



## نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

### استفاده از روش ترابی - هسینی در مدل چندهدفه تحلیل پوششی در حضور داده‌های نامطلوب و فازی

حدیث دریکوند<sup>\*۱</sup> و سید اسماعیل نجفی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد واحد اسلامی علوم تحقیقات

۲- استادیار، مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

#### چکیده:

تحلیل پوششی داده‌ها ابزاری برای سنجش کارایی نسبی واحدهای تحت ارزیابی با ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه است، این ابزار از این جهت از اهمیت بسیاری برخوردار است زیرا با داشتن آن میتوان تعیین کرد که یک واحد خوب عمل میکند یا نه. آنچه مسلم است همیشه داده‌ها (ورودی‌ها و خروجی‌ها) مطلوب نمی‌باشند و داده‌های نامطلوبی وجود دارند که کارایی واحدها را متأثر می‌سازند. عدم قطعیت نیز از ویژگی‌های غیرقابل انکار دنیای واقعی است. از اینرو در این پژوهش، سعی شده با در نظر گرفتن داده‌های نامطلوب و فازی به طور همزمان مدل را به دنیای واقعی نزدیک کرد. از آنجایی که تحلیل پوششی سنتی تنها واحدهای کارا و ناکارا را مشخص میکند و قادر به رتبه‌بندی واحدهای کارا نمی‌باشد، روش رتبه‌بندی کارایی متقاطع خوشبینانه بکار گرفته شده است، سپس برای حل مدل بسط داده شده چندهدفه از روش چند هدفه ترابی-هسینی استفاده و نتایج با روش تحلیل پوششی سنتی مقایسه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌ها، داده‌های فازی، داده‌های نامطلوب، روش چندهدفه ترابی-هسینی، کارایی متقاطع خوشبینانه.

\* نویسنده مسئول:

## ۱- مقدمه

مدیران همواره به دنبال سنجش و ارزیابی واحدهای تحت مدیریت خود بوده‌اند زیرا سنجش و اندازه‌گیری عملکرد یک پدیده علاوه بر اینکه سبب می‌شود از عملکرد آن بصورت ملموس و قابل فهم آگاه شوند، آنان را قادر می‌سازد تصمیماتی در جهت بهبود عملکرد اتخاذ کنند.

در این راستا تحلیل پوششی داده‌ها دامنه گسترده‌ای از مدل‌های ریاضی است که برای سنجش کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای همسان با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه به کار می‌رود (صالحی صدقیانی و همکاران، ۱۳۸۸). برای بحث درباره داده‌های نادقیق، مفهوم فازی به کار می‌رود (بالاقیصر و عزیزاده، ۱۳۹۰). واحدها ناگزیر از متحمل شدن داده‌هایی‌ست که مطلوب نمی‌باشند به عنوان مثال موارد زیادی از عوامل در واحدهای تصمیم‌گیرنده به عنوان خروجی شناسایی می‌گردند مانند آلودگی هوا، چنانچه مدل‌های موجود در چنین مواردی مورد استفاده قرار گیرند خروجی‌های نامطلوب افزایش خواهند یافت در حالیکه در عمل ما خواهان کاهش آن هستیم و نبایستی در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها امکان افزایش برای این قبیل خروجی‌ها فراهم گردد.

از آنجا که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای تصمیم‌گیری را به دو دسته کارا و ناکارا تقسیم می‌کنند، اغلب تصمیم‌گیرندگان به دنبال رتبه بندی کاملی از واحدهای تصمیم‌گیرنده هستند (رخشان و علیرضایی، ۱۳۹۳).

این پژوهش قصد دارد به ارائه رویکردی برای یاری رساندن به مدیران در رتبه بندی کامل واحدهای تحت ارزیابی و منطبق بر شرایط واقعی پردازد، لذا ابتدا از مدل پایه ای CCR با در نظر گرفتن همزمان داده های فازی و نامطلوب و اهداف چندگانه استفاده نموده و سپس به منظور رتبه بندی کامل واحدهای تصمیم‌گیرنده و حل مدل چند هدفه به ترتیب روش های کارایی متقاطع خوشبینانه و ترابی-هسینی را به کار برده است.

ادامه این پژوهش به شرح ذیل است: مرور ادبیات در بخش دوم ارائه شده است، بخش سوم به روش شناسی پژوهش اختصاص یافته، روش حل در بخش چهارم و مثال عددی و نتیجه گیری به ترتیب در بخش‌های پنجم و ششم آمده‌اند.

## ۲- مرور ادبیات

در این قسمت تعدادی از پژوهش‌هایی که از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در پژوهش خود استفاده کرده‌اند بصورت مختصر بررسی میشوند:

وونگ و همکاران (۲۰۰۹) یک هم ارزی بین تحلیل پوششی و برنامه‌ریزی چندهدفه خطی ایجاد کردند. جواب یک مسئله تحلیل پوششی می‌تواند بطور تعاملی و بدون هیچ قضاوت اولیه‌ای با تبدیل آن به یک

مسئله MOLP به دست آید. مدل‌های چندهدفه مختلفی با استفاده از نرم افزار PROMOIN حل شد و سپس تصمیم‌گیرنده این توانایی را داشت که مرز کارایی را برای ارجح‌ترین حل جستجو کند. این مدل برای ارزیابی کارایی بانک‌ها در بریتانیا مورد استفاده قرار گرفت و با مقایسه نتایج برنامه‌های چندهدفه بهترین روش که مناسب مجموعه داده‌ها و ترجیحات تصمیم‌گیرنده بود توصیه می‌شد.

مشایخی و عمرانی (۲۰۱۵) یک مدل چندهدفه جدید را برای انتخاب پرتفوی مورد استفاده قرار دادند. مدل پیشنهادی آن‌ها ترکیبی از کارایی متقاطع تحلیل پوششی با مدل میانگین-واریانس مارکوویز بود و بازگشت، ریسک و کارایی پورتفوی را در نظر می‌گرفت. به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت در مدل بازگشت دارایی بصورت اعداد فازی زودنقه‌ای در نظر گرفته شده بودند. آنان از NSGA II برای حل آن استفاده کردند و برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی خود آن را برای ۵۲ شرکت در بورس اوراق بهادار ایران بکار گرفتند و نتایج را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل مارکوویز و تحلیل پوششی به دلیل در نظرگیری ریسک، بازگشت و کارایی، کارا تر است. کشاورز و طلوع (۲۰۱۶) در مقاله خود ابتدا روابط بین تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی خطی چندهدفه عدد صحیح (MOILP) را بررسی می‌کنند و سپس دو روش عملی متمایز را طراحی می‌کنند: اولین روش تعیین می‌کند که راه‌حل شدنی کارا است یا خیر در عین حال روش دوم به عنوان هدف اصلی این مطالعه میزان کارآمدی راه حل کارآمد را تعیین می‌کند.

