Journal of Structural and Construction Engineering, 9(8), 2022, pp. 63-81

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Optimal Selection of a Portfolio of Construction Projects with Public-Private Partnerships through the Optimization of the Horizons

Rahad Sarami[1], Mirali Mohammadi[2*], Alireza Parvishi[3] and Majid Sabzehparvar[4]

1- *PhD student, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Urmia Branch, Urmia, Iran*
2- *Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran*
3- *Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Urmia Branch, Urmia, Iran*
4- *Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran*

ABSTRACT

In many organizations, the selection of the project portfolio and activities related to the management of selected projects during their life cycle is one of the most important activities of the organization. Due to the financial and physical constraints of the projects, there are always many projects waiting to be implemented. Therefore, the selection of projects should be such that a project portfolio is selected and formed in an optimal time horizon for proper management. Regarding the position and nature of public-private partnership agreements in Iran, ten projects with public-private partnership agreements have been selected by given the objective function to maximize the net present value of the projects by simultaneously considering two factors of reinvestment strategy and time value of capital. Input data were entered into Excel software using formulas related to public-private partnership contract to specify economic parameters, complete the data and also prepare them. Then, the model is coded in Lingo software and executed to find the research results. This model has an objective function that shows the maximum net present value of projects selected as a case study of portfolio management based on specific start times. The results of this study are obtained in two cases, according to the amount of the objective function in the case with considering the reinvestment strategy and the time value of capital with the optimal time horizon obtained in this research for eleven years, compared to the value of the objective function with the same conditions, for the assumed 20-year time horizon, 257.59 billion rials have been saved in construction costs and also one year has been reduced from the completion of the construction of the project portfolio.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 27 November 2020
Revise Date: 25 January 2021
Accept Date: 31 January 2022

Keywords:

Decision making
Project Portfolio Management
Portfolio Optimization Problem
Public-Private Partnership
Reinvestment Strategy
Net Present Value
Time Value of Capital

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2022.259471.2302

*Corresponding author: Mirali Mohammadi
Email address: m.mohammadi@urmia.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

انتخاب بهینه‌ی سبد پروژه‌های عمرانی با پیمان‌های مشارکت عمومی - خصوصی از طریق بهینه‌سازی افق زمانی

رهاد سرامی[۱]، میرعلی محمدی[۲*]، علیرضا پرویشی[۳]، مجید سبزه‌پرور[۴]

۱- دانشجوی مقطع دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

۴- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

چکیده

در بسیاری از سازمان‌ها، انتخاب سبد پروژه و فعالیت‌های مرتبط با مدیریت پروژه‌های انتخاب‌شده در طول چرخه عمر آنها از جمله مهمترین فعالیت‌های سازمان محسوب می‌شود. به نسبت محدودیت‌های مالی و فیزیکی پروژه‌ها، همواره پروژه‌های بسیاری در صف انتظار جهت اجرا می‌باشند. بنابراین انتخاب پروژه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که یک سبد پروژه در یک افق زمانی بهینه جهت راهبری و مدیریت مناسب انتخاب و تشکیل شود. در این پژوهش به بررسی عوامل اجرایی پروژه‌های عمرانی با رویکرد بومی‌سازی قرارداد مشارکت عمومی خصوصی به شیوه‌ی مدیریت سبد پروژه و برمبنای فرهنگ مدیریت هزینه‌ای ایران پرداخته می‌شود. با توجه به جایگاه و ماهیت قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی در ایران، ده پروژه با این نوع قرارداد را با در نظر گرفتن تابع هدف برای حداکثر کردن ارزش خالص فعلی پروژه‌ها با در نظر گرفتن همزمان دو فاکتور استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه انتخاب شده‌اند. سپس، مدل در نرم‌افزار لینگو کدنویسی شده و برای یافتن نتایج پژوهش، اجرا شده است. این مدل دارای یک تابع هدف است که حداکثر ارزش فعلی خالص پروژه‌هایی را که به عنوان نمونه موردی مدیریت سبد پروژه انتخاب می‌شوند را بر مبنای زمان‌های شروع مشخص نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش در دو حالت بدست آمده که بر اساس آن مقدار تابع هدف در حالت با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه با افق زمانی بهینه که در این پژوهش یازده سال بدست آمده است، نسبت به مقدار تابع هدف با همان شرایط برای افق زمانی مفروض بیست ساله، ۲۵۷/۵۹ میلیارد ریال صرفه‌جویی در هزینه‌های ساخت و همچنین یک سال در زمان اجرا و تکمیل پروژه‌های سبد پروژه را در پی داشته است.

کلمات کلیدی: پورتفولیو، سبد پروژه، قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی، بهینه‌سازی افق زمانی، استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد، ارزش زمانی سرمایه، پروژه‌های عمرانی.

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۳۹۹/۰۹/۰۷	۱۳۹۹/۱۱/۰۶	۱۴۰۱/۱۱/۱۱	۱۴۰۱/۱۱/۱۱	۱۴۰۱/۰۸/۳۱	https://doi.org/10.22065/jsce.2022.259471.2302
					doi: 10.22065/jsce.2022.259471.2302

*نویسنده مسئول: میرعلی محمدی

پست الکترونیکی: m.mohammadi@urmia.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه در جوامع مترقی رویکرد سیاست‌گذاران از برنامه‌ریزی برای مردم در حال تغییر به برنامه‌ریزی در کنار مردم است. دلایل گرایش به چنین رویکردی را شاید بتوان در آثار و نتایج منفی حاصل از عدم توجه به نقش بهره‌وران در تصمیم‌گیری‌های متمرکز جستجو نمود. امروزه مشارکت از مهمترین معیارهای موفقیت در برنامه‌ریزی محسوب می‌شود و بدون در نظر گرفتن اهمیت آن نمی‌توان امید چندانی به اثربخشی برنامه‌ریزی‌ها داشت.

حجم زیادی از منابع مالی برای انجام پروژه‌های زیربنایی ملی و استانی لازم است، که با توجه به عزم ملی برای کاهش وابستگی به عواید فروش نفت، تامین آن بدون مشارکت بخش خصوصی غیر ممکن بنظر می‌رسد.

احداث پروژه‌های عمرانی همچون آزادراه‌ها، تونل‌ها، پروژه‌های حمل‌ونقل شهری نیاز به بودجه‌ی زیادی دارد و در نتیجه توجه به روش‌هایی که بتوان بدون نیاز به منابع دولتی بخشی از نیازهای عمرانی و زیربنایی کشور را که بخش خصوصی به آن توجه دارد، به این بخش واگذار کرد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

مشارکت عمومی-خصوصی مکانیزمی قراردادی است که در آن بخش عمومی (دولت، شهرداری‌ها و سایر نهادهای حکومتی) به منظور تأمین خدمات زیربنایی (حمل و نقل، سلامت، نفت و گاز، آموزش و...) از ظرفیت‌های بخش خصوصی (اعم از دانش، تجربه و منابع مالی) استفاده می‌نماید. به بیان دیگر بخش خصوصی به نیابت از دولت در برخی از وظایف و مسئولیت‌های تأمین خدمات، نقش‌آفرینی می‌نماید. در مشارکت عمومی-خصوصی، قراردادی بین بخش عمومی و بخش خصوصی به منظور تسهیم ریسک، مسئولیت، منافع و هم‌افزایی منابع و تخصص هر دو بخش در ارائه خدمات زیربنایی، منعقد می‌گردد. در این قراردادها، نقش دولت از سرمایه‌گذاری، اجرا و بهره‌برداری در پروژه‌های زیرساختی، به سیاست‌گذار و تنظیم‌کننده مقررات و ناظر بر کیفیت و کمیت ارائه‌ی خدمات تبدیل می‌شود.

پروژه‌های بسیاری برای سرمایه‌گذاری ملی و استانی دردسترس هستند. این پروژه‌ها باید در یک افق زمانی مشخص اجرا شوند. اجرای هر پروژه نیاز به مقدار از پیش تعیین شده سرمایه دارد که باید در ابتدای هر پروژه در دسترس باشد. سرمایه مورد نیاز برای پوشش هزینه‌های اجرایی هر پروژه می‌تواند در طول چرخه‌ی عمر آن در نظر گرفته شود. مقدار پولی که توسط هر پروژه تکمیل شده، بازگردانده می‌شود، می‌تواند در اجرای سایر پروژه‌ها دوباره سرمایه‌گذاری شود. هر پروژه می‌تواند در هر لحظه از افق زمانی شروع شود و سرمایه‌گذاری کافی در آن صورت گیرد. هدف مساله‌ی انتخاب سبد پروژه این است که با توجه به محدودیت سرمایه اولیه، یک ترکیب پروژه‌ها را برای به حداکثر رساندن سود سرمایه‌گذار انتخاب کند. بنابراین انتخاب پروژه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که یک سبد پروژه جهت راهبری و مدیریت مناسب انتخاب و تشکیل شود.

با توجه به تمام موارد ذکر شده در بالا و همچنین شرایط اقتصادی و سیاسی در ایران، نیاز به بررسی فرآیندهایی که می‌توانند به مقوله‌ی پروژه‌های عمرانی و زیرساخت‌های شهری بپردازند، احساس می‌شود. بیشتر پژوهش‌های پیشین در این حوزه، الگوبرداری از پژوهش‌های انجام شده در کشورهای غربی بوده است، ولی در این تحقیق به بررسی عوامل اجرایی پروژه‌های عمرانی با رویکرد بومی‌سازی قرارداد مشارکت عمومی خصوصی به شیوه‌ی مدیریت سبد پروژه و برمبنای فرهنگ مدیریت هزینه‌ی ایران پرداخته می‌شود. به عنوان مثال در بررسی نقش استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد، سود بانکی برای هر کشوری مقدار متفاوتی می‌باشد.

از طرفی، بازدهی اقتصادی در قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی زمان زیادی را طلب می‌کند و گاهی تا بیست سال برگشت سرمایه در این قراردادها اتفاق نمی‌افتد. به دلیل محدودیت منابع در دسترس، یک پروژه که در سبد پروژه‌ها مدیریت می‌شود معمولاً پس از بازگشت سرمایه‌های پروژه‌های در دست بهره‌برداری شروع می‌شود. بنابراین اولویت انتخاب پروژه‌های یک سبد پروژه از اهمیت بسیاری برخوردار است که در این پژوهش به بررسی آن پرداخته خواهد شد.

در این مقاله، با توجه به جایگاه و ماهیت قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی که در بالا توضیح داده شد، مجموعه‌ای از پروژه‌ها با در نظر گرفتن تابع هدف برای حداکثر کردن ارزش خالص فعلی پروژه‌ها برای دستیابی به سود بیشتر، افق زمانی مطلوب، سرمایه‌گذاری مجدد درآمد پروژه‌ها و ارزش زمانی سرمایه‌ی اولیه با توجه به محدودیتهای منابع، بودجه، زمان و ... انتخاب خواهند شد. سپس یک مدل ریاضی با در نظرگیری محدودیت‌ها برای انتخاب بهینه سبد پروژه ارائه خواهد شد.

انتخاب سبد پروژه یکی از مهمترین تصمیماتی است که بر عهده مدیران سازمانها است و تصمیمات اشتباه در این حوزه، دو نوع اثر منفی بر سازمان می‌گذارد: ۱. منابع در پروژه‌های نامناسب هدر می‌روند.

۲. سازمان سودی را که می‌توانست با سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌ای بهتر کسب کند، از دست می‌دهد.

۲- کارهای انجام‌شده

به طور کلی، مساله انتخاب پورتفولیو (سبد پروژه) را می‌توان به عنوان یک مسأله انتخاب تعریف کرد که شامل انتخاب یک یا چند مورد از یک مجموعه از موارد ممکن، تحت برخی محدودیت‌ها، که امکان انتخاب پروژه‌ها را محدود می‌کند و در آن نتایج به شکلی از جمع‌بندی مطلوب و بهینه موارد انتخاب‌شده، تعیین می‌شوند. (Vetschera & Almeida, 2012) بیلیچفلت و اسکرود به مدیریت پورتفولیوی پروژه به عنوان فعالیت‌های مدیریتی مربوط به گزینش اولیه، انتخاب و اولویت‌بندی طرح‌های پروژه و تشخیص و تخصیص بودجه به پروژه‌ها مطابق با اولویت‌های موجود عنوان کرده‌اند. (Blichfeldt & Eskerod, 2008)

راه‌حل‌های مختلف مساله‌ی انتخاب سبد پروژه در مرور ادبیات مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال، انتخاب سبدهای پروژه در یک محیط ایستا، قطعی و استاتیک با ترکیبات مختلف از پارامترهای مسأله مانند اولویت‌بندی پروژه‌ها، وابستگی‌های بین دو یا چند پروژه مهم در نظر گرفته می‌شود. روش‌های انتخاب سبد پروژه به هشت طبقه بدین شرح تقسیم‌بندی شده‌اند: مدل‌های قیاسی، مدل‌های امتیازی، تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی، نظریه بازی‌ها، رویکرد درخت تصمیم، شبیه‌سازی، سیستم‌های خبره، برنامه‌ریزی ریاضی. (Mohagheghi, V., et al , 2019)

اطلاعات مطالعات تجربی از قبیل مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی ۱۷ پژوهش طی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۸ به صورت مستقیم در این مقاله استفاده شده است. جدول ۱ با مروری بر مطالعات پیشین، تهیه و تنظیم گردیده است.

جدول ۱ . خلاصه‌ی پژوهش‌های پیشین

روش	نویسندگان (سال)	تفاوت با پژوهش حاضر
تصمیم‌گیری چند معیاره	بیکر (۱۹۷۴)، مهرز و سینوانی استرن (۱۹۸۳)، دانیلا (۱۹۸۹)	استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمان سرمایه را مد نظر قرار نداده است.
منطق فازی	لیو (۲۰۱۱)، بهاتاچاریا و همکاران (۲۰۱۱)، گاپانچی و همکاران (۲۰۱۲)	استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمان سرمایه را مد نظر قرار نداده است.
غیرقطعی، قطعی، استاتیک یا پویا	مداگلیا و همکاران (۲۰۰۷)، گریگوری و همکاران (۲۰۱۱)، پتیت (۲۰۱۲)، شن و همکاران (۲۰۱۴)	استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمان سرمایه را مد نظر قرار نداده است.
برنامه‌نویسی صقر و یک و عدد صحیح	قاسم‌زاده و همکاران (۱۹۹۹)، سفیر و مداگلیا (۲۰۰۵)، شوو و هوانگ (۲۰۱۰)، بلنکی(۲۰۱۲)، جعفرزاده و همکاران (۲۰۱۵)، هوانگ و یو (۲۰۱۷)، صحراییان و امیریان (۲۰۱۸)	استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد را در نظر گرفته اما ارزش زمان سرمایه را در نظر نگرفته‌اند.

در مطالعات انجام‌شده‌ی پیشین در زمینه مساله مدیریت پورتفولیوی پروژه، بر ریسک‌های موجود در این پروژه‌ها، تغییر بازده و موازنه بین این دو معیار تمرکز شده و مدل‌های مختلفی برای تخمین این دو معیار (ریسک و تغییر بازده) و بهینه‌سازی بین آن‌ها ارائه شده‌است. همچنین در پژوهش‌های پیشین به چگونگی مدیریت یک پورتفولیو با توجه به درآمد، هزینه و برنامه‌ریزی پروژه‌های موجود که مطابق با جدول زمانی آن‌ها در این پورتفولیو با استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد باشد، توجه نشده است. در این پژوهش علاوه بر در نظر گرفتن فاکتورهای اقتصادی مرتبط با ایران از قبیل سود بانکی و ...، به صورت ویژه به بررسی مدیریت سبد پروژه‌های قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی با در نظر گرفتن دو فاکتور استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه پرداخته شده است.

با توجه به فراوانی پژوهش‌های اخیر و همچنین پاسخ‌های دقیق‌تر به مساله، برای انتخاب و برنامه‌ریزی پورتفولیوی پروژه، بهتر است از برنامه‌نویسی عدد صفر یا عدد صحیح استفاده کنیم. همچنین، این مطالعات با استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد نشان می‌دهند که استفاده از سرمایه‌ی پروژه‌های اجرا شده برای اجرای پروژه‌های دیگر امکان‌پذیر است. در چندین مطالعه مانند بلنکی (۲۰۱۲)، قنبری و همکاران (۲۰۱۵)، هوانگ و یو (۲۰۱۸)، امیریان و صحراییان (۲۰۱۸) علیرغم اینکه از استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد استفاده کرده‌اند، ارزش زمان سرمایه را در نظر نمی‌گیرند.

در این تحقیق، با هدف به حداکثر رساندن سود حاصل از پروژه‌ها با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه به بهینه‌سازی مدیریت سبد پروژه‌ها در افق زمانی بهینه با روش برنامه‌ریزی خطی پرداخته شده است.

۳- روش تحقیق

در این پژوهش پس از بررسی مطالعات پیشین، یک مدل پایه صفر-یک بر مبنای تکنیک‌های تحقیق در عملیات و بر اساس برنامه‌ریزی خطی، متغیرها و پارامترهای آن‌ها معرفی شده است. سپس داده‌های جمع‌آوری شده از ده پروژه با پیمان‌های مشارکت عمومی-خصوصی در ایران برای استفاده در مدل آماده شده است. سپس مدل را در نرم‌افزار لینگو قرار می‌دهیم و در مرحله‌ی بعدی کدهای طراحی شده را با داده‌هایی که قبل از ورود به کدنویسی گردآوری شده‌اند، در مدل قرار داده شده است. در نهایت، با اجرای مدل چگونگی دستیابی به افق زمانی بهینه برای مدیریت سبد پروژه تشریح گردیده است.

جامعه‌ی آماری در این پژوهش کلیه‌ی پروژه‌های عمرانی اعم از پروژه‌های راه، تونل سد و ... می‌باشند که دارای دو شرط اصلی هستند:

۱. تحت پیمان مشارکت عمومی-خصوصی می‌باشند.
۲. مدیریت آنها در یک سبد پروژه تعریف شده است.

داده‌های جمع‌آوری شده متعلق به ده پروژه با پیمان‌های مشارکت عمومی-خصوصی در ایران می‌باشند. با توجه به تعدد کم این دسته قراردادها و همچنین حساسیت داده‌های قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی، امکان انتخاب داده‌ها با روش‌های دلخواه، تصادفی یا روش‌های دیگر وجود ندارد. بنابراین، در این مقاله از داده‌های ده پروژه مجتمع‌های چند منظوره در حال اجرا یا اجرا شده در یک سبد پروژه و با افق زمانی مشخص که اطلاعات آن توسط شهرداری تهران در اختیار قرار گرفته است، استفاده شده است. از این‌رو روایی داده‌های گردآوری شده مورد تایید می‌باشد. لازم به ذکر است نویسندگان مقاله در انتخاب پروژه‌ها نقشی نداشته‌اند. علاوه بر این، سه دلیل اصلی وجود دارد که ما از اطلاعات ده پروژه استفاده می‌کنیم:

۱. با توجه به حجم زیاد داده‌ها در پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی، با کمترین تعداد پروژه، زمان محاسبات کاهش می‌یابد.
۲. در دسترس نبودن داده‌ها، عدم امکان انتخاب‌شان و کمبود داده‌هایی که یافت می‌شود.
۳. بر اساس بررسی پژوهش‌های پیشین از جمله جعفرزاده و همکاران (۲۰۱۵) و سفیر و همکاران (۲۰۱۷)، کمترین تعداد نمونه برای بررسی انتخاب نمونه پروژه، چهار پروژه است.

خلاصه‌ی داده‌های مورد نیاز جهت انتقال به مدل به شرح زیر می‌باشد:

- نام و مشخصات پروژه
- مدت زمان ساخت و ساز
- مدت زمان بهره‌برداری بخش خصوصی (سرمایه‌گذاری مجدد)
- هزینه‌های سرمایه‌ای
- هزینه‌های غیرسرمایه‌ای
- سود بانکی
- نرخ بازگشت سرمایه (ROR)

شکل ۱ فرآیند انجام پژوهش را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

شکل ۱. خلاصه‌ی روند پژوهشی این مقاله

جدول ۲ داده‌های مربوط به ده پروژه که با قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی در ایران در حال اجرا و یا اجرا شده‌اند را نشان می‌دهد.

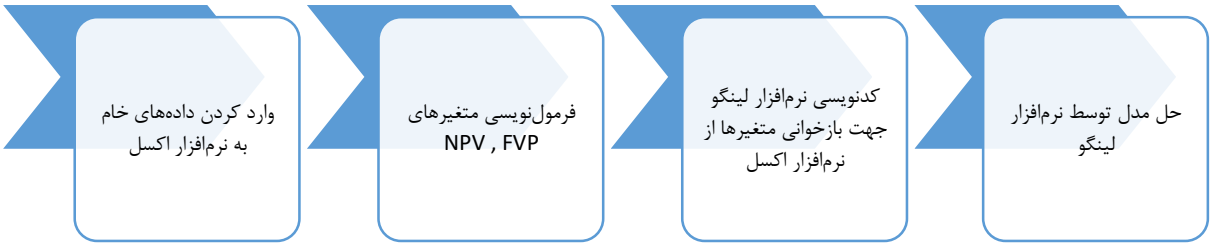
جدول ۲. خلاصه‌ای از داده‌های خام پژوهش

پروژه	دوره ساخت (ماه)	دوره بازپرداخت (ماه)	هزینه سرمایه‌ای (میلیارد ریال)	هزینه‌های عملیاتی (میلیارد ریال)	سود بانکی	سود بخش خصوصی
۱	۴۸	۷۲	۳۹۴۵	٪۱۵	٪۱۱	**٪۲۹**
۲	۴۴	۶۰	۳۳۸۲	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۰**
۳	۶۰	۶۰	۱۰۶۹۶	٪۱۵	٪۱۱	**٪۲۵**
۴	۴۸	۶۰	۶۴۵۱	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۲**
۵	۴۸	۶۰	۱۲۵۱	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۲**
۶	۶۰	۶۰	۳۳۳۵	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۲**
۷	۲۴	۹۱	۸۰۹	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۱**
۸	۳۶	۶۶	۷۲۵۶	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۰**
۹	۳۶	۷۶	۸۷۰	٪۱۵	٪۱۱	**٪۳۰**
۱۰	**۳۶**	**۷۰**	**۲۷۹**	**٪۱۵**	**٪۱۱**	**٪۳۵**

در جدول ۲ ستون دوره ساخت یک بازه‌ی زمانی را نشان می‌دهد که در آن هزینه‌های مربوط به دوره‌ی ساخت و پیش از بهره‌برداری رخ می‌دهند و پیمان‌کار در این دوره هیچ درآمدی ندارد. این هزینه‌ها عبارتند از هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های غیرسرمایه‌ای که در مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری نامیده می‌شوند. ستون دوره بازپرداخت، بازه‌ی زمانی پس از ساخت و دوره‌ی بهره‌برداری را نشان می‌دهد که در آن درآمدها حاصل می‌شوند. این درآمدها شامل بازیابی هزینه‌های سرمایه‌ای، بازیابی هزینه‌های غیرسرمایه‌ای، هزینه‌های بانکی و پاداش و از این دست موارد است که در بخش بعدی با جزئیات توضیح داده می‌شود. هزینه بانکی نرخ بهره است که در دوره بازپرداخت به هزینه‌های سرمایه‌ای و غیرسرمایه‌ای پرداخت می‌شود. نرخ بازده مقدار بازگشت سرمایه است که به عنوان نرخ بازگشت سرمایه پیمان‌کار در قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی درنظر گرفته می‌شود. افق زمانی اجرای پروژه‌ها ۲۰ سال فرض شده است که توسط کارفرما تعیین می‌شود و سرمایه اولیه برابر با ۷۵۰۰ میلیارد ریال در نظر گرفته شده است.

پیمانکار هیچ درآمدی در بازه‌ی زمانی دوره‌ی ساخت ندارد. از طرفی در مدت زمان بهره‌برداری توسط بخش خصوصی، درآمدی برای کارفرما حاصل نمی‌شود. درآمدهای پیمانکار شامل سرمایه‌گذاری مجددای، بازپرداخت غیرسرمایه‌ای، سود بانکی و پاداش است. بازپرداخت هزینه‌های تأمین مالی پیمانکار در هر دوره‌ی زمانی توافق شده براساس توازن هزینه‌های انجام شده‌ی واقعی به پیمانکار در پایان دوره قبلی با ارایه‌ی مدارک مستدل و صورت‌وضعیت بازپرداخت می‌شود و نرخ بازپرداخت توافق شده در دوره بازپرداخت به پیمانکار محاسبه و پرداخت می‌شود.

به دلیل عدم دسترسی به ریز داده‌های مالی پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی، درآمدها و هزینه‌های نظام مالی این نوع قرارداد برای استفاده در مدل بدست آمده است. درآمدها شامل بازیابی هزینه‌های سرمایه‌ای، بازیابی هزینه‌های غیر سرمایه‌ای، هزینه سود بانکی حاصل از سرمایه‌گذاری انجام شده و پاداش‌های متعلقه است. به علاوه، به برخی محاسبات برای آماده‌سازی داده‌ها برای وارد کردن آن‌ها به مدل نیاز بود. درشکل ۲، چگونگی آماده‌سازی داده‌ها و روند مدل‌سازی این رساله نشان داده شده است.



شکل ۲. روند مدل‌سازی در این مقاله

در ادامه روند آماده‌سازی و فرمول‌نویسی داده‌های خام جهت بازخوانی از نرم‌افزار اکسل به نرم‌افزار لینگو به تفضیل توضیح داده خواهد شد. در این مقاله، برای آماده سازی داده‌ها از نرم‌افزار اکسل ورژن ۲۰۱۹ و برای مدل‌سازی و تحلیل‌های مورد نیاز از نرم‌افزار لینگو ورژن ۱۷ استفاده می‌گردد.

پس از مدلسازی نظام مالی قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی، داده‌های ورودی که در **Error! Reference source not found.** توضیح داده‌شد، با استفاده از فرمول‌های مرتبط با قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی و تکنیک سرمایه‌گذاری مجدد جهت مشخص کردن پارامترهای اقتصادی، تکمیل داده‌ها و همچنین آماده‌سازی آنها به نرم‌افزار اکسل وارد شده است. برای محاسبه جریان نقدینگی پروژه و استفاده از داده ها در مدل، $NPV_i^j, FV_p^k, FV_i^j(k)$ محاسبه شده است.

برای محاسبه NPV_i^j از فرمول شماره (۱) استفاده شده است:

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{NCF_t}{(1+r)^t} \qquad (۱)$$

که در آن:

NCF_t	جریان نقدینگی خالص در زمان t = درآمدها در زمان t - هزینه در زمان t
r	نرخ بهره که برابر ۱۱ ٪ است.
T	زمان آخرین زمان نقدی خالص پروژه

برای محاسبه $FV_p^k, FV_i^j(k)$ از فرمول شماره (۲) استفاده شده است:

$$\sum_{t=1}^{K-1} NCF_t * (1+r)^i \qquad (۲)$$

که در آن:

NCF_t	جریان نقدینگی خالص در زمان t = درآمدها در زمان t - هزینه در زمان t
r	نرخ بهره که برابر ۱۱ ٪ است.
i	اختلاف میان t و K

برای محاسبه‌ی حالت بدون ارزش زمانی سرمایه، منافع حاصل از $FV_i^j(k)$, FV_p^k را محاسبه نگردیده است.

مروری بر مدل

با استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی خطی، از یک مدل برنامه‌نویسی صفر-یک استفاده شده است. معیارهای ما برای این انتخاب موارد زیر بوده است:

۱) علاوه بر انتخاب پروژه‌ها، بتوانیم آنها را برنامه‌ریزی کنیم و از درآمد آنها برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دیگر از طریق استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه استفاده کنیم.

۲) بتوانیم افق زمانی بهینه برای پیاده‌سازی پروژه‌ها را پیدا کنیم.

۳) مدل به گونه ای باشد تا مدل‌سازی و حل مدل آسان‌تر و راحت‌تر باشد.

۴) بتوانیم مدل را به مجموعه‌ای از پروژه‌های با پیمان‌های مشارکت عمومی-خصوصی در ایران اعمال کنیم.

مدل ریاضی کاربردی استفاده شده در این مقاله، برای انتخاب و برنامه‌ریزی پروژه‌های یک سبد پروژه در معادلات (۳ تا ۷) معرفی شده است.

Objective Function:

$$Maximize \sum_{i=1}^{m} \sum_{t=1}^{T-D+1} NPV_{it} * X_{it} \qquad (۳)$$

Subject to:

$$\sum_{t=1}^{T-D+1} X_{it} = 1 \qquad (٤)$$

$$\sum_{t=1}^{m} C_{i1}\ (1)\ X_{i1} \leq P \qquad (٥)$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{t=1}^{k} \sum_{h=k}^{t} C_{it}\ (h) * X_{it} \leq FV_{pk} + \sum_{i=1}^{m} \sum_{t=1}^{k-1} FV_{it}\ (k) * X_{it} \qquad (٦)$$

$$X_{it} = 0\ or\ 1 \qquad (٧)$$

این مدل دارای یک تابع هدف است که حداکثر ارزش فعلی خالص[1] پروژه‌هایی را که به عنوان نمونه موردی مدیریت سبد پروژه انتخاب می‌شوند را بر مبنای زمان‌های شروع مشخص نشان می‌دهد. (معادله (۳) با توجه به این معادله، مقدار تابع هدف جهت مشخص نمودن متغیر X_i از طریق جمع ارزش فعلی خالص پروژه i که در زمان t شروع می‌شود، تعیین می‌گردد. به عبارت دیگر، مقدار تابع هدف برابر با مجموع ارزش فعلی خالص پروژه‌های نمونه است که متغیر تصمیم‌گیری بر اساس سال شروع آنها برابر با یک است.

[1] Net Peresent Value

متغیرها و پارامترها

P	سرمایه اولیه مورد نیاز برای شروع پروژه i که ۷۵۰۰ میلیارد ریال است.
M	تعداد پروژه‌ها در پورتفولیو که در این پژوهش ۱۰ مورد در نظر گرفته شده است.
T	افق زمانی مطلوب برای شروع پروژه (به سال) که ۲۰ سال در نظر گرفته شده است.
D_i	مدت اجرای پروژه iام (به سال)
$N_T \square D_i \square 1$	تعداد سال‌های چرخه‌ی عمر پروژه iام: $T \square D \square 1 \in \square 1,2,\ldots,m \square$
NPV_{it}	ارزش خالص فعلی پروژه i که در زمان t شروع می‌شود
$C_{it}\ (h)$	سرمایه‌گذاری مورد نیاز پروژه i در زمان h اگر پروژه در زمان t شروع شود. که در آن: $h \in \square k,\ldots,T \square$ و $t \in NT\text{-}D+1$
FV_{pk}	ارزش آینده سرمایه اولیه در زمان k. که در آن: $k \in \square 2,3,\ldots,T \square D \square 1 \square$
$FV_{it}\ (k)$	ارزش آینده پروژه i در زمان K که در زمان t شروع شده است و در آن: $k \in \square 2,3,\ldots,T \square D \square 1 \square / i \in Nm / t \in NT\text{-}D+1$
X_{it}	اگر پروژه‌ی i در زمان t شروع شود. برابر ۱ در غیر اینصورت برابر ۰

محدودیت‌ها

معادله (٤: هر پروژه فقط باید یک بار در بازه‌ی زمانی [1, T-D+1] شروع شود که D مدت اجرای پروژه و T افق زمانی مورد نظر اجرای پروژه می‌باشد.

معادله (٥: از آنجا که پروژه‌ها در زمان احداث سود ندارند، تمام پروژه‌هایی که در K=1 (زمان احداث) شروع می‌شوند، تنها توسط سرمایه‌ی اولیه می‌توانند تامین هزینه شوند و شروع به کار نمایند.

معادله (٦: در هر لحظه $k \in \{2\ ,\ 3,\ldots,T - D + 1\}$، سرمایه‌گذاری مورد نیاز در تمام پروژه‌های انتخابی نمی‌تواند بیش از مجموع بخش باقیمانده سرمایه اولیه و سود بازگشتی پروژه‌های انتخاب شده تا آن زمان باشد.

معادله (٧: متغیرهای تصمیم باینری هستند.

۴- بحث بر روی نتایج

در ادامه روند آماده‌سازی و فرمول‌نویسی داده‌های خام جهت بازخوانی از نرم‌افزار اکسل به نرم‌افزار لینگو به محاسبه‌ی پارامترهای اقتصادی مرتبط با قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی پرداخته شده است.

برای محاسبه جریان نقدینگی پروژه و استفاده از داده ها در مدل، $NPV_i^j, FV_p^k, FV_i^j(k)$ محاسبه شده است. نتایج بدست آمده NPV_i^j از فرمول معادلهٔ ۱ در

جدول ۳ نشان داده شده است. اعداد

جدول ۳، ارزش فعلی خالص هر پروژه را با در نظر گرفتن سال شروع نشان می‌دهد. این اعداد با استفاده از معادله (۱ به دست آمده‌اند.

ارزش فعلی خالص یا NPV_i^j را برای هر پروژه تا سال ۳۱ام محاسبه می‌کنیم. به دلیل اینکه طول پروژه ها ۱۰ سال است و حداکثر افق زمانی در چهار پروژه در صورت اجرای همزمان با مدت هر کدام ۱۰ سال، ۴۰ سال می‌باشد، بنابراین هیچ پروژه‌ای نمی تواند پس از سال ۳۱ شروع شود.

جدول ۳. نتایج بدست آمده NPV_i^j

پروژه / سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۴۶۰۳/۰۲۶	۳۴۵۷/۰۰۲	۸۷۶۴/۵۶۷	۹۹۸۱/۸۶۸	۲۷۹۹/۷۹۲	۶۸۱۶/۸۸۵	۱۳۳۹/۰۳۱	۱۱۴۴۲/۶۳	۱۳۳۹/۰۳۱	۶۰۸/۶۵۰۵
۲	۴۱۴۶/۸۷۱	۳۱۱۴/۴۱۶	۷۸۹۶/۰۰۶	۸۹۹۲/۶۷۳	۲۵۲۲/۳۳۵	۶۱۴۱/۳۳۸	۱۲۰۶/۳۳۴	۱۰۳۰۸/۶۷	۱۲۰۶/۳۳۴	۵۴۸/۳۳۳۷
۳	۳۷۳۵/۹۲	۲۸۰۵/۷۸۱	۷۱۱۳/۵۱۹	۸۱۰۱/۵۰۸	۲۲۷۲/۳۷۴	۵۵۳۲/۷۳۷	۱۰۸۶/۷۸۸	۹۲۸۷/۰۹۴	۱۰۸۶/۷۸۸	۴۹۳/۹۹۴۴
۴	۳۳۶۵/۶۹۳	۲۵۲۷/۷۳	۶۴۰۸/۵۷۶	۷۲۹۸/۶۵۶	۲۰۴۷/۱۸۴	۴۹۸۴/۴۴۸	۹۷۹/۰۸۷۹	۸۳۶۶/۷۵۱	۹۷۹/۰۸۷۹	۴۴۵/۰۴
۵	۳۰۳۲/۱۵۶	۲۲۷۷/۲۳۴	۵۷۷۳/۴۹۲	۶۵۷۵/۳۶۵	۱۸۴۴/۳۱	۴۴۹۰/۴۹۳	۸۸۲/۰۶۱۲	۷۵۳۷/۶۱۴	۸۸۲/۰۶۱۲	۴۰۰/۹۳۶۹
۶	۲۷۳۱/۶۷۲	۲۰۵۱/۵۶۳	۵۲۰۱/۳۴۴	۵۹۲۳/۷۵۳	۱۶۶۱/۵۴	۴۰۴۵/۴۹	۷۹۴/۶۴۹۷	۶۷۹۰/۶۴۳	۷۹۴/۶۴۹۷	۳۶۱/۲۰۴۴
۷	۲۴۶۰/۹۶۶	۱۸۴۸/۲۵۵	۴۶۸۵/۸۹۵	۵۳۳۶/۷۱۴	۱۴۹۶/۸۸۳	۳۶۴۴/۵۸۵	۷۱۵/۹۰۰۷	۶۱۱۷/۶۹۷	۷۱۵/۹۰۰۷	۳۲۵/۴۰۹۴
۸	۲۲۱۷/۰۸۶	۱۶۶۵/۰۹۴	۴۲۲۱/۵۲۷	۴۸۰۷/۸۵	۱۳۴۸/۵۴۳	۳۲۸۳/۴۱	۶۴۴/۹۵۵۶	۵۵۱۱/۴۳۸	۶۴۴/۹۵۵۶	۲۹۳/۱۶۱۶
۹	۱۹۹۷/۳۷۵	۱۵۰۰/۰۸۵	۳۸۰۳/۱۷۸	۴۳۳۱/۳۹۷	۱۲۱۴/۹۰۴	۲۹۵۸/۰۲۷	۵۸۱/۰۴۱	۴۹۶۵/۲۶	۵۸۱/۰۴۱	۲۶۴/۱۰۹۶
۱۰	۱۷۹۹/۴۳۷	۱۳۵۱/۴۲۸	۳۴۲۶/۲۸۶	۳۹۰۲/۱۵۹	۱۰۹۴/۵۰۸	۲۶۶۴/۸۸۹	۵۲۳/۴۶۰۴	۴۴۷۳/۲۰۷	۵۲۳/۴۶۰۴	۲۳۷/۹۳۶۵
۱۱	۱۶۲۱/۱۱۴	۱۲۱۷/۵۰۳	۳۰۸۶/۷۴۴	۳۵۱۵/۴۵۹	۹۸۶/۰۴۳۳	۲۴۰۰/۸۰۱	۴۷۱/۵۸۵۹	۴۰۲۹/۹۱۶	۴۷۱/۵۸۵۹	۲۱۴/۳۵۷۲
۱۲	۱۴۶۰/۴۶۳	۱۰۹۶/۸۴۹	۲۷۸۰/۸۵۱	۳۱۶۷/۰۸	۸۸۸/۳۲۷۳	۲۱۶۲/۸۸۴	۴۲۴/۸۵۲۲	۳۶۳۰/۵۵۵	۴۲۴/۸۵۲۲	۱۹۳/۱۱۴۶
۱۳	۱۳۱۵/۷۳۳	۹۸۸/۱۵۲۴	۲۵۰۵/۲۷۱	۲۸۵۳/۲۲۵	۸۰۰/۲۹۴۹	۱۹۴۸/۵۴۴	۳۸۲/۷۴۹۷	۳۲۷۰/۷۷	۳۸۲/۷۴۹۷	۱۷۳/۹۷۷۱
۱۴	۱۱۸۵/۳۴۵	۸۹۰/۲۲۷۴	۲۲۵۷/۰۰۱	۲۵۷۰/۴۷۳	۷۲۰/۹۸۶۴	۱۷۵۵/۴۴۵	۳۴۴/۸۱۹۶	۲۹۴۶/۶۴	۳۴۴/۸۱۹۶	۱۵۶/۷۳۶۲
۱۵	۱۰۶۷/۸۷۸	۸۰۲/۰۰۶۶	۲۰۳۳/۳۳۴	۲۳۱۵/۷۴۲	۶۴۹/۵۳۷۳	۱۵۸۱/۴۸۲	۳۱۰/۶۴۸۳	۲۶۵۴/۶۳۱	۳۱۰/۶۴۸۳	۱۴۱/۲۰۳۸
۱۶	۹۶۲/۰۵۲۵	۷۲۲/۵۲۸۵	۱۸۳۱/۸۳۳	۲۰۸۶/۲۵۴	۵۸۵/۱۶۸۷	۱۴۲۴/۷۵۹	۲۷۹/۸۶۳۳	۲۳۹۱/۵۵۹	۲۷۹/۸۶۳۳	۱۲۷/۲۱۰۶
۱۷	۸۶۶/۷۱۴	۶۵۰/۹۲۶۶	۱۶۵۰/۳	۱۸۷۹/۵۰۸	۵۲۷/۱۷۹	۱۲۸۳/۵۶۶	۲۵۲/۱۲۹۱	۲۱۵۴/۵۵۸	۲۵۲/۱۲۹۱	۱۱۴/۶۰۴۱
۱۸	۷۸۰/۸۲۳۴	۵۸۶/۴۲۰۳	۱۴۸۶/۷۵۶	۱۶۹۳/۲۵	۴۷۴/۹۳۶۱	۱۱۵۶/۳۶۶	۲۲۷/۱۴۳۳	۱۹۴۱/۰۴۳	۲۲۷/۱۴۳۳	۱۰۳/۲۴۷
۱۹	۷۰۳/۴۴۴۵	۵۲۸/۳۰۶۶	۱۳۳۹/۴۲	۱۵۲۵/۴۵۱	۴۲۷/۸۷۰۳	۱۰۴۱/۷۷۱	۲۰۴/۶۳۳۶	۱۷۴۸/۶۸۷	۲۰۴/۶۳۳۶	۹۳/۰۱۵۲۹
۲۰	۶۳۳/۷۳۳۸	۴۷۵/۹۵۱۹	۱۲۰۶/۶۸۵	۱۳۷۴/۲۸	۳۸۵/۴۶۸۸	۹۳۸/۵۳۲۶	۱۸۴/۳۵۴۶	۱۵۷۵/۳۹۴	۱۸۴/۳۵۴۶	۸۳/۷۹۷۵۶
۲۱	۵۷۰/۹۳۱۴	۴۲۸/۷۸۵۵	۱۰۸۷/۱۰۳	۱۲۳۸/۰۹	۳۴۷/۲۶۹۲	۸۴۵/۵۲۴۹	۱۶۶/۰۸۵۲	۱۴۱۹/۲۷۴	۱۶۶/۰۸۵۲	۷۵/۴۹۳۲۹
۲۲	۵۱۴/۳۵۲۶	۳۸۶/۲۹۳۲	۹۷۹/۳۷۲۵	۱۱۱۵/۳۹۶	۳۱۲/۸۵۵۱	۷۶۱/۷۳۴۱	۱۴۹/۶۲۶۳	۱۲۷۸/۶۲۵	۱۴۹/۶۲۶۳	۶۸/۰۱۱۹۸
۲۳	۴۶۳/۳۸۰۷	۳۴۸/۰۱۱۹	۸۸۲/۳۱۷۵	۱۰۰۴/۸۶۲	۲۸۱/۸۵۱۴	۶۸۶/۲۴۷	۱۳۴/۷۹۸۵	۱۱۵۱/۹۱۵	۱۳۴/۷۹۸۵	۶۱/۲۷۲۰۵
۲۴	۴۱۷/۴۶۰۱	۳۱۳/۵۲۴۳	۷۹۴/۸۸۰۷	۹۰۵/۲۸۰۸	۲۵۳/۹۲۰۲	۶۱۸/۲۴۰۵	۱۲۱/۴۴۰۱	۱۰۳۷/۷۶۱	۱۲۱/۴۴۰۱	۵۵/۲۰۰۰۵
۲۵	۳۷۶/۰۹۰۲	۲۸۲/۴۵۴۳	۷۱۶/۱۰۸۷	۸۱۵/۵۶۸۳	۲۲۸/۷۵۶۹	۵۵۶/۹۷۳۴	۱۰۹/۴۰۵۵	۹۳۴/۹۱۹۷	۱۰۹/۴۰۵۵	۴۹/۷۲۹۷۷
۲۶	۳۳۸/۸۲	۲۵۴/۴۶۳۳	۶۴۵/۱۴۳	۷۳۴/۷۴۶۲	۲۰۶/۰۸۷۳	۵۰۱/۷۷۷۹	۹۸/۵۶۳۵۱	۸۴۲/۲۷	۹۸/۵۶۳۵۱	۴۴/۸۰۱۶
۲۷	۳۰۵/۲۴۳۲	۲۲۹/۲۴۶۲	۵۸۱/۲۰۹۹	۶۶۱/۹۳۳۵	۱۸۵/۶۶۴۳	۴۵۲/۰۵۲۱	۸۸/۷۹۵۹۶	۷۵۸/۸۰۱۸	۸۸/۷۹۵۹۶	۴۰/۳۶۱۸
۲۸	۲۷۴/۹۹۳۹	۲۰۶/۵۲۸۱	۵۲۳/۶۱۲۵	۵۹۶/۳۳۶۵	۱۶۷/۲۶۵۱	۴۰۷/۲۵۴۲	۷۹/۹۹۶۳۶	۶۸۳/۶۰۵۲	۷۹/۹۹۶۳۶	۳۶/۳۶۱۹۸
۲۹	۲۴۷/۷۴۲۲	۱۸۶/۰۶۱۴	۴۷۱/۷۲۳	۵۳۷/۲۴۰۱	۱۵۰/۶۸۹۳	۳۶۶/۸۹۵۷	۷۲/۰۶۸۷۹	۶۱۵/۸۶۰۶	۷۲/۰۶۸۷۹	۳۲/۷۵۸۵۴
۳۰	۲۲۳/۱۹۱۲	۱۶۷/۶۲۲۹	۴۲۴/۹۷۵۷	۴۸۴/۰۰۰۱	۱۳۵/۷۵۶۱	۳۳۰/۵۳۶۶	۶۴/۹۲۶۸۴	۵۵۴/۸۲۹۳	۶۴/۹۲۶۸۴	۲۹/۵۱۲۲
۳۱	۲۰۱/۰۷۳۲	۱۵۱/۰۱۱۶	۳۸۲/۸۶۱	۴۳۶/۰۳۶۱	۱۲۲/۳۰۲۸	۲۹۷/۷۸۰۷	۵۸/۴۹۲۶۵	۴۹۹/۸۴۶۳	۵۸/۴۹۲۶۵	۲۶/۵۸۷۵۷

در میان متغیرها و پارامترهای دیگر، FV_p^k نیز در جدول ۴ آورده شده است. به دلیل حجم زیاد $FV_i^j\ (k)$، از آوردن آن پرهیز شده است.

جدول ۴. نتایج بدست آمده‌ی FV_p^k

سال	بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی سرمایه (میلیارد ریال)	با در نظر گرفتن ارزش زمانی سرمایه (میلیارد ریال)
۱	۷۵۰۰	۷۵۰۰
۲	۷۵۰۰	۸۳۲۵
۳	۷۵۰۰	۹۲۴۰
٤	۷۵۰۰	۱۰۲۵۷
٥	۷۵۰۰	۱۱۳۸۵
٦	۷۵۰۰	۱۲٦۳۷
۷	۷۵۰۰	۱٤۰۲۸
۸	۷۵۰۰	۱٥٥۷۱
۹	۷۵۰۰	۱۷۲۸٤
۱۰	۷۵۰۰	۱۹۱۸٥
۱۱	۷۵۰۰	۲۱۲۹٥
۱۲	۷۵۰۰	۲۳٦۳۸
۱۳	۷۵۰۰	۲٦۲۳۸
۱٤	۷۵۰۰	۲۹۱۲٤
۱٥	۷۵۰۰	۳۲۳۲۸
۱٦	۷۵۰۰	۳٥۸۸٤
۱۷	۷۵۰۰	۳۹۸۳۱
۱۸	۷۵۰۰	٤٤۲۱۳
۱۹	۷۵۰۰	٤۹۰۷٦
۲۰	۷۵۰۰	٥٤٤۷٥
۲۱	۷۵۰۰	٦۰٤٦۷
۲۲	۷۵۰۰	٦۷۱۱۸
۲۳	۷۵۰۰	۷٤٥۰۱
۲٤	۷۵۰۰	۸۲٦۹۷
۲٥	۷۵۰۰	۹۱۷۹۳
۲٦	۷۵۰۰	۱۰۱۸۹۰
۲۷	۷۵۰۰	۱۱۳۰۹۸
۲۸	۷۵۰۰	۱۲٥٥۳۹
۲۹	۷۵۰۰	۱۳۹۳٤۹
۳۰	۷۵۰۰	۱٥٤٦۷۷
۳۱	۷۵۰۰	۱۷۱٦۹۲

اعداد

جدول ۴ ارزش سرمایه اولیه را با در نظر گرفتن ارزش زمانی سرمایه و بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی سرمایه نشان می‌دهند. این اعداد با استفاده از معادله (۲ محاسبه شده‌اند.

با توجه به معادله، NCF_t را در $(1+r)^i$ از سال ۱ تا سال K-1 ضرب می‌کنیم و سپس همه آنها را با هم جمع می‌کنیم. ما FV_p^k را تا سال ۳۱ محاسبه می‌کنیم. به دلیل اینکه طول پروژه ها ۱۰ سال است و حداکثر افق زمانی ، بنابراین هر پروژه نمی‌تواند پس از سال ۳۱ شروع شود و از سرمایه اولیه استفاده کند.

داده‌های ورودی برای حل مدل در حالت در نظر گرفتن ارزش زمانی سرمایه‌ی اولیه و همچنین در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد، از نرم‌افزار اکسل به نرم‌افزار لینگو بازخوانی می‌گردد. زمانی که کد مدل اجرا می‌شود، داده‌های مرتبط از نرم‌افزار اکسل به یاد آورده می‌شوند و بعد از ۶۴۵۲ تکرار و ۰/۹۱ ثانیه کد حل می‌شود. لازم به ذکر است کدنویسی انجام شده در پیوست مقاله آورده شده است.

اجرای مدل با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه برای افق زمانی ۲۰ سال منجر به جدول ۵ شده‌است. با توجه به اطلاعات حاصل از پروژه‌های نمونه موردی و سرمایه ی اولیه در نظر گرفته شده، تمامی پروژه‌ها

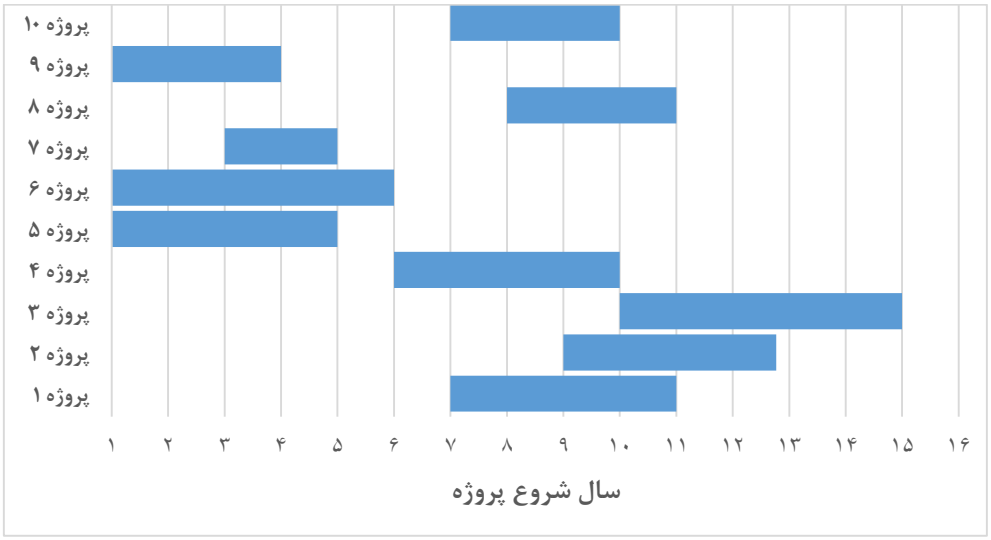
مطابق

جدول ۵ به پورتفولیو وارد می‌شوند. مقدار تابع هدف مجموع ارزش خالص فعلی **جدول ۵** می‌باشد، این مقادیر که با معادله (۱ محاسبه گردیده‌اند، در

جدول ۳ آورده شده‌اند. همچمنین ترتیب ورود پروژه‌ها به پورتفولیو در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۵. نتایج حاصل از حل مدل با احتساب استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه

پروژه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
سال اجرا	۷	۹	۱۰	٦	۱	۱	۳	۸	۱	۷
NPV	/۹٦٦ ۲٤٦۰	/۰۸٥ ۱٥۰۰	/۲۸٦ ۳٤۲٦	/۷٥۳ ٥۹۲۳	/۷۹۲ ۲۷۹۹	/۸۸٥ ٦۸۱٦	/۷۸۸ ۱۰۸٦	/٤۳۸ ٥٥۱۱	/۰۳۱ ۱۳۳۹	/٤۰۹٥ ۳۲٥



شکل ۳. ترتیب ورود پروژه ها به پورتفولیو با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه

جدول ۵ نشان می‌دهد که ما نمی‌توانیم در سال اول همه پروژه‌ها را با هم آغاز کنیم و سرمایه اولیه اجازه می‌دهد که تنها سه پروژه شماره پنج، شش و نه را شروع کنیم. سپس در سال سوم با استفاده از درآمد حاصل از اجرای پروژه های شماره پنج، شش و نه می‌توان پروژه‌ی دیگری را آغاز کرد. به عبارت دیگر، ما از استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و درآمد سرمایه‌گذاری سه پروژه برای کسب سود بیشتر و افزایش ارزش تابع هدف در پروژه شماره هفت استفاده می‌کنیم. به طور مشابه، در ششمین سال نیز ما می‌توانیم پروژه شماره چهار را با درآمد چهار پروژه شماره پنج، شش، نه و هفت که قبل از پروژه شماره چهار اجرا می‌شوند، شروع کنیم.

برای تعیین افق زمانی بهینه، مجدداً نرم‌افزار لینگو برای کدنویسی مدل استفاده می‌شود و مدل برای افق‌های زمانی مختلف از افق زمانی سال ۱۱ تا سال ۳۱ اجرا گردید تا آنجا که تابع هدف به بیشینه مقدار خود برسد. افق زمانی که در آن همه پروژه‌ها شروع خواهند شد و ارزش تابع هدف به حداکثر خواهد رسید زمانی بهینه برای اجرای پروژه‌ها است.

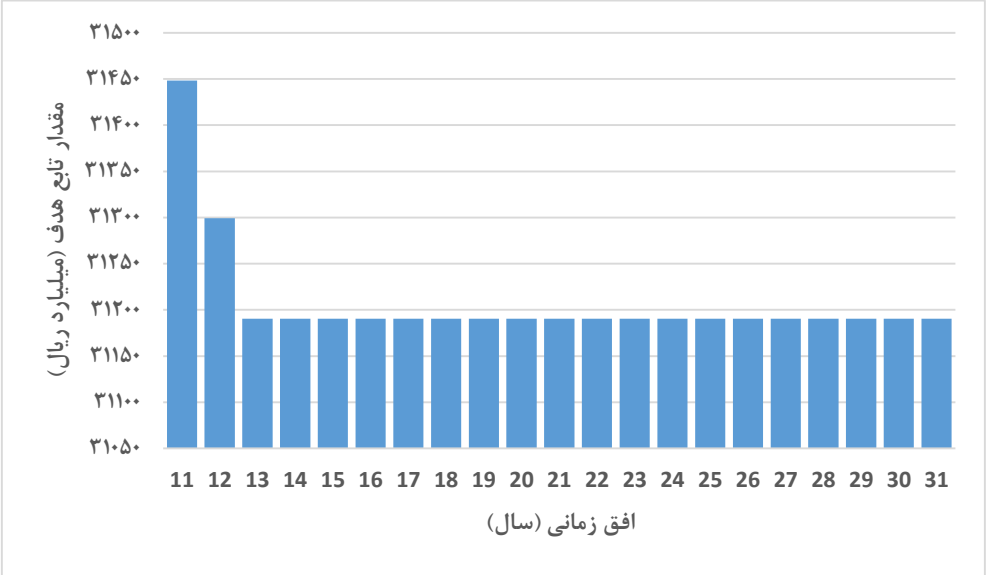
برای یافتن افق زمانی بهینه زمانی که کد اجرا می‌شود، داده‌های مرتبط از نرم‌افزار اکسل فراخوان می‌شوند و پس از ۶۳۴ تکرار و

۱/۴۹ ثانیه مدل حل می‌شود. نتیجه مدل برای این افق‌های زمانی در
جدول ۰۶ نشان‌داده شده‌است. جدول ۷ مقدار تابع هدف را برای افق‌های زمانی مختلف تعیین می‌کند.

جدول ۶۰. افق زمانی بهینه

افق زمانی (سال)	تابع هدف (میلیارد ریال)	پروژه شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱۱	۳۱۴۴۸/۰۲	سال اجرای پروژه‌ها	۶	۹	۹	۸	۱	۱	۳	۷	۱	۴
۱۲	۳۱۲۹۹/۳۶		۶	۱۰	۹	۸	۱	۱	۳	۷	۱	۴
۱۳	۳۱۱۹۰/۴۳		۷	۹	۱۰	۶	۱	۱	۳	۸	۱	۷
۱۴-۳۱	۳۱۱۹۰/۴۳		۷	۹	۱۰	۶	۱	۱	۳	۸	۱	۷

شکل ۴ افق‌های زمانی و مقدار تابع هدف آن‌ها را در قالب چارت نشان می‌دهد. با توجه به
جدول ۰۶ و شکل ۴، از آنجا که ارزش اسقاطی پروژه در انتهای سال بازپرداخت معادل صفر و ارزش زمانی سرمایه در هر سال از سال پیشین خود کمتر می‌شود، ارزش تابع هدف با افزایش افق زمانی کاهش می‌یابد. با توجه به این جدول و شکل ، افق زمانی بهینه ۱۱ سال است و ارزش تابع هدف آن برابر با ۳۱۴۴۸/۰۲ میلیارد ریال است زیرا همه پروژه‌ها شروع شده‌اند و ارزش تابع هدف حداکثر است.

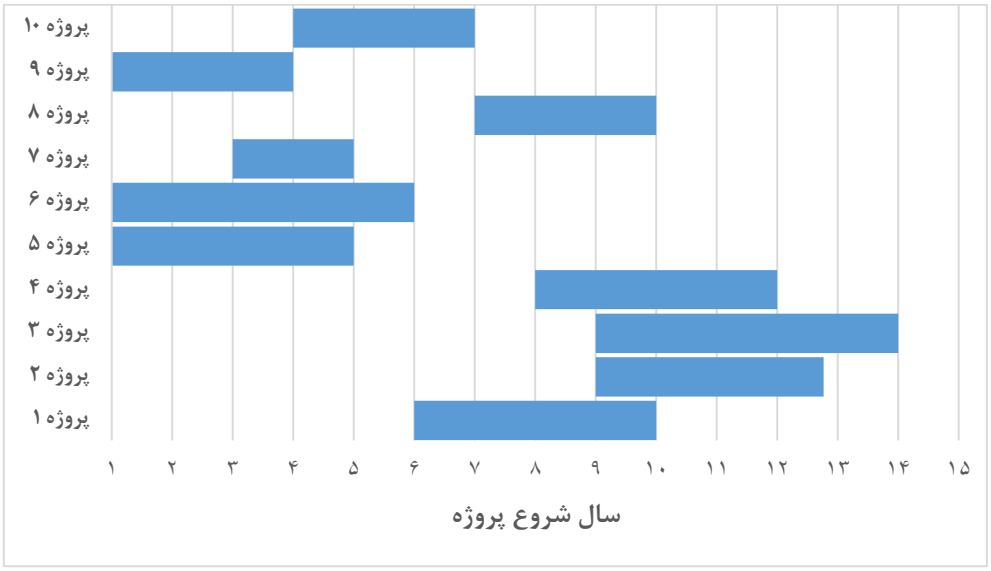


شکل ۴. تغییرات تابع هدف در افق زمانی‌های مختلف

ارزش خالص فعلی و برنامه‌ریزی پروژه‌ها برای افق زمانی بهینه در جدول ۷ نشان‌داده شده‌است. همچنین ترتیب ورود پروژه‌ها به پورتفولیو در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۷. نتایج حاصل از حل مدل در افق زمانی بهینه ۱۱ سال

پروژه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
سال اجرا	٦	۹	۹	۸	۱	۱	۳	۷	۱	٤
NPV	/٦٧٢ ۲۷۳۱	/۰۸٥ ۱٥۰۰	/۱۷۸ ۳۸۰۳	/۸٥۰ ٤۸۰۷	/۷۹۲ ۲۷۹۹	/۸۸٥ ٦۸۱٦	/۷۸۸ ۱۰۸٦	/٦۹۷ ٦۱۱۷	/۰۳۱ ۱۳۳۹	٤٤٥/۰٤



شکل ۵. ترتیب ورود پروژه ها به پورتفولیو در افق زمانی ۱۱ سال

جدول بالا نشان می‌دهد که در افق زمانی بهینه که سال یازدهم می‌باشد، کلیه‌ی پروژه‌ها در افق زمانی به اجرا در خواهند آمد و در سال نخست سه پروژه‌ی شماره پنج، شش و نهم، در سال سوم پروژه‌ی شماره هفت، در سال چهارم پروژه‌ی شماره ده، در سال ششم پروژه‌ی شماره یک، در سال هفتم پروژه‌ی شماره هشت، در سال هشتم پروژه‌ی شماره چهار و در نهایت در سال نهم دو پروژه‌ی شماره‌ی دو و سه به اجرا در خواهند آمد. همچنین میزان تابع هدف به دست آمده در سال یازدهم (افق زمانی بهینه) برابر مجموع ارزش خالص فعلی پروژه‌های ذکر شده در بالا می‌باشد.

۵- جمع‌بندی

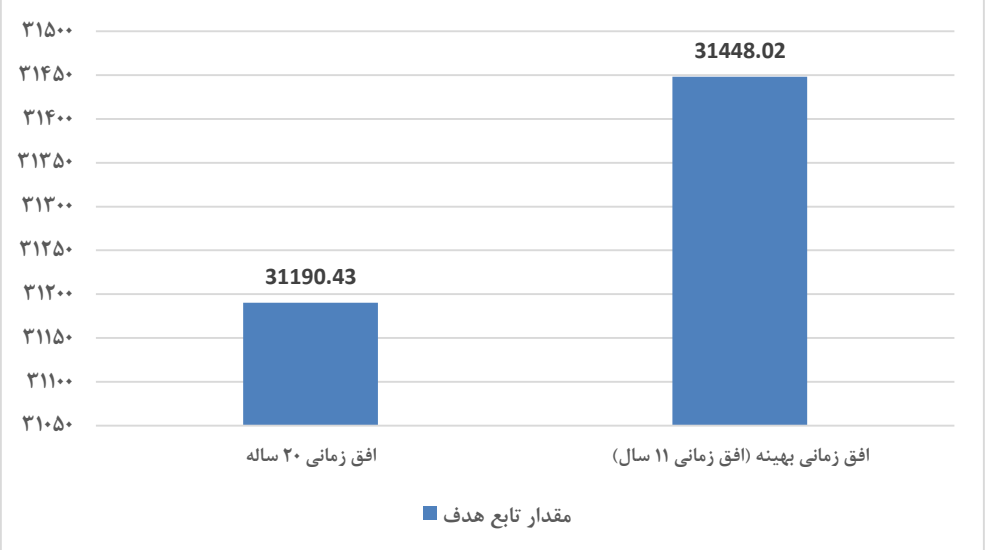
داده‌های به دست آمده از اجرای مدل در افق زمانی ۱۱ و ۲۰ ساله در جدول ۰۸ نشان داده شده است.

جدول ۸۰. مقایسه نتایج افق زمانی ۲۰ ساله و ۱۱ ساله

پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
نتایج با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه (افق زمانی ۲۰ سال)										
سال اجرا	۷	۹	۱۰	۶	۱	۱	۳	۸	۱	۷
NPV	۲۴۶۰/۹۶۶	۱۵۰۰/۰۸۵	۳۴۲۶/۲۸۶	۵۹۲۳/۷۵۳	۲۷۹۹/۷۹۲	۶۸۱۶/۸۸۵	۱۰۸۶/۷۸۸	۵۵۱۱/۴۳۸	۱۳۳۹/۰۳۱	۳۲۵/۴۰۹۵
تابع هدف					۳۱۱۹۰/۴۳ میلیارد ریال					
نتایج با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه (افق زمانی ۱۱ سال)										
سال اجرا	۶	۹	۹	۸	۱	۱	۳	۷	۱	۴
NPV	۲۷۳۱/۶۷۲	۱۵۰۰/۰۸۵	۳۸۰۳/۱۷۸	۴۸۰۷/۸۵۰	۲۷۹۹/۷۹۲	۶۸۱۶/۸۸۵	۱۰۸۶/۷۸۸	۶۱۱۷/۶۹۷	۱۳۳۹/۰۳۱	۴۴۵/۰۴
تابع هدف					۳۱۴۴۸/۰۲ میلیارد ریال					

همانطور که در جدول ۰۸ دیده می‌شود، تفاوت تابع هدف در حالت افق زمانی بهینه معادل یازده سال و افق زمانی بیست سال برابر با ۲۵۷/۵۹ میلیارد ریال است اما با وجود این تفاوت در هر دو حالت، در سال نخست پروژه‌های پنج، شش و نه برای شروع انتخاب می‌شوند ولی در سال‌های بعد اولویت اجرای پروژه‌ها تغییر پیدا می‌کند. همچنین، نتایج این پژوهش در دو حالت بدست آمده که بر اساس آن مقدار تابع هدف در حالت با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه با افق زمانی بهینه که در این پژوهش یازده سال

بدست آمده است، نسبت به مقدار تابع هدف با همان شرایط برای افق زمانی مفروض بیست ساله، ۲۵۷/۵۹ میلیارد ریال صرفه‌جویی در هزینه‌های ساخت و همچنین یک سال در زمان اجرا و تکمیل پروژه‌های سبد پروژه را در پی داشته است.



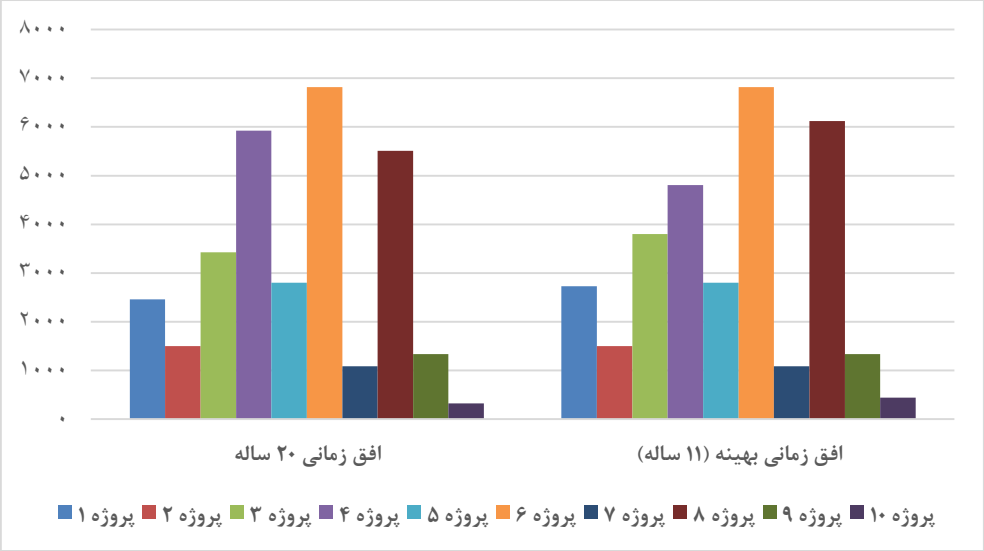
شکل ۶. مقایسه مقدار تابع هدف در دو حالت افق زمانی بهینه (۱۱ سال) و مفروض مساله (۲۰ سال)

اگر مقدار تابع هدف در حالت با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه را معادل یک در نظر بگیریم، مقدار تابع هدف برای افق زمانی بهینه که در این پژوهش یازده سال به دست آمده است، معادل ۱/۰۰۹۵ حالت نخست می‌باشد. جدول ۰۹ ، میزان تاثیرگذاری فاکتورهای در نظر گرفته شده بر روی تابع هدف را نشان می‌دهد.

جدول ۹۰. میزان تاثیرگذاری فاکتورهای در نظر گرفته شده بر روی تابع هدف

نتایج با در نظر گرفتن استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه (افق زمانی ۲۰ سال)	۱
نتایج افق زمانی بهینه (افق زمانی ۱۱ سال)	۱/۰۰۹۵

همچنین در شکل ۷، توزیع مقادیر توابع هدف در دو حالت فوق‌الذکر نشان داده شده است.



شکل ۷. مقایسه میزان توابع هدف پروژه‌ها در سه سوال پژوهش

۶- نتیجه گیری

شرکت‌های مبتنی بر پروژه، همواره پروژه‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری زیادی دارند و به دلیل منابع محدود، قادر به اجرای همه پروژه‌ها نیستند. بنابراین، برای موفقیت، لازم است که پروژه‌های متناسب با توجه به محدودیت‌های شرکت ترکیب شوند. شرکت‌ها به طور پیوسته با تصمیمات حیاتی تخصیص منابع به پورتفولیوهای تعریف‌شده‌ی خود مواجه هستند.

همانگونه که در بخش کارهای انجام‌شده بیان شد، در اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه مدیریت پورتفولیوی پروژه، بر ریسک‌های درگیر در این پروژه‌ها، تغییر بازده و موازنه بین این دو معیار تمرکز دارند. مدل‌های مختلفی برای تخمین این دو معیار (ریسک و تغییر بازده) و بهینه‌سازی بین آن‌ها ارائه شده‌است. در پژوهش‌های پیشین به چگونگی مدیریت یک پورتفولیو با توجه به درآمد، هزینه و برنامه‌ریزی پروژه‌های موجود که مطابق با جدول زمانی آن‌ها در این پورتفولیو با استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد باشد، توجه نشده است. در این پژوهش علاوه بر در نظر گرفتن فاکتورهای اقتصادی مرتبط با ایران از قبیل سود بانکی و ...، به صورت ویژه به بررسی مدیریت سبد پروژه‌های قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی پرداخته شده است.

بر مبنای یافته‌های این پژوهش، تفاوت تابع هدف در حالت افق زمانی بهینه معادل یازده سال و افق زمانی مفروض بیست سال برابر با ۲۵۷/۵۹ میلیارد ریال است. با توجه به شکل ۳ و شکل ۵، این تفاوت منجر به اتمام یک سال زودتر کل سبد پروژه شده است. همانگونه که در شکل ۳ مشخص است، زمان اتمام دوره‌ی ساخت کلیه‌ی پروژه‌های سبد پروژه در حالت افق زمانی ۲۰ ساله، سال پانزدهم و با توجه به شکل ۵ سال چهاردهم می‌باشد. اما با وجود این تفاوت در هر دو حالت، در سال نخست پروژه‌های پنج، شش و نه برای شروع انتخاب می‌شوند ولی در سال‌های بعد اولویت اجرای پروژه‌ها تغییر پیدا می‌کند.

این مطالعه، بر پایه‌ی تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی، مدل باینری با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت برای به حداکثر رساندن ارزش فعلی سازمان در انتخاب بهینه افق زمانی به پورتفولیوی پروژه‌های با قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی در ایران تدوین گردید. به علاوه، استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه نیز به عنوان دو فاکتور تاثیرگذار در انتخاب و مدیریت سبد پروژه‌ها در نظر گرفته شد.

در این پژوهش با توجه به جای خالی پژوهش‌های پیشین در این مقوله، علاوه بر در نظر گرفتن فاکتورهای اقتصادی مرتبط با ایران از قبیل سود بانکی و ...، به صورت ویژه به بررسی مدیریت سبد پروژه‌های قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی با در نظر گرفتن دو فاکتور استراتژی سرمایه‌گذاری مجدد و ارزش زمانی سرمایه پرداخته شده است.

بدون شک پژوهشگر در مسیر انجام پژوهش خود با مشکلات و محدودیت‌هایی مواجه شده که ممکن است نتایج پژوهش را تحت

تاثیر قرار داده باشد. شناخت این محدودیت‌ها قابلیت تفسیر بهتر نتایج پژوهش و همچنین ارتقا سطح کیفی پژوهش‌های آتی را امکان پذیر می‌سازد. پژوهش حاضر نیز با محدودیت‌هایی مواجه بوده که در ادامه بیان می‌گردد:

۱. عدم دسترسی به انواع پروژه‌های با قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی و به همین دلیل انتخاب پروژه‌های مجتمع‌های چند منظوره در این پژوهش.
۲. عدم دسترسی آزاد به اطلاعات کامل پروژه‌های تحت قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی که به صورت نمونه‌ی موردی در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفتند.
۳. استفاده از فاکتورهای کمی همچون ارزش خالص فعلی پروژه، سود بانکی و ... جهت انتخاب پروژه‌های ورودی به پورتفولیو و عدم بررسی فاکتورهای کیفی همچون عام‌المنفعه بودن و ...
۴. عدم امکان استفاده از فاکتورهای مورد نیاز برای پروژه‌های فورس ماژور در انجام پژوهش.

از طرفی هنوز جنبه‌های زیادی از این موضوع جهت بحث و بررسی وجود دارد که دیگر پژوهشگران می‌توانند به آنها بپردازند، از آن میان به این موارد اشاره خواهیم کرد:

- ✓ ما این مدل را برای پروژه‌های مجتمع‌های اداری، تجاری، فرهنگی با قرارداد مشارکت عمومی-خصوصی در ایران کدنویسی کردیم. این مدل می‌تواند برای انواع مختلف پروژه‌ها، در کشورهای دیگر و دیگر مدل‌های قرارداد مورد استفاده قرار گیرد.
- ✓ در این پژوهش سرمایه‌گذاری مورد نیاز از طریق سرمایه اولیه و دستاوردهای پروژه‌های اجرایی فراهم شده‌است. در پژوهش‌های دیگر می‌تواند بخشی از سرمایه‌ی مورد نیاز از طریق وام بانکی تامین شود.
- ✓ در پژوهش حاضر تمامی نمونه‌های مورد مستقل از هم هستند. برای پژوهش‌های بعدی، وابستگی‌های متقابل بین پروژه‌ها را میتوان در این مدل وارد کرد.
- ✓ در پژوهش حاضر نقش تورم در جریان نقدی پروژه در نظر گرفته نشده است. برای پژوهش‌های بعدی تورم و عدم قطعیت می‌تواند در مدل در نظر گرفته شود.

همچنین از این مقاله می‌توان در موارد زیر بصورت کاربردی استفاده نمود:

- ✓ نتایج مدل ارائه شده در این پژوهش، در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری پروژه‌های پورتفولیوی کارفرمای پروژه‌محور قابل استفاده است. وزارتخانه‌های دولتی و شهرداری‌ها می‌توانند از پیمانکاران بخواهند تا پیشنهاد خود را برای پیاده‌سازی تعدادی از پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی به انضمام زمان‌بندی آن‌ها در یک افق زمانی خاص ارایه دهند. سپس با توجه به اینکه پیمان‌کار پروژه‌های بیشتری را در افق زمانی مورد نظر انتخاب خواهد کرد، