

فرمانده معظم کل قوا: «من معتقدم در زمینه علم و کار تحقیقی، هر چه کنیم سرمایه‌گذاری است؛ یعنی اصلاً نترسیم از هزینه کردن. یک جا هایی هست که هزینه‌ها واقعا هدر نمی‌رود؛ یکی‌اش همین جا است. هر چه هزینه کنیم، سرمایه‌گذاری کرده‌ایم برای آینده و این بهترین کاری است که با موجودی‌مان، با پولمان، با منابع‌مان می‌توانیم انجام بدهیم.» (۹۴/۰۶/۰۴)

طراحی الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های

تحقیق و توسعه و انتخاب پیمانکار برون‌سپاری

حسن رجیبی مسرور^۱، علی‌اصغر توفیق^۲ و سیدضیاءالدین قاضی زاده فرد^۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۲

چکیده

امروزه برون‌سپاری در تولید، به امری جهانی تبدیل شده و در زمینه تحقیق و توسعه و مشاغلی با سطح فنی بالا، در حال افزایش است. این تحقیق با هدف طراحی الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی انجام شده که بر اساس مطالعه‌های علمی، معیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های تحقیق و توسعه دفاعی شناسایی شده و نسبت به تعیین اجزای اصلی تصمیم‌گیری اقدام گردید. پس از این مرحله با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی و با استفاده از نظرهای خبرگان، ضریب‌های موردنیاز مورد محاسبه قرار گرفته و با الگوسازی محاسباتی و ترکیب آن با روش امتیازدهی، الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی طراحی شده و گزاره‌های کاربردی مهمی در جهت مدیریت برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی این پروژه‌ها پیشنهاد گردید. در پایان فعالیت‌های قابل برون‌سپاری یکی از پروژه‌های تحقیق و توسعه به‌طور جداگانه مراحل اجرایی و در سطح کل پروژه، اولویت‌بندی شده و پیمانکاران برون‌سپاری فعالیت‌ها انتخاب گردید.

واژگان کلیدی: برون‌سپاری، تحقیق و توسعه، پیمانکاران برون‌سپاری، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، روش امتیازدهی.

۱. دانش‌آموخته دکتری مهندسی صنایع پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج، ایران (نویسنده مسئول) -

hassanr42@gmail.com

۲. دانشیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران - alialtofigh@aut.ac.ir

۳. دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران -

zia.ghazizadeh@gmail.com

مقدمه

فعالیت‌های تحقیق و توسعه با هدف رفع نیازهای بشری، تولید دانش و توسعه مهارت‌ها صورت می‌گیرد. اگر در فرایند تولید علم و دانش، تجربه افراد و سازمان‌ها به‌عنوان یکی از منابع تولید دانش به صورت علمی و اصولی مورد توجه قرار گیرد، می‌توان به منبع بزرگی از دانش مؤثر دست یافت. افزایش رقابت، جهانی شدن بازارها و دیگر ویژگی‌های در حال ظهور جهان معاصر، موجب شده که برون‌سپاری فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآوری و اجرای داخلی فناوری‌های آینده، توسعه پیدا کند.

میزان دسترسی به فناوری‌های مورد نیاز، پیچیدگی و میزان فوری بودن پروژه، ملاحظه‌های امنیتی، شرایط پیمانکاران، افزایش مهارت محقق‌ها، کمبود تعداد محقق‌ها، کاهش هزینه‌ها و... از جمله عواملی است که می‌تواند در برون‌سپاری پروژه‌های تحقیقاتی مؤثر باشد که بایستی در یک الگوی مناسب مورد توجه قرار گرفته و زمینه‌ساز مدیریت برون‌سپاری پروژه‌های تحقیقاتی گردد.

۱. کلیات

۱-۱. بیان مسئله

یکی از دغدغه‌های مهم برای تصمیم‌گیرندگان سازمان‌های تحقیقاتی دفاعی، تصمیم‌گیری در مورد برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه است. فرایند تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌ها و انتخاب پیمانکار برون‌سپاری به‌دلیل دخالت گروه‌های مختلف تصمیم‌گیر و همچنین وجود روابط متقابل میان معیارها و گزینه‌های برون‌سپاری، فرایندی است که نیاز به بررسی نظریه‌های متفاوت و گاهی متضاد صاحب‌نظران با در نظر گرفتن عوامل متعدد و پیچیده کمی و کیفی و بررسی روابط متقابل میان آن‌ها دارد. اشتباه و عدم دقت در تصمیم‌سازی، نیازمند پرداخت هزینه خطا

و در برخی موارد جبران‌ناپذیر بوده و نیاز به استفاده از فنون قوی و در عین حال کاربردی در این زمینه می‌باشد. در این تحقیق، تلاش می‌شود با مطالعه منابع علمی و بررسی‌های دقیق در خصوص برون‌سپاری تحقیق و توسعه و چگونگی اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، شاخص‌ها و معیارهای موثر بر تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی شناسایی شده و با بهره‌گیری از نظریات کارشناسان و خبرگان مدیریت و اجرای طرح‌های تحقیقاتی دفاعی و همچنین استفاده از الگوها و روش‌های علمی، الگوی تصمیم‌گیری مناسبی ارائه گردد.

۱-۲. اهمیت و ضرورت موضوع

برون‌سپاری تحقیق و توسعه، منافع و چالش‌هایی برای سازمان‌ها دارد. برخی منافع مانند کاهش هزینه، کاهش خطرپذیری، تسریع در دستیابی به بازار و دستیابی به مهارت از طریق برون‌سپاری تحقیق و توسعه قابل دسترسی است. اما چالش‌هایی چون کاهش واپایش بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه، کاهش مهارت و تخصص نیز اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، تصمیم‌گیری مناسب در خصوص برون‌سپاری تحقیق و توسعه، نیازمند شناخت و جداکردن فعالیت‌های کلیدی و غیرکلیدی بنگاه، در نظر گرفتن رویکرد مناسب و روش‌های مفید که بیشترین استفاده را به سازمان برساند، می‌باشد. در نظر گرفتن رویکرد علمی در تصمیم‌گیری برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، می‌تواند باعث کاهش جدی مشکلات شود. هنوز در چگونگی برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، اتفاق نظر وجود ندارد و به‌طور عمده در تصمیم‌گیری‌ها، روش‌های مبتنی بر تجربه مشاهده می‌گردد. در این راستا، ایجاد الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری مبتنی بر اصول علمی رایج، می‌تواند راهگشای مدیران در اجرای بهتر برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه باشد. اجرا و پیاده‌سازی نتایج

به دست آمده از این تحقیق، نقش مهمی در مدیریت اثربخش پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی داشته و منجر به ایجاد یک روش علمی در تصمیم‌گیری می‌گردد.

