخ می‌دهد که کم‌ترین خروجی را با استفاده از بیش‌ترین ورودی تولید کند، درحالی‌که بقیه DMUها با استفاده از کم‌ترین ورودی، بیش‌ترین خروجی را تولید کنند. مدل ریاضی برای حداقل کارایی $DMU_0$ به‌صورت رابطه (۱۱) است.

$$Max \quad \underline{\theta_0} = \sum_{r=1}^{s} u_r \underline{y_{r0}} \qquad (۱۱$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} v_i \underline{x_{ij}} - \sum_{r=1}^{s} u_r \overline{y_{rj}} \geq 0 \\ j = 1,...,n, j \neq 0 \\ \sum_{i=1}^{m} v_i \overline{x_{i0}} = 1 \\ v_i, u_r \geq 0, \forall i, r \end{cases}$$

بنابراین کارایی $DMU_0$ به‌صورت $\theta_0 = [\underline{\theta_0}, \overline{\theta_0}]$ نشان داده می‌شود.

براساس مدل‌های اشاره شده، سه دسته‌بندی برای کارایی DMUها وجود دارد:

- $E^* = \left\{ DMU_j \middle| \underline{\theta_j} \geq 1, j = 1,...,n \right\}$ که در این حالت DMU کاراست.
- $E = \left\{ DMU_j \middle| \underline{\theta_j} \leq 1, \overline{\theta_j} \geq 1, j = 1,...,n \right\}$ که در این حالت DMU تا حدودی کاراست.
- $F = \left\{ DMU_j \middle| \overline{\theta_j} \leq 1, j = 1,...,n \right\}$ که در این حالت DMU ناکاراست.

## ۴ـ۲. روش‌های رتبه‌بندی DMUها براساس کارایی بازه‌ای

### ۱ـ۴ـ۲. روش میانگین

یکی از روش‌هایی که برای رتبه‌بندی DMUها مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش میانگین است که به شکل رابطه (۱۲) تعریف می‌شود.

$$\left[\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}\right] \leq \left[\underline{\theta_k}, \overline{\theta_k}\right] \Leftrightarrow \frac{\underline{\theta_j} + \overline{\theta_j}}{2} \leq \frac{\underline{\theta_k} + \overline{\theta_k}}{2} \qquad (۱۲$$

### ۲ـ۴ـ۲. رویکرد تأسف مینی‌ماکس[1] (MRA)

فرض کنید $A_j = [\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}] = < m(A_j), w(A_j) >, j = 1,2,...,n$ کارایی مربوط به n، DMU باشد، به‌طوری‌که $m(A_j) = \frac{1}{2}(\overline{\theta_j} + \underline{\theta_j})$ و $w(A_j) = \frac{1}{2}(\overline{\theta_j} - \underline{\theta_j})$ نقاط میانی و عرض بازه‌ها باشند. بدون از دست دادن کلیت مسأله، فرض کنید $A_j = [\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}]$

1. Minimax Regret Approach.

به‌عنوان بهترین کارایی بازه‌ای انتخاب شود. فرض کنید $b = \max_{j \neq i}\{\overline{\theta_j}\}$، واضح است که اگر $\underline{\theta_j} < b$ آنگاه تصمیم‌گیرنده به‌دلیل از دست دادن کارایی، احساس تأسف و پشیمانی می‌کند. حداکثر کارایی که تصمیم‌گیرنده می‌تواند از دست بدهد، به‌صورت $\max(r_j) = b - \underline{\theta_j} = \max_{i \neq j}\{\overline{\theta_i}\} - \underline{\theta_j}$ است. اگر $\underline{\theta_j} \geq b$ آنگاه تصمیم‌گیرنده به‌دلیل از دست ندادن کارایی هیچ‌گونه تأسف و پشیمانی ندارد. در این حالت، میزان تأسف تصمیم‌گیرنده صفر است، یعنی $r_j=0$ که با ترکیب دو حالت اشاره شده در بالا، رابطه (۱۳) به‌دست می‌آید:

$$\max(r_j) = \max[\max_{i \neq j}\{\overline{\theta_i}\} - \underline{\theta_j}, 0] \qquad (۱۳$$

