فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۷ / شماره ۲ (پیاپی ۶۶) / تابستان ۱۴۰۷
صفحه ۰۱ تا ۳۷

مدلی برای زنجیره تأمین خدمات در صنعت بانکداری: رویکرد برنامه‌ریزی سه سطحی مبتنی بر تئوری بازی

امیرحسین محسنی بیک‌زاده
گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران.
Amirhossein_mb86@yahoo.com

شکراله زیاری
گروه ریاضی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی ، فیروزکوه، ایران. (نویسنده مسئول)
shok_ziari@yahoo.com

مهدی امیرمیاندرق
گروه ریاضی ، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران
mehdi59ir@gmail.com

ابراهیم نیک‌نقش
گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران
eniknaghsh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷

چکیده

این تحقیق با بررسی ادبیات سه حوزه تدوین بودجه و امکانات سازمانی جهت پیشرفت سازمان، برون‌سپاری فرآیندهای بهبود سازمانی و نیز انتخاب تأمین‌کننده به این نتیجه رسیده است که روش‌ها و توصیه‌های انجام شده در این حوزه به‌شدت از یکدیگر مستقل فرض شده‌اند و هیچ‌گاه یک مدل جامع نتوانسته است بنابر اقتضائات یک سازمان، واحد و نیز تأمین کنندگان به سهولت به شرایط پاسخ دهد. از این رو این تحقیق با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی سه سطحی و بنابر مفهوم تئوری بازی‌ها درصدد بوده است تا این یکپارچگی را رعایت نماید و همانند یک بازی رهبر-پیرو، دائماً تصمیمات را به چالش کشد. مدل ارائه‌شده در فصل سوم توانسته است به‌کمک کدنویسی مناسب در نرم‌افزار متلب به‌کمک ارائه یک الگوریتم فراابتکاری آید تا نه‌تنها ارزش این تحقیق به ارائه مدل آن باشد بلکه توانسته باشد از روش حل مناسبی نیز بهره گیرد. ارائه چندین مثال که با اعداد تصادفی ایجاد شده‌اند توانسته است این مهم را به ثمر رساند.

واژه‌های کلیدی: بهبود فرآیند سازمانی، سطح واحد سازمانی، برون‌سپاری، انتخاب تأمین‌کننده، بازی چند سطحی، الگوریتم فراابتکاری.

۱- مقدمه

صنعت بانکداری به دلیل پیچیدگی زنجیره تامین خدمات مالی شبکه ارتباطات گسترده و عدم قطعیت‌های آینده نظام اقتصادی کشور با ریسک‌های بسیاری مواجه شده است. شاخص های محیطی تا حدودی توسط تعدادی از بانک ها به منظور ارائه تصویر مناسب از بانک در جامعه به عنوان حامی محیط زیست و اجتماع پیگیری میشود اما کمتر به شاخص‌های اقتصادی در مبحث پایداری زنجیره تامین خدمات بانکی توجه شده است(خوش نویس و همکاران، ۱۴۰۲). با آغاز فعالیت سازمان‌ها و مجموعه‌های مشارکتی، ساختارهای بوروکراتیک شکل گرفتند تا براساس اصول مدیریتی، نیروی انسانی و تکنولوژی شرکت اداره و در راستای اهداف مورد نظر هدایت شوند. سازمان‌ها با توسعه فعالیت‌ها، مشتریان و منابع مختلف خود در چرخه بی‌انتهایی به نام جذب نیروهای مجرب افتادند که نه‌تنها در جذب بلکه در کنترل آنها نیز دچار معضلات عدیده‌ای شدند که سبب بروز اختلافات و فساد نیز می‌شدند. این قبیل سازمان‌ها هر چه بیشتر به تعداد لایه‌های خود می‌افزودند، صدای مدیران خود را کمتر به متصدیان و کارمندان پایین‌تر می‌رساندند. از ویژگی‌های بارز چنین سازمان‌هایی، سنگین شدن و نزدیک شدن به زوال است، زوالی که نه به‌علت صرف هزینه‌های بسیار جهت خودکفایی! در برخی مواقع چنین سازمان‌هایی نمی‌تواند، منابع را مدیریت نموده تا آنجا که این منابع به‌عنوان شمشیر دولبه، حیات و بقای سازمان را هدف خواهند گرفت. در چنین شرایطی، برخی شرکت‌ها حذف کسب‌وکارهای کوچک و تمرکز بر یک هدف، بعضی مهندسی مجدد سازمان، عده‌ای دیگر تبدیل سازمان به یک سازمان نظارتی مادر و ایجاد شرکت‌های تابعه، برخی استفاده از مشاوران و سیستم‌های اطلاعاتی را برگزیده‌اند و برخی نیز به‌دنبال در اختیار قرار دادن عنان برخی از فعالیت‌های کلیدی و غیرکلیدی خود به دستان توانمندتر از خود بوده‌اند. دسته آخر معتقدند که می‌توان مجموعه‌های شایسته‌تر از درون سازمان را یافت و بسیاری از معضلات کنونی را به تجربه آنان سپرد و تنها چون مالکی بر روند اجرای آن نظارت نمود. آنها معتقدند که شایستگی در این حوزه تنها در بحث توانایی انجام نیست بلکه موضوع اصلی علاوه بر اثربخشی، کارایی منابع و ایجاد هزینه‌های پایین‌تر با منافع بیشتر است. به‌عبارتی، شایستگی در برون‌سپاری را اغلب به‌صورت تجمیع کارایی، اثربخشی و اطمینان‌بخشی تعریف نموده‌اند. در این بین با وجود توافق بر سر ماهیت برون‌سپاری، تفاوت عقیده در زمینه نحوه انتخاب، تعداد و نیز نظارت و بازرسی این فرآیندها نهفته است (زیدانی، ۱۳۸۷). البته تنها آن دسته از فرآیندهایی را باید برون‌سپاری کرد که هزینه و نیروی انسانی زیادی می‌طلبد و طبق زنجیره ارزش پورتر، ارزش چندانی به کسب‌وکار نمی‌افزایند، چنین فعالیت‌هایی که با وجود ۸۰٪ هزینه، تنها ۲۰٪ ارزش افزوده دارند را به شرکت‌های خبره‌ای واگذار نمایند که در عین کیفیتی بهتر (یا با کیفیتی برابر)، هزینه‌ی کمتری برای سازمان به‌همراه دارند. سبک کردن سازمان تنها در این محدوده باید رخ دهد و نباید عنان و افسار سازمان را در اختیار واحدهای مستقل برون سازمانی قرار داد(فیل و ویسر[1]، ۲۰۰۰). در این تحقیق با رویکرد برنامه‌ریزی سه سطحی مبتنی بر تئوری بازی مدلی برای زنجیره تأمین خدمات در صنعت بانکداری طراحی شد. نظریه بازیها از جمله نظریه‌های انتخاب عقلانی محسوب می‌شود و همچنین شکل تخصصی و ریاضی شده مدل بازیگر خردمند در نظریه‌های تصمیم گیری است. مسأله نظریه بازیها به این صورت است که

[1] - Fill and Visser

کنش و رفتار اجتماعی انسان محاسبه گرایانه و عقلانی است و انسان را موجودی عقلانی می داند؛ یعنی اینکه انسان بر اساس سود و هزینه عمل می کند و رفتار محاسبه گرایانه اقتصادی و مادی دارد . یکی از مفروض‌های اصلی نظریه بازیها اصل کم بیشینه است که هر بازیگر بدنبال بیشتر کردن کمترین امتیازی است که مطمئن به بدست آوردن آن است و در پی کم کردن بیشترین ضرری است که تحمل آن اجتناب ناپذیر است(عسگری و همکاران، ۱۴۰۱).

در مقابل، پیروان مکتب «برون‌سپاری فرآیندهای تجاری» معتقدند نباید انفصال بین درون سازمان و لایه خدمت‌دهنده آن به وجود آید؛ بلکه باید از ابتدا تا انتهای فعالیت‌ها یا فرآیندهای تجاری، که منجر به ارائه خدمات به مشتریان سازمان می‌شود را به خبرگان واگذار نمود، علاوه بر فعالیت‌های جلو دفتری، تعداد زیادی از فرآیندهای پشت‌دفتری‌ای که منجر به فرآیندهای جلو دفتری می‌شوند را می‌توان و باید برون‌سپاری نمود. آنها معتقدند که فقط هسته‌ای که نقش نظارتی دارند، مابقی را باید واگذار کرد لیکن باید به‌شدت نظارت نمود(بومونت و سوهال[1]، ۲۰۰۴). گروه سوم، دیدگاه افراطی در برون‌سپاری دارند و باور دارند که باید تمامی اقدامات را برون‌سپاری کرد لیکن به‌نحوی سیاست‌گذاری کرد که همگی بدون احساس وجود سیستم بالادستی، تنها خواسته‌های از پیش تعیین شده را اجرا نمایند. این دسته معتقدند که اگر نفع همگان در رعایت چنین سیاست‌هایی موجب انتفاع همگان شود، همه آنچه که از پیش برآورد می‌شود را اجرایی می‌نمایند و هیچ سازمانی نباید برای استمرار، نظارت یا اجرا درگیر شود. ردپای پیروان این مکتب را می‌توان در مباحثی چون حکمرانی خوب یا حکمرانی الکترونیکی خوب مشاهده کرد(کینگ[2]، ۲۰۰۵). در پاسخ به بسیاری از چالش‌ها، مدل یکپارچه زنجیره تامین بانکداری به عنوان یک چارچوب جامع متناسب با نیازهای خاص کسب و کارها در بازارهای در حال توسعه ظاهر می‌شود(چن و همکاران[3]، ۲۰۲۱؛ ماجومدر و حبیب[4]، ۲۰۲۲). در هسته خود، مدل زنجیره تامین بانکداری نشان دهنده یکپارچگی استراتژیک خدمات بانکی با شیوه های مدیریت زنجیره تامین است. این مدل با تقویت همکاری بین ذینفعان مختلف، از جمله بانک‌ها، شکسب و کارها، تامین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان، به دنبال ساده‌سازی عملیات، افزایش شفافیت و کاهش خطرات در سراسر زنجیره تامین است(ادونجوبی[5]، ۲۰۲۴). لذا در این پژوهش، نگاهی یکپارچه به سه موضوع «امکان / عدم امکان برون‌سپاری فعالیت‌ها، سطح برون‌سپاری و نیز نحوه برون‌سپاری» دارد، تا زمینه ارائه مدلی یکپارچه جهت تصمیم‌گیری مدیران فراهم کند، بطوری‌که هر مدیری براساس تحلیل شرایط مختلف نسبت به تصمیم‌گیری نهایی اقدام نماید. برای ایجاد چنین مدلی باید تمامی عناصر در مدلی تعادلی قرار گیرند و هم زمان به بهینه‌سازی آن از طریق اوزان و ضرایب شرایط قبلی و آتی صنعت، پردازش شود.

[1] - Beaumont and Sohal
[2] - King
[3] - Chen, et al
[4] - Majumder and Habib
[5] - Edunjobi

مروری بر پیشینه تحقیق

در دهه‌های اخیر، ارزیابی تامین‌کننده به‌عنوان یک بخش استراتژیک در هر سازمان تجاری با هدف کاهش ریسک و بیشینه کردن خروجی نهایی برای خریدار تبدیل شده‌است. ارزیابی تامین‌کننده غالباً رویکردی صریح و ساخت-یافته براساس پیمایش فراگیر که در صنعت اجرا شده‌است را دنبال می‌کند. یک پیمایش درباره‌ی تامین‌کننده‌ی مؤثر بایستی شامل مشخصه‌های معینی مانند جامعیت، هدفمندی، اعتمادپذیری و انعطاف‌پذیری باشد. برای اطمینان از اینکه این مشخصه‌ها در پیمایش تامین‌کننده وجود دارند، باید یک فرایند قدم به قدم اتخاذ شود. کمینه کردن هزینه‌ها و بیشینه کردن سود از طریق افزایش ارزش تامین‌کنندگان و دیگر جنبه‌های مدیریتی مانند مدیریت کیفیت، توزیع، قیمت‌گذاری رقابتی و غیره، به‌عنوان معیارهای انتخاب تامین‌کننده در نظر گرفته می‌شوند (سیمسون و همکاران[1]، ۲۰۰۲). تامین‌کنندگان می‌توانند به دسته‌های تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، صنعت‌گران مستقل و منابع وارداتی دسته‌بندی شوند. استراتژی برون‌سپاری فعالیت‌های تولیدی، می‌تواند یک انتخاب یا یک تصمیم رقابتی و ضروری باشد (کالینز و همکاران[2]، ۱۹۹۹). از سوی دیگر، فرض می‌شود برون‌سپاری باید یک فعالیت مشارکتی باشد که در آن نقش یا مسئولیت یا درگیریِ مدیریت تأمین بالاتر از حد میانگین است و به‌طور چشم‌گیری افزایش یابد (لیندرز و همکاران[3]، ۲۰۰۲). همچنین، فرایند انتخاب گروهی از تامین‌کنندگان شایسته برای مواد ضروری تأثیر زیادی روی مزیت رقابتی شرکت دارد، به‌طوری‌که یک تصمیم پیچیده به‌حساب می‌آید و بایستی براساس چندین معیار باشد (ویسترینگ و همکاران[4]، ۲۰۰۵).

چامودراکاس و همکاران (۲۰۱۰) برای پشتیبانی تصمیم در فرایند انتخاب تامین‌کننده‌ی مناسب در بازارهای الکترونیکی، رویکردی دو مرحله‌ای برای ارزیابی ارایه کردند، غربال اولیه‌ی تامین‌کنندگان از طریق اعمال محدودیت‌های سخت روی معیارهای انتخاب و ارزیابی نهایی تامین‌کننده از طریق به‌کارگیری یک گونه‌ی اصلاح شده از روش برنامه‌ریزی ترجیحات فازی. یک رویکرد یکپارچه از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، که توسط تئوری مجموعه‌های سخت و برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته‌ی چندهدفه بهبود یافته است، تا به‌طور همزمان هم تعداد تامین‌کنندگان برای استخدام را تعیین کند و هم در صورت وجود منبع‌یابی چندگانه، محصولات چندگانه با معیارهای چندگانه و محدودیت‌های ظرفیت تامین‌کنندگان، مقدار سفارش را که به تدارکات تخصیص داده می‌شود تعیین کند (زیا و همکاران[5]، ۲۰۰۷). برای فاکتور تخفیف کلی (تخفیف عمده‌فروشی) و کاهش هزینه‌های کلی خرید، یک مدل کامل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح برای تعیین بهترین تامین‌کننده و مقدار سفارش بهینه به کار رفته است (کوکانگول و سوسوز[6]، ۲۰۰۹).

