نشریـه علمی
دانش مالی و تحلیل اوراق بهادار
دوره ۱۵ / شماره ۱ (پیاپی ۵۳) / بهار ۱۴۰۱
صفحه ۶۳ تا ۷۷

قیمت‌گذاری پروژه‌های ساخت، بهره‌برداری، واگذاری و مشارکت‌های عمومی – خصوصی تحت ریسک

عادل همباشی [۱]
احمد ابراهیمی ✉ [۲]
رویا سلطانی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴

چکیده

اجرای موفق پورتفوی مناسب از پروژه‌های مرتبط با بهره‌گیری از توانمندی شرکت‌های خصوصی، یکی از شاخص‌های پیشرفت هر کشور به شمار می‌رود. قراردادهای ساخت، بهره‌برداری، واگذاری نیز به عنوان شاخه ای از مشارکت‌های عمومی - خصوصی، یکی از ابزارهای متداول برای پاسخ به کمبود مالی دولت در پروژه‌های زیربنایی است. در این مقاله کل فرآیند سرمایه‌گذاری از طریق خود تأمین مالی صورت می‌پذیرد. برای انتخاب و زمان‌بندی مطلوب پورتفوی پروژه، مدل ریاضی دو طرفه با اهداف پایداری، با لحاظ نمودن ریسک، محدودیت منابع، وابستگی متقابل بین پروژه‌ها و استراتژی افق زمانی قابل انعطاف ارائه شده است. همچنین نوآوری در نظرگرفته شده در این مقاله، در حداکثرسازی منافع اجتماعی دینفعان لحاظ شده است. برای حل از روش محدودیت اپسیلون در ابعاد کوچک و متوسط و روش فرا ابتکاری الگوریتم ژنتیک چند هدفه در ابعاد بزرگ استفاده می‌گردد. در نهایت تصمیم گیرندگان اصلی پروژه با انتخاب مقدار بهینه، قیمت پروژه را تعیین می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: مشارکت‌های عمومی- خصوصی، پروژه‌های ساخت، بهره برداری و واگذاری، انتخاب پورتفولیوی پروژه، ریسک

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. adel.hambashi@srbiau.ac.ir
[۲] استادیار گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول): Ahmad.ebrahimi@srbiau.ac.ir
[۳] استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران. r.soltani@khatam.ac.ir

۱ مقدمه

سرمایه‌گذاری هنگفت مورد نیاز در پروژه‌های زیرساخت، دولت را برای مشارکت با بخش خصوصی در قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی[1] ترغیب می‌کند. منافع زیادی برای اجرای این مشارکت از جمله اطمینان از هزینه‌های ضروری در بخش عمومی، کیفیت بالاتر، بازبینی بموقع خدمات عمومی، استفاده از توان کارشناسی بخش خصوصی، تجربه و غیره وجود دارد. (توکلی و نورزاد، ۲۰۱۹) همچنین بدلیل تقاضای زیاد جذب سرمایه خصوصی، دولت‌ها به طور مداوم شیوه نامه‌های عملیات زیرساخت را تنظیم می‌کنند. (سومرو و ممون، ۲۰۱۶) مدل ساخت، بهره برداری و واگذاری[2] نوعی از این مشارکت‌ها است که اخیرا" نقش مهمی در اجرای بخشی از پروژه‌های زیر بنایی کشورها ایفا نموده است. (توکلی و نورزاد، ۲۰۱۹) موفقیت این نوع پروژه‌ها به شدت به کاهش اثرات انواع ریسک و عدم قطعیت بستگی دارد. کمبود حمایت دولت، عدم بازگشت منطقی جریان‌های نقدی و سناریوهای ریسک به عنوان دلایل اصلی شکست پروژه شناسایی شده‌اند بنابراین حمایت دولت نقش مهمی در مبادله برگشت ریسک و موفقیت پروژه ایفا می‌کند. (عطارزاده و همکاران، ۲۰۱۷) در این راستا بهتر است تعیین قیمت برای مجموعه‌ای از پروژه‌های مرتبط لحاظ شود. تلاش جدی برای برآورد، ارزیابی و انتخاب مجموعه بهینه ی پروژه‌ها از میان بسیاری از پروژه‌های امکان پذیر، تصمیم مهم بسیاری از سازمان‌ها است. در این زمینه یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح ۰ - ۱ برای انتخاب و زمان بندی پورتفولیوی مطلوب، بر اساس اهداف سازمان و محدودیت هایی مانند محدودیت منابع و وابستگی متقابل پروژه‌ها پیشنهاد شد. (قاسم زاده و همکاران، ۱۹۹۶) در ضمن اکثر مدل‌های موجود برای انتخاب سبد پروژه، در چارچوب افق سرمایه‌گذاری ثابت پیشنهاد شده‌اند اما سرمایه‌گذاری افق زمانی قابل انعطاف می‌تواند یک فرصت جدید برای انتخاب سبد پروژه بهینه ایجاد کند.(لی یو و ژانگ، ۲۰۱۸) یادآوری می‌شود سرمایه‌گذار برای به حداکثر رساندن سود، باید ترکیبی از پروژه ها، برنامه زمان‌بندی و افق زمانی را بهینه کند. (جعفر زاده و همکاران، ۲۰۱۵) همچنین برای به حداکثر رساندن سود دولت (سرمایه پذیر)، منفت اجتماعی را باید در پروژه لحاظ و بهینه نمود. گرچه تعداد مطالعاتی که هم زمان منافع طرفین را در نظر می‌گیرند کم هستند، مطالعاتی وجود دارند که عوامل اجتماعی را در تصمیم گیری پارامترهای دوره واگذاری امتیاز در نظر می‌گیرند.(توکلی و نورزاد، ۲۰۱۹) بنابراین تعیین هر چه بیشتر این عوامل مانند اقتصاد چرخشی که مدلی انعطاف پذیر است، امکان تفکیک رشد اقتصادی و توسعه از مصرف منابع محدود را در بلند مدت ارائه و امکان ارائه ی فرصت‌های نوآوری را در تمام بخش‌ها فراهم می‌کند (گالوائو و همکاران، ۲۰۱۸) یا افزایش سهم مشاغل کمکی یا اجاره بهای مکان هایی که حق الامتیاز آنها را بتوان به بخش خصوصی داد(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۹) همه سبب حداکثر کردن سود یا به عبارتی بهترین انتخاب ذینفعان برای تعیین قیمت پروژه می‌شوند.

