فصلنامه علمی ° پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی ° سال سیزدهم، شماره ۳۷، تابستان ۹۴
صفحات ۲۱۹-۱۸۷

ارائه یک روش ترکیبی از تاپسیس فازی و تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی عدد صحیح برای انتخاب سبد پروژه

علیرضا علی‌نژاد*، اسماعیل قربانیان فرح آبادی **

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۷-تاریخ پذیرش:۹۳/۱/۳۰)

چکیده

بحث انتخاب و برنامه‌ریزی پروژه و تخصیص منابع محدود سازمان به پروژه‌ها از مباحث بسیار با اهمیت در ارتباط با مدیریت پروژه‌ها در سازمان‌های پروژه محور می‌باشد. این چنین سازمان‌هایی برای اجرای سیاست‌ها و اهداف خود و برای رشد و بقا و به اجرا در آوردن برنامه‌هایشان، خود را ملزم به برنامه‌ریزی و کنترل آن در راستای ماموریت و استراتژی سازمان می‌یابند. که گاهی این برنامه‌ها در مقام اجرا بصورت پروژه‌هایی نمایان خواهند شد. بدین منظور در این مطالعه سعی شده است تا به یک مدل ترکیبی ریاضی برای انتخاب و برنامه‌ریزی ترکیب بهینه‌ای از پروژه‌هایی که یک سازمان با آن روبرو است پرداخته شود. این مدل، یک مدل ترکیبی است که از سه بخش و هر بخش از چند مرحله تشکیل شده است، که از ترکیب و با اصلاحاتی از روش برنامه‌ریزی ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها (برای بازبینی اولیه پروژه‌ها)، تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ی تاپسیس در شرایط عدم قطعیت (برای ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌ها) و برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح (برای انتخاب بهترین سبد با توجه به ارجحیت‌ها و محدودیت‌های سازمان) شکل گرفته است.

واژگان کلیدی: انتخاب سبد پروژه، ارزیابی پروژه، تاپسیس فازی، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح، امتیازات افزایش یافته

* استادیار دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین(نویسنده مسئول)
Alinezhad_ir@yahoo.com

** دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

مقدمه

هر سازمانی برای اجرای سیاست‌ها و اهداف خود، ملزم به برنامه‌ریزی و کنترل آن در راستای ماموریت و استراتژی بلند مدت سازمان می‌باشد که گاهی این اهداف در مقام اجرا به صورت پروژه‌هایی نمایان خواهند بود. انتخاب زیر مجموعه‌ای از پروژه‌ها در چنین شرایطی با توجه به لحاظ نمودن الویت‌ها، محدودیت‌های سازمان و تعامل متقابل بین پروژه‌های وابسته یک مسئله‌ی چند معیاره را تشکیل می‌دهد بطوری که تصمیم‌گیرنده باید سبدی از بهترین گزینه‌ها را با احتساب جنبه‌های مختلف انتخاب کند (Zanakis,1995). زمانی‌که شرایط زیر بر مسئله‌ی تصمیم‌گیری حاکم باشد مسئله‌ی تصمیم‌گیری پیچیده‌تر خواهد شد (Belton,2002) و (Kirkwood,1997):

اهداف (معیارها) چندگانه و بعضا متضاد باشند.

برخی اهداف کیفی و ماهیتا نیز در تقابل با اهداف کمی باشند.

بعضی از پروژه‌ها ذاتا به یکدیگر وابسته باشند (چه در همکاری و مشارکت و چه در مصرف منابع).

وجود عدم قطعیت زیاد در تعیین عملکرد یک پروژه با توجه به یک معیار خاص.

محدودیت‌هایی مانند منابع مالی، نیروی کار، تجهیزات و گاهی پارامترهایی همچون ریسک پروژه.

وجود تعداد زیاد پروژه و به دنبال آن پرتفولیوهای موجه و شدنی.

در این حالت استفاده از روش‌های رتبه بندی چند معیاره به تنهایی برای کمک به تصمیم-گیرنده کافی نمی‌باشد زیرا تضمین نمی‌کند که پروژه‌های انتخاب شده تمامی محدودیت‌ها را برآورده کنند (Santhanam,1989) و (Badri,2001).

در این مطالعه سعی می‌شود تا به این نکته اشاره شود که در برنامه‌ریزی پروژه‌ها علاوه بر ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها به صورت انفرادی باید به تعامل و اثرات متقابل بین پروژه‌ها نیز توجه کرد. از قبیل منابع مشترک، رعایت پیش نیازها، برآورده کردن اهداف استراتژیک

سازمان. روش‌های زیادی برای کمک به سازمان‌ها در انتخاب پروژه زمانی که در این حالت قرار می‌گیرند پیشنهاد شده است. اکثر رویکردها از برنامه‌ریزی عدد صحیح (IP)[1] استفاده می‌کنند (یا دقیق‌تر، برنامه‌ریزی صفر و یک) که به هر پروژه یک متغیر صفر و یک اختصاص می‌دهند که اگر پروژه انتخاب شود $x_i = ۱$ و در غیر اینصورت $x_i = ۰$. در حالت‌های تک هدفه معمولا یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح یا برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط (MIP)[2] فرمول‌بندی و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Santhanam,1995)، (Kyparisis,1996)، (Pisinger,2001) و (Melachrinoudis,2002). به منظور ترکیب چند شاخص، اغلب مطالعات از برنامه‌ریزی آرمانی صفر و یک استفاده کرده‌اند (Santhanam,1996)، (Albright,1975)، (Kwak,1998)، (Fandel,2001) و (Mukherjee,1995) و برخی از مولفین نیز برنامه‌ریزی ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها را بکار برده‌اند (Cook,2000)، (Oral,1991) و (Oral,2001).

راه دیگر استفاده از رویکرد دو مرحله‌ای می‌باشد: ابتدا یک ارزیابی چند معیاره از پروژه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه صورت می‌گیرد که پروژه‌ها را بصورت انفرادی ارزیابی می‌کند و سپس این اطلاعات در تابع هدف مدل IP که محدودیت‌ها را نیز شامل می‌شود بکار می‌روند (Golabi,1981)، (Abu-Taleb,1995)، (Mavrotas,2003) و (Mavrotas,2006).

روش‌های معرفی شده‌ی بالا تمایل دارند تا مرحله‌ی نهایی از انتخاب سبد را حل کنند بدون اینکه تضمین کنند سبد انتخاب شده‌ی نهایی با اهداف و مقاصد سازمان همراستا باشد. بنابراین یک متدولوژی و چارچوب کلی نیاز است که از شناسایی نیازها و داده‌ها شروع شده و به سبد متعادل ختم شود و شکاف‌های مهم و اصلی که در مرور ادبیات انتخاب سبد پروژه یافت می‌شود بصورت زیر قابل شرح است:

شکاف ۱: روش‌های زیادی در مورد ارزیابی پروژه و انتخاب سبد فراهم شده که می‌توانند در مراحل مختلف فرآیند استفاده شوند، اما بطور کامل شرح داده نشده است که کدام روش در کدام مرحله استفاده گردد.

1 Integer Programming
2 Mixed Integer Programming

شکاف ۲: ادبیات، متدولوژی کامل برای انتخاب سبد پروژه که با ایجاد و خلق پروژه شروع شده و با ارزیابی و متعادل‌سازی سبد به پایان رسد را فراهم ننموده است.

شکاف ۳: فرآیندی که سازگاری سبد انتخاب شده با استراتژی سازمان را تضمین کند وجود ندارد.

شکاف ٤: اشکال برنامه‌ریزی عدد صحیح که یک فرم از مدل کوله‌پشتی با چند محدودیت می‌باشد و در اکثر مقالات مورد استفاده قرار گرفته است در حالت کنونی آن است که به دلیل محدودیت بودجه و تابع هدفی که به دنبال بهترین ترکیب از پروژه‌ها می‌باشد، رتبه‌ی پروژه‌ها بر طبق امتیاز چند معیاره‌ای که از مرحله‌ی چند شاخصه بدست آمده لحاظ نمی‌شود. پروژه‌ها با امتیاز پایین و هزینه‌ی کم ممکن است به پروژه‌ها با هزینه‌ی بالا ترجیح داده شوند(Tobin,1999). برای مثال، فرض کنید سه پروژه‌ی A و B و C با امتیاز چند معیاره‌ی ۰/۶۵، ۰/۴ و ۰/۳ و هزینه‌ی ۵۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰ و ۲۵۰۰۰ در دسترس هستند. اگر مستقیما امتیازات چند معیاره را به‌عنوان ضرایب تابع هدف استفاده کنیم ترکیب پروژه‌های B و C بر پروژه‌ی A ترجیح داده خواهند شد چون امتیاز ادغامی آنها ۰/۶۵ ۰/۴ ۰/۳ و هزینه‌ی ادغامی آنها ۵۰۰۰۰ ۲۰۰۰۰ ۲۵۰۰۰ می‌باشند.

مدل IP پروژه‌های B و C را بجای پروژه‌ی A انتخاب خواهد کرد هرچند آن‌ها بصورت انفرادی امتیاز کمتری نسبت به A دارند. این وضعیت به دلیل فرمول‌بندی IP رخ می‌دهد که ذاتا ترکیبی از پروژه‌ها را با یک پروژه‌ی منفرد مقایسه می‌کند. این وضعیت در حالت تصمیم‌گیری فعلی خواستنی و مطلوب نیست از این رو به دنبال تطبیق و سازگاری بیشتر جواب نهایی با امتیازات چند شاخصه‌ی هر پروژه هستیم، زیرا اگر گزینه‌ی A انتخاب نگردد در حالی که گزینه‌های دیگر با مشخصه‌های یکسان (نوع بررسی یکسان، دپارتمان یکسان و غیره) و امتیاز چند شاخصه‌ی کمتر انتخاب گردند، ایجاد کننده یا متقاضی گزینه‌ی A می‌تواند یک اعتراض منطقی به فرآیند وارد نماید و در این حالت کل فرآیند تردید پذیر خواهد شد.

هدف از این امر وارد کردن ویژگی‌های انفرادی هر پروژه در مدل IP به منظور جلوگیری از ادغام اجتناب ناپذیر که بوسیله‌ی تابع هدف و محدودیت مدل IP ایجاد می‌گردد است. این

مهم با جایگزین کردن امتیازهای چند شاخصه‌ی اصلی با امتیازهای افزایش یافته (as)[1] در تابع هدف IP بدست می‌آید.