گرچه برای انتخاب تامین‌کنندگان تحت شرایط فازی، داشتن یک رویکرد تحلیلی توصیه می‌شود و یک مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی شامل مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها و برای ارزیابی جنبه‌های متفاوت

[1] - Simpson et al
[2] - Collins et al
[3] - Leenders et al
[4] - Vestring et al
[5] - Xia et al
[6] - Kokangul and Susuz

تامین‌کنندگان ساخته می‌شود. فاکتورهای چندگانه که به‌طور مثبت یا منفی بر موفقیت روابط تأثیر می‌گذارند، با توجه به نظرات خبرگان در مورد اهمیت آنها و به‌دست آوردن رتبه‌ی عملکرد تامین‌کنندگان تحلیل می‌شوند (لی[1]، ۲۰۰۹). کو و همکاران (ب-۲۰۱۰) یک مدل تحلیلی تصمیم‌گیری چند مشخصه براساس شبکه‌های عصبی مصنوعی را توسعه داده‌اند که هنوز برای توسعه مدل انتخاب تامین‌کننده‌ی سبز مورد مطالعه قرار دارد. این پژوهش، شبکه‌های عصبی مصنوعی و دو روش تحلیل تصمیمات چند مشخصه‌ای شامل (۱) تحلیل پوششی داده‌ها و (۲) فرایند تحلیل شبکه‌ای، را ادغام می‌کند. بنابراین، این روش، یک روش ترکیبی تحلیل تصمیم‌گیری چند مشخصه‌ای- شبکه‌های عصبی مصنوعی است و معیارهای انتخاب تامین‌کننده و قوانین محیطی را در نظر می‌گیرد. همچنین بر نارسایی‌های تحلیل پوششی داده‌ها، محدودیت‌های دقت داده‌ها و محدودیت‌های واحدهای تصمیم‌گیری غلبه می‌کند. اوزگن و همکاران (۲۰۰۸) یک تکنیک برنامه‌ریزی خطی احتمالی چند هدفه را با فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تکنیک برنامه‌ریزی خطیِ امکان‌پذیر ادغام کردند، این روش به‌منظور بررسی تمامی فاکتورهای ملموس و ناملموس که برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان و تعریف مقدار سفارش بهینه‌ی واگذار شده به هر تأمین‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. چان و همکاران (۲۰۰۸) یک روش فازی با استفاده از معیارهای بحرانی تصمیم برای تعیین فاکتورهای بحرانی مانند فاکتورهای ریسک، هزینه، کیفیت، عملکرد خدمات برای انتخاب تامین‌کننده‌ی سراسری در سناریوی فعلی کسب و کار پیاده‌سازی کرده‌اند. جنسر و همکاران (۲۰۰۷) یک مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای براساس ارزیابی ارتباطات میان معیارهای انتخاب تامین‌کننده در یک سیستم بازخوردی در سازمان ارتباطات راه دور پیاده‌سازی کرده‌اند. گرچه، لیائو و کائو[2] (۲۰۱۰) تابع زیان تاگوچی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل برنامه‌ریزی هدف چند گزینه‌ای برای حل مسئله‌ی انتخاب تامین‌کننده را ادغام کردند، اما مزیت روش پیشنهادی پژوهش حاضر این است که به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا سطوح چندگانه هدف را برای معیارهای هدف تنظیم کنند. تحلیل مولفه‌ی اصلی فازی روشی برای بررسی مدل انتخاب برای حل مسئله‌ی انتخاب تامین‌کننده‌ی مواد از منظر توسعه‌دهندگان دارایی است. چهار مورد برای خرید مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند تا مدل انتخاب پیشنهادی را پذیرفته شود (لم و همکاران، ۲۰۱۰). شبکه عصبی فازی نقش متفاوتی را بازی می‌کند که تمایل به توسعه‌ی یک سیستم هوشمند پشتیبانی تصمیم تامین‌کننده دارد که قادر است هر دو فاکتور کمی و کیفی را در نظر بگیرد. این سیستم شامل (۱) مجموعه‌ای از داده‌های کمی مانند سود و بهره‌وری و (۲) شبکه عصبی فازیِ مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای استخراج قوانین برای داده‌های کمی و (۳) مدل ادغام تصمیم برای ادغام داده‌های کمی و تصمیم دانش فازی برای دستیابی به تصمیم بهینه می‌باشد. نتایج بیان کرد که سیستم پشتیبانی تصمیم در این مطالعه برای اتخاذ قضاوت دلخواه و دقیق‌تر در انتخاب تامین‌کنندگان بعد از در نظر گرفتن فاکتورهای کمی و کیفی توسعه یافت (کو و همکاران[3]، ۲۰۱۰). قبل از آن، یک مدل انتخاب تامین‌کننده‌ی چند مولفه‌ای با تأمین‌کنندگان که ارائه‌دهنده‌ی تخفیفات کلی هستند پیشنهاد شد که با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارزیابی می‌شود. یک رویکرد ترکیبی برای گروه‌بندی تامین‌کنندگان برای انتخاب و الگوریتم

[1] -Lee
[2] - Liao and Kao
[3] - Kuo et al

ژنتیک برای تخصیص مقدار سفارش بهینه برای هر تامین‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد (آرون کومار و همکاران، ۲۰۰۷). گرچه، کوبات و همکاران (۲۰۰۶) ادغام فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، فرایند سلسله‌مراتبی فازی و الگوریتم ژنتیک برای تعیین بهترین تامین‌کننده را پیشنهاد کردند، جایی که تئوری مجموعه‌ی فازی برای فاکتورهای زبانی به‌منظور سازماندهی معیارها و وزن زیر معیارها با مقایسه‌ی زوجی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آخر، مسئله‌ی فرضی انتخاب تامین‌کننده با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل خواهد شد.
از منظر اقتصادی برون‌سپاری مزایایی به این شرح دارد: مهمترین هدف آن، صرفه‌جویی در هزینه‌ها است. برون‌سپاری می‌تواند منجر به افزایش کارایی و کنترل بیشتر در سازمان می‌شود (کوارد، ۲۰۰۳؛ کومار و همکاران، ۲۰۰۷؛ کومار و ایچهاف، ۲۰۰۶؛ رجان و ریواستاوا، ۲۰۰۷؛ لی، ۲۰۱۰). همچنین این امر می‌تواند سبب شود تا هزینه‌های ثابتی که می‌بایست به ازاء پرسنل انجام دهنده وظیفه، اجاره محل و ... پرداخت شود به هزینه‌های متغیر به ازاء تعداد دفعات دریافت خدمت تبدیل شوند (لالونده، ۲۰۰۵). برون‌سپاری می‌تواند با هدف بهبود کیفیت در سطحی مشخص رخ دهد و در برخی مواقع الزام به ضمانت (گارانتی) نیز نماید. یک عنصر سوم می‌تواند سطح عملیات را به‌واسطه مهارت‌های مناسب خود در انجام آن عملیات، بالا ببرد (ایرانی و همکاران، ۲۰۰۱، الموتی و کاتاوالا، ۲۰۰۰؛ لی، ۲۰۱۰). از منظر زمان‌بر و هزینه‌بر بودن برخی فعالیتها، برون‌سپاری برای کاهش هزینه و بهبود کیفیت، سبب کاهش انرژی و زمان می‌شود (ملو و همکاران، ۲۰۰۸)، بنابراین، سازمان فرصت لازم بر انجام فعالیتهای تخصص خود خواهد داشت (کلات، ۲۰۰۴؛ موخرجی و رامانچادان، ۲۰۰۷). لذا شرایط یادگیری و انعطاف‌پذیری را فراهم می‌کند (یاخلف، ۲۰۰۹) که همگان بر مفهوم اصلی دسترسی، نگهداری و بهبود کارایی سازمانی توافق دارند اما عوامل مختلفی وجود دارند که می‌توانند منجر به برون‌سپاری یک فعالیت شوند.

روش‌های مختلفی از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در این حوزه دارای روند رو به رشدی است. روش‌های مختلف این تکنیک در مسائل مختلف برون‌سپاری به کار رفته است (یانگ و همکاران[1]، ۲۰۰۷). در بسیاری از تحقیقات، عوامل موجود و نیز شاخص‌ها از هم مستقل فرض شده‌اند در حالی که در جهان واقع دارای بازخور و حلقه ارتباطی است (زنگ و همکاران[2]، ۲۰۰۷؛ تسای و چوی[3]، ۲۰۰۹). برای شناسایی هر عامل، باید به کسب‌وکار آن حوزه اشراف کامل داشت (جنر[4]، ۲۰۰۹).

مدل‌سازی بازی‌های چند سطحی و مفاهیم آن

برنامه‌ریزی دو سطحی (چند سطحی) و کاربرد آن در جایابی تسهیلات

بر مسائل برنامه‌ریزی دو سطحی، مسائل بهینه‌سازی ریاضی هستند که مجموعه‌ای از تمام متغیرها بین دو بردار X و Y بخش‌بندی می‌گردند تا X به‌دنبال بهینه‌سازی بردار Y، و متعاقباً برعکس، به جواب بهینه‌ای برسد. لذا

[1] - Yang and Chen
[2] - Tzeng et al
[3] - Tsai and Chou
[4] - Jenner

برنامه‌ریزی دو سطحی، سلسله مراتبی است که محدودیت‌های هر سطح آن براساس بهینگی سطح قبلی تعیین می‌شود. فرض کنید که مسئله ثانوی به‌شکل زیر معرفی گردد:

$$(1.1)\quad \min_x\{f(x,y): g(x,y)\le 0, h(x,y)=0\}, \tag{۱}$$

این مسئله به‌عنوان مسئله سطح پایین‌تر یا مسئله پیرو[1] است. فرض کنید $\psi(y)$ نمایشگر مجموعه جواب مسئله ۱.۱ برای مقدار ثابت $y \in R^m$ باشد. پس Ψ باید به‌عنوان نقطه تعیین از تابع R^m حاصل و به R^n خروجی دهد، که به‌صورت زیر ظاهر می‌شود:

$$\psi : R^m \to 2^{R^n} \tag{۲}$$

برخی از عناصر $\Psi(y)$ را در نظر بگیرید و فرض کنید که تمام گزینه‌ها برای تمام مقادیر y یکتا هستند. حال برنامه‌ریزی دوسطحی می‌خواهد پارامتر بردار y را به‌نحوی تعیین نماید که داده‌های محیطی برای سطح پایین‌تر فراهم شوند. این مقدار قطعاً در همان لحظه بهینه است. به‌عبارت دیگر، این مقدار برای y به‌نحوی انتخاب می‌گردد که محدودیت‌های تساوی یا نامساوی‌های زیر واقع شود:

$$G(x(y),y)\le 0, H(x(y),y)=0 \tag{۳}$$

و مقدار تابع هدف $F(x(y),y)$ کمینه شود و شرط زیر رعایت گردد:

$$F:\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^m\to\mathbb{R}, G:\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^m\to\mathbb{R}^k, H:\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^m\to\mathbb{R}^l \tag{۴}$$

در این رابطه فرض‌های متعددی می‌تواند رعایت شود که حالت کلی آن توسط تابع *Lipshitz* در ادبیات اشاره شده‌است. بنابراین مسئله شناسایی بهترین جواب برای $y(y^*)$ می‌تواند به‌صورت برداری از پارامترهای y^* برای بهینگی رابطه ۱.۱ معرفی شود که با جواب $x(y)\epsilon\,\Psi\,(y)$ نمایشگر اراضی رابطه ۱.۲ باشد و جواب بهینه تابع زیر است:

$$\min_y\{F(x(y),y): G(x(y),y)\le 0, H(x(y),y)=0, \quad x(y)\epsilon\,\Psi\,(y)\}, \tag{۵}$$

این مسئله، مسئله برنامه‌ریزی سطح دوم یا مسئله رهبر[2] است. تابع F به‌عنوان تابع سطح بالا و توابع G وH توابع محدودیت سطح بالایی هستند.

[1] Follower
[2] Leader

این تعریف از مسئله برنامه‌ریزی دوسطحی تنها هنگامی معتبر است که حل سطح پایینی برای هر مقدار محتمل y به صورت یکتا مشخص باشد. در صورتی که مسئله پایینی، حداکثر یک جواب بهینه (عمومی ۱) برای تمام پارامترها داشته باشد، آنگاه مسئله سطح بالا تبدیل به بهینه‌سازی یک مسئله با مشخص بودن مقادیر پارامترها می‌گردد.

مسئله برنامه‌ریزی دو سطحی ۱.۳، یک حالت عمومی از مسائل برنامه‌ریزی مشهور است؛ این مسئله، یک ادراک از نگرش جداسازی[۲] برای حل مسائل بهینه‌سازی است در شرایطی که $F(x,y) = f(x,y), R^m \times R^n$ مسائلی از جنس *Minimax* هنگامی که $F(x,y) = -f(x,y)$ است، رخ می‌دهند. در هر دو حالت، $F(x(y),y)$ از انتخاب معین $x(y) \epsilon \psi(y)$ مستقل است. در این شرایط، *Min* می‌تواند جایگزین حداقل‌سازی در فرمول ۱.۳ شود. اگر وابستگی هر دو مسئله به y رفع شود، مسئله ۱.۳ می‌تواند به‌عنوان یافتن جواب بهینه برای مجموعه ۱.۱ با توجه به تابع هدف سطح بالاتر تعبیر گردد.

در این حالت، بهینگی دو معیاری رخ می‌نماید. آنچه که بهینه‌سازی دوسطحی را از بهینه‌سازی دو معیاری[۳] متمایز می‌سازد. در این حالت است که هر دو تابع هدف آخر، F و Q به صورت همزمان مورد توجه قرار می‌گیرند. در این حالت، هدف یافتن بهترین جواب در بین توابع هدف است.

تابع هدف سطح پایین‌تر باید حل شود، f باید در فضای شدنی کمینه شود و F در مجموعه جواب بهینه گردد. اگر تابع $f(x,y) = -F(x,y) = \alpha(x) + y^T\beta(x)$ برابر با حل لاگرانژ مسئله بهینگی $\min\{\alpha(x);\ \beta(x) = 0\}$ باشد، آنگاه مسئله ۱.۳ برابر مقدار دوگان آن است. از این رو، بسیاری از مسائل بهینه‌سازی توسط بهینه‌سازی دوسطحی بهینه می‌شوند.

سه روش زیر برای تبدیل یک تابع دو سطحی به یک تابع تک سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

قضایای تابع ضمنی می‌توانند برای تعریف تابع $x(y): R^m \rightarrow R^n$ استفاده شوند. اگر این تعریف روی ۱.۳ انجام شود، مسئله بهینه‌سازی به‌صورت ضمنی بیان شده و محدودیت‌ها متفاوت می‌شوند.

مسئله پایینی می‌تواند با شرایط فروش-کوهن تاکر[۴] جایگزین شده و سیستمی از نامساوی‌ها ارائه دهد. این امر منجر به مسئله‌ای تک سطحی و عادی می‌گردد که با نام برنامه‌ریزی ریاضی با محدودیت‌های غیرتساوی (MPEC) شناخته می‌شود. این امر تنها در شرایط خوش‌فرم، جواب می‌دهد و مسائل بد فرم را به چالش می‌کشد.

