

ارائه یک متالوژی چند معیاره مبتنی بر منطق فازی برای انتخاب پروژه تحقیق و توسعه

نویسندگان: مقصود امیری*^۱، بهزاد باقری^۲، جمشید صالحی صدقیانی^۳،

محبوبه حسینیان^۴

۱. دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی

۲. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و فرهنگ

۳. استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی

۴. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و فرهنگ

*Email: amiri@atu.ac.ir

چکیده

با توجه به فرایند جهانی شدن و شدت افزایش رقابتها در سطح بین‌المللی، تحقیق و توسعه بعنوان نمود عینی نوآوری، یکی از اثربخش‌ترین فعالیت‌های مورد توجه مدیران بنگاه‌های اقتصادی در جهت رسیدن به توسعه پایدار به شمار می‌آید. مسئله مهمی که شرکت‌های درگیر در فعالیت‌های تحقیق و توسعه با آن مواجه‌اند انتخاب پروژه تحقیق و توسعه مناسب است. هدف این مقاله، ارائه چارچوبی کارآمد برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه، مدل کردن نظرات کارشناسان و در نهایت انتخاب مناسب‌ترین پروژه، با در نظر گرفتن رویکردهای مختلف پیش‌رو است. در این مقاله، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به همراه منطق فازی و روش دلفی برای ارزیابی پروژه‌ها مورد استفاده قرار گرفته و یک مطالعه موردی به منظور تشریح متدولوژی پیشنهادی، ارائه شده است. سپس، به بحث نتایج و راه-کارهای آتی توسعه مقاله پرداخته‌ایم.

واژگان کلیدی: تکنولوژی، انتخاب پروژه تحقیق و توسعه، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، روش دلفی اصلاح شده

دانشور

رشتار

مدیریت و پیشرفت

Management and achievement

• دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۱۳

• پذیرش مقاله: ۸۹/۷/۱۰

Scientific-Research
Journal of
Shahed University
Eighteenth Year
No. 47-2
Jun.Jul.2011

دوماهنامه علمی- پژوهشی

دانشگاه شاهد

سال هجدهم - دوره جدید

شماره ۲-۴۷

تیر ۱۳۹۰

مقدمه

فرایند جهانی سازی و افزایش سطح رقابت‌ها، فناوری و ابتکارات علمی و صنعتی را به یکی از عوامل کلیدی در رقابت‌پذیری و موفقیت بنگاه‌های اقتصادی تبدیل کرده است. ابتکارات و فناوری‌های جدید عمدتاً از طریق فعالیت‌های تحقیق و توسعه در سازمان‌های دولتی و خصوصی دنبال می‌شود. قدرت رقابت‌پذیری، سودآوری چشمگیر و انحصارات عموماً طولانی‌مدت حاصل از پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز فعالیت‌های تحقیق و توسعه سبب شده است سازمان‌های متعددی به این‌گونه فعالیت‌ها وارد شوند. اما تصمیم‌گیری در مورد اجرا و یا عدم اجرای یک پروژه تحقیق و توسعه، با توجه به هزینه هنگفت درگیر در آن و پیچیدگی مربوط به هر فناوری، ضروری است. علاوه‌براین، عوامل گوناگونی در به نتیجه رسیدن و میزان موفقیت فعالیت‌های تحقیق و توسعه تاثیرگذار هستند. لذا تصمیم مهمی که شرکت‌های درگیر در فعالیت‌های تحقیق و توسعه با آن مواجه‌اند انتخاب کارآمد پروژه تحقیق و توسعه است. مسئله انتخاب کارآمد پروژه‌های تحقیق و توسعه از جذابیت خاصی میان محققین، پژوهشگران و مدیران برخوردار است چرا که انتخاب صحیح پروژه‌های تحقیق و توسعه، کاهش هزینه‌های ملموس و غیرملموس و مدت زمان ارائه نتایج و افزایش توان رقابتی و سودآوری شرکت را به دنبال دارد.

انتخاب صحیح یک پروژه تحقیق و توسعه، مستلزم بررسی دقیق مشخصات و ابعاد پروژه، نیازها و احتیاجات مشتری، الزامات بازار و رقبا، توان سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در دست، و ریسک و عدم قطعیت موجود در پروژه است. از این‌رو، شرکت‌ها برای کسب دانش و فناوری‌های جدید، باید به دقت قابلیت‌های درونی و تغییرات محیطی پیرامون خود را رصد کنند. توجه کنید که بنگاه‌های اقتصادی به دنبال آن هستند که نتایج حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه به کسب تکنولوژی‌های سودآور (در بلندمدت و یا میان‌مدت) و رونق کسب و کار منتهی شود و شرکت بتواند از پتنت‌های حاصل از آن به‌عنوان حق مالکیت معنوی خود منتفع شود. هدف این

پژوهش، ارائه چارچوبی کارآمد برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه، مدل کردن نظرات کارشناسان و در نهایت انتخاب پروژه مناسب با در نظر گرفتن کلیه فاکتورهای موثر است. لذا با در اختیار گرفتن تجارب، نظریات و دانش مدیران و کارشناسان، چارچوبی ساده، قابل فهم و کارآمد را برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه پیشنهاد داده‌ایم که از قابلیت بسیار مناسبی برای کاربرد در طیف وسیعی از بنگاه‌های اقتصادی برخوردار است.