با توجه به مرور ادبیات و شکاف‌های مطرح شده، یک متدولوژی برای انتخاب سبد پروژه پیشنهاد شده است.

در این مطالعه ما از یک رویکرد سه مرحله‌ایی برای ارزیابی پروژه و انتخاب سبد استفاده می‌کنیم. بطوری که حداکثر سازگاری بین انتخاب نهایی و رتبه‌بندی اولیه پروژه‌ها با در نظر گرفتن محدودیت‌ها و استراتژی سازمان تامین گردد. باقی این مطالعه بصورت زیر مرتب شده است: در بخش دوم مسئله بهینه‌سازی پروژه توضیح داده می‌شود، در بخش سوم مدل پیشنهادی معرفی شده و در بخش چهارم یک مطالعه موردی برای بررسی کارآیی مدل آورده شده است و در انتها در بخش پنجم نتایج حاصل از این تحقیق و پیشنهادات آتی شرح داده می‌شود.

بیان مسئله تحقیق

هر سازمانی باید با این نگرش به سمت انتخاب پروژه گام بردارد که آن‌را به صورت فعالیتی که در خلأ و جدا از دیگر اهداف و تصمیمات صورت می‌پذیرد نپندارد. بلکه تمامی مسائل مهم دخیل در انتخاب یک پروژه باید لحاظ شوند.

سوال تحقیق

بر مبنای مرور ادبیات، نیازها در عمل و در گفتگو با افرادی که در زمینه‌ی پروژه فعالیت می‌کنند شناسایی و سوال تحقیق طراحی شده است. و سپس اهداف و مقاصد تحقیق برای جواب به این سوال شناسایی شده‌اند.سوال اصلی تحقیق بصورت زیر مطرح می‌شود:

"چطور می‌توان یک روش تصمیم‌گیری مناسب برای ارزیابی پروژه و انتخاب پرتفولیو در یک سازمان پروژه محور ایجاد و اجرا کرد؟" سوالات زیر نیز برای توضیح عمیق‌تر سوال اصلی تحقیق مطرح می‌شوند:

۱. چطور سازمان‌ها سبد پروژه را ارزیابی و انتخاب می‌کنند؟

1 Augmented Scores

۲. چطور انتخاب سبد پروژه به سازمان‌ها برای دست‌یابی به اهداف تجاری و استراتژیک کمک می‌کند؟

اهداف تحقیق

هدف اساسی از انجام تحقیق فوق مطرح کردن موضوع بحث برای شناساندن آن و مورد توجه قرار گرفتن آن در سازمان‌ها می‌باشد. همچنین ارائه‌ی یک مدل کاربردی مد نظر می‌باشدکه بتواند با لحاظ کردن محدودیت‌ها، اهداف و الویت‌های سازمان مربوطه ترکیب بهینه‌ایی از پروژه‌ها را انتخاب کند. بعبارتی شناساندن موضوع و مدل منعطف به کار رفته در این تحقیق و به نمایش گذاشتن یک مورد عملی و نتایج حاصل از آن از اهداف اساسی تحقیق می‌باشد. اهداف تحقیق بصورت مشروح در زیر آمده‌اند:

۱. بررسی و ایجاد روش و تکنیکی برای ارزیابی پروژه و انتخاب سبد.
۲. فراهم کردن ابزارها و روش‌هایی که به تصمیم‌گیرنده بینش لازم را برای انتخاب سبد پروژه می‌دهد.

مدل پیشنهاد شده

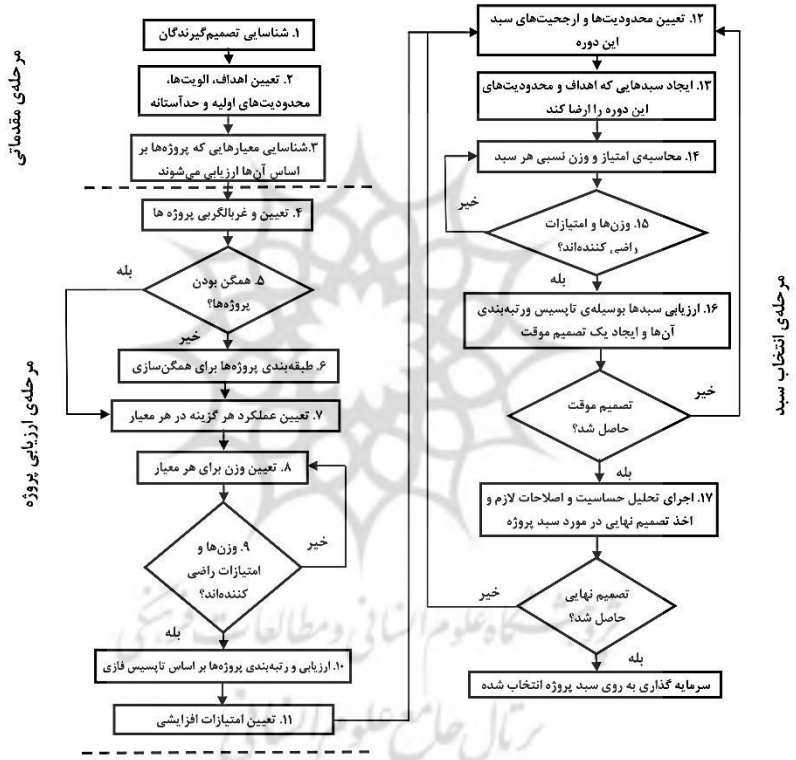
متدولوژی بر مبنای استفاده از روش تاپسیس فازی[1]، تحلیل پوششی داده‌ها[2] و برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح که هر یک در مراحل مختلفی از متدولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنا شده است. این متدولوژی مراحل مورد نیاز، قبل از ایجاد هر پروژه تا مرحله‌ی تصمیم‌گیری نهایی و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری پروژه را پوشش می‌دهد.

متدولوژی انتخاب سبد پروژه

در این تحقیق به منظور ایجاد و طراحی متدولوژی انتخاب سبد، از چارچوب پیشنهادی آرچر و قاسم‌زاده استفاده شده است (Archer,1999) که گام‌هایی به این ساختار اضافه و برخی از گام‌های آن نیز اصلاح شده‌اند (نمودار ۱).

1 Fuzzy Topsis
2 Data Envelopment Analysis (DEA)

در مرحله‌ی مقدماتی تصمیم‌گیرندگان و اهداف مسئله تعیین می‌شوند. در این مرحله همچنین معیارهای مختلفی که پروژه‌ها باید بر مبنای آنها ارزیابی شوند نیز مشخص می‌گردند. مرحله‌ی دوم بر ارزیابی انفرادی پروژه‌ها تمرکز دارد، در این مرحله پروژه‌ها توسط روش $TOPSIS$ فازی ارزیابی و رتبه‌بندی می‌گردند. در مرحله‌ی انتخاب سبد، تصمیم‌گیرندگان سبدهایی را که محدودیت‌ها و اهداف سازمان را برآورده می‌سازند توسط برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح (ILP) انتخاب می‌کنند. سپس این سبدهای تولید شده توسط $TOPSIS$ ارزیابی و رتبه‌بندی می‌گردند.



نمودار ۱. نمودار جریان متدولوژی تصمیم‌گیری برای انتخاب سبد پروژه

مرحله‌ی مقدماتی

گام‌های مرحله‌ی مقدماتی بصورت زیر هستند:

گام ۱: تعیین تصمیم‌گیرنده(ها): قبل از فرآیند ایجاد، ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها، مهم است که بدانیم چه کسانی در فرآیند تصمیم‌گیری دخیل خواهند بود.

گام ۲: تعیین اهداف، اولویت‌ها و محدودیت‌های اولیه‌ی دوره‌ی انتخاب فعلی: گام بعدی، شناسایی و تعیین نیازها و اهداف دوره‌ی فعلی انتخاب سبد می‌باشد. محدودیت‌ها نشان دهنده‌ی شرایط و قیودی هستند که هر پروژه به تنهایی یا سبد پروژه‌ها باید کل یا بخشی از آن‌ها را برآورده سازند.

گام ۳: شناسایی معیارهایی که پروژه‌ها بر اساس آن‌ها ارزیابی می‌گردند: این گام، شناسایی معیارهایی است که از دیدگاه تصمیم‌گیرنده مرتبط با مسئله‌ی تصمیم‌گیری می‌باشد. ایده‌ی اصلی استفاده از معیار، سنجش عملکرد آلترناتیوها می‌باشد. یک ساختار سلسله مراتبی (یا درخت ارزش) می‌تواند برای شناسایی سطوح مختلف معیارها مورد استفاده قرار گیرد.

مرحله‌ی ارزیابی پروژه

نقطه‌ی آغاز این مرحله دریافت پروژه‌های پیشنهادی برای ارزیابی آن‌هاست تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها برای سازمان سودمند هستند.

گام ٤: تعیین و غربالگری پروژه‌ها: برای اطمینان از اینکه پروژه‌ها برای ارزیابی جزئی‌تر مناسب می‌باشند یا خیر، در این گام بازبینی می‌شوند. در این گام از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌گردد تا پروژه‌های ناکارا وارد مرحله‌ی بعد نشده و زمان و هزینه اضافی برای بررسی بی‌مورد آنها صرف نشود. در برخی از فرآیندها با تعیین حدآستانه و مطمئن شدن از اینکه پروژه‌ها از این حد تجاوز نمی‌کنند به غربال‌گری پروژه می‌پردازند. اما برای جلوگیری از نظرات شخصی و تاثیرات آن بر انتخاب نهایی از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین پروژه‌های کارا در غربالگری اولیه استفاده شده است.

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده[۱] است. تاریخچه روش تحلیل پوششی داده‌ها به موضوع رساله دکتری رودز[۲] به راهنمایی پروفسور کوپر[۳] برمی‌گردد. که عملکرد مدارس دولتی ایالات متحده آمریکا را مورد ارزیابی قرار داد. این مطالعه منجر به چاپ اولین مقاله درباره معرفی عمومی تحلیل پوششی داده‌ها در سال ۱۹۷۸ میلادی گردید.

مدلهای اصلی تحلیل پوششی داده ها: اگر چه تعداد مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها، روز به روز افزایش می‌یابند و جنبه تخصصی پیدا می‌کنند، اما مبنای همه‌ی آن‌ها، تعدادی مدل اصلی است که توسط بنیانگذاران این روش علمی طراحی و تبیین گردیده است، این مدل‌ها عبارتند از (Seiford,1995): ۱- مدل اصلی (CCR) ۲- مدل اصلی (BCC) ۳- مدل اصلی $(CCR-BCC)$ ۴- مدل اصلی $(BCC-CCR)$.