هدف سطح پایین در مسئله ۱.۱ می‌تواند با معادلات غیردیفرانسیلی $f(x,y) = \varphi(y)$ که دارای محدودیت $\varphi(y) = \min\{f(x,y): g(x,y) \leq 0, h(x,y) = 0\}$ است، جایگزین شود. تابع $\varphi: R^m \rightarrow R$ در حالت ناحیه‌ای به‌صورت لیپشیتز[۵] درآمده که خیلی دور از واقعیت نیست. این نوع نگرش سبب استخراج شرایط بهینگی و طراحی الگوریتم‌هایی برای یافتن جواب بهینه می‌شود.

---

[1] Global
[2] Decomposition
[3] Bi-Criteria
[4] Karush-Kahun-Tucker
[5] Lipschitz

برنامه‌ریزی دو سطحی، در اقتصاد، مهندسی، پزشکی، جامعه‌شناسی و ... کاربرد دارد. این علوم از ریاضی‌دانان در جهت توسعه ابزارها و مدل‌های ریاضی مناسب‌تر انتظارات فراوانی خواهند داشت. مسئله برنامه‌ریزی دو سطحی، ریشه در اندیشه‌های استکلبرگ[1] دارد، که در سال ۱۹۳۴، چنین شرایطی را هنگامی که واقعیات بازار را مطالعه می‌نمود، درک کرد. این نوع فرمول‌بندی به نام بازی‌های استکلبرگ معروف است. با این وجود براکن[2] (۱۹۷۴) برای اولین بار مسئله برنامه‌ریزی دوسطحی را عنوان نمود و ۵ سال بعد از آن به‌طور جدی مورد مطالعه قرار گرفت. از آن پس، توسعه سریع و علاقه گسترده‌ای از جنبه عملی و تئوری به این مسئله مشاهده شده‌است. هم اکنون مجلات زیادی، به انتشار مقالاتی می‌پردازند که کاربرد برنامه‌ریزی دو سطحی، الگوریتم‌های حل و مشخصات تئوریک را نمایش می‌دهند.

بازی‌های استکلبرگ

استکلبرگ در مقاله‌ای درباره اقتصاد بازار، برای اولین بار از یک مدل سلسله مراتبی برای تشریح وضعیت بازار بهره برد که در آن تصمیم‌گیرندگان مختلفی در بازار هستند و بنابر درخواست خود، که غالباً اهداف متفاوت ولی متناسب با تصمیم دیگران داشتند، عمل می‌نمودند. فرض کنید در ساده‌ترین حالت، تنها دو تصمیم‌گیرنده وجود دارد. پس مدل یک سلسله مراتب دو سطحی را یکجا مدل می‌نماید که یکی به‌طور مستقل بازار را مدیریت (پیشرو یا رهبر) و دیگری به‌صورت مستقل (پیرو) عمل می‌نمایند. رهبر می‌تواند قیمت‌های خود و یا ذخیره‌سازی را بر بازار دیکته نماید اما باید منتظر عواقب ناشی از این تصمیم باشد. این تصمیم مشتری است که میزان سود این رهبر را تعیین می‌نماید. در سوی دیگر، انتخاب رهبر، از مجموعه انتخاب‌های ممکن، و تابع اهداف پیرو بوده و هر دو را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. پس، اگر یک تصمیم‌گیرنده قادر به تشخیص رفتار مشتری باشد، می‌تواند از این شرایط استفاده نماید. مسئله بازی استکلبرگ به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

x و y نمایانگر مجموعه استراتژی‌های قابل اتخاذ باشد که x وy به ترتیب مربوط به رهبر و پیرو است. فرض نمایید که ارزش انتخاب‌ها به‌وسیله توابع $f_I(x,y)$ و $f_F(x,y)$ مشخص می‌شوند که توابع مطلوبیت هستند. با انتخاب y توسط رهبر، پیرو به انتخاب متناسب یعنی x(y) مبادرت می‌ورزد تا مطلوبیت خود را حداکثر نماید:

$$x(y)\epsilon\,\psi(y) := \text{Argmax}\{f_F(x,y): x \in X\} \qquad (۶)$$

با آگاهی رهبر از این انتخاب، محاسبات مجدداً انجام می‌شود:

$$\max\{f_I(x,y): y \in Y, x(y)\epsilon\,\psi(y)\} \qquad (۷)$$

اگر بازی بیش از تک به تک باشد، آنگاه باید نقطه تعادل نش[3] محاسبه گردد.

برنامه‌ریزی ریاضی از بازی استکلبرگ عمومی‌تر است چرا که هر دو مجموعه قابل انتخاب، می‌توانند به تصمیم تصمیم‌گیرنده دیگر وابسته باشد.

[1] Stackelberg
[2] Bracken
[3] Nash Equilibrium Point

نقطه تعادل کرنات- نش[1]:

فرض کنید n نفر تصمیم‌گیرنده (شرکت) یک محصول همگن را به میزان $X_i, i = 1,2, \dots, n$ تولید می‌نمایند. حال فرض کنید که توابع هدف آنها، محدب، غیرخطی و متمایز به‌صورت $f_i(x_i)$ باشد. و مقدار درآمد $x_i p\ (\sum_{i=1}^{n} x_i)$ حاصل می‌گردد. فرض کنید که تابع p، تابع معکوس تقاضای بازار باشد. همچنین y_i یک مقدار حدی برای مقدار سهمی از بازار است که یک شرکت فکر می‌کند می‌تواند از بازار کسب کند. پس برای تعیین سطح بهینه باید عبارت زیر حل گردد:

$$\max_{x_i}\left\{x_i p\left(\sum_{j=1}^{n} x_j\right) - f_i(x_i): x_i \epsilon\, Y_i\right\} \qquad (۸)$$

حال اگر نبض بازار در دست یک شرکت باشد، آنگاه بقیه بازار باید بنابر تصمیم وی، تصمیم‌گیری نمایند. در این شرایط،n-1 بار باید مسئله فوق حل شود. حال نوبت به بقیه شرکت‌ها می‌رسد تا بازی را حل نمایند تا:

$$p\left(\sum_{i=2}^{x} b_i\right) - f_1(0) > 0 \qquad (۹)$$

مسائل عوامل اصلی:

در اقتصاد مدرن، حالت عمومی مسئله قبل با تئوری عوامل اصلی بررسی می‌گردد. در این حالت، یک تصمیم‌گیرنده به نام عامل اصلی، دیگران را درگیر می‌نماید تا برایش کار کنند. تصمیم‌گیرندگان قراردادی را امضا می‌نمایند تا به‌موجب آن، عامل اصلی به عوامل دیگر قدرتی را وکالت دهد و آزادی عمل برای تصمیم‌گیری را بدانها تفویض نماید. عامل اصلی تنها یک انتظار دارد و آن هم عمل در حیطه قوانین (فضای شدنی) است ولی عوامل اصلی سعی در حداکثرسازی توابع مطلوبیت خودشان دارند:

$$\max_{x_1}\left\{x_1 p\left(\sum_{j=1}^{n} x_j\right) - f_1(x_1): x_1 \epsilon\, Y_1, x_i = x_i(x_1), i = 1, \dots, n\right\}, \qquad (۱۰)$$

عامل اصلی سعی می‌نماید تا با برخی مشوق‌ها، به هدف خود دست یابد و توابع زیر را حل نمایند:

[1] Cournat – Nash Equilibrium

$$x_1 \epsilon \underset{x_1}{\text{Argmax}} \left\{ x_i p\left(\sum_{j=1}^{n} x_j\right) - f_i(x_i) : x_i \epsilon Y_i, i = 2, \dots, n \right\}, \quad (11)$$

و

$$x_1 p\left(\sum_{j=1}^{n} x_j\right) - f_1(x_1) \rightarrow \max_{x_1} \quad (12)$$

تشریح مساله

سازمان‌های امروزی در برنامه‌ریزی‌های خود با چالش‌های فراوانی از جمله عدم قطعیت، وجود لایه‌های مختلف سازمانی، تغییر شرایط درونی و بیرونی و ... مواجه می‌باشند. یکی از مهمترین مسائلی که در برنامه‌ریزی‌های کلان سازمان‌ها رخ می‌دهد و به رویکرد «بالا به پایین» مشهور است را می‌توان تصمیماتی دانست که تنها جهت‌گیری کلی بخش‌ها و بین بخش‌ها را مشخص می‌نماید و پس از آن با ابلاغ سیاست‌های کلان به بخش‌ها و واحدهای سازمانی، ایشان را درگیر در امر پیچیده برنامه‌ریزی می‌نماید. این واحدها هستند که با دریافت سیاست‌ها و محدودیت‌های تخصیص‌یافته، باید بهترین عملکرد را از خود به نمایش گذارند و در این بین با انواع تصمیمات نظیر جذب، افزایش تخصص و به‌خصوص برون‌سپاری مواجه‌اند. در واقع، سازمان‌ها به روش‌های مختلفی از جمله روش کارت امتیازی متوازن اقدام به برنامه‌ریزی استراتژیک خود می‌نمایند. این روش از چهار منظر مشتری، دانش (تخصص)، درآمد و فعالیت یک سازمان را ارزیابی می‌کند و لذا سازمان مذکور باید برای هر چهار بُعد تدابیری بیندیشد. از سویی چون وجه تقابل یک سازمان با مشتریان خود را می‌توان فرآیندهای مشتری‌مدارانه دانست لذا می‌توان سازمان‌های مشتری‌مداری که درصدد جذب و هدایت مشتریان بیشتری هستند باید پیرو اندیشه بهبود کارایی فرآیندها دانست. از این رو هدف اصلی این مساله را در سطح سازمان می‌توان مبتنی بر دست‌یابی به حداکثر کارایی ممکن دانست. سه بُعد دیگر را می‌توان به‌عنوان مقدمات و محدودیت‌هایی جهت نیل به این اهداف عالی دانست. همان طور که مفاهیم موجود در تئوری کارت امتیازی متوازن بیان می‌دارند، می‌توان آنها را به شرح ذیل تعریف نمود:

در بُعد مالی، سازمان باید بودجه کلی خود و تک‌تک بخش‌ها را مشخص نماید. چنانچه بودجه تخصیص‌یافته مقدار مناسب باشد می‌توان آن را معادل با یک توانمندساز برای هر واحد سازمانی دانست و اگر این مقدار نامناسب باشد، قطعاً روی دیگر سکه یعنی منجر به ایجاد محدودیت برای خواهد شد و بخش‌ها را از تدوین و اجرای کامل برنامه‌های اجرایی دور می‌نماید.

در بُعد تخصص‌گرایی و رشد، سازمان باید برای استراتژی جذب و نگهداشت، تصمیم‌گیری نماید و نیز مجوزهای جذب و افزایش تخصص (در قالب آموزش و یا روش‌های دیگر) را به هر واحد اعطا نماید. گرچه با تخصیص کم این مجوزها به واحدهای مختلف، قدرت ایجاد شده بسیار بیشتر از محدودیت‌ها می‌تواند اثرگذاری داشته باشد.

این تخصص‌گرایی منوط به توان کارکرد نیروهای جذب شده نسبت به پروژه‌ها و اقدامات آتی خواهد بود تا بتواند در اجرا و تحویل پروژه‌ها و بهبود کارایی فرآیندهای نهایی، مناسب عمل نماید.

در بُعد فعالیت‌های درونی هر واحد باید مورد سنجش واقع شوند و واحدهای مختلف سازمانی باید بتوانند با اجرای موفق برنامه‌ها و پروژه‌های مختلفی که هر یک اثرات مختلفی بر کارایی دارند به اهداف دست یابند. در چنین شرایطی سازمان باید بر روی تعداد (حجم) فعالیت‌های واحدهای مختلف، محدودیت‌هایی اعمال نمایند تا اولاً تعداد معدودی پروژه سنگین تعریف شوند و بنابر مفهوم کایزن، بهبود مستمر و تدریجی خود را در قالب پروژه‌های کوچک اما مؤثر نمایش دهد و ثانیاً تعداد پروژه‌های تعریف شده نیز چندان زیاد نباشند به‌نحوی‌که سبب شود تا تعداد پروژه‌ها زیاد و غیرقابل انجام تلقی گردند و از تعریف پروژه‌های نشدنی یا کم اثر خودداری شود.

گرچه در چنین برنامه‌ریزی به نظر می‌رسد که برنامه‌ریزان سازمان متولی اصلی تمامی پارامترها هستند اما واقعیت آن است که نباید ناگهان برنامه‌های غیرعملی و غیراجرایی تدوین شوند و در این بین باید حقایق موجود در واحدهای سازمانی نیز دیده شوند. این حقایق که غالباً در متن فعالیت‌های واحدها وجود دارند ضرورت یک نگرش پایین به بالا را نیز ایجاد می‌نمایند و در واقع به واحدهای سازمانی اجازه می‌دهند تا با در اختیار داشتن برخی مفروضات همچون بودجه، نیروی متخصص و تعداد پروژه‌ها بتوانند تخمین مناسبی از کارایی خود را پیش بینی نموده و برنامه‌های متناسب را ارائه نمایند. با دریافت چنین کارایی و نیز محدودیت‌ها، اگر سازمان به اهداف از پیش معین شده خود بتواند نائل گردد که اقدام به برنامه‌ریزی مجدد نخواهد نمود و در غیر این صورت، سازمان مجدداً باید وارد برنامه‌ریزی دقیق و مناسب دیگری شود. این بازی تا رسیدن به توافق نهایی بین واحدها ادامه خواهد یافت.

از سوی دیگر هر واحد سازمانی با دریافت محدودیت‌های سطح سازمانی، باید بهترین تلاش خود را برای پیشبرد اهداف و وظایف محوله صورت دهد. در این شرایط فرض خواهد شد که هر واحد سازمانی به‌دور از چشم و هم‌چشمی بین واحدها در کمال صداقت، به‌دنبال اجرای وظایف معهود باشد و تنها در صورتی نسبت به ادعای نشدنی بودن برنامه اقدام نماید که نتواند به‌صورت منطقی از پس وظایف خویش برآید؛ به‌عنوان مثال ممکن است بودجه نتواند پشتوانه مناسبی برای اهداف از پیش تعریف شده باشد که قاعدتاً منجر به کاهش شیب بهبود خواهد شد و نمی‌تواند اهداف دیکته شده را ارضاء نماید. تصمیم‌های مختلفی که در چنین شرایطی می‌توان بدان اتکا نمود مبتنی بر این واقعیت است که هر واحد باید بداند که:

- چه طرح‌ها یا پروژه‌هایی را برای بهبود کدامین فرآیندهای درون واحدی و بین واحدی اجرا نماید؟
- برای هر یک از طرح‌های انتخاب شده آیا فرآیند قابل برون‌سپاری هست یا خیر؟
- اگر قرار است طرح انتخابی در درون واحد انجام شود، چه تعداد نیروی متخصص در طرح مورد نظر می‌بایست جذب شوند؟
- اگر قرار است طرح انتخابی در درون واحد انجام شود، چه میزان تخصص در طرح مورد نظر می‌بایست جذب شوند؟

- اگر قرار است طرح انتخابی برون‌سپاری شود، آیا سطح و تعداد نیروی متخصص یک پیمانکار مناسب است؟
- با توجه به هزینه‌های پیمانکار، آیا برای وی پذیرش و اجرای صحیح این قبیل پروژه‌ها صرفه اقتصادی دارد یا خیر؟
- چه میزان تلاش (هزینه و انرژی) از سوی پیمانکار لازم است تا شایستگی دریافت پاداش مناسب را داشته‌باشد تا قدری به سود خود بیفزاید؟

یافته های پژوهش

بنابر تعاریف ارائه‌شده، مدل‌های سه سطحی این تحقیق به شرح زیر ارائه می‌گردند:

مدل سطح اول: سازمان

بر اساس متغیرها، اندیس‌ها و پارامترها و در نظر گرفتن مفروضات عنوان‌شده، می‌توان مدل برنامه‌ریزی ریاضی این مسئله را ارائه نمود.