ما در این مقاله، ابتدا مروری بر ادبیات مسئله انتخاب پروژه تحقیق و توسعه خواهیم داشت. سپس به تفصیل، معیارها و زیرمعیارهای تاثیرگذار بر فرایند انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه را ارائه داده و به ارزیابی آنها می‌پردازیم و با تعیین وزن اهمیت هر یک از این فاکتورها، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، به اولویت‌بندی پروژه‌های مختلف و انتخاب مناسب‌ترین آنها در یک مطالعه موردی خواهیم پرداخت. البته در این مقاله، از تئوری مجموعه‌های فازی نیز برای مدل کردن اطلاعات مبهم و نادقیق موجود در مقایسه معیارها و گزینه‌ها در مسئله انتخاب پروژه تحقیق و توسعه استفاده شده است. در پایان نیز به بحث نتایج این مقاله و راه‌کارهای آتی برای توسعه آن می‌پردازیم.

مرور ادبیات

در چند دهه اخیر، روش‌های بسیاری برای مسئله انتخاب پروژه تحقیق و توسعه به کار گرفته شده است. رتبه‌بندی از جمله روش‌هایی است که به دفعات در فعالیت‌های تحقیق و توسعه مورد استفاده قرار گرفته است. این روش بر تعیین تعداد محدودی گزینه و معیار و بررسی عملکرد هر گزینه نسبت به هر معیار استوار است. به عنوان نمونه، آقای سودر (۲۸) یک روش مبتنی بر رتبه‌بندی را برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه ارائه داد که معیارهایی هم‌چون انعطاف‌پذیری، سهولت استفاده، هزینه و قابلیت‌های پروژه را در نظر می‌گیرد. روش رتبه‌بندی دیگری نیز توسط نلسون (۲۳) برای شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های سیستم ساخت انعطاف‌پذیر به کار گرفته شد. در سال

همکارانش (۱۳) چارچوبی برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه بر اساس ارزش فعلی خالص ارائه داد. لازم به ذکر است که معیارهای غیرملموس بسیاری نیز در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه تاثیرگذارند که مدل‌های مالی از ارزیابی آن‌ها ناتوان هستند. مقاله‌های (۱)، (۱۷) و (۲۷) مرور جامعی بر مدل‌های رتبه‌بندی، برنامه‌ریزی ریاضی و اقتصادی مورد استفاده در انواع پروژه‌های تحقیق و توسعه داشته‌اند.

هرچند مدل‌های مختلفی برای این مسئله پیشنهاد شده است ولی انتخاب پروژه تحقیق و توسعه هم‌چنان پیچیده و مشکل‌آفرین باقی مانده است و اغلب مدل‌های ذکر شده، مقبولیت گسترده‌ای را کسب نکرده‌اند (۲۱). این پژوهش‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند که برخی از آنها عبارتند از: اول اینکه مدل‌های خطی و برنامه‌ریزی عدد صحیح معیارها و اهداف محدودی را با توجه به محدودیت‌های خاصی مانند محدودیت بودجه دنبال می‌کنند در حالی که ما در واقعیت با تنوع بالایی از پروژه‌ها، منابع و معیارها مواجه هستیم. همین امر به شدت از کارایی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی کاسته و سبب شده است که کاربردهای عملی کمتری داشته باشند (۲۰). دوم این که به عقیده مدیران تحقیق و توسعه، این مدل‌ها به سادگی قابل فهم و استفاده نیستند (۷). سوم، استفاده مناسبی از تجارب و دانش مدیران تحقیق و توسعه را به عمل نمی‌آورند و نهایتاً این که کلیه معیارهای تاثیرگذار را در تصمیم‌گیری در نظر نمی‌گیرند.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی است که در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط توماس ساعتی به منظور برنامه‌ریزی مسائل نظامی ابداع شد (۲۶). در ادبیات تصمیم‌گیری چند معیاره، تکنیک‌های مختلف فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده است. اولین فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی در سال ۱۹۸۵ توسط باکلی (۲) ارائه شد. نویسنده این مقاله با استفاده از روش میانگین هندسی، وزن‌های فازی هر ماتریس فازی را محاسبه و بر اساس وزن‌های فازی نهائی به دست آمده، گزینه‌های مختلف را اولویت-

نیز یک مدل رتبه‌بندی برای ارزیابی و اولویت‌بندی فناوری‌های اطلاعات توسط آقای کین و همکارانش (۱۸) ارائه شد. این مقاله، همبستگی موجود بین فناوری‌های اطلاعات مختلف را در فرایند رتبه‌دهی خود در نظر می‌گیرد.

علاوه بر رتبه‌بندی، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی در سال ۱۹۹۶ توسط کوفین و تیلور (۸) برای انتخاب و زمان‌بندی مجموعه‌ای از پروژه‌های تحقیق و توسعه از میان تعداد گسترده‌ای از پروژه‌های موجود ارائه شد. این مقاله، پروژه‌ها را بر اساس سودآوری مورد انتظاری آن‌ها ارزیابی کرده و روش هیوریستیکی را برای حل مدل خود پیشنهاد داده است. یک مدل مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی که در دو مرحله به ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها می‌پردازد نیز توسط آرال و همکارانش (۲۴) پیشنهاد شد. یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح نیز در سال ۲۰۰۵ برای انتخاب پروژه تحقیق و توسعه ارائه شد (۲۹). این مدل که بنا به نیاز یک شرکت و به صورت مطالعه موردی تهیه شده است علاوه بر انتخاب، زمان‌بندی پروژه‌ها را نیز انجام می‌دهد. در سال ۲۰۰۷، کارسون و همکارانش (۴) شیوه‌ای مبتنی بر تفکر آپشن را برای انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه به کار گرفت. نویسندگان این مقاله، به منظور توسعه مقاله خود، سعی در هرچه بیشتر به خدمت درآوردن انعطاف‌پذیری‌های دردست مدیران نمودند. در نتیجه، آن‌ها یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح فازی را برای مسئله خود پیشنهاد دادند. در همان سال، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح فازی دیگر توسط وانگ و هووانگ (۳۱) منتشر شد. در سال ۲۰۰۹ نیز یک مدل چند هدفه برای انتخاب پروژه‌ها پیشنهاد شد (۱۴). هدف این مدل، ماکزیمم کردن سود و مینیمم نمودن انحراف معیار منابع تخصیص یافته بین زمان‌های متوالی پروژه است.