بنابراین، معیار تأسف مینی‌ماکس، بهترین کارایی بازه‌ای به‌عنوان کارایی رضایت‌بخش را به‌صورت رابطه (۱۴) انتخاب خواهد کرد.

$$\min_j\{\max(r_j)\} = \qquad (۱۴$$
$$\min_j\{\max[\max_{i \neq j}\{\overline{\theta_i}\} - \underline{\theta_j}, 0]\}$$

براساس تجزیه و تحلیل اشاره شده در بالا، تعریف زیر را برای مقایسه و رتبه‌بندی کارایی بازه‌ای به‌دست می‌آید:

تعریف۱: فرض کنید $A_j = [\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}] = < m(A_j), w(A_j) >, j = 1,2,...,n$ یک مجموعه کارایی بازه‌ای باشد. بیش‌ترین مقدار کارایی از دست‌رفته (بیش‌ترین تأسف و پشیمانی) برای هر یک از $A_j$ ها به شکل رابطه (۱۵) خواهد بود:

(۱۵

$$R(A_j) = \max[\max_{i \neq j}\{\overline{\theta_i}\} - \underline{\theta_j}, 0] = \max[\max_{i \neq j}\{m(A_i) + w(A_i)\} - (m(A_j) - w(A_j)), 0]$$

j=1,2,...,n

بنابراین، بهترین حالت زمانی است که کم‌ترین میزان کارایی، از دست رفته باشد.

همچنین، برای رتبه‌بندی کارایی بازه‌ای با استفاده از بیش‌ترین کارایی ازدست‌رفته، گام‌های حذفی زیر پیشنهاد می‌شود:

- گام ۱) بیش‌ترین کارایی ازدست‌رفته را برای هریک از بازه‌ها محاسبه شده و

هرکدام را که کم‌ترین کارایی از دست داده را دارا باشد (کم‌ترین تأسف) به‌عنوان بازه کارایی مطلوب انتخاب کنید. فرض کنید که $A_{j1}$ به‌عنوان بازه کارایی که $1 \le j_1 \le n$ مطلوب، انتخاب شده باشد.

- گام۲) $A_{j1}$ را از مجموعه حذف کرده و دوباره بیش‌ترین کارایی ازدست‌رفته را برای (n-1) کارایی باقیمانده محاسبه کنید. فرض کنید که در این گام $A_{j2}$ انتخاب شده باشد به‌طوری‌که $1 \le j_2 \le n, j_2 \ne j_1$.
- گام۳) $A_{j2}$ را از مجموعه حذف کرده و بیش‌ترین کارایی از دست رفته را برای (n-2) کارایی باقیمانده محاسبه کرده و فرض کنید که $A_{j3}$ در این گام انتخاب شده باشد.
- گام۴) فرایند حذفی بالا را تا زمانی‌که تنها یک کارایی بازه‌ای ($A_{jn}$) باقی بماند، تکرار کنید. رتبه‌بندی نهایی به‌صورت $A_{j_1} \succ A_{j_2} \succ ... \succ A_{j_n}$ خواهد بود که در آن نماد ">" به معنای "برتری" است.

## ۵ـ۲. مدل DEA خاکستری با در نظر گرفتن ارجحیت‌ها

با توجه به اهمیت قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان در ارجحیت‌بخشی به ورودی‌ها و خروجی‌ها، در نظر گرفتن ارجحیت‌ها در مسأله ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، با اعمال قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان، رابطه $U = (u_r) \in R^r, V = (v_i) \in R^i$ و $u_r, v_i \ge 0, \forall i, r$ به مسأله برنامه‌ریزی خطی (۹) اضافه می‌شود. بنابراین، مسأله برنامه‌ریزی خطی پیشنهادی به صورت (۱۶) خواهد بود:

$$Max\ \theta_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r [\underline{y_{r0}}, \overline{y_{r0}}] \qquad (۱۶$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} v_i [\underline{x_{ij}}, \overline{x_{ij}}] - \sum_{r=1}^{s} u_r [\underline{y_{rj}}, \overline{y_{rj}}] \ge 0 \\ j = 1, ..., n, j \ne 0 \\ \sum_{i=1}^{m} v_i [\underline{x_{i0}}, \overline{x_{i0}}] = 1 \\ U = (u_r) \in R^r \\ V = (v_i) \in R^i \\ v_i, u_r \ge 0, \forall i, r \end{cases}$$

حداکثر و حداقل کارایی برای $DMU_0$ با در نظر گرفتن ارجحیت برای ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌صورت مسائل برنامه‌ریزی خطی در روابط (۱۷)و (۱۸) آورده شده است.

$$Max\ \overline{\theta_0} = \sum_{r=1}^{s} u_r \overline{y_{r0}} \qquad (۱۷$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} v_i \overline{x_{ij}} - \sum_{r=1}^{s} u_r \underline{y_{rj}} \geq 0 \\ j = 1,\ldots,n,\ j \neq 0 \\ \sum_{i=1}^{m} v_i \underline{x_{i0}} = 1 \\ U = (u_r) \in R^r \\ V = (v_i) \in R^i \\ v_i, u_r \geq 0, \forall i, r \end{cases}$$

$$Max\ \underline{\theta_0} = \sum_{r=1}^{s} u_r \underline{y_{r0}} \qquad (۱۸$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} v_i \underline{x_{ij}} - \sum_{r=1}^{s} u_r \overline{y_{rj}} \geq 0 \\ j = 1,\ldots,n,\ j \neq 0 \\ \sum_{i=1}^{m} v_i \overline{x_{i0}} = 1 \\ U = (u_r) \in R^r \\ V = (v_i) \in R^i \\ v_i, u_r \geq 0, \forall i, r \end{cases}$$

بنابراین، کارایی نهایی برای هر DMU به‌صورت $\left[\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}\right]$ خواهد بود.

## ۳. مثال عددی

فرض کنید ۱۸ تأمین‌کننده با دو شاخص ورودی (هزینه‌های حمل‌ونقل، تعداد صورتحساب‌های دریافتی بدون خطا از تأمین‌کنندگان) و دو شاخص خروجی (تعداد نقص‌ها، شهرت و اعتبار تأمین‌کننده) وجود داشته باشد که هدف ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا باشد[1]. مقادیر مربوط به هریک از شاخص‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

1. Farzipoor (2010); p.1245.

**جدول ۱ـ مقادیر شاخص‌های ورودی و خروجی تأمین‌کنندگان**

| تأمین‌کننده | ورودی‌ها | | خروجی‌ها | |
|---|---|---|---|---|
| | $X_1$ | $X_2$ | $Y_1$ | $Y_2$ |
| ۱ | ۲۵۳ | ۵ | [۵۰,۶۵] | ۱ |
| ۲ | ۲۶۸ | ۱۰ | [۶۰,۷۰] | ۵/۳ |
| ۳ | ۲۵۹ | ۳ | [۴۰,۵۰] | ۴/۶ |
| ۴ | ۱۸۰ | ۶ | [۱۰۰,۱۶۰] | ۳۰ |
| ۵ | ۲۵۷ | ۴ | [۴۵,۵۵] | ۳۰ |
| ۶ | ۲۴۸ | ۲ | [۸۵,۱۱۵] | ۳۰ |
| ۷ | ۲۷۲ | ۸ | [۷۰,۹۵] | ۳۰ |
| ۸ | ۳۳۰ | ۱۱ | [۱۰۰,۱۸۰] | ۱۳/۸ |
| ۹ | ۳۲۷ | ۹ | [۹۰,۱۲] | ۴ |
| ۱۰ | ۳۳۰ | ۷ | [۵۰,۸۰] | ۳۰ |
| ۱۱ | ۳۲۱ | ۱۶ | [۲۵۰,۳۰۰] | ۲۶/۴ |
| ۱۲ | ۳۲۹ | ۱۴ | [۱۰۰,۱۵۰] | ۲۵/۸ |
| ۱۳ | ۲۸۱ | ۱۵ | [۸۰,۱۲۰] | ۲۵/۸ |
| ۱۴ | ۳۰۹ | ۱۳ | [۲۰۰,۳۵۰] | ۲۱/۹ |
| ۱۵ | ۲۹۱ | ۱۲ | [۴۰,۵۵] | ۹ |
| ۱۶ | ۳۳۴ | ۱۷ | [۷۵,۸۵] | ۷ |
| ۱۷ | ۲۴۹ | ۱ | [۹۰,۱۸۰] | ۶/۳ |
| ۱۸ | ۲۱۶ | ۱۸ | [۹۰,۱۵۰] | ۲۸/۸ |