کائو و همکاران (۲۰۱۶) برنامه‌ریزی چندهدفه را برای حل تحلیل پوششی چندهدفه بکار گرفتند که در آن کارایی بخشی در سازمان و کارایی کلی سازمان بصورت توابع هدف جداگانه‌ای فرمول بندی شده بودند. پژوهش آنان برخلاف تحلیل پوششی سنتی که در آن فرآیندهای میانی و محصولات نادیده گرفته می‌شوند کارایی کلی سازمان با در نظرگیری کارایی زیربخش‌های آن می‌سنجید. آن‌ها با دو مطالعه موردی سودمندی روش پیشنهادیشان را در اندازه‌گیری کارایی سازمان با در نظرگیری فرایندهای داخلی تعاملی نشان دادند.

جی وو و همکاران (۲۰۱۵) ابتدا یک مدل تعریف هدف برای واحدهای تصمیم‌گیری را به گونه‌ای ارائه کردند که همه اهداف برای واحدها قابل دسترس بودند و سپس برای انتخاب وزن‌ها چندین مدل هدف فرعی را برای انتخاب وزن‌ها بکار گرفتند به گونه‌ای که برخلاف مدل هدف فرعی سنتی علاوه بر اینکه همه اهداف برای همه واحدهای تصمیم‌گیری قابل دسترس بودند مدل پیشنهادی تمایل واحدها برای دستیابی به اهداف مطلوب و اجتناب از اهداف نامطلوب را در نظر می‌گرفت و از مقایسه نتایج مدل پیشنهادی و مدل سنتی برای دو مثال ارزیابی کارایی شش خانه سالمندان و یک انتخاب پروژه R&D استفاده کردند.

چن و همکاران (۲۰۱۳) از تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی موسسات مالی استفاده کردند و با توجه به ماهیت غیرقطعی ریسک از مفهوم فازی استفاده کردند و میزان کارایی را با استفاده از روش فازی برمبنای شناوری که با ویژگی‌های پیش‌بینی ریسک سازگاری دارد تخمین زدند و دستاوردهای مدیریت بانکداری تایوان را تحت ریسک بازار تخمین زدند.

ونگ و همکاران (۲۰۱۴) ابتدا یک مدل تحلیل پوششی دو مرحله‌ای را برای بررسی رابطه بین شرکتهای بانکداری و سرمایه هوشی آنان پیشنهاد کردند و سپس برنامه‌ریزی چندهدفه فازی را برای ارزیابی مقادیر کارایی بکار بردند. مزایای بکارگیری این مدل شامل فراهم کردن مقیاس مشترک برای ارزیابی عملکرد و افزایش قدرت تمییز و ساده‌سازی فرآیند محاسبه بودند. رابطه بین شرکتهای بانکداری و سرمایه هوشی آنها از طریق رگرسیون ارزیابی و رابطه مثبت بین آنها بدست آمد.

پیوری و یاداو (۲۰۱۴) با ذکر این مطالب که خروجی‌های نامطلوب ممکن است در فرآیند تولید در دنیای واقعی وجود داشته باشند که نیاز است کمینه شوند و در محیط فازی که داده‌های ورودی و خروجی همیشه به شکل دقیق وجود ندارند یک مدل تحلیل پوششی فازی با خروجی‌های نامطلوب را پیشنهاد کردند که به عنوان یک مدل کریسپ خطی برای هر  $\alpha$  بین  $[0, 1]$  توسط روش  $\alpha$  برش حل میشد.

ونگ و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله خود یک مدل تحلیل پوششی با داده‌های فازی  $\alpha$ -level را برای ارزیابی عدم قطعیت پیشنهاد کردند و رگرسیون بوت استرپ با عامل‌های ثابت را برای اندازه‌گیری اثرات هر مدل بر روی مقادیر کارایی و شناسایی موثرترین متغیرها در کارایی بکار بردند. مدل پیشنهادی برای مدیریت کردن عدم قطعیت در بانک‌های موزامبیک مورد استفاده قرار گرفت.

کاریلو و جورج (۲۰۱۵) به منظور ارزیابی کامل واحدهای تحت ارزیابی یک روش جدید را برای رتبه‌بندی واحدها ارائه کردند که وزن مشترک را با یک رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه بکار بردند و فاصله از ایده‌آل را به عنوان ابزاری برای انتخاب یک مجموعه از وزن‌ها که کلیه واحدها را بطور همزمان در موقعیت بهینه قرار میداد بکار بردند. از طریق چندین مثال عددی و یک آزمایش محاسباتی کامل نتیجه‌گیری شد که مدل نتایج خوبی را برای رتبه‌بندی واحدها ارائه کرده است و بهتر از دیگر روش‌های شناخته شده در تمییز ارزیابی عمل می‌کند.

دسپوتیس و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای را برای ارزیابی کارایی را در فرآیند دو مرحله‌ای را پیشنهاد کردند. در مدل پیشنهادی کارایی هر یک از مراحل بدون تعریف اولیه کارایی کلی سیستم تخمین زده می‌شد و کارایی کلی از جمع کارایی مراحل بدست می‌آمد. آنان برنامه‌ریزی چندهدفه را برای فرمول کردن چارچوب پیشنهادی بکار گرفتند و روش پیشنهادی را برای ارزیابی آکادمیک چهل نفر از اعضای هیئت علمی دانشگاه یونان بکار بردند.

کیومر و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله خود به ارائه چارچوبی برای فهمیدن و استخراج عامل‌های موثر به ترجیحات مشتری در انتخاب وسایل نقلیه حمل و نقل در کشور هند پرداختند. و از روش ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های فازی و AHP استفاده کردند.

بردی و همکاران (۲۰۱۵) به منظور مدیریت حمل و نقل سنجش کارایی آنان را لازم دانسته و با این توضیح که داده‌های نادقیق همواره به دلایلی وجود دارند روش تحلیل پوششی داده‌های فازی را برای ارزیابی کارایی بنادر کانتینری یکار گرفتند.

