

## مدل سازی ریاضی استوار انتخاب سبد پروژه و حل آن با کمک الگوریتم NSGAI (شرکت گاز استان کرمان)

عباس فدایی\*، مسعود ربیعه\*\*، مصطفی زندیه\*\*\*

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۴

### چکیده:

یکی از مسائل مهم در مبحث مدیریت پروژه، انتخاب سبد بهینه پروژه است. مسئله انتخاب پروژه و فعالیت های وابسته به آن، یکی از فعالیت های مهم در بسیاری از سازمان ها، به ویژه در شرکت های پروژه محور فعال در بخش نفت، گاز، پتروشیمی و سایر انرژی ها می باشد. با توجه به سیاست جایگزینی گاز طبیعی به جای سایر سوخت های فسیلی، متقاضیان استفاده از گاز طبیعی افزایش می یابد که با این شرایط پروژه های گازرسانی افزایش یافته و با توجه به محدودیت منابع در سازمان، مدیران پروژه مجبور به انتخاب یک سبد پروژه از میان پروژه های پیشنهادی هستند به طوری اهداف سازمان برآورده گردد. در این تحقیق در ابتدا شاخص های تأثیرگذار بر روی پروژه ها با استفاده از پیشینه تحقیق و مصاحبه از خبرگان صنعت گاز استخراج گردید سپس با لحاظ عدم اطمینان برخی از پارامترهای مدل، مدل ریاضی استوار چند هدفه تحقیق ارائه گردید که این مدل به ازای ۲۰ حالت درجه ریسک پذیری تصمیم گیرنده  $(\Gamma_i^B, \Gamma_i^C)$  با استفاده از الگوریتم ژنتیک با مرتب سازی غیر مغلوب (NSGAI) حل گردید. در پایان به منظور ارائه یک جواب معین در جبهه پارتو جهت کمک به تصمیم گیری از تکنیک تاپسیس استفاده گردید.

**کلمات کلیدی:** انتخاب سبد پروژه، بهینه سازی استوار، بهینه سازی چندهدفه، الگوریتم ژنتیک با مرتب سازی غیر مغلوب NSGAI

\*- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شهید بهشتی.

\*\* - استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی گروه مدیریت صنعتی (نویسنده مسئول)

M\_Rabieh@sbu.ac.ir

\*\*\* - دانشیار، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی گروه مدیریت صنعتی

## مقدمه

سازمان‌ها با توجه به نوع فعالیتشان، در گروه‌ای مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند، از جمله می‌توان به سازمان‌های پروژه محور، سازمان‌های تولید محور، سازمان‌های دانش محور و ... اشاره نمود (پمسل و همکاران، ۲۰۱۴). با عنایت به اینکه تعداد سازمان‌هایی که ماهیت پروژه محور دارند، قابل توجه هست، از آن جمله می‌توان به شرکت‌هایی که در بخش نفت، گاز، پتروشیمی و سایر انرژی‌هایی که در بخش دولتی و خصوصی فعال هستند اشاره نمود (لانگ، ۱۹۹۰). در سازمان‌های پروژه محور وجود طرح‌های متعدد و اجتماع پروژه‌ها باعث می‌شود تا برای مدیریت و رهبری پروژه شرایط خاصی بر سازمان‌ها و مدیران پروژه تحمیل شود (پمسل و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از تکنیک‌های جدید در این زمینه تکنیک انتخاب و مدیریت سبد پروژه می‌باشد (راد و لووین، ۲۰۰۶)

انتخاب سبد پروژه<sup>۱</sup> عبارت است از مجموعه‌ای مناسب از پروژه‌های پیشنهادی به منظور تحقق اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت کسب‌وکار ایجاد می‌گردد (ارچر و قاسم زاده، ۱۹۹۹) به عبارت دیگر یک سبد پروژه عبارت است از تخصیص منابع محدود میان مجموعه‌ای از پروژه‌ها به صورتی که اهداف سازمانی برآورده شود (ارچر و قاسم زاده، ۲۰۰۰)

بحث مقاله حاضر، مدل‌سازی استوار انتخاب سبد پروژه با در نظر گرفتن شاخص‌های متعدد است. مدل<sup>۲</sup> RMOILP ارائه شده در این مقاله به دلیل استفاده از مدل ریاضی چندهدفه و همچنین بحث بهینه‌سازی استوار با داده‌های بازه‌ای، مدل NP-Hard می‌باشد. مدل ریاضی ارائه شده در مقاله با الگوریتم فراابتکاری ژنتیک با جواب‌های غیر مغلوب حل می‌گردد. ساختار این مقاله به این صورت است که در ابتدا پیشینه انتخاب سبد پروژه مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس مبانی نظری بهینه‌سازی استوار و الگوریتم مورد استفاده توضیح داده خواهد شد. در ادامه مراحل انجام مقاله و مدل ریاضی مقاله شرح داده می‌شود و در پایان نحوه حل مدل شرح داده خواهد شد.

<sup>۱</sup> Project Portfolio Selection

<sup>۲</sup> Robust Multi-Objective integer linear programming

## پیشینه انتخاب سبد پروژه

روش‌های کیفی انتخاب سبد پروژه تحت تأثیر سودر<sup>۱</sup> و منداکویک (۱۹۸۶) و گوپتا و منداکویک<sup>۲</sup> (۱۹۹۲) است. اولین تحقیق با استفاده از روش کمی در زمینه انتخاب سبد پروژه توسط شارپ و ویلیام (۱۹۶۷) که از یک برنامه‌ریزی خطی در مسائل انتخاب پروژه استفاده کردند. علی‌نژاد و سیمیری (۱۳۹۲) یک رویکرد تلفیقی کمی-کیفی برای انتخاب سبد بهینه پروژه ارائه کردند. بدین صورت که ابتدا با استفاده از تکنیک DEMATEL شاخص‌های مؤثر انتخاب شده و سپس به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص‌های شناسایی شده در قسمت قبل، کارایی پروژه‌ها مشخص و رتبه‌بندی پروژه‌ها انجام می‌شود.

با توجه به ادبیات تحقیق در زمینه انتخاب سبد پروژه، اکثر تحقیقات جهت انتخاب سبد پروژه از برنامه‌ریزی ریاضی استفاده نموده‌اند. در شرایط قطعیت قاسم‌زاده و ارچر<sup>۳</sup> (۲۰۰۰)، پور کاظمی و همکاران (۱۳۹۲) و فارس‌جانی همکاران (۱۳۹۱) با در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی گاه متعارض، محدودیت منابع در دوره‌های زمانی مختلف و همچنین اثر متقابل پروژه‌ها بر یکدیگر، مدل MOILP<sup>۴</sup> جهت انتخاب سبد پروژه ارائه کردند. همچنین قربانی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، ربانی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۲) و سلامی و همکاران (۱۳۹۲) در شرایط قطعیت اقدام به ارائه مدل MOILP و سپس با برنامه‌ریزی آرمانی مسئله تحقیق حل نموده‌اند.

به‌طور کلی، در ادبیات انتخاب سبد پروژه، اهمیت و تأثیر عدم اطمینان به‌طور وسیعی مورد بررسی قرار گرفته است. اکثر مدل‌های ارائه شده در بحث انتخاب سبد پروژه در فضای قطعیت و برخی از آنها در فضای عدم قطعیت از نوع فازی صورت گرفته است. عدم قطعیت از نوع تصادفی، خصوصاً به شکل استوار، بسیار اندک مدنظر قرار گرفته است. با هارتاچیا<sup>۷</sup> و

---

<sup>1</sup> Souder

<sup>2</sup> Gupta and Mandovic

<sup>3</sup> Archer and Ghasemzadeh

<sup>4</sup> Multi Objective Integer Linear Programming

<sup>5</sup> Ghorbani

<sup>6</sup> Rabbani

<sup>7</sup> Bhattacharyya

همکاران (۲۰۱۱)، خلیلی دامغانی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، توانا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳) و خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۳) با توجه وجود عدم قطعیت در مسئله انتخاب سبد پروژه با استفاده از تکنیک فازی و با در نظر گرفتن زمان‌بندی پروژه‌ها یک مدل فازی MOILP ارائه و سپس با الگوریتم‌های فراابتکاری حل کردند.

لوویز<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۷، ۲۰۰۸) با استفاده از مفهوم بهینه‌سازی استوار، عدم قطعیت و عدم وجود اطلاعات قطعی را در مدل MOILP جهت تعیین سبد پروژه مدل‌سازی کردند. همچنین فریگر و وارنر<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) با عنوان «بهینه‌سازی استوار چندهدفه و کاربرد آن در بهینه‌سازی سبد» انواع مدل‌های استوار انتخاب سبد و کاربردهای آن را ارائه کردند. همچنین قحطرانی و نجفی (۲۰۱۳) در تحقیقی با عنوان «مدل‌سازی آرمانی استوار برای مسئله چندهدفه انتخاب سبد» یک مدل استوار در زمینه سبد پروژه ارائه و سپس با برنامه ریزی آرمانی به حل این مدل چند هدفه پرداخته‌اند. حسن‌زاده و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) با استفاده از مدل‌سازی ریاضی استوار صفر-یک چندهدفه خطی در شرایط عدم قطعیت اقدام به ایجاد سبد پروژه نمود. مدل ارائه‌شده این تحقیق با استفاده از روش وزن دهی تایجیف<sup>۶</sup> (ایدال مثبت و ایدال منفی) و یکی کردن اهداف حل گردید.

با توجه به پیشینه تحقیق، حل مدل ریاضی چند هدفه در زمینه انتخاب سبد پروژه را می‌توان به دو دسته اصلی طبقه‌بندی نمود. در دسته اول اطلاعاتی در مورد ترجیحات نسبی اهداف موجود است. در این حالت معمولاً فضای چند بعدی هدف به یک فضای تک بعدی کاهش داده می‌شود. در دسته دوم بر خلاف دسته اول، فرض بر این است که از قبل اطلاعاتی در مورد ترجیحات نسبی اهداف وجود ندارد. برای چنین مسائلی عموماً از یک رویه دو مرحله‌ای استفاده می‌شود که در مرحله اول آن فضای جواب شامل تمامی

<sup>1</sup> Khalil Dameghani

<sup>2</sup> Tavana

<sup>3</sup> Liesio

<sup>4</sup> Fliger and Werner

<sup>5</sup> Hassan zadeh

<sup>6</sup> Tchebycheff Method

سبدهای کارا (بهینه پارتو) با استفاده از رویکردهای فراابتکاری شناسایی می شود و این فضای بدست آمده به صورت تعاملی مورد کنکاش قرار می گیرد.

با توجه به پیشینه تحقیق ارائه شده، نوآوری این تحقیق به دو بحث زیر باز می گردد:

- ۱- استفاده از مدل چند هدفه استوار با داده های بازه ای جهت در نظر گرفتن عدم اطمینان در پارامترهای مدل
- ۲- حل مدل استوار با الگوریتم های فراابتکاری با توجه به عدم وجود اطلاعات در مورد ترجیحات نسبی اهداف در مورد مطالعه تحقیق.

### مبانی نظری تحقیق

مدل ریاضی عمومی MOILP برای انتخاب سبد پروژه: فرض کنید با توجه به مدل ۱ هدف داریم.

$x_{jt}$  ها متغیرهای تصمیم مدل هستند ( $t$  اندیس دوره زمانی و  $j$  اندیس هر پروژه). و به ازای هر  $t$  یک محدودیت داریم. متغیرهای تصمیم مدل از نوع صفر-یک هستند. اگر به متغیر تصمیم عدد یک تعلق گرفت بدین معنا است که پروژه  $j$  ام در دوره زمانی  $t$  انتخاب شده و در غیر این صورت پروژه  $j$  ام در دوره زمانی  $t$  انتخاب نمی گردد (ارچر و قاسم زاده، ۲۰۰۰).

$$\max(\min) Z = f(x_{jt}) \quad \forall k \quad (1-1)$$

$$S. t: \sum_{j=1}^m g_i(x_{jt}) \leq b_i \quad \forall i, t \quad (2-1)$$

$$x_{jt} \in [0, 1] \quad (3-1)$$

مبانی نظری استواری و بهینه سازی استوار با داده های بازه ای<sup>۱</sup>: در کاربردهای دنیای واقعی برنامه ریزی خطی نادیده انگاشتن حتی یک عدم اطمینان کوچک در داده ها می تواند به جواب بهینه ای منجر گردد که از دیدگاه عملی کاملاً بیهوده و بی معنی باشد. بنابراین لازم

<sup>1</sup> - Robust Optimization

است که مدل‌هایی توسعه یابند که در خصوص عدم اطمینان داده‌ها حفاظت و ایمنی ایجاد نمایند (بن تال و نمیروسکی، ۲۰۰۰). برتسیمس و سیم (۲۰۰۴) رویکرد متفاوتی را برای کنترل سطح محافظه‌کاری معرفی کرده‌اند؛ این رویکرد از این مزیت برخوردار است که منجر به یک مدل بهینه‌سازی خطی می‌شود و قابل کاربرد بر روی مدل‌های بهینه‌سازی گسسته نیز می‌باشد و سطح محافظه‌کاری آن قابل تنظیم است (ریعه، ۱۳۸۹). با توجه به مدل ۲ مسئله برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط اسمی زیر را در نظر بگیرید.

$$\min Z = C'x_i \quad (1-2)$$

$$S.t: Ax_i \leq b \quad (2-2)$$

$$l \leq x \leq u \quad (3-2)$$

$$x_i \in z, i = 1, \dots, k \quad (4-2)$$

با توجه به مدل ۲، بدون از دست دادن کلیت مسأله فرض می‌شود، ماتریس  $A$  و  $C$  شامل داده‌های غیرقطعی و بردار  $b$  شامل اعداد قطعی باشد. با فرض اینکه هر کدام از ضرایب  $a_{ij}, j \in N$  در قالب یک متغیر تصادفی مستقل، با توزیع متقارن و کراندار  $\tilde{a}_{ij}, j \in N$  مدل می‌شود که در بازه  $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}, a_{ij} + \hat{a}_{ij}]$  مقدار می‌گیرد. هر کدام از  $c_j, j \in N$  در بازه  $[c_j - d_j, c_j + d_j]$  مقدار می‌گیرد، به طوری که  $d_j$  بیانگر انحراف از ضریب هزینه اسمی  $c_j$  می‌باشد. همچنین تنها فرض برای توزیع ضرایب  $a_{ij}$  متقارن بودن آن می‌باشد. علاوه بر این اگر عدد سمت راست نیز همانند ضرایب فنی در بازه‌ای متقارن نوسان کند، هیچ خللی به بحث وارد نمی‌شود و مدل‌سازی استوار آن شبیه ضرایب فنی صورت می‌گیرد. در راستای تحقق هدف استواری جواب، اعداد  $\Gamma_i, i = 0, 1, \dots, m$  تعریف می‌شود که در بازه  $[0, |J_i|]$  مقدار می‌گیرند، به طوری که  $|J_i|$  برابر با تعداد داده‌های غیرقطعی در محدودیت  $i$  ام می‌باشد. نقش پارامتر  $\Gamma_i$  در محدودیت‌ها، تنظیم میزان استواری در مقابل سطح محافظه‌کاری جواب می‌باشد. پارامتر  $\Gamma_0$  سطح استوار بودن را برای تابع هدف کنترل می‌کند. همتای استوار برتسیمس و سیم برای مدل ۳ به شکل زیر است.

$$\min Z = C'x + z_0 \Gamma_0 + \sum_{j \in J_0} p_{0j} \quad (1-3)$$

$$S. t: \sum_j a_{ij} x_j + z_i \Gamma_i + \sum_{j \in J_i} p_{ij} \leq b_i \quad \forall i \quad (2-3)$$

$$z_0 + p_{0j} \leq d_j y_j \quad \forall j \in J_0 \quad (3-3)$$

$$z_i + p_{ij} \leq \hat{a}_{ij} y_j \quad \forall i \neq 0, j \in J_i \quad (4-3)$$

$$p_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in J_i \quad (5-3)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall j \quad (6-3)$$

$$z_i \geq 0 \quad \forall i \quad (7-3)$$

$$-y_j \leq x_j \leq y_j \quad \forall j \quad (8-3)$$

$$I_j \leq x_j \leq U_j \quad \forall j \quad (9-3)$$

$$x_j \in Z \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (10-3)$$

در صورتی که عدد سمت راست یعنی  $b_i$  در بازه  $[b_{ij} - \hat{b}_{ij}, b_{ij} + \hat{b}_{ij}]$  نیز مقدار بگیرد، قابل مدل سازی استوار می باشد و در مدل سازی مدل خطی ایجاد نمی کند. در واقع با این پارامتر نامطمئن می توان همانند پارامترهای رفتار کرد که در یک متغیر با مقدار ثابت برابر یک عدد ضرب شده است (ربیع، ۱۳۸۹).

در مباحث بهینه سازی استوار به ازای هر مسئله اسمی (مسئله حاوی پارامترهای نامطمئن) یک مدل استوار ارائه می شود که همتای استوار نام گذاری شده است. در این تحقیق پارامترهای هزینه هر پروژه، نامطمئن هستند. با توجه به اینکه توزیع دقیق این پارامترها مشخص نیست، لذا نوسان داده ها به صورت بازه های متقارن در نظر گرفته می شود.

### روش شناسی پژوهش:

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی - توسعه‌ای است چراکه به قصد کاربرد نتایج یافته‌هایش برای حل مسئله خاص متداول سازمان انجام می‌شود. در این تحقیق مدل ریاضی چندهدفه صفر-یک (MOILP) جهت انتخاب سبد پروژه ارائه شد و جهت در نظر گرفتن عدم اطمینان در مدل از مدل استوار برتسیمس و سیم (۲۰۰۴) استفاده گردید. سپس این مدل با الگوریتم‌های فراابتکاری حل گردید. برای گردآوری اطلاعات در شرکت مورد مطالعه از دو روش، مطالعه اسنادی و پیمایشی استفاده گردیده است. این تحقیق در سایر سازمان‌های پروژه محور کاربرد دارد.

### فرایند انجام تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

۱. پیشینه تحقیق و مصاحبه با خبرگان و مستندات
  ۲. تعیین مفروضات مدل با مطالعه پیشینه تحقیق و مصاحبه با خبرگان و مستندات موجود
  ۳. مدل سازی ریاضی (تعریف متغیرها، پارامترها، تعیین اهداف و محدودیت‌ها)
  ۴. تعیین نوع پارامترهای قطعی و غیر قطعی با مصاحبه با خبرگان و بررسی مستندات
  ۵. مدل سازی استوار (تبدیل مدل قطعی به همتای استوار)
  ۶. تعیین مقادیر پارامترها، حل مدل استوار
  ۷. غربال گیری جواب‌های پارتو با استفاده از تاپسیس
- مدل ریاضی اسمی تحقیق:** در ابتدا قبل از فرمول کردن مسئله در جدول ۲ مفروضات، اندیس‌ها، پارامترها و متغیرها مدل ارائه می‌گردد. مدل اسمی این مقاله با توجه به پیشینه تحقیق و نظرات خبرگان، مدل سازی گردید.



جدول ۲: معرفی ویژگی‌های مدل ریاضی

مفروضات مدل: انجام پروژه‌ها در دوره زمانی در نظر گرفته شده، ثابت در نظر گرفتن قیمت گاز در مناطق مختلف، تخصص بودجه در اول سال، دوره زمانی سالیانه، در نظر گرفتن وابستگی میان پروژه‌ها، تبعیت تغییرپذیری داده‌های نامطمئن از توزیع متقارن (بازه متقارن)		
اندیس‌های مدل:		
$k = 1, 2, \dots, K$	تعداد اهداف	$k$
$j = 1, 2, \dots, n$	تعداد پروژه‌های کاندید مورد نظر	$j$
$i = 1, 2, \dots, m$	نوع لوله استفاده شده گازرسانی	$i$
$s = 1, 2, \dots, S$	نوع ایستگاه تقلیل فشار	$s$
$t = 1, 2, \dots, T$	تعداد دوره‌های زمانی	$t$
$l = 1, 2, \dots, L$	نوع انشعاب	$l$
پارامترهای مدل:		
	هزینه هر پروژه $j$ در زمان $t$	$C_{jt}$
	تعداد خانوار پوشش دهنده پروژه $j$ در زمان $t$	$F_{jt}$
	مطلوبیت پروژه $j$ در زمان $t$	$U_{jt}$
	طول زمان پروژه $j$ در زمان $t$ (سال)	$d_{jt}$
	بودجه در زمان $t$ (ریال)	$B_t$
	پارامتر استواری (گاما) هزینه‌ها در تابع هدف هزینه	$\Gamma^c$
	پارامتر استواری (گاما) هزینه‌ها در محدودیت بودجه	$\Gamma^b$
	عدد اسمی (عدد وسط بازه) هزینه پروژه $j$ در زمان $t$	$\bar{C}_{jt}$
	نیم طول بازه هزینه پروژه $j$ در زمان $t$	$\hat{C}_{jt}$
پارامتر نامطمئن:		
	$\sum_{i=1}^m L_{ij} C_{it} + \sum_{i=1}^m S_{lj} C_{kt} = C_{jt}$	$\tilde{C}_{jt}$
	$\sum_{i=1}^m D_{jd} C_{dt}$	$\tilde{B}_t$
	بودجه	
متغیر تصمیم:		
	انتخاب پروژه $j$ در زمان $t$	$x_{jt} = 1$
	عدم انتخاب پروژه $j$ در زمان $t$	$x_{jt} = 0$
	متغیرهای استوارسازی	$p_{jt}, y_{jt}$

مدل ریاضی اسمی تحقیق

$$\min z_1 = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jt} \cdot \bar{C}_{jt} \quad (1-4)$$

$$\max z_2 = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jt} \cdot F_{jt} \quad (2-4)$$

$$\max z_3 = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jt} \cdot U_{jt} \quad (3-4)$$

$$S. t: \sum_{t=1}^T x_{jt} \leq 1 \quad \forall j \quad (4-4)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{jt} = 1 \quad \text{for } j \quad (5-4)$$

$\in (s_m)$

$$\sum_{t=1}^T (t + d_{jt}) \cdot x_{jt} \leq T + 1 \quad \forall j \quad (6-4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jt} \cdot \bar{C}_{jt} \quad (7-4)$$

$$\leq \bar{B}_t \quad \forall t, i, l, s$$

$$\sum_{t=1}^t x_{jt} - x_{pt} \geq 0 \quad \text{for } \forall j, p \quad (8-4)$$

$\in P(jp), \forall t$

$$x_{jt}, x_{jt}, x_{pt} \in [0, 1] \quad (9-4)$$

(۱-۴) هدف شرکت گاز به دنبال کمینه کردن هزینه سبد پروژه‌های گازرسانی می‌باشد. (۴-)  
 (۲) هدف دوم حداکثر کردن تعداد خانوار پوشش دهنده گازرسانی. (۴-۳) هدف سوم  
 حداکثر کردن مطلوبیت اجرا پروژه‌های گازرسانی که در این هدف، مطلوبیت میزان مصرف

گاز، نزدیک بودن به مناطق صنعتی و مناطق کوهستانی پروژه‌ها می‌باشد. (۴-۴) این محدودیت تضمین می‌کند که در طول افق برنامه‌ریزی، هر یک از پروژه‌های انتخابی تنها یک‌بار اجرا شوند. (۵-۴) سازمان ملزم به اجرای تعداد مشخصی از پروژه‌ها است که باید در سبد پروژه‌ها انتخاب شوند. (۶-۴) این محدودیت این اطمینان را ایجاد می‌کند که تمامی پروژه‌های موجود در سبد انتخابی حتماً تا قبل از به پایان رسیدن افق زمانی برنامه‌ریزی شده به پایان برسند. (۷-۴) محدودیت بودجه و (۸-۴) در دنیای واقعی در برخی شرایط، اجرای برخی پروژه‌ها پیش‌نیاز اجرای پروژه‌های دیگر است در این شرایط ضروری است که قبل از انتخاب یک پروژه خاص تمامی پروژه‌های پیش‌نیاز نیز انتخاب شوند.

حال مدل ریاضی اسمی تحقیق با توجه به عدم اطمینان تبدیل به مدل ریاضی استوار می‌گردد که با توجه به مدل برتسمس و سیم ۲۰۰۴ مدل ریاضی تحقیق به صورت مدل ۵ در می‌آید:

$$\min z_1 = Z'_1 \quad (1-5)$$

$$\max z_2 = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jt} \cdot F_{jt} \quad (2-5)$$

$$\max z_3 = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jt} \cdot U_{jt} \quad (3-5)$$

$$s. t: \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jt} \cdot \bar{C}_{jt} + z_0 \Gamma_0^c + \sum_{j \in J_0} p_{jt_0} \leq Z'_1 \quad (4-5)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{jt} \leq 1 \quad \forall j \quad (5-5)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{jt} = 1 \quad \text{for } j \quad (6-5)$$

$$\in (S_m)$$

$$\sum_{t=1}^T (t + d_{jt}) \cdot x_{jt} \leq T + 1 \quad \forall j \quad (7-5)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jt} \cdot \bar{C}_{jt} + z_t \Gamma_t^C + \sum_{j \in J_t} p_{jtb} \leq \bar{B}_t \quad \forall t \quad (8-5)$$

$$\sum_{t=1}^t x_{jt} - x_{pt} \geq 0 \quad \text{for } \forall j, p \quad (9-5)$$

$$\in P(jp), \forall t$$

$$z_0 + p_{jt_0} \leq y_{jt_0} \cdot \hat{C}_{jt} \quad \forall j, t \quad (10-5)$$

$$z_t + p_{jtb} \leq y_{jtb} \cdot \hat{C}_{jt} \quad \forall j, t \quad (11-5)$$

$$z_t + p_{jtB} \leq \hat{B}_t \quad \forall j, t \quad (12-5)$$

$$-y_{jt} \leq x_{jt} \leq y_{jt} \quad \forall j, t \quad (13-5)$$

$$x_{jt}, x_{jt}, x_{pt} \in [0, 1] \quad (14-5)$$

$$z_0, z_t, p_{jt_0}, p_{jtb}, p_{jtB}, y_{jt_0}, y_{jtb} \geq 0 \quad (15-5)$$

**حل مدل.** مدل ریاضی بالا یک مدل چند هدفه-چند دوره‌ای صفر-یک<sup>۱</sup> می‌باشد. به دلیل NP-hard بودن مسئله با افزایش متغیر و ابعاد، مسئله پیچیده خواهد شد و حل آن با روش‌های مرسوم سخت خواهد بود لذا برای رفع این مشکل از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مدل استفاده گردید.

**الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی غیرمغلوب نسخه ۲.** دب و همکاران (۲۰۰۲) الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی غیرمغلوب<sup>۲</sup> را ارائه کردند. الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه‌ای که از مرتب‌سازی غیرمغلوب استفاده نمی‌کنند، بیشتر به علت پیچیدگی محاسباتی، رویکرد غیرنخبه‌گرا و نیاز به تعیین پارامتر تسهیم، موردانتقاد قرار می‌گیرند.

<sup>1</sup>- Multi Period- Multi Objective zero-one Model

<sup>2</sup>- Non Dominated Sorting Genetic Algorithm

**نحوه نمایش جواب.** در مدل مفروض کروموزوم مسئله یک بردار اعداد درون هر خانه زمان شروع هر پروژه را نشان می دهد. اگر عدد درون هر خانه صفر باشد یعنی آن پروژه انتخاب نشده است.

۰	۱	۲	۳	۴	۰	۲
---	---	---	---	---	---	---

شکل ۱: نحوه نمایش جوابها در الگوریتمهای پیشنهادی

**نحوه تولید جمعیت اولیه.** ابتدا یک توالی تصادفی از پروژه تعیین می شود سپس یک توالی تصادفی از زمان با توجه به محدودیتها انتخاب می شود.  
**عملگر تقاطع و جهش.** برای الگوریتم ژنتیک برای هر کروموزوم مسئله از عملگر ترکیب تک نقطه ای استفاده شده است و برای عملگر جهش از جهش جابه جایی استفاده شده است که عملگرها به صورت شماتیک در شکل ۲ و ۳ ارائه شده است.

والد اول	۱	۰	۰	۳	۲	۱	۲
والد دوم	۰	۱	۱	۳	۲	۲	۰

نقطه برش

فرزند اول	۱	۰	۰	۳	۲	۲	۰
فرزند دوم	۰	۱	۱	۳	۲	۱	۲

شکل ۲: عملگر ترکیب تک نقطه ای

قبل از جهش	۱	۰	۰	۳	۲	۱	۲
------------	---	---	---	---	---	---	---

پروژه انتخابی

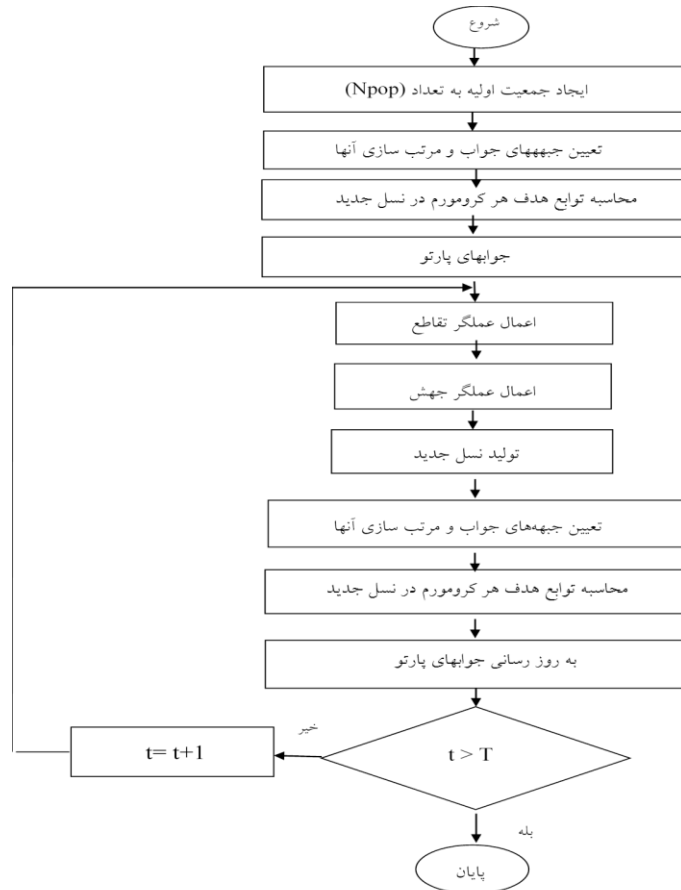
بعد از جهش	۱	۰	۰	۱	۲	۱	۲
------------	---	---	---	---	---	---	---