جدول ۱. معرفی اندیس‌ها، پارامترها و متغیرها

پارامترها		متغیرها	
Bud	کل بودجه	$XB_{j,t}$	بودجه تخصیص‌یافته به بخش j در زمان t
eff_j	کارایی کنونی واحد j	$XR_{j,t}$	اجازه جذب تخصیص‌یافته به بخش j در زمان t
Rec	کل امکان جذب	$XP_{j,t}$	تعداد پروژه‌های بهبود تخصیص‌یافته به بخش j در زمان t
Pro_j	تعداد پروژه‌های کنونی واحد j	$Xe_{j,t}$	کارایی انتظاری بخش j در زمان t
α	حداقل بهبود انتظاری		
β	حداکثر بهبود انتظاری		
اندیس ها:	j نمایشگر بخش		t نمایشگر زمان $\{1,2,3,4\}$

جدول ۲. مدل برنامه‌ریزی ریاضی

مدل		
	$Max \sum_j Xe_{j,4}$	(0)
		S.t:
$\forall j,t$	$Xe_{j,t} \geq Xe_{j,t-1}(1+\alpha)S_{j,t} + Pe_{j,t}(1-S_{j,t})$	(1)

مدل		
(2)	$Xe_{j,t} < Xe_{j,t-1}(1+\beta)f_{j,t}+Pe_{j,t}(1-f_{j,t})$	
(3)	$Xe_{j,0} = eff_j$	$\forall j$
(4)	$\sum_j \sum_t XB_{j,t} \leq Bud$	
(5)	$\sum_j \sum_t XP_{j,t} \leq 3 \sum_j Pro_j$	
(6)	$\sum_j \sum_t XP_{j,t} \geq 1.5 \sum_j Pro_j$	
(7)	$\sum_j \sum_t XR_{j,t} \leq Rec$	
(8)	$(1+\alpha)Xe_{j,t-1} < Pe_{j,t} + MS_{j,t}$	$\forall j, t > 1$
(9)	$(1+\alpha)Xe_{j,t-1} \geq Pe_{j,t} - M(1-S_{j,t})$	
(10)	$(1+\beta)Xe_{j,t-1} < Pe_{j,t} + Mf_{j,t}$	
(11)	$(1+\beta)Xe_{j,t-1} \geq Pe_{j,t} + M(1-f_{j,t})$	

سطح دوم: واحدهای سازمانی

جدول ۳. معرفی اندیس‌ها، پارامترها و متغیرها

پارامترها		متغیرها	
$IF_{j,i}$	کل تعداد نیروهای واحد j با تخصص i	$pe_{j,t}$	سطح کل عملکرد بخش j در زمانt
ei_{k_i}	امکان بهبود طرح (پروژه) بهبود فرآیند i	$PrPe_{j,i}$	سطح عملکرد کارایی فرآیند i در بخش j
$CostIR_{j,i}$	هزینه جذب در درون واحد	$PrIF_{k_i,j}$	تعداد نیروهای لازم برای اجرای درونی فرآیند i در بخش j
$CostI_{k_i,j}$	هزینه اجرای طرح در درون واحد	$PrOF_{k_i,j}$	تعداد نیروهای لازم برای اجرای بیرونی فرآیند i در بخش j
$CostO_{k_i,j}$	هزینه اجرای طرح در بیرون از واحد (برون‌سپاری)	$PrIT_{k_i,j}$	کل زمان لازم برای اجرای بیرونی فرآیند i در بخش j
$PrSkill_{k_i,j}$	میزان تخصص لازم برای اجرای طرح i در بخش j	$PrOT_{k_i,j}$	کل زمان لازم برای اجرای درونی فرآیند i در بخش j
$Costaw_{k_i,j}$	هزینه پاداش به پیمانکار بازاء هر روز زودکرد	$PrR_{k_i,j}$	تعداد نیروهای جذب شده درونی برای اجرای درونی فرآیند i در بخش j
		$Y_{k_i,j}$	یک باشد اگر طرح مورد نظر فعال شود و صفر باشد در غیر این صورت

پارامترها		متغیرها	
		$X_{k_i,j}$	یک باشد اگر طرح مورد نظر برون‌سپاری شود و صفر باشد در غیر این صورت
		$AW_{k_i,j}$	اگر پیمانکار در زمانی کمتر و تخصصی بهتر، کار را انجام دهد این متغیر یک است وگرنه صفر است
اندیس ها:	i نمایشگر شماره فرآیند در بخش		k_i نمایشگر طرح بهبود فرآیند i

بر اساس متغیرها، اندیس‌ها و پارامترها و در نظر گرفتن مفروضات عنوان‌شده، می‌توان مدل برنامه‌ریزی ریاضی این مسئله را ارائه نمود.

جدول ۴. معرفی اندیس‌ها، پارامترها و متغیرها

مدل		
	$Max \sum_j Pe_j$	(0)
		S.t:
$\forall j$	$Pe_j = \sum_i PrPe_{j,i}$	(1)
$\forall j$	$PrPe_{j,i} = \sum_i \sum_k ei_{k_i} Y_{k_i,j}$	(2)
$\forall j$	$\sum_k Y_{k_i,j} \leq 1$	(3)
$\forall j$	$\sum_k \sum_i Y_{k_i,j} = XP_{j,t}$	(4)
	$IF_{j,i} \leq PrIF_{k_i,j} + MZ_{k_i,j}$	(5)
	$IF_{j,i} > PrIF_{k_i,j} - M(1 - Z_{k_i,j})$	(6)
	$X_{k,i,j} \leq Z_{k_i,j} Y_{k_i,j}$	(7)
$\forall j, t$	$PrIT_{k_i,j}(1 - X_{k,i,j}) + PrOT_{k_i,j} X_{k,i,j} \leq T$	(8)
	$\sum_i \sum_k [(CostI_{k_i,j} + CostIR_{j,i})(1 - X_{k,i,j}) + (CostO_{k_i,j} + Costaw_{j,i} \times AW_{k_i,j}) X_{k,i,j}] \leq Bud_{j,t}$	(9)
	$\sum_k \sum_i PrIT_{k_i,j} - \sum_i IF_{j,i} \leq XR_{j,t}$	(10)

سطح سوم: پیمانکار

جدول ۵. معرفی اندیس‌ها، پارامترها و متغیرها

پارامترها		متغیرها	
N_c	تعداد نفرات دائمی پیمانکار c	$O_{c,t,k_i,j}$	یک است اگر پیمانکار c برای کار k_i اعلام آمادگی کند
S_c	میزان تخصص دائمی پیمانکار c	$OF_{c,t,k_i,j}$	تعداد نفرات به کار گرفته شده در پیمانکار c در زمان t برای k_i در واحد j
$CostR_c$	هزینه جذب برای پیمانکار c	$OS_{c,t,k_i,j}$	میزان تخصص افزایش داده شده در پیمانکار c در زمان t برای k_i در واحد j
$CostS_c$	هزینه افزایش تخصص برای پیمانکار c	$POT_{c,t,k_i,j}$	زمان اجرا توسط پیمانکار c در زمان t برای k_i در واحد j
B	میزان کاهش زمان بازاء افزایش هر نیروی اضافی		
اندیس ها:	c نمایشگر پیمانکار		t نمایشگر دوره زمانی

بر اساس متغیرها، اندیس‌ها و پارامترها و در نظر گرفتن مفروضات عنوان‌شده، می‌توان مدل برنامه‌ریزی ریاضی این مسئله را ارائه نمود.

جدول ۶. ارائه مدل برنامه‌ریزی ریاضی

	مدل	
(0)	$Min \sum_j \sum_i CostO_{k_i,j} X_{k_i,i,j} + (OF_{c,t,k_i,j} - N_c)CostR_c + (OS_{c,t,k_i,j} - S_c)CostS_c - (POT_{c,t,k_i,j} - PrOT_{k_i,j})Costaw_{j,i} \times AW_{k_i,j}$	
S.t:		
(1)	$OF_{c,t,k_i,j} \leq PrOF_{k_i,j} + MR_1$	
(2)	$OF_{c,t,k_i,j} > PrOF_{k_i,j} - M(1 - R_1)$	
(3)	$OS_{c,t,k_i,j} \leq PrSkill_{k_i,j} + MR_2$	
(4)	$OS_{c,t,k_i,j} > PrSkill_{k_i,j} - M(1 - R_2)$	
(5)	$POT_{c,t,k_i,j} = [PrOT_{k_i,j} - (OF_{c,t,k_i,j} - PrOF_{k_i,j})B](1 - R_2)$	
(6)	$O_{c,t,k_i,j} \leq (1 - R_1)(1 - R_2)$	
(7)	$POT_{c,t,k_i,j} \leq PrOT_{k_i,j} + MAW_{k_i,j}$	
(8)	$POT_{c,t,k_i,j} > PrOT_{k_i,j} + M(1 - AW_{k_i,j})$	

معرفی الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان

الگوریتم بهینه‌سازی دسته پرندگان (حشرات) در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و ابرهارت توسعه یافته‌است. ایده اصلی این الگوریتم را می‌توان در رفتار زیستی مهاجرت پرندگان و نیز حرکت‌های گروهی ماهی‌ها عنوان نمود. گرچه که این الگوریتم بیشتر برای مسائل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است اما بسیاری معتقدند که می‌توان از آن برای پیش‌بینی حرکت و رفتار انسان‌ها و دیگر موجودات جمعیت محور براساس رفتار اجتماعی آنها اقدام نمود. پژوهشگران ادعا کرده‌اند که دانش حاصل از بررسی روابط اجتماعی و فکری نه‌تنها خاص نبوده بلکه در بین افراد مشترک نیز هست. الگوریتم بهینه‌سازی دسته پرندگان به‌عنوان ابزاری برای بهینه‌سازی، روند جستجوی جمعیت محوری ارائه می‌نماید که در آن تک‌تک پرندگان (ذرات) در طی زمان به تغییر مکان اقدام نمایند. در نظام الگوریتم بهینه‌سازی دسته پرندگان، پرندگان در یک فضای چند بُعدی شروع به جستجوی می‌کنند. در طی این پرواز هر یک از پرندگان باید محل قرارگیری خود را با داشتن تجربه شخص قبلی براساس تعداد k همسایه خود، تنظیم نماید. به‌معنای دیگر هر پرنده را باید موظف به تعیین لحظه‌ای محل براساس دو فاکتور محل خود و محل k همسایه خود نمود. مدل اصلی الگوریتم بهینه‌سازی دسته پرندگان از تعدادی پرنده تشکیل شده‌است که در یک فضای n بُعدی در حرکت بوده و می‌تواند تعدادی جواب محتمل برای مساله را مورد بررسی قرار دهد. برای هر یک از این راه‌حل‌ها باید هر پرنده به بررسی برازندگی و شدنی بودن اقدام نماید تا بتواند آن راه‌حل را با سایر راه‌حل‌های قبلی خود و راه‌حل‌های فعلی همسایگانش مقایسه نماید. بر این اساس می‌توان هر پرنده (i) را در هر لحظه (t) دارای مشخصات زیر دانست:

$x_{i,t}$ ، بردار مکان؛ $V_{i,t}$ ، بردار سرعت؛ $P_{i,t}$، حافظه کوتاه‌مدت بهترین مکان انتخاب شده در طول سفر برای هر پرنده؛ $G_{i,t}$ نیز بهترین مکان کلی در طول ارتباطات بین تمام پرندگان است که این ارتباطات از طریق تعریف توپولوژی همسایگی اتفاق می‌افتد.

ایده طراحی الگوریتم

در دهه‌های اخیر روش‌های بهینه سازی تصادفی مبتنی بر جمعیت برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی سخت در حال گسترش یافتن هستند که می‌توان به الگوریتم ژنتیک، برنامه‌ریزی تکاملی، استراتژی تکاملی و برنامه‌ریزی ژنتیک که از تکامل طبیعت الهام گرفته شده‌است اشاره کرد. همچنین می‌توان به الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان (ACO) که از الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت از رده هوش جمعی هستند برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی سخت استفاده‌کرد. در حوزه هوش جمعی، یک فضای جستجو وجود دارد که روی کلونی جامعه حشرات و گروه‌های حیوانات ترسیم می‌شود برای آنکه همکاری و خودسازماندهی این حشرات و حیوانات را نشان دهد. مهمترین دلایل پیدایش این الگوریتم از نظر ابداع کننده آن به شرح ذیل است:

تشریح کلی الگوریتم

ساختار الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر جمعیت از نوع هوش جمعی به خصوصیت اعضای جمعیت جامعه وابسته‌است. بنابراین انتخاب جامعه با اصول مناسب در طراحی این الگوریتم‌ها بسیار با اهمیت است.

همان طور که مشخص است، تبادل اطلاعات بین همسایگان برای شناسایی بهترین راه‌حل‌ها مهمترین هدف این الگوریتم است. این عمل سبب خواهد شد تا حرکت دسته‌ای پرندگان به‌سمت مکان بهینه اتفاق افتد. در هر زمان نیز می‌بایست سرعت و سوی حرکت برای هر یک از پرندگان مشخص شود. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که محل جدید وابسته به محل قبلی و نیز سرعت حرکت خواهد داشت.

$$X_{i,t+1} = X_{i,t} + V_{i,t} \quad (۱۳)$$

همچنین به‌روزرسانی سرعت جدید از طریق رابطه زیر رخ می‌دهد:

$$V_{i,t+1} = c_1 \times V_{i,t} + c_2 \times r_2 \times (P_{i,t} - X_{i,t}) + c_3 \times r_3 \times (G_{i,t} - X_{i,t})$$

که در پارامتر c1 توسط شیء و ابرهارت [44]، به‌عنوان ضریب وزنی داخلی معرفی شده‌است. این ضریب مسئول کنترل میزان سرعت Vi, t است. همچنین پارامترهای c2 و c 3 نیز اعداد حقیقی هستند که از توزیع یکنواختی پیروی نموده و معمولاً بین صفر و یک هستند. این اعداد معرف اهمیت Pi, t و Gi, t نیز هستند. این اجزای سه‌گانه تعیین کننده سرعت به‌صورت زیر قابل‌تمایز هستند: c1 ∗Vi, t نمایشگر جنبش آنی بوده و c2∗r2∗(Pi, t−Xi, t) نیز به جزئی مفهومی مرتبط است که سوی طبیعی یک پرنده را در ارتباط با محیط پیرامون خود نشان‌می‌دهد. c3 ∗ r3 ∗ (Gi, t− Xi, t)نیز جزء اجتماعی رابطه است که جهت‌گیری یک پرنده در ارتباط با موفقیت جستجوی دیگر پرندگان ارزیابی می‌نماید. برای تعیین توپولوژی همسایگی به‌طور کلی می‌توان دو روش را در نظر داشت:

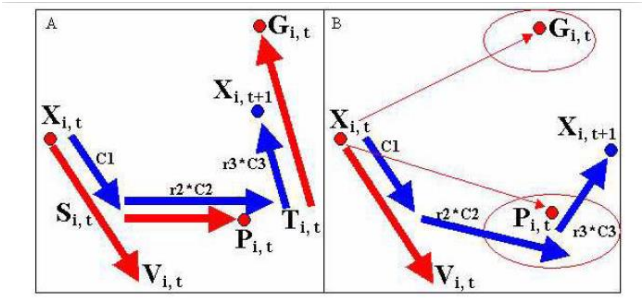
همسایگی فیزیکی که معیار فاصله را در نظر می‌گیرند. در عمل هر فاصله بر مبنای مکان زمانی محاسبه می‌شود که در آن قرار دارد؛ البته این روش هزینه‌بر می‌باشد و نیاز به استفاده از تکنیک‌های خوشه‌بندی مکانی دارد.

در عمل نیز هر پرنده از ابتدا همسایگان خود را شناخته و نمی‌توان آنها را تغییر داد. به این عمل نیز همسایگی اجتماعی گویند.

ارائه روش الگوریتم

در این قسمت روش حل مساله زمان‌بندی پروژه در حالت منابع محدود بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی دسته پرندگان معرفی می‌گردد. این روش به‌عنوان توسعه الگوریتم بهینه‌سازی دسته پرندگان دارای خواص جایگزینی جدید است.

هدف زیربنایی اصلی این جایگزینی، توزیع مناسب اطلاعات بهینه محلی و بهینه عمومی بین پرندگان است. به‌نحوی‌که پرنده، سوی حرکت خود را در این جهت به کار گیرد. اگر Si, t وTi, t به‌عنوان مکان‌های میانی پرندگان در نظر گرفته شوند، آنگاه شکل زیر می‌تواند نمایشی از مفاهیم Vit, (Pit − Xit) و (Git − Xit) باشد.



در هر گام زمانی t، مکان به‌روز می‌شود. این مکان جدید به‌سادگی توسط مکان محاسبه می‌شود به‌نحوی‌که:

$$S_{i,t} = X_{i,t} + c_1 \times V_{i,t};\ T_{i,t} = S_{i,t} + c_2 \times r_2 \times (P_{i,t} - S_{i,t});\ X_{i,t+1} = T_{i,t} + c_3 \times r_3 \times (G_{i,t} - T_{i,t}) \Rightarrow$$

$$V_{i,t+1} = c_1 \times (1 - c_1 \times r_2) \times (1 - c_3 \times r_3) \times V_{i,t} + r_2 \times c_2 \times (1 - c_3 \times r_3) \times (G_{i,t} - X_{i,t}) + r_3 \times c_3 (P_{i,t} - X_{i,t})$$

Si, t= Xi,t+c1 ∗Vi, t; Ti, t = Si,t+c2 ∗r2 ∗(Pi, t−Si, t); Xi,t+1 =
Ti, t+ c3 ∗ r3 ∗ (Gi, t − Ti, t) =⇒
Vi,t+1 = c1 ∗ (1 − c2 ∗ r2) ∗ (1 − c3 ∗ r3)∗Vi,t+r2∗c2 ∗ (1 − c3 ∗ r3)∗(Pi, t−Xi, t)+r3∗ c3∗(Gi, t−Xi, t)

به‌عبارت دیگر:

Vi,t+1 = _ ∗ Vi, t + _ ∗ r2 ∗ (Pi, t − Xi, t) + ∗ r3 ∗ (Gi, t − Xi, t)

که در آن:

$\alpha = c1 \times (1 - c2 \times r2) \times (1 - c3 \times r3)$
$\beta = c2 \times (1 - c3 \times r3)$
$\gamma = c_3$

عملگرهای به کار رفته

الگوریتم PSO، برای حل توابع غیرخطی پیوسته توسعه یافته‌است. با این وجود برخی عملگرها برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی مانند مساله فروشنده دوره‌گرد مورد توسعه قرار گرفته‌اند[46]. توالی در این مساله مهمترین سؤال است از این رو می‌بایست تبدیل دو شهر مشاهده شده و ایجاد یک جواب شدنی مورد بحث واقع شود. اما در مساله RCPSP، علاوه بر داشتن توالی، وجود شبکه پیشنیازی نیز بسیار حائز اهمیت است و موجب می‌شود تا نیاز به عملگرهای دیگری احساس شود.

مکان: یک مکان X حاوی توالی فعالیت‌هاست به‌نحوی‌که محدودیت پیشنیازی را ارضاء نماید.
(X = (x1, ..., xn))

سرعت: یک بردار سرعت V عبارتست از زوج مرتب‌هایی از تبادل مکانی، به این معنا که بین دو مکان$X_{th,i}$و$X_{th,j}$تبادل مکان صورت گیرد. ((V = ((xi, xj) i, j∈{1,..., n})). البته ذکر این نکته ضروری است که ممکن است این لیست خالی باشد.

خلاف سرعت: خلاف سرعت نیز یک نوع از سرعت است. به این معنا که همان تبادل مکانی‌ها را در V داراست اما در خلاف جهت سرعت فعلی حرکت می‌نماید.

حرکت یک پرنده: حرکت یک پرنده به‌کمک سرعت به‌سمت یک محل انجام می‌گیرد. نتیجه مسلماً مکان دیگری است. این عمل از طریق تبادل مکانی اولیه V بر X رخ می‌دهد، سپس دومین تبادل مکانی رخ می‌دهد و همین‌طور به پیش می‌رویم. به‌عنوان مثال، اگر مکانی شامل X = (1, 5, 2, 4, 3) باشد و رابطه پیشنیازی اول فعالیت ۲ و بعد فعالیت ۳ وجود داشته‌باشد. می‌توان بردار سرعت V را با تبادل مکانی ۳ و ۵ در نظر گرفت. اگر در این بردار تغییر مذکور اعمال شود، آنگاه به‌سادگی قابل مشاهده است که دیگر محدودیت پیش نیازی قابل‌اجرا نیست؛ برای این منظور لازم است تا ابتدا مکان فعالیت ۵ را تا جایی عوض نماییم که با تغییر مکان ۳و۵، دیگر محدودیت پیشنیازی نقض نگردد. که نتیجه به‌صورت زیر در خواهد آمد:

X= (1, 2, 3, 4, 5).

اختلاف بین دو مکان: اختلاف بین مکان از طریق سرعت مشخص می‌شود. برای دستیابی به این سرعت می‌بایست الگوریتمی ساخته شود.

جمع دو سرعت: همان طور که مشخص است، جمع دو سرعت V1,V 2نیز یک بردار سرعت است. در این حالت ابتدا تبادل مکانی موجود در بردار V 1صورت گرفته و به‌تبع آن تبادل مکانی در V 2 انجام می‌پذیرد.

Algorithm 1 Difference between two positions X and Y (V = Y - X)

```
DEBUT
        NORM: = 0
        for j = 1, n do
                if X (j) 6= Y (j) then
                        k: = j + 1, trouve: = 0
                        while k ≤ n AND trouve = 0 do
                if X (k) 6= Y (j) then
                        trouve: = 1
                        else
                        k: = k + 1
                end if
                end while
                        NORM: = NORM + 1, V ←− (j, k), Exchange (j, k)
                end if
        end for
END
```

ارزیابی توالی

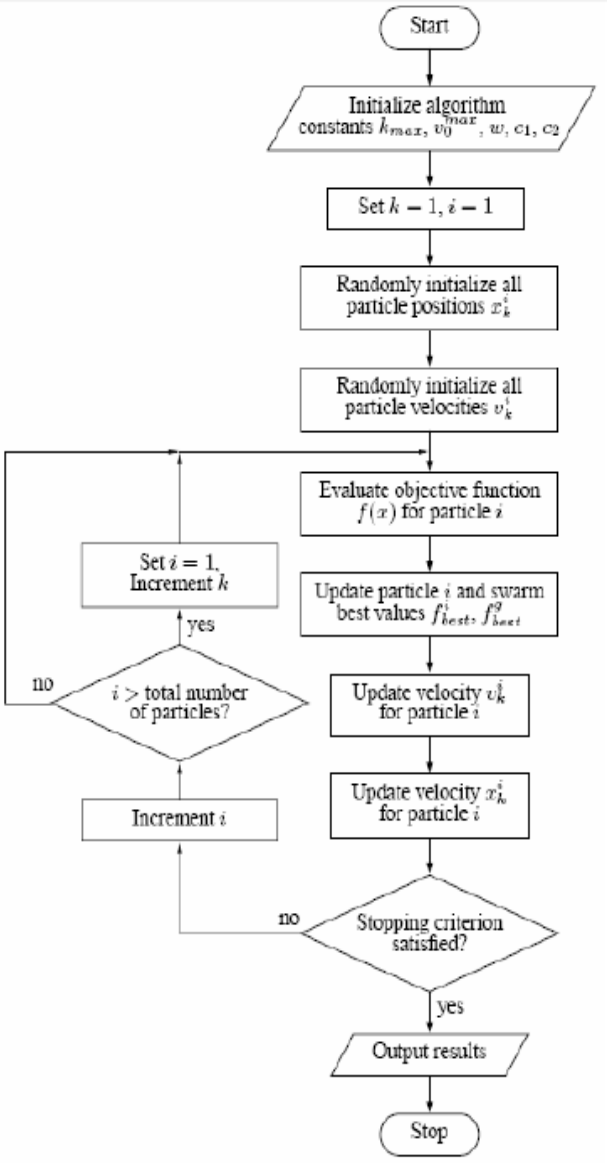
Algorithm 2 Sequence evaluation

```
BEGIN
    ED (job): = 1 ∀job
    for j = 1, n do
        job: = X (j), t: = ED (job), trouve: = 0
        while trouve = 0 do
            start: = t, end: = t + PT (job) − 1
            if ResourceAvailable (job, start, end) then
            trouve: = 1
            else
            t: = t + 1
            end if
        end while
        ST (job): = deb − 1, ET (job): = ST (job) + PT (job), ResCons (job)
        for ∀jobsuc ∈ Succ (job) do
            ED (jobsuc): = ET (job)
        end for
END
end for
```

ED (job) یک بردار است که زودترین زمان شروع فعالیت است.PT(job) یک بردار است که زمان پردازش فعالیت را نمایش می‌دهد. ST (job)برداری است که زمان شروع را نشان‌می‌دهد و ET (job)نمایش برداری زمان پایان است وResCons (job) نمایش روندی است که در آن منابع مورد استفاده فعالیت است.Succ(job) نیز نمایشگر پس‌نیازها است.

فلوچارت الگوریتم فراابتکاری PSO

برای آشنایی بهتر با الگوریتم فراابتکاری PSO فلوچارت آن را در ذیل میاوریم.



شکل ۲. فلوچارت الگوریتم PSO

مکان هر ذره در الگوریتم فراابتکاری PSO به‌وسیله فرمول ذیل به‌روزرسانی می‌شود:

$$X_i(k+1) = X_i(k) + V_i(k+1)$$

حال مراحل الگوریتم فراابتکاری PSO استاندارد را به‌طور خلاصه در مراحل ذیل تشریح می‌کنیم:
مرحله ۱: ابتدا به یک جمعیت از ذرات، مکان و سرعت اولیه به‌صورت تصادفی داده‌می‌شود.
مرحله ۲: حال P-best و G-best را در مرحله کنونی محاسبه می‌کنیم.
مرحله ۳: سرعت و مکان هر ذره را در مرحله جدید طبق فرمول بالا به‌روزرسانی می‌کنیم.
مرحله ۴: اگر معیار توقف ما ارضا شد توقف می‌کنیم وگرنه به مرحله ۲ بازمیگردیم.

❖ نحوه اجرا

از آنجا که این تحقیق بر مبنای تئوری بازی سه سطحی در سطح استکلبرگ بنا شده‌است، لازم است تا بازی در هر تکرار در سه سطح ادامه بیابد. به‌عنوان مثال فرض کنید که یک سازمان تنها دارای دو بخش است و هر بخش دارای دو فرایند است و هر فرآیند دارای دو طرح است و تنها دو پیمانکار وجود دارد.

در سطح اول باید سازمان تصمیم بگیرد که تعداد پروژه‌ها و نیز سطح کارایی و بهبود هر واحد چقدر است و بنابر آنچه میزان بودجه و اجازه جذب نفرات به هر واحد تخصیص می‌دهد. فرض نمایید در اولین گام همه‌چیز به‌صورت یکسان بین دو واحد تخصیص یابد. حال نوبت به هر بخش می‌رسد تا مشخص سازد که از بودجه خویش برای اجرای کدامین طرح‌های بهبود استفاده نموده و نیز تعیین نماید که برای هر طرح انتخاب شده کدامین روش جذب درونی یا انتخاب پیمانکار را در پیش گیرد. اگر بخش اول فرآیند اول را درونی در نظر گیرد و بخش دوم فرآیند دوم خویش را برون‌سپاری نماید آنگاه به سراغ سطح سوم باید رفت.

در سطح سوم حال باید بین دو پیمانکار اول و دوم برای به‌دست آوردن تک فرآیند برون‌سپاری شده سازمان رقابت شود و هر یک باید تعیین نمایند که چه میزان نیرو در اختیار دارند و چه میزان تخصص دارند. برای این منظور لازم است تا مشخص نمایند که چه میزان هزینه باید برای جذب نفرات و تخصص‌های جدید انجام دهند. فرض نمایید هزینه پیمانکار اول برابر با ۱۰۰ واحد و هزینه پیمانکار دوم برابر با ۶۰ واحد است و لذا در سطح بودجه فرآیند دوم در بخش دوم که برابر با ۸۰ واحد است پیمانکار دوم انتخاب می‌شود و در دوره مورد نظر، سطح کارایی فرآیند را به میزان مورد نظر در قرارداد با سازمان بهبود می‌دهد. همچنین بخش اول نیز فرآیند اول خویش را با هزینه ۳۰ واحد در درون خویش به انجام می‌رساند تا از بودجه خویش ۵۰ واحد نیز صرفه‌جویی نماید لیکن هزینه ایجاد شده در طول دوران بعدی نیز همراه وی خواهد بود چرا که اقدام به جذب درونی نموده است و نمی‌تواند به سهولت از آن خارج شود.

تمامی رفتار فوق برای دوره‌های زمانی دوم به‌بعد نیز اجرا می-شود و در ادامه آن این عمل تا زمان آخرین دوره ادامه می‌یابد. اگر در یکی از این دوران، با اجرای همه این موارد، سطوح اول تا سوم نتوانند به رضایت خویش دست یابند، مجدداً برای همان مرحله باید جواب‌های دیگری استفاده شود و این عمل ادامه خواهد یافت.

❖ **شرط توقف در هر ذره:**

همان طور که عنوان شد اصلی‌ترین شرط توقف در هر یک از ذرات را می‌توان رسیدن به بهینگی پاره‌تو دانست و این عمل تا زمانی که هر یک از طرفین سه‌گانه به بهترین سطح برسند ادامه می‌یابد همچنین شرط توقف کلیه عملیات برای هر ذره نیز رضایت در آخرین دوره زمانی است.

❖ **شروط توقف الگوریتم‌ها**

❖ **تعداد محدود تکرار**

در این حالت، پیش از آغاز الگوریتم، تعداد تکرارهای الگوریتم مشخص است. در این حالت مثلاً پس از رسیدن به ۱۰۰ تکرار و بدون در نظر گرفتن هیچ شرط دیگری، الگوریتم متوقف می‌شود.

مزایا	معایب
از پیش مشخص بودن تعداد تکرارها	امکان توقف پیش از رسیدن به جواب بهینه
امکان سنجش عملکرد در تعددهای مختلف	تجربی بودن به‌خاطر ندانستن تعداد تکرار مناسب

❖ **تعداد مشخصی تثبیت**

اگر در تعداد مشخصی تکرار، در مقدار بهینه حاصل‌شده، هیچ تغییر رخ ندهد، الگوریتم از ادامه بازمی‌ایستد. فرض کنید بین تکرار X و$X+10$ هیچ تغییری در بهترین مقدار رخ ندهد و دو الگوریتم متوقف شود. در این وضعیت، شرط $F*10 =\ldots= F*3= F*2= F*1$توقف تثبیت ۱۰ تکراری رخ داده است.

- **عدم تفاوت محسوس در کل جمعیت یا یک معیار خاص:**

در این حالت با استفاده از مفهوم واریانس بین معیارها، شرط توقف تعیین می‌شود. فرض نمایید شرط توقف به‌صورت $Var(f^*) < 0.01$ باشد؛ در این شرایط، اگر میزان واریانس بهترین توابع هدف در کل کمتر از ۰.۰۱ باشد، توقف رخ خواهد داد. همچنین می‌توان چنین شرطی را برای کل جمعیت در نظر گرفت، به‌عنوان مثال اگر واریانس میانگین در مراحل مختلف به کمتر از ۰.۱ رسید، توقف برقرار شود.

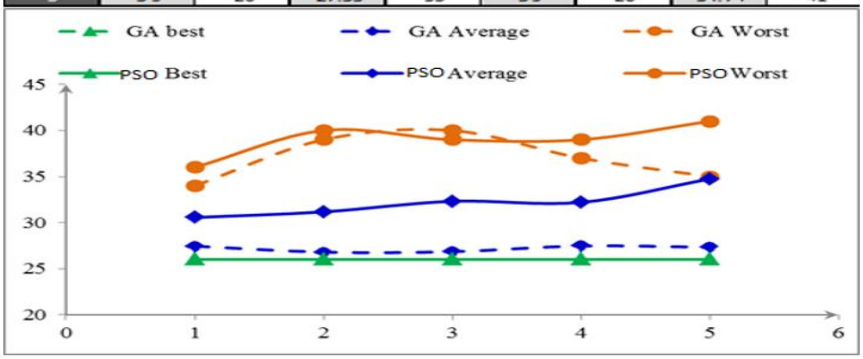
در تحقیق حاضر هر سه نوع شرط توقف فوق مورد بررسی قرار گرفته است و در بخش آتی با مثال‌های عددی مورد مقایسه واقع شده‌است.

❖ **اجرای الگوریتم‌ها**

برای اطمینان از عملکرد الگوریتم‌ها لازم است تا به بررسی نتایج حاصل از کدنویسی‌ها پرداخته شود؛ همچنین برای تمرکز بر روی تنوع مثال‌ها از سه نوع اندازه مختلف که عبارتند از سایز کوچک (۳×۳)، سایز متوسط (6 × 4) و سایز بزرگ (7 × 5) هر کدام به تعداد ۳ مثال آورده شده‌است. در این صورت می‌توان در جداول زیر انواع مختلف حالات بررسی شده برای هر یک از ۹ مثال عددی زیر را ملاحظه نمود:

اندازه ۱ و نمونه ۱:

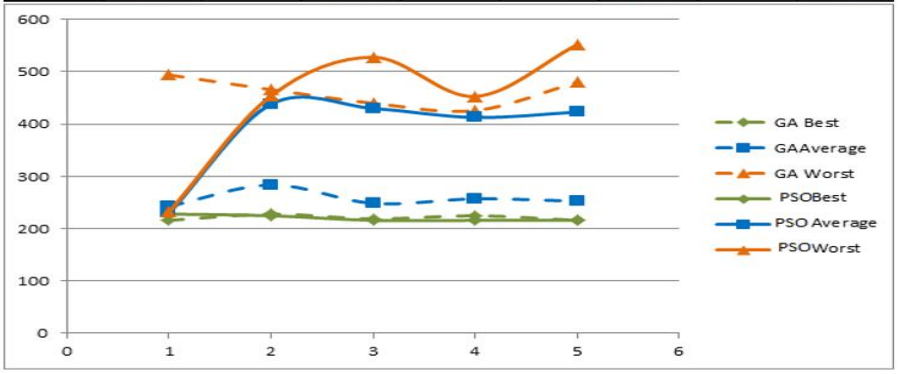
	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1 second	26	27.45	34	1 second	26	30.56	36
2	2 s	26	26.8	39	2 s	26	31.17	40
3	3 s	26	26.85	40	3 s	26	32.32	39
4	4 s	26	27.47	37	4 s	26	32.2	39
5	5 s	26	27.33	35	5 s	26	34.74	41



شکل ۳: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز اول نمونه ۱

اندازه ۱ و نمونه ۲ :

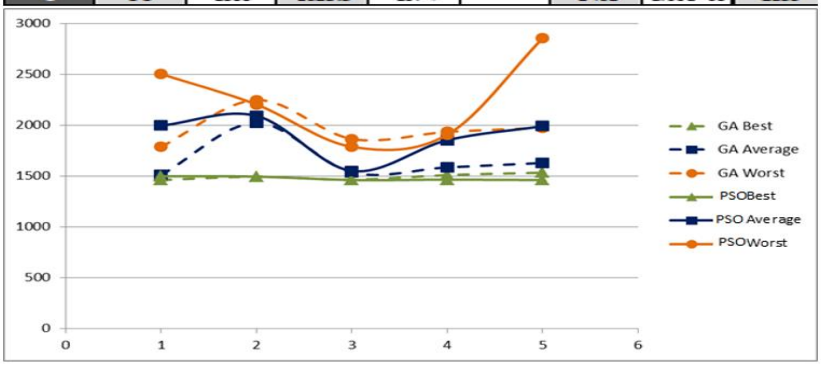
	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1 Second	216	243.04	494	1 Second	228	230.32	232
2	2 S	228	283.62	466	2 S	225	438.16	454
3	3 S	219	248.55	440	3 S	216	430.14	528
4	4 S	225	257.28	426	4 S	216	412.74	453
5	5 S	216	252.72	480	5 S	216	423.09	552



شکل ۴: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز اول نمونه ۲

اندازه ۱ و نمونه ۳ :

	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1 Second	1461	1510.2	1788		1498	2.00E+03	2503
2	2 S	1494	2021.8	2247		1495	2.09E+03	2204
3	3 S	1465	1536.5	1865		1461	1.55E+03	1788
4	4 S	1510	1585.3	1934		1465	1.85E+03	1906
5	5 S	1533	1628.5	1974		1461	1.99E+03	2853

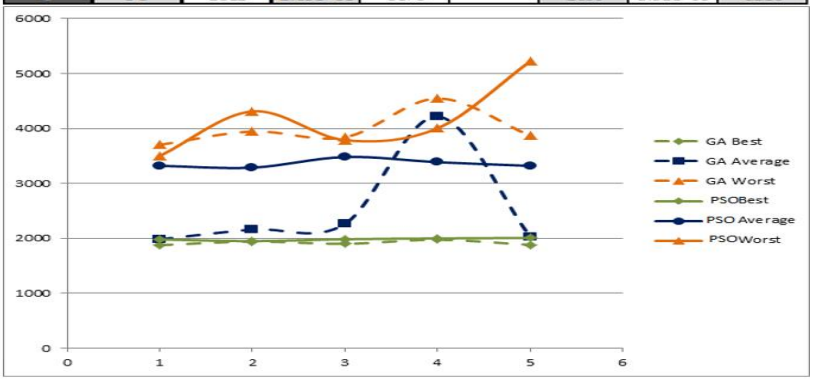


شکل ۵: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز اول نمونه ۳

سه شکل ۳، ۴ و ۵ در قالب ۳ مثال آورده از سایز کوچک (۳×۳)، در قالب سه نمونه ۱، ۲ و ۳ نشان دهنده عملکرد مطلوب الگوریتم‌ها در سایز کوچک می باشد.

اندازه ۲ و نمونه ۱ :

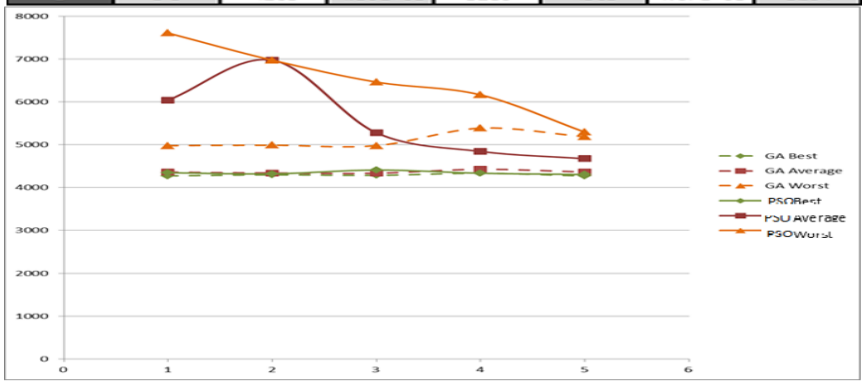
	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1 Second	1877	1.98E+03	3702		1981	3.32E+03	3500
2	2 S	1942	2.16E+03	3945		1951	3.29E+03	4311
3	3 S	1901	2.26E+03	3840		1985	3.48E+03	3787
4	4 S	1975	4.22E+03	4545		2000	3.39E+03	4003
5	5 S	1882	2.08E+03	3870		2009	3.32E+03	5220



شکل ۶: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز دو نمونه ۱

اندازه ۲ و نمونه ۲:

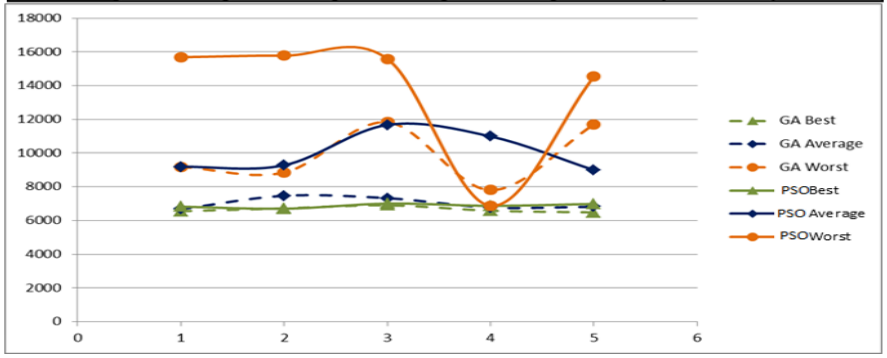
	solutions						
	Genetic Algorithm				PSO		
	CPU Time	Best	Average	Worst	Best	Average	Worst
1	1 Second	4272	4.36E+03	4977	4345	6.04E+03	7604
2	2 S	4297	4.34E+03	4988	4320	6972	6972
3	3 S	4285	4.33E+03	4977	4409	5.28E+03	6461
4	4 S	4334	4.43E+03	5387	4334	4.84E+03	6163
5	5 S	4268	4.36E+03	5186	4305	4.67E+03	5294



شکل ۷: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز دو نمونه ۲

اندازه ۲ و نمونه ۳ :

	solutions						
	Genetic Algorithm				PSO		
	CPU Time	Best	Average	Worst	Best	Average	Worst
1	1 Second	6557	6.67E+03	9190	6824	9.19E+03	15688
2	2 S	6722	7.47E+03	8848	6700	9.28E+03	15780
3	3 S	6901	7.33E+03	11828	7005	1.17E+04	15589
4	4 S	6587	6.77E+03	7807	6873	1.10E+04	6873
5	5 S	6483	6.82E+03	11704	6982	8.99E+03	14533

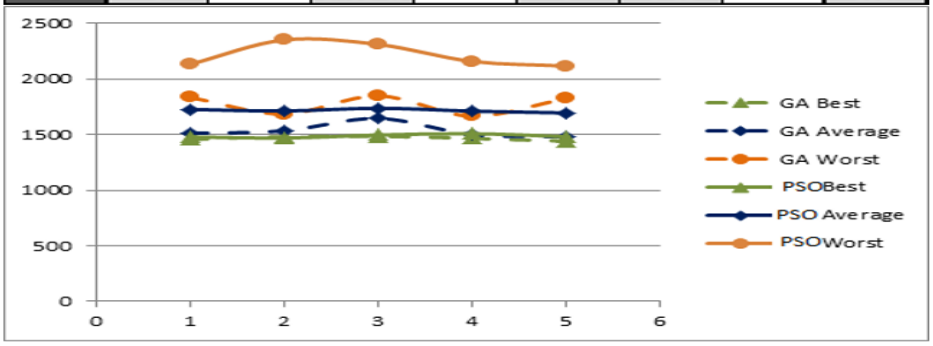


شکل ۸: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز دو نمونه ۳

سه شکل ۶، ۷ و ۸ در قالب ۳ مثال آورده از سایز متوسط (۶×۴)، در قالب سه نمونه ۱، ۲ و ۳ نشان دهنده عملکرد مطلوب الگوریتم‌ها در ساز متوسط می باشد.

اندازه ۳ ونمونه ۱ :

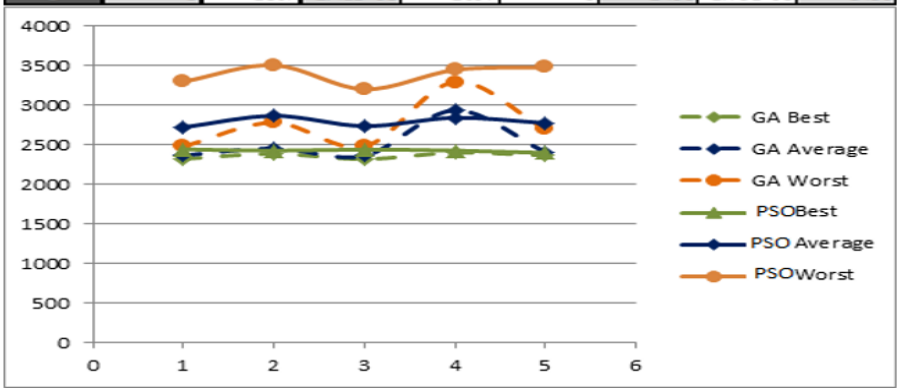
	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1	1457	1.51E+03	1834	1	1480	1.73E+03	2132
2	2	1482	1.53E+03	1686	2	1470	1.71E+03	2351
3	3	1486	1.65E+03	1849	3	1497	1.74E+03	2312
4	4	1466	1.50E+03	1667	4	1509	1.71E+03	2159
5	5	1442	1.48E+03	1825	5	1482	1.70E+03	2117



شکل ۹: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز سه نمونه ۱

اندازه ۳ و نمونه ۲ :

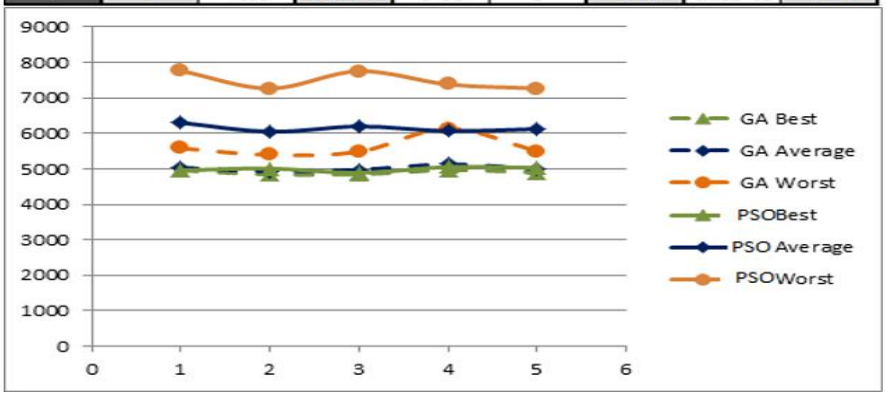
	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1	2323	2.37E+03	2481	1	2445	2.72E+03	3300
2	2	2387	2.46E+03	2782	2	2427	2.87E+03	3507
3	3	2321	2.36E+03	2481	3	2442	2.74E+03	3203
4	4	2401	2.94E+03	3296	4	2428	2.84E+03	3448
5	5	2367	2.41E+03	2697	5	2400	2.78E+03	3480



شکل ۱۰: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز سه نمونه ۲

اندازه ۳ و نمونه ۳ :

	solutions							
	Genetic Algorithm				PSO			
	CPU Time	Best	Average	Worst	CPU Time	Best	Average	Worst
1	1	4959	5.03E+03	5580	1	4957	6.30E+03	7759
2	2	4844	4.93E+03	5391	2	5010	6.05E+03	7266
3	3	4848	4.98E+03	5481	3	4886	6.20E+03	7753
4	4	4963	5.13E+03	6137	4	5056	6.07E+03	7381
5	5	4899	5.00E+03	5498	5	5026	6.12E+03	7264



شکل ۱۱: نمایش عملکرد الگوریتم‌ها در سایز سه نمونه ۳

سه شکل ۹، ۱۰ و ۱۱ در قالب ۳ مثال آورده از سایز بزرگ (۷×۵)، در قالب سه نمونه ۱، ۲ و ۳ نشان دهنده عملکرد مطلوب الگوریتم‌ها در ساز بزرگ می باشد.

نتیجه‌گیری

در مسائل حل شده در ساز کوچک در اندازه یک و نمونه یک، الگوریتم ژنتیک نسبت به الگوریتم اجتماع ذرات در قسمت میانگین جواب ها و بدترین جواب ها و زمان رسیدن به جواب عملکرد بهتری داشته است.در اندازه یک و نمونه دو برعکس الگوریتم اجتماع ذرات عملکرد بهتری داشته است البته البته در تکرارهای اول دو الگوریتم عملکرد یکسانی داشته ولی در تکرارهای بیشتر این الگوریتم اجتماع ذرات است که در همه مولفه ها عملکرد بهتری داشته است.در مسئله اندازه یک و نمونه سه هر دو الگوریتم خیلی نزدیک به هم هستند و این نشان دهنده این است که با بزرگتر شدن شرایط مسئله عملکرد دو الگوریتم نزدیک به هم شده اند.در اندازه دوم و مسئله اول الگوریتم ژنتیک با نوسان زیادی مواجه است و در برخورد با مسئله شکننده ظاهر شد ولی الگوریتم اجتماع ذرات ثبات خود در نزدیک شدن به جواب را حفظ کرده و نشان از برتری نسبت به الگوریتم ژنتیک دارد در سایز دوم و نمونه دوم همگرایی هر دو روش بسیار نزدیک به هم میباشد و میتوان نتیجه گرفت که با شروع های متفاوت ولی در انتها با همگرایی یکسان توانستند جوب بهینه را تخمین بزنند.در سایز دوم و نمونه سوم تقریبا دو الگوریتم در تکرار چهارم جوابهای یکسان رسیدند ولی با تکرارهای بیشتر الگوریتم اجتماع ذرات جوا پایداری را رقم

زد.میتوان گفت در مسوله سایز سوم و نمونه یکی بهترین عملکرد دو الگوریتم اجتماع ذرات و ژنتیک رقم خورد به گونه ای که هر دو الگوریتم از حداقل ۱۵۰۰ پایین تر نرفتند و با ریتم یکنواخت در تکرارهای مختلف توانستند جواب بهینه را تخمین بزنند.در سایز سه و نمونه دوم هر دو الگوریتم به حداقل ۲۵۰۰ رسیدند و تقریبا هر دو الگوریتم به صورت یکسان جوابها را تخمین زدند و در نهایت در سایز سوم و نمونه سوم هر دو الگوریتم بر هم منطبق شدند که میتوان نتیجه گرفت که هر چه ابعاد مسئله بزرگتر شد با تغییر پارامترهای اولیه برای هر دو الگوریتم توانستیم این دو الگوریتم را در ابعاد بزرگ بر هم منطبق کنیم و نواسانات الگوریتم ها را در ابعاد کوچک با تغییر پارامترها بهبود دهیم.

آنچه که این تحقیق را از سایر تحقیقات مشابه خود مجزا نموده است را می‌توان در ارائه رویکردی برای پیش‌بینی و بررسی اثر تصمیمات سازمانی، بخشی، فرایندی و نیز تصمیم برون‌سپاری یا درونی‌سازی در حوزه سازمانی دانست. برای این منظور، ابتدا مدل ارائه‌شده، مورد بررسی ابعادی قرار گرفت و ذرات متناسب تشکیل شدند و برای بررسی سایر ابعاد و ویژگی‌های حل که با افزایش سایز مساله، به‌شدت افزایش می‌نمود و نشان از غیرچندجمله‌ای بودن زمان حل داشت، ضرورت استفاده از الگوریتم ژنتیک و حرکت دسته پرندگان را نمایش داد.

برای این منظور، محقق به خاص‌سازی در کدنویسی الگوریتم ژنتیک پرداخت که شرح کروموزوم‌های طراحی شده و نیز نحوه به‌روزرسانی و رفتار با آنها در منطق الگوریتم ژنتیک و حرکت دسته پرندگان، در فصل سوم و چهارم به تشریح بیان شده‌است. استفاده از ابزار متلب برای کدنویسی این موضوع، به‌سرعت توانست امکان بررسی سایزها و مسائل مختلف را فراهم سازد. بررسی الگوهای ارائه‌شده توسط الگوریتم ژنتیک و حرکت دسته پرندگان نمایشگر این واقعیت است که گرچه این روش می‌تواند در زمان بسیار معقول‌تری نسبت به روش‌های دقیق دیگر، به جواب در سایزهای بزرگ دست یابد اما همچنان به‌علت بزرگ بودن فضای حل مساله، نمی‌توان از آن انتظار داشت که بدون خطا به بهینگی دست یابد. از دیگر مزایای این تحقیق را می‌توان در ارائه برنامه جامع سازمانی مبتنی بر بهینگی پاره‌تو دانست که قادر است برنامه‌های مختلف و از پیش طراحی شده برای بخش‌ها و فرآیندهای مختلف را به بحث برنامه‌ریزی سازمانی، بودجه، منابع انسانی و تخصصی، پیوند زند. امکان چنین پیوندی، از جمله ابتکارات محقق در این حوزه قلمداد می‌شود که می‌تواند در قالب هدف کمینه سازی حداکثر زمان تحویل، هزینه‌ها و تلاش‌ها، نمود بیشتری بیابد.

بر اسا نتایج تحقیق الگوریتم اجتماع ذرات ثبات بیشتری از خود در حل تمامی مسائل نشان داد و بر اساس این موضوع یکی از محدودیت های اصلی تحقیق عدم استفاده از الگوریتم های هیبریدی با الگوریتم اجتماع ذرات می باشد همچنین از مهمترین محدودیت این تحقیق که سبب شده‌است تا نتوان مدل ارائه‌شده را در یک قالب عملی نیز مورد سنجش قرار داد، این واقعیت است که متأسفانه صنایع و سازمان‌های کشور ما امر برون‌سپاری را یک مورد مقطعی و کاملاً غیر سیستماتیک دانسته و حتی داده‌ها و طرح‌های بهبود خویش را به‌صورت دقیق مشخص ننموده‌اند، از این رو محقق نتوانسته است با گردآوری داده از صنایعی که شرایطی مشابه این تحقیق را دارا باشند، بررسی عملکرد موردی را صورت دهند. با آنکه در این تحقیق یکی از شرکت‌های این حوزه به‌عنوان

مطالعه موردی انتخاب شده بود لیکن به‌دلیل عدم وجود طرح‌های مذکور و نیز عدم تعیین شرایط این تحقیق، اجرای عملی این تحقیق و مدل آن حتی در یک دوره زمانی کوتاه نیز میسر نبوده است.

ایده‌های بسیاری را می‌توان در پیشبرد این تحقیق به کار برد که نگارنده هم اکنون و به‌محض پایان این تحقیق به‌دنبال بررسی آنها خواهد بود. یکی از مهمترین این ایده‌ها، چند سازمانی بودن و نیز چند سیاستی بودن این مسئله است. گرچه ممکن است در ابتدا به نظر آید که این چند سازمان و سیاست می‌توانند از هم مستقل حل شوند و می‌توان با حل چندباره یک مرحله به جواب بهینه رسید، اما به‌علت وابستگی برنامه‌های درونی آنها و نیز متفاوت انگاشتن زمان‌ها و پیمانکاران، مسئله را وارد شرط حل همزمان دوره‌ها نمود. این امر سبب می‌شود تا مساله مورد نظر دارای ابعاد مختلفی باشند و سبب تغییر در کلیه جایشگت‌های توالی سازمان، بخش و پیمانکار و فرآیند شوند. از دیگر موارد مهم می‌توان به بررسی شرط محدودیت‌های دیگر تخصصی و دانشی و نیز در جذب و نیز از دست دادن نیرو پرداخت. همچنین می‌توان چندین سیاست مختلف در یک سازمان با شرایط متفاوت دخیل نمود؛ این عمل سبب تبدیل مسئله به مساله غامض‌تر می‌شود. امکان بررسی برون‌سپاری به شیوه‌هایی غیر از برون‌سپاری مستقیم مانند به خدمت گرفت نیروی موقت به سازمان‌ها این اجازه را می‌دهد که دنبال راه حل‌های بهتری باشند که این نیز جزو مسائل پراهمیت در هنگام کمبود ظرفیت خواهد بود. همچنین امکان بررسی نقش برون‌سپاری در قالب یک زنجیره تأمین واقعی نیز از دیگر مسائل مهم است. بررسی ابعاد مهمی چون غیرقطعی بودن شرایط نیز می‌تواند بسیار به واقعی شدن کمک نماید؛ به‌خصوص در هنگام کمبود داده، استفاده از روش‌های آماری بهینه‌سازی پایدار[1] مانند نمونه برداری[2] می‌تواند بسیار مورد کاربرد قرار گیرد که البته نیاز به بحث جدی دارد. بررسی این مسئله در محیط‌های دیگر و نیز تمایزگذاری بین مشتریان (چند مشتری بودن با ویژگی‌های متمایز هر مشتری) نیز می‌تواند در این زمره قرار گیرند. ماجومدر و حبیب (۲۰۲۲) در تحقیقی به بررسی مدیریت زنجیره تامین در صنعت بانکداری پرداختند این تحقیق نیز از جهاتی در راستای نتایج تحقیق حاضر بوده است. انگرانی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی به بررسی کاربرد شیوه های مدیریت زنجیره تامین در بانک های اندونزی این تحقیق از جهاتی مشابه تحقیق حاضر بود. امیری و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیقی مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین در صنعت بانکداری ایران پرداختند این تحقیق از جهاتی مشابه تحقیق حاضر بود. شاهبندرزاده و بهروزی (۱۴۰۰) در تحقیقی به ارائه مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین شعب بانک ملی پرداختند این تحقیق نیز از جهاتی در راستای نتایج تحقیق حاضر بوده است.

جدا از مفروضات مسئله، بررسی راه‌حل‌های مناسب دیگر نیز می‌تواند در دستور کار قرار گیرد. استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری چون الگوریتم‌های بهینه‌سازی بر مبنای معیار بهینه‌سازی نزدیکی می‌تواند برای بررسی ابعاد مسئله و یافتن بهترین شیوه حل کمک نماید. همچنین استفاده از الگوریتم‌های متاهیوریستیک دیگر نیز ممکن است جذابیت‌های اصلی برای برخی محققین داشته‌باشد. همچنین در صورت دسترس‌پذیری به نرم‌افزارهای حل

[1] Robust statistical optimization techniques
[2] Bootstrap

برنامه‌ریزی غیرخطی نیز می‌توان از نرم‌افزارهای دیگر بهره برد و حل را به شیوه‌ای ساخت که در بین تمامی روش‌ها بهترین باشد.

فهرست منابع

امیری، مقصود؛ حسنی، زهرا و هادی نژاد، فرهاد. (۱۴۰۱). طراحی مدل تاب آوری زنجیره تأمین در صنعت بانکداری ایران (مقاله علمی وزارت علوم). مدیریت بهره وری، ۱۶(۶۳)، ۲۳-۵۲.

پی‌تر، سنگه، اکبری، حسن، سلطانی، مسعود، ۱۳۸۹، رقص تغییر: چالش‌های تغییر پایدار در سازمان یادگیرنده، انتشارات آریانا.

خوشنویس، میترا؛ فائزی رازی، فرشاد و فتحی هفشجانی، کیامرث، ۱۴۰۲، تحلیل دینامیکی ریسک پایداری زنجیره تامین خدمات سیستم بانکی، مقاله ۱۲، دوره ۱۵، شماره ۵۳، شهریور ۱۴۰۲، صفحه ۱۷۵-۱۹۱.

زیدانی، سیدحمید، ۱۳۸۷، برون‌سپاری دروازه چابکی و استراتژی آن"،۲۴-۲۷، مدیریت، سال ۱۹، مرداد شهریور.

شاهبندرزاده، حمید و بهروزی، زهرا. ۱۴۰۰. ارائه مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین شعب بانک ملی تحت یک فرآیند دو مرحله‌ای به کمک تحلیل پوششی داده‌ها. مدیریت زنجیره تأمین، ۲۳(۷۱)، ۴۷-۵۹.

عسگری، وحیده؛ کامیابی، یحیی و خلیل پور، مهدی. ۱۴۰۱. ارایه مدلی برای اطمینان بیش از اندازه، اولویت ریسک، رفتار توده وار و سرمایه گذاری ناکارآمد مدیران (رویکرد مبتنی بر تئوری بازی). دانش سرمایه‌گذاری، ۱۱(۴۳)، ۴۳۹-۴۶۲.

Akarte, M. Durendra, B., Ravi, B. Rangaraj, N. 2001. Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process. Journal of the operational research society, 52: 511-522.

Alder, D. (2003). "Making the HR. outsourcing decision", MIT Sloan Management Review, 59(1), 53-60.

Anderson, E. G. J. & Parker, G. G. 2002. The effect of learning on the make/buy decision. Production and operations management, 11(3): 313-339.

Anggraini, D., Hamiza, A., Doktoralina, C. M., & Anah, S. (2018). Application of supply chain management practices in banks: Evidence from Indonesia. ***International Journal of Supply Chain Management***, 7(5), 418-427.

Apte, U. M. & Mason, R. O. 1995. Global disaggregation of information intensive services. Management science, 41(7):1250-1262.

Arunkumar N, Karunamoorthy L, Makeshwaraa NU (2007). An optimization technique for vendor selection with quantity discount using Genetic algorithm J. Ind. Eng. Int. 3(4): 1-13.

Bahli, B. & Rivard, S. 2005. Validating measures of information technology outsourcing risk factors. Omega, 33: 175-187.

Baldwing, L., Irani, Z., & Love, P. (2001). Outsourcing information systems: Drawing lessons from a banking case study. European Journal of Information Systems, 10, 15–24.

Barbarosoglu, G. & Yazgac, T. 1997. An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. Production and inventory management journal, 38(1): 14-21.

Bayazit, O. (2006). "Use of analytic network process in vendor selection decisions", Benchmarking An International journal, Vol. 13 No. 5, pp. 566-79.

Beaumont, N. & Sohal, A. 2004. Outsourcing in Australia. International journal of operations and production management, 24(7): 688-700.

Beulen, E., Fenema, P. V., & Currie, W. 2005. From application outsourcing to infrastructure management: Extending the offshore outsourcing portfolio. European management journal, 23(2): 133-144.

Busi, M. 2008. Editorial. Strategic Outsourcing: An International Journal, 1, 5–11.

Business Dynamics.J. Sterman. 2000. John Wiley and Sons.

Canez, L. E., Platts, K. W., & Probert, D. R. 2000. Developing a framework for make or buy decision. International journal of operations and production management, 20(11): 1313-1330.

Chan, F. T. S. & Chan, H. K. 2004. Development of the supplier selection model- a case study in the advanced technology industry. Proceedings of the institution of mechanical engineers, part B: 1807-1824.

Chan FTS, Kumar N (2007). Global Supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach Omega, 35(4): 417-431.

Chen, W.K., Nalluri, V., Lin, M.L. and Lin, C.T., 2021. Identifying decisive socio-political sustainability barriers in the supply chain of banking sector in India: Causality analysis using ISM and MICMAC. Mathematics, 9(3), p.240.

Collins R, Bechler K (1999). Outsourcing in the chemical and automotive industries: Choice or Competetive imperative? J. Supply Chain Management. 35 (4): 4-11.

Coward, C. (2003). Looking beyond India: Factors that shape the global outsourcing decisions of small and medium sized companies in America. The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries, 13(11), 1–12.

Edunjobi, T.E., 2024. The integrated banking-supply chain (IBSC) model for FMCG in emerging markets. Finance & Accounting Research Journal, 6(4), pp.531-545.

Elmuti, D., & Kathawala, Y. 2000. The effects of global outsourcing strategies on participants' attitudes and organizational effectiveness. International Journal of Manpower, 21, 112–128.

Fill, C. & Visser, E. 2000. The outsourcing dilemma: a composite approach to make or buy decision. Management decision, 38(1): 43-50.

Gencer C, Gurpinar D (2007). Analytic network process n supplier selection: A case study in an electronic firm Appl. Math. Modell. 31 (11): 2475-2486.

Grover, V. & Teng, J. T. C. 1993. The decision to outsource information systems functions. Journal of systems management, 44(11): 34-38.

Handfield, R. B. 1994. US global sourcing: Patterns of development. International journal of operations and production management, 14(6): 40-51.

Harland, C., Knight, L., Lemming, R., & Walker, H. 2005. Outsourcing: Assessing the risks and benefits for organizations, sectors, and nations. International journal of operations and production management, 25(9): 831-850.

Jenner, G., 2009. Airlines Deepen Ties with Outsourcing Partners. http://www.flightglobal.com/news/articles/airlines-deepen-ties-with-outsourcing-partners-325543/.

Jharkharia, S. & Shankar, R. 2005. Selection of logistics service provider: an analytic network process (ANP) approach. Omega, article in press: corrected proof, accepted 30 June 2005.

Jharkharia S., Shankar R. 2007. "Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach"; The International Journal of Management Science, 274 – 289.

Kahraman, C. Cebeci, U. & Ulukan, Z. 2003. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. Logistics information management, 16(6): 382-394.

King, W. R. 2005. Outsourcing becomes more complex. Information systems management, 22(2): 89-90.

Kokangul A, Susuz Z 2009. Integrated analytical hierarchy process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount Appl. Math. Modell. 33(3): 1417-1429.

Krause, D. R., Pagell, M., & Curkovic, S. 2001. Toward a measure of competitive priorities for purchasing. Journal of operations management, 19(4): 497-512.
Kubat C, Yuce B 2006. Supplier selection with genetic algorithm and fuzzy AHP proceedings of 5th international symposium on intelligent manufacturing systems: 1382-1401.
Kumar, S., Aquino, E., & Anderson, E. 2007. Application of a process methodology and a strategic decision model for business process outsourcing. Information Knowledge Systems Management, 6, 323–342.
Kumar, S., & Eickhoff, J. 2006. Outsourcing: When and how should it be done? Information Knowledge Systems Management, 5, 235–259.
Kuo RJ, Hong SY, Huang YC 2010a. Integration of particle swarm optimization-based fuzzy neural network and artificial neural network for supplier selection Appl. Math. Modell. 34(12): 3976-3990.
Kuo RJ, Wang YC, Tien FC 2010b. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection J. Cleaner Prod. 18(12).1161-1170.
Lacity M., Hirschheim R. 1995. "Beyond the information systems outsourcing bandwagon", Toronto: John Wiley & Sons.
Lam KC, Tao R, Lam MCK (2010). A material suplier selection model for property developers using fuzzy principle component analysis autom. Constr. 19(5): 608-618.
Lee AHI (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. Expert syst. Appl. 36(2): 2879-2893.
Lee, S. 2010. Global outsourcing: A different approach to an understanding of sport labor migration. Global Business Review, 11, 153–165.
Leenders Ml, Fearon HF, Flynn AE, Johnson PF (2002). Purchasing and supply management. New York: McGraw –Hill.
Li, M., & Burden, W. 2002. Outsourcing sport marketing operations by NCAA Division I athletic programs: An exploratory study. Sport Marketing Quarterly, 11, 226–232.
Liao CN, Kao Hp (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming Comp. Ind. Eng. 58(4): 571-577.
Liu, F. F. & Hai, H. L. 2005. The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. International journal of production economics, 97: 308-317.
Majumder, M.I. and Habib, M.M., 2022. Supply chain management in the banking industry: a literature review. American Journal of Industrial and Business Management, 12, 10-20.
Mello, J., Theodore, S., & Terry, E. 2008. A model of logistics of outsourcing strategy. Transportation Journal, 47(4), 5–25.
Monczka RM, Hanfield RB (2005). Purchasing and supply chain management (3rd edition). Thomso South-Western.
Mohanty, R. P. & Deshmukh, S. G. 1993. Use of analytic hierarchy process for evaluating sources of supply. International journal of physical distribution & logistics, 23(3): 22-28.
Mukherji, S., & Ramachandran, J. 2007. Outsourcing: Practice and searching of a theory. IIMB Management Review, 19, 103–110.
Narasimhan R (1983). An analytical approach to supplier selection J. Purch. Mater. Manag. 19(4): 27-32.
Ng WL (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. Eur. J. Oper. Res. 186(3):1059-1067.
Ngwenyama, O. K. & Bryson, N. 1999. Making the information systems outsourcing decision: a transaction cost approach to analyzing outsourcing decision problems. European journal of operational research, 115: 351-367.
Nydick RL, Hill RP (1992). Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure J. Purch. Mater. Manag. 25(2):1-6.

Nydick, R. L. & Hill, R. P. 1992. Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure. International journal of purchasing and materials management, 28(2): 31-36.
Ozgen D, Onut S, Gulsun B, Tuzkaya UR, Tuzkaya G (2008). A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems. Inf. Sci. 178(2):485-500.
Partovi, F. Y., Burton, J., & Banerjee, A. 1989. Application of analytical hierarchy process in operations management. International journal of operations and production management, 10(3): 5-19.
Pearson JL, Ellram LM (1995). Supplier selection and evaluation in small versus large electronics firms. J. Small Bus. Manag. 33(4): 53-60.
Real-Time Technology Solutions. 2007. Statistics related to offshore outsourcing. New York: Real-Time Technology Solutions. (http://www.rtts.net/outsourcing/statistics/).
Rajan, R., & Srivastava, S. 2007. Global outsourcing of services: Issues and implications. Harvard Asia Pacific Review, 9(1), 39–40.
Saaty, T. L. & Kearns, K. P. 1985. Analytical planning: the organization of systems. Elmsford, NY: Pergamon Press Inc.
Saaty, T. L. 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. Management science, 32(7): 841-855.
Saaty, T. L. 1989. Decision making, scaling, and number crunching. Decision sciences, 20(2): 404-409.
Smith, M. A., Mitra, S., & Narisimhan, S. 1996. Offshore outsourcing of software development and maintenance: A framework for issues. Information & management, 31: 165-175.
Sridhar, S. S. & Balachandran, B. V. 1997. Incomplete information, task assignment, and managerial control systems. Management science, 43(6): 764-778.
Swenson, D. L. 2004. Entry costs and outsourcing decisions: evidence from the US overseas assembly provision. The North American journal of economics and finance, 15: 267-286.
Swenson, D. L. 2005. Overseas assembly and country sourcing choices. Journal of international economics, 66: 107-130.
Teng, J. T. C., Cheon, M. J., & Grover, V. 1995. Decisions to outsource information systems functions: testing a strategy-theoretic discrepancy model. Decision sciences, 26(1): 75-103.
Thomas, P. 2005. The journal report: small business. Make it: in a global economy, it isn't easy to transform an idea into a product. Wall Street journal: R6. New York.
Tracey, M. & Tan, C. L. 2001. Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance. Supply chain management, 6(3/4): 174-188.
Udo, G. G. 2000. Using analytic hierarchy process to analyze the information technology outsourcing decision. Industrial management & data systems. 100(9): 421-429.
Venkatraman, N. V. 2004. Offshoring without guilt. MIT Sloan management review, 45(3): 14-16.
Vestring, T., Rouse, T., & Reinert, U. 2005. Hedge your offshoring bets. MIT Sloan management review, 46(3): 27-29.
Vokurka, R. J., Choobineh, J., & Vadi, L. 1996. A prototype expert system for the evaluation and selection of potential suppliers. International journal of operations and production management, 16(12): 106-127.
Weber, C. A., Current, J. R., & Desai, A. 2000. Vendor: a structured approach to vendor selection and negotiation. Journal of business logistics, 21(1): 135-167.
Simpson PM, Siguaw JA, White SC. 2002. Measuring the performance of suppliers: An analysis of evaluation process J. Supply Chain Manag. 38(1): 29-41.
Spekman RE 1988. Strategic supplier selection: understanding long-term buyer relationships Bus. Horizons 31(4):75-81.
Winser JD, Leong GK, Tan KC 2008. Principles of supply chain management- A balanced approach. Thomson.

Xia W, Wu Z. 2007. Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments Omega, 35(5): 494-504.

Tzeng, G.H., Chiang, C.H., Li, C.W., 2007. Evaluating intertwined effects in e-learnin programs: a novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. Expert Systems with Applications 32, 1028e1044.

Tsai, W.H., Chou, W.C., 2009. Selecting management systems for sustainable development in SMEs: a novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. Expert Systems with Applications 36 (Part 1), 1444e1458.

United Nations Development Program. Defining Good Governance as a nice governance.

Saaty, T. (2005). "Theory and Applications of the Analytic Network Process Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks", RWS Publications, Pittsburgh, PA.

Schniederjans M. (2007). "Focused issue on operations research and outsourcing", Computers & Operations Research 34. 3515

Wang, J.J., Yang, D.L., 2007. Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information system outsourcing. Computers & Operations Research 34, 3691e3700.

Yahya, S. & Kingsman, B. 1999. Vendor rating for an entrepreneur development program: a case study using the analytic hierarchy process method. Journal of the operational research society. 50: 916-930.

Yang, C. & Chen, B. (2006). "Supplier selection using combined analytical hierarchy process and gray relational analysis", Journal of Manufacturing.

Yang, D.H., Kim, S., Nam, C., Min, J.W., 2007. Developing a decision model for business process outsourcing. Computers & Operations Research 34, 3769e3778.

Yang, C. & Huang, J. B. 2000. A decision model for IS outsourcing. International journal of information management, 20: 225-239.

Yurdakul, M. Ic, Y. T. 2004. AHP approach in the credit evaluation of the manufacturing firms in Turkey. International journal of production economics, 88: 264-289.

Financial Economics
Vol. (17) Issue (66)

A Model for the Service Supply Chain in the Banking Industry: A Three-Level Planning Approach Based on Game Theory

Amirhossein Mohseni Beikzadeh
Department of Industrial Management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran.
Amirhossein_mb86@yahoo.com

Shokrollah Ziari
Department of Mathematics, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran. (Corresponding Author)
shok_ziari@yahoo.com

Mahdi Amir Miandragh
Department of Mathematics, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran.
mehdi59ir@gmail.com

Ebrahim Nik Naghsh
Department of Industrial Management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran.
eniknaghsh@yahoo.com

Abstract
By reviewing the literature of three areas of budgeting and organizational facilities for the organization's progress, outsourcing of organizational improvement processes and supplier selection, this research has come to the conclusion that the methods and recommendations made in this area have been assumed to be independent of each other and a comprehensive model has never been able to According to the requirements of an organization, unit and suppliers, it is easy to respond to the conditions. Therefore, this research by presenting a three-level mathematical programming model and according to the concept of game theory has tried to respect this integrity and constantly challenges decisions like a leader-follower game. The model presented in the third chapter has been able to provide a meta-heuristic algorithm with the help of proper coding in MATLAB software so that not only the value of this research is the presentation of its model, but it has also been able to use a suitable solution method. Presenting several examples generated with random numbers has been able to accomplish this.
Keywords: Organizational Process Improvement, Organizational Unit Level, Outsourcing, Supplier Selection, Multi-level Game, Meta-heuristic Algorithm.