ساختمان این مدل‌ها بر اساس این فرض نهاده شده است که تعداد واحدها برابر با n باشد، یعنی $(DMU_1, DMU_2, \dots, DMU_n)$ که m نوع ورودی مصرف کرده و s نوع خروجی تولید می‌کند، در این صورت واحد jام شامل ورودی‌های $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ و خروجی‌های $(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ خواهد بود. می‌توان ماتریس ورودی‌ها را با نماد X و ماتریس خروجی‌ها را با نماد Y به صورت زیر نشان داد:

$$X=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \qquad Y=\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} \end{bmatrix}$$

با توجه به اینکه مدل مورد استفاده در این مقاله، مدل CCR است، لذا به شرح مختصر آن می‌پردازیم:

1- Decision Making unit (DMU)
2- E.Rhodes
3 W.W.Cooper

این مدل ابتدا توسط چارنز، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ میلادی پیشنهاد شد و نام آن از حروف اول اسامی پیشنهاد دهندگان گرفته شده است که بیشتر به مدل CCR[1] معروف است (Banker,1984).

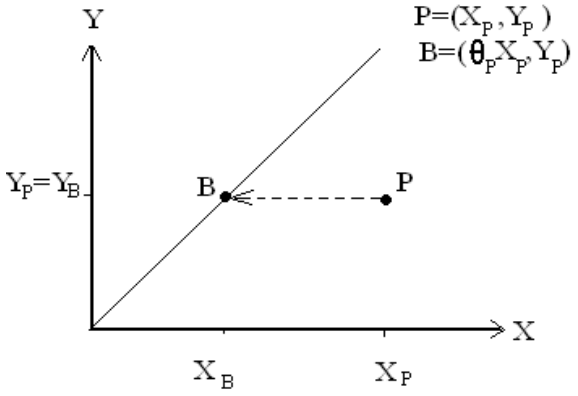
$$\min = {}_{p}$$

$$st: \quad \begin{aligned} & \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\ {}_{j} \quad {}_{p} x_{ip} && i = 1,\ldots,m \\ & \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\ {}_{j} \quad y_{rp} && r = 1,\ldots,s \\ & {}_{j} \quad 0 && j = 1,\ldots,n \end{aligned} \qquad (1)$$

برای آشنایی با نحوه عمل این مدل، می‌توان در شکل ۱ نقطه (P) را در نظر گرفت. برای اندازه‌گیری کارآیی آن با توجه به مرز یا تابع، نقطه (B) در روی مرز به موازات افقی نقطه (P) قابل دسترسی است. نقطه (P) به میزان x_{p} ورودی مصرف می‌کند تا تعداد y_{p} خروجی تولید کند. نقطه (B) نیز تعداد x_B ورودی مصرف می‌کند که این میزان ورودی کمتر از ورودی مصرفی نقطه (P) می‌باشد. اما به تعداد y_B خروجی تولید می‌کند که برابر با خروجی نقطه (P) می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)



شکل ۱. مرز کارایی در مدل CCR ورودی محور

حال چنانچه بخواهیم نقطه (P) را به مرز کاری برسانیم، باید میزان مصرفی ورودی (P) را کاهش دهیم، لکن در حالت بهینه، هر چقدر میزان کاهش ورودی، حداقل باشد، کارآیی نقطه (P) نیز افزایش خواهد یافت. چنانچه میزان کاهش ورودی مذکور را با نماد نشان دهیم، عبارت از کسری از ورودی نقطه (P) خواهد بود که در عین حال، میزان کارآیی را هم نشان می‌دهد.

هدف از این گام کاهش زمان محاسبه، کاهش هزینه‌های محاسباتی، کاهش سایز مسئله، افزایش فهم و درک تصمیم گیرنده با دخالت مستقیم در فرآیند ارزیابی و انتخاب و پذیرفتنی و کاربردی کردن متدولوژی برای مدیران می‌باشد که این امر با حذف آلترناتیوهای ناکارآمد و پیگیری فرآیند با آلترناتیوهای کارای باقی مانده میسر می‌گردد.

گام ۵: بررسی همگنی پروژه‌ها: اهمیت بررسی همگنی پروژه‌ها برای آن است که در هنگام ارزیابی پروژه‌ها برخوردی یکسان با تمامی آنها صورت گیرد.

گام ٦: دسته بندی پروژه‌ها برای همگن‌سازی: پروژه‌ها همیشه همگن نیستند. تصمیم‌گیرنده برخی مواقع نیاز پیدا می‌کند که آنها را در گروه‌های همگن دسته‌بندی کند. شاخص‌های مختلفی برای دسته‌بندی پروژه‌ها وجود دارد (مانند شاخص تحقیق وتوسعه، سایز پروژه، زمان پروژه، نوع تکنولوژی و غیره).

گام ۷: تعیین عملکرد هر پروژه براساس هر معیار: اگر تصمیم‌گیرنده بتواند یک واحد برای هر معیار شناسایی نماید آنگاه به آسانی می‌تواند پروژه‌ها را بر اساس هر معیار ارزیابی نماید. برای مثال، هزینه و بازگشت سرمایه‌ی یک پروژه را می‌توان بر اساس مقدارهای پولی نمایش داد. اما برای معیارهایی مانند همراستایی استراتژیک و رقابت، یافتن متغیری که به توان بصورت کمی (مقدار) آنها را بیان نمود بسیار سخت است. بنابراین می‌توان از سه رویکرد متفاوت که قادرند عملکرد پروژه‌ها را در این نوع معیارها بیابند استفاده نمود: رویکرد رتبه مستقیم[1]، تابع ارزش[2] و مقیاس عملکرد[3] (Kabli,2009).

گام ۸: تعیین وزن هر یک از معیارهای تصمیم‌گیری: به منظور ارزیابی پروژه‌ها، گروه تصمیم-گیری برای بدست آوردن مطلوبیت کل هر پروژه باید ارزش آن پروژه در معیارهای مختلف را با هم ترکیب کند.

گام ۹: بررسی رضایتمندی گروه تصمیم‌گیری از امتیازات و وزن‌های تخصیص داده شده: برای اطمینان از اینکه گروه در مراحل بعدی، تصمیم به تغییر وزن و امتیازات تعیین شده در گام-های قبلی را نگیرند این گام ضروری است. برخی از اعضای گروه ممکن است بخاطر اینکه نتایج ارزیابی ضعیف بوده دست به تغییر در وزن‌ها و امتیازات اختصاص داده شده به معیارها و پروژه‌ها بزنند. اگر رضایتمندی گروه برآورده نشده باشد، می‌توانند گام‌های ۷ و ۸ را آنقدر تکرار کنند تا در مورد وزن و امتیاز به یک توافق جمعی برسند.

گام ۱۰: ارزیابی پروژه‌ها بر اساس $TOPSIS$ فازی و رتبه‌بندی پروژه‌ها: در این گام تصمیم‌گیرنده با بکار بردن $TOPSIS$ فازی به ارزیابی پروژه‌ها می‌پردازد. در دنیای واقعی بخاطر وجود اطلاعات ناقص و یا در اختیار نبودن اطلاعات، داده‌ها اغلب دقیق نیستند و معمولا بصورت فازی/مبهم در دسترس هستند. بنابراین در این بخش سعی می‌کنیم روش $TOPSIS$ را برای داده‌های فازی بسط دهیم (Jahanshahloo,2006). فرض کنید $A_1, A_2, \dots, A_m$، m آلترناتیو ممکن و $C_1, C_2, \dots, C_n$ معیارهایی هستند که کارآیی آلترناتیوها بر اساس آن‌ها

1 -direct rating
2 -value function
3 -performance scale

سنجیده می‌شوند. $\tilde{x}_{ij}$ نیز عملکرد آلترناتیو A_i با توجه به معیار C_j می‌باشد که یک عدد فازی نیز است. ماتریس تصمیم فازی برای این مسئله بصورت زیر می‌باشد: (بطوری که W وزن معیار C_j و می‌باشند).

	c_1	c_2	...	c_n
A_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
A_2	$\tilde{x}_{21}$	x_{22}	...	x_{2n}
⋮	⋮	⋮		⋮
A_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

$$W = [w_1, w_2, ..., w_n]$$

شکل ۲: ماتریس تصمیم فازی

مرحله اول، مشخص نمودن معیارهای ارزیابی می‌باشد. مرحله دوم تعیین آلترناتیوها و مرحله سوم ارزیابی آلترناتیوها بر اساس معیارها می‌باشد (که عملکرد هر آلترناتیو بر اساس هر معیار بصورت عدد فازی است). مرحله چهارم مشخص نمودن وزن معیارها می‌باشد. در مرحله پنجم ماتریس تصمیم‌گیری ایجاد می‌گردد. در ماتریس تصمیم فازی، فرض بر آن است که هر $\tilde{x}_{ij}$ یک عدد فازی مثلثی می‌باشد. یعنی $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$.

در مرحله ششم ماتریس فازی نرمال شده را محاسبه می‌کنیم. برای نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم فازی روش‌های مختلفی وجود دارد. جهانشاهلو و همکاران از برش- برای تبدیل اعداد فازی به بازه‌ایی و سپس از روش پیشنهادی جهانشاهلو و همکاران اعداد بازه‌ایی را نرمالیزه کرده و مجددا اعداد بازه‌ایی نرمال شده را به فازی تبدیل کرده و وارد مرحله هفتم می‌شوند (Jahanshahloo,2005). چن وهوانگ[1] روش نرمالیزه کردن خطی را بکار برده‌اند. بدین منظور حداکثر و حداقل هر ستون را مشخص کرده و با استفاده از روابط زیر مقادیر $\tilde{n}_{ij}$ را محاسبه نمودند:

1 Chen and Hwang

$$n_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{x_j} = \dfrac{a_{ij}}{c_j}, \dfrac{b_{ij}}{b_j}, \dfrac{c_{ij}}{a_j} & \text{اگر معیار } j\text{ام جنبه مثبت داشته باشد} \\ \dfrac{x_j}{x_{ij}} = \dfrac{a_j}{c_{ij}}, \dfrac{b_j}{b_{ij}}, \dfrac{c_j}{a_{ij}} & \text{اگر معیار } j\text{ام جنبه منفی داشته باشد} \end{cases} \quad (۲)$$

بطوریکه $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ یک عدد فازی مثلثی و $x_j = (a_j, b_j, c_j)$ و $x_j = (a_j, b_j, c_j)$ به ترتیب بیشترین و کمترین امتیازها می‌باشند.