۳-۱. پیشینه تحقیق

در مورد تعیین فعالیت‌های قابل برون‌سپاری، محرک‌های اصلی برون‌سپاری شامل بازار، فناوری و نوآوری می‌باشد. (Balachandra, 2003) محرک‌های برون‌سپاری «شایستگی‌های ویژه شرکت، سیر تکاملی فناوری و محیط راهبردی» معرفی شده است. (Narula, 2001:365-387) تصمیم‌گیری برون‌سپاری توسعه محصول جدید، طراحی و ارائه شده که در آن دلایل برون‌سپاری شامل «کاهش هزینه، دسترسی به مهارت‌ها، توانمندی‌ها و ظرفیت‌های بیرونی» معرفی شده است. (Rundquist, 2007) در مورد عوامل تعیین‌کننده برون‌سپاری فعالیت‌های تحقیقاتی در شرکت‌های ژاپنی، دلایل برون‌سپاری تحقیق و توسعه «کاهش هزینه، تمرکز بر موضوع‌های راهبردی، رهایی از فعالیت‌های جاری، کاهش خطر تحقیق و توسعه، کاهش زمان رسیدن به بازار، دسترسی به مهارت‌ها، توانمندی‌ها و ظرفیت‌های بیرونی، پاسخگویی به تغییرات فناوری و منابع داخلی» معرفی شده است. (Miyamoto, 2007) چارچوب تصمیم‌گیری راهبردی برون‌سپاری نوآوری مورد بررسی قرار گرفته که در آن «کاهش هزینه، افزایش انعطاف‌پذیری در منابع، تسهیل در دسترسی به فناوری، کاهش زمان رسیدن به بازار، دسترسی به مهارت‌ها، توانمندی‌ها و ظرفیت‌های بیرونی، پاسخگویی به تغییرات فناوری و منابع داخلی» به عنوان دلایل برون‌سپاری نوآوری معرفی شده است. (Cui&Loch, 2010:899-930) برون‌سپاری در فعالیت‌های محوری تحقیق و توسعه در صنعت داروسازی بررسی شده و دلایل اصلی برون‌سپاری «بلوغ فناوری و منابع داخلی» معرفی شده است. (Pooja, 2010) تأثیر تصمیم‌گیری برون‌سپاری تحقیق و توسعه بر مقاومت کارکنان داخلی تحقیق و توسعه مورد بررسی قرار گرفته که محرک‌های

برون‌سپاری شامل «دیدگاه هزینه، دیدگاه منبع‌یابی فناوری، نوع پیمانکاران و موقعیت جغرافیایی پیمانکاران» شناخته شده است. همچنین، پیمانکاران برون‌سپاری تحقیق و توسعه شامل «شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز علمی» معرفی شده است. (Teirlinck&et.al, 2010) پیمانکاران برون‌سپاری تحقیق و توسعه شامل «دانشگاه‌ها، شرکت‌های خصوصی وابسته به صنعت، سازمان تحقیقات مستقل عمومی یا خصوصی و پژوهشگران فردی» بیان شده است. (BradacHojnik&Rebernik, 2012) محرک‌های برون‌سپاری بر اساس «منافع، خطرها، فرصت‌ها و تهدیدها» مورد بررسی قرار گرفته‌اند. (Tjader&et. al, 2010:434-444) در زمینه دلایل و خطرهای برون‌سپاری، دلایل برون‌سپاری شامل «کاهش هزینه، تمرکز بر موضوعات راهبردی، بهبود کیفیت، رهایی از فعالیت‌های جاری، تسهیل در دسترسی به فناوری، کاهش خطر تحقیق و توسعه و صرفه‌جویی در هزینه‌های فناوری» بیان شده است. (Hatonen&Eriksson, 2009) دلایل برون‌سپاری شامل «کاهش هزینه، تمرکز بر موضوعات راهبردی، افزایش انعطاف‌پذیری در منابع، کاهش زمان رسیدن به بازار، صرفه‌جویی در هزینه‌های فناوری، پاسخگویی به تغییرات فناوری و منابع داخلی» می‌باشد. (Choi&et. al, 2012) آزمون تصمیم‌های ساخت یا خرید برای تشریح راهبردی منبع‌یابی نوآوری در بخش تغذیه ارائه شده که در آن دلایل برون‌سپاری شامل «کاهش هزینه‌های تحقیق و توسعه، قرارگرفتن در معرض ایده‌های جدید و محرک نوآوری» بیان شده است. (Stefano&et. al, 2012) چارچوبی برای تصمیم‌گیری برون‌سپاری بین‌المللی فعالیت‌های تحقیق و توسعه پیشنهاد شده که در این چارچوب، دلایل برون‌سپاری شامل «توانمندی داخلی، جست‌وجوی دانش، هزینه‌های پایین و ویژگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه» می‌باشد. (Martinez-Noya&Garcia-Canal, 2011) چارچوب تصمیم‌گیری برون‌سپاری فناوری اطلاعات با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی ارائه شده است. (Pandy&Bansal, 2003) ارزیابی عملکرد بخش بانکی با استفاده از روش تحلیل

سلسله‌مراتبی و تاپسیس مورد بررسی قرار گرفته است. (Soner&Vatansever, 2013:53-74) الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی با ترکیب روش‌های فازی و چندمعیاره توسعه داده شده است. (Kaya, 2012:107-118) یک الگوی تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی پروژه‌ها در مدیریت پروژه ارائه شده است. (Mota&et. al, 2009:175-181) روش دلفی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در ارزیابی پیچیدگی‌های پروژه مورد استفاده قرار گرفته است. (Vidal&et. al, 2011:5388-5405) تصمیم‌سازی یا خرید در حالت عدم‌اطمینان با رویکرد منطق فازی با استفاده از شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد بررسی قرار گرفته است. (Mohtashami&Laaya, 2012:1-22) نظام واپایش منطق فازی در طراحی الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری استفاده شده است. (Ashrafzadeh, 2005) تصمیم‌گیری برای برون‌سپاری چند تجهیز مختلف بر اساس حالت‌های مختلف سنی با روش MODM مورد بررسی قرار گرفته است. (شهانقی، ۱۳۸۸:۲۳-۱۸) الگوی برون‌سپاری سامانه‌های اطلاعاتی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ارائه شده است. (رزمی و فقیه روحی، ۱۳۸۹) الگوی پشتیبانی تصمیم‌های برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی توسعه داده شده است. (معتدل و همکاران: ۱۳۹۰) الگوی تلفیقی QFD^۱، FMEA^۲ و AHP فازی برای بهبود تصمیم‌گیری در برون‌سپاری پشتیبانی ارائه شده است. (فاروقی و همکاران، ۱۳۹۱:۱۱-۴) رویکرد ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی به منظور اولویت‌بندی راهبردهای دستیابی به تولید در سطح جهانی مورد بررسی قرار گرفته است. (صفایی قادیکلانی، ۱۳۹۱:۹۹-۸۱)

-
1. Quality Function Deployment
 2. Failure Mode and Effect Analysis

۱-۴. هدف‌های تحقیق

۱-۴-۱. هدف اصلی

طراحی و ارائه الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی با استفاده از نظرات افراد خبره و با به‌کارگیری اصول علمی و روش‌های مطرح در حوزه تصمیم‌گیری.

۱-۴-۲. هدف‌های فرعی

(۱) شناسایی اجزای تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی؛
(۲) تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی و اولویت‌بندی منابع برون‌سپاری (پیمانکاران) آن‌ها.

۱-۵. سؤال‌های تحقیق

۱-۵-۱. سؤال اصلی

الگوی مناسب برای تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی چیست؟

۱-۵-۲. سؤال‌های فرعی

(۱) دلایل برون‌سپاری مراحل و فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی کدامند؟
(۲) مراحل اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی کدامند؟
(۳) در برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، انواع منابع برون‌سپاری (پیمانکاران) مناسب کدامند؟

۶-۱. روش تحقیق

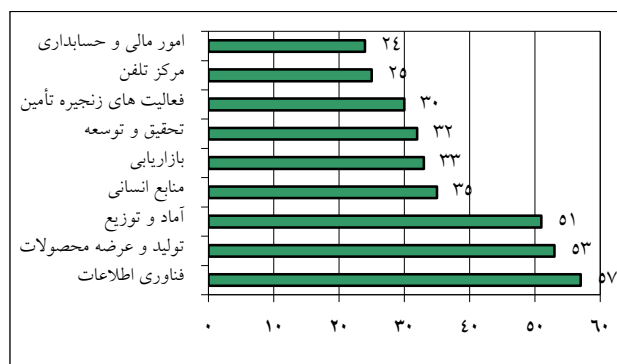
- تحقیق حاضر به‌لحاظ هدف، کاربردی و به‌لحاظ دسته‌بندی بر مبنای گردآوری داده‌ها و اطلاعات از نوع توصیفی-پیمایشی می‌باشد. مراحل اصلی تحقیق عبارتند از:
- (۱) شناسایی اولیه اجزای تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه (دلایل برون‌سپاری، مراحل اجرایی و انواع پیمانکاران)؛
 - (۲) ابزارسازی (آزمون روایی) و گردآوری اطلاعات از خبرگان؛
 - (۳) تحلیل پرسشنامه‌های گردآوری شده؛
 - (۴) تعیین دلایل برون‌سپاری، مراحل اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی و انواع پیمانکاران برون‌سپاری؛
 - (۵) طراحی نظام ترکیبی تصمیم‌گیری گروهی و روش امتیازدهی:
- ساخت سلسله‌مراتبی (دلایل برون‌سپاری، مراحل اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی و انواع پیمانکاران)؛
 - محاسبه وزن‌های نسبی و نهایی؛
 - محاسبه شاخص ناسازگاری نظام؛
 - تعیین ارزش عددی دلایل برون‌سپاری مراحل و فعالیت‌ها.
- (۶) الگوسازی محاسباتی الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی.