آزادی و همکاران (۲۰۱۵) از مفهوم فازی در مدیریت زنجیره تأمین پایدار استفاده کردند. برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان و انتخاب بهترین تأمین‌کننده از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند و با این توضیح که در دنیای واقعی ورودی‌ها و خروجی‌ها نادقیق هستند از یک روش تحلیل پوششی توسعه یافته با مدل راسل در مفهوم فازی در پژوهش خود بکار گرفتند. سپس برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی خود از یک مطالعه موردی انتخاب تأمین‌کننده در یک شرکت تولیدی رزین استفاده کردند. مدل پیشنهادی تأمین‌کننده را در کنار آمدن با مسایل محیطی، اجتماعی و اقتصادی در هنگام انتخاب تأمین‌کننده یاری میکرد. همانطور که از مرور پژوهشهای انجام شده مشخص است مفاهیم فازی و داده‌های نامطلوب و روش‌های چندهدفه به طور همزمان انجام نشده است، این پژوهش سعی دارد یک مدل چندهدفه بر مبنای مدل پایه ای CCR را در حضور داده‌های فازی و نامطلوب توسعه دهد و به منظور رتبه بندی کامل واحدهای تحت ارزیابی و مدل چندهدفه به ترتیب از روشهای کارایی متقاطع خوشبینانه و ترابی-هسینی استفاده نماید.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش یک مدل ریاضی چند هدفه را بر مبنای مدل پایه ای CCR توسعه داده است، به گونه ای که برای مواجهه با عدم قطعیت ذاتی پارامترهای ورودی داده های فازی و برای در نظر گرفتن مواردی که مد نظر تصمیم‌گیرندگان نیستند ولی در عمل با آنها مواجه میشوند، داده های نامطلوب را مورد توجه قرار داده است.

ابتدا به منظور رتبه بندی کامل واحدهای تحت ارزیابی روش کارایی متقاطع خوشبینانه به کار گرفته شده و پس از فازی زدایی، برای حل مدل ریاضی چندهدفه از روش ترابی-هسینی استفاده شده است. در پایان برای نمایش کارایی مدل از مثال عددی استفاده و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته است.

### ۴- روش حل

#### ۴-۱- مدل CCR

مدل چارنز، کوپر و رودز<sup>۱</sup> یکی از مهمترین و پرکاربردترین مدل‌های DEA است. که در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز و همکارانش توسعه داده شد. (چارنز و همکاران، ۱۹۷۸)

تعداد  $N$ ،  $DMU$  با  $K$  ورودی و  $M$  خروجی را در نظر بگیرید. برای یک  $DMU$  مفروض بردار خروجی‌ها، بردار ورودی‌ها، بردار وزنی خروجی‌ها و بردار وزنی ورودی‌ها هستند. برای بدست آوردن وزن های بهینه بایستی مدل زیر را حل کرد:

<sup>1</sup> Chanes, Cooper and Rhodes (CCR)

$$\begin{aligned} & \max \frac{U_r Y_{rp}}{V_i X_{ip}} \\ & s.t \quad \frac{U_r Y_{rj}}{V_i X_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, N \\ & U \geq 0 \quad V \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

پس از خطی‌سازی با استفاده از تبدیلات کوپری، مدل به شکل زیر بازنویسی می‌شود:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{r=1}^s U_r Y_{rp} \\ & s.t : \sum_{i=1}^m V_i X_{ip} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \leq 0 \\ & U_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\ & V_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (2)$$

#### ۴-۲ - مدل حضور داده‌های فازی

برای نزدیک شدن مدل به دنیای واقعی عدم قطعیت در مدل به صورت فازی در نظر گرفته شده است:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{r=1}^s U_r \tilde{Y}_{rp} \\ & s.t : \sum_{i=1}^m V_i \tilde{X}_{ip} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s U_r \tilde{Y}_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i \tilde{X}_{ij} \leq 0 \\ & U_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\ & V_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (3)$$

### ۳-۴- مدل در حضور داده‌های نامطلوب

DEA سنتی سعی در به حداقل رساندن ورودی‌ها و به حداکثر رساندن خروجی‌ها دارد. اما همیشه ورودی‌ها و خروجی‌ها مطلوب نیستند و ما ناگزیر به پذیرش ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوبی هستیم که در اندازه کارایی مؤثرند. یک راه برخورد با ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب این است که خروجی نامطلوب را مانند یک ورودی مطلوب در نظر گرفت و مقدار آن را کاهش داد و ورودی نامطلوب را مانند یک خروجی مطلوب در نظر گرفت و مقدار آن را افزایش داد (سیفورد و ژو، ۲۰۰۲) و (لیو و منگ، ۲۰۱۰). چنانچه UI و UO به ترتیب اندیس‌های نشان دهنده ورودی‌های نامطلوب و خروجی‌های نامطلوب باشند، مدل (۲) را در حضور داده‌های نامطلوب می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} & \text{MAX} \sum_{r=1}^s (U_r \tilde{Y}_{rp}) + \sum_{i \in UI} (V_i \tilde{X}_{ip}) \\ & \text{s.t.} : \sum_{i=1}^m (v_i \sum_{j=1}^N \tilde{X}_{ij}) + \sum_{r=1}^s (U_r \sum_{j \in UI} \tilde{Y}_{rj}) = 1 \\ & \sum_{r=1}^s U_r \tilde{Y}_{rj} + \sum_{i \in UI} V_i \tilde{X}_{ij} - \sum_{i=1}^m V_i \tilde{X}_{ij} - \sum_{r \in UO} U_r \tilde{Y}_{rj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, N \quad j \neq p \\ & U_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\ & V_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (4)$$

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) ابزار قدرتمند مدیریتی به منظور ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده است. امروزه استفاده از مدل‌های DEA چندهدفه به منظور ارزیابی جنبه‌های مختلف عملکرد اعم از جنبه‌های کمی و کیفی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (اجعفریان مقدم و قیصری، ۱۳۸۹). در یک مدل برنامه‌ریزی خطی هدف بهینه‌سازی یک تابع هدف برای اتخاذ بهترین تصمیم است. مدل‌های با اهداف چندگانه به دنبال بهینه‌سازی چندین تابع هدف بصورت همزمان است (صالحی صدقیانی و همکاران، ۱۳۸۸).