مرحله ی هفتم، در این مرحله با توجه به اهمیت و وزن هر معیار، ماتریس وزین نرمال را محاسبه می کنیم.

$$v_{ij} = n_{ij} . w_j \quad (۳)$$

بطوری‌که w_j وزن jامین معیار می‌باشد.

مرحله هشتم، حال هر $\tilde{v}_{ij}$ یک عدد فازی نرمال شده‌ای است که در بازه‌ی $[۰ \text{ و } ۱]$ قرار دارد. بنابراین می‌توانیم در این مرحله حل ایده‌آل مثبت و منفی فازی را بصورت زیر مشخص کنیم.

$$A = \left(v_۱, \ldots, v_n\right) \quad (۴)$$

$$A = \left(v_۱, \ldots, v_n\right)$$

بطوری که برای $j = ۱, \ldots, n$، برای تمامی معیارها، $v_j = (۱,۱,۱)$ و $v_j = (۰,۰,۰)$ می‌باشند.

مرحله نهم، فاصله‌ی هر آلترناتیو را به ترتیب از حل ایده‌آل مثبت و منفی بصورت زیر محاسبه می کنیم:

$$d_i = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij}, v_j) \qquad i = 1,...,m$$
$$d_i = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij}, v_j) \qquad i = 1,...,m \tag{۵}$$

بطوری که فرض کنید $A = (a_1, b_1, c_1)$ و $B = (a_2, b_2, c_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، آنگاه فاصله‌ی بین آن‌دو از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$(A, B) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2\right]} \tag{۶}$$

مرحله دهم، به محض آنکه $\tilde{d}_i^+$ و $\tilde{d}_i^-$ برای هر آلترناتیو مشخص گردید، ضریب نزدیکی برای تعیین رتبه‌ی همه‌ی آلترناتیوها محاسبه می‌شود. نزدیکی نسبی آلترناتیو A_i با توجه به $\tilde{A}^-$ بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\mathrm{R_i} = \frac{d_i}{d_i + d_i} \qquad i = 1,...,m \tag{۷}$$

همانطوری که مشاهده می‌شود این شاخص بیانگر وزن نسبی فاصله‌ای است که آلترناتیو iام از ایده‌آل منفی دارد. بنابراین هر چقدر مقدار $\tilde{R}_i$ برای گزینه‌ای بیشتر باشد فاصله از ایده‌آل منفی بیشتر و در نتیجه رتبه‌ی بالاتری نسبت به سایر گزینه‌ها خواهد داشت.در بهترین حالت A_i بروی $\tilde{A}^+$ قرار دارد که $\tilde{R}_i = 1$ می‌گردد و در بدترین حالت A_i بروی $\tilde{A}^-$ قرار دارد و $\tilde{R}_i = 0$ می‌شود.

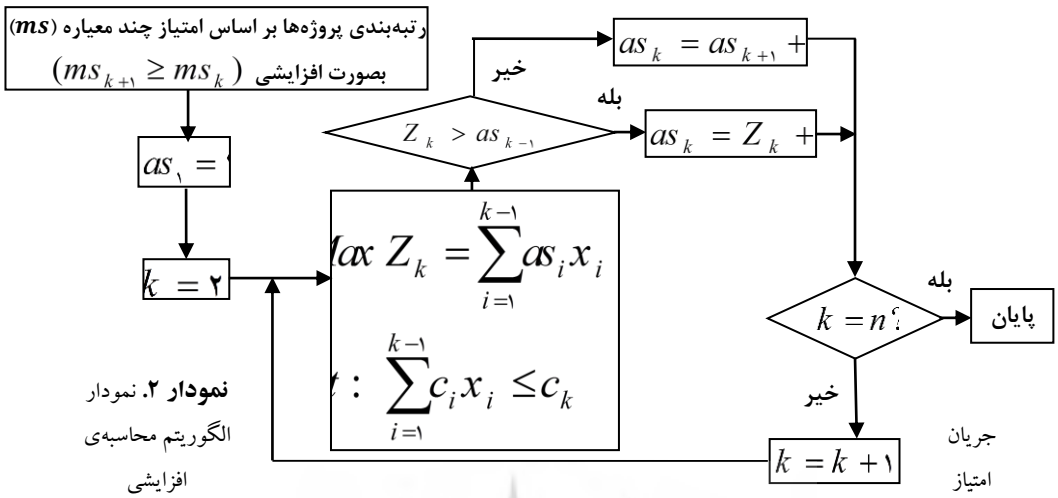
گام ۱۱- تعیین امتیازات افزایشی پروژه‌ها: روش پیشنهادی برمبنای ایجاد تطابق و توافق بین انتخاب نهایی پروژه‌های بدست آمده از برنامه‌ریزی عدد صحیح و رتبه‌بندی بدست آمده از رویکرد چند شاخصه می‌باشد.

این مهم با جایگزین کردن امتیازهای چند شاخصه‌ی اصلی با امتیازهای افزایش یافته در تابع هدف IP بدست می‌آید. با استفاده از امتیازات افزایش یافته مشکل ناچیز پنداشتن پروژه‌های خوب اما با هزینه‌های بالا حل می‌گردد و رتبه‌های اولیه‌ی بدست آمده در گام قبل برای پروژه‌ها تا حد ممکن در نظر گرفته می‌شوند.

بنابراین از ضرایبی در تابع هدف استفاده می‌کنیم که این نقص را بر طرف کند و همزمان رتبه اولیه‌ی پروژه‌ها بشدت تحریف نگردد. یک رویکرد ساده می‌تواند اختصاص امتیاز به پروژه‌ها بر اساس رتبه‌ی اولیه‌شان باشد. بطوری که امتیاز iامین پروژه بزرگتر از جمع امتیازات همه‌ی پروژه‌هایی که بدتر از i هستند باشد (براساس رتبه‌ی اولیه). از این‌رو اگر امتیاز ۱ را به بدترین پروژه اختصاص دهیم پروژه بعدی امتیازش ۲ (۱+۱) خواهد بود بعدی ۴ (۱+۲+۱) و الی آخر. با دنبال کردن این رویکرد برای n پروژه امتیاز بهترین پروژه 2^{n-1} خواهد شد. بدین ترتیب برای بیش از ۲۰ پروژه تفاوت زیادی در ضرایب تابع هدف خواهیم داشت. همچنین در تعیین امتیاز kامین پروژه باید تنها پروژه‌هایی را که در رتبه‌بندی پایین‌تر از k و هزینه‌شان کمتر از k می‌باشد را در نظر بگیریم. بدین منظور از امتیاز افزایش یافته (as) استفاده می‌کنیم. برای یافتن as ابتدا پروژه‌ها را بر طبق امتیاز چند شاخصه (ms) بطور صعودی رتبه‌بندی کرده ($ms_{k-1} \leq ms_k, k = 2,...,m$). برای بدترین پروژه asرا برابر یک در نظر گرفته ($as_1 = 1$) سپس برای kامین پروژه ($k = 1,...,n$) مسئله کوله پشتی زیر را حل می‌کنیم:

$$\max Z_k = \sum_{i=1}^{k-1} as_i x_i$$
$$s.t: \sum_{i=1}^{k-1} c_i x_i \leq c_k - c_i, \quad x_i = 0,1 \qquad (8)$$

بطوری‌که as_i و c_i به ترتیب امتیاز افزایشی و هزینه‌ی iامین پروژه می‌باشند. اندازه Z_k بزرگترین امتیاز ممکنی است که می‌تواند توسط پروژه‌هایی که بدتر از k هستند و همزمان هزینه‌ی تجمعی کمتر از k دارند، بدست آید. اگر $Z_k < as_{k-1}$ آنگاه as_{k-1} را یک واحد افزایش دهیم تا as_k بدست آید. در مقابل اگر $Z_k \geq as_{k-1}$ پس as_k را برابر $Z_k + 1$ قرار می‌دهیم. نمودار جریان روش فوق برای تمامی پروژه‌ها بصورت شکل زیر است:



نمودار ۲. نمودار الگوریتم محاسبه‌ی افزایشی

مرحله‌ی انتخاب سبد

بعد از آن‌که پروژه‌ها ارزیابی و رتبه‌بندی شدند، نمی‌توان بدون آن‌که محدودیت‌ها و ارجحیت‌های دیگر را در نظر گرفت به آسانی بودجه را به پروژه‌ها با رتبه‌های بالاتر اختصاص داد تا جایی که بودجه به اتمام برسد.

گام ۱۲: تعیین محدودیت‌ها و ارجحیت‌های سبد این دوره: محدودیت‌ها و الویت‌های اولیه در گام دوم تعیین شده بودند. در گام ۱۲ تصمیم‌گیرندگان این فرصت را دارند که محدودیت‌ها را اصلاح یا محدودیت‌های جدید به مسئله اضافه کنند. برای مثال، فرض کنید مدیر پروژه اصرار به بودن پروژه‌ایی خاص در سبد نهایی دارد، به این نوع پروژه‌ها، پروژه‌های طلایی گویند و به لیست محدودیت‌های انتخاب سبد اضافه می‌گردند. مثال‌هایی از محدودیت‌هایی که می‌تواند انتخاب سبد را تحت شعاع قرار دهند در ادامه آورده شده اند:

$$_{i\ S} x_i \quad K \qquad (۹)$$

بطوری‌که x_i یک متغیر صفر و یک می‌باشد ($x_i = ۱$ اگر پروژه iام انتخاب گردد و در غیر این‌صورت $x_i = ۰$). S مجموعه‌ی پروژه‌های همگن یا دپارتمانی خاص، K یک عدد ثابت و n تعداد کل پروژه‌هاست.

$$x_i = ۱ \qquad (۱۰)$$

پروژه‌ی iام یک پروژه‌ی طلایی می‌باشد (پروژه‌ی اجباری، که حتما باید در سبد نهایی قرار بگیرد).

$$x_A \quad x_B \quad ۱ \qquad (۱۱)$$

پروژه‌های A و B نمی‌توانند همزمان در سبد نهایی حضور داشته باشند.

$$\sum_{i=۱}^{n} c_i x_i \quad budg \qquad (۱۲)$$

بطوری که C_i هزینه‌ی iامین پروژه و $budg$ مقدار کل بودجه‌ی در دسترس می‌باشد.

$$x_B \quad x_i , \quad i \quad P_B \qquad (۱۳)$$

بطوری‌که P_B مجموعه پیش‌نیازهای پروژه‌ی B می‌باشد. (اگر پیش‌نیازهای یک پروژه انتخاب نگردند آن پروژه نیز انتخاب نمی‌شود).