۲. ادبیات و مبانی نظری تحقیق

تحقیق و توسعه، فعالیتی تعریف شده و استاندارد برای نوآوری و به‌کار بستن آگاهی‌ها، ابزارها، محصولات و فناوری‌های جدید جهت توسعه وضعیت موجود و در نتیجه، عامل تعیین‌کننده‌ای جهت تقویت شالوده علمی هر کشور به حساب می‌آید. مراکز و سازمان‌های تحقیقاتی دفاعی، به‌منظور برطرف کردن نیازهای تحقیقاتی نیروهای

مسلح تأسیس شده که با تعریف و اجرای پروژه‌های تحقیقاتی، منجر به ارتقای توانمندی دفاعی و ایجاد بازدارندگی مؤثر و فعال می‌گردند. پروژه‌های تحقیقاتی دفاعی به‌طور معمول به دنبال یک سامانه عملیاتی بوده و برخی به بهینه‌سازی، و بیشتر آن‌ها موضوع جدیدی را پیگیری می‌کنند. از نظر فوری بودن نیز اغلب یا در مدت زمان کوتاهی نیاز است یا اضطراری هستند. (فولادی، ۱۳۹۰:۱۰۶)

برون‌سپاری تحقیق و توسعه در مقایسه با برون‌سپاری سایر فعالیت‌ها از قبیل فناوری اطلاعات، آماد و منابع انسانی از حجم کمتری برخوردار بوده و چارچوب‌های علمی و دانشی آن نیز به صورت دقیق مورد بررسی قرار نگرفته است. در نمودار زیر حجم برون‌سپاری نه فعالیت مختلف ارائه شده است که برون‌سپاری تحقیق و توسعه با ۳۲٪ در رتبه ششم قرار دارد. (Kicova, 2013:19-21)



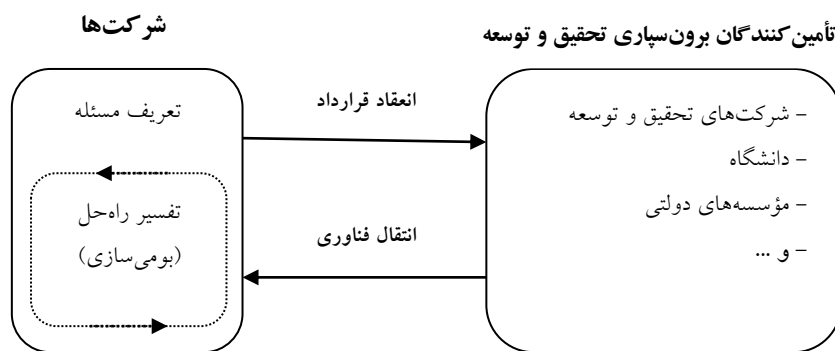
نمودار شماره (۱): حجم برون‌سپاری فعالیت‌های تحقیق و توسعه (Kicova, 2013)

برون‌سپاری تحقیق و توسعه به معنای انجام فعالیت‌های تحقیقاتی و توسعه فناوری از طریق به‌کارگیری هوشمندان افراد و مراکز علمی و تحقیقاتی خارج از سازمان به‌شکل پیمان‌سپاری امور، به‌گونه‌ای که شایستگی‌های اساسی سازمان حفظ شود. (نظری‌زاده، ۱۳۸۴)

از ابتدای برون‌سپاری تحقیق و توسعه، شرکت‌ها نیازمند تعریف دقیق و واضح مسئله‌ای

هستند که می‌خواهند برون‌سپاری نمایند. این مرحله ممکن است در برون‌سپاری تحقیق و توسعه، بسیار حیاتی و مهم باشد؛ چرا که برون‌سپارنده‌ها ممکن است در تعریف مناسب مسئله توانمند نبوده و در نتیجه، دستاوردهای به‌دست آمده از برون‌سپاری، غیرکاربردی و غیرمرتبط با نیازهای شرکت باشد.

پس از اینکه پیمانکاران برون‌سپاری تحقیق و توسعه، مسئله را حل و خروجی‌های آن را ارائه نمودند، شرکت دریافت‌کننده، بومی‌سازی را شروع می‌کند. شرکت با به‌کارگیری دانش موجود داخلی، خروجی را تفسیر نموده یا دانش جدیدی را با ترکیب دانش موجود و بیرونی ایجاد می‌نماید. وقتی مسئله ساده بوده و به‌خوبی تعریف شود، فرایند تفسیر و ترکیب نتایج برون‌سپاری شده به خروجی‌های تحقیقاتی، پیشرفته می‌باشد و اگر مسئله پیچیده بوده و ناقص تعریف شده باشد، شرکت باید سرمایه‌گذاری زیادی در رابطه با تفسیر مجدد داشته باشد. این فرایند در شکل شماره (۱) با عنوان «تفسیر راه‌حل» نامگذاری شده که مرحله‌ای بسیار مهم در تکمیل طرح برون‌سپاری تحقیق و توسعه می‌باشد. (Sang&Sangjoo, 2014:58-73)



شکل شماره (۱): چارچوب مفهومی انتقال فناوری در برون‌سپاری تحقیق و توسعه

(Sang&Sangjoo, 2014)

۳. یافته‌های تحقیق

۳-۱. شناسایی اجزای تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه

در این تحقیق ابتدا با بررسی منابع علمی، دلایل برون‌سپاری، مراحل اجرایی پروژه‌های تحقیقات صنعتی دفاعی و انواع پیمانکاران برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه شناسایی شده و سپس با برگزاری جلسه‌های متعدد با خبرگان، مورد بررسی قرار گرفته (روایی‌سنجی) و تأیید شده است. پس از آن، اجزای شناسایی شده در قالب پرسشنامه طرح شده و نظرات ۷۲ نفر از خبرگان تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقات صنعتی دفاعی گردآوری و مورد تحلیل قرار گرفته است.

در تحقیق حاضر، ۵۰۰ نفر از مدیران و کارشناسان که به‌صورت مستقیم در حوزه مدیریت و اجرای برون‌سپاری پروژه‌های تحقیقات صنعتی دفاعی فعالیت داشته، به‌عنوان حجم جامعه آماری در نظر گرفته شده که حجم نمونه آماری نیز براساس آن محاسبه شده است. تلاش بر این بوده که حجم نمونه از بین مدیران و کارشناسان سازمان‌های تحقیقاتی مختلف بخش دفاع که در پروژه‌های تحقیقات صنعتی با زمینه‌های تخصصی متفاوت فعال می‌باشند، انتخاب گردند.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که اجزای اصلی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی و انتخاب نوع پیمانکاران برون‌سپاری آن‌ها به شرح جدول زیر می‌باشد:

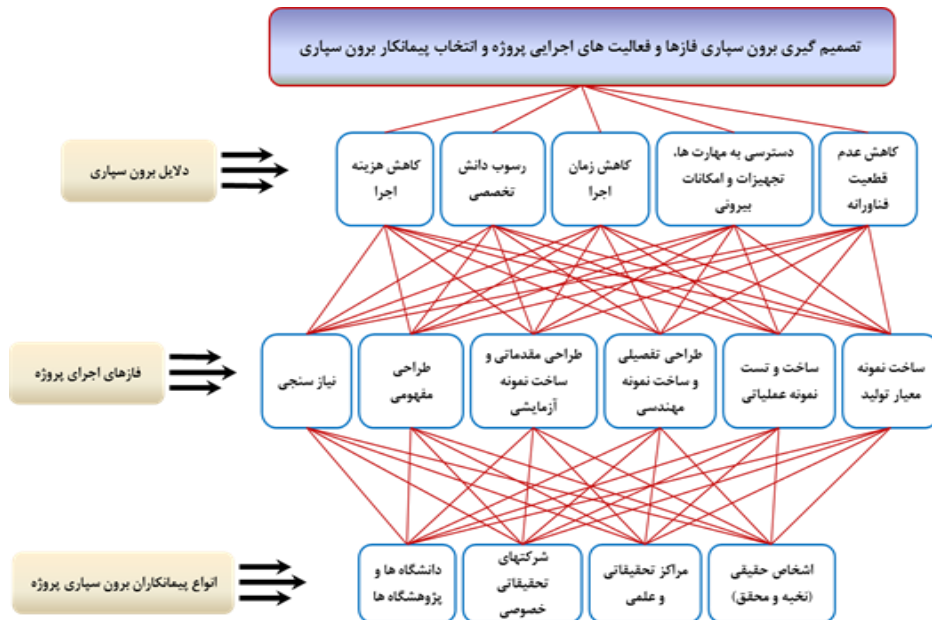
جدول شماره (۱): اجزای تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی

معیارها	زیرمعیارها و گزینه‌ها
دلایل برون‌سپاری مراحل و فعالیت‌های برون‌سپاری	<ul style="list-style-type: none"> - کاهش هزینه اجرا - رسوب دانش تخصصی - کاهش زمان اجرا - دسترسی به مهارت‌ها، تجهیزات و امکانات بیرونی - کاهش عدم قطعیت‌های فناورانه
مراحل اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی	<ul style="list-style-type: none"> - نیازسنجی - طراحی مفهومی - طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی - طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی - ساخت و آزمون نمونه عملیاتی - ساخت نمونه معیار تولید
منابع بیرونی (پیمانکار/ همکار) در برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی	<ul style="list-style-type: none"> - دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها - شرکت‌های تحقیقاتی خصوصی - مراکز تحقیقاتی و علمی - اشخاص حقیقی (نخبه و محقق)

۲-۳. طراحی نظام تصمیم‌گیری

۱-۲-۳. ساخت سلسله‌مراتبی

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها و شناسایی عوامل مؤثر در تعیین فعالیت‌های قابل برون‌سپاری و اولویت‌بندی نوع پیمانکاران، درخت تصمیم‌گیری به شکل زیر ترسیم گردید:



شکل شماره (۲): درخت تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی

۲-۲-۳. محاسبه وزن نسبی و نهایی

در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد که آن را وزن نسبی می‌نامند. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که آن را وزن مطلق می‌نامند. کلیه مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به صورت زوجی و در قالب ماتریس مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد. با توجه به درخت تصمیم‌گیری، تعداد ۱۲ ماتریس مقایسه‌های زوجی به شرح زیر تعریف گردید:

- ماتریس مقایسه‌های زوجی دلایل برون‌سپاری نسبت به هدف تصمیم‌گیری: ۱ ماتریس؛
- ماتریس مقایسه‌های زوجی مراحل اجرایی پروژه نسبت به دلایل برون‌سپاری: ۵ ماتریس؛
- ماتریس مقایسه‌های زوجی انواع پیمانکاران نسبت به مراحل اجرایی: ۶ ماتریس.

این تعداد ماتریس، در بین تعدادی از خبرگان موضوع توزیع شده و ضمن تشریح موضوع و توجیه گام‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، از آن‌ها خواسته شد که با انجام مقایسه‌های زوجی، نسبت به تعیین وزن‌های هر کدام از دلایل، مراحل پروژه و انواع پیمانکاران برون‌سپاری در قالب ماتریس‌های تعریف شده، اقدام نمایند. پس از گردآوری اطلاعات، مجموع نظرها با روش میانگین هندسی باهم ترکیب شده و وزن نسبی هر کدام از ماتریس‌ها محاسبه شد.

۳-۲-۳. محاسبه شاخص ناسازگاری نظام

یکی از مزیت‌های اصلی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تعیین نرخ ناسازگاری نظام می‌باشد که بیانگر میزان منطقی بودن قضاوت‌های خبرگان و تصمیم‌گیران می‌باشد. در تحقیق حاضر، به دلیل اهمیت وزن‌های مربوط به معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری در انتخاب فعالیت‌های قابل برون‌سپاری و اولویت‌بندی نوع پیمانکاران، هر دو نرخ بیان‌شده محاسبه شده و از سازگاری قضاوت‌های صورت‌گرفته اطمینان حاصل شده است. برای این منظور مراحل زیر انجام شده است:

- (۱) طراحی ماتریس‌های مقایسات زوجی (به تعداد ۱۲ ماتریس) در فایل الکترونیکی و ارائه آن به خبرگان؛
- (۲) پیاده‌سازی چگونگی محاسبه نرخ ناسازگاری در تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی. این کار نرخ ناسازگاری را پس از پایان قضاوت فرد، محاسبه نموده و تا زمانی که این نرخ در محدوده قابل قبول قرار نداشته باشد، فرد را ناچار به ادامه روند قضاوت و تعیین وزن‌ها می‌نماید؛
- (۳) توجیه و ارائه آموزش‌های لازم به خبرگان در خصوص چگونگی انجام مقایسات زوجی و تأکید ویژه در خصوص محدوده قابل قبول نرخ ناسازگاری؛
- (۴) جمع‌بندی نظرهای افراد خبره در قالب فایل الکترونیکی و ترکیب نظرها با استفاده از روش میانگین هندسی؛

- (۵) محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی ترکیب شده؛
 (۶) محاسبه نرخ ناسازگاری نظام سلسله مراتبی.

۴-۲-۳. تعیین ارزش عددی دلایل برون‌سپاری فعالیت‌ها

ارزش عددی دلایل برون‌سپاری، در امتیازدهی فعالیت‌های قابل برون‌سپاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با تعیین ارزش عددی دلایل برون‌سپاری، این امکان فراهم می‌گردد تا گروه اجرایی پروژه بتواند برای هر یک از فعالیت‌های قابل برون‌سپاری، عددی را به‌عنوان امتیاز تخصیص دهد. در تحقیق حاضر، با اعمال شرایط حاکم بر پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، دلایل برون‌سپاری فعالیت‌ها طیف‌بندی شده و سپس ارزش عددی مربوط به هر طیف به شرح جدول زیر مشخص شده است:

جدول شماره (۲): ارزش عددی دلایل برون‌سپاری فعالیت‌ها

ارزش عددی					دلایل برون‌سپاری فعالیت‌ها
بسیار پایین (۰/۱)	پایین (۰/۳)	متوسط (۰/۵)	بالا (۰/۷)	بسیار بالا (۰/۹)	- کاهش هزینه اجرا - رسوب دانش تخصصی - کاهش عدم قطعیت‌های فناورانه - کاهش زمان اجرا - دسترسی به مهارت‌ها، تجهیزات و امکانات بیرونی

۳-۳. الگوسازی محاسباتی الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی

پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی

الف) خروجی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، شامل ضریب‌های اهمیت دلایل برون‌سپاری، مراحل اجرایی پروژه و نوع پیمانکاران می‌باشد که متغیرهای مربوطه به شرح زیر ارائه شده است:

ضریب اهمیت دلیل برون‌سپاری $d; W_d, d = 1, \dots, D$

ضریب اهمیت برون‌سپاری مرحله j بر اساس دلیل برون‌سپاری $d; W_{jd}, j = 1, \dots, n$

ضریب اهمیت پیمانکار k بر اساس مرحله $k; W_{kj}, k = 1, \dots, k$

باتوجه به ساختار سلسله‌مراتبی تعریف‌شده و با در نظر گرفتن متغیرهای تعریف شده برای ضریب‌های وزنی، قابلیت برون‌سپاری مرحله j به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

$$A_j = \sum_j^n \sum_d^D W_{jd} * W_d \quad (1)$$

با محاسبه مقدار A_j و براساس سطوح تعریف شده در ساختار سلسله‌مراتبی، قابلیت انتخاب پیمانکار k برای برون‌سپاری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B_k = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k A_j * W_{kj} \quad (2)$$

براساس نتایج به دست آمده از روابط (۱) و (۲)، قابلیت انتخاب پیمانکار k در مرحله j به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$C_{jk} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k A_j * B_k \quad (3)$$

ب) خروجی به‌کارگیری روش امتیازدهی؛ امتیاز برون‌سپاری فعالیت اجرایی یک پروژه است که در پایین‌ترین سطح ساختار شکست پروژه تعریف می‌گردد. هرکدام از فعالیت‌هایی که جهت برون‌سپاری نامزد می‌شود، می‌تواند از یکی از مراحل پروژه انتخاب شده باشد. امتیاز برون‌سپاری فعالیت (۱) از مرحله j که بر اساس نظرهای خبرگان به دست می‌آید، به صورت زیر نشان داده شده است:

امتیاز برون‌سپاری فعالیت (۱) از مرحله j ; $X_{jl}, l=1, \dots, L$

با محاسبه مقدار C_{jk} از رابطه (۳) و امتیاز برون‌سپاری فعالیت (۱) از مرحله j (X_{jl})، قابلیت برون‌سپاری جهت واگذاری به پیمانکاران از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$Y_{jkl} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k \sum_{l=1}^L C_{jk} * X_{jl} \quad (4)$$

با محاسبه قابلیت برون‌سپاری فعالیت‌ها جهت واگذاری به پیمانکاران (براساس رابطه ۴)، فعالیت‌های قابل برون‌سپاری در یک مرحله از پروژه، بر اساس مقدار Y_{jkl}

اولویت بندی می شود. براساس نتایج به دست آمده از به کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی که با مشارکت ۷ نفر از خبرگان تحقیق انجام گرفت، مقادیر W_{jd} ، W_d و W_{kj} به صورت زیر حاصل گردید:

جدول شماره (۳): ضریب اهمیت دلایل برون سپاری مراحل و فعالیت های پروژه

دلیل برون سپاری (d)	کاهش هزینه اجرا	رسوب دانش تخصصی	کاهش زمان اجرا	دسترسی به مهارت ها، تجهیزات و امکانات بیرونی	کاهش عدم قطعیت فناوریانه
W_d	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۳۱

جدول شماره (۴): ضریب اهمیت برون سپاری مراحل بر اساس دلایل برون سپاری (W_{jd})

مرحله (j)	دلیل برون سپاری (d)	دسترسی به مهارت ها، تجهیزات و امکانات بیرونی	کاهش زمان اجرا	رسوب دانش تخصصی	کاهش هزینه اجرا	کاهش عدم قطعیت فناوریانه
نیازسنجی	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۱
طراحی مفهومی	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۲۲
طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۲۷
طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۱۸
ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	۰/۲۸	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۱۶
ساخت نمونه معیار تولید	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۱۶	

جدول شماره (۵): ضریب اهمیت نوع پیمانکاران براساس مراحل اجرایی پروژه (W_{kj})

مرحله (j)	نوع پیمانکار (k)	مراکز تحقیقاتی و علمی	شرکت های تحقیقاتی خصوصی	دانشگاه ها و پژوهشگاه ها	اشخاص حقیقی (نخبه و محقق)
نیازسنجی	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۲	
طراحی مفهومی	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۴۵	۰/۱۴	
طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۱۴	۰/۲۴	
طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۲۱	۰/۱۹	
ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۱۵	۰/۲۳	
ساخت نمونه معیار تولید	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۲	

در ادامه، مقادیر A_j ، B_k و C_{jk} به ترتیب بر اساس روابط (۱)، (۲) و (۳) و مقادیر به دست آمده در جدول‌های بالا به شرح زیر محاسبه شده است:

جدول شماره (۶): ضریب قابلیت برون‌سپاری مراحل پروژه (A_j)

مرحله	ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	طراحی مفهومی	نیازسنجی	ساخت نمونه معیار تولید
A_j	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۲۶

جدول شماره (۷): ضریب قابلیت انتخاب نوع پیمانکار (B_k)

نوع پیمانکار	مراکز تحقیقاتی و علمی	شرکت‌های تحقیقاتی خصوصی	دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها	اشخاص حقیقی (نخبه و محقق)
B_k	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲	۰/۲

جدول شماره (۸): ضریب‌های قابلیت انتخاب انواع پیمانکاران در مراحل مختلف پروژه (C_{jk})

مرحله (j)	نوع پیمانکار (k)	مراکز تحقیقاتی و علمی	شرکت‌های تحقیقاتی خصوصی	دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها	اشخاص حقیقی (نخبه و محقق)
نیازسنجی		۱/۴۴۲	۱/۶۵۵	۱/۰۳۹	۱/۰۸۶
طراحی مفهومی		۲/۴۱۸	۲/۷۷۴	۱/۷۴۱	۱/۸۱۹
طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی		۴/۶۵۲	۵/۳۳۷	۳/۳۴۹	۳/۵۰۱
طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی		۶/۰۶۱	۶/۹۵۵	۴/۳۶۴	۴/۵۶۲
ساخت و آزمون نمونه عملیاتی		۵/۸۷۲	۶/۷۳۷	۴/۲۲۸	۴/۴۱۹
ساخت نمونه معیار تولید		۷/۱۸	۸/۲۳۸	۵/۱۶۹	۵/۴۰۳

ضریب‌های به دست آمده در جدول بالا بیانگر قابلیت انتخاب نوع پیمانکاران در هر یک از مراحل مختلف پروژه بوده و مبنای اولویت‌بندی فعالیت‌های قابل برون‌سپاری پروژه جهت واگذاری به پیمانکار می‌باشد. به این صورت که ابتدا، فعالیت‌هایی که از نظر گروه اجرایی پروژه قابل برون‌سپاری هستند، انتخاب شده و امتیاز برون‌سپاری

آن‌ها براساس جدول شماره (۲) مشخص می‌گردد (X_{jl}). در ادامه؛ باتوجه به اینکه فعالیت‌های انتخاب‌شده متعلق به یکی از مراحل ۶ گانه پروژه می‌باشد، بر اساس رابطه (۴)، با محاسبه حاصل ضرب امتیاز برون‌سپاری در ضریب‌های مربوطه در جدول (۸)، قابلیت برون‌سپاری هر فعالیت جهت واگذاری به پیمانکاران، تعیین شده (Y_{jkl}) و براساس مقادیر به‌دست آمده، فعالیت‌های قابل برون‌سپاری پروژه در سطح مراحل اجرایی و کل پروژه اولویت‌بندی می‌گردد.

۴-۳. تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی

در این مرحله به‌صورت نمونه، تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های اجرایی یک پروژه تحقیقاتی در یکی از سازمان‌های تحقیقاتی دفاعی مورد بررسی قرار گرفته و نسبت به اولویت‌بندی برون‌سپاری آن اقدام شده است. برای این منظور، ابتدا از مدیر و کارشناسان پروژه منتخب خواسته شد که بر اساس برگه امتیازدهی برون‌سپاری، فعالیت‌های قابل برون‌سپاری را به تفکیک مراحل اجرایی پروژه، مشخص نموده (تعداد ۲۲ فعالیت، قابل برون‌سپاری تشخیص داده شد) و سپس با روش امتیازدهی و براساس دلایل برون‌سپاری، به فعالیت‌های قابل برون‌سپاری امتیاز دهند. پس از امتیازدهی و اعمال ارزش عددی مربوط به دلایل برون‌سپاری (جدول شماره ۲)، امتیاز برون‌سپاری فعالیت‌ها به تفکیک هر مرحله (X_{jl}) مشخص شده و بر اساس الگوسازی محاسباتی که ارائه شد، نسبت به محاسبه امتیاز نهایی برون‌سپاری فعالیت‌ها و اولویت‌بندی فعالیت‌های قابل برون‌سپاری پروژه اقدام گردید. برای تبیین بهتر نتایج به‌دست آمده، چگونگی محاسبه Y_{jkl} به تفکیک هر مرحله و انواع پیمانکاران ($k=1, \dots, 4$)، در پروژه منتخب ارائه شده است:

۴	۳	۲	۱	K
اشخاص حقیقی (نخبه و محقق)	مراکز تحقیقاتی و علمی دولتی	شرکت‌های تحقیقاتی خصوصی	دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها	انواع پیمانکار

۱-۳-۴. اولویت‌بندی برون‌سپاری فعالیت‌ها به تفکیک مراحل اجرایی پروژه

مرحله (۱): نیازسنجی

۱- به‌ازای $j=1$ و $k=1$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{11} = 1.039$ اعمال شده است:

$$Y_{1l} = \sum_{l=1}^L 1.039 * X_{1l}$$

۲- به‌ازای $j=1$ و $k=2$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{12} = 1.655$ اعمال شده است:

$$Y_{12l} = \sum_{l=1}^L 1.655 * X_{1l}$$

۳- به‌ازای $j=1$ و $k=3$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{13} = 1.442$ اعمال شده است:

$$Y_{13l} = \sum_{l=1}^L 1.442 * X_{1l}$$

۴- به‌ازای $j=1$ و $k=4$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{14} = 1.086$ اعمال شده است:

$$Y_{14l} = \sum_{l=1}^L 1.086 * X_{1l}$$

مرحله (۲): طراحی مفهومی

۱- به‌ازای $j=2$ و $k=1$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{21} = 1.741$ اعمال شده است:

$$Y_{2l} = \sum_{l=1}^L 1.741 * X_{2l}$$

۲- به‌ازای $j=2$ و $k=2$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{22} = 2.774$ اعمال شده است:

$$Y_{22l} = \sum_{l=1}^L 2.774 * X_{2l}$$

۳- به‌ازای $j=2$ و $k=3$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{23} = 2.418$ اعمال شده است:

$$Y_{23l} = \sum_{l=1}^L 2.418 * X_{2l}$$

۴- به‌ازای $j=2$ و $k=4$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{24} = 1.819$ اعمال شده است:

$$Y_{24l} = \sum_{l=1}^L 1.819 * X_{2l}$$

مرحله (۳): طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی

۱- به‌ازای $j=3$ و $k=1$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{31} = 3.349$ اعمال شده است:

$$Y_{31l} = \sum_{l=1}^L 3.349 * X_{3l}$$

۲- به‌ازای $j=3$ و $k=2$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{32} = 5.337$ اعمال شده است:

$$Y_{32l} = \sum_{l=1}^L 5.337 * X_{3l}$$

۳- به‌ازای $j=3$ و $k=3$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{33} = 4.652$ اعمال شده است:

$$Y_{33l} = \sum_{l=1}^L 4.652 * X_{3l}$$

۴- به‌ازای $j=3$ و $k=4$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{34} = 3.501$ اعمال شده است:

$$Y_{34l} = \sum_{l=1}^L 3.501 * X_{3l}$$

مرحله (۴): طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی

۱- به‌ازای $j=4$ و $k=1$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{41} = 4.364$ اعمال شده است:

$$Y_{41l} = \sum_{l=1}^L 4.364 * X_{4l}$$

۲- به‌ازای $j=4$ و $k=2$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{42} = 6.955$ اعمال شده است:

$$Y_{42l} = \sum_{l=1}^L 6.955 * X_{4l}$$

۳- به‌ازای $j=4$ و $k=3$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{43} = 6.061$ اعمال شده است:

$$Y_{43l} = \sum_{l=1}^L 6.061 * X_{4l}$$

۴- به‌ازای $k=4$ و $j=4$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{44} = 4.562$ اعمال شده است:

$$Y_{44l} = \sum_{l=1}^L 4.562 * X_{4l}$$

مرحله (۵): ساخت و آزمون نمونه عملیاتی

۱- به‌ازای $k=1$ و $j=5$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{51} = 4.228$ اعمال شده است:

$$Y_{51l} = \sum_{l=1}^L 4.228 * X_{5l}$$

۲- به‌ازای $k=2$ و $j=5$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{52} = 6.737$ اعمال شده است:

$$Y_{52l} = \sum_{l=1}^L 6.737 * X_{5l}$$

۳- به‌ازای $k=3$ و $j=5$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{53} = 5.872$ اعمال شده است:

$$Y_{53l} = \sum_{l=1}^L 5.872 * X_{5l}$$

۴- به‌ازای $k=4$ و $j=5$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{54} = 4.419$ اعمال شده است:

$$Y_{54l} = \sum_{l=1}^L 4.419 * X_{5l}$$

مرحله (۶): ساخت نمونه معیار تولید

۱- به‌ازای $k=1$ و $j=6$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{61} = 5.169$ اعمال شده است:

$$Y_{61l} = \sum_{l=1}^L 5.169 * X_{6l}$$

۲- به‌ازای $k=2$ و $j=6$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{62} = 8.238$ اعمال شده است:

$$Y_{62l} = \sum_{l=1}^L 8.238 * X_{6l}$$

۳- به‌ازای $k=3$ و $j=6$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{63} = 7.18$ اعمال شده است:

$$Y_{63l} = \sum_{l=1}^L 7.18 * X_{6l}$$

۴- به ازای $j=6$ و $k=4$ ، مقدار ضریب C_{jk} برابر $C_{64} = 5.403$ اعمال شده است:

$$Y_{64l} = \sum_{l=1}^L 5.403 * X_{6l}$$

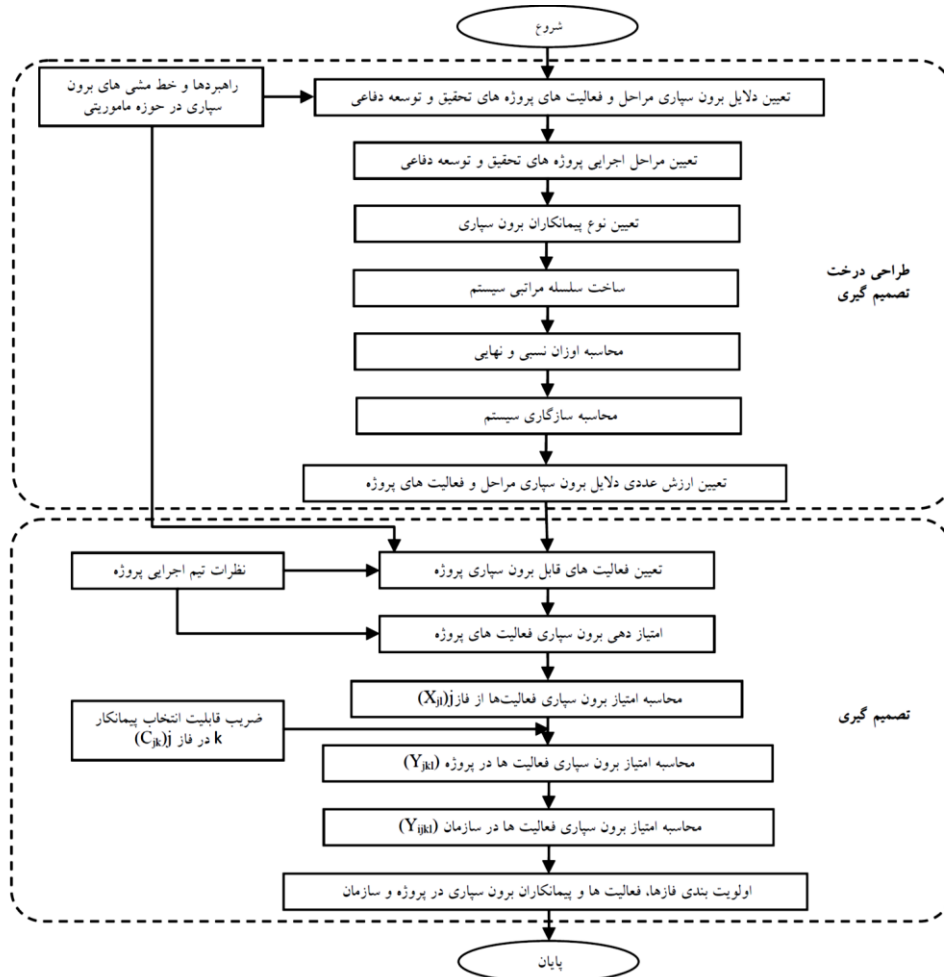
(توضیح: اولویت بندی فعالیت های قابل برون سپاری و پیمانکاران هر مرحله از پروژه منتخب با استفاده از الگوسازی محاسباتی، انجام گرفته و نتایج ثبت گردید).

۲-۳. اولویت بندی برون سپاری فعالیت های پروژه

نتایج به دست آمده در مرحله قبلی، اولویت بندی فعالیت های قابل برون سپاری پروژه را به تفکیک مراحل آن ارائه می نماید. برای به دست آوردن اولویت فعالیت های قابل برون سپاری در کل پروژه، اولویت بندی مجدد براساس امتیاز نهایی برون سپاری فعالیت ها صورت گرفت. با توجه به اینکه تعداد ۲۲ فعالیت قابل برون سپاری بوده و قابلیت انتخاب تعداد ۴ پیمانکار برای هر فعالیت وجود داشت، در مجموع تعداد ۸۸ اولویت برون سپاری برای پروژه مشخص شده که با ادغام امتیازات مشترک، در نهایت تعداد ۵۲ اولویت برای مدیر پروژه نتیجه گیری گردید.

۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

این تحقیق در راستای تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های اجرایی پروژه های تحقیق و توسعه دفاعی انجام شده است. در این راستا، دلایل برون سپاری فعالیت ها، مراحل اجرایی و پیمانکاران برون سپاری پروژه های تحقیق و توسعه دفاعی شناسایی شده و سپس با به کار گیری ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی و روش امتیازدهی و استفاده از نظرهای خبرگان، الگوی تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های اجرایی پروژه های تحقیق و توسعه دفاعی به شکل زیر طراحی شده است:



شکل شماره (۳): الگوی تصمیم‌گیری برون‌سپاری فعالیت‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی

در ادامه، یک پروژه به صورت نمونه در یکی از سازمان‌های تحقیقاتی دفاعی انتخاب شده و سپس بر اساس الگوی بالا، امتیاز نهایی برون‌سپاری فعالیت‌های قابل برون‌سپاری محاسبه و سپس فعالیت‌های قابل برون‌سپاری و پیمانکاران برون‌سپاری پروژه اولویت‌بندی گردید. با اجرای الگوسازی محاسباتی الگو، افزون‌بر اولویت‌بندی فعالیت‌ها، نتایج دیگری به شرح زیر به دست آمده است:

الف) اولویت‌بندی دلایل برون‌سپاری فعالیت‌ها:

(۱) کاهش عدم قطعیت فناورانه؛

(۲) کاهش زمان اجرا؛

(۳) کاهش هزینه اجرا؛

(۴) رسوب دانش تخصصی؛

(۵) دسترسی به مهارت‌ها، امکانات و تجهیزات بیرونی.

در این راستا، گزاره‌های پیشنهادی زیر کاربردی و قابل استفاده است:

(۱) «کاهش عدم قطعیت فناورانه»؛ مهم‌ترین دلیل برون‌سپاری فعالیت‌های پروژه‌های

تحقیق و توسعه دفاعی است؛

(۲) در برون‌سپاری فعالیت‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، «کاهش زمان

اجرا» مهم‌تر از «کاهش هزینه اجرا» می‌باشد؛

(۳) در برون‌سپاری فعالیت‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی؛ «دسترسی به

مهارت‌ها، امکانات و تجهیزات بیرونی»، کمترین منافع حاصل از برون‌سپاری را به‌دنبال دارد.

ب) اولویت‌بندی قابلیت برون‌سپاری مراحل پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی:

(۱) ساخت نمونه معیار تولید؛

(۲) طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی؛

(۳) ساخت و آزمون نمونه عملیاتی؛

(۴) طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی؛

(۵) طراحی مفهومی؛

(۶) نیازسنجی.

در این راستا، گزاره‌های پیشنهادی زیر کاربردی و قابل استفاده است:

(۱) در پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «نیازسنجی» از

کمترین قابلیت برون‌سپاری برخوردارند؛

- (۲) در پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «ساخت نمونه معیار تولید»، از بیشترین قابلیت برون‌سپاری برخوردارند؛
- (۳) در پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «ساخت نمونه معیار تولید»، قابلیت برون‌سپاری بیشتری را نسبت به فعالیت‌های مرحله «ساخت و آزمون نمونه عملیاتی» دارد؛
- (۴) در پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی»، قابلیت برون‌سپاری بیشتری را نسبت به فعالیت‌های مرحله «طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی» دارد؛
- (۵) در پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «طراحی مفهومی»، قابلیت برون‌سپاری بیشتری را نسبت به فعالیت‌های مرحله «نیازسنجی» دارد.
- ج) اولویت‌بندی انواع پیمانکاران برون‌سپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی:
- (۱) شرکت‌های تحقیقاتی خصوصی؛
 - (۲) مراکز تحقیقاتی و علمی دولتی؛
 - (۳) اشخاص حقیقی (نخبه و محقق)؛
 - (۴) دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها.
- در این راستا، گزاره‌های پیشنهادی زیر کاربردی و قابل استفاده است:
- (۱) در اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، بیشترین انتخاب پیمانکاران برون‌سپاری مربوط به «شرکت‌های تحقیقاتی خصوصی» می‌باشد؛
- (۲) در اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، کمترین انتخاب پیمانکاران برون‌سپاری مربوط به «دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها» می‌باشد.
- د) اولویت‌بندی قابلیت برون‌سپاری مراحل بر اساس دلایل برون‌سپاری بر اساس جدول زیر، مراحل پروژه به تفکیک دلایل برون‌سپاری مراحل و فعالیت‌ها، اولویت‌بندی شده است:

جدول شماره (۹): اولویت‌بندی قابلیت برون‌سپاری مراحل پروژه براساس دلایل برون‌سپاری

اولویت	کاهش عدم قطعیت فناوریانه	دسترسی به مهارت-ها، تجهیزات و امکانات بیرونی	کاهش زمان اجرا	رسوب دانش تخصصی	کاهش هزینه اجرا
۱	طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	ساخت نمونه معیار تولید	ساخت نمونه معیار تولید	طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	ساخت نمونه معیار تولید
۲	طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	ساخت نمونه معیار تولید	ساخت و آزمون نمونه عملیاتی
۳	ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی	ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	ساخت و آزمون نمونه عملیاتی	طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی
۴	ساخت نمونه معیار تولید	طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی	طراحی مقدماتی و ساخت نمونه آزمایشی
۵	طراحی مفهومی	طراحی مفهومی	طراحی مفهومی	طراحی مفهومی	طراحی مفهومی
۶	نیازسنجی	نیازسنجی	نیازسنجی	نیازسنجی	نیازسنجی

در این راستا، گزاره‌های پیشنهادی زیر کاربردی و قابل استفاده است:

- (۱) در اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی» از بالاترین سطح عدم قطعیت فناوریانه برخوردارند؛
- (۲) در اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، بیشترین حجم مهارت‌ها، تجهیزات و امکانات بیرونی در مرحله «ساخت نمونه معیار تولید» مورد استفاده قرار می‌گیرد؛
- (۳) در اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، برون‌سپاری فعالیت‌های مرحله «ساخت نمونه معیار تولید»، بیشترین صرفه‌جویی هزینه و زمان را به دنبال دارد؛
- (۴) در اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه دفاعی، فعالیت‌های مرحله «طراحی تفصیلی و ساخت نمونه مهندسی» با بیشترین کمبود دانش تخصصی مواجه‌اند.

منابع و یادداشت‌ها

الف. منابع فارسی

۱. رزمی، جعفر و شهرزاد فقیه‌روحو، (۱۳۸۹)، تصمیم‌گیری جهت برون‌سپاری سیستم‌های اطلاعات با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی مرحله‌ای، *فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی*، شماره ۱۳.
۲. شهنقی، کامران، (۱۳۸۸)، طراحی الگوی تصمیم‌گیری بر اساس MODM جهت برون‌سپاری عملیات نگهداری و تعمیرات، *فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین*، سال ۱۱، شماره ۲۸، زمستان.
۳. صفایی قادیکلانی، عبدالحمید، حسنعلی آقاجانی و هادی درگاهی، (۱۳۹۱)، ارزیابی رویکردی ترکیبی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مرحله‌ای به منظور اولویت‌بندی استراتژی‌های دستیابی به تولید در کلاس جهانی، *مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن*، سال ۹، شماره ۲، پیاپی ۳۳، تابستان.
۴. فاروقی، هیوا، مهدی بدریان و ساجده منصورپور، (۱۳۹۱)، ارائه مدل تلفیقی FMEA، QFD و AHP مرحله‌ای برای بهبود تصمیم‌گیری در برون‌سپاری لجستیک، *فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین*، شماره ۳۸، زمستان.
۵. فولادی، قاسم، (۱۳۹۰)، *ارزیابی و استفاده از سطوح آمادگی فناوری*، تهران، مؤسسه آموزشی تحقیقاتی صنایع دفاعی، انتشارات شرکت پیشرو فناوری قائد، چاپ اول.
۶. معتدل، محمدرضا، محمدعلی افشار کاظمی و سارا دست‌باز، (۱۳۹۰)، ارائه مدلی جهت پشتیبانی تصمیمات برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات با استفاده از متد تصمیم‌گیری گروهی، *مجله پژوهش‌های مدیریت*، شماره ۸۹.
۷. نظری‌زاده، فرهاد، (۱۳۸۴)، بررسی شیوه‌های برون‌سپاری تحقیق و توسعه، تهران، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.

الف. منابع لاتین

1. Ashrafzadeh Farhad, (2005), Outsourcing decision model with fuzzy logic control, *Journal of Management Studies*, Vol. 46.
2. Balachandra, R, (2003), Outsourcing R&D, *Working Paper*, No 05-004.

3. BradacHojnik. B& M.Rebernik, (2012), Outsourcing of R&D and Innovation Activities in SMEs:Evidence from Slovenia, *Journal of Economics and Business*, Vol. X, Issue 2.
4. Choi, Jeong-Hwan, Lee, Jeong-Dong, Ko, Seong-Pil, (2012), Research on Make or Buy Decision making Strategy Using System Dynamics: Focused on Korea's Military Improvement Project, *30th International Conference of the System Dynamics Society*, Switzerland, 22-26 July.
5. Cui, Zhijian&Christoph, Loch, (2010), A Strategic Decision Framework for Innovation Outsourcing, *International Journal of Innovation Management*, Vol. 15.
6. Hatonen&Eriksson, (2009), 30 years of research and practice of outsourcing – Exploring the past and anticipating the future, Elsevier, *Journal of International Management*, 15.
7. Kaya, Ihsan (2012), Evaluation of outsourcing alternatives under fuzzy environment for waste management, *International Journal of Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 60.
8. Kicová, Katarína Kramárová, (2013), Innovation Outsourcing, *The 7th International Days of Statistics and Economics*, Prague, September 19-21.
9. Martinez-Noya, Andrea&Esteban Garcia-Canal, (2011), Technological Capabilities and the Decision to Outsource/Outsource Offshore R&D Services, *Journal of International Business Review*, Vol. 20.
10. Miyamoto, Dai (2007), Determinants of R&D Outsourcing at Japanese Firms: Transaction Cost and Strategic Management Perspectives, *International Journal of Human and Social Sciences*, 2, 5.
11. Mohtashami, Ali, Olfat Laaya, (2012), Decision-making or buying in a state of uncertainty with fuzzy logic approach using simulation and multi-criteria decision, *Journal of Production and Operations Management*. Vol.5.
12. Mota, Caroline Maria de Miranda, Adiel Teixeira de Almeida, Luciana Hazin Alencar, (2009), A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management, *International Journal of Project Management*, Vol. 27.
13. Narula.R (2001), Choosing between internal and non-internal R&D activities: Some technological and economic factors, *International Journal of Technology Analysis and Strategic Management*, 13(3).
14. Pandey. V. V.Bansal (2003), *A Decision Framework for IT Outsourcing using Analytic Hierarchy Process*, Indian Institute of Technology Kanpu.
15. Pooja Thakur, (2010), *Offshoring and outsourcing of core corporative activites: the global relocation of pharmaceutical industry clinical trials*, Ph.D thesis, The State University of New Jersey in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy Ph.D. in Management.
16. Rundquist, J (2007), *Outsourcing of New Product Development-A decision Framework*, Lulea University of technology, Licentiate thesis, Department of Business Administration and Social Sciences.

17. Sang, YunHan&SungJoo, Bae, (2014), Internalization of R&D outsourcing: An empirical study, *International Journal Production Economics*, Vol.150.
18. Soner, Akko&Kemal Vatansever, (2013), Fuzzy Performance Evaluation with AHP and Topsis Methods: Evidence from Turkish Banking Sector after the Global Financial Crisis, *Eurasian Journal of Business and Economics*, Vol.6 (11).
19. Stefano, Pascucci&Annie Royer and Jos Bijman (2012), To Make or to Buy, is this the Question? Testing Making or Buying Decisions to Explain Innovation-sourcing Strategies in the Food Sector, Canada, Quebec, *Management Studies Group*.
20. Teirlinck, Peter&Michel Dumont and Andre´ Spithoven, (2010), Corporate Decision-making in R&D Outsourcing and the Impact on Internal R&D Employment Intensity, *Industrial and Corporate Change*, Vol.19, No.6.
21. Tjader, Youxu&Jennifer S. Shang and Luis G. Vargas, (2010), Offshore outsourcing decision making: A policy-maker's perspective, *European Journal of Operational Research*, Vol. 207.
22. Vidal, Ludovic-Alexandre&Franck Marle, Jean-Claude Bocquet, (2011), Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects, *International Journal of Expert Systems with Applications*, Vol. 38.