$$\begin{aligned} & \text{MAX} \sum_{r=1}^s (U_r \tilde{Y}_{r1}) + \sum_{i \in UI} (V_i \tilde{X}_{i1}) \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & \text{MAX} \sum_{r=1}^s (U_r \tilde{Y}_{rN}) + \sum_{i \in UI} (V_i \tilde{X}_{iN}) \\ & \text{s.t.} : \sum_{i=1}^m (v_i \sum_{j=1}^n \tilde{X}_{ij}) + \sum_{r=1}^s (U_r \sum_{j \in UI} \tilde{Y}_{rj}) = 1 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^s U_r \tilde{Y}_{rj} + \sum_{i \in UI} V_i \tilde{X}_{ij} - \sum_{i=1}^m V_i \tilde{X}_{ij} - \sum_{r \in UO} U_r \tilde{Y}_{rj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, N \quad j \neq p$$

$$U_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

$$V_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

#### ۴-۴- روش رتبه‌بندی کارایی متقاطع خوشبینانه

اگرچه رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری که کارا نیستند به راحتی ممکن است لیکن DEA سنتی از ایجاد تمییز بین واحدهای کارا عاجز مانده است، برای این منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که DEA را در رتبه‌بندی واحدهای کارا یاری می‌کند. از میان آن‌ها به روش‌های AP، (اندرسون و پیترسون، ۱۹۹۳)، MAJ (محرابیان و همکاران، ۱۹۹۹) SAR (رخشان و علیرضایی، ۱۹۹۳) اشاره کرد. در این پژوهش از روش کارایی متقاطع اصلاح شده استفاده شده است. روش کارایی متقاطع نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط سکستون ارائه شد (سکستون و همکاران، ۱۹۸۶) که در آن رتبه کارایی هر واحد با تاثیر دادن ضرایب بهینه ورودی و خروجی دیگر واحدهای کارا تعیین می‌شود. بعدها دویل و گرین این روش را به دو صورت که خوشبینانه و بدبینانه نامیده می‌شد اصلاح کردند. (دویل و گرین، ۱۹۹۴) در روش خوشبینانه سعی در حفظ کارایی واحد تحت ارزیابی به گونه‌ای که کارایی متقاطع سایر واحدها حداکثر شود را داریم و در مدل بدبینانه سعی در حفظ کارایی واحد تحت ارزیابی به گونه‌ای که کارایی متقاطع سایر واحدها حداقل شود را داریم.

$\theta_p^*$  مقدار کارایی واحد تحت ارزیابی است که از حل مدل (۴) بدست آمده است.

$$MAX \sum_{r=1}^s (U_r \tilde{Y}_{r1}) + \sum_{i \in UI} (V_i \tilde{X}_{i1})$$

.

.

.

$$MAX \sum_{r=1}^s (U_r \tilde{Y}_{rn}) + \sum_{i \in UI} (V_i \tilde{X}_{in}) \quad (6)$$

$$s.t : \sum_{i=1}^m (V_i \sum_{j=1}^n \tilde{X}_{ij}) + \sum_{r=1}^s (U_r \sum_{j \in UI} \tilde{Y}_{rj}) = 1$$

$$\sum_{r=1}^s U_r \tilde{Y}_{rj} + \sum_{i \in UI} V_i \tilde{X}_{ij} - \sum_{i=1}^m V_i \tilde{X}_{ij} - \sum_{r \in UO} U_r \tilde{Y}_{rj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, N \quad j \neq p$$



$$\sum_{r=1}^s U_r Y_{rp} + \sum_{i \in UI} V_i X_{ip} - \theta_p^* \sum_{i=1}^m Y_i X_{ip} - \theta_p^* \sum_{r \in UO} U_r Y_{rp} \leq 0 \quad j = 1, \dots, N \quad j \neq P$$

$$U_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

$$V_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

#### ۴-۵- فازی زدایی

برای حل مدل فازی پیشنهادی، از رو برنامه ریزی فازی چانس کانسترنیت برای تبدیل مدل غیرقطعی به مدل قطعی، استفاده شده‌است. اگر فرض شود که  $\tilde{\xi}$  یک پارامتر فازی و  $r$  یک عدد واقعی باشد آنگاه با توجه به مطالعه لیو و لیو (۲۰۰۲) و لیو (۲۰۰۴) داریم:

$$E[\tilde{\xi}] = \int_0^\infty Cr\{\tilde{\xi} \geq r\} dr - \int_{-\infty}^0 Cr\{\tilde{\xi} \leq r\} dr \tag{۷}$$

حال فرض کنیم که  $\tilde{\xi}$  یک پارامتر فازی ذوزنقه ای با مقادیر  $\xi^{(1)}$ ،  $\xi^{(2)}$ ،  $\xi^{(3)}$  و  $\xi^{(4)}$  باشد با توجه به رابطه (۳۴) امیدریاضی  $\tilde{\xi}$  به صورت  $(\xi^{(1)} + \xi^{(2)} + \xi^{(3)} + \xi^{(4)})/4$  نمایش داده می شود و داریم:

$$Cr\{\tilde{\xi} \leq r\} = \begin{cases} 0 & r \in (-\infty, \zeta(1)] \\ \frac{r - \zeta(1)}{2(\zeta(2) - \zeta(1))} & r \in (\zeta(1), \zeta(2)] \\ \frac{1}{2} & r \in (\zeta(2), \zeta(3)] \\ \frac{r - 2\zeta(3) + \zeta(4)}{2(\zeta(4) - \zeta(3))} & r \in (\zeta(3), \zeta(4)] \\ 1 & r \in (\zeta(4), +\infty] \end{cases} \tag{۸}$$

$$Cr\{\tilde{\xi} \geq r\} = \begin{cases} 1 & r \in (-\infty, \zeta(1)] \\ \frac{2\zeta(2) - \zeta(1) - r}{2(\zeta(2) - \zeta(1))} & r \in (\zeta(1), \zeta(2)] \\ \frac{1}{2} & r \in (\zeta(2), \zeta(3)] \\ \frac{\zeta(4) - r}{2(\zeta(4) - \zeta(3))} & r \in (\zeta(3), \zeta(4)] \\ 0 & r \in (\zeta(4), +\infty] \end{cases} \tag{۹}$$

با توجه به مطالعه ژو و ژانگ (۲۰۰۹) داریم:

$$Cr \{ \tilde{\xi} \leq r \} \geq \alpha \Leftrightarrow r \geq (2 - 2\alpha) \xi^{(3)} + (2\alpha - 1) \xi^{(4)} \quad (10)$$

$$Cr \{ \tilde{\xi} \geq r \} \geq \alpha \Leftrightarrow r \leq (2\alpha - 1) \xi^{(1)} + (2 - 2\alpha) \xi^{(2)} \quad (11)$$

هم چنین با توجه به مطالعه پیشوایی و ترابی [۲۷] داریم:

$$Cr \{ \tilde{\xi} = r \} \geq \alpha \Leftrightarrow \xi^{(2)} \leq r \leq \xi^{(3)} \quad (12)$$