منبع: یافته‌های تحقیق.

حال ارجحیت مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها را به‌صورت $v_1 \geq 3v_2$ و $u_1 \geq 2u_2$ در نظر بگیرید. در این‌صورت با حل مدل‌های حداقل و حداکثر کارایی طبق روابط (۱۷) و (۱۸)، کارایی بازه‌ای برای تأمین‌کننده اول برابر با $[\underline{\theta_1}, \overline{\theta_1}] = [0.176, 0.333]$ خواهد بود. مطابق روش شرح داده شده برای تأمین‌کننده اول، کارایی بازه‌ای برای دیگر تأمین‌کنندگان

به‌دست آمده و نتایج حل و رتبه‌بندی هریک از تأمین کنندگان با استفاده از روش پیشنهادی و دو روش میانگین و MRA در جدول(۲) نشان داده شده است.

**جدول ۲ـ کارایی تأمین‌کنندگان و نتایج رتبه‌بندی**

| تأمین کننده | $A_j = [\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}]$ | میانگین | MRA |
|---|---|---|---|
| ۱ | [۰/۱۷۶, ۰/۳۳۳] | ۱۶ | ۱۵ |
| ۲ | [۰/۲۰۰ ,۰/۳۳۷] | ۱۳ | ۱۴ |
| ۳ | [۰/۱۴۱ ,۰/۲۵۱] | ۱۷ | ۱۷ |
| ۴ | [۱/۵۴۹ ,۰/۱۹۲] | ۳ | ۳ |
| ۵ | [۰/۲۰۲ ,۰/۳۳۶] | ۱۲ | ۱۲ |
| ۶ | [۰/۳۴۹ ,۰/۶۴۸] | ۶ | ۵ |
| ۷ | [۰/۲۶۹ ,۰/۴۹۷] | ۱۰ | ۹ |
| ۸ | [۰/۲۷۸ ,۰/۷۰۴] | ۷ | ۸ |
| ۹ | [۰/۲۴۴ ,۰/۴۷۵] | ۱۱ | ۱۰ |
| ۱۰ | [۰/۱۷۰ ,۰/۳۵۴] | ۱۵ | ۱۶ |
| ۱۱ | [۰/۷۰۲ ,۱/۴۴۴] | ۲ | ۲ |
| ۱۲ | [۰/۲۰۴ ,۰/۶۰۶] | ۹ | ۱۱ |
| ۱۳ | [۰/۲۸۳ ,۰/۵۷۷] | ۸ | ۷ |
| ۱۴ | [۰/۷۰۱ ,۱/۴۵۸] | ۱ | ۱ |
| ۱۵ | [۰/۱۳۱ ,۰/۲۵۰] | ۱۸ | ۱۸ |
| ۱۶ | [۰/۲۰۱ ,۰/۳۲۷] | ۱۴ | ۱۳ |
| ۱۷ | [۰/۳۲۴ ,۰/۹۴۳] | ۵ | ۶ |
| ۱۸ | [۰/۴۱۴ ,۰/۹۲۸] | ۴ | ۴ |

منبع: یافته‌های تحقیق.