باید دقت نمود که محدودیت‌ها متضاد نبوده و فضای حل را نشدنی و ناممکن نگردانند.

گام ۱۳: ایجاد سبدهای پروژه بطوری‌که اهداف و محدودیت‌های سازمان را برآورده کنند: تعداد ترکیب‌هایی که از پروژه‌ها می‌توان ایجاد نمود می‌تواند خیلی زیاد باشند خصوصا مواقعی که تعداد محدودیت‌ها کم و تعداد پروژه‌ها زیاد باشند. برای این منظور تصمیم‌گیرنده از مدل ILP با توجه به محدودیت‌ها و ارجحیت‌های مختلف برای ایجاد سبدهای مختلف کمک می‌گیرد. تابع هدف این مدل بصورت زیر خواهد بود:

$$Max \ Z = \sum_{i=۱}^{n} as_i x_i \qquad (۱۴)$$

n تعداد کل پروژه‌ها و as_i هم امتیاز افزایش یافته‌ی محاسبه شده برای iامین پروژه است.

می‌دانیم که ILP تنها یک جواب تولید می‌کند. برخی موارد همین جواب را به عنوان سبد نهایی می‌پذیرند (Mavrotas,2008)، اما در این مطالعه به دنبال تولید سبدهای بیشتر برای یافتن جوابی بهتر می‌باشیم. برای این کار جواب اولیه را بعنوان محدودیت جدید وارد مدل کرده و مدل را دوباره حل می‌کنیم تا سبد دوم تولید گردد این فرآیند را تا زمانی که مدل

متوقف شود، ادامه می‌دهیم. برای مثال فرض کنید که در اولین حل، پروژه‌های ۱، ۲ و ۴ انتخاب شده‌اند، این پروژه‌ها را بصورت محدودیت ۲ $x_1 \quad x_2 \mid x_4$ به مدل اضافه و مدل را حل می‌کنیم. اگر مدل در مرحله اول جوابی تولید نکند، تصمیم‌گیرندگان باید در محدودیت‌ها تجدید نظر کرده و مدل را دوباره حل نمایند.

گام ١٤: محاسبه‌ی امتیازات و وزن‌های نسبی هر سبد: بعد از تولید سبدهای ممکن، تصمیم‌گیرنده می‌تواند وزن‌های جدید برای معیارها در نظر بگیرد. چون اهمیت هر معیار با توجه به پروژه‌ها متفاوت از اهمیت همان معیارها با توجه به سبدها می‌باشد.

گام ١٥: بررسی رضایتمندی تصمیم‌گیرندگان نسبت به امتیازات و وزن‌ها: دوباره در این گام تصمیم‌گیرندگان بروی وزن معیارها و امتیاز سبدها تمرکز کرده، اگر رضایتمندی آن‌ها برآورده نشود، می‌توانند به گام قبلی برگشته و اصلاحات لازم را انجام دهند و اگر رضایتمندی حاصل شود وارد گام بعد می‌شوند.

گام ١٦: ارزیابی سبدهای تولید شده با $TOPSIS$ فازی و رتبه‌بندی آن‌ها و ایجاد تصمیم موقت: در این گام سبدها را با بکار بردن تاپسیس فازی ارزیابی و رتبه‌بندی می‌نماییم. به احتمال زیاد تصمیم-گیرندگان سبدهایی که رتبه‌های بالاتری دارند را به عنوان تصمیم موقت انتخاب می‌کنند. اگر گروه بر سر تصمیمات موقت به توافق برسند وارد گام بعدی شده در غیر اینصورت گروه باید به گام‌های ۱۲ تا ۱۵ برگشته و اصلاحات مورد نیاز را در محدودیت‌ها ، امتیازات و وزن‌های سبدهای پیشنهادی انجام دهند.

گام۱۷: پیاده‌سازی تحلیل حساسیت و ایجاد تصمیم نهایی برای سبد پروژه: می‌توان قدرت جواب‌ها را با تغییر در متغیرها و پارامترهای مدل به کمک تحلیل حساسیت بررسی نمود. تحلیل حساسیت به این سوال که "یک تغییر چه تفاوتی در جواب مدل ایجاد می‌کند؟" پاسخ می-دهد (Clemen,2001). اگر یک تغییر کوچک تاثیر زیادی بر سبد ایجاد کند تصمیم-گیرندگان باید بحث کنند که سبد دیگری را انتخاب کنند یا همین سبد را نگه دارند.

باید به این نکته توجه گردد که تحلیل حساسیت برای مسئله‌ی خطی عدد صحیح بسیار حیاتی می‌باشد زیرا تغییرات کوچک در یکی از ضرایب ممکن است تغییری نسبتا بزرگ در حل

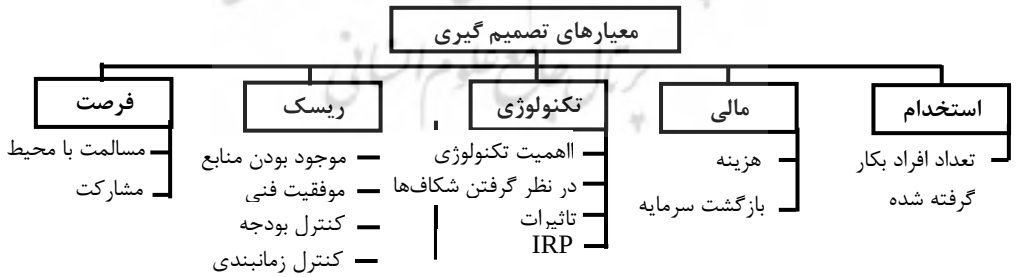
مسئله ایجاد کند در پایان این گام تصمیم گرفته می‌شود که سبد انتخاب شده را بپذیرند و سرمایه‌گذاری را انجام دهند یا دوباره به گام‌های ۱۲ تا ۱۷ برگردند. اگر سبد انتخاب شده تصمیم‌گیرنده را راضی کند پس تصمیم نهایی بدست آمده است.

مطالعه موردی

در این بخش کاربرد متدولوژی پیشنهاد شده در بخش قبل برای انتخاب سبد جدید پروژه به شکل مطالعه‌ی موردی نشان داده می‌شود (Kabli,2009).

مرحله‌ی مقدماتی

گروه تصمیم‌گیرندگان از روسای شرکت و مدیران بخش ایده‌پردازی تشکیل شده‌اند. اهداف و محدودیت‌های فعالیت‌های این دوره‌ی انتخاب سبد از حوزه‌ی فعالیت‌های زیر می‌باشند: ۱- سوخت پاک ۲- تولید هیدروژن ۳- تولید محصولات اولیه پتروشیمی و مواد شیمیایی از محصولات بازیافتی ۴- ارتقاء کیفیت محصولات کم ارزش بازیافت شده. انتخاب پروژه‌ها بودجه‌ی محدود خود را دارد (۱۰ میلیون £) که بعنوان محدودیتی در انتخاب سبد لحاظ می‌گردد. محدودیت دیگر آن است که از هر حوزه‌ی فعالیت حداقل یک پروژه در سبد نهایی وجود داشته باشد. محقق با استفاده از ساختار سلسله مراتبی بالا به پایین و بررسی ادبیات موجود در مورد معیارهای ارزیابی پروژه و نیازمندی‌های سازمان مورد نظر معیارهای ارزیابی را مانند شکل ۳ تعیین نموده است.



شکل ۳. معیارهای تصمیم‌گیری برای ارزیابی سبد پروژه در صنایع پالایش نفت

مرحله‌ی ارزیابی پروژه

در این مطالعه ۳۰ پروژه برای ارزیابی در نظر گرفته می‌شوند. همانگونه که بحث گردید، پروژه‌ها همیشه یکسان نبوده و بنابراین نباید آن‌ها را به طرق یکسان مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق فرض بر آن است که پروژه‌ها ناهمگن می‌باشند. برای رسیدن به همگنی، پروژه‌ها بر طبق حوزه‌های فعالیت دسته‌بندی می‌گردند (جدول ۱).

جدول ۱: ماتریس پروژه‌ها

پروژه‌ها	حوزه‌ی فعالیت
$P_{۱}$ تا $P_{۸}$	سوخت پاک
$P_{۹}$ تا $P_{۱۶}$	ارتقاء کیفیت محصولات کم ارزش بازیافت شده
$P_{۱۷}$ تا $P_{۲۳}$	تولید محصولات اولیه پتروشیمی و مواد شیمیایی از محصولات بازیافتی
$P_{۲۴}$ تا $P_{۳۰}$	تولید هیدروژن

هم اکنون پروژه‌ها بر اساس معیارهای مختلف مشخص شده در بالا، آماده‌ی ارزیابی کامل‌تر می‌باشند. هر معیار از یک یا چند عنصر تصمیم تشکیل می‌گردد که تعیین امتیاز هر معیار بطور مستقیم را غیر ممکن می‌کند. امتیازات وزنی برای معیارهای مختلف از تابع زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} E&=(W_E * E_{score}) \\ &\vdots \\ R&=\left(W_{RA} * RA_{score}\right)\ \left(W_{TS} * TS_{score}\right)\ \left(W_B * B_{score}\right)\ \left(W_S * S_{score}\right) \end{aligned} \qquad (۱۵)$$

بطوری‌که W وزن هر عنصر تصمیم می‌باشد (استخدام=E و ریسک=R).

سپس، تصمیم گیرنده یک وزن که نشان دهنده‌ی اهمیت هر معیار می‌باشد را به آن اختصاص می‌دهد. در اینجا از روش مقایسات زوجی برای تعیین وزن معیارها و زیر معیارها (عناصر تصمیم) استفاده می‌گردد و سپس با توجه به معادلات مطرح شده‌ی فوق امتیاز کامل هر پروژه در هر معیار را محاسبه می‌کنیم.

بعد از بدست آوردن امتیازات و وزن‌ها گام بعدی ارزیابی پروژه‌ها با استفاده از تاپسیس می-باشد. همانطوری که در پیوست (جدول ۶) می‌توان مشاهده نمود پروژه‌های ۱۵، ۲۸، ۸، ۲۱ و ۱۲ به ترتیب رتبه‌های اول تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند.

سپس با توجه به رتبه‌ی بدست آمده برای پروژه‌ها و همچنین بودجه‌ی مصرفی هر یک از پروژه‌ها امتیازات افزایشی آنها را قبل از ورود به مرحله‌ی بعد با استفاده از مدل (۸) محاسبه می‌نماییم و از این امتیاز به جای امتیاز چند شاخصه‌ی هر پروژه در تابع هدف مدل IP استفاده می‌کنیم (جدول۷).

مرحله‌ی انتخاب سبد

محدودیت‌ها و ارجحیت‌های اولیه در گام ۲ بر مبنای سبد تعادلی مشخص گردید. یکی دیگر از ابزارهای ایجاد کننده‌ی محدودیت، ماتریس پروژه‌ها می‌باشد. تصمیم‌گیرنده می‌تواند درصدی از بودجه را برای هر طبقه اختصاص دهد. جدول ۲ یک نمونه از ماتریس پروژه‌ی محدود شده را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نمونه ای از ماتریس پروژه ی محدود شده

بودجه	پروژه ها	حوزه ی فعالیت
٪۴۰	P_1 تا P_8	سوخت پاک
٪۲۰	P_9 تا P_{16}	ارتقاء کیفیت محصولات کم ارزش بازیافت شده
٪۲۰	P_{17} تا P_{23}	تولید محصولات اولیه پتروشیمی و مواد شیمیایی از محصولات بازیافتی
٪۲۰	P_{24} تا P_{30}	تولید هیدروژن
٪۱۰۰		

محدودیت مرتبط با دسته‌ی "سوخت پاک" را می‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$x_1b_1 \quad x_2b_2 \quad x_3b_3 \quad x_4b_4 \quad x_5b_5 \quad x_6b_6 \quad x_7b_7 \quad x_8b_8 \quad ./4B$$

x ها متغیرهای صفر و یک، b بودجه یا هزینه‌ی پروژه‌ها و B بودجه‌ی کل در دسترس می‌باشند.

برای ایجاد سبدهای پیشنهادی که محدودیت‌های مختلف را در نظر می‌گیرد محقق مدل ILP را بکار می‌برد. که تابع هدف آن بصورت زیر می‌باشد:

$$Max\ Z = \sum_{i=۱}^{۳۰} as_i x_i$$

بطوری‌که x_i یک متغییر صفر و یک که معرف انتخاب شدن $(x_i = ۱)$ و نشدن $(x_i = ۰)$ پروژه‌ی iام می‌باشد. تعداد کل پروژه‌ها ۳۰ و as_i هم امتیاز افزایشی محاسبه شده برای iامین پروژه است. برآورده شدن تابع هدف فوق منوط به برآورده شدن محدودیت‌های زیر است :

محدودیت بودجه: کل سرمایه‌گذاری برای سبدهای انتخاب شده در این دوره نباید از بودجه‌ی در دسترس تجاوز کند (یعنی ۱۰میلیون £):

$$\sum_{i=۱}^{۳۰} b_i x_i \quad ۱۰$$

محدودیت دسته‌بندی: حداقل یک پروژه از هر حوزه‌ی فعالیت باید در سبد حضور داشته باشد.

$$x_۱ \quad x_۲ \quad x_۳ \quad x_۴ \quad x_۵ \quad x_۶ \quad x_۷ \quad x_۸ \quad ۱$$
$$\vdots$$
$$x_{۲۴} \quad x_{۲۵} \quad x_{۲۶} \quad x_{۲۷} \quad x_{۲۸} \quad x_{۲۹} \quad x_{۳۰} \quad ۱$$

محدودیت‌های مربوط به جدول ۲ (ماتریس پروژه‌ی محدود شده).

محقق برای حل مدل فوق از $LINGO$ استفاده نموده و حل اول مدل یک سبد از پروژه‌های ۸، ۱۲، ۱۸، ۲۲، ۲۶ و۲۸ با سرمایه‌گذاری دقیقا برابر ۱۰ میلیون £ می‌باشد. این سبد بصورت محدودیت برای تولید سبدهای بعدی وارد مدل می‌گردد. این محدودیت بصورت $x_۸ \quad x_{۱۲} \quad x_{۱۸} \quad x_{۲۲} \quad x_{۲۴} \quad x_{۲۶} \quad ۵$ خواهد بود.

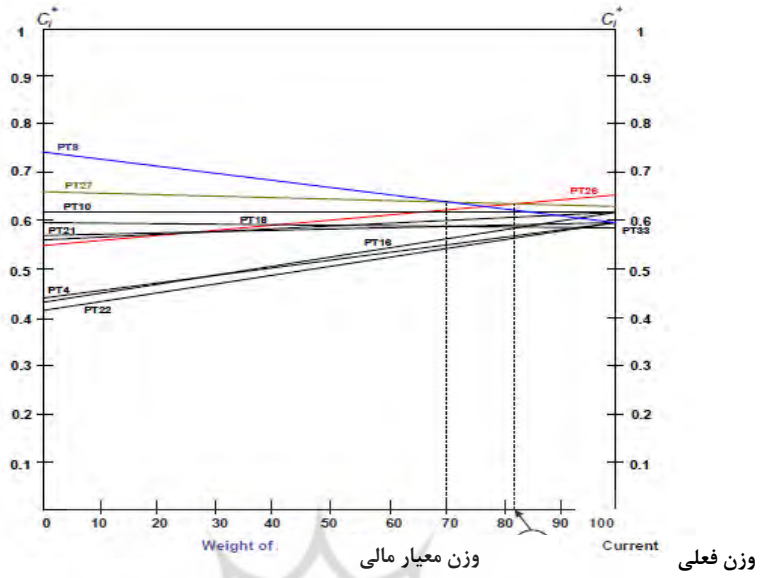
سپس سبد بعدی با پروژه‌های ۸، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۶ و ۲۸ و سرمایه‌گذاری ۹/۹ میلیون £ ایجاد می‌گردد. این پروژه‌ها نیز به صورت محدودیت به همراه محدودیت قبلی وارد مدل شده و این

کار آنقدر ادامه می‌یابد تا مدل قادر به ایجاد جواب جدید نباشد. تعداد کل سبدهای ایجاد شده بیشتر از ۵۰ سبد می‌باشد که محقق ۴۰ سبد ابتدایی را برای بررسی نهایی در نظر می‌گیرد. تصمیم گیرنده می‌تواند برای هر سبد ایجاد شده، امتیازات نسبی را محاسبه نماید در این مطالعه محقق امتیاز هر سبد را با جمع امتیازهای پروژه‌های هر سبد در هر معیار محاسبه می‌نماید. بطور مثال جدول (۳) امتیاز پروژه‌ها بصورت انفرادی و امتیاز سبد انتخابی اول را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نمونه‌ای از وزن معیارها و امتیاز کل سبد

	معیارها	F	E	T	O	R
	وزن ها	۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۰۴
پروژه ها	$P_{۸}$	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۹۲ ۹۷ ۱۰۰)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
	$P_{۱۲}$	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)
	$P_{۱۸}$	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۳ ۹۸ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۲ ۹۷ ۱۰۰)
	$P_{۲۲}$	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۱ ۹۶ ۱۰۰)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
	$P_{۲۶}$	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)	(۸۶ ۹۱ ۹۶)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)
	$P_{۲۸}$	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
	سبد۱	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۶ ۵۸۱ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)

سپس باید به ارزیابی سبدهای ایجاد شده به کمک تاپسیس و رتبه بندی آنها بپردازیم. همانطوری که در جدول ۸ می‌توان مشاهده نمود سبد۲۶ با پروژه‌های ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ و ۲۸ بالاترین رتبه را با سرمایه‌گذاری ۹/۹ میلیون ﷼ از آن خود خواهد کرد. می‌توان قدرت جواب ها را با تغییر در متغیرها و پارامترهای مدل به کمک تحلیل حساسیت بررسی نمود. نمودار (۳) با استفاده از نمودار عنکبوتی نشان می‌دهد که تغییر در وزن معیار" مالی" چگونه بر رتبه‌ی سبدها تاثیر می‌گذارد. در این نمودار می‌توان دید که وقتی وزن معیار مالی بین ۱۰۰ تا ۸۲ قرار دارد برترین سبد همچنان سبد ۲۶ خواهد بود. اما وقتی وزن این معیار بین ۸۲ تا ۷۰ در نظر گرفته می‌شود، سبد ۲۶ جای خود را به سبد ۲۷ خواهد داد. و اگر وزن آن از ۷۰ کمتر گردد سبد ۸ در بالاترین رتبه قرار خواهد گرفت. تصمیم‌گیرندگان می‌توانند حساسیت وزن دیگر معیارها را نیز به طریق مشابه بررسی کنند.



نمودار۳. نمودار عنکبوتی برای بررسی تغییرات وزن "معیار مالی"

با توجه به نقطه نظر محقق و بسیاری از تصمیم‌گیرندگان معیار مالی مهمترین معیار بوده و احتمال اختصاص وزنی کمتر از ۸۲ به آن خیلی کم می‌باشد. سبد ۲۶ در تعادل نیز قرار داشته و نیاز به جابجایی آن با سبدی دیگر ملاحظه نمی‌شود. سبد ۲۶ انتخاب نهایی بوده که سبد پروژه‌ی انتخاب شده در دوره‌ی فعلی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

مدل پیشنهادی یک مدل مبتنی بر واقعیت می‌باشد زیرا در آن می‌توان چندین هدف کمی و کیفی، چندین محدودیت، ترجیحات و تجربه‌ی تصمیم‌گیرندگان را با هم در نظر گرفت. همچنین در مدل پیشنهادی، قابلیت انواع تجزیه و تحلیل از طریق مشاهده تغییرات ایجاد شده در سبد پروژه با تغییر در وزن، برخی الویت‌ها و پارامترها وجود دارد. همچنین مدل پیشنهادی

انعطاف پذیر می‌باشد یعنی بر حسب مورد تحت مطالعه، می‌توان به آن محدودیت‌هایی اضافه یا کم نمود. مدل فوق قابلیت بکارگیری جهت انواع مختلف پروژه را دارا می‌باشد.

چارچوب پیشنهادی از روش‌هایی که از نظر تئوری معروف و از نظر فهم و کاربرد آسان می‌باشند استفاده نموده است. این متدولوژی این اختیار را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که تکنیک‌های مختلف هر مرحله را با توجه به نیاز و ساختار سازمان تعیین و تغییر دهد. بازبینی اولیه و گام بازبینی با کاهش تعداد پروژه‌های کاندید به سایزی قابل مدیریت، فرآیند را تسهیل می‌نماید. مرحله‌ی ارزیابی انفرادی پروژه‌ها باعث می‌گردد که اهداف کیفی و چندگانه را بتوان مورد بررسی قرار داد. مرحله‌ی بهینه‌سازی نیز محدودیت منابع، وابستگی پروژه‌ها، پروژه‌های دو به دو ناسازگار، پروژه‌های در حال اجرا و اجباری و متعادل‌سازی سبد را در برمی‌گیرد. از طرفی با توجه به وجود عدم قطعیت در مسائل دنیای واقعی برای تعیین داده‌ها، این متدولوژی بر اساس داده‌های فازی طراحی شده است که کار را برای تصمیم‌گیرنده در تعیین داده‌ها تسهیل می‌نماید. همچنین تصمیم‌گیرندگان می‌توانند تحلیل حساسیت را برای بررسی تاثیر تغییرات پارامترهای مختلف در حل نهایی بررسی کنند. بعلاوه رویکرد این اجازه را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که با توجه به تجربیات و دانش خود حل بهینه را با انتخاب و یا حذف پروژه‌ای خاص اصلاح و تنظیم نماید و تاثیرات این تغییرات را در بهینگی حل و منابع در دسترس بررسی کند. تنظیمات و اصلاحات تا جائیکه تصمیم‌گیرندگان با سبدی رضایتبخش روبرو گردند ادامه می‌یابد.

برخی از موضوعات چالش برانگیزی که در طول مطالعه پدیدار می‌شوند را می‌توان بصورت مطالعات آتی مطرح نمود. این موضوعات بصورت زیر خلاصه می‌گردند:

۱. گاهی اوقات منافع حاصل از پیاده‌سازی دو یا چند پروژه بیش از جمع جبری آنها می‌باشد. این امر خصوصا در ارزیابی کیفی پروژه‌ها و مقایسه آنها با یکدیگر ممکن است به آسانی رخ دهد. لذا به نظر می‌رسد با افزودن موضوع وابستگی در منافع به مدل ریاضی بتوان آن را توسعه بخشید.

۲. از آنجایی که تکنیک‌های استفاده شده در ارزیابی انفرادی پروژه‌ها و انتخاب سبد پروژه به نوع پروژه‌های در دست و ویژگی سازمان بستگی دارد، بررسی نیازمند است تا مناسب‌ترین تکنیک‌هایی که در هر وضعیت می‌توانند بکار برده شوند را شناسایی کند.

۳. تعیین ویژگی‌ها و اجزای متدولوژی که در افزایش کیفیت تصمیم سهم بسزایی دارند نیز می‌تواند موضوع تحقیق باشد. برای مثال، می‌توان گام بازبینی را از فرآیند حذف کرده و تاثیر این تغیر را بر کیفیت خروجی بررسی نمود.

۴. متدولوژی از تکنیک‌ها و ابزارهای مختلفی تشکیل شده است که زمان قابل ملاحظه‌ای برای تحلیل داده‌ها را مصرف می‌کند. بنابراین توسعه نرم افزارهای کامپیوتری که جریان متدولوژی را تسهیل می‌کند می‌تواند موضوع تحقیق باشد.

۵. متدولوژی پیشنهاد شده با انتخاب سبد پروژه به پایان می‌رسد. گسترش متدولوژی برای تحت پوشش قرار دادن فاز بعدی (فاز اجرا) می‌تواند بعنوان یک بسته‌ی کامل مدیریت سبد باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست

جدول ٤. ماتریس تصمیم پروژه‌ها

پروژه	معیار و وزن				
	F	E	T	O	R
	۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۰۴
۱	(۵۰ ۶۰ ۷۰)	(۱۰ ۲۰ ۳۰)	(۸ ۱۳ ۱۸)	(۶۰ ۶۵ ۷۰)	(۳۷ ۴۲ ۴۷)
۲	(۵۰ ۶۰ ۷۰)	(۱۰ ۲۰ ۳۰)	(۴۶ ۵۱ ۵۶)	(۵۹ ۶۴ ۶۹)	(۵۱ ۵۶ ۶۱)
۳	(۰ ۰ ۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۶۸ ۷۳ ۷۸)	(۵ ۱۰ ۱۵)	(۴۸ ۵۳ ۵۸)
۴	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
۵	(۵۰ ۶۰ ۷۰)	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۴۰ ۴۵ ۵۰)	(۳۱ ۳۶ ۴۱)	(۵۲ ۵۷ ۶۲)
۶	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۰ ۰ ۰)	(۳۷ ۴۲ ۴۷)	(۷۶ ۸۱ ۸۶)	(۱۹ ۲۴ ۲۹)
۷	(۲۰ ۳۰ ۴۰)	(۴۰ ۵۰ ۶۰)	(۴۲ ۴۷ ۵۲)	(۹۱ ۹۶ ۱۰۰)	(۳۹ ۴۴ ۴۹)
۸	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۹۲ ۹۷ ۱۰۰)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
۹	(۵۰ ۶۰ ۷۰)	(۰ ۰ ۰)	(۲۴ ۲۹ ۳۴)	(۲ ۷ ۱۲)	(۲۶ ۳۱ ۳۶)
۱۰	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
۱۱	(۴۰ ۵۰ ۶۰)	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۴۲ ۴۷ ۵۲)	(۳۹ ۴۴ ۴۹)	(۴۶ ۵۱ ۵۶)
۱۲	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)
۱۳	(۰ ۰ ۰)	(۴۰ ۵۰ ۶۰)	(۵۶ ۶۱ ۶۶)	(۶۷ ۷۲ ۷۷)	(۲۶ ۳۱ ۳۶)
۱۴	(۵۰ ۶۰ ۷۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۴۹ ۵۴ ۵۹)	(۲۷ ۳۲ ۳۷)	(۱۷ ۲۲ ۲۷)
۱۵	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۲ ۹۷ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)
۱۶	(۶۰ ۷۰ ۸۰)	(۰ ۰ ۰)	(۴۹ ۵۴ ۵۹)	(۷۱ ۷۶ ۸۱)	(۷۶ ۸۱ ۸۶)
۱۷	(۶۰ ۷۰ ۸۰)	(۰ ۰ ۰)	(۳۹ ۴۴ ۴۹)	(۳۸ ۴۳ ۴۸)	(۵۱ ۵۶ ۶۱)
۱۸	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۳ ۹۸ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۲ ۹۷ ۱۰۰)
۱۹	(۰ ۰ ۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۳۸ ۴۳ ۴۸)	(۴۹ ۵۴ ۵۹)	(۵۲ ۵۷ ۶۲)
۲۰	(۶۰ ۷۰ ۸۰)	(۵۰ ۶۰ ۷۰)	(۴۸ ۵۳ ۵۸)	(۰ ۴ ۹)	(۷۱ ۷۶ ۸۱)
۲۱	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۳ ۹۸ ۱۰۰)	(۸۶ ۹۱ ۹۶)	(۹۲ ۹۷ ۱۰۰)
۲۲	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۱ ۹۶ ۱۰۰)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
۲۳	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۱۰ ۱۵ ۲۰)	(۳۱ ۳۶ ۴۱)	(۲۵ ۳۰ ۳۵)
۲۴	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۲۰ ۳۰ ۴۰)	(۶۰ ۶۵ ۷۰)	(۰ ۴ ۹)	(۵۲ ۵۷ ۶۲)
۲۵	(۰ ۰ ۰)	(۶۰ ۷۰ ۸۰)	(۵۱ ۵۶ ۶۱)	(۵۵ ۶۰ ۶۵)	(۳۲ ۳۸ ۴۲)
۲۶	(۸۰ ۹۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)	(۸۶ ۹۱ ۹۶)	(۹۴ ۹۹ ۱۰۰)
۲۷	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۰ ۰ ۰)	(۴۶ ۵۱ ۵۶)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۶۸ ۷۳ ۷۸)
۲۸	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۹۰ ۹۵ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)	(۱۰۰ ۱۰۰ ۱۰۰)
۲۹	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۳۰ ۴۰ ۵۰)	(۴۳ ۴۸ ۵۳)	(۵۸ ۶۳ ۶۸)	(۶۸ ۷۳ ۷۸)
۳۰	(۲۰ ۳۰ ۴۰)	(۴۰ ۵۰ ۶۰)	(۲۸ ۳۳ ۳۸)	(۸۰ ۸۵ ۹۰)	(۵۱ ۵۶ ۶۱)

جدول ۵: .رتبه ی بندی پروژه‌ها بر اساس تاپسیس فازی

رتبه	R_i	$d^+ + d^-$	d^-	d^+	پروژه	رتبه	R_i	$d^+ + d^-$	d^-	d^+	پروژه
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	
	/	/	/	/			/	/	/	/	

جدول٦. محاسبه‌ی امتیاز افزایشی

امتیاز افزایشی	هزینه	پروژه	MS	رتبه	امتیاز افزایشی	هزینه	پروژه	MS	رتبه
			/			/		/	
	/		/			/		/	
			/					/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
			/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	
	/		/			/		/	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول۷: ماتریس تصمیم سبدها و رتبه ی بندی آنها