$\alpha$  مینیمم درجه قابل قبول پذیرش می‌باشد که توسط فرد تصمیم گیرنده تعیین می‌شود در نتیجه به کمک تعاریف،

فازی زدایی مدل (۴):

$$\begin{aligned} &Max \sum_r U_r \frac{Y_{rp}^{(1)} + Y_{rp}^{(2)} + Y_{rp}^{(3)} + Y_{rp}^{(4)}}{4} + \sum_{i \in UI} V_i \frac{X_{ip}^{(1)} + X_{ip}^{(2)} + X_{ip}^{(3)} + X_{ip}^{(4)}}{4} \\ &\sum_i V_i \sum_j X_{ij}^{(2)} + \sum_r U_r \sum_{j \in UI} Y_{rj}^{(2)} \leq 1 \\ &\sum_i V_i \sum_j X_{ij}^{(3)} + \sum_r U_r \sum_{j \in UI} Y_{rj}^{(3)} \geq 1 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} &\sum_r U_r \left( (2 - 2\alpha) Y_{rj}^{(3)} + (2\alpha - 1) Y_{rj}^{(4)} \right) + \sum_{i \in UI} V_i \left( (2 - 2\alpha) X_{ij}^{(3)} + (2\alpha - 1) X_{ij}^{(4)} \right) \\ &\leq \sum_{r \in UO} U_r \left( (2\alpha - 1) Y_{rj}^{(1)} + (2 - 2\alpha) Y_{rj}^{(2)} \right) + \sum_i V_i \left( (2\alpha - 1) X_{ij}^{(1)} + (2 - 2\alpha) X_{ij}^{(2)} \right) \end{aligned}$$

فازی زدایی مدل (۶):

$$\begin{aligned} &Max \sum_r U_r \frac{Y_{r1}^{(1)} + Y_{r1}^{(2)} + Y_{r1}^{(3)} + Y_{r1}^{(4)}}{4} + \sum_{i \in UI} V_i \frac{X_{i1}^{(1)} + X_{i1}^{(2)} + X_{i1}^{(3)} + X_{i1}^{(4)}}{4} \\ &\quad \vdots \\ &Max \sum_r U_r \frac{Y_{rN}^{(1)} + Y_{rN}^{(2)} + Y_{rN}^{(3)} + Y_{rN}^{(4)}}{4} + \sum_{i \in UI} V_i \frac{X_{iN}^{(1)} + X_{iN}^{(2)} + X_{iN}^{(3)} + X_{iN}^{(4)}}{4} \end{aligned}$$

$$\sum_i V_i \sum_j X_{ij}^{(2)} + \sum_r U_r \sum_{j \in UI} Y_{rj}^{(2)} \leq 1$$

$$\sum_i V_i \sum_j X_{ij}^{(3)} + \sum_r U_r \sum_{j \in UI} Y_{rj}^{(3)} \geq 1 \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & \sum_r U_r \left( (2-2\alpha)Y_{rj}^{(3)} + (2\alpha-1)Y_{rj}^{(4)} \right) + \sum_{i \in UI} V_i \left( (2-2\alpha)X_{ij}^{(3)} + (2\alpha-1)X_{ij}^{(4)} \right) \\ & \leq \sum_{r \in UO} U_r \left( (2\alpha-1)Y_{rj}^{(1)} + (2-2\alpha)Y_{rj}^{(2)} \right) + \sum_i V_i \left( (2\alpha-1)X_{ij}^{(1)} + (2-2\alpha)X_{ij}^{(2)} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_r U_r \left( (2-2\alpha)Y_{rp}^{(3)} + (2\alpha-1)Y_{rp}^{(4)} \right) + \sum_{i \in UI} V_i \left( (2-2\alpha)X_{ip}^{(3)} + (2\alpha-1)X_{ip}^{(4)} \right) \\ & \leq \theta_p^* \left( \sum_{r \in UO} U_r \left( (2\alpha-1)Y_{rp}^{(1)} + (2-2\alpha)Y_{rp}^{(2)} \right) + \sum_i V_i \left( (2\alpha-1)X_{ip}^{(1)} + (2-2\alpha)X_{ip}^{(2)} \right) \right) \end{aligned}$$

#### ۶-۴- روش ترابی هسینی

با توجه به اینکه مساله (۶) از نوع چندهدفه و فازی می‌باشد برای مواجهه با آن از روش ترابی-هسینی استفاده شده است. این روش ابتدا توسط ترابی و هسینی در سال ۲۰۰۸ ارائه گردید (ترابی و هسینی، ۲۰۰۸)، که یکی از رویکردهای شناخته شده برای مواجهه با مسائل چند هدفه می‌باشد که مسئله چندهدفه فازی را به یک مسئله تک هدفه غیرفازی (قطعی) تبدیل می‌کند. در این روش با در نظر گرفتن ضرابی در تابع هدف، می‌توان حالات بدبینانه یا واقع بینانه بودن و یا حالت بین این دو نظر تصمیم‌گیرنده را در نظر گرفت. اگر توابع هدف اول، دوم و  $n$ ام به ترتیب با  $Z_1$ ،  $Z_2$  و  $Z_3$  نشان داده شوند، آنگاه گام‌های روش برنامه‌ریزی فازی متقاطع برای این مساله به صورت زیر است:

۱. توزیع احتمالی ذوزنقه‌ای مناسبی برای پارامترهای غیر دقیق تعیین نمایید و مسئله را به صورت فازی مدلسازی نمایید.
۲. توابع هدف که به صورت فازی می‌باشد را به تابع هدف قطعی تبدیل نمایید.
۳. یک حداقل درجه پذیرش ( $\alpha$ ) برای پارامترهای غیرقطعی تعیین نمایید و مسئله فازی را به مسئله غیرفازی (قطعی) نمایید.
۴. حل ایده‌آل مثبت (PIS) و حل ایده‌آل منفی (NIS) را برای هر یک از تابع هدف‌ها با حل مسئله فازی تبدیل شده به قطعی به صورت زیر بدست آورید (ترابی و هسینی، ۲۰۰۸).

$$\begin{aligned} Z_1^{PIS} &= \min Z_1 & , & & Z_1^{NIS} &= \max Z_1 \\ Z_2^{PIS} &= \max Z_2 & , & & Z_2^{NIS} &= \min Z_2 \\ Z_3^{PIS} &= \max Z_3 & , & & Z_3^{NIS} &= \min Z_3 \end{aligned} \tag{۱۵}$$

s.t.

سایر محدودیت‌ها

۵. برای هر تابع هدف یک تابع عضویت خطی به صورت زیر تعریف کنید.

$$\mu_1(v) = \begin{cases} 1 & \text{if } Z_1 < Z_1^{PIS} \\ \frac{Z_1^{NIS} - Z_1}{Z_1^{NIS} - Z_1^{PIS}} & \text{if } Z_1^{PIS} \leq Z_1 \leq Z_1^{NIS} \\ 0 & \text{if } Z_1 > Z_1^{NIS} \end{cases} \tag{۱۶}$$

$$\mu_2(v) = \begin{cases} 1 & \text{if } Z_2 > Z_2^{PIS} \\ \frac{Z_2 - Z_2^{NIS}}{Z_2^{PIS} - Z_2^{NIS}} & \text{if } Z_2^{NIS} \leq Z_2 \leq Z_2^{PIS} \\ 0 & \text{if } Z_2 < Z_2^{NIS} \end{cases} \tag{۱۷}$$

$$\mu_3(v) = \begin{cases} 1 & \text{if } Z_3 > Z_3^{PIS} \\ \frac{Z_3 - Z_3^{NIS}}{Z_3^{PIS} - Z_3^{NIS}} & \text{if } Z_3^{NIS} \leq Z_3 \leq Z_3^{PIS} \\ 0 & \text{if } Z_3 < Z_3^{NIS} \end{cases} \tag{۱۸}$$

۶. مسئله چند هدفه قطعی خطی را با استفاده از رابطه (۱۹) به یک مسئله تک هدفه قطعی تبدیل کنید.

$$\begin{aligned} \max \quad & \lambda(v) = \Omega \lambda_0 + (1 - \Omega) \sum_h \ell_h \mu_h(v) \\ \text{s.t.} \quad & \lambda_0 \leq \mu_h(v), \quad h = 1, 2 \\ & v \in F(v), \lambda_0 \\ & \gamma \in [0, 1] \end{aligned} \tag{۱۹}$$

جایی که  $\mu_h(v)$  و  $\lambda_0 = \min_h \{\mu_h(v)\}$  به ترتیب نشان‌دهنده درجه ارضای تابع هدف  $h$ ام و حداقل درجه ارضای توابع هدف می‌باشند. این روش ترکیبی محدب از حد پایین درجه ارضای اهداف ( $\lambda_0$ ) و

مجموع وزنی این درجه‌های بدست آمده  $(\mu_h(v))$  می‌باشد تا یک حل متعادل قابل تنظیم را تضمین کند. علاوه بر این  $l_h$  و  $\Omega$  به ترتیب نشان‌دهنده اهمیت نسبی تابع هدف  $h$  ام و ضریب زیان می‌باشند. به عبارتی دیگر هرچه  $\Omega$  بیشتر باشد جبران سخت‌تر بوده و هرچه کمتر باشد جبران امکان‌پذیرتر می‌باشد. پارامتر  $l_h$  توسط تصمیم‌گیرنده و بر اساس ارجحیت وی انتخاب می‌شود، به طوری که  $\sum_h l_h = 1$  و  $l_h > 0$  می‌باشد.

۷. با در نظر گرفتن ضریب زیان  $\Omega$  و اهمیت نسبی اهداف فازی (بردار  $l$ ) مشخص، مدل ارائه شده قطعی تک هدفه را با همان محدودیت‌هاش حل نمایید.

### ۵- مثال عددی و نتایج

در جدول ۱ اطلاعات مربوط به تعداد بیست DMU مفروض که هریک دارای دو ورودی و دو خروجی هستند با این فرض که ورودی دوم و خروجی دوم نامطلوب هستند، آورده شده است:

جدول ۱. ورودی و خروجی واحدهای تحت ارزیابی

	Input1	Input2	Output1	Output2
DMU1	(۸۴۰,۸۳۰,۸۲۰,۸۱۰)	(۷۳,۶۳,۵۳,۴۳)	(۱۰۰۱,۹۹۱,۹۸۱,۹۷۱)	(۸۶,۷۶,۶۶,۵۶)
DMU2	(۸۲۴,۸۱۴,۸۰۴,۷۹۴)	(۹۵,۸۵,۷۵,۶۵)	(۹۷۹,۹۶۹,۹۵۹,۹۴۹)	(۱۴۲,۱۳۲,۱۲۲,۱۱۲)
DMU3	(۸۵۳,۸۴۳,۸۳۳,۸۲۳)	(۱۰۰,۹۰,۸۰,۷۰)	(۹۶۲,۹۵۲,۹۴۲,۹۳۲)	(۱۱۷,۱۰۷,۹۷,۸۷)
DMU4	(۸۸۹,۸۷۹,۸۶۹,۸۵۹)	(۸۸,۷۸,۶۸,۵۸)	(۹۵۶,۹۴۶,۹۳۶,۹۲۶)	(۱۶۳,۱۵۳,۱۴۳,۱۳۳)
DMU5	(۷۹۰,۷۸۰,۷۷۰,۷۶۰)	(۱۲۲,۱۱۲,۱۰۲,۹۲)	(۹۸۷,۹۷۷,۹۶۷,۹۵۷)	(۹۷,۸۷,۷۷,۶۷)
DMU6	(۸۷۱,۸۶۱,۸۵۱,۸۴۱)	(۵۸,۴۸,۳۸,۲۸)	(۹۹۳,۹۸۳,۹۷۳,۹۶۳)	(۱۸۴,۱۷۴,۱۶۴,۱۵۴)
DMU7	(۸۲۶,۸۱۶,۸۰۶,۷۹۶)	(۱۱۱,۱۰۱,۹۱,۸۱)	(۹۶۲,۹۵۲,۹۴۲,۹۳۲)	(۱۰۲,۹۲,۸۲,۷۲)
DMU8	(۸۰۹,۷۹۹,۷۸۹,۷۷۹)	(۱۰۳,۹۳,۸۳,۷۳)	(۱۰۲۵,۱۰۱۵,۱۰۰۵,۹۹۵)	(۷۹,۶۹,۵۹,۴۹)
DMU9	(۸۹۲,۸۸۲,۸۷۲,۸۶۲)	(۷۹,۶۹,۵۹,۴۹)	(۹۶۶,۹۵۶,۹۴۶,۹۳۶)	(۲۰۱,۱۹۱,۱۸۱,۱۷۱)
DMU10	(۸۵۰,۸۴۰,۸۳۰,۸۲۰)	(۱۱۲,۱۰۲,۹۲,۸۲)	(۹۶۱,۹۵۱,۹۴۱,۹۳۱)	(۱۱۸,۱۰۸,۹۸,۸۸)
DMU11	(۹۱۴,۹۰۴,۸۹۴,۸۸۴)	(۱۲۱,۱۱۱,۱۰۱,۹۱)	(۱۰۱۷,۱۰۰۷,۹۹۷,۹۸۷)	(۱۱۶,۱۰۶,۹۶,۸۶)
DMU12	(۸۲۸,۸۱۸,۸۰۸,۷۹۸)	(۸۹,۷۹,۶۹,۵۹)	(۹۶۸,۹۵۸,۹۴۸,۹۳۸)	(۱۳۳,۱۲۳,۱۱۳,۱۰۳)
DMU13	(۸۳۷,۸۲۷,۸۱۷,۸۰۷)	(۱۲۲,۱۱۲,۱۰۲,۹۲)	(۹۸۷,۹۷۷,۹۵۷,۹۴۷)	(۱۱۱,۱۰۱,۹۱,۸۱)
DMU14	(۷۹۹,۷۸۹,۷۷۹,۷۶۹)	(۱۱۵,۱۰۵,۹۵,۸۵)	(۹۸۵,۹۷۵,۹۶۵,۹۵۵)	(۱۴۱,۱۳۱,۱۲۱,۱۱۱)
DMU15	(۸۶۴,۸۵۴,۸۴۴,۸۳۴)	(۱۲۹,۱۱۹,۱۰۹,۹۹)	(۱۰۰۳,۹۹۳,۹۸۳,۹۷۳)	(۱۵۶,۱۴۶,۱۳۶,۱۲۶)
DMU16	(۹۲۳,۹۱۳,۹۰۳,۸۹۳)	(۱۱۳,۱۰۳,۹۳,۸۳)	(۱۳۴۲,۱۳۳۲,۱۳۲۲,۱۳۱۲)	(۲۲۵,۲۱۵,۲۰۵,۱۹۵)

جدول ۱. ورودی و خروجی واحدهای تحت ارزیابی

	Input1	Input2	Output1	Output2
DMU17	(۹۲۹,۹۱۹,۹۰۹,۸۹۹)	(۹۵۸۵,۷۵,۶۵)	(۱۰۰۱,۹۹۱,۹۸۱,۹۷۱)	(۱۳۷,۱۲۷,۱۰۷,۹۷)
DMU18	(۸۱۹,۸۰۹,۷۹۹,۷۸۹)	(۷۳,۶۳,۵۳,۴۳)	(۹۲۷,۹۱۷,۹۰۷,۸۹۷)	(۱۴۴,۱۳۴,۱۲۴,۱۱۴)
DMU19	(۸۹۷,۸۸۷,۸۷۷,۸۶۷)	(۱۰۳,۹۳,۸۳,۷۳)	(۱۱۵۱,۱۱۴۱,۱۱۳۱,۱۱۲۱)	(۱۶۲,۱۵۲,۱۴۲,۱۳۲)
DMU20	(۹۲۶,۹۱۶,۹۰۶,۸۹۶)	(۹۷,۸۷,۷۷,۶۷)	(۹۲۷,۹۱۷,۹۰۷,۸۹۷)	(۱۳۱,۱۲۱,۱۱۱,۱۰۱)

$\alpha$ ،  $\Omega$  و  $l$  پارامترهایی هستند که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شوند. هرچه مقدار  $\alpha$  بیشتر باشد به معنای سخت‌گیری بیشتر است. هر چقدر  $\Omega$  افزایش یابد درجه سخت‌گیری تابع هدف کلی بیشتر شده در اینجا با روش سعی و خطا مقدار ۰/۵ برای  $\alpha$  و مقدار ۰/۷ برای  $\Omega$  در نظر گرفته شده و مقادیر  $l$  برای هر یک از توابع هدف ۰/۰۵ در نظر گرفته شده به این معنا که تمامی توابع هدف اهمیت یکسان داشته‌اند. نتایج حاصل از حل مدل کلاسیک (۴) مقادیر کارایی واحدها در جدول ۲ نمایش داده شده است:

جدول ۲. کارایی واحدهای تحت ارزیابی با استفاده از تحلیل پوششی سنتی

DMU	مقدار کارایی	DMU	مقدار کارایی
DMU1	۰/۸۶۷	DMU11	۰/۷۲۳
DMU2	۰/۷۹۶	DMU12	۰/۸۷۹
DMU3	۱	DMU13	۱
DMU4	۰/۸۴۲	DMU14	۰/۹۱۲
DMU5	۱	DMU15	۱
DMU6	۱	DMU16	۰/۷۶۰
DMU7	۰/۹۲۳	DMU17	۰/۹۴۶
DMU8	۰/۸۷۱	DMU18	۱
DMU9	۰/۸۳۹	DMU19	۰/۷۵۴
DMU10	۰/۹۰۴	DMU20	۱

همانطور که میدانیم DEA سنتی قادر به تمایز بین واحدهای کارا نمی‌باشد، تعداد هفت DMU کارا شده است. با استفاده از نتایج مدل ترابی-حسینی و روش رتبه‌بندی کارایی متقاطع رتبه‌های کارایی آن‌ها را بدست آمده و در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند:

جدول ۳. کارایی واحدهای تحت ارزیابی با استفاده از مدل ترابی-حسینی و روش کارایی متقاطع

DMU	مقدار کارایی
DMU3	۰/۸۵۲
DMU5	۰/۸۵۶

DMU	مقدار کارایی
DMU6	۰/۸۹۹
DMU13	۰/۸۲۲
DMU15	۰/۸۷۷
DMU18	۰/۸۳۹
DMU20	۰/۸۸۱

رتبه‌های کارایی محاسبه شده حاکی از آن است که DMU6 کاراترین واحد تصمیم‌گیری و پس از آن به ترتیب DMU20، DMU15، DMU5، DMU3، DMU18 و DMU13 قرار گرفته‌اند.

## ۶- نتیجه‌گیری:

در این پژوهش سعی شد با استفاده از مدلی چندهدفه بر مبنای مدل پایه ای CCR و استفاده از داده‌های فازی و نامطلوب به ارائه چهارچوبی برای ارزیابی واحدها و تصمیم‌گیری در خصوص آن‌ها، پرداخته شود. روش پایه ای CCR کارایی واحدهای کارا را بصورت هم سطح و هم تراز ارزیابی می‌کند، لذا برای رتبه‌بندی واحدهای کارا از روش اصلاح شده دوپل و گرین تحت عنوان روش کارایی متقاطع خوشبینانه استفاده شد. بدلیل اینکه مدل پیشنهادی فازی و چندهدفه است روش ترابی-هسینی که برای حل مسائلی که توأمآ چندهدفه و فازی هستند طراحی شده است، مورد استفاده قرار گرفت و به این ترتیب رتبه‌بندی واحدهای کارا نیز انجام و نتایج گزارش شد.