براساس نتایج، در هر دو روش رتبه‌بندی، تأمین کنندگان ۱۴، ۱۱ و ۴ به‌عنوان تأمین کنندگان کارا انتخاب می‌شوند.

### ۱ـ۳. تحلیل حساسیت

پس از به‌دست آوردن کارایی تأمین‌کنندگان و نتایج رتبه‌بندی، با استفاده از رابطه $[\underline{\theta_j}, \overline{\theta_j}] = \underline{\theta_j} + (\overline{\theta_j} - \underline{\theta_j}) * \alpha$ که در آن $0 \leq \alpha \leq 1$، به تحلیل حساسیت می‌پردازیم. در هر سطح α، تأمین‌کننده‌ای که بیش‌ترین مقدار را به‌دست آورد، بهترین رتبه را کسب می‌کند[1]. تحلیل حساسیت براساس مقادیر مختلف α یعنی α=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 در جدول (۳) نشان داده شده است.

**جدول ۳ـ ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان کارا با در نظر گرفتن مقادیر مختلف α**

| | α=0 | | α=0.25 | | α=0.5 | | α=0.75 | | α=1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تأمین‌کننده | کارایی | رتبه | کارایی | رتبه | کارایی | رتبه | کارایی | رتبه | کارایی | رتبه |
| ۱ | ۰/۱۷۶ | ۱۵ | ۰/۲۱۵۲۵ | ۱۶ | ۰/۲۵۴۵ | ۱۶ | ۰/۲۹۳۷۵ | ۱۶ | ۰/۳۳۳ | ۱۵ |
| ۲ | ۰/۲ | ۱۴ | ۰/۲۳۴۲۵ | ۱۳ | ۰/۲۶۸۵ | ۱۳ | ۰/۳۰۲۷۵ | ۱۳ | ۰/۳۳۷ | ۱۳ |
| ۳ | ۰/۱۴۱ | ۱۷ | ۰/۱۶۸۵ | ۱۷ | ۰/۱۹۶ | ۱۷ | ۰/۲۲۳۵ | ۱۷ | ۰/۲۵۱ | ۱۷ |
| ۴ | ۰/۵۴۹ | ۳ | ۰/۷۰۹۷۵ | ۳ | ۰/۸۷۰۵ | ۳ | ۱/۰۳۱۲۵ | ۳ | ۱/۱۹۲ | ۳ |
| ۵ | ۰/۲۰۲ | ۱۲ | ۰/۲۳۵۵ | ۱۲ | ۰/۲۶۹ | ۱۲ | ۰/۳۰۲۵ | ۱۴ | ۰/۳۳۶ | ۱۴ |
| ۶ | ۰/۳۴۹ | ۵ | ۰/۴۲۳۷۵ | ۶ | ۰/۴۹۸۵ | ۶ | ۰/۵۷۳۲۵ | ۷ | ۰/۶۴۸ | ۷ |
| ۷ | ۰/۲۶۹ | ۹ | ۰/۳۲۶ | ۹ | ۰/۳۸۳ | ۱۰ | ۰/۴۴ | ۱۰ | ۰/۴۹۷ | ۱۰ |
| ۸ | ۰/۲۷۸ | ۸ | ۰/۳۸۴۵ | ۷ | ۰/۴۹۱ | ۷ | ۰/۵۹۷۵ | ۶ | ۰/۷۰۴ | ۶ |
| ۹ | ۰/۲۴۴ | ۱۰ | ۰/۳۰۱۷۵ | ۱۱ | ۰/۳۵۹۵ | ۱۱ | ۰/۴۱۷۲۵ | ۱۱ | ۰/۴۷۵ | ۱۱ |
| ۱۰ | ۰/۱۷ | ۱۶ | ۰/۲۱۶ | ۱۵ | ۰/۲۶۲ | ۱۵ | ۰/۳۰۸ | ۱۲ | ۰/۳۵۴ | ۱۲ |
| ۱۱ | ۰/۷۰۲ | ۱ | ۰/۸۸۷۵ | ۲ | ۱/۰۷۳ | ۲ | ۱/۲۵۸۵ | ۲ | ۱/۴۴۴ | ۲ |
| ۱۲ | ۰/۲۰۴ | ۱۱ | ۰/۳۰۴۲۵ | ۱۰ | ۰/۴۰۴۵ | ۹ | ۰/۵۰۴۷۵ | ۸ | ۰/۶۰۵ | ۸ |
| ۱۳ | ۰/۲۸۳ | ۷ | ۰/۳۵۶۵ | ۸ | ۰/۴۳ | ۸ | ۰/۵۰۳۵ | ۹ | ۰/۵۷۷ | ۹ |
| ۱۴ | ۰/۷۰۱ | ۲ | ۰/۸۹۰۲۵ | ۱ | ۱/۰۷۹۵ | ۱ | ۱/۲۶۸۷۵ | ۱ | ۱/۴۵۸ | ۱ |
| ۱۵ | ۰/۱۳۱ | ۱۸ | ۰/۱۶۰۷۵ | ۱۸ | ۰/۱۹۰۵ | ۱۸ | ۰/۲۲۰۲۵ | ۱۸ | ۰/۲۵ | ۱۸ |
| ۱۶ | ۰/۲۰۱ | ۱۳ | ۰/۲۳۲۵ | ۱۴ | ۰/۲۶۴ | ۱۴ | ۰/۲۹۵۵ | ۱۵ | ۰/۳۲۷ | ۱۶ |
| ۱۷ | ۰/۳۲۴ | ۶ | ۰/۴۷۸۷۵ | ۵ | ۰/۶۳۳۵ | ۵ | ۰/۷۸۸۲۵ | ۵ | ۰/۹۴۳ | ۴ |
| ۱۸ | ۰/۴۱۴ | ۴ | ۰/۵۴۲۵ | ۴ | ۰/۶۷۱ | ۴ | ۰/۷۹۹۵ | ۴ | ۰/۹۲۸ | ۵ |