شکل ۳: عملگر جهش با روش جابه جایی

**اعمال روش مرتب سازی نامغلوب.** اعضای جمعیت در داخل دسته هایی قرار می گیرند؛ به گونه ای که اعضای موجود در دسته اول، یک مجموعه کاملاً غیرمغلوب توسط دیگر

اعضای جمعیت فعلی هستند. اعضای موجود در دسته دوم نیز بر همین مبنا تنها توسط اعضای دسته اول مغلوب می شوند و این روند به همین صورت در دسته های دیگر ادامه می یابد تا به تمام اعضای موجود در هر دسته، که رتبه بر مبنای شماره دسته اختصاص داده شود.

**محاسبه پارامتر کنترلی به نام فاصله ازدحامی.** این پارامتر برای هر عضو در هر گروه محاسبه می شود و بیانگر اندازه های از نزدیکی نمونه مورد نظر به دیگر اعضای جمعیت آن دسته و گروه است. مقدار بزرگ این پارامتر به واگرایی و گستره بهتری در مجموعه اعضای جمعیت منجر خواهد شد. با توجه به توضیحات الگوریتم فرایند انجام الگوریتم به صورت شکل ۴ می باشد:



شکل ۴: الگوریتم پیشنهادی ژنتیک با مرتب سازی غیر مقلوب

### تجزیه و تحلیل داده‌های مورد مطالعه

در این تحقیق سعی بر ایجاد یک سبدی بهینه و کارا از پروژه‌های گازرسانی روستایی در شرکت گاز استان کرمان است. وسعت مدل مثال واقعی این تحقیق به صورت جدول ۳ می‌باشد:

جدول ۳: وسعت مدل (تعیین مقادیر اندیس‌های مدل)

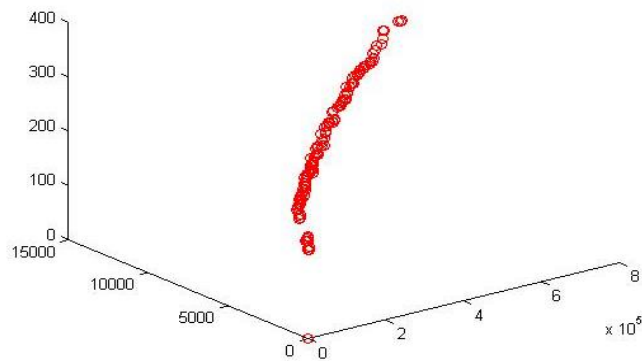
مقادیر	اندیس‌های مدل	مقادیر	اندیس‌های مدل
۲	$i$ : نوع لوله	۲۳	$j$ : تعداد طرح‌ها
۲	$S$ : نوع ایستگاه تقلیل فشار	۴	$t$ : دوره زمانی
۱	$L$ : نوع انشعاب	۳	$k$ : اهداف
		۲۰	$Gama$ : سطح حفاظت

کلیه نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار متلب (MATLAB) در یک سیستم نوت بوک با پردازنده Intel® Core™ 2 Duo CPU 2.0 GHz و حافظه 2.00 Gb RAM و سیستم عامل Microsoft 7 Ultimate می‌باشد. نتایج نهایی تنظیم پارامترها در مسائل به شرح جدول ۴ می‌باشد:

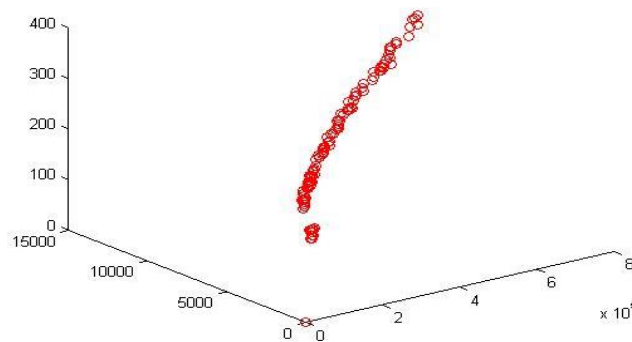
جدول ۴: نتایج تنظیم پارامترها الگوریتم ژنتیک

اندازه مسئله	تعداد تکرار الگوریتم	جمعیت اولیه	نرخ ترکیب	نرخ جهش
۹۲	۶۰	۳۰	۰/۷	۰/۳

مدل ریاضی پیشنهادی تحقیق به ازای ۲۰ حالت سطح حفاظت ( $\Gamma$ ) حل گردید. در هر یک از سطوح حفاظت مدل استوار با الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی غیر مغلوب (NSGAI) حل گردید که به عنوان نمونه در شکل‌های ۵ و ۶ جواب‌های پارتو مختلف به ازای هر  $\Gamma^B, \Gamma^C$  در دو حالت خوش‌بینانه و بدبینانه به صورت نمونه آورده شده است.