همانطور که مشاهده شد، نتایج حاصل از به کارگیری مدل پایه ای CCR واحدها را به دودسته واحدهای کارا و واحدهای ناکارا تقسیم نموده است و بین واحدهای کارا تمایزی قائل نشده است در حالی که پس از به کار بستن روش پیشنهادی درجه کارایی متفاوتی برای آن‌ها به دست آمده است به نحوی که قادر به رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس درجه کارایی آن‌ها هستیم.

## ۷- منابع

### ۷-۱- منابع فارسی

- بالا قیصر، مریم،، علیزاده، اسماعیل. (۱۳۹۰). "اندازه‌گیری کارایی بصورت فازی در تحلیل پوششی داده‌ها". *فراسوی مدیریت*، سال پنجم، شماره ۱۷، ص ۹۰-۱۰۹.
- جعفریان مقدم، احمدرضا، قیصری، کیوان. (۱۳۸۹). "مدل پویای چندهدفه تحلیل پوششی داده‌های فازی"، *مدیریت صنعتی*، دوره ۲، شماره ۴، ص ۱۹-۳۶.
- رخشان، سید علی،، علیرضایی، محمدرضا. (۱۳۹۳). "رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل ابر کارایی غیرشعاعی"، *مدیریت صنعتی*، دوره ۶، شماره ۲، ص ۳۰۳-۳۱۶.

صالحی صدقیانی، جمشید، امیری، مقصود، رضوی، سیدحسن، هاشمی، شیده سادات، حبیب زاده، اصحاب (۱۳۸۸).  
 "ارائه مدل برنامه‌ریزی آرمانی خطی برای محاسبه اوزان مشترک در مسائل تحلیل پوششی داده‌ها"، نشریه  
 مدیریت صنعتی، دوره ۱، شماره ۲، ص ۸۹-۱۰۴.

## ۷-۲- منابع انگلیسی

- Anderson, P. and Peterson, N.C. (1993). "a procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis". *Management science*. Vol. 39, No. 10, pp. 1261-1264.
- Azadi, M., Jafarian, M., Farzinpoor saen, K. and Mirhedayatian, S.M. (2015). "A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context". *computers & operation research*. Vol. 54, No. 1, pp. 274-285.
- Bray, S., Caggiani, L. and Ottomanelli, M. (2015). "measuring transport systems efficiency under data envelopment analysis: theoretical and practical comoarisons with traditional DEA model". *Transportation research procedia*. Vol. 5, No. 1, pp.186-200.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision-making units". *European Journal of Operations Research*. Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.
- Carrillo, M. and Jorge, J.M. (2015) "a multi objective DEA approach to ranking alternatives". *Expert systems with applications*. Vol. 50, No. 1, PP. 130-139.
- Chen, Y.Ch., Chiu, Y-H., Huange, Ch.W. and Hentu, Ch.(2013). "the analysis of bank business performance and market risk-applying fuzzy DEA". *Economic modeling*. Vol. 32, No. 1, pp. 225-232.
- Doyel, J.R., Green, R. (1994). "efficiency and cross efficiency in DEA: desirations measurings and uses, JORS. Vol. 45, No. 5, pp. 567-578.
- Kao, H.Y., Chan, C.Y., Wu, D.J. (2014). "A multi-objective programming method for solving network DEA". *Applied soft computing*. Vol. 24, No. 1, pp.406-413.
- Keshavarz, E., Toloo, M. (2014). "efficiency staturse of a feasible solution in the multi-objective integer linear programming problems: a DEA methodology", *Applied Mathematical Modelling*. Vol. 39, No. 12, pp. 3236-3247.
- Despotis, K.D., Koronakos, G. and Sotriros, D. (2015). "a multi-objective programming approach to network DEA with an application to assessment of the academic research activity". *Information technology and quantitative management*. Vol. 55, No. 1, pp. 370-379.
- Kumar, A., Shankar, K. and Debnath, R.M. (2015). "analyzicustomers performance and measuring relative efficiency in telecom sector: a hybrid fuzzy AHP/DEA study". *Telematics and informatics*, Vol.32, No. 3, pp.447-462.
- Liu, W.B., Meng, W., Li, X.X. and Zhang, D.Q. (2010). "DEA models with undesirable inputs and outputs". *Ann Oper Res*, Vol.173, No. 1, pp.177-194.
- Liu, B. and Liu, Y.K. (2002). "Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models". *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*. Vol.10, No. 4, pp. 445-450.
- Liu, B. (2004). *Uncertainty Theory: An Introduction to its Axiomatic Foundations*.
- Mashayekhi, Z., Omrani, H. (2015). "An integrated multi-objective Markowitz DEA cross-efficiency model with fuzzy returns for portfolio selection problems". *Applied soft computing journal*. Vol. 38, No. 1, pp. 1-9.



- Mehrabian, S., Alirezaee, M.L. and Jahanshahloo, G.R.(1999). "A complete efficiency ranking of decision making units in data envelopment analysis". *Computational optimization and applications*. Vol.14, No.2, pp. 261-266.
- Puri, J., Prasad yadav, Sh.(2014). "a fuzzy DEA model with undesirable fuzzy outputs and its application to the banking sector in india". *Expert systems with applications*. Vol. 41, No. 14, pp. 6419-6432.
- Seiford, L.M., Zhu, J. (2002). "modeling undesirable factors in efficiency evaluation". *European Journal of Operational Research*. Vol. 142, No. 1, pp.16-20.
- Sexton, T.R., Silkman, R.H. and Hoang, A.J. (1986). "DEA envelopment analysis: critique and extentions in: R.H.Silkman (Ed.), measuring efficiency: an essessment of Data envelopment analysis", Jossey-Bass, San Francisco, pp. 73-105.
- Torabi, S.A. and Hassini, E. (2008). "An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning". *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 159, No. 2, pp. 193-214.
- Wu, J., Chu, J., Sun, J., Zhu, Q. and Liang, L. (2015). "extended secondary goal models for weight selection in DEA cross-efficiency evaluation". *computers & industrial engineering*. Vol. 93, No. 1, pp.143-151.
- Zhu, H. and Zhang, J. (2009). "A credibility-based fuzzy programming model for APP problem". In Artificial Intelligence and Computational Intelligence.. AICI'09. International Conference on (Vol. 1, pp. 455-459). IEEE.