منبع: یافته‌های تحقیق.

1. .Ning-Sheng & et al (2008); p.340.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با توجه به جدول تحلیل حساسیت نیز تأمین‌کنندگان ۱۴، ۱۱ و ۴ به‌عنوان تأمین‌کنندگان کارا انتخاب می‌شوند. میزان ریسک روش‌های رتبه‌بندی یکی از نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل حساسیت است و می‌توان گفت در این مسأله، روش رتبه‌بندی MRA برای افراد ریسک‌گریز، روش رتبه‌بندی میانگین برای افراد بی‌تفاوت نسبت به ریسک مناسب بوده و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با در نظر گرفتن میزان ریسک‌پذیری خود، تأمین‌کنندگان مناسب را انتخاب کنند.

## جمع‌بندی و ملاحظات

با توجه به اهمیت روزافزون عملکرد تأمین‌کنندگان در ارتباط با سازمان‌ها و در شرایط رقابتی داخلی و خارجی، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا برای سازمان‌ها امری مهم و اساسی در جهت نیل به اهداف استراتژیکی و حفظ بقای خود محسوب می‌شود. یکی از روش‌های کاربردی ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، تحلیل پوششی داده‌ها است که با در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌های لازم به ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری می‌پردازد. سازمان‌ها در مسائل مربوط به تصمیم‌گیری با دو رویکرد «تصمیم‌گیری در شرایط قطعی» و «تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت» روبه‌رو هستند. اما آنچه به واقعیت نزدیک‌تر بوده و می‌تواند سازمان‌ها را در امر تصمیم‌گیری به نتایج قابل قبولی برساند، در نظر گرفتن شرایط عدم‌قطعیت در دنیای واقعی است. تئوری اعداد خاکستری یکی از تئوری‌هایی است که در مواجهه با شرایط عدم قطعیت به‌کار می‌رود. بنابراین، برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت با ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری اعداد خاکستری می‌توان به تصمیمات درست و مناسب نائل آمد. در این تحقیق، یک مدل برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا در شرایط عدم‌قطعیت ارائه شده است که در آن، قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان درباره ارجحیت ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌طور مستقل به مدل تحلیل پوششی داده‌های خاکستری افزوده شده است.