شکل ۵: جبهه پارتو در حالت خوش بینانه ( $\Gamma^B = 0$  و  $\Gamma^C = 0$ )



شکل ۶: جبهه پارتو در حالت بدبینانه ( $\Gamma^B = 96$  و  $\Gamma^C = 92$ )

**انتخاب بهترین جواب پارتو با استفاده از تاپسیس.** تسو (۲۰۰۸) در تحقیقی با عنوان "یک مدل برنامه ریزی موجودی کالا چند هدفه و حل آن با الگوریتم بهینه ذرات و تاپسیس" جواب های پارتو را با استفاده از روش تاپسیس الویت بندی نمود. با توجه به اینکه در هر ۲۰ حالت در نظر گرفته شده برای مسئله تحقیق تعداد زیادی جواب های پارتو وجود دارد و به منظور کمک به تصمیم گیری در انتخاب سبد پروژه در شرکت گاز استان کرمان، جواب های پارتو از روش تاپسیس الویت بندی می گردند. کد نویسی این روش در محیط متلب



(MATLAB) انجام گردید. معیارهای در نظر گرفته شده روش تاپسیس برای ارزیابی جواب‌های پارتو پس از مصاحبه با خبرگان سازمانی عبارت‌اند از: تابع هدف اول، تابع هدف دوم، تابع هدف سوم، تعداد پروژه‌های انتخابی در افق زمانی و تعداد پروژه در هر دوره زمانی که با توجه به اینکه چهار دوره زمانی وجود دارد، که در کل ۸ معیار در نظر گرفته شده است. نتایج به دو صورت وقتی تمام معیارها بی‌وزن بوده و در صورتی که دارای وزن می‌باشند ارائه شده‌اند. وزن معیارها پس از مشورت با خبرگان به صورت جدول ۵ در نظر گرفته شده است.

جدول ۵: وزن معیارهای بدست آمده از نرم افزار expert choice

معیار	هدف ۱	هدف ۲	هدف ۳	پروژه‌های انتخابی	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴
وزن	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵

به عنوان مثال مسئله مورد نظر وقتی مقدار گاما برابر صفر می‌باشند را در نظر بگیرید در این حالت عدم قطعیت وجود ندارد. در این حالت ۱۴۰ جواب پارتو یافت شده است. در حالت بی‌وزن بودن معیارها جواب پارتو ۱۲۰ به عنوان بهترین جواب با ضریب مطلوبیت ۰/۶۹ و بعد از آن جواب‌های ۱۳۹ و ۷۰ با ضریب مطلوبیت ۰/۶۶ و ۰/۶۰ انتخاب شده‌اند. جواب پارتو ۱۲۰ به صورت جدول ۶ می‌باشد:

جدول ۶: بهترین جواب پارتو در حالت بی‌وزنی

شماره پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	
زمان شروع	۴	-	۳	۲	۴	۲	۰	۴	۱	۲	-	
شماره پروژه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
زمان شروع	۲	۱	۳	۴	۳	۳	۲	-	۳	-	۱	۱

در حالتی که معیارها وزن دار باشند دو جواب پارتو شماره ۱۳۹ و ۱۲۰ با ضریب مطلوبیت ۰/۵۸۸ و ۰/۵۸۲ به عنوان جواب‌های مناسب انتخاب شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود مطلوبیت هر دو جواب به یکدیگر بسیار نزدیک هست. می‌توان گفت جواب‌های ۱۲۰ و ۱۳۹ نسبت به سایر جواب‌ها از مطلوبیت بالاتری برخوردار می‌باشند. جواب پارتو ۱۳۹ به صورت جدول ۷ می‌باشد:

جدول ۷: بهترین جواب پارتو در حالت بی وزنی

شماره پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	
زمان شروع	۲	-	۳	۲	۴	۳	۰	۴	۲	۱	-	
شماره پروژه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
زمان شروع	۱	۱	-	۲	-	۲	۴	-	-	۳	۴	۴

با توجه با تکنیک ارائه شده بالا، می‌توان به ازای هر یک از سطوح حفاظت استواری بهترین جواب پارتو را بدست آورد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله مسئله انتخاب سبد پروژه در شرکت گاز استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا شاخص‌های تأثیرگذار بر روی پروژه‌ها با استفاده از پیشینه تحقیق و مصاحبه از خبرگان استخراج گردید. سپس پارامترهای مدل برای هر یک از پروژه‌ها در شرکت گاز بدست آورده شد. پس از آن مدل ریاضی استوار چند هدفه تحقیق ارائه گردید. در این مدل سه هدف هزینه، تعداد خانوار و مطلوبیت لحاظ و پارامتر هزینه به عنوان پارامتر نامطمئن در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه این مدل، جهت انتخاب سبد پروژه در شرکت گاز مدل‌سازی گردید اما قابل تعمیم به سایر سازمان‌های پروژه محور جهت انتخاب سبد پروژه می‌باشد. جهت حل مدل از الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی غیر مغلوب (NSGAI) استفاده گردید. در حل مدل، ۲۰ حالت سطح حفاظت ( $\Gamma$ ) لحاظ شد. در پایان جهت تسهیل در تصمیم‌گیری در زمینه انتخاب سبد از روش تاپسیس جهت انتخاب پارتو از میان جبهه پارتو استفاده گردید

که به عنوان نمونه جواب‌های پارتو حالت خوشبینانه ( $\Gamma_i^c = 0$  و  $\Gamma_i^B = 0$ ) الویت بندی گردید و در این میان در حالت بی‌وزنی، پارتو ۱۲۰ و در حالت وزن‌دار پارتو ۱۳۹ به‌عنوان بهترین جواب در نظر گرفته شد.

توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی از سایر الگوریتم‌های فراابتکاری مانند جستجوی ممنوعه چندهدفه، الگوریتم چند دیفرانسیله و الگوریتم کرم‌های شب تاب چندهدفه که قابلیت کاربرد برای حل چنین مسئله‌ای را دارا هستند استفاده شود و نتایج حاصل با الگوریتم استفاده شده در پژوهش حاضر مقایسه شود. همچنین می‌توان از رویکردهای استوار-فازی برای مدل‌سازی ریاضی مدل پیشنهادی تحقیق استفاده گردد.

## منابع

- پور کاظمی، م؛ فتاحی، م؛ مظاهری، س. (۱۳۹۲). بهینه‌سازی سبد پروژه‌های با اثر متقابل با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری (ICA). مدیریت صنعتی تهران، ۵، ۱-۲۰
- ربیع، م. (۱۳۸۹). طراحی مدل ریاضی استوار زنجیره تأمین، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مدیریت، استاد راهنما: دکتر عادل آذر
- سلامی، ز؛ نادری، ب؛ توکلی مقدم، ر. (۱۳۹۲). استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی چند منظوره برای حل مسئله انتخاب سبد پروژه تحقیق و توسعه در صنایع خودرو سازی. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۹، ۱۴۷-۱۶۷
- علی نژاد، ع؛ سیمپاری، ک. (۱۳۹۲). انتخاب سبد بهینه پروژه با استفاده از رویکرد تلفیقی DEA/DEMATEL. فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، (۲۸)، ۱۱، ۴۱-۶۰
- فارسیجانی، ح؛ فتاحی، م؛ نوروزی، م. (۱۳۹۱). انتخاب سبد پروژه با اثر متقابل، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات (PSO) و دینامیک آشوبی. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۵، ۲۷-۴۸
- Archer, N. P., & Ghasemzadeh, F. (1999). An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management* , 17 (4), 207-216
- Bhattacharyya, R., Kumarb, P., & Kar, S. (2011). Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects. *Computers and Mathematics with Applications* , 62, 3857-3870
- Ben-Tal, A; Golany, B; & Shtern, S. (2009). Robust multi-echelon multi-period inventory control. *European Journal of Operational Research* , 199, 922-935.
- Ben-Tal, A; & Nemirovski, A. (2000). Robust solutions of Linear Programming problems contaminated with uncertain data. *Math Program* , 88, 411-424.
- Bertsimas, D; & Thiele, A. (2006). A Robust Optimization Approach to Inventory theory. *Operations Research* , 54 (1), 150-168.
- Bertsimas, D; & Sim, M. (2004). The Price of Robustness. *Operations Research* , 52 (1), 35-53.

Deb, K., Pratap, A., Agrawal, S., & Meyarivan, T. (2002). Fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transaction on Evolutionary Computation* 6(2), 182-197.

Fliege, J; & Werner, R. (2013). Robust multi objective optimization & applications in portfolio optimization. *European Journal of Operational Research*, 13, 340-351-

Ghahtarani, A; & Amir Abbas, N. (2013). Robust goal programming for multi-objective portfolio selection problem. *Economic Modelling*, 33, 588-592.

Ghasemzadeh, F., & Archer, N. P. (2000). Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems* , 29, 73-88.

Ghasemzadeh, F., Archer, N., & Iyogun, P. (1999). A Zero-One Model for Project Portfolio Selection and Scheduling. *The Journal of the Operational Research Society* , 50 (7), 745-755.

Ghorbani, S., & Rabbani, M. (2009). A new multi-objective algorithm for a project selection problem. *Advances in Engineering Software* , 40, 9-14.

Gupta, S K; & Mandovic, T. (1992). Contemporary approach to R&D project selection. *Management R&D Engineering*, 67-87

Gruver, G. W. (1991). Optimal R&D policy for a patent race with uncertain duration. *Mathematical Social Sciences* , 22 (1), 69-85.

Hassanzadeh, F., Nemati, H., & Sun, M. (2014). Robust optimization for interactive multiobjective programming with imprecise information applied to R&D project portfolio selection. *European Journal of Operational Research* , Article in press, XX-XX.

Hu, G., Wang, L., Fetch, S., & Bidanda, B. (2008). A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts. *International Journal of Production Research* , 46 (23), 6611-6625

Khalil-Damghani, K., & Tavana, M. (2014). A Comprehensive Framework for Sustainable Project Portfolio Selection Based on Structural Equation Modeling. *Project Management Journal* , 45 (2), 82-97.

Khalili-Damghani, K., Tavana, M., & Sadi-Nezhad, S. (2012). An integrated multi-objective framework for solving multi-period project selection problems. *Applied Mathematics and Computation* , 219, 3122-3138.

Khalili-Damghania, Kaveh, Nojavana, M., & Tavanab, M. (2013). Solving fuzzy Multidimensional Multiple-Choice Knapsack Problems: The multi-start

Partial Bound Enumeration method versus the efficient epsilon-constraint method. *Applied Soft Computing* 13 (2013) 1627–1638 , 13, 1627–1638.

Lang, M. J. (1990). Project management in the oil industry. *International Journal of Project Management* , 8 (3), 159–162

Liesio, J; Mild, P; & Salo, A. (2007). Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. *European Journal of Operational Research*, 181, 1488–1505.

Liesio, J; Mild, P; & Salo, A. (2008). Robust portfolio modeling with incomplete cost information. *European Journal of Operational Research* , 190, 679–695.

Martino, J. P. (1995). *Research and Development Project Selection* (1st ed.). N.Y: Jhon & Wiley Inc.

Pemsel, S., Wiewiora, A., & Müller, R. (2014). A conceptualization of knowledge governance in project-based organizations. *International Journal of Project Management* , 32 (4), 1411–1422.

Rabbani, M., Tavakoli Moghadam, R., Jolaei, F., & Ghorbani, H. R. (2012). A Comprehensive Model for R and D Project Portfolio Selection With Zero-One Linear Goal Programming. *IJPMA* , 325-333.

Rad, P. F., & Levin, G. (2006). *Project Portfolio Management: Tools and Techniques* (1st ed.). N.Y: Judith W. Umlas, 47-49

Souder, W. E., & Mandakovic, T. (1986). R&D project selection models. *Research Management* , 29 (4), 36-42.

Tavana, M; Khalili dameghani, K; & Abtahi, A. (2013). A fuzzy multidimensional multiple-choice knapsack model for project portfolio selection using an evolutionary algorithm. *Annals of Operations Research* , 206, 449-483

Tsou, Ching-Shih. (2008). Multi-objective inventory planning using MOPSO and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 35, 136–142

Yu, L; Wang, S; Wen, F; Lai, K. (2012). Genetic algorithm-based multi-criteria project portfolio selection. *Annual Operation Research*, 197, 71-86