مدل‌هایی نیز برای ارزیابی وضعیت اقتصادی پروژه‌ها و عمدتاً به منظور آنالیز هزینه-منفعت و تحلیل ریسک استفاده شده است (۲۰). این گونه مدل‌ها که از تکنیک‌های مالی و اقتصادی بهره می‌گیرند، تنها شاخص‌ها و معیارهای مالی را در نظر می‌گیرند. به عنوان نمونه، فُکس و

انتخاب شریک تجاری استراتژیک (۳)، انتخاب تامین‌کننده (۱۲)، اولویت‌بندی شرکت‌های حمل‌مواد ضایعاتی پرخطر (۱۵) و غیره به کار رفته است. ما نیز در این مقاله از این تکنیک فازی برای اولویت‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه استفاده کرده‌ایم.

معیارهای مؤثر در انتخاب پروژه تحقیق و توسعه

بهره‌مندی از یک تصمیم‌گیری صحیح در خصوص ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه مستلزم تعیین دقیق عوامل مؤثر در این فرایند است. به همین دلیل، ما از تکنیک دلفی برای مشخص نمودن معیارهای تاثیرگذار استفاده کرده‌ایم. لازم به ذکر است که هدف تکنیک دلفی جمع‌بندی و تحلیل نتایج کارشناسی افراد متخصص در مورد موضوعی مشخص است. برای کسب اطلاعات بیشتر درباره تکنیک دلفی می‌توانید به مراجع (۱۵) و (۱۶) رجوع نمایید.

بندی نمود. در سال ۲۰۰۳، میخالیف، (۲۷)، روش جدیدی را برای به دست آوردن اولویت‌ها از ماتریس مقایسات زوجی فازی با استفاده از تجزیه عناصر فازی به مقایسات فاصله‌ای آن‌ها ارائه داد. لازم به ذکر است که چندین روش فازی دیگر از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در ادبیات تصمیم‌گیری فازی مانند (۶)، (۹)، (۱۹)، (۲۵) و (۳۰) وجود دارد که به منظور جلوگیری از طولانی شدن بحث، از معرفی آن‌ها صرف نظر کرده و کسب اطلاعات بیشتر درباره آن‌ها را به خواننده واگذار می‌کنیم.

علاوه بر تکنیک‌های مورد بحث در بند قبل، چانگ (۵) یکی دیگر از تکنیک‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی را که فرایند تحلیل سلسله مراتبی توسعه یافته فازی نامیده می‌شود را در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد داد. این تکنیک به دلیل سهولت در پیاده‌سازی و قابلیت بسیار بالای آن در جهت تطبیق با مسائل دنیای واقعی توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. شایان ذکر است که فرایند تحلیل سلسله مراتبی توسعه یافته فازی در مسائل بسیاری هم‌چون

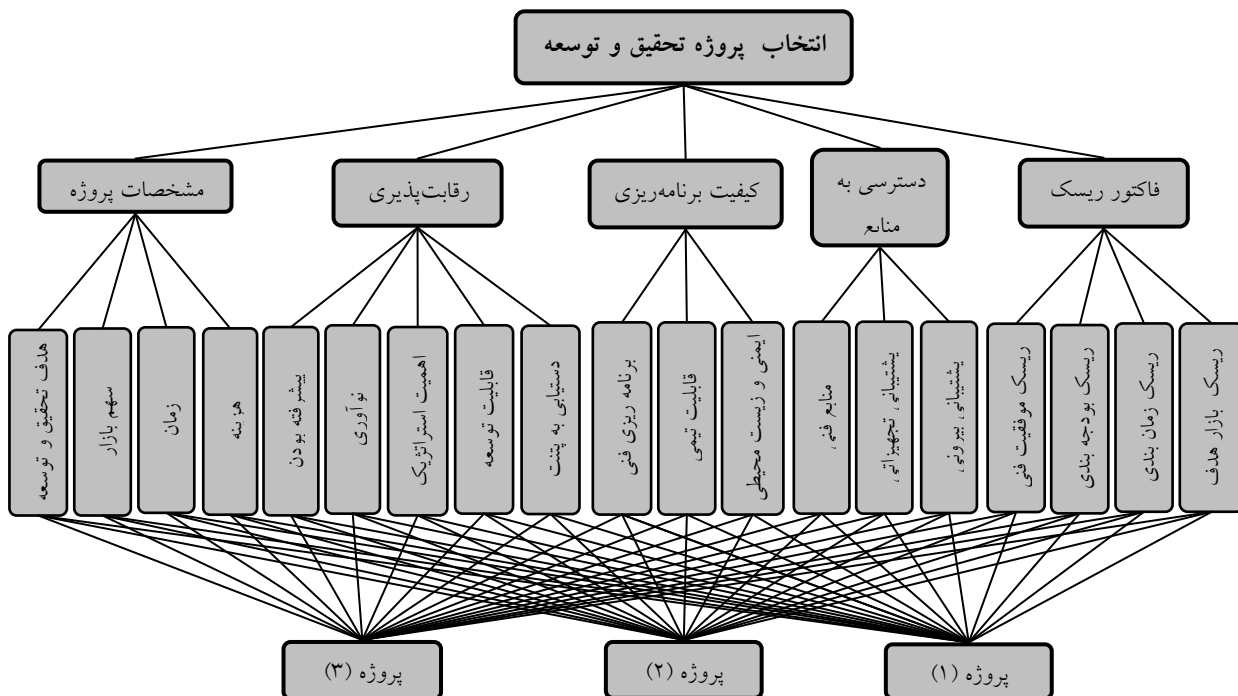
جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه

| شاخص | شرح |
|--|---|
| هدف تحقیق و توسعه (A ₁) | انجام پروژه پیشنهادی تا چه اندازه‌ای با مأموریت و استراتژی شرکت هم‌خوانی دارد؟ |
| کسب سهم بازار (A ₂) | انجام کامل پروژه سهم بازار شرکت را به چه اندازه‌ای افزایش خواهد داد؟ |
| زمان مورد انتظار (A ₃) | انجام کامل پروژه چه قدر طول خواهد کشید؟ |
| هزینه مورد انتظار (A ₄) | انجام کامل پروژه چه مقدار هزینه در بر خواهد داشت؟ |
| پیشرفته بودن تکنولوژی (A ₅) | تکنولوژی مورد نظر در مقایسه با تکنولوژی‌های موجود تا چه اندازه پیشرفته است؟ |
| نوآوری تکنولوژی (A ₆) | تکنولوژی مورد نظر تا چه اندازه نوآورانه است؟ |
| اهمیت استراتژیک (A ₇) | اهمیت استراتژیک توسعه تکنولوژی مورد نظر برای شرکت به چه میزان است؟ |
| قابلیت توسعه (A ₈) | آیا تکنولوژی مورد نظر از قابلیت توسعه بیشتر در آینده برخوردار است؟ |
| امکان دست‌یابی به پتنت (A ₉) | آیا امکان دست‌یابی به پتنت که برای حمایت از محصولات جدید استفاده می‌شود وجود دارد؟ |
| محتوای برنامه‌ریزی فنی (A ₁₀) | آیا در پروپوزال ارائه شده، مسائل فنی پروژه مانند نقاط کلیدی پروژه و گلوگاه‌های فنی آن به روشنی تشریح شده است؟ |
| قابلیت تیم تحقیقاتی (A ₁₁) | آیا قابلیت گردآوری افراد مناسب پروژه در شرکت وجود دارد؟ |
| ایمنی و زیست محیطی (A ₁₂) | آیا ملاحظات ایمنی و مسائل زیست محیطی در پروپوزال در نظر گرفته شده است؟ |
| در دسترس بودن منابع فنی (A ₁₃) | آیا قابلیت دسترسی به منابع فنی لازم برای انجام پروژه وجود دارد؟ |
| پشتیبانی تجهیزاتی (A ₁₄) | آیا از لحاظ تجهیزات و امکانات مورد نیاز، پشتیبانی لازم از پروژه به عمل آورده می‌شود؟ |
| پشتیبانی بیرونی (A ₁₅) | آیا حمایت و پشتیبانی مالی و فنی از طرف نهادها و سازمان‌های خارج از شرکت وجود دارد؟ |

| | |
|-------------------------------------|--|
| ریسک موفقیت فنی (A_{16}) | امکان موفقیت تکنولوژی مورد نظر و دستیابی به مشخصات از پیش تعیین شده تا چه حدی است؟ |
| ریسک هزینه (A_{17}) | ریسک مربوط به نوسان هزینه ها تا چه اندازه ای است؟ |
| ریسک زمان بندی (A_{18}) | آیا پروژه از ریسک بالایی در زمان بندی پیش بینی شده برخوردار است؟ |
| دسترسی به بازارهای هدف (A_{19}) | ریسک دستیابی به بازارهای هدف تا چه حدی است؟ |

قدرت رقابت پذیری، کیفیت برنامه ریزی، قابلیت دسترسی به منابع و ریسک های پروژه، قرار می گیرند. در سطح سوم نیز زیرمعیارهای (A_i) هریک از معیارهای اصلی و بالاخره در سطح چهارم گزینه های موجود $(O_k)(i, j, k = 1, 2, \dots)$ قرار دارند. زیرمعیارهای مورد نظر در این پژوهش در جدول ۱ ارائه و تشریح شده اند.

