

## ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب موثرترین طرح‌های پژوهشی در

### دانشگاه‌ها براساس سیاست‌های پژوهش و فناوری

(مطالعه موردی: دانشگاه صنعتی شیراز)

محمود اقتصادی‌فرد<sup>۱\*</sup>

فاطمه شکوهی<sup>۲</sup>

#### چکیده

قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور (۱۳۹۶-۱۴۰۰)، سیاست‌ها و اولویت‌های پژوهش و فناوری کشور (۱۳۹۶-۱۴۰۰) و طرح تحول همکاری‌های دانشگاه و صنعت (مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) بر انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه مبتنی بر نیازهای جامعه و صنعت در قالب طرح‌های پژوهشی تأکید دارند. براین اساس این پژوهش رویکردی را جهت ارزیابی و رتبه‌بندی طرح‌های پژوهشی فناوری محور در چهار مرحله پیشنهاد می‌دهد. در مرحله اول معیارهای کلیدی در ارزیابی طرح‌های پژوهشی شناسایی می‌شوند. در مرحله دوم ابتدا با فن دیمتل وابستگی‌های متقابل معیارها مشخص شده و سپس با فرآیند تحلیل شبکه اهمیت نسبی آن‌ها تعیین می‌شود. در مرحله سوم، رتبه‌ی پروژه‌ها مشخص می‌شود و در مرحله چهارم ضمن مقایسه نتایج و تحلیل حساسیت نسبت به معیارها تحت سیزده سناریو، با روش تخصیص خطی رتبه نهایی طرح‌های پژوهشی تعیین می‌شود. براساس چارچوب مذکور، در این مطالعه ۲۳ طرح پژوهشی فناوری محور در دانشگاه صنعتی شیراز در هفت بُعد مشتمل بر ۱۹ معیار ارزیابی و رتبه‌بندی شده است. نتایج پژوهش مبین اولویت ابعاد مالی، بازاریابی و فنی در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه می‌باشد. به کارگیری یک روش نظام‌مند در انتخاب طرح‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی کشور، امکان تعریف آن‌ها را با دقت بیشتری فراهم می‌نماید.

#### واژگان کلیدی

ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه، تصمیم‌گیری چندمعیاره، دیمتل، فرآیند تحلیل شبکه، تخصیص خطی.

۱. عضو هیئت‌علمی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز.

\*. نویسنده مسئول: eghtesadifard@sutech.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز.

## مقدمه

در بسیاری از کشورها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی نیازهای پژوهشی خود را طی رویه‌های مشخصی به مؤسسات پژوهشی اعلام می‌کنند. این پروژه‌ها - که دارای ماهیت تحقیق و توسعه هستند - بایستی طی فرآیند مشخصی مورد ارزیابی قرار گیرند و براین اساس ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه به دلیل محدودیت منابع امری ضروری می‌باشد. همچنین این پروژه‌ها نقش اساسی در تأمین مالی مؤسسات پژوهشی دارند (کاراساکال و آکر<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷) و ازاین‌رو ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها، متناسب با اهداف و امکانات مؤسسات پژوهشی اهمیت دارد. با افزایش تعداد و تنوع پروژه‌های پیشنهادی، فرآیند ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه نیز پیچیده می‌شود. از دلایل این پیچیدگی می‌توان به ۱- اهداف متعارض، ۲- معیارهای متنوع کمی و کیفی، ۳- معیارهای متناقض، ۴- عدم اطمینان در داده‌ها، ۵- محدودیت‌های مؤسسات پژوهشی و ۶- تعداد زیاد سبدهای امکان‌پذیر اشاره کرد (توانا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). با این حال، این مؤسسات ناگزیر به اولویت‌بندی و انتخاب پروژه‌هایی هستند که منجر به تحقق اهداف موسسه خواهند شد.

فرآیند ارزیابی توسط کارشناسان خبره صورت می‌گیرد و باتوجه به ماهیت پروژه‌های تحقیق و توسعه، قضاوت‌های ذهنی کارشناسان در فرایند ارزیابی و انتخاب پروژه، یک موضوع چالش‌برانگیز است. ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه یک فرایند تصمیم‌گیری پیچیده است و اغلب از اطلاعات کیفی در فرآیند انتخاب پروژه استفاده می‌شود. ازاین‌رو مؤسسات پژوهشی برای تصمیم‌گیری نیازمند یک ساختار و رویه مشخص جهت انتخاب پروژه‌ها هستند که طی آن عوامل مؤثر بر ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و وابستگی‌های بین عوامل تعیین شود (هوانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). درواقع فرایند انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه طی چندین مرحله شامل فراخوان پیشنهاد، ارائه پیشنهاد، تأیید پیشنهاد، داوری، تجمیع ارزیابی، بررسی تصمیم‌گیران و تصمیم‌نهایی انجام می‌شود (فنج<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۱) و طی این فرآیند کارشناسان باید به سه اصل (۱) ارزیابی جامع، (۲) اهمیت نسبی و قابلیت اطمینان پروژه‌ها و (۳) درنظرگرفتن ناسازگاری‌ها توجه نمایند (لیو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این، ارزیابی اطلاعات و یکپارچه‌سازی آن‌ها در فرآیند انتخاب پروژه حائز

1 . Karasakal &amp; Aker

2 . Tavana

3 . Huang

4 . Feng

5 . Liu

اهمیت است و براین اساس در این مرحله به‌منظور هماهنگی پروژه‌ها با خط‌مشی‌ها، نیاز است که یک روند ارزیابی جامع دنبال شود.

باتوجه به ماهیت پروژه‌های تحقیق و توسعه، در مسئله رتبه‌بندی و انتخاب این پروژه‌ها ممکن است یک روش رتبه‌بندی به‌تنهایی کافی نباشد زیرا ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه یک فرایند تصمیم‌گیری است که عوامل مؤثر متعددی در آن مشارکت دارند. به‌علاوه اهداف و امکانات مؤسسات پژوهشی نیز بر مسئله انتخاب پروژه تحقیق و توسعه تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین به‌دلیل ماهیت کیفی بسیاری از این عوامل و اهداف در رتبه‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه، ارزیابی کیفی و قضاوت‌های ذهنی کارشناسان (خبرگان) و اجماع نظرات آن‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۱</sup> انجام می‌شود. از این‌رو، برای درک تأثیر به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر نظرات خبرگان و در نتیجه نتایج رتبه‌بندی پروژه‌ها، حل مسئله با چندین روش به‌صورت موازی انجام می‌شود و در نهایت میزان شباهت نتایج حاصل از این روش‌ها مقایسه می‌شود. شباهت نتایج رتبه‌بندی از چندین تکنیک مختلف نشان می‌دهد که اجماع نظرات خبرگان در تکنیک‌های تصمیم‌گیری (مورد استفاده در یک مسئله تحت بررسی) به‌صورت مؤثری در نظر گرفته شده و نتایج از قابلیت اطمینان مناسبی برخوردار هستند (توانا و همکاران، ۲۰۱۷؛ اقتصادی‌فرد<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). به‌همین منظور این پژوهش مدلی را جهت ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه در یک مرکز پژوهشی ارائه می‌دهد. مدل ارائه‌شده مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره با رویکرد ترکیبی متشکل از چهار مرحله می‌باشد. در مرحله اول عوامل کلیدی در ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه شناسایی می‌شوند. باتوجه به این که میان عوامل، وابستگی‌های متقابل و نسبتاً پیچیده وجود دارد، استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه<sup>۳</sup> بدین منظور مناسب است؛ اما روش فرایند تحلیل شبکه در مسائل دارای تعداد عوامل زیاد (که وابستگی‌های بسیاری میان آن‌ها وجود دارد) نیاز به مقایسات زوجی فراوانی دارد که پیچیدگی و زمان محاسبات را افزایش می‌دهد؛ بنابراین در مرحله دوم ابتدا با روش دیمتل<sup>۴</sup> وابستگی‌های متقابل میان عوامل تعیین و سپس با روش فرایند تحلیل شبکه، اهمیت نسبی عوامل در رتبه‌بندی

1 . Multi-attribute Decision Making (MADM)

2 . Eghtesadifard

3 . Analytic Network Process (ANP)

4 . Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)

پروژه‌ها مشخص می‌شود. در مرحله سوم با استفاده از سه روش مورا<sup>۱</sup>، واسپاس<sup>۲</sup> و کوپراس<sup>۳</sup>، پروژه‌ها رتبه‌بندی و در مرحله چهارم ضمن مقایسه و بررسی سازگاری نتایج رتبه‌بندی‌ها تحت ۱۳ سناریو، رتبه نهایی پروژه‌ها با روش تخصیص خطی تعیین می‌شود. مدل پیشنهادی مقاله، می‌تواند برای ارزیابی و انتخاب مؤثرترین پروژه‌های تحقیق و توسعه در هر سازمان پژوهشی به کار گرفته شود که در این صورت بایستی پروسه حل متناسب با شرایط محیط مطالعه از مقاله اقتباس گردد.

### پیشینه پژوهش

انتخاب پروژه تحقیق و توسعه، یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده است و شامل بررسی فرصت‌ها، ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها از منظر چندین معیار کمی و کیفی است (مهانتی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). باتوجه به اهمیت انتخاب و ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه، روش‌ها و فنون متعددی در رابطه با این موضوع توسط پژوهشگران ارائه شده است. مهانتی و همکاران (۲۰۰۵) انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه را با استفاده از فرایند شبکه تحلیل فازی و ارزش خالص فعلی<sup>۵</sup> انجام داده‌اند. هوانگ و همکاران (۲۰۰۸) یک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی<sup>۶</sup> را برای انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت در تایوان ارائه کردند. چیانگ و چه<sup>۷</sup> (۲۰۱۰) انتخاب پروژه‌های توسعه محصول جدید را با مدل ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌های فازی<sup>۸</sup> انجام داده‌اند. جانگ و سئو<sup>۹</sup> (۲۰۱۰) از رویکرد فرایند شبکه تحلیل برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه بر پایه وابستگی متقابل میان اهداف تحقیق و معیارهای ارزیابی استفاده کردند. باکشی<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۱) انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه را با فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و ویکور<sup>۱۱</sup> انجام دادند. بولات<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴) یک سامانه انتخاب جامع ارائه کردند که از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعیین وزن

1 . Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)

2 . Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)

3 . Complex Proportional Assessment (COPRAS)

4 . Mohanty

5 . Net Present Value (NPV)

6 . Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

7 . Chiang & Che

8 . Fuzzy Data Envelopment Analysis (FDEA)

9 . Jung & Seo

10 . Bakshi

11 . VIKOR

12 . Bolat

و از برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی<sup>۱</sup> برای اولویت‌بندی پروژه‌ها استفاده کرده است. توانا و همکاران (۲۰۱۵) یک روش ترکیبی سه‌مرحله‌ای برای انتخاب یک ترکیب مطلوب از پروژه پیشنهاد کردند که از تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۲</sup> جهت بررسی اولیه، تاپسیس<sup>۳</sup> جهت رتبه‌بندی و برنامه‌ریزی عدد صحیح<sup>۴</sup> برای انتخاب مناسب‌ترین پروژه استفاده کرده است. بهاتاچریا<sup>۵</sup> (۲۰۱۵) از نظریه خاکستری<sup>۶</sup> و تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب سبد پروژه‌های تحقیق و توسعه استفاده کرده است. گور<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۶) انتخاب پروژه در مؤسسات عمومی را با روش فرایند تحلیل شبکه و برنامه‌ریزی آرمانی<sup>۸</sup> انجام دادند. چنگ<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در انتخاب پروژه تحقیق و توسعه، از دیمتل برای تعیین شبکه ارتباطات و از فرایند تحلیل شبکه تحت روابط ترجیحی فازی<sup>۱۰</sup> برای تعیین وزن و از کوپراس خاکستری<sup>۱۱</sup> جهت رتبه‌بندی استفاده کردند. درنهایت لیو و همکاران (۲۰۱۹) انتخاب و ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه را با روش استدلال شواهد داده‌محور<sup>۱۲</sup> انجام دادند.

منتخبی از مقالات این حوزه پژوهش در جدول ۱ نشان‌دهنده شده است. به‌علاوه معیارهای انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و روش‌های رتبه‌بندی مورد استفاده در این مقالات نیز مشخص شده است. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود از حیث تنوع، معیارهای مورد استفاده در این مقالات را می‌توان در چهار گروه دسته‌بندی نمود. گروه اول معیارهای مبتنی بر ویژگی‌های مالی و اقتصادی پروژه‌ها هستند که شامل معیارهایی مانند بازده موردانتظار، هزینه کل، در دسترس بودن منابع و ریسک مالی می‌باشد. گروه دوم معیارهای مبتنی بر بازار هستند که شامل معیارهایی مانند احتمال موفقیت بازار و قدرت رقبا می‌باشد. در گروه سوم معیارهای مبتنی بر ویژگی‌های فنی و اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه قرار دارند که معیارهایی مانند احتمال موفقیت فنی، سطح کیفیت و فناوری و فراهم‌بودن زیربنای اجرایی لازم برای اجرای پروژه را شامل می‌شود. درنهایت گروه چهارم

1 . Fuzzy Multiple Objective Linear Programming (FMOLP)

2 . Data Envelopment Analysis (DEA)

3 . TOPSIS

4 . Integer Programming (IP)

5 . Bhattacharyya

6 . Grey Theory

7 . Gür

8 . Goal Programming (GP)

9 . Cheng

10 . Consistent Fuzzy Preference Relations (CFPR)

11 . Grey CORPAS

12 . Data-driven Evidential Reasoning

معیارهای مبتنی بر ویژگی‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و مدیریتی را شامل می‌شود و معیارهایی نظیر ملاحظات زیست‌محیطی، ملاحظات اجتماعی و نگرش مدیریت به پروژه‌های تحقیق و توسعه در این گروه قرار دارند.

از میان شاخص‌های چهارگانه، معیارهای گروه مالی و اقتصادی بیشتر از سایر معیارها در مقالات استفاده شده‌اند که این مسئله ناشی از اهمیت ماهیت مالی پروژه‌ها می‌باشد. اغلب معیارهای گروه ویژگی‌های فنی و اجرایی و نیز معیار احتمال موفقیت بازار از گروه معیارهای بازار، در سطح بعدی از نظر گستردگی به کارگیری قرار دارند که این امر بر لزوم محک خوردن سازوکارهای اجرایی و نیز بررسی شانس موفقیت در بازار مبتنی بر ویژگی‌های فنی این پروژه‌ها تأکید می‌کند. در مقابل معیارهایی نظیر معیار سهم در پیشرفت علم و دانش و معیار تازگی در خروجی پروژه کمترین استفاده را در مقالات بررسی شده در جدول ۱ داشته‌اند که دلیل آن موازی بودن مفاهیم مورد بررسی در این معیارها با فلسفه وجودی تحقیق و توسعه است که ضرورت کمتری را برای بررسی این معیارها در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه ایجاد می‌کند. سایر معیارها، حداکثر در ۲۵٪ از مقالات جدول ۱ استفاده شده‌اند که نشان می‌دهد استفاده از این معیارها بستگی به موضوع یا حوزه فناوری در پروژه‌های تحقیق و توسعه در مطالعات جدول ۱ دارد.

به‌علاوه مطابق جدول ۱، در میان روش‌های مورد استفاده در پیشینه پژوهش برای حل مسائل ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه بیشترین کاربرد را داشته‌اند و به‌طور خاص در سال‌های اخیر استفاده از فرآیند تحلیل شبکه در مسائل انتخاب پروژه بیشتر شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود معیارهای زیادی در انتخاب پروژه تأثیرگذارند که این معیارها با هم در ارتباط و بعضاً در تضاد هستند؛ بنابراین استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه برای تعیین این ارتباطات مطلوب است هرچند در مسائل با تعداد معیارهای زیاد، محاسبات این روش طولانی می‌باشد.

در این پژوهش تعداد ۱۹ عامل در ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه در نظر گرفته شده که تمامی ابعاد یک پروژه را متناسب با اهداف توسعه پایدار در نظر می‌گیرد. از این رو برای تعیین ارتباطات و تعیین وزن عوامل مؤثر بر انتخاب پروژه از روش ترکیبی دیمتل - فرآیند تحلیل شبکه استفاده شده است. در این روش، نیازی به انجام مقایسات زوجی در فرآیند تحلیل شبکه نیست و در نتیجه از پیچیدگی محاسبات تا حد زیادی کاسته می‌شود. به‌علاوه در این پژوهش رتبه‌بندی پروژه‌ها

با استفاده از سه روش مورا، واسپاس و کوپراس انجام شده است و این در حالی است که ترکیب این سه روش در پیشینه پژوهش مورد استفاده قرار نگرفته است. مقایسه نتایج نیز با سیزده سناریو بررسی شده و یک رتبه‌بندی واحد با روش تخصیص خطی به‌دست آمده که مشابه آن در پژوهش‌های پیشین مشاهده نشده است.

### روش پژوهش

این مقاله بر مدل‌سازی و حل مسئله ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه با یک رویکرد ترکیبی متمرکز است.

### مراحل اصلی در مدل‌سازی و حل مسئله

این پژوهش از مدل ترکیبی و چهار مرحله‌ای استفاده می‌نماید (شکل ۱).

مرحله ۱- شناسایی معیارهای کلیدی در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه: به این منظور پیشینه پژوهش و نیز نظرات متخصصان مورد استناد قرار گرفته و برای اجماع نظرات، از روش دلفی استفاده شده است. در این مرحله ۱۹ معیار  $(C_1, C_2, \dots, C_{19})$  شناسایی شده و در ۷ بُعد  $(C_1, C_2, \dots, C_7)$  دسته‌بندی شدند (جدول ۲).

مرحله ۲- تعیین ارتباطات درونی معیارها و تعیین وزن آن‌ها: این مرحله از دو بخش تشکیل می‌گردد؛ در مرحله ۱-۲ وابستگی‌های معیارها با روش دیمتل تعیین و سپس در مرحله ۲-۲ با فرایند تحلیل شبکه، اهمیت نسبی معیارها تعیین می‌شود.

مرحله ۳- رتبه‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه: با توجه به وزن معیارها، پروژه‌ها به صورت مقایسه‌ای ارزیابی و با روش‌های واسپاس (زاوادسکاس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲) و مورا (برورس و زاوادسکاس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶) رتبه‌بندی می‌شوند.

مرحله ۴- تحلیل حساسیت و مقایسه نتایج: در این مرحله اعتبارسنجی و آزمون سازگاری نتایج انجام می‌شود. در مسائل مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره، مقایسه نتایج چند روش با یک روش میانجی<sup>۳</sup> مرسوم است (توانا و همکاران، ۲۰۱۷) و بر این اساس از روش کوپراس (زاوادسکاس و همکاران،

1 . Zavadskas

2 . Brauers & Zavadskas

3 . Mediator

۱۹۹۴) به عنوان روش میانجی استفاده شده است. همچنین همبستگی بین رتبه بندی ها بررسی می شود و به علاوه حساسیت نتایج به اوزان معیارها با ۱۳ سناریوی مختلف تحلیل می شود. در نهایت با استفاده از روش تخصیص خطی رتبه نهایی پروژه ها تعیین می شود.

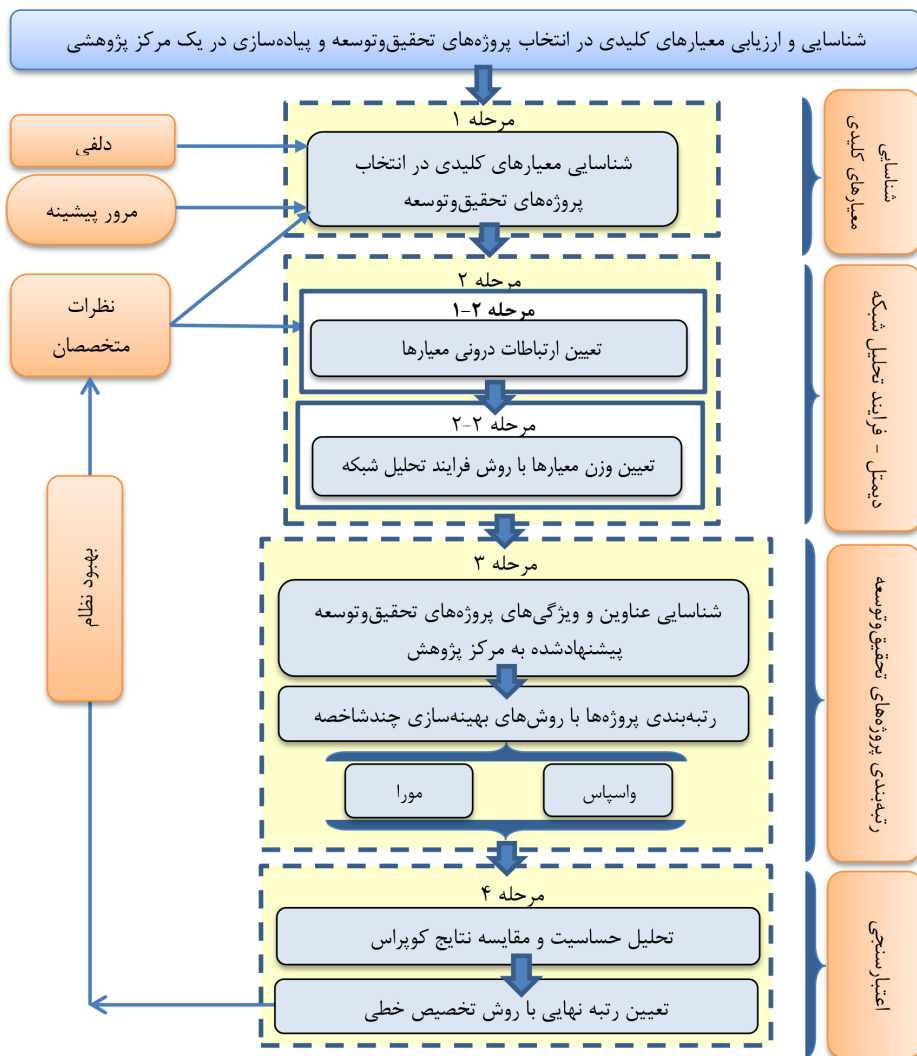
جدول ۱: مرور مقالات منتخب در حوزه پژوهش

| نویسندگان               | روش                                                  | معیارها                  |                         |                     |                          |                |           |                     |                 |                  |            |                        |                    |                      |               |                  |                                         |                              |                    |                 |                             |                          |
|-------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------------|------------------|------------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
|                         |                                                      | ویژگی های مالی و اقتصادی |                         |                     |                          |                |           | ویژگی های بازار     |                 |                  |            | ویژگی های فنی و اجرایی |                    |                      |               |                  | ویژگی های زیست محیطی، اجتماعی و مدیریتی |                              |                    |                 |                             |                          |
|                         |                                                      | هزینه کل                 | بازده مورد انتظار پروژه | در دسترس بودن منابع | میزان سرمایه گذاری پروژه | عمر مفید پروژه | ریسک مالی | احتمال موفقیت بازار | متقاضیان بالقوه | تلاش و قدرت رقبا | ریسک تجاری | احتمال موفقیت فنی      | سطح و کیفیت فناوری | تازگی در خروجی پروژه | ملاحظات ایمنی | زمان تکمیل پروژه | ریسک زمانی                              | زیربنای لازم جهت اجرای پروژه | ملاحظات زیست محیطی | ملاحظات اجتماعی | راهبرد سازمان و نگرش مدیریت | سهم در پیشرفت علم و دانش |
| مهانتی (۱۹۹۲)           | فرایند تحلیل سلسله مراتبی                            |                          |                         |                     |                          |                |           |                     |                 |                  |            |                        |                    |                      |               |                  |                                         |                              |                    |                 |                             | ✓                        |
| مهانتی و همکاران (۲۰۰۵) | فرایند شبکه تحلیل فازی و ارزش خالص فعلی              | ✓                        | ✓                       |                     |                          | ✓              | ✓         | ✓                   | ✓               | ✓                | ✓          |                        |                    |                      |               |                  |                                         |                              |                    | ✓               |                             |                          |
| هوانگ و همکاران (۲۰۰۸)  | فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی                       | ✓                        | ✓                       |                     |                          |                |           |                     |                 |                  |            | ✓                      | ✓                  | ✓                    |               |                  |                                         |                              |                    | ✓               |                             |                          |
| جانگ و سئو (۲۰۱۰)       | فرایند تحلیل شبکه                                    | ✓                        | ✓                       | ✓                   | ✓                        |                |           |                     |                 |                  |            |                        |                    |                      |               |                  |                                         |                              |                    |                 |                             |                          |
| چیانگ و چه (۲۰۱۰)       | فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده ها | ✓                        |                         | ✓                   |                          |                |           |                     |                 | ✓                |            |                        |                    |                      |               |                  |                                         |                              |                    |                 |                             |                          |
| باکشی و همکاران (۲۰۱۱)  | فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ویکور               | ✓                        |                         | ✓                   |                          |                |           |                     |                 |                  |            |                        |                    |                      |               |                  |                                         |                              |                    |                 |                             |                          |



| نویسندگان                            | روش                                                           | معیارها                  |                |                          |                     |                        |          |                     |                 |                        |            |                   |                    |                                         |                |                  |            |                              |                    |                 |                            |                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|---------------------|------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------------------|------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------|------------------|------------|------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|
|                                      |                                                               | ویژگی‌های مالی و اقتصادی |                |                          |                     | ویژگی‌های بازار        |          |                     |                 | ویژگی‌های فنی و اجرایی |            |                   |                    | ویژگی‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و مدیریتی |                |                  |            |                              |                    |                 |                            |                           |
|                                      |                                                               | ریسک مالی                | عمر مفید پروژه | میزان سرمایه‌گذاری پروژه | در دسترس بودن منابع | بازده موردانتظار پروژه | هزینه کل | احتمال موفقیت بازار | متقاضیان بالقوه | تلاش و قدرت رقبا       | ریسک تجاری | احتمال موفقیت فنی | سطح و کیفیت فناوری | تازگی در خروجی پروژه                    | ملاحظات امنیتی | زمان تکمیل پروژه | ریسک زمانی | زیربنای لازم جهت اجرای پروژه | ملاحظات زیست‌محیطی | ملاحظات اجتماعی | راهبرد سازمان و نقش مدیریت | سهام در پیشرفت علم و دانش |
| بولات و همکاران (۲۰۱۴)               | فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی | ✓                        | ✓              |                          |                     |                        | ✓        |                     |                 |                        |            | ✓                 |                    |                                         |                | ✓                |            |                              |                    | ✓               |                            |                           |
| نازکایا و یولور <sup>۱</sup> (۲۰۱۵)  | فرایند تحلیل شبکه و تحلیل رابطه خاکستری <sup>۲</sup>          | ✓                        |                | ✓                        |                     |                        | ✓        | ✓                   |                 |                        |            | ✓                 |                    |                                         | ✓              |                  |            |                              | ✓                  |                 | ✓                          |                           |
| توانا و همکاران (۲۰۱۵)               | تحلیل پوششی داده‌ها، تاپسیس و برنامه‌ریزی عدد صحیح            | ✓                        | ✓              | ✓                        |                     |                        | ✓        |                     |                 |                        |            | ✓                 | ✓                  |                                         |                | ✓                |            |                              | ✓                  |                 |                            |                           |
| بهاتاچریا (۲۰۱۵)                     | نظریه خاکستری                                                 | ✓                        | ✓              | ✓                        |                     |                        | ✓        |                     |                 |                        |            | ✓                 |                    |                                         |                |                  |            |                              |                    |                 |                            |                           |
| قربایی <sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵) | ویکور و مجموعه‌های فازی نوع ۲ <sup>۴</sup>                    | ✓                        |                |                          | ✓                   |                        |          |                     |                 |                        |            |                   |                    |                                         | ✓              |                  |            |                              | ✓                  |                 |                            |                           |
| گرادی <sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵)  | فرایند تحلیل شبکه                                             | ✓                        |                |                          |                     |                        |          |                     |                 |                        |            | ✓                 |                    |                                         |                |                  |            |                              |                    | ✓               |                            |                           |
| گور و همکاران (۲۰۱۶)                 | فرایند تحلیل شبکه و برنامه‌ریزی آرمانی                        | ✓                        |                |                          |                     |                        |          |                     |                 |                        |            |                   |                    |                                         |                |                  |            |                              | ✓                  | ✓               |                            |                           |
| کاراسکال و اکر (۲۰۱۷)                | تحلیل پوششی داده‌ها                                           | ✓                        | ✓              | ✓                        |                     |                        |          | ✓                   | ✓               |                        |            |                   | ✓                  | ✓                                       |                | ✓                |            |                              | ✓                  | ✓               | ✓                          | ✓                         |

1. Tuzkaya & Yolver
2. Grey Relational Analysis (GRA)
3. Ghorabae
4. Type-2 Fuzzy Sets
5. Grady



### روش دیمتل - فرایند تحلیل شبکه

این پژوهش روش‌های دیمتل و فرایند تحلیل شبکه را با رویکرد جدیدی به کار می‌گیرد و از آن برای آشکارسازی ارتباطات معیارها و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها استفاده می‌نماید. روش دیمتل توسط گاباس و فونتلا<sup>۱</sup> (۱۹۷۱) برای تحلیل روابط علی معیارها ابداع شده است. روش فرایند تحلیل شبکه نیز توسط

ساعتی<sup>۱</sup> (۱۹۹۶) برای تحلیل مسائل پیچیده - که معیارهای مسئله از ساختار سلسله‌مراتبی پیروی نمی‌کنند و استقلال بین عناصر تصمیم وجود ندارد - ارائه شده است. باتوجه به این که فرایند تحلیل شبکه سازوکار وابستگی و بازخورد میان معیارها را در نظر می‌گیرد، می‌تواند به صورت تجمیع شده با دیمتل به کار رود؛ به این صورت که فرایند تحلیل شبکه روابط علی حاصل از دیمتل را برای تعیین وزن معیارها استفاده می‌نماید. گام‌های متدولوژی مرکب دیمتل - فرایند تحلیل شبکه به صورت زیر است:

گام ۱ (ماتریس تأثیر مستقیم): براساس نظرات  $s$  متخصص ( $s=1,2,\dots,S$ ) سطح تأثیر مستقیم بین دو معیار با مقایسه زوجی آن‌ها تعیین می‌شود. در این مقایسات تفاوت بین علت و اثر با طیفی از امتیازات ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ تعیین می‌شود که به ترتیب بازتاب‌دهنده عبارات بدون تأثیر، تأثیر کم، تأثیر متوسط، تأثیر زیاد و تأثیر بسیار زیاد است. بنابراین برای هر متخصص یک ماتریس غیرمنفی به صورت متناظر ماتریس‌های  $A^s = [a_{ij}^s]_{n \times n}$  ساخته می‌شود و سپس ماتریس تأثیر مستقیم  $A = [a_{ij}]_{n \times n}$  با میانگین‌گیری از درایه‌های متناظر ماتریس‌های  $A^s$  به دست می‌آید. در ماتریس  $A$ ، درایه  $a_{ij}$  درجه تأثیر معیار  $i$  بر معیار  $j$  را نشان می‌دهد ( $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ ).

گام ۲ (ماتریس تأثیر مستقیم نرمال  $B = [b_{ij}]_{n \times n}$ ): این ماتریس از حاصل ضرب ماتریس  $A$  در مقدار  $K$  مطابق رابطه (۱) به دست می‌آید (درایه‌های ماتریس  $B$  بین صفر و یک قرار دارند).

$$B = k.A \quad ; \quad k = \min \left[ \frac{1}{\max_i (\sum_{j=1}^n |a_{ij}|)} , \frac{1}{\max_j (\sum_{i=1}^n |a_{ij}|)} \right] \quad (1)$$

گام ۳ (ماتریس تأثیر جامع): این ماتریس مطابق با رابطه (۲. الف) محاسبه می‌شود که در آن  $I$  یک ماتریس یکه  $n \times n$  است. در این گام دو ماتریس تأثیر جامع به دست می‌آید؛ اولی ماتریس تأثیر جامع  $T^c = [t_{ij}^c]_{n \times n}$  معیارها و دومی ماتریس تأثیر جامع  $T^D = [t_{ij}^D]_{n \times n}$  ابعاد یعنی ( $D_1, D_2, \dots, D_m$ ) (رابطه ۲. ب). درایه‌های ماتریس  $T^D$  میانگین درایه‌های  $t_{ij}^c$  مربوط به هر بعد در ماتریس  $T^c$  است.

$$T^c = [t_{ij}^c]_{n \times n} = B(I - B)^{-1} \quad (2. الف)$$

(۲. ب)

$$T^c = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & \dots & D_j & \dots & D_m \\ c_{11} & \dots & c_{jn_j} & \dots & c_{m1} & \dots & c_{mn_m} \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ \vdots \\ D_i \\ \vdots \\ D_m \end{matrix} & \begin{matrix} c_{11} \\ \vdots \\ c_{j1} \\ \vdots \\ c_{m1} \end{matrix} & \begin{bmatrix} T_{11}^c & \dots & T_{1j}^c & \dots & T_{1m}^c \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{i1}^c & \dots & T_{ij}^c & \dots & T_{im}^c \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{m1}^c & \dots & T_{mj}^c & \dots & T_{mm}^c \end{bmatrix} \end{matrix} \quad T^D = \begin{bmatrix} t_{11}^D & \dots & t_{1j}^D & \dots & t_{1m}^D \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^D & \dots & t_{ij}^D & \dots & t_{im}^D \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m1}^D & \dots & t_{mj}^D & \dots & t_{mm}^D \end{bmatrix}$$

گام ۴ (محاسبه مجموع سطرها (r) و ستون‌های (c) ماتریس  $T^D$  و  $T^c$ ): بردارهای r و c برای هر یک از ماتریس‌های  $T^D$  و  $T^c$  به ترتیب با رابطه‌های (۳) و (۴) محاسبه می‌شوند.  $r_i$  تأثیر کل (مستقیم و غیرمستقیم) معیار i را روی دیگر معیارها نشان می‌دهد و به همین ترتیب  $c_j$  تأثیرپذیری کل معیار j از دیگر معیارها را نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned} (3) \quad r &= [r_i]_{n \times 1} = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij}^c \right]_{n \times 1}, \quad c = [c_j]_{1 \times n} = \left[ \sum_{i=1}^n t_{ij}^c \right]_{1 \times n} && \text{برای شاخص‌ها} \\ (4) \quad r &= [r_i]_{n \times 1} = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij}^D \right]_{n \times 1}, \quad c = [c_j]_{1 \times n} = \left[ \sum_{i=1}^n t_{ij}^D \right]_{1 \times n} && \text{برای ابعاد} \end{aligned}$$

گام ۵ (ترسیم شبکه روابط معیارها): این شبکه، روابط علی بین معیارها را با ترسیم نقاط با مختصات  $(r_i + c_i, r_i - c_i)$  به‌ازای هر معیار i نشان می‌دهد. در این شبکه، شاخص  $(r_i + c_i)$  میزان اهمیت معیار i و شاخص  $(r_i - c_i)$  نشان‌دهنده تأثیرگذاری و یا تأثیرپذیری معیار i می‌باشد. همچنین در این گام، مقادیر آستانه  $\delta$  از متوسط درایه‌های مرتبط از ماتریس‌های  $T^D$  و  $T^c$  محاسبه می‌شود.

کارکرد فرایند تحلیل شبکه، ایجاد سوپرماتریس برای تعیین وزن معیارها است؛ اما از آنجایی که اخذ نظرات متخصصان در قالب ماتریس‌های مقایسه زوجی دشوار است، در اینجا به‌جای آن‌ها، از ماتریس‌های  $T^D$  و  $T^c$  و نیز شبکه روابط معیارها (حاصل از دیمتل) استفاده می‌شود. گام‌های زیر ادامه روش ترکیبی را ارائه می‌نماید.

گام ۶ (محاسبه ماتریس تأثیر جامع نرمال ابعاد  $(T_D^\alpha)$ ): ماتریس  $T_D^\alpha = [t_D^{\alpha ij}]$  با نرمال‌سازی

ماتریس  $T^D$  به دست می‌آید (رابطه ۵ و ۶). مجموع عناصر هر سطر از ماتریس  $T_D^\alpha$  برابر با یک است یعنی  $\sum_{j=1}^m t_D^{\alpha ij} = 1$ .

(۵)

$$T^D = \begin{bmatrix} t_D^{11} & \dots & t_D^{1j} & \dots & t_D^{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1} & \dots & t_D^{ij} & \dots & t_D^{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{m1} & \dots & t_D^{mj} & \dots & t_D^{mm} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} d_1 = \sum_{j=1}^m t_D^{1j} \\ \vdots \\ d_i = \sum_{j=1}^m t_D^{ij} \\ \vdots \\ d_m = \sum_{j=1}^m t_D^{mj} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

(۶)

$$T_D^\alpha = \begin{bmatrix} t_D^{11}/d_1 & \dots & t_D^{1j}/d_1 & \dots & t_D^{1m}/d_1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1}/d_i & \dots & t_D^{ij}/d_i & \dots & t_D^{im}/d_i \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{m1}/d_m & \dots & t_D^{mj}/d_m & \dots & t_D^{mm}/d_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \dots & t_D^{\alpha 1j} & \dots & t_D^{\alpha 1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \dots & t_D^{\alpha ij} & \dots & t_D^{\alpha im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha m1} & \dots & t_D^{\alpha mj} & \dots & t_D^{\alpha mm} \end{bmatrix}$$

گام ۷ (محاسبه ماتریس تأثیر جامع نرمال معیارها  $(T_c^a)$ ): ماتریس  $T_c^a = [t_c^{aij}]$  با نرمال‌سازی ماتریس  $T^C$  به دست می‌آید. به این ترتیب که حاصل جمع عناصر هر سطر مربوط به معیارهای هر بعد در ماتریس  $T^C$  محاسبه شده و هر عنصر بر مجموع عناصر سطر مربوط به خود تقسیم می‌شود.

گام ۸ (محاسبه سوپرماتریس ناموزون  $(W_c^*)$ ): سوپرماتریس ناموزون، ترانهاده ماتریس تأثیر جامع نرمال  $(T_c^a)$  است که بر اساس وابستگی درونی میان معیارها و خوشه‌های آن‌ها شکل گرفته است (ساعتی، ۱۹۹۶).

گام ۹ (محاسبه سوپرماتریس موزون  $(W_c)$ ): سوپرماتریس موزون از ضرب ترانهاده ماتریس  $(T_D^a)$  در سوپرماتریس ناموزون  $(W_c^*)$  به دست می‌آید (رابطه ۷).

(۷)

$$W_C = (T_D^\alpha)' \times W_C^* = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha_{11}} \times W_{11}^C & \dots & t_D^{\alpha_{i1}} \times W_{i1}^C & \dots & t_D^{\alpha_{m1}} \times W_{m1}^C \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha_{1j}} \times W_{1j}^C & \dots & t_D^{\alpha_{ij}} \times W_{ij}^C & \dots & t_D^{\alpha_{mj}} \times W_{mj}^C \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha_{1m}} \times W_{1m}^C & \dots & t_D^{\alpha_{im}} \times W_{im}^C & \dots & t_D^{\alpha_{mm}} \times W_{mm}^C \end{bmatrix}$$

گام ۱۰ (محاسبه سوپرماتریس حدی و بردار وزن نهایی): سوپرماتریس موزون به توان (به اندازه کافی بزرگ) می‌رسد، تا عناصر آن همگرا شود و بردار وزن نهایی یعنی  $W = (w_1, \dots, w_j, \dots, w_n)$  به دست آید (چیو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

### روش تخصیص خطی

در روش تخصیص خطی یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره در قالب مسئله برنامه‌ریزی خطی مدل‌سازی و حل می‌شود. در این روش پس از تعیین رتبه هر گزینه به‌ازای هریک از روش‌ها، یک ماتریس مرجع  $\gamma_{m \times m}$  تشکیل می‌شود که هر درایه آن بیانگر تعداد دفعاتی است که گزینه‌ی  $P_i$  در رتبه  $k$  ام رتبه‌بندی شده است. سپس ماتریس مربعی  $H_{m \times m}$  به‌گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که  $P_i$  به رتبه نهایی  $k$  ام واگذار شود چنانچه  $h_{ik} = 1$  باشد و درغیراین صورت  $h_{ik} = 0$  گردد. درنهایت رتبه نهایی  $P_i$  با مدل برنامه‌ریزی خطی زیر تعیین می‌شود.

$$\begin{aligned} \max: & \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \gamma_{ik} \cdot h_{ik} \\ s.t: & \sum_{k=1}^m h_{ik} = 1 \quad ; i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{i=1}^m h_{ik} = 1 \quad ; k = 1, 2, \dots, m \\ & h_{ik} = 0 \text{ یا } 1 \end{aligned} \quad (11)$$

## یافته‌های پژوهش

در این بخش، ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه در دانشگاه صنعتی شیراز انجام شده که نتایج عددی پژوهش ارائه شده است.

## فرآیند دیمتل - فرایند تحلیل شبکه

در این مرحله ابتدا با مراجعه به متخصصان، ماتریس‌های مقایسه‌ای ( $A^s$ ) با طیف امتیازات ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ تهیه شد و براساس آن، ماتریس تأثیر مستقیم نرمال ( $B=[b_{ij}]_{19 \times 19}$ ) به‌دست آمد. سپس ماتریس تأثیر جامع معیارها ( $T^c=[t^c_{ij}]_{19 \times 19}$ ) و ماتریس تأثیر جامع ابعاد ( $T^D=[t^D_{ij}]_{7 \times 7}$ ) محاسبه شد (جدول ۳ و ۴). جدول ۵ اولویت‌بندی ابعاد مسئله را براساس مقادیر  $(r_i + c_i)$  و  $(r_i - c_i)$  نشان می‌دهد. در شکل ۲-الف نیز شبکه روابط ابعاد ترسیم شده است که ملاحظه می‌شود بُعد محیطی ( $D_1$ ) بیشترین مقدار  $(r - c)$  یعنی  $0/315$  و بُعد مالی ( $D_7$ ) بیشترین مقدار  $(r + c)$  یعنی  $1/803$  را به خود اختصاص داده است. همچنین بُعد محیطی ( $D_7$ ) کمترین مقدار  $(r + c)$  یعنی  $1/145$  و بُعد بازاریابی ( $D_6$ ) کمترین مقدار  $(r - c)$  یعنی  $0/306$  را داشته‌اند. ارزش آستانه‌ای برای ابعاد (میانگین درایه‌های ماتریس  $T^D$ ) نیز برابر با مقدار  $0/109$  است. بنابراین میان «بُعد فنی و بُعد مالی»، میان «بُعد مالی و بُعد بازاریابی»، «بُعد مالی و بُعد سهم در پیشرفت علم و دانش» و همچنین «بُعد بازاریابی و بُعد سهم در پیشرفت علم و دانش» ارتباط دوسویه مشاهده می‌شود.

اولویت‌بندی معیارها براساس شاخص‌های  $(r_i + c_i)$  و  $(r_i - c_i)$  در جدول ۶ آمده است. براین‌اساس، از میان ده معیار دارای بیش‌ترین مقدار  $(r + c)$ ، معیارهای  $C_6$ ،  $C_7$  و  $C_{14}$  در زمره عوامل اثرگذار قطعی و معیارهای  $C_8$ ،  $C_9$ ،  $C_{13}$ ،  $C_{12}$  و  $C_{15}$  در زمره عوامل تأثیرپذیر قطعی قرار می‌گیرند. همچنین معیارهای  $C_7$ ،  $C_{11}$ ،  $C_{17}$ ،  $C_6$  و  $C_4$  به‌ترتیب دارای بیش‌ترین مقدار اثرگذاری ( $r > c$ ) و معیارهای  $C_1$ ،  $C_{16}$ ،  $C_{10}$ ،  $C_8$  و  $C_6$  به‌ترتیب دارای بیش‌ترین مقدار تأثیرپذیری ( $r < c$ ) هستند. شکل ۲-ب شبکه روابط معیارهای بعد فنی ( $D_1$ ) را نشان می‌دهد؛ براین‌اساس معیار  $C_7$  بیش‌ترین مقدار  $(r - c)$  برابر با مقدار  $0/152$  و بیش‌ترین مقدار  $(r + c)$  برابر با مقدار  $0/833$  را به خود اختصاص داده است. همچنین معیار  $C_1$  کمترین مقدار  $(r - c)$  برابر با مقدار  $0/146$  و کمترین مقدار  $(r + c)$  برابر با مقدار  $0/678$  را داشته است. ارزش آستانه‌ای معیارهای بُعد فنی برابر با مقدار  $0/122$  است و در نتیجه دو معیار  $C_7$  بر معیار  $C_1$  تأثیر دارند. علاوه‌براین بین  $C_7$  و  $C_6$  ارتباط دوسویه مشاهده می‌شود.



به‌همین ترتیب شبکه‌های روابط معیارهای سایر ابعاد نیز تفسیر می‌شود (شبکه‌های روابط معیارهای بقیه‌ی ابعاد در شکل ۲ ترسیم شده است).

در این مرحله ماتریس  $T^D$  مطابق رابطه ۵ و ۶ نرمال‌سازی شده و ماتریس  $T_D^a$  به‌دست آمد. سپس ترانهاده این ماتریس  $(T_D^a)'$  محاسبه شد. همچنین ماتریس  $T^c$  نرمال‌سازی شده و ماتریس  $T_c^a$  به دست آمد. ترانهاده این ماتریس، سوپرماتریس ناموزون  $(W^*)$  است که طبق رابطه ۷ محاسبه شد. درنهایت سوپرماتریس حد در توان هشتم همگرا شد و براین اساس بردار وزن نهایی مشخص شد (جدول ۷).

جدول ۲: معیارهای کلیدی در انتخاب و رتبه‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه در یک مرکز تحقیقاتی

| ابعاد                  | معیارها  | شرح                                                                                                      |
|------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| فنی<br>( $C_1$ )       | $C_1$    | احتمال موفقیت فنی                                                                                        |
|                        | $C_2$    | سطح فناوری                                                                                               |
|                        | $C_3$    | تازگی در خروجی پروژه                                                                                     |
| بازاریابی<br>( $C_4$ ) | $C_4$    | متقاضیان بالقوه                                                                                          |
|                        | $C_5$    | احتمال موفقیت بازار                                                                                      |
| مالی<br>( $C_6$ )      | $C_6$    | میزان سرمایه‌گذاری پروژه                                                                                 |
|                        | $C_7$    | کل هزینه عملیاتی پروژه                                                                                   |
|                        | $C_8$    | بازده موردانتظار پروژه                                                                                   |
| محیطی<br>( $C_9$ )     | $C_9$    | فقدان اثرات منفی زیست‌محیطی                                                                              |
|                        | $C_{10}$ | رعایت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای                                                                             |
|                        | $C_{11}$ | نوسانات اقتصادی                                                                                          |
|                        | $C_{12}$ | هماهنگی با راهبردها و سیاست‌های کلان دولت                                                                |
|                        |          | عدم‌تخریب و وقوع فاجعه زیست‌محیطی ناشی از اجرای پروژه                                                    |
|                        |          | عاری‌بودن اجرای پروژه از عوامل زیان‌آور در محیط کار و عدم مغایرت با مراقبت‌های بهداشتی و بهسازی محیط کار |
|                        |          | میزان حساسیت و تأثیرپذیری پروژه از نوسانات مالی و پولی در اقتصاد کلان                                    |
|                        |          | میزان انطباق اهداف پروژه با سیاست‌های کلان دولت                                                          |

| شرح                                                                                                      | معیارها                                               | ابعاد    | معیارهای انتخاب پروژه تحقیق و توسعه   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------|
| میزان همسوبودن دستاوردهای پروژه با راهبردها و اهداف سازمان                                               | راهبرد سازمان                                         | $C_{13}$ |                                       |
| میزان سهولت دسترسی به منابع برای انجام پروژه (شامل نیروی انسانی، تجهیزات، ماشین آلات، منابع مالی و غیره) | در دسترس بودن منابع                                   | $C_{14}$ |                                       |
| میزان انطباق اهداف و دستاوردهای پروژه با راهبردهای علمی، تحقیقاتی و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  | میزان تطابق با راهبردهای وزارت علوم، تحقیقات و فناوری | $C_{15}$ |                                       |
| برآورد مدت زمان انجام پروژه                                                                              | زمان تکمیل پروژه (افق زمانی)                          | $C_{16}$ | ویژگی‌های پروژه<br>( $C_6$ )          |
| میزان تناسب زیرساخت‌های فنی موجود با نیازمندی‌های اجرای پروژه                                            | زیربنای لازم جهت اجرای پروژه                          | $C_{17}$ |                                       |
| فرصت‌های شغلی و تحصیلی پیش‌رو با اجرای پروژه برای دانشجویان / اساتید                                     | فرصت‌های شغلی و تحصیلی                                | $C_{18}$ | سهم در پیشرفت علم و دانش<br>( $C_7$ ) |
| میزان تأثیر پروژه در گسترش همکاری میان دانشگاه و صنعت (حجم قراردادهای منعقد بین دانشگاه و صنعت)          | همکاری دانشگاه با صنعت                                | $C_{19}$ |                                       |

جدول ۳: ماتریس تأثیر جامع ابعاد  $T^D$ 

| $(r-C)$ | $(r+C)$ | $r$   | $D_v$ | $D_f$ | $D_d$ | $D_{ef}$ | $D_r$ | $D_{r_2}$ | $D_1$ |       |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-----------|-------|-------|
| ۰/۰۴۳   | ۱/۷۳۳   | ۰/۸۸۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۰۷ | ۰/۰۶۷    | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۵     | ۰/۱۲۲ | $D_1$ |
| -۰/۳۰۶  | ۱/۵۹۴   | ۰/۶۴۴ | ۰/۱۱۷ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۴۹    | ۰/۱۱۶ | ۰/۱۱۲     | ۰/۰۹۶ | $D_r$ |
| -۰/۱۳۵  | ۱/۸۰۳   | ۰/۸۳۴ | ۰/۱۲۸ | ۰/۱۰۱ | ۰/۱۰۸ | ۰/۰۶۴    | ۰/۱۴۳ | ۰/۱۴۵     | ۰/۱۴۵ | $D_r$ |
| ۰/۳۱۵   | ۱/۱۴۵   | ۰/۷۳۰ | ۰/۱۰۶ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۹۷ | ۰/۰۵۴    | ۰/۱۳۸ | ۰/۱۳۵     | ۰/۱۱۲ | $D_f$ |
| ۰/۱۱۲   | ۱/۴۸۴   | ۰/۷۹۸ | ۰/۱۲۳ | ۰/۱۰۰ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۶۷    | ۰/۱۴۵ | ۰/۱۳۷     | ۰/۱۳۲ | $D_d$ |
| ۰/۱۵۰   | ۱/۳۹۰   | ۰/۷۷۰ | ۰/۱۱۳ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۵۶    | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۳۶     | ۰/۱۳۵ | $D_f$ |
| -۰/۱۸۰  | ۱/۵۱۰   | ۰/۶۶۵ | ۰/۱۰۰ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۵۸    | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۲۱     | ۰/۱۰۳ | $D_v$ |
|         |         |       | ۰/۸۴۵ | ۰/۶۲۰ | ۰/۶۸۶ | ۰/۴۱۵    | ۰/۹۶۹ | ۰/۹۵۰     | ۰/۸۴۵ |       |



جدول ۶: اولویت بندی ابعاد براساس مقادیر  $(r+c)$  و  $(r-c)$ 

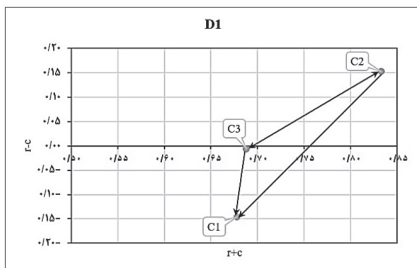
| رتبه | ابعاد    | $(r_i+c_j)$ |                        |                        |           | $(r_i-c_j)$ | ابعاد    | رتبه |
|------|----------|-------------|------------------------|------------------------|-----------|-------------|----------|------|
| ۱    | $C_6$    | ۰/۹۱۴       | ترتیب کاهشی<br>$(r+c)$ | ترتیب کاهشی<br>$(r-c)$ | $(r > c)$ | ۰/۱۵۲       | $C_7$    | ۱    |
| ۲    | $C_8$    | ۰/۸۶۴       |                        |                        |           | ۰/۱۱۴       | $C_{11}$ | ۲    |
| ۳    | $C_7$    | ۰/۸۳۳       |                        |                        |           | ۰/۱۰۴       | $C_{17}$ | ۳    |
| ۴    | $C_9$    | ۰/۷۹۹       |                        |                        |           | ۰/۰۷۷       | $C_9$    | ۴    |
| ۵    | $C_7$    | ۰/۶۸۸       |                        |                        |           | ۰/۰۴۶       | $C_4$    | ۵    |
| ۶    | $C_1$    | ۰/۶۷۸       |                        |                        |           | ۰/۰۲۵       | $C_{14}$ | ۶    |
| ۷    | $C_{13}$ | ۰/۶۲۵       |                        |                        |           | ۰/۰۲۲       | $C_{19}$ | ۷    |
| ۸    | $C_{12}$ | ۰/۵۶۰       |                        |                        | $(r < c)$ | -۰/۰۰۵      | $C_{15}$ | ۸    |
| ۹    | $C_{14}$ | ۰/۵۳۹       |                        |                        |           | -۰/۰۰۶      | $C_3$    | ۹    |
| ۱۰   | $C_{15}$ | ۰/۵۱۲       |                        |                        |           | -۰/۰۱۷      | $C_{12}$ | ۱۰   |
| ۱۱   | $C_5$    | ۰/۴۷۴       |                        |                        |           | -۰/۰۲۰      | $C_{13}$ | ۱۱   |
| ۱۲   | $C_{19}$ | ۰/۴۳۷       |                        |                        |           | -۰/۰۲۲      | $C_{18}$ | ۱۲   |
| ۱۳   | $C_{11}$ | ۰/۴۳۲       |                        |                        |           | -۰/۰۳۴      | $C_9$    | ۱۳   |
| ۱۴   | $C_4$    | ۰/۴۱۸       |                        |                        |           | -۰/۰۳۵      | $C_6$    | ۱۴   |
| ۱۵   | $C_9$    | ۰/۳۹۷       |                        |                        |           | -۰/۰۴۲      | $C_8$    | ۱۵   |
| ۱۶   | $C_{18}$ | ۰/۳۶۴       |                        |                        |           | -۰/۰۴۶      | $C_5$    | ۱۶   |
| ۱۷   | $C_{10}$ | ۰/۳۴۸       |                        |                        |           | -۰/۰۶۳      | $C_{10}$ | ۱۷   |
| ۱۸   | $C_{16}$ | ۰/۳۴۱       |                        |                        |           | -۰/۱۰۴      | $C_{16}$ | ۱۸   |
| ۱۹   | $C_{17}$ | ۰/۳۱۸       |                        |                        |           | -۰/۱۴۶      | $C_1$    | ۱۹   |

جدول ۷: وزن‌های نهایی معیارها

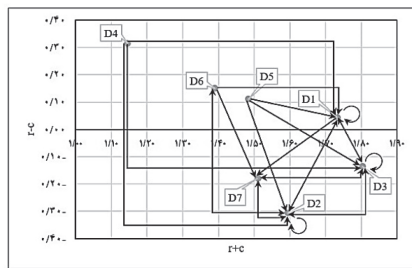
| معیارها           | $C_1$    | $C_2$    | $C_3$    | $C_4$    | $C_5$    | $C_6$    | $C_7$    | $C_8$    | $C_9$    | $C_{10}$ |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| وزن‌های نرمال‌شده | ۰/۰۵۷    | ۰/۰۵۲    | ۰/۰۴۹    | ۰/۰۷۷    | ۰/۱۰۱    | ۰/۰۶۶    | ۰/۰۵۲    | ۰/۰۶۳    | ۰/۰۱۶    | ۰/۰۱۸    |
| ترتیب رتبه        | ۸        | ۹        | ۱۱       | ۳        | ۱        | ۶        | ۱۰       | ۷        | ۱۹       | ۱۸       |
| معیارها           | $C_{11}$ | $C_{12}$ | $C_{13}$ | $C_{14}$ | $C_{15}$ | $C_{16}$ | $C_{17}$ | $C_{18}$ | $C_{19}$ |          |
| وزن‌های نرمال‌شده | ۰/۰۱۸    | ۰/۰۲۶    | ۰/۰۴۸    | ۰/۰۴۱    | ۰/۰۴۱    | ۰/۰۷۳    | ۰/۰۴۷    | ۰/۰۷۳    | ۰/۰۸۲    |          |
| ترتیب رتبه        | ۱۷       | ۱۶       | ۱۲       | ۱۴       | ۱۵       | ۴        | ۱۳       | ۵        | ۲        |          |

### رتبه‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه

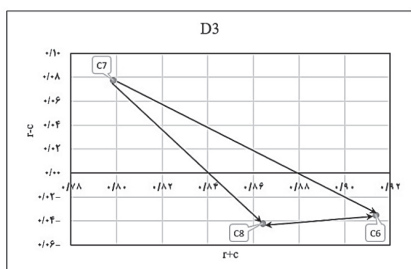
این بخش بر به‌کارگیری مدل پیشنهادی برای انتخاب سبب مناسب از ۲۳ پروژه پژوهشی ( $P_1, P_2, \dots, P_{23}$ ) در دانشگاه صنعتی شیراز متمرکز است. براین اساس، ارزیابی پروژه‌ها به‌صورت موازی با سه روش واسپاس، مورا و کوپراس و با تکیه بر نتایج حاصل از دیمتل - فرایند تحلیل شبکه انجام شد. در این ارزیابی روش کوپراس به‌عنوان روش میانجی استفاده شده است. در مقایسات زوجی مربوط به این روش‌ها، این پرسش مطرح می‌باشد که در صورت بالابودن وزن یک معیار و در نتیجه اولویت آن، کدام پروژه ترجیح بیشتری از نظر آن معیار دارد. جدول ۸ نتایج رتبه‌بندی انجام‌شده با این روش‌ها را نشان می‌دهد.



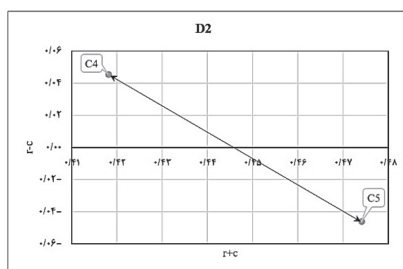
ب. شبکه روابط معیارهای بُعد فنی



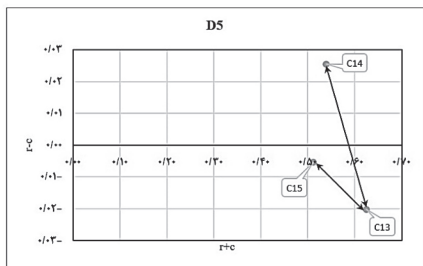
الف. شبکه روابط مربوط به ابعاد



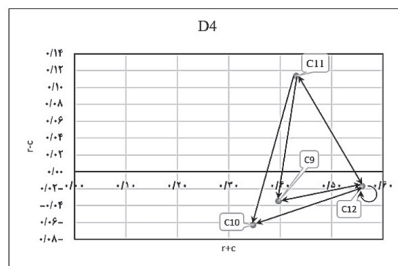
ت. شبکه روابط معیارهای بُعد مالی



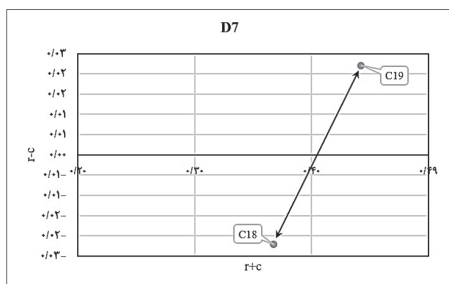
پ. شبکه روابط معیارهای بُعد بازاریابی



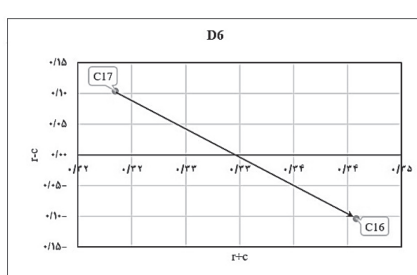
ج. شبکه روابط معیارهای بُعد سازمانی



ث. شبکه روابط معیارهای بُعد محیطی



ح. شبکه روابط معیارهای بُعد سهم در پیشرفت علم و دانش



چ. شبکه روابط معیارهای بُعد ویژگی پروژه

شکل ۲: شبکه روابط معیارها در هریک از ابعاد

جدول ۸: رتبه‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه با روش‌های مورا، کوپراس و واسپاس

| کوپراس |                |                |                             |                             | واسپاس |                |       |       | مورا |                |                             | رتبه                        | P <sub>i</sub>  |
|--------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|----------------|-------|-------|------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| رتبه   | P <sub>i</sub> | Q <sub>i</sub> | S <sub>i</sub> <sup>-</sup> | S <sub>i</sub> <sup>+</sup> | رتبه   | Q <sub>i</sub> | WPM   | WSM   | رتبه | S <sub>i</sub> | S <sub>i</sub> <sup>-</sup> | S <sub>i</sub> <sup>+</sup> |                 |
| ۱      | ۱۰۰            | ۰/۰۵۱          | ۰/۰۱۳                       | ۰/۰۴۶                       | ۲      | ۰/۷۳۴          | ۰/۷۰۸ | ۰/۷۶۱ | ۲    | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۰۲                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۱</sub>  |
| ۱۰     | ۸۲/۷۷          | ۰/۰۴۲          | ۰/۰۰۷                       | ۰/۰۳۲                       | ۸      | ۰/۶۴۲          | ۰/۶۲۶ | ۰/۶۵۸ | ۹    | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۲</sub>  |
| ۱۴     | ۸۰/۵۶          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۰۵                       | ۰/۰۲۸                       | ۱۸     | ۰/۶۰۹          | ۰/۵۷۵ | ۰/۶۴۲ | ۱۸   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۴                       | P <sub>۳</sub>  |
| ۴      | ۹۴/۸۶          | ۰/۰۴۹          | ۰/۰۱۳                       | ۰/۰۴۳                       | ۳      | ۰/۷۱۷          | ۰/۶۹۴ | ۰/۷۴۰ | ۴    | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۲                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۴</sub>  |
| ۱۲     | ۸۱/۳۲          | ۰/۰۴۲          | ۰/۰۰۸                       | ۰/۰۳۳                       | ۹      | ۰/۶۳۸          | ۰/۶۲۰ | ۰/۶۵۷ | ۱۱   | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۵</sub>  |
| ۱۳     | ۸۱/۳           | ۰/۰۴۲          | ۰/۰۰۸                       | ۰/۰۳۳                       | ۱۱     | ۰/۶۳۶          | ۰/۶۲۲ | ۰/۶۵۱ | ۱۰   | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۶</sub>  |
| ۱۱     | ۸۱/۴۳          | ۰/۰۴۲          | ۰/۰۰۷                       | ۰/۰۳۱                       | ۱۲     | ۰/۶۳۱          | ۰/۶۱۵ | ۰/۶۴۶ | ۱۲   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۷</sub>  |
| ۶      | ۹۱/۲۵          | ۰/۰۴۷          | ۰/۰۱۴                       | ۰/۰۴۲                       | ۶      | ۰/۶۷۹          | ۰/۶۵۴ | ۰/۷۰۴ | ۶    | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۳                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۸</sub>  |
| ۳      | ۹۸/۸۵          | ۰/۰۵۱          | ۰/۰۱۶                       | ۰/۰۴۶                       | ۴      | ۰/۶۹۴          | ۰/۶۵۱ | ۰/۷۳۸ | ۳    | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۰۳                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۹</sub>  |
| ۱۶     | ۷۹/۸۴          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۰۸                       | ۰/۰۳۲                       | ۱۳     | ۰/۶۲۸          | ۰/۶۰۶ | ۰/۶۴۹ | ۱۴   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۱۰</sub> |
| ۱۹     | ۷۸/۳۷          | ۰/۰۴۰          | ۰/۰۰۸                       | ۰/۰۳۱                       | ۱۷     | ۰/۶۱۴          | ۰/۵۹۴ | ۰/۶۳۳ | ۱۷   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۱۱</sub> |
| ۲۲     | ۷۶/۹۴          | ۰/۰۳۹          | ۰/۰۰۵                       | ۰/۰۲۶                       | ۲۲     | ۰/۵۸۳          | ۰/۵۴۷ | ۰/۶۱۹ | ۲۲   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۴                       | P <sub>۱۲</sub> |
| ۸      | ۸۴/۹۳          | ۰/۰۴۴          | ۰/۰۱۳                       | ۰/۰۳۸                       | ۱۴     | ۰/۶۲۸          | ۰/۶۰۲ | ۰/۶۵۳ | ۸    | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۲                       | ۰/۰۰۶                       | P <sub>۱۳</sub> |
| ۲      | ۹۹/۵۸          | ۰/۰۵۱          | ۰/۰۱۱                       | ۰/۰۴۴                       | ۱      | ۰/۷۵۲          | ۰/۷۳۴ | ۰/۷۶۹ | ۱    | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۰۲                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۱۴</sub> |
| ۲۱     | ۷۷/۶۳          | ۰/۰۴۰          | ۰/۰۰۸                       | ۰/۰۳۱                       | ۱۹     | ۰/۶۰۸          | ۰/۵۸۸ | ۰/۶۲۸ | ۱۹   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۱۵</sub> |
| ۱۷     | ۷۹/۰۸          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۰۸                       | ۰/۰۳۱                       | ۱۵     | ۰/۶۲۱          | ۰/۶۰۰ | ۰/۶۴۳ | ۱۶   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۱۶</sub> |
| ۲۳     | ۷۶/۶۳          | ۰/۰۳۹          | ۰/۰۰۵                       | ۰/۰۲۴                       | ۲۳     | ۰/۵۶۴          | ۰/۵۱۱ | ۰/۶۱۷ | ۲۳   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۴                       | P <sub>۱۷</sub> |
| ۷      | ۹۰/۸           | ۰/۰۴۷          | ۰/۰۱۵                       | ۰/۰۴۲                       | ۷      | ۰/۶۷۱          | ۰/۶۴۲ | ۰/۷۰۰ | ۷    | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۳                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۱۸</sub> |
| ۹      | ۸۴/۷۴          | ۰/۰۴۳          | ۰/۰۰۵                       | ۰/۰۲۸                       | ۱۰     | ۰/۶۳۸          | ۰/۶۰۲ | ۰/۶۷۴ | ۱۳   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۴                       | P <sub>۱۹</sub> |
| ۱۸     | ۷۹/۰۵          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۰۵                       | ۰/۰۲۷                       | ۲۱     | ۰/۶۰۰          | ۰/۵۶۴ | ۰/۶۳۶ | ۲۱   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۴                       | P <sub>۲۰</sub> |
| ۵      | ۹۳/۵۸          | ۰/۰۴۸          | ۰/۰۱۳                       | ۰/۰۴۲                       | ۵      | ۰/۶۹۲          | ۰/۶۶۸ | ۰/۷۱۶ | ۵    | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۲                       | ۰/۰۰۷                       | P <sub>۲۱</sub> |
| ۱۵     | ۷۹/۸۶          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۰۷                       | ۰/۰۳۱                       | ۱۶     | ۰/۶۲۱          | ۰/۵۹۸ | ۰/۶۴۴ | ۱۵   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۵                       | P <sub>۲۲</sub> |
| ۲۰     | ۷۷/۹۱          | ۰/۰۴۰          | ۰/۰۰۶                       | ۰/۰۲۹                       | ۲۰     | ۰/۶۰۲          | ۰/۵۷۹ | ۰/۶۲۵ | ۲۰   | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۰۱                       | ۰/۰۰۴                       | P <sub>۲۳</sub> |

پروژه‌های تحقیق و توسعه

### بحث و بررسی (تحلیل حساسیت و نتایج مقایسه)

مقایسه نتایج چند روش رتبه‌بندی، به‌منظور بررسی سازگاری جواب‌ها و نیز میزان اجماع بر روی بهترین جواب‌ها انجام می‌شود (توانا و همکاران، ۲۰۱۷). مقایسه نتایج رتبه‌بندی سه روش در این پژوهش نشان‌دهنده شباهت‌هایی بین نتایج است؛ به‌این‌صورت که رتبه به‌دست‌آمده برای پروژه‌های ۲۱، ۸، ۱۸، ۲۳، ۱۲ و ۱۷ در هر سه روش یکسان هستند. همچنین رتبه پروژه‌های ۱۴، ۱، ۷، ۱۱، ۳، ۱۵ و ۲۰ در رتبه‌بندی با روش‌های مورا و واسپاس یکسان هستند.

علاوه‌براین، نتایج رتبه‌بندی با روش‌های مورا و کوپراس مربوط به پروژه‌های ۹، ۴، ۱۳ و ۲۲ مشابه هستند. با این حال، در سه رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از سه روش، بارزترین تفاوت‌ها در رتبه‌های مربوط به پروژه‌های ۲، ۵، ۶، ۱۰، ۱۶ و ۱۹ مشهود است. ضریب همبستگی اسپیرمن<sup>۱</sup> بین امتیازهای رتبه‌بندی روش‌های مورا و واسپاس، روش‌های مورا و کوپراس و روش‌های واسپاس و کوپراس به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۷ و ۰/۹۵ می‌باشد که در سطح ۰/۱ معنادار است؛ بنابراین همبستگی بالای بین نتایج سه رتبه‌بندی، به‌دلیل شباهت نتایج آن‌ها است و در نتیجه هر کدام از سه رتبه‌بندی به‌دست‌آمده می‌تواند به‌عنوان رتبه‌بندی قابل‌اعتماد مورد استفاده قرار گیرند.

برای تحلیل حساسیت، اثرات اعمال ۱۳ سناریوی مختلف بررسی گردید (جدول ۹). به‌این‌منظور پس از اعمال تغییرات هر سناریو، مقادیر  $P_i$  با روش کوپراس محاسبه و رتبه‌بندی پروژه‌ها انجام شد (مقادیر  $P_i$  برای هر پروژه در هر سناریو، در شکل ۳ قابل‌مشاهده است). مقایسه نتایج اعمال سناریوها با نتایج اولیه، تغییرات اندکی را نشان می‌دهد. به‌علاوه محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن بین رتبه‌بندی سناریوی ۱ (سناریوی اصلی) با دیگر سناریوها این شباهت‌ها را تأیید می‌نماید. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، سناریوی دوم بیش‌ترین تغییر را ایجاد کرده است؛ به‌طوری‌که ضریب همبستگی اسپیرمن را به ۰/۷۹۲ کاهش داده است؛ اما سناریوهای ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ تغییری در رتبه‌بندی ایجاد نکرده‌اند.

به‌منظور ارائه رتبه‌بندی واحد از پروژه‌های تحقیق و توسعه، نتایج سه رتبه‌بندی با روش تخصیص خطی تلفیق و رتبه نهایی پروژه‌ها به‌صورت جدول ۱۰ محاسبه شد. براین‌اساس پروژه‌های ۱۴، ۱، ۹ به‌ترتیب دارای بالاترین اولویت و پروژه‌های ۲۰، ۱۲ و ۱۷ به‌ترتیب دارای کمترین اهمیت در نتایج رتبه‌بندی می‌باشند.

۱. ضریب همبستگی اسپیرمن بین نتایج رتبه‌بندی هر سناریو با نتایج رتبه‌بندی روش کوپراس محاسبه شده است.



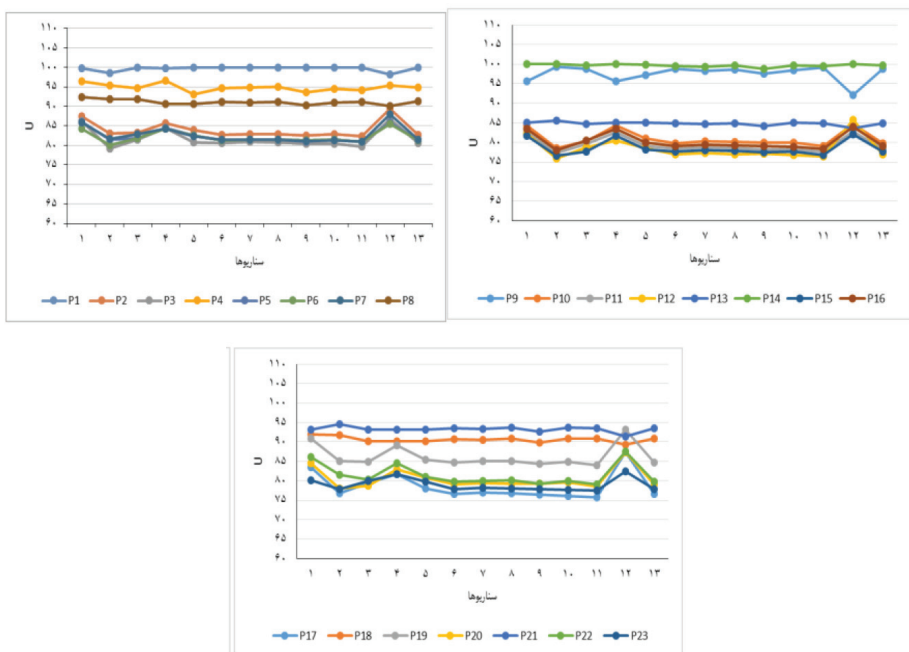
## جدول ۹: سناریوهای مختلف وزن دهی و مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن بین نتایج

## سناریوی اول با دیگر سناریوها

| سناریو | شرح سناریو                                                                     | ضریب همبستگی اسپیرمن |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ۱      | براساس وزن های به‌دست آمده از دیمتل – فرایند تحلیل شبکه (سناریوی اصلی)         | ۱                    |
| ۲      | در نظر گرفتن وزن‌های یکسان برای تمام زیرمعیارها (سناریوی وزن برابر)            | ۰/۷۹۲                |
| ۳      | جابجایی وزن معیار دارای رتبه اول با وزن معیار دارای رتبه دوم در سناریوی اصلی   | ۱                    |
| ۴      | جابجایی وزن معیار دارای رتبه اول با وزن معیار دارای رتبه سوم در سناریوی اصلی   | ۱                    |
| ۵      | جابجایی وزن معیار دارای رتبه اول با وزن معیار دارای رتبه چهارم در سناریوی اصلی | ۱                    |
| ۶      | جابجایی وزن معیار دارای رتبه دوم با وزن معیار دارای رتبه سوم در سناریوی اصلی   | ۱                    |
| ۷      | جابجایی وزن معیار دارای رتبه دوم با وزن معیار دارای رتبه چهارم در سناریوی اصلی | ۱                    |
| ۸      | جابجایی وزن معیار دارای رتبه سوم با وزن معیار دارای رتبه چهارم در سناریوی اصلی | ۱                    |
| ۹      | حذف معیار دارای رتبه اول در سناریوی اصلی                                       | ۱                    |
| ۱۰     | حذف معیار دارای رتبه دوم در سناریوی اصلی                                       | ۰/۹۵۹                |
| ۱۱     | حذف معیار دارای رتبه سوم در سناریوی اصلی                                       | ۰/۹۸۳                |
| ۱۲     | حذف معیار دارای رتبه چهارم در سناریوی اصلی                                     | ۰/۹۸۶                |
| ۱۳     | حذف معیار دارای رتبه پنجم در سناریوی اصلی                                      | ۰/۹۲۸                |

## جدول ۱۰: رتبه‌بندی نهایی پروژه‌ها

| رتبه  | ۱               | ۲               | ۳               | ۴               | ۵               | ۶              | ۷               | ۸               | ۹               | ۱۰              | ۱۱              | ۱۲             |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| پروژه | P <sub>۱۴</sub> | P <sub>۱</sub>  | P <sub>۹</sub>  | P <sub>۴</sub>  | P <sub>۲۱</sub> | P <sub>۸</sub> | P <sub>۱۸</sub> | P <sub>۱۳</sub> | P <sub>۱۹</sub> | P <sub>۲</sub>  | P <sub>۵</sub>  | P <sub>۷</sub> |
| رتبه  | ۱۳              | ۱۴              | ۱۵              | ۱۶              | ۱۷              | ۱۸             | ۱۹              | ۲۰              | ۲۱              | ۲۲              | ۲۳              |                |
| پروژه | P <sub>۶</sub>  | P <sub>۱۰</sub> | P <sub>۱۶</sub> | P <sub>۲۲</sub> | P <sub>۱۱</sub> | P <sub>۲</sub> | P <sub>۱۵</sub> | P <sub>۲۳</sub> | P <sub>۲۰</sub> | P <sub>۱۲</sub> | P <sub>۱۷</sub> |                |



شکل ۳: نمودار مقایسه مقادیر  $U_i$  برای پروژه‌های تحقیق و توسعه

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش معیارهای مؤثر در ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه در یک مرکز پژوهشی، در قالب یک مدل، متشکل از چهار مرحله شناسایی و ارزیابی شده است. در مرحله اول بااستناد به پیشینه پژوهش و مراجعه به متخصصان ذی‌ربط، ۱۹ معیار مؤثر شناسایی و در هفت بُعد دسته‌بندی شد. در مرحله دوم ارتباطات درونی معیارها و نیز شبکه ارتباطات آن‌ها با روش دیمتل تعیین و سپس با روش فرایند تحلیل شبکه اهمیت نسبی معیارها تعیین شد. در مرحله سوم، ابتدا پروژه‌های دارای ظرفیت اجرا شناسایی شدند و سپس ارزیابی پروژه‌ها باتوجه به میزان ترجیح آن‌ها از نظر معیارها، با روش‌های واسپاس و مورا صورت پذیرفت. درنهایت و در مرحله چهارم اعتبارسنجی و آزمون سازگاری رتبه‌های به‌دست‌آمده، با روش کوپراس انجام و همبستگی بین نتایج رتبه‌بندی‌ها بررسی شد. به‌علاوه تحلیل حساسیت نتایج با در نظر گرفتن ۱۳ سناریوی وزن‌دهی بررسی شد.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد بیشترین وزن در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه به ترتیب مربوط

به معیارهای بُعد مالی، بُعد بازاریابی، بُعد فنی، بُعد سهم در پیشرفت علم و دانش، بُعد سازمانی، بُعد ویژگی پروژه و در نهایت بُعد محیطی است. همچنین سه معیار احتمال موفقیت بازار ( $C_8$ )، تأثیر پروژه در ارتقای همکاری‌های دانشگاه و صنعت ( $C_{19}$ ) و پتانسیل تقاضا برای پروژه ( $C_4$ ) به ترتیب بیشترین وزن را در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه داشته‌اند. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات مشابه در این حوزه، انطباق دارد (به جدول ۱ مراجعه شود). به علاوه، انتخاب معیار تأثیر پروژه در ارتقای همکاری‌های دانشگاه و صنعت (به عنوان دومین معیار مهم در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه)، منعکس کننده سیاست‌ها و اولویت‌های پژوهش و فناوری کشور (۱۴۰۰-۱۳۹۶) و طرح تحول همکاری‌های دانشگاه و صنعت (مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) است که در این پژوهش برای راهبری طرح‌های پژوهشی دانشگاه‌ها مورداستناد بوده است.

روش انجام این پژوهش و نتایج حاصل از آن، در مقایسه با مطالعات مشابه چندین مزیت را نشان می‌دهد؛ (۱) مدل چهار مرحله‌ای انجام پژوهش برای شناسایی معیارهای مؤثر بر انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و ارزیابی آن‌ها، زمینه‌ساز حصول اطمینان کافی از انطباق نتایج پژوهش با اجماع نظرات خبرگان می‌شود. (۲) در این مطالعه برای تعیین وزن معیارها، رابطه متقابل و تأثیرگذاری دوجانبه معیارها درون یک ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته شده است. (۳) در این پژوهش تلفیق نتایج رتبه‌بندی با روش تخصیص خطی صورت گرفته است که در مطالعات مشابه در این حوزه تحقیق، قبلاً به کار گرفته نشده است. (۴) تحلیل حساسیت انجام شده در این مطالعه، معیارهایی که تغییرات آن‌ها بر روی نتایج تأثیر قابل توجهی دارند را آشکار نموده است.

مدل پیشنهادی پژوهش، می‌تواند برای ارزیابی و انتخاب مؤثرترین پروژه‌های تحقیق و توسعه در هر سازمان دیگری به کار رود. با این حال، ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه فناوری محور، نیازمند دسترسی به خبرگان دارای دانش و تجربه کافی در شناسایی و ارزیابی این پروژه‌ها و عوامل مؤثر بر آن‌ها است که این موضوع خود از محدودیت‌های پژوهش حاضر است. با توجه به عدم قطعیت موجود در محیط تصمیم‌گیری و به ویژه در رابطه با نظرات خبرگان، بیان نظرات خبرگان به صورت قطعی از دیگر محدودیت‌های این پژوهش می‌باشد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که مطالعات آتی تحت شرایط فازی و یا نظریه خاکستری انجام شوند. به علاوه پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی، از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شود و نتایج این مطالعات با پژوهش حاضر مقایسه شود.

## مراجع

- Bakshi, T., Sinharay, A., Sarkar, B., & kumar Sanyal, S. (2011, December). MCDM based project selection by F-AHP & VIKOR. In Panigrahi B.K., Suganthan P.N., Das S., Satapathy S.C. (Eds.), *Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing* (pp. 381-388). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27172-4\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27172-4_47)
- Bhattacharyya, R. (2015). A grey theory based multiple attribute approach for R&D project portfolio selection. *Fuzzy Information and Engineering*, 7(2), 211-225. <https://doi.org/10.1016/j.fiae.2015.05.006>
- Bolat, B., Çebi, F., Tekin Temur, G., & Otay, I. (2014). A fuzzy integrated approach for project selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(3), 247-260. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2013-0091>
- Brauers, W. K., & Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics*, 35, 445-469. [http://control.ibspan.waw.pl:3000/contents/export?filename=2006-2-12\\_brauers\\_et\\_al.pdf](http://control.ibspan.waw.pl:3000/contents/export?filename=2006-2-12_brauers_et_al.pdf)
- Cheng, C. H., Liou, J., & Chiu, C. Y. (2017). A consistent fuzzy preference relations based ANP model for R&D project selection. *Sustainability*, 9(8), 1352. <https://doi.org/10.3390/su9081352>
- Chiang, T. A., & Che, Z. H. (2010). A fuzzy robust evaluation model for selecting and ranking NPD projects using Bayesian belief network and weight-restricted DEA. *Expert Systems with Applications*, 37(11), 7408-7418. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.034>
- Chiu, W. Y., Tzeng, G. H., & Li, H. L. (2013). A new hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR to improve e-store business. *Knowledge-Based Systems*, 37, 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2012.06.017>
- Eghtesadifard, M., Afkhami, P., & Bazyar, A. (2020). An integrated approach to the selection of municipal solid waste landfills through GIS, K-Means and multi-criteria decision analysis. *Environmental Research*, 109348. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109348>
- Feng, B., Ma, J., & Fan, Z. P. (2011). An integrated method for collaborative R&D project selection: Supporting innovative research teams. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5532-5543. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.083>
- Gabus, A., & Fontela, E. (1972). World problems, an invitation to further thought

within the framework of DEMATEL. *Battelle Geneva Research Center*, 1–8.

- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Sadaghiani, J. S., & Zavadskas, E. K. (2015). Multi-criteria project selection using an extended VIKOR method with interval type-2 fuzzy sets. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 14(05), 993-1016. <https://doi.org/10.1142/S0219622015500212>
- Grady, C. A., He, X., & Peeta, S. (2015). Integrating social network analysis with analytic network process for international development project selection. *Expert Systems with Applications*, 42(12), 5128-5138. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.039>
- Gür, Ş., Hamurcu, M., & Eren, T. (2016). Using analytic network process and goal programming methods for project selection in the public institution. *Les Cahiers du MECAS*, 13, 36-51. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/8733>
- Huang, C. C., Chu, P. Y., & Chiang, Y. H. (2008). A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. *Omega*, 36(6), 1038-1052. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.003>
- Jung, U., & Seo, D. (2010). An ANP approach for R&D project evaluation based on interdependencies between research objectives and evaluation criteria. *Decision Support Systems*, 49(3), 335-342. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.04.005>
- Karasakal, E., & Aker, P. (2017). A multicriteria sorting approach based on data envelopment analysis for R&D project selection problem. *Omega*, 73, 79-92. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.12.006>
- Liu, F., Chen, Y. W., Yang, J. B., Xu, D. L., & Liu, W. (2019). Solving multiple-criteria R&D project selection problems with a data-driven evidential reasoning rule. *International Journal of Project Management*, 37(1), 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.10.006>
- Mohanty, R. P. (1992). Project selection by a multiple-criteria decision-making method: An example from a developing country. *International Journal of Project Management*, 10(1), 31-38. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(92\)90070-P](https://doi.org/10.1016/0263-7863(92)90070-P)
- Mohanty, R. P., Agarwal, R., Choudhury, A. K., & Tiwari, M. K. (2005). A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: A case study. *International Journal of Production Research*, 43(24), 5199-5216. <https://doi.org/10.1080/00207540500219031>
- Saaty, T. L. (1996). *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process* (Vol. 4922). RWS Publ.

- Tavana, M., Keramatpour, M., Santos-Arteaga, F. J., & Ghorbaniane, E. (2015). A fuzzy hybrid project portfolio selection method using data envelopment analysis, TOPSIS and integer programming. *Expert Systems with Applications*, 42(22), 8432-8444. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.06.057>
- Tavana, M., Yazdani, M., & Di Caprio, D. (2017). An application of an integrated ANP-QFD framework for sustainable supplier selection. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 20(3), 254-275. <https://doi.org/10.1080/13675567.2016.1219702>
- Tuzkaya, U. R., & Yolver, E. (2015). R&D project selection by integrated grey analytic network process and grey relational analysis: an implementation for home appliances company. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 8(2), 35-41. <https://doi.org/10.7603/s40690-015-0014-8>
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Sarka, V. (1994). The new method of multi-criteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131-139.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, 122(6), 3-6. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.122.6.1810>