ردیف سبد	پروژه های هر سبد	معیار و وزن					ردیف سبد
		F	E	T	O	R	
		۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۰۴	
۱	۸-۱۲-۱۸-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۶ ۵۸۱ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۳۳
۲	۸-۱۵-۱۸-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۴۸ ۵۷۸ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۲۴
۳	۸-۱۵-۲۱-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۴۸ ۵۷۸ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۰ ۵۹۲)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۴۰
۴	۸-۱۲-۲۱-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۶ ۵۸۱ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۰ ۵۹۲)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۲۳
۵	۴-۸-۱۰-۱۵-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۵ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۸)	(۵۸۴ ۵۹۴ ۶۰۰)	۳۶
۶	۴-۸-۱۰-۱۵-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۵ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۲ ۵۹۷ ۶۰۰)	(۵۹۰ ۵۹۵ ۶۰۰)	۱۸
۷	۸-۱۰-۱۲-۱۸-۲۲-۲۶	(۵۰۰ ۵۵۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۴)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۳۸
۸	۸-۱۰-۱۲-۱۸-۲۲-۲۸	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	(۵۸۲ ۵۹۷ ۶۰۰)	(۵۸۲ ۵۹۲ ۶۰۰)	۲۵
۹	۸-۱۰-۱۲-۱۵-۱۸-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۷ ۵۸۷ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۲۷
۱۰	۸-۱۰-۱۲-۱۵-۱۸-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۷ ۵۸۷ ۶۰۰)	(۵۸۸ ۵۹۸ ۶۰۰)	(۵۷۲ ۵۸۷ ۶۰۰)	۸
۱۱	۴-۱۰-۱۲-۱۵-۲۲-۲۶	(۵۰۰ ۵۵۰ ۶۰۰)	(۶۰۰ ۶۰۰ ۶۰۰)	(۵۶۳ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۶۰۰)	۳۹
۱۲	۴-۱۰-۱۲-۱۵-۲۲-۲۸	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۶۰۰ ۶۰۰ ۶۰۰)	(۵۶۳ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۸۸ ۵۹۸ ۵۹۶)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	۲۶
۱۳	۴-۸-۱۲-۱۵-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۵ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۸۴ ۵۸۹ ۶۰۰)	۳۵
۱۴	۴-۸-۱۲-۱۵-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۵ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۸ ۵۹۸ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	۱۷
۱۵	۸-۱۰-۱۲-۱۵-۲۱-۲۶	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۷ ۵۸۷ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۷۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۱۳
۱۶	۸-۱۰-۱۲-۱۵-۲۱-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۷ ۵۸۷ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۷۲ ۵۸۷ ۶۰۰)	۲
۱۷	۸-۱۰-۱۲-۲۱-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	(۵۵۴ ۵۷۹ ۸۹۲)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۳۲
۱۸	۸-۱۰-۱۲-۲۱-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۶)	(۵۸۲ ۵۹۲ ۶۰۰)	۱۰
۱۹	۸-۱۰-۱۲-۱۵-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۵ ۵۸۵ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۶)	(۵۷۴ ۵۹۴ ۶۰۰)	۲۸
۲۰	۸-۱۰-۱۲-۱۵-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۵ ۵۸۵ ۶۰۰)	(۵۸۲ ۵۹۷ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	۹
۲۱	۸-۱۰-۱۲-۲۱-۲۶-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۵ ۵۸۵ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۰ ۵۹۲)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۱۶
۲۲	۸-۱۲-۱۵-۲۱-۲۶-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۷ ۵۸۲ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۱ ۵۹۲)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۵
۲۳	۸-۱۰-۱۵-۲۱-۲۶-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۷ ۵۸۲ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۰ ۵۹۲)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۶
۲۴	۴-۱۲-۱۵-۲۱-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۶۰۰ ۶۰۰ ۶۰۰)	(۵۵۶ ۵۸۱ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۵۹۶)	(۵۷۲ ۵۸۷ ۶۰۰)	۱۲
۲۵	۴-۱۲-۱۵-۲۱-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۶۰۰ ۶۰۰ ۶۰۰)	(۵۵۶ ۵۸۱ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۱ ۵۹۲)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۳۴
۲۶	۸-۱۲-۱۵-۱۸-۲۱-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۵ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۵۹۶)	(۵۶۴ ۵۸۴ ۶۰۰)	۱
۲۷	۸-۱۲-۱۵-۱۸-۲۱-۲۶	(۵۴۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۵ ۶۰۰)	(۵۶۶ ۵۸۱ ۵۹۲)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	۱۵
۲۸	۸-۱۲-۱۵-۲۱-۲۲-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۷۲ ۵۸۷ ۶۰۰)	۳
۲۹	۸-۱۲-۱۵-۲۱-۲۲-۲۶	(۵۴۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۶۰ ۵۸۰ ۵۹۲)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۱۹
۳۰	۸-۱۰-۱۵-۲۱-۲۲-۲۸	(۵۶۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۶)	(۵۸۲ ۵۹۲ ۶۰۰)	۴
۳۱	۸-۱۰-۱۵-۲۱-۲۲-۲۶	(۵۴۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۵۴ ۵۷۹ ۵۹۲)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۲۲
۳۲	۴-۱۲-۱۵-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۲۰ ۵۴۰ ۶۰۰)	(۶۰۰ ۶۰۰ ۶۰۰)	(۵۵۳ ۵۷۸ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۵۹۶)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۶۰۰)	۳۷
۳۳	۸-۱۲-۱۵-۱۸-۲۶-۲۸	(۵۴۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۷ ۵۸۲ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۵۹۶)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۱۴
۳۴	۸-۱۲-۱۵-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۴۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۵ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۶۰۰)	۲۰
۳۵	۸-۱۰-۱۵-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۵ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۶)	(۵۸۴ ۵۹۴ ۶۰۰)	۲۱
۳۶	۸-۱۲-۱۵-۱۸-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۷۴ ۵۸۹ ۵۹۶)	(۵۶۶ ۵۸۶ ۶۰۰)	۱۱
۳۷	۸-۱۲-۱۵-۱۸-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۷۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۸۸ ۵۹۸ ۶۰۰)	(۵۷۲ ۵۸۷ ۶۰۰)	۲۹
۳۸	۸-۱۰-۱۵-۱۸-۲۲-۲۶	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۶۸ ۵۸۸ ۵۹۶)	(۵۷۶ ۵۹۱ ۶۰۰)	۳۱
۳۹	۸-۱۰-۱۵-۱۸-۲۲-۲۸	(۵۴۰ ۵۸۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۵۸ ۵۸۳ ۶۰۰)	(۵۸۲ ۵۹۷ ۶۰۰)	(۵۸۲ ۵۹۲ ۶۰۰)	۷
۴۰	۸-۱۰-۱۲-۲۲-۲۶-۲۸	(۵۲۰ ۵۶۰ ۶۰۰)	(۵۸۰ ۵۹۰ ۶۰۰)	(۵۶۴ ۵۸۴ ۶۰۰)	(۵۷۶ ۵۹۶ ۶۰۰)	(۵۹۰ ۵۹۵ ۶۰۰)	۳۰

منابع

Zanakis, S.H., Mandakovic, T., Gupta, S.K., Sahay, S., Hong, S., (1995). *A review of program evaluation and fund allocation methods within the service and government sectors.* Socioeconomic Planning Sciences 29 (1), 59˚79.

Belton, V., Stewart, T., (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis.* An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers.

Kirkwood, C.W., (1997). *Strategic Decision Making. Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets.* Duxbury Press.

Santhanam, R., Muralidhar, K., Scniederjans, M.,(1989). *A zeroone goal programming approach for information system project selection.* Omega 17 (6), 583˚593.

Badri, M.A., Davis, D., Davis, D., (2001). *A comprehensive 0–1 goal programming model for project selection.* International Journal of Project Management. 19, 243˚252.

Santhanam, R., Kyparisis, J., (1995).*A multiple criteria decision model for information system project selection.* Computers and Operations Research 22 (8), 807˚818.

Kyparisis, G.J., Gupta, S.K., Ip, C.M., (1996). *Project selection with discounted returns and multiple constraints.* European Journal of Operational Research 94, 87˚96.

Pisinger, D., (2001*). Budgeting with bounded multiple-choice constraints.* European Journal of Operational Research 129, 471˚480.

Melachrinoudis, E., Kozanidis, G., (2002). *A mixed integer knapsack model for allocating funds to highway safety improvements.* Transportation Research Part A 36, 789˚803.

Santhanam, R., Kyparisis, G.J., (1996*). A decision model for interdependent information system project selection.* European Journal of Operational Research 89, 380˚399.

Albright, S.C., (1975*). Allocation of research grants to university research proposals.* Socio-economic Planning Sciences 9 (5), 189˚195.

Kwak, N.K., Lee, C., (1998). *A multicriteria decision-making approach to university resource allocation and information infrastructure planning.* European Journal of Operational Research 110, 234˚242.

Fandel, G., Gal, T., (2001). *Redistribution of funds for teaching and research among universities: The case of North Rhine – Westphalia.* European Journal of Operational Research 130, 111˚120.

Mukherjee, K., Bera, A., (1995). *Application of goal programming in project selection – A case study from the Indian coal mining industry.* European Journal of Operational Research 82, 18˚25.

Cook, W.D., Green, R.H., (2000*). Project prioritisation: A resource-constrained data envelopment analysis approach.* Socio-economic Planning Sciences 34, 85˚99.

Oral, M., Kettani, O., Lang, P., (1991). *A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects.* Management Science 37 (7), 871˚885.

Oral, M., Kettani, O., Cinar, U., (2001*). Project evaluation and selection in a network of collaboration: A consensual disaggregation multi-criterion approach.* European Journal of Operational Research 130, 332˚346.

Golabi, K., Kirkwood,C.W., Sicherman, A.,(1981). *Selecting a portfolio of solar energy projects using multiattribute preference theory.* Management Science 27,174˚189.

Abu-Taleb, M., Mareschal, B., (1995). *Water resources planning in the middle east: Application of the PROMETHEE V multicriterion method.* European Journal of Operational Research,81,500˚511.

Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Capros, P. (2003). *Combined MCDA–IP approach for project selection in the electricity market* .Annals of Operations Research 120,159˚170.

Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Caloghirou, Y., (2006). *Project prioritization under policy restrictions. A combination of MCDA with 0–1 programming.* European Journal of Operational Research.

Tobin, R.L., (1999). *A fast interactive solution method for large capital expenditure selection problems.* European Journal of Operational Research 116, 1˚15.

Archer, N.P., Ghasemzade, F., (1999). *An integrated framework for project portfolio selection.* International Journal of Project Management, vol. 17, Nom. 4, pp. 207-216.

Seiford, L.M., (1995). *A Bibliography of data envelopment analysis.* Technical Report, Department of Indusrial Engineering and Operations Research.

Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., (1984). *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data development analysis.* Management Science, 9, 1078-1092.

Kabli, M.R., (2009). *A multi-attribut decision Making methodology for selecting new R&D projects portfolio with a case study of Saudi oil refining industry*. Ph.D. Thesis, University of Nottingham.

Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Izadikhah, M., (2006). *Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data.* 181, 1544˚1551.

Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Izadikhah, M., (2005). *An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data.* Applied Mathematics and Computation, 175, 1375˚1384.

Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Kourentzis, A., (2008). *Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints.* European Journal of Operational Research.

Clemen, R. T., Reilly, Terence, (2001). *Making Hard Decisions with Decision Tools.* Pacific Grove: Duxbury.