ما در این مقاله، با توجه به پیچیدگی های فراوان موجود در انتخاب پروژه تحقیق و توسعه و تعدد فاکتورهای تاثیرگذار بر تصمیم گیری، مسئله را به چهار سطح سلسله مراتبی (شکل ۱) تجزیه کرده ایم که در سطح اول آن هدف و در سطح دوم معیارهای اصلی (C_i) تاثیر گذار بر انتخاب پروژه مناسب شامل مشخصات پروژه،



شکل ۱. ساختار سلسله مراتبی انتخاب پروژه تحقیق و توسعه

تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی شیوه ای است برای تجزیه یک مسئله تصمیم گیری پیچیده به مولفه های موثر آن که به صورت چندین شاخص یا معیار تعریف می گردد. این معیارها در چارچوب یک ساختار سلسله مراتبی (شکل ۱) قرار می گیرند و وزن آنها از مقایسه دویبه دوی معیارها در هر سطح محاسبه می شود. ما در این مقاله، با توجه به وجود ابهام و عدم دقت در مقایسه معیارها و گزینه ها، از

اعداد فازی مثلثی برای به تصویر کشیدن وزن اهمیت هریک از معیارها و زیرمعیارها و رتبه دهی هریک از گزینه ها استفاده می کنیم. لازم به یادآوری است که تئوری مجموعه های فازی که اولین بار توسط آقای زاده (۳۲) مطرح شد، با مدل کردن سیستم های نادقیق و تصمیم گیری در فضایی همراه با عدم قطعیت، قابلیت بیشتری در منعکس کردن ابهام کلامی انسانها دارد (۱۰). البته این امر اثبات شده است که مدل کردن مسائل با استفاده از تئوری

مجموعه‌های فازی، روشی مؤثر در فرموله کردن مسائلی جدول ۲ متغیرهای بیانی و اعداد فازی مربوط به هر یک را است که با اطلاعاتی کیفی و نادقیق سروکار دارند (۳۳). نشان می‌دهد.

جدول ۲. متغیرهای بیانی و اعداد فازی مثلثی مربوطه

| اعداد فازی مثلثی | متغیرهای بیانی | اعداد فازی مثلثی | متغیرهای بیانی |
|------------------|----------------|------------------|----------------|
| (5, 6, 7) | خوب | (1, 1, 1) | برابر |
| (6, 7, 8) | خیلی خوب | (1, 2, 3) | برتری ضعیف |
| (7, 8, 9) | نسبتاً عالی | (2, 3, 4) | نسبتاً برتر |
| (8, 9, 10) | عالی | (3, 4, 5) | برتر |
| | | (4, 5, 6) | نسبتاً خوب |

پیش از معرفی متدولوژی حل مسئله، فرض کنید $C = \{C_i : i = 1, \dots, n\}$ مجموعه گزینه‌ها و $O = \{O_j : j = 1, \dots, m\}$ مجموعه معیارها باشد. بنا بر روش تحلیل توسعه‌یافته، گزینه‌ها را بر اساس هر معیار ارزیابی می‌کنیم. لذا مقدار به‌زای هر گزینه، i ، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

به طوری که M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) یک عدد فازی مثلثی است. هم‌چنان‌که در مرجع (۵) ذکر گردیده است، گام‌های لازم برای انجام فرایند تحلیل سلسله مراتبی توسعه‌یافته فازی به ترتیب زیر هستند:

گام اول: مقدار زیر را که آن را مقدار توسعه‌یافته مصنوعی فازی می‌نامیم، برای i امین گزینه به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}. \quad (3)$$

که در آن:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right). \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right). \quad (5)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right). \quad (6)$$

و $M_i = (l_i, m_i, u_i)$ یک عدد فازی مثلثی است.

گام دوم: برای مقایسه دو عدد فازی M_2, M_1 ، دو مقدار $V(M_2 \geq M_1)$ و $V(M_1 \geq M_2)$ را که درجه امکان‌پذیری نامیده می‌شود به دست می‌آوریم. درجه امکان‌پذیری $(M_2 \geq M_1)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (7)$$

گام سوم: برای به دست آوردن درجه امکان پذیری، مفهوم زیر را در نظر می گیریم. یک عدد فازی که از k عدد فازی دیگر بزرگتر باشد به قرار زیر تعریف می شود:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)], \quad (8)$$

$$= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

گام چهارم: ابتدا مقدار $d'(A_i)$ را برای هر یک از معیارها به صورت $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ for $k=1, \dots, n; k \neq i$ محاسبه می کنیم. آنگاه بردار وزن که نشانگر اولویت یک گزینه (یا شاخص) نسبت به دیگری است را به صورت زیر به دست می آوریم:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))T, \quad (9)$$

گام پنجم: در انتها، بردار حاصل از رابطه ۹ را نرمالیزه کرده و به صورت زیر ارائه می نمایم:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))T, \quad (10)$$

جدول ۳. محاسبه وزن معیارهای اصلی

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | وزن |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|------|
| C_1 | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | (۵ و ۳) | (۷ و ۶) | (۷ و ۶) | ۰/۵۱ |
| C_2 | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | (۷ و ۶) | (۷ و ۶) | ۰/۳۵ |
| C_3 | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | (۵ و ۳) | ۰/۰۲ |
| C_4 | (۱/۷ و ۱/۶ و ۱/۵) | (۱/۷ و ۱/۶ و ۱/۵) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۴ و ۳) | ۰/۰۸ |
| C_5 | (۱/۸ و ۱/۷ و ۱/۶) | (۱/۷ و ۱/۶ و ۱/۵) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۱ و ۱) | ۰/۰۴ |

مطالعه موردی

(۲) با یکدیگر مقایسه می کنیم. سپس، اعداد فازی منطبق بر متغیرهای بیانی را جای گذاری کرده (جدول ۳) و با استفاده از روش تحلیل توسعه یافته وزن آنها را تعیین می کنیم. مقایسه زیرمعیارهای هر معیار اصلی برای یافتن وزن زیرمعیارها در جداول (۴-۸) به همین طریق به دست آمده است. اوزان تصمیم گیری گزینه ها نسبت به زیرمعیارهای هر معیار اصلی نیز در جداول (۹-۱۳) محاسبه شده است. لازم به ذکر است که در این مقاله، C_i معرف معیار i ام مسئله، A_k زیرمعیار k ام مسئله و O_j پروپوزال j ام است.

مسئله مورد بحث مربوط به شرکتی است که قصد دارد پروژه های تحقیق و توسعه مورد نظر خود را ارزیابی نموده و مناسب ترین آنها را انتخاب و به مرحله اجرا درآورد. کارشناسان تحقیق و توسعه، ۳ پروپوزال را به مدیریت ارائه داده اند که در ارزیابی با شماره های ۱، ۲ و ۳ نشان داده می شوند. لذا مدیریت، گروهی از کارشناسان با تخصصهای مختلف را تشکیل داده تا معیارهای موثر را با استفاده از روش دلفی شناسایی نمایند. معیارها و زیر-معیارهای به دست آمده در شکل ۱ (و جدول ۱) ارائه شده اند.

مرحله اول تعیین اوزان معیارهای اصلی است. لذا معیارهای اصلی مسئله را با استفاده متغیرهای بیانی (جدول

جدول ۴. محاسبه وزن زیرمعیارهای معیار اول

| C_1 | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | وزن |
|-------|-------------------|-------------------|-----------------|---------|------|
| A_1 | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | (۳ و ۱) | (۵ و ۳) | ۰/۵۳ |
| A_2 | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | (۴ و ۲) | ۰/۲۹ |
| A_3 | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | ۰/۱۱ |
| A_4 | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | ۰/۰۷ |

جدول ۵. محاسبه وزن زیرمعیارهای معیار دوم

| C_2 | A_5 | A_6 | A_7 | A_8 | A_9 | وزن |
|-------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-----------------|------|
| A_5 | (۱ و ۱) | (۶ و ۴) | (۳ و ۱) | (۴ و ۲) | (۵ و ۳) | ۰/۴۰ |
| A_6 | (۱/۶ و ۱/۵ و ۱/۴) | (۱ و ۱) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | ۰/۰۲ |
| A_7 | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۵ و ۳) | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | (۴ و ۲) | ۰/۳۱ |
| A_8 | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۴ و ۲) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | ۰/۲۲ |
| A_9 | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۳ و ۱) | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | ۰/۰۵ |

جدول ۶. محاسبه وزن زیرمعیارهای معیار سوم

| C_3 | A_{10} | A_{11} | A_{12} | وزن |
|----------|-------------------|-----------------|----------|------|
| A_{10} | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | (۴ و ۲) | ۰/۵۶ |
| A_{11} | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | ۰/۳۶ |
| A_{12} | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | ۰/۰۸ |

جدول ۷. محاسبه وزن زیرمعیارهای معیار چهارم

| C_4 | A_{13} | A_{14} | A_{15} | وزن |
|----------|-------------------|-----------------|----------|------|
| A_{13} | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | (۴ و ۲) | ۰/۶۹ |
| A_{14} | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | ۰/۱۲ |
| A_{15} | (۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۲) | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | ۰/۱۹ |

جدول ۸. محاسبه وزن زیرمعیارهای معیار پنجم

| C_5 | A_{16} | A_{17} | A_{18} | A_{19} | وزن |
|----------|-----------------|-------------------|-------------------|----------|------|
| A_{16} | (۱ و ۱) | (۳ و ۱) | (۳ و ۱) | (۳ و ۱) | ۰/۴۲ |
| A_{17} | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | (۵ و ۳) | ۰/۲۳ |
| A_{18} | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | (۵ و ۳) | ۰/۳۲ |
| A_{19} | (۱ و ۱/۲ و ۱/۳) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱/۵ و ۱/۴ و ۱/۳) | (۱ و ۱) | ۰/۰۳ |

جدول ۹. محاسبه وزن هر گزینه نسبت به زیرمعیارهای معیار اول

| C_1 | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | وزن |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| O_1 | ۰/۵۳ | ۰/۲۹ | ۰/۱۱ | ۰/۰۷ | ۰/۵۱ |
| O_2 | ۰/۲۰ | ۰/۱۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۷ | ۰/۲۰ |
| O_3 | ۰/۲۷ | ۰/۳۸ | ۰/۱۷ | ۰/۲۷ | ۰/۲۹ |

جدول ۱۰. محاسبه وزن هر گزینه نسبت به زیرمعیارهای معیار دوم

| وزن | A _۵ | A _۶ | A _۷ | A _۸ | A _۹ | C _۲ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ۰/۴۶ | ۰/۴۰ | ۰/۰۲ | ۰/۳۱ | ۰/۲۲ | ۰/۰۵ | O _۱ |
| ۰/۵۹ | ۰/۲۳ | ۰/۴۲ | ۰/۳۸ | ۰/۱۴ | ۰/۲۷ | O _۲ |
| ۰/۳۹ | ۰/۳۱ | ۰/۲۵ | ۰/۲۳ | ۰/۲۹ | ۰/۳۲ | O _۳ |

جدول ۱۱. محاسبه وزن هر گزینه نسبت به زیرمعیارهای معیار سوم

| وزن | A _{۱۰} | A _{۱۱} | A _{۱۲} | C _۲ |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| ۰/۵۴ | ۰/۵۶ | ۰/۳۶ | ۰/۰۸ | O _۱ |
| ۰/۲۴ | ۰/۲۳ | ۰/۲۵ | ۰/۲۳ | O _۲ |
| ۰/۲۲ | ۰/۱۵ | ۰/۳۳ | ۰/۱۵ | O _۳ |

جدول ۱۲. محاسبه وزن هر گزینه نسبت به زیرمعیارهای معیار چهارم

| وزن | A _{۱۳} | A _{۱۴} | A _{۱۵} | C _۴ |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| ۰/۵۱ | ۰/۶۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۹ | O _۱ |
| ۰/۲۶ | ۰/۲۵ | ۰/۳۱ | ۰/۲۵ | O _۲ |
| ۰/۲۳ | ۰/۲۵ | ۰/۲۳ | ۰/۱۷ | O _۳ |

جدول ۱۳. محاسبه وزن هر گزینه نسبت به زیرمعیارهای معیار پنجم

| وزن | A _{۱۶} | A _{۱۷} | A _{۱۸} | A _{۱۹} | C _۵ |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| ۰/۳۱ | ۰/۴۲ | ۰/۲۳ | ۰/۳۲ | ۰/۰۳ | O _۱ |
| ۰/۳۹ | ۰/۵۵ | ۰/۲۳ | ۰/۳۱ | ۰/۲۵ | O _۲ |
| ۰/۳۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۷ | ۰/۵۴ | ۰/۳۳ | O _۳ |

وزن باشد، بالاترین اولویت را برای اجرا دارد. لذا پروژه ۱ دارای بالاترین اولویت برای اجرا را به خود اختصاص داده و پس از آن به ترتیب پروژه‌های ۲ و ۳ جای می‌گیرند.

در نهایت، اولویت پروژه‌های تحقیق و توسعه از حاصل ضرب نظیر به نظیر بردار وزن حاصل از جدول شماره ۳ در اوزان مربوط به هر معیار (نتایج حاصل از جداول ۹-۱۳) به دست می‌آید. پروژه‌ای که دارای بیشترین

جدول ۱۴. محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها

| رتبه نهایی | C _۱ | C _۲ | C _۳ | C _۴ | C _۵ |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ۰/۴۹ | ۰/۵۱ | ۰/۳۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | ۰/۰۴ |
| ۰/۳۵ | ۰/۲۰ | ۰/۵۹ | ۰/۲۴ | ۰/۲۶ | ۰/۳۹ |
| ۰/۳۲ | ۰/۲۹ | ۰/۳۹ | ۰/۲۲ | ۰/۲۳ | ۰/۳۰ |

خلاصه مقاله و تحقیقات آتی

روش‌های بسیاری شامل انواع روش‌های رتبه‌بندی، برنامه‌ریزی ریاضی و تکنیک‌های مالی و اقتصادی برای ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است. اما این روش‌ها قادر به در نظر گرفتن کلیه معیارهای تاثیرگذار و در اختیار گرفتن نظرات و تجارب کارشناسان در فرایند ارزیابی نبوده و با توجه به پیچیدگی هریک، کاربرد اندکی در مسائل واقعی داشته‌اند. با توجه به پیچیدگی و تعدد عوامل و فاکتورهای تاثیرگذار، ما از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای فائق آمدن بر مشکلات فوق استفاده کرده و مسئله را به چهار سطح سلسله مراتبی تجزیه کرده و با تعیین وزن اهمیت هر یک از این فاکتورها، به اولویت‌بندی پروژه‌های مختلف و انتخاب مناسب‌ترین آنها پرداخته‌ایم. هدف این مقاله، شناسایی فاکتورهای موثر بر انتخاب پروژه تحقیق و توسعه با روش دلفی، قاعده‌مند کردن فرایند ارزیابی کارآمد پروژه‌ها و نهایتاً انتخاب مناسب‌ترین پروژه جهت دستیابی به اهداف و استراتژی‌های شرکت است. البته از منطق فازی نیز برای مدل کردن اطلاعات مبهم و نادقیق از وضعیت آینده پروژه‌ها استفاده شده است.

شرکت‌های خصوصی معمولاً تمایل چندانی برای اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه از خود نشان نمی‌دهند، چرا که اولاً این پروژه‌ها همراه با ریسک فراوان بوده و احتمال شکست آنها بالا است. دوم اینکه یک شرکت به تنهایی قابلیت، توانائی و امکانات لازم برای توسعه یک تکنولوژی را ندارد و سوم آنکه معمولاً محرک‌های انگیزشی بخش خصوصی به تنهایی برای ترغیب آنها برای سرمایه‌گذاری روی پروژه‌های تحقیق و توسعه کافی نیست (۱۱). لذا دولت می‌تواند با طرح‌ریزی یک برنامه مناسب نقش موثری در تشویق شرکت‌ها ایفا کند. لذا این مقاله می‌تواند به عنوان چارچوبی مناسب برای ارزیابی این‌گونه پروژه‌ها توسط نهادهای دولتی در نظر گرفته شود.

در این مقاله، ما به دنبال ارائه چارچوب مناسبی برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه به معنای عام آن بوده-

ایم. حال آنکه این‌گونه پروژه‌ها در هر بخشی از صنعت شامل هوا و فضا، انرژی اتمی، بیوتکنولوژی و غیره دارای مشخصه‌های متفاوتی هستند. لذا پیشنهاد می‌شود این متدولوژی پیشنهادی در بخش‌های فوق مورد اجرا و بررسی قرار گیرد. همچنین، به عنوان یکی از رویکردهای آتی تحقیقاتی پیش‌رو می‌توان به ارزیابی نقش کانون‌های گوناگون تاثیرگذار بر فرایند توسعه و انتقال تکنولوژی شامل دانشگاهها، مراکز علمی و تحقیقاتی، صنعت و دولت در جهت تبدیل نمودن نقاط ضعف به قوت پرداخت. در ضمن از روش‌های دیگری مانند تاپسیس برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه استفاده نموده و نتایج آنها را با هم مقایسه نمود.

15. Gumus, A.T.(2009) Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. *Exp. Sys. Appl.*: VOL36: pp. 4067-4074.
16. Hartman, A.(1981) Reaching consensus using the Delphi technique. *Educ. Leadership*: VOL38: pp. 495-497.
17. Heidenberger, K. & Stummer, C.(1999) Research and development project selection and resource allocation: A review of quantitative modeling approaches. *Int. J. of Manag. Rev.*, VOL1: pp. 197-224.
18. Kin, J.S. & Wen, H.J. & Rich, J. (2009) A scoring method for non-mutually-exclusive information technologies. *Human Sys. manag.*: VOL28: pp. 1-17.
19. Leung, L.C. & Cao, D.(2000) On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. *Eur. J. Oper. Res.*: VOL124: pp. 102-113.
20. Liberatore, M.J. & Titus, G.J.(1983) practice of management science in R&D project management. *Manag. Sci.*: VOL29: pp. 962-974.
21. Meade, L.M. & Presley, A.(2002) R&D project selection using the analytic network process. *IEEE Trans. Eng. Manag.*: VOL49: pp. 59-66.
22. Mikhailov, L.(2003) Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments. *Fuzzy Sets Syst.*: VOL134: pp. 365-385.
23. Nelson, C.A.(1986) A scoring model for flexible manufacturing systems project selection. *Eur. J. of Oper. Res.*: VOL24: pp. 346-359.
24. Oral, M. & Kettani, O. & Lang P.(1991) A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects. *Manag. Sci.*: VOL37: pp. 871-885.
25. Ruoning, X. & Xiaoyan, Z.(1992) Extension of the analytic hierarchy process in fuzzy environment. *Fuzzy Sets Syst.*: VOL52: pp. 251-257.
26. Saaty, T.L.(ed.)(1980) *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
27. Schmidt, R.L. & Freeland, J.R.(1992) Recent progress in modeling R&D project selection process. *IEEE Trans. Eng. Manag.*: VOL39: pp. 189-201.
28. Souder, W.E.(1972) A scoring methodology for assessing the suitability of management science models. *manag. Sci.*: VOL18: pp. 526-543.
29. Sun, H. & Ma, T.(2005) A packing-multiple-boxes model for R&D project selection and scheduling. *Technovation*: VOL25: pp. 1335-1361.
1. Baker, N.R.(1974) R&D project selection models: an assessment. *IEEETrans. Eng. Manag.*: VOL21: pp. 165-171.
2. Buckley, J. (1985) Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets Sys.*: VOL17: pp. 233-247.
3. Buyukozkan, G. & Feyzioglu, O. & Nobel E. (2008) Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain. *Int. J. Prod. Econ.*: VOL113: pp. 148-158.
4. Carson, C. & Fuller, R. & Heikkil, M. & Majlender, P.(2007) A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *Int. J. Appr. Reas.*: VOL44: pp. 93-105.
5. Chang, D.Y.(1996) Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *Eur. J. Oper. Res.*: VOL95: pp. 649-655.
6. Cheng, C.H.(1997) Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *Eur. J. Oper. Res.*: VOL96: pp. 343-350.
7. Chien, C.F.(2002) A portfolio-evaluation framework for selection R&D projects. *R&D Manag.*: VOL32: pp. 359-369.
8. Coffin, M.A. & Taylor, B.W.(1996) R&D project selection and scheduling with a filtered beam search approach. *Technovation*: VOL28: pp. 167-176.
9. Deng, H.(1999) Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *Int. J. Appr. Reas.*: VOL21: pp. 215-231.
10. Ertugrul, I. & Tus, A.(2007) Interactive fuzzy linear programming and an application sample at a textile firm. *Fuzzy Opt. Dec.Mak.*: VOL6: pp. 29-49.
11. Feldman, M.P.&Kelly, M.R.(2003) Leveraging research and development: assessing the impact of the U.S. advanced technology program. *Small Buss. Econ.*: VOL20: pp. 153-165.
12. Felix, T.S.&Kumar, N.(2007) Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega*: VOL35: pp. 417-431.
13. Fox, G.E. & Baker, N.R. & Bryant, J.L.(1984) Economic models for R and D project selection in the presence of project interactions. *Manag. Sci.*: VOL30: pp. 890-902.
14. Ghorbani, S. & Rabbani, M.(2009) A new multi-objective algorithm for a project selection problem. *Advances in Engineering Software*: VOL40: pp. 9-14.

32. Zadeh, L.A.(1965) Fuzzy sets. Inf. Cont.: VOL8: pp. 338-353.
33. Zimmermann, H.J.(4th ed.)(2001) Fuzzy Set Theory and its Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers.
30. Van Laarhoven, P.J.M. & Pedrycz, W.(1983) A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy Sets Syst.: VOL11: pp. 229-241.
31. Wang, J. & Hwang, W.-L.(2007) A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model. Omega: VOL35: pp. 247-257.