۲ مبانی نظری تحقیق

- مشارکت عمومی - خصوصی

مشارکت عمومی خصوصی یک ابزار قراردادی برای تحویل خدمات و دارایی‌های عمومی است. این قراداد می‌تواند مربوط به توسعه و مدیریت یک پروژه زیربنایی جدید، توسعه و به روزآوری تأسیسات موجود (قراردادهای زیربنایی) و یا قراردادهایی باشد که مدیریت تأسیسات زیربنایی موجود به عهده بخش خصوصی و یا از خدمات عمومی بهره برداری نماید(قراردادهای خدماتی). براساس تعریف ارائه شده توسط راهنمای مرجع بانک جهانی، مشارکت عمومی خصوصی در یک تعریف جامع برای هر دو تأسیسات موجود و جدید عبارت است از یک قرارداد بلند مدت بین بخش عمومی و بخش خصوصی برای توسعه و یا مدیریت تأسیسات و خدمات عمومی که طی آن شرکت خصوصی سهم عمده‌ای از ریسک‌ها و مسئولیت‌های طول عمر قرارداد را بر عهده دارد و حق الزحمه پرداختی به بخش خصوصی وابسته به عملکرد

[1] Public – Private Partnership
[2] Build, Operate, Transfer

تأسیسات و خدمات است. این تعریف کلان برای مفهوم این مشارکت در تمایز با روش متعارف تدارک پروژه‌ها (روش پیمانکاری) استفاده می‌شود. (خزائنی, ۱۳۹۸)

- پروژه‌های ساخت، بهره برداری و واگذاری:

در این نوع قرارداد شرکت و یا مجموعه ای از شرکت‌ها پس از اخذ امتیاز، پروژه‌های سنگین مالی را اجرا خواهند کرد و پس از طی بازه زمانی مشخص از پروژه‌های مذکور نفع خواهند برد سپس پروژه را پس از اعمال ملاحظات لازم به طوری که امکان فعالیت کامل بر روی آن وجود داشته باشد به صورت بلاعوض به طرف دیگر واگذار می‌کنند. (محمدبیگی، ۱۳۹۱) از نظر برخی نویسندگان تأمین مالی بخش جدایی ناپذیر BOT تلقی نمی‌شود و در صورتی که تأمین مالی توسط سرمایه گذار مطرح باشد از اصطلاح طراحی، ساخت، تأمین مالی و بهره‌برداری استفاده می‌شود. ترتیبات BOT ممکن است با تغییراتی استفاده شوند که مهم‌ترین آنها ساخت، تملک و بهره‌برداری (Build, Own, Operate)، ساخت، تملک، بهره برداری و فروش (Build, Own, Operate, Sell)، بازسازی، بهره برداری و واگذاری (Refurbish, Operate, Transfer)، ساخت، اجاره و واگذاری (Build, Lease, Transfer) و نوسازی، بهره برداری و واگذاری (Modernize, Operate, Transfer) است. (شیروی، ۱۳۹۴)

۳ پیشینه پژوهش

با پیدایش و سپس تکامل تدریجی شیوه جدید اجرای پروژه‌ها، افراد و کارگروه‌های زیادی موضوعات مختلف مرتبط با قیمت‌گذاری پروژه‌های ساخت، بهره‌برداری، واگذاری و مشارکت‌های عمومی خصوصی را بررسی نموده‌اند. در این راستا شینگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند ویژگی این مشارکت‌ها حکم به مذاکره پی در پی می‌دهد که اجتناب‌ناپذیر است. علاوه بر این، انتخاب راهکار استراتژیک از سوی دولت و سرمایه‌گذاران در جریان مذاکره مجدد برای ادامه پروژه بسیار حیاتی است. طبعا" هرچه منافع اجتماعی مورد انتظار بیشتر باشد، احتمال انتخاب دولت برای حفظ پروژه بیشتر می‌شود. مزایای همکاری ایجاد شده توسط مشارکت معقول در پروژه، رفتارهای فرصت طلبانه را محدود و رفتار تعاملی هر دو بازیگر به سمت استراتژی بهینه سبد سهام حرکت می‌کند. مطالعه دیگری از لی و همکاران (۲۰۲۰) منتشر شد که در آن هدف، بهبود موفقیت پروژه‌های اجرا شده BOT است. نتایج مطالعه آنها به دنبال طراحی متوالی از جمله مصاحبه و پرسشنامه نشان داد که ۵ ریسک مهم در پروژه‌های حمل و نقل ویتنام عبارتند از: مشکلات مربوط به مالکیت زمین و جبران خسارت، مکان نامناسب غرفه‌های عوارضی، مقاومت عمومی در برابر پرداخت، نرخ عوارض بالا و فقدان جریان نقدینگی. همچنین در تحقیق هوانگ و دژنگ (۲۰۱۹) مقرر شد با توجه به محدودیت‌های بودجه، دولت حق توسعه تجارت فرعی را برای سرمایه گذاران برای افزایش سود در پروژه‌های PPP آزاد کند. اما مقیاس مشاغل جانبی در آیین نامه مشخص نشده و تحقیقات کمی در رابطه با مدل سازی مقیاس موجود است. بنابراین پژوهش با هدف ایجاد یک مدل با تجزیه و تحلیل ریاضی برای ارزیابی مقیاس تجارت فرعی انجام شد. مضافا" توکلی و نورزاد (۲۰۱۹) در این تحقیق یک چارچوب قیمت گذاری بر مبنای یک روش شبیه سازی بهینه سازی چند منظوره تهیه کردند که شامل ارزش منافع اجتماعی و همچنین اثرات عدم قطعیت در پروژه‌های BOT می‌باشد. کاربرد مدل آنها برای یک پروژه در دنیای واقعی ارائه یک راه حل برد -برد را تایید می‌کند که در آن مزایای ذینفعان به طور همزمان در مقایسه با نتایج به دست آمده از روش‌های متعارف به حداکثر می‌رسد. لی یو و ژانگ (۲۰۱۸) در بررسی خود پی بردند اکثر مدل‌های موجود برای انتخاب سبد پروژه در چارچوب افق سرمایه‌گذاری ثابت پیشنهاد شده‌اند. هدف آنها در این مقاله بحث در مورد تصمیم‌گیری بهینه سرمایه‌گذاری و مصرف برای انتخاب سبد پروژه با افق زمانی قابل انعطاف است. در دو مدل پیشنهادی، برخی از معیارهای تصمیم‌گیری واقع بینانه در نظر گرفته می‌شوند که شامل کنترل ریسک جهت جلوگیری از احتمال ورشکستگی در هر دوره، محدودیت شروع پروژه و استراتژی زمان شروع سرمایه‌گذاری مجدد است. سپس یک الگوریتم ژنتیک

جدید برای حل مدل‌های پیشنهادی طراحی شد. سومرو و ممون (۲۰۱۶) نیز در این تحقیق پی بردند که در تلاش برای تأمین مالی خصوصی و تخصص فنی، دولت‌ها به طور مداوم شیوه نامه‌های عملیات زیرساخت را تنظیم می‌کنند. با این وجود برای حفظ مردم در برابر ضرر احتمالی، قبل از شروع هرگونه پیشنهاد تحت این مشارکتها ، یک سری آزمایش ارزش آفرینی منابع (Value For Money) باید انجام شود. از نظر عطارزاده و همکاران (۲۰۱۷)، ناپایداری درآمدها یکی از موانع اصلی مشارکت‌ها در بازرگانی است. در این خصوص حمایت دولت به عنوان یک بند در توافق نامه اعطای امتیاز باید با دقت طراحی و تدوین شود. هدف از مدل پیشنهادی این مقاله، ارزیابی گزینه‌های اولیه تولید سرمایه و همچنین محاسبه مرزهای عادلانه ی درآمد تضمین شده برای حامی مالی پروژه در شرایط عدم اطمینان و ریسک است. وانگ و اسکیتمور (۲۰۱۶) در این پژوهش نشان دادند فضای مذاکره از فاصله زمانی دوره واگذاری امتیاز حاصل می‌شود که مرز پایین آن ایجاد بازده اقتصادی مطلوب برای سرمایه گذاران و مرز بالایی آن امکان سنجی اقتصادی دولت میزبان را تضمین می‌کند. سهم اصلی مقاله در تئوری تجاری ساخت و ساز این است که طول عمر پروژه و مدت زمان واگذاری امتیاز به طور مشترک تعیین می‌شود و مزایای اجتماعی در بررسی مزایای مالی پروژه از نظر عملی، در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه استفاده از مدل باید سود هردو طرف را افزایش دهد. جعفر زاده و همکاران (۲۰۱۵) به موضوع انتخاب بهینه سبدی از پروژه‌ها با استفاده از استراتژی سرمایه گذاری مجدد در یک افق زمانی قابل قبول پرداختند. سود حاصل از پروژه‌های تکمیل شده می‌تواند برای اجرای سایر پروژه ها، سرمایه مجدد تولید کند. همچنین قاسم زاده و همکاران (۱۹۹۶) یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح ۰-۱ برای انتخاب و زمان بندی سبد مطلوب پروژه بر اساس اهداف سازمان، محدودیت منابع و وابستگی متقابل پروژه‌ها پیشنهاد دادند. نوآوری مقاله این است که مدل، دوره‌ی شروع هر پروژه را تعیین می‌کند. ملاحظات زمان‌بندی می‌تواند تأثیر عمده ای بر ترکیب پروژه‌ها داشته باشد و ممکن است پروژه‌های خاصی را به سبد اضافه کند که در غیر این صورت نمی توانستند انتخاب شوند.

شکاف تحقیقاتی مقالات، نحوه دستیابی به افزایش هر چه بیشتر منافع اجتماعی است. برای دستیابی به این مهم، تعیین عوامل مؤثر بر قیمت گذاری، روش‌های ایجاد منفعت اجتماعی و اندازه گیری آن جزء نکات محوری محسوب می‌شوند همچنین تهیه مدل مناسب با درنظر گرفتن و کنترل ریسک در این پروژه‌ها اهمیت دارد. در این تحقیق بسته به نوع پروژه اهداف پایداری (اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست) مانند انتخاب بهینه سبد پروژه، حداکثر سازی سود طرفین، استفاده از مشاغل جانبی، استفاده صحیح از منابع تجدید پذیر و تجدید ناپذیر، اقتصاد چرخشی، مالیات و کاهش آلودگی محیط‌زیست درنظر گرفته می‌شوند و بسته به هر پروژه ریسک‌های ناشی از عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و غیره در مدل مدنظر قرار می‌گیرند. برای حل مسائل در مدل پیشنهادی با ابعاد کوچک و متوسط از روش محدودیت اپسیلون و برای ابعاد بزرگ از روش متاهیورستیک (الگوریتم ژنتیک چند هدفه) استفاده خواهد شد.

۴ بیان مسئله و مدل سازی ریاضی

بازارهای مالی می‌توانند با عدم قطعیت هایی همراه باشند. موفقیت در پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی تا حد زیادی به کاهش تأثیر انواع ریسک‌ها و عدم قطعیت ها، به ویژه موارد تأثیرگذار بر درآمد در طول زمان بستگی دارد. مدل فوق یک مدل دو هدفه می‌باشد که با قیمت‌گذاری مناسب، هدف اول آن به دنبال حداکثرسازی سود ذینفعان و هدف دوم آن به دنبال کاهش ضرر احتمالی سبد انتخابی با درنظر گرفتن و کنترل ریسک می‌باشد. طبق مفروضات مدل پیشنهادی، سرمایه اولیه سرمایه گذار، w و بصورت قطعی می‌باشد. پروژه‌ها نمی‌توانند نیمه کاره رها شوند، دارای وابستگی متقابل می‌باشند و بر درآمد و هزینه‌های یکدیگر اثرگذارند. همچنین می‌توان برای تأمین هزینه‌های هر دوره از درآمد دوره‌های قبل استفاده نمود و سرمایه‌گذار در طول پروژه، سرمایه اضافی وارد فرآیند سرمایه‌گذاری نمی‌کند. افق زمانی برنامه ریزی ساخت T

دوره و نهایتا" D دوره زمانی برای تأخیر مجاز پروژه‌ها در نظر گرفته می‌شود که شامل جریمه دیرکرد می‌باشد. در هر دوره میزان دسترسی به منابع محدود و پروژه‌ها دارای اشتراک در منابع فیزیکی می‌باشند. منابع فیزیکی باقیمانده نیز در هر دوره قابل ذخیره برای دوره‌های بعد می‌باشند همچنین ارزش زمانی پول یعنی نرخ تورم در مدل لحاظ نشده است .

جدول ۱- اندیس های مدل پیشنهادی

i	پروژه های کاندید با استفاده از اندیس i نام گذاری و مقدار آن از 1 تا N می باشد.
k	برای نام گذاری پروژه های کاندید وقتی که رابطه بین دو پروژه مطرح می شود، استفاده می گردد.
j	زمان آغاز پروژه منتخب و مقدار آن از 1 تا T است.
h	نشانگر دوره های برنامه ریزی و مقدار آن از 1 تا T + D + O می باشد.

جدول ۲- پارامترهای مدل

C(i, j, h)	هزینه پروژه i در در دوره h که در زمان j آغاز شده است.
P(i, j, h)	درآمد مورد انتظار از پروژه i در دوره h که در زمان j آغاز شده است.
Synergy(i, k)	درآمد اضافی ناشی از انتخاب هم زمان پروژه های مرتبط i و k و صرفه جویی در هزینه ها
R^s(i, j, h)	میزان مورد نیاز منبع نوع s برای پروژه i در دوره h که در زمان j آغاز شده است.
RT^s(h)	حداکثرمیزان دسترسی به منبع نوع s در دوره h.
M^q(i, j, h)	میزان ساعت مورد نیاز تجهیز نوع q یا نیروی انسانی برای پروژه i در دوره h و زمان j .
MT^q(h)	حداکثرمیزان دسترسی تجهیزات نوع q و یا نیروی انسانی در دوره h.
A(i, k)	مالیاتی که سرمایه گذار بابت پروژه های i, k به دولت(سرمایه پذیر) می دهد.
loss(i)	مبلغی که تصمیم گیرنده در بدترین حالت با انتخاب پروژه i از دست می دهد.
E(i, h)	جریمه ایجاد تأخیر در ساخت پروژه i که تا دوره h طول کشیده است.
d(i)	مدت زمان مورد نیاز برای آغاز پروژه i تا اتمام آن (مدت زمان اجرای پروژه i)
v(j)	برابر است با مقدار j ، در اصل نشان دهنده زمان آغاز پروژه می باشد
f(i)	حداکثر زمانی که پروژه i مجاز است طول بکشد.
O	تعداد دوره بهره برداری سرمایه گذار که بعد از زمان T + D شروع می شود.

جدول ۳- متغییرهای تصمیم

x(i, j)	اگر پروژه i در زمان j آغاز شود مقدار یک می گیرد، در غیر اینصورت صفر می شود.
y(i, j, k)	اگر پروژه های i و k در زمان j آغاز شوند مقدارشان ۱در غیر اینصورت صفر می باشند.

$\max\ Z_1$:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}\sum_{h=1}^{T+D+O} p(i,j,h) * x(i,j) + \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} synergy(i,k) * y(i,j,k) - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}\sum_{h=1}^{T+D+O} C(i,j,h) * x(i,j) - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}\sum_{h=1}^{T+D} E(i,h) * x(i,j) - \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} A(i,k) y(i,j,k) \quad (1\text{-}3)$$

$min\ Z_2$:

$$Z_2 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T} loss(i) * x(i,j) \quad (2\text{-}3)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{T} x(i,j) \le 1 \qquad ;\forall i \quad (3\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{N} C(i,1,1) * x(i,1) \le w \quad (4\text{-}3)$$

$$\sum_{j=1}^{T} x\,(i,j) * v(j) \le T \qquad ;\forall i \quad (5\text{-}3)$$

$$\sum_{j=1}^{T+D} x(i,j) * \big(v(j) + d(i)\big) \le T + D \qquad ;\forall i \quad (6\text{-}3)$$

$$\sum_{j=1}^{T+D} x(i,j) * \big(v(j) + d(i)\big) \le f(i) \qquad ;\forall i \quad (7\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} C(i,j,h) * x(i,j) \le W + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{h}\big(p(i,j,h-1) - C(i,j,h-1)\big) * x(i,j) + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} p(i,j,h) * x(i,j) \qquad ;\ \forall h \quad (8\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} M^q(i,j,h) * x(i,j) \le MT^q(h) \qquad ;\ \forall h \quad (9\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} R^s(i,j,h) * x(i,j) \le RT^s(h) + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{h}(RT^s(h-1) - R^s(i,j,h-1)) * x(i,j) \quad ;\ \forall h \quad (10\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T} x(i,j) \le U \quad (11\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T} x(i,j) \ge L \quad (12\text{-}3)$$

$$x(i,j) \ge y(i,j,k) \qquad ;\forall i,j,k \qquad i \ne k \quad (13\text{-}3)$$

$$y(i,j,k) \ge x(i,j) + x(k,j) - 1 \qquad ;\forall i,j,k \qquad i \ne k \quad (14\text{-}3)$$

$$x(i,j) = 0{,}1 \quad (15\text{-}3)$$

$$y(i,j,k) = 0{,}1 \quad (16\text{-}3)$$

تابع هدف اول (۳-۱) با در نظر گرفتن درآمدها، هزینه‌ها و مالیات به دنبال حداکثر کردن سود پورتفولیو است و تابع هدف دوم (۳-۲) در صدد کاهش ریسک سبد پروژه است. $loss(i)$ حداکثر مبلغی است که تصمیم گیرنده در بدترین حالت ممکن از دست می‌دهد. نامعادله (۳-۳) معرف ارزش پروژه است و هر پروژه در طول افق برنامه‌ریزی مجاز تنها یکبار می‌تواند انتخاب شود. در نامعادله (۳-۴) هزینه پروژه‌ها در دوره اول نباید بیشتر از سرمایه اولیه در دسترس باشد. در محدودیت (۳-۵) پروژه‌ها تنها در بازه برنامه‌ریزی، مجاز به شروع می‌باشند. در نامعادله (۳-۶) هر پروژه، نهایتا" به مدت D دوره می‌تواند دیرتر پایان یابد اما محدودیت (۳-۷) یک استثناء از (۳-۶) است. در طول افق برنامه ریزی ممکن است به دلایلی مانند اعمال محدودیت زمانی کارفرما، مشتری و یا بازار هدف، یک یا چند پروژه زودتر از زمان اتمام دوره ساخت به اتمام برسد. همچنین طبق محدودیت (۳-۸) هزینه‌های هر دوره از باقیمانده سرمایه اولیه بعلاوه درآمد حاصل از پروژه‌های قبلی تأمین می‌گردد. مطابق محدودیت (۳-۹) نیز در هر دوره، از منابع مازاد تجدید ناپذیر و باقیمانده دوره‌های قبل نیز می توان استفاده کرد همچنین طبق محدودیت (۳-۱۰) بر خلاف (۳-۹) نمی‌توان از همه منابع مازاد تجدید پذیر دوره‌های قبل استفاده کرد زیرا منابعی مانند میزان ساعات در دسترس تجهیزات و یا میزان ساعات کاری نیروی انسانی را نمی توان برای دوره‌های بعد ذخیره کرد. نامعادلات (۳-۱۱) و (۳-۱۲) به ترتیب بیانگر حداکثر تعداد پروژه های ممکن به دلیل وجود محدودیت تعداد کارشناس یا تجهیزات و حداقل تعداد پروژه‌هایی است که سازمان باید در سبد پروژه خود در یک برهه زمانی داشته باشد تا فعال باقی بماند. محدودیت‌های (۳-۱۳) و (۳-۱۴) برای خطی سازی مسئله استفاده می‌شوند. دراصل تابع هدف (۳-۱) باید بصورت زیر نوشته شود:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}\sum_{h=1}^{T+D+O} p(i,j,h) * x(i,j) + \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} synergy(i,k) * x(i,j) * x(k,j) - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}\sum_{h=1}^{T+D+O} C(i,j,h) * x(i,j) - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}\sum_{h=1}^{T+D} E(i,h) * x(i,j) - \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} A(i,k) * x(i,j) * x(k,j)$$

$\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{h} synergy(i,k) * x(i,j) * x(k,j)$

همینطور مالیات، مسئله را از حالت خطی بودن خارج و به یک مسئله ۰ و ۱ غیرخطی تبدیل می‌کرد، از متغیر تصمیم کمکی $t(i,j,k)$ و نامعادلات (۳-۱۳) و (۳-۱۴) به شرح ذیل برای خطی سازی استفاده می‌شود.

$x * y$

$x, y: Binary$

$$y(i,j,k) \le x(i,j) \qquad i \ne k$$
$$t(i,j,k) \ge x(i,j) + y(k,j) - 1 \qquad i \ne k$$
$$t(i,j,k) \ge 0$$

نامعادلات (۳-۱۵) و (۳-۱۶) نشان دهنده این هستند که متغیرهای تصمیم از نوع ۰-۱ می‌باشند.

۵ حل مدل و تحلیل

مسئله مورد بررسی NP-hard است. در این تحقیق، برای حل مسئله در ابعاد بزرگ از الگوریتم ژنتیک چند هدفه و برای ابعاد کوچک و متوسط از روش محدودیت اپسیلون استفاده می شود.

روش محدودیت اپسیلون

روش محدودیت اپسیلون روشی برای مواجهه با مسائل چند هدفه است که در آن یکی از توابع هدف با انتقال

سایر توابع هدف به محدودیت ها بهینه می شد. پس از انتخاب تابع هدف ، مسئله حل و مقدار بهینه به دست می آید سپس بازه بین دو مقدار بهینه تابع هدف فرعی به تعداد مشخص شده تقسیم‌بندی و جدول مقادیر $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots, \varepsilon_n$ را بدست می‌آوریم. هر بار مسئله با تابع هدف اصلی با هریک از مقادیر ε حل و مقادیر ثبت می‌شود.

الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب(NSGA-II)

به طور مختصر حل الگوریتم NSGA-II شامل ۴ مرحله است. مرحله اول ایجاد یک جمعیت تصادفی از جواب‌ها (کروموزوم‌ها) است.

$X_1 , X_2 , X_3 , X_4 ,$ ... $, X_n$

شکل ۱- ایجاد جمعیت تصادفی جواب ها

مرحله دوم شامل انتخاب والدین از مجموعه شکل ۱ و ترکیب آنها برای ایجاد فرزندان است. در این عملگر، ابتدا دو والد X_1 و X_2 برای تولید مثل انتخاب میشوند. هر والد یک رشته به طول n می‌باشد. سپس یک رشته به طول n به صورت تصادفی با اعداد بین ۰ و ۱ با نام α تولید می‌گردد. از این دو والد، دو فرزند Y_1 و Y_2 ایجاد می‌شود که با توجه به α، سهمی از هر یک از والدین دارند. $(q < n)$

$$Y_1 = \alpha * X_1 + (1-\alpha) * X_2 \qquad (۴-۱)$$

$$Y_2 = \alpha * X_2 + (1-\alpha) * X_1 \qquad (۴-۲)$$

مرحله سوم انتخاب یک جمعیت از جمعیت موجود برای اعمال جهش و تولید جمعیت جهش یافتگان است. در این مدل با توجه به نوع تعریف جواب ها، جهش را اینگونه تعریف کردیم که در سلول های جهش یافته، مقدار را از عدد ۱ کسر تا همچنان مثبت و کمتر از ۱ باقی بماند. سلول هایی که دچار جهش می شوند به طور تصادفی انتخاب می شوند.$(p < q < n)$.

مرحله چهارم شامل ادغام جمعیت اصلی، جمعیت فرزندان، جمعیت جهش یافتگان و تشکیل جمعیت جدید می باشد. در این روش ابتدا تمام جواب ها را در یک مجموعه جدید ادغام سپس به ترتیب نا مغلوب بودن مرتب می کنیم.

در نهایت جواب های برتر را انتخاب می کنیم تا جمعیت جدید جواب ها تشکیل شود. در پایان از مرسوم ترین شرط خاتمه یعنی مشخص کردن تعداد دور استفاده می شود.

۶ نتایج محاسباتی

در این بخش عملکرد مدل با استفاده از ۵ نمونه تصادفی در ابعاد خیلی کوچک، کوچک و متوسط با نرم افزار گمز به روش محدودیت اپسیلون بررسی شد. همچنین ۱۵ نمونه با روش الگوریتم ژنتیک چند هدفه مورد بررسی قرار می‌گیرد. ۳ نمونه آخر این الگوریتم با ابعاد خیلی بزرگ می‌باشند.

X_1, X_2	X_3, X_4	...	X_{q-1}, X_q
⬇			
Y_1, Y_2	Y_3, Y_4	...	Y_{q-1}, Y_q

شکل ۲- انتخاب والدین و تولید فرزندان

$1-X_1 ,$	$1-X_2 ,$	$1-X_3 ,$	...	$1-X_{P-1} ,$	$1-X_P$
$1-Y_1 ,$	$1-Y_2 ,$	$1-Y_3 ,$	...	$1-Y_{P-1} ,$	$1-Y_P$

شکل ۳ تولید جمعیت جهش یافتگان ۶

$$\begin{array}{cccccc} & X_1, X_2 & X_3, X_4 & \dots & X_{q-1}, X_q & \\ & Y_1, Y_2 & Y_3, Y_4 & \dots & Y_{q-1}, Y_q & \\ 1-X_1\,, & 1-X_2\,, & 1-X_3\,, & \dots & 1-X_{P-1}\,, & 1-X_P \\ 1-Y_1\,, & 1-Y_2\,, & 1-Y_3\,, & \dots & 1-Y_{P-1}\,, & 1-Y_P \end{array}$$

شکل ۴ تشکیل جمعیت جدید

۶-۱ نتایج حاصل از مدل با روش محدودیت اپسیلون

داده‌های نمونه‌های تصادفی در ابعاد خیلی کوچک، کوچک و متوسط در جدول ۴ درج شده‌اند. در این راستا به تشریح ۳ نمونه با ابعاد متوسط پرداخته می‌شود. شرایط نمونه‌های ۳، ۴ و ۵ تقریبا" مشابه و هر سه شامل ۱۵ پروژه کاندید با بازه برنامه‌ریزی ۳۶ دوره و ۱۲ دوره تأخیر مجاز می باشند. هر پروژه باید تا زمان مشخصی به اتمام برسد. امکان استفاده از تأخیر برای همه پروژه‌ها وجود ندارد و برخی باید زودتر پایان یابند. در نمونه‌های ۳ و ۵ فرض می‌شود برای هر ۱۲ دوره تأخیر مجاز امکان تأمین منابع تجدیدناپذیر وجود دارد اما در نمونه ۴ فقط برای ۶ دوره می‌توان منبع تهیه کرد و ۶ دوره باقی مانده از مازاد منابع دوره‌های قبل استفاده می‌کنند.

مدت زمان حل هر مسئله در جدول ۵ ارائه شده است. مسائل در هر دو افق زمانی انعطاف پذیر و ثابت حل و نتایج در جداول ۶ و ۷ درج شده‌اند تا امکان مقایسه دو افق زمانی میسر باشد.

نتایج حاصل از مدل با روش NSGA II

جدول ۸ حاوی پارامترهای الگوریتم ژنتیک و جدول ۹ داده‌های مسائل می باشند.

مطابق جدول ۹، ۵ مسئله اول همان مسائل قبلی، ۵ مسئله دوم با ابعاد بزرگ و ۵ مسئله سوم با ابعاد بزرگ تر می باشند. در این بخش الگوریتم فرا ابتکاری مبنای عمل قرار گرفته و کارائی آن مقایسه می گردد. برای تعیین کارائی الگوریتم از چهار شاخص MID یعنی فاصله تا نقطه ایده آل ، زمان حل (ثانیه)، معیار پراکندگی و تعداد نقاط پاره تو استفاده می شود. هرچه مقادیر۳ شاخص اول کمتر و تعداد نقاط پاره تو بیشتر باشند کارائی بیشتر الگوریتم را نشان می دهد.

جدول ۴- داده های مربوط به مسائل در ابعاد خیلی کوچک، کوچک و متوسط

مسئله	تعداد پروژه	بازه برنامه‌ریزی (ماه)	میزان تأخیر مجاز(ماه)	تعداد منابع تجدیدپذیر	تعداد منابع تجدیدناپذیر	حداقل پروژه‌ها	حداکثر پروژه‌ها
1	4	5	1	1	1	2	4
2	10	12	2	1	1	4	8
3	15	36	12	1	1	5	15
4	15	36	12	1	2	5	15
5	15	36	12	2	2	5	15

جدول ۵- زمان حل هر مسئله (بر حسب ثانیه)

شماره مسئله	روش محدودیت اپسیلون
1	17
2	32
3	2889
4	2514
5	3535

جدول ۶- نتایج حل مسائل به روش محدودیت اپسیلون(اعداد مندرج در مسائل ۲ تا ۵ بر حسب میلیون)

تعداد دفعات اجرا	مسئله1				مسئله2				مسئله3				مسئله4				مسئله5			
	z_2	z_1	ε		z_2	z_1	ε		z_2	z_1	ε		z_2	z_1	ε		z_2	z_1	ε	
1	120	125	120		۱۰۷۲.۵	۳۱.۴۷۰	۱۰۷۲.۵		۲۹۸۹۷.۴	۳۳۹۹.۰	۳۰۳۷.۴		۳۰۸۸.۳	۳۷۵۵.۳	۳۰۸۸.۳		0	0	۲۶۱۰.۷	
2	120	125	145		۱۰۸۶.۵	۴۰.۳۴۳	۱۱۷۲.۵		۳۱۱۳.۲	۴۰۰۰.۵	۳۱۳۷.۴		۳۱۳۱.۶	۳۷۷۴.۲	۳۱۸۸.۳		0	0	۲۷۱۰.۷	
3	120	125	170		۱۴۴۱.۴	۴۸.۶۷۹	۱۲۷۲.۵		۳۳۳۴.۲	۴۴۶۸.۱	۳۳۳۷.۴		۳۲۸۸.۲	۴۷۶۵.۲	۳۲۸۸.۳		0	0	۲۸۱۰.۷	
4	120	125	195		۱۳۰۵.۴	۵۱.۶۸۰	۱۳۷۲.۵		۳۳۳۴.۶	۵۳۱۷.۰	۳۳۳۷.۴		۳۳۴.۶	۵۱۰۷.۰	۳۳۸۸.۳		0	0	۲۹۱۰.۷	
5	220	203	220		۱۴۳۲.۶	۵۵.۶۲۴	۱۴۷۲.۵		۳۳۳۴.۶	۵۳۱۷.۰	۳۴۳۷.۴		3334,6	5107,0	۳۴۸۸.۳		۲۹۸۷.۴	۳۳۳۶.۵	۳۰۱۰.۷	
6	220	203	245		۱۴۳۲.۶	۵۵.۶۲۴	۱۵۷۲.۵		۳۵۰۱.۵	۵۳۲۰.۱	۳۵۳۷.۴		3334,6	5107,0	۳۵۸۸.۳		۳۰۸۸.۳	۳۷۵۵.۳	۳۱۱۰.۷	
7	220	203	270		۱۶۷۱.۲	۵۹.۴۲۳	۱۶۷۲.۵		۳۶۳۵.۷	۵۷۳۳.۲	۳۶۳۷.۴		3635,7	۵۷۳۳.۹	۳۶۸۸.۳		۳۱۱۳.۲	۴۰۰۰.۵	۳۲۱۰.۷	
8	220	203	295		۱۶۷۱.۲	۵۹.۴۲۳	۱۷۷۲.۵		۳۶۳۵.۷	۵۷۳۳.۲	۳۷۳۷.۴		3635,7	5733,9	۳۷۸۸.۳		۳۲۸۸.۲	۴۷۶۵.۲	۳۳۱۰.۷	
9	220	203	320		۱۸۶۷.۷	۶۳.۹۵۶	۱۸۷۲.۵		۳۶۳۵.۷	۵۷۳۳.۲	۳۸۳۷.۴		3635,7	5733,9	۳۸۸۸.۳		۳۳۳۴.۶	۵۳۱۷.۰	۳۴۱۰.۷	
10	220	203	345		۱۹۳۶.۰	۸۳.۱۳۵	۱۹۷۲.۵		۳۹۲۳.۰	۶۱۸۷.۴	۳۹۳۷.۴		3944,6	۶۲۰۳.۸	۳۹۸۸.۳		۳۵۰۱.۵	۵۳۲۰.۱	۳۵۱۰.۷	
11	220	203	370		۲۰۳۶.۶	۸۳.۳۳۶	۲۰۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۰۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۰۸۸.۳		۳۵۰۱.۵	۵۳۲۰.۱	۳۶۱۰.۷	
12	220	203	395		۲۱۵۵.۴	۹۶.۴۰۹	۲۱۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	6203,8	۴۱۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۱۸۸.۳		۳۶۳۵.۷	۵۷۳۳.۲	۳۷۱۰.۷	
13	220	203	420		۲۱۵۵.۴	۹۶.۴۰۹	۲۲۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۲۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۲۸۸.۳		۳۶۳۵.۷	۵۷۳۳.۲	۳۸۱۰.۷	
14	220	203	445		۲۱۵۵.۴	۹۶.۴۰۹	۲۳۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۳۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۳۸۸.۳		۳۶۳۵.۷	۵۷۳۳.۲	۳۹۱۰.۷	
15	470	653	470		۲۱۵۵.۴	۹۶.۴۰۹	۲۴۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۴۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۴۸۸.۳		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۰۱۰.۷	
16	470	653	495		۲۵۲۱.۳	۱۰۶.۷۳	۲۵۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۵۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۵۸۸.۳		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۱۱۰.۷	
17	470	653	520		۲۵۲۱.۳	۱۰۶.۷۳	۲۶۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۶۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۶۸۸.۳		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۲۱۰.۷	
18	470	653	545		۲۵۲۱.۳	۱۰۶.۷۳	۲۷۷۲.۵		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۷۳۷.۴		3944,6	6203,8	۴۷۸۸.۳		۳۹۴۴.۶	۶۲۰۳.۸	۴۳۱۰.۷	

جدول ۷- نتایج حل مسائل به روش محدودیت اپسیلون در افق زمانی ثابت

د		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
مسئله 1	ε	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
	z_1	-265	-265	-265	-265	-265	-265	-265	-265	-220	-220	19	19	19	19	19
	Z_2	120	120	120	120	120	120	120	120	200	200	220	220	220	220	220
مسائل ۲ تا 5	ε	تعداد جواب های بدست آمده نشدنی هستند(Infeasible) و در محدوده مجاز مسئله قرار نمی گیرند. مسئله دارای هیچگونه جواب مؤثر نمی باشد.														
	z_1															
	Z_2															

جدول ۸- پارامترهای الگوریتم ژنتیک NSGA II

حداکثر تکرار	تعداد جمعیت اولیه	درصد تقاطع	درصد جهش	نرخ جهش
100	60	.75	.4	.03

مطابق جدول ۹، ۵ مسئله اول همان مسائل قبلی، ۵ مسئله دوم با ابعاد بزرگ و ۵ مسئله سوم با ابعاد بزرگ تر می‌باشند. در این بخش الگوریتم فرا ابتکاری مبنای عمل قرار گرفته و کارائی آن مقایسه می گردد. برای تعیین

کارائی الگوریتم از چهار شاخص MID یعنی فاصله تا نقطه ایده‌آل، زمان حل (ثانیه)، معیار پراکندگی و تعداد نقاط پاره تو استفاده می شود. هرچه مقادیر۳ شاخص اول کمتر و تعداد نقاط پاره تو بیشتر باشند کارائی بیشتر الگوریتم را نشان می‌دهد.

در **Error! Reference source not found.** مسائل حل و نتایج مرتبط با کارائی الگوریتم چند هدفه حاصل شده است. در این راستا با استفاده از نمودار، نتایج بیشتر توضیح داده می‌شوند.

طبق نمودار ۱ مسائل۶ و ۱۵ بیشترین و مسائل ۱، ۹ و ۱۲ کمترین نقاط پاره تو را کسب کرده اند. تعداد نقاط پاره تو صرفا" یک معیار از بین معیارهای مورد بررسی است.

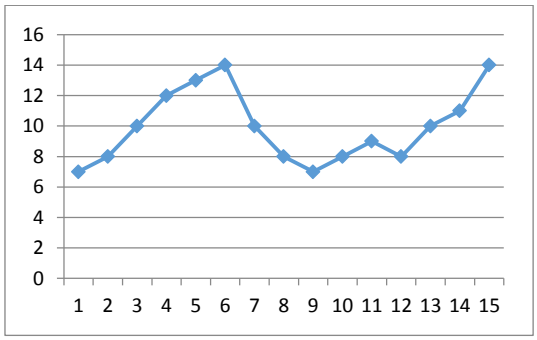
مطابق نمودار ۲ مسئله ۶ بیشترین و مسائل بزرگ نظیر ۱۱ تا ۱۵ کمترین پراکندگی را دارند. لذا الگوریتم ژنتیک در حل مسائل بزرگ از نظر معیار کارائی عملکرد نسبتا" خوبی دارد.

جدول ۹ داده های مربوط به مسائل NSGAII

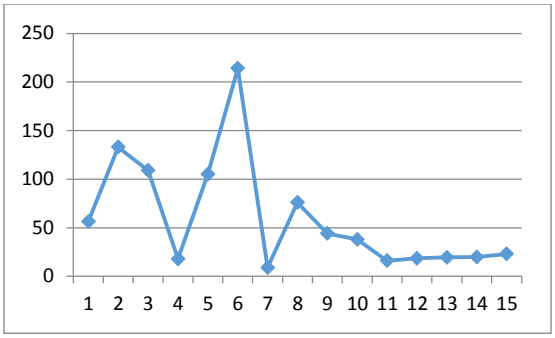
شماره مسئله	تعداد پروژه	بازه برنامه‌ریزی (ماه)	تاخیر مجاز (ماه)	منابع تجدیدپذیر	منابع تجدید ناپذیر	حداقل پروژه‌ها	حداکثر پروژه‌ها
1	4	5	1	1	1	2	4
2	10	12	2	1	1	4	8
3	15	36	12	1	1	5	15
4	15	36	12	1	2	5	15
5	15	36	12	2	2	5	15
6	20	36	12	3	3	5	20
7	25	36	12	4	4	10	25
8	30	36	12	5	5	15	30
9	35	36	12	6	6	20	35
10	35	36	12	7	7	25	45
11	40	36	12	7	7	25	45
12	45	36	12	8	8	35	50
13	50	36	12	8	8	40	50
14	55	36	12	9	9	45	55
15	55	36	12	9	9	45	55

جدول ۱۰- نتایج حل مسائل با استفاده از الگوریتم ژنتیک

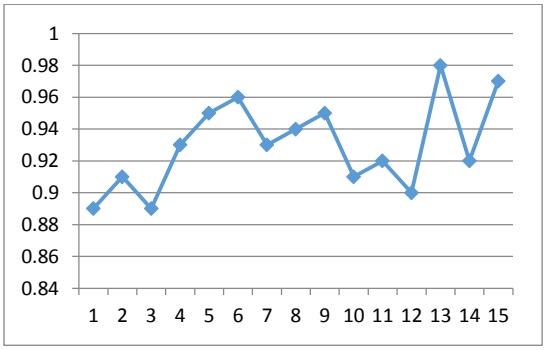
نتایج الگوریتم ژنتیک				
مسئله	تعداد نقاط پاره تو	معیار پراکندگی	شاخص MID	زمان حل به ثانیه
1	7	56.4	0.89	12
2	8	133	0.91	14
3	10	109	0.89	17
4	12	17.8	0.93	20
5	13	105	0.95	22
6	14	214	0.96	27
7	10	8.9	0.93	30
8	8	76	0.94	35
9	7	44	0.95	39
10	8	38	0.91	45
11	9	16	0.92	12
12	8	18.5	0.9	14
13	10	19.5	0.98	17
14	11	19.8	0.92	20
15	14	23	0.97	22



نمودار ۱- تعداد نقاط پارتو



نمودار ۲- معیار پراکندگی



نمودار ۳- فاصله تا نقطه ایده آل

مطابق نمودار ۳ مسائل ۱ و ۳ دارای کمترین مقدار می باشند لذا الگوریتم در مسائل کوچک از نظر فاصله تا نقطه ایده آل عملکرد بهتری را نشان می دهد.

۷ بحث در خصوص مقایسه یافته‌ها با مدل‌های موجود

در برخی از مقالات علی رغم اذعان موردی به منفعت اجتماعی، راه کارهای عملی جامع تر یا روش‌های دستیابی بیشتر به منفعت اجتماعی توضیح داده نشده است. مثلا" در مطالعه (Tavakoli & Nourzad, 2019) برای محاسبه ارزش‌های اجتماعی - اقتصادی، به کارگیری روش سود اجتماعی به روی سرمایه‌گذاری (SROI) استفاده شده که بیشتر جنبه تئوری دارد و وابسته به نظرات شخصی است یا (Huang & Dzeng, 2019) فقط به مشاغل جانبی و دادن حق الامتیاز مکان‌های عمومی در پروژه‌ها همراه با اخذ مالیات و مذاکره پرداخته‌اند در حالیکه مزیت کار این تحقیق نسبت به ادبیات موضوع این است که بسته به پروژه با انتخاب سبد بهینه پروژه‌ها، استفاده از مشاغل

جانبی، دادن حق الامتیاز یا اجاره مکان‌های عمومی به سرمایه گذار، اعمال اقتصاد چرخشی یا بازیافت (Recycle) ضایعات و بازگرداندن آن به چرخه ی تولید، مدیریت مصرف منابع محدود، استفاده از مواد اولیه (خدمت) پاک، لحاظ کردن مسائل زیست محیطی مانند استفاده از گاز طبیعی به جای گازوئیل به عنوان سوخت و یا الزام به ایجاد فضای سبز به میزان ۱۰٪ مساحت پروژه، اخذ مالیات در زمان ساخت پروژه‌ها و زمان بهره‌برداری، بسیاری از روش‌های عملی دستیابی به منفعت اجتماعی کمی سازی و اندازه‌گیری شده است.

۸ نتیجه گیری

تحقیق پیش رو جزء معدود تحقیقاتی است که برای تعیین قیمت پروژه که در این مدل یک متغییر پنهان محسوب می شود علاوه بر سود سرمایه‌گذار، سود سرمایه پذیر با هدف افزایش هر چه بیشتر منافع اجتماعی مدنظر قرارگرفته است. برای تعیین قیمت یک سبد بهینه از پروژه‌ها باید بتوان سود سبد و ضرر های احتمالی در قالب ریسک های مختلف پروژه ها را محاسبه نمود. مدلی که بتواند سود پروژه و ریسک را توأما" لحاظ کند باید دو تابع مجزا داشته باشد یعنی کلیه عوامل و پارامترهای مؤثر در سود و هزینه پروژه‌ها در یک تابع و کلیه ریسک‌های احتمالی که سبب ضرر و زیان می شوند پس از شناسایی، اولویت‌بندی و ارزیابی در تابع دوم لحاظ شوند سپس تحت شرایط مختلف پروژه، اعداد حاصل از دو تابع محاسبه و با یکدیگر مقایسه شوند و گزینه مناسب را از بین دادها انتخاب و قیمت پروژه را تعیین نمود.

از آنجاییکه برخی از منافع اجتماعی کیفی هستند بنابراین تعیین بیشترین منافع اجتماعی امری محال است اما تا جاییکه امکان دارد می‌توان عوامل دخیل در منافع اجتماعی را شناسایی و کمی‌سازی نمود. در این تحقیق تلاش شده تا آنجاییکه ممکن است از عواملی همچون افزایش سهم کسب و کار کمکی، اجاره (حق الامتیاز) مکان‌های عمومی به بخش خصوصی، اقتصاد چرخشی، مذاکرات پی در پی برای تعیین مدت زمان امتیاز واگذاری، استراتژی افق زمانی قابل انعطاف، مدیریت منابع، اخذ مالیات، کنترل ریسک و انتخاب سبد بهینه پروژه‌های مرتبط استفاده شود تا سبب ارتقای هر چه بیشتر منافع اجتماعی گردد.

شایان ذکر است در این مدل ریاضی با توجه به ابعاد نمونه، مقادیر مختلف توابع حداکثر سود و ضرر در شرایط مختلف به روش محدودیت اپسیلون و الگوریتم ژنتیک چند هدفه محاسبه شدند اما با توجه به معیارها و شرایط خاص پروژه این تصمیم گیرندگان اصلی پروژه هستند که با انتخاب مقدار بهینه از بین مقادیر محاسبه شده، قیمت پروژه را تعیین می کنند.

در این تحقیق جهت ساده‌سازی، تورم لحاظ نشده است. درنظرگرفتن تورم موجب نزدیک شدن مدل به واقعیت می‌شود لذا اگر در تابع هدف اول $(Max\ Z_1)$ تورم به عنوان یک پارامتر منفی اثر گذار لحاظ شود، تابع حداکثر سازی سود واقعی تر می‌شود. این مورد می‌تواند در تحقیقات آتی مد نظر قرار گیرد. همچنین اکثر سرمایه‌گذاران در پروژه‌های بزرگ، بخشی از منابع مالی پروژه را از طریق اخذ وام بانکی تأمین می‌کنند بنابراین بخشی از سود حاصل را باید به بازپرداخت وام اختصاص دهند لذا این مورد نیز بعنوان پارامتر منفی اثرگذار بر سود سرمایه‌گذار می‌بایست در تابع هدف اول لحاظ شود که می‌تواند مورد توجه سایر محققین واقه شود.

۹ فهرست منابع

* Attarzadeh, M., Chua, K. D., Beer, M., & Abbott, E. L. (2017). Options-based negotiation management of PPP–BOT infrastructure projects. *Construction management and economics*, *35*, 676-692.
* Galvao, G., Homrich, A. S., & Abadia, L. G. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 525-543.
* Ghasemzadeh, F., Archer, N., & Iyogun, P. (1999). A zero-one model for project portfolio selection and scheduling. *J. Oper. Res. Soc. 50(7)* , 745-755.
* Huang, C.-Y., & Dzeng, R.-J. (2019). Evaluating ancillary business scale for PPP-BOT projects: A social housing BOT case in Taiwan. *Sustainability, 11(5), 1415*.

* Jafarzadeh, M. (2015). Optimal selection of project portfolios using reinvestment strategy within a flexible time horizon. , *Eur. J. Oper. Res. 243(2)*, 658-664.
* Khanzadi, M., & Khazaeni, G. (1996). Guidelines for infrastructure development through Build-Operate- Transfer(BOT) projects.
* Le, P. T., Chileshe, N., & Kirytopoulos, K. &. (2020). Investigating the significance of risks in BOT transportation projects in Vietnam. . *Engineering, Construction and Architectural Management.*
* Liu, Y.-J. Z.-G. (2018). Flexible time horizon project portfolio optimization with consumption and risk control. *Applied Soft Computing Journal*.
* Lu, J., Gao, R., Cheah, C., & Lu, J. (2017). Evolutionary game of investor's opportunistic behavior during the operational period in PPP projects. *Construction Management and Economics35(3)*, 1-17.
* Soomro, M., Soomro, S., & Memon, A. (2016). Process and limitations of value for money analysis tests for infrastructure public-private partnerships. *International journal of emerging technology and innovative engineering*, *2*, 380-386.
* Tavakoli, N., & Nourzad, S. H. (2019). Win-win pricing method for BOT projects using a simulation-based evolutionary optimization. *Construction Management & Economics*.
* Xing, H. L. (2020). Renegotiation Strategy of Public-Private Partnership Projects with Asymmetric Information—An Evolutionary Game Approach. Sustainability, 12(7), 2646. *An Evolutionary Game Approach. Sustainability, 12(7), 2646*.
* Zhang, X., Bao, H., Skitmore, M., & Wang, H. (2016). A model for determining the optimal project life span and concession period of BOT projects. *International of Project Management, Vo.34(3)*, 523-532.
* خزائنی, گ. (۱۳۹۸). *راهنمای پیکره دانش مشارکت عمومی خصوصی*. تهران: فدک ایساتیس.
* شیروی, ع. (۱۳۹۴). *قراردادهای بی او تی. تنظیم، ساختار و قوانین حاکم*. تهران: نشر میزان.
* محمدبیگی, م. (۱۳۹۱). *ارائه مدل مفهومی تخصیص ریسک در پروژه‌های BOT بر اساس استاندارد PMBOK پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی سیستم های اقتصادی و اجتماعی*. دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

Journal of Financial Knowledge of Securities Analysis

Vol. 15 / No. 53, Spring 2022

Abstract

Pricing of build-operate-transfer and public-private partnership projects under risk

Adel Hambashi [1]
Ahmad Ebrahimi *[2]
Roya Soltani [3]

Abstract

Successful implementation of appropriate portfolio of related projects with taking advantage of private company capabilities, is one of the progress indicators in each country. Build - Operate - Transfer contracts as a branch of Public - Private Partnerships are also one of the popular tools to respond to government fund deficiencies in infrastructure projects. In this paper, the whole investment process is set based on self-financing. For selection and time schedule favorite of the project portfolio, a two - way mathematical model with sustainability goals by considering risk, resource constraint, optimal project, interdependence among projects and the flexible time horizon strategy is presented. Also, the main contribution of this paper is considered on maximizing the social benefits of stakeholders. To solve the model, the epsilon constraint method in small and medium size and metaheuristic method of multi - objective genetic algorithm in large size is used. Finally, the main project decision makers determine the cost of the project by selecting the optimal value.

Keywords: Public-private partnership; BOT projects; Project portfolio selection; risk control

[1] Masters' student in Industrial Management, Department of Industrial and Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. adel.hambashi@srbiau.ac.ir
[2] Assistant Professor at the Department of Industrial and Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (corresponding Author): Ahmad.ebrahimi@srbiau.ac.ir
[3] Assistant Professor at Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khatam University, Tehran, Iran. r.soltani@khatam.ac.ir