به منظور انتخاب تأمین‌کنندکان در شرایط عدم‌قطعیت و نیز براساس میزان ریسک متغیر، سازمان‌های مختلف از جمله خودروسازی، هواپیماسازی و انواع دیگر کارخانه‌های تولیدی و یا سازمان‌های خدماتی که نیازمند انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده‌اند، می‌توانند از مدل پیشنهادی تحقیق حاضر استفاده کنند.

به‌کارگیری «برنامه‌ریزی با قیود تصادفی در مدل تحلیل پوششی داده‌های خاکستری» و «استفاده از مجموعه ناهموار در مدل تحلیل پوششی داده‌ها» پیشنهادهایی است که می‌توان در مطالعات بعدی از آن‌ها استفاده کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع


Basnet C. and J.M.Y. Leung (2005); "Inventory Lot-sizing with Supplier Selection", *Computers & Operations Research*, vol. 32, no. 1, pp. 1-14.

Bayazit, O. (2006);"Use of Analytic Network Process in Vendor Selection Decisions", *Benchmarking: An International Journal*, vol. 13, no. 5, pp. 566–579.

Braglia M. and A. Petroni (2000); "A Quality Assurance-Oriented Methodology for Handling Trade-offs in Supplier Selection", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 30, pp. 96-112.

Birasnav, M. (2013); "Implementation of Supply Chain Management Practices: The Role of Transformational Leadership", *Global Business Review*, vol.14, pp.239-342.

Choy K.L. and W.B. Lee (2002); "A Generic Tool for the Selection and Management of Supplier Relationships in an Outsourced Manufacturing Environment: The Application of Case Based Reasoning", *Logistics Information Management*, vol.15, no. 4, pp.235–253.

Choy K.; W. Lee; H. Lau; D. Lu and V. Lo (2004); "Design of an Intelligent Supplier Relationship Management System for New Product Development", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 17, pp. 692-715.

Chen C.; C. Lin and S. Huang (2006); "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", *International Journal of Production Economics*, vol.102, pp. 289-301.

Demirtas E.A. and O. Üstün (2009); "Analytic Network Process and Multi-Period Goal Programming Integration in Purchasing Decisions", *Computer and Industrial Engineering*, vol. 56, no. 2, pp.677–690.

Deng J. (1982); "Control Problems of Grey Systems", *Systems and Control Letters*, vol.1, pp.288–294.

Farzipoor Saen R. (2010); "Developing a New Data Envelopment Analysis Methodology for Supplier Selection in the Presence of Both Undesirable Outputs and Imprecise Data", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 51, pp.1243-1250.

Fikri D.; K. Sameer; A.K. Sharfuddin and J. Vipul (2015); "Designing an Integrated AHP based Decision Support System for Supplier Selection in Automotive Industry", *Expert Systems with Applications*, vol. 62, pp. 273-283.

Garfamy R.M. (2006); "A Data Envelopment Analysis Approach Based on Total Cost of Ownership for Supplier Selection", *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 19, no. 6, pp. 662–678.

Hashemi S.H.; A. Karimi and M. Tavana (2015); "An Integrated Green Supplier Selection Approach with Analytic Network Process and Improved Grey Relational Analysis", *International Journal of Production Economics*, vol. 159, pp.178-191.

Hong G.H.; S.C. Park; D.S. Jang and H.M. Rho(2005); "An Effective Supplier Selection

Method for Constructing A Competitive Supply-relationship", *Expert Systems with Applications*, vol. 28, no. 4, pp. 629–639.

Ifeyinwa J. O. and W. Sun (2015); "An Innovative Integration of Fuzzy-logic and Systems Dynamics in Sustainable Supplier Selection: A Case on Manufacturing Industry", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 88, pp.1-12.

Kull T.J. and S. Talluri (2008); "A Supply-risk Reduction Model Using Integrated Multicriteria Decision Making", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol.55, no.3, pp.409–419.

Kwong C.K.; W.H. Ip and J.W.K. Chan (2002); "Combining Scoring Method and Fuzzy Expert Systems Approach to Supplier Assessment: A Case Study", *Integrated Manufacturing Systems*, vol. 13, no. 7, pp. 512–519.

Liu J.; F. Ding and V. Lall (2000); "Using Data Envelopment Analysis To Compare Suppliers for Supplier Selection and Performance Improvement", *Supply Chain Management: An International Journal*,vol. 5, pp. 143-150.

Lin C.T.; C.W. Chang and C.B. Chen (2006); "The Worst Ill-Conditioned Silicon Wafer Machine Detected by Using Grey Relational Analysis", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 31, pp. 388–395.

Lia G.D.; D. Yamaguchi and M. Nagai (2007); "A Grey-Based Decision-Making Approach to the Supplier Selection Problem", *Mathematical and Computer Modeling*, vol. 46, pp. 573–581.

Narasimhan R.; S. Talluri and S.K. Mahapatra (2006); "Multiproduct, Multicriteria Model for Supplier Selection with Product Life-Cycle Considerations", *Decision Sciences*, vol. 37, no. 4, pp. 577–603.

Ning-Sheng W.; Y. Rong-Hua and W. Wei (2008); "Evaluating the Performances of Decision-making Units Based on Interval Efficiencies", *Journal of Computational and Applied Mathematics*,vol. 216, pp. 328-343.

Rahiminezhad Galankashi M.; S.A. Helmi and P. Hashemzahi (2016); "Supplier Selection in Automobile Industry: A Mixed Balanced Scorecard–fuzzy AHP Approach", *Alexandria Engineering Journal*, vol. 55, pp. 93-100.

Seydel, J. (2006); "Data Envelopment Analysis for Decision Support", *Industrial Management & Data Systems*,vol. 106, pp. 81-95.

Talluri, S.; R. Narasimhan and A. Nair (2006); "Vendor Performance with Supply Risk: A Chance-constrained DEA Approach", *International Journal of Production Economics*, vol. 100, no. 2, pp. 212–222.

Tavana M..; A. Fallahpour; D.C. Debora and J. Francisco (2016); "A Hybrid Intelligent Fuzzy Predictive Model with Simulation for Supplier Evaluation and Selection", *Expert Systems with Applications*, vol. 61, pp. 129-144.

Wu, D. and D. L. Olson (2010); "Fuzzy Multiattribute Grey Related Analysis Using DEA", *Computers and Mathematics with Applications*,vol. 60, pp. 166-174.

Wu T.; D. Shunk; J. Blackhurst and R. Appalla (2007); "AIDEA: A Methodology for Supplier Evaluation and Selection in a Supplier-based Manufacturing Environment", *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, vol. 11, no. 2, pp. 174–192.

Yang C.C. and B.S. Chen (2006); "Supplier Selection Using Combined Analytical Hierarchy Process and Grey Relational Analysis", *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 17, no. 7, pp. 926–941.

Yoon, K. & C. L. Hwang (1995); "Multiple Attribute Decision Making: An Introduction California: Sage".

Yang, T.; M.-C. Chen & C. C. Hung (2007); "Multiple Attribute Decision-making Methods for the Dynamic Operator Allocation Problem", *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 73, pp. 285–299.

Yang, T., & C. C. Hung (2007); "Multiple-attribute Decision Making Methods for Plant Layout Design Problem", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, vol. 23, pp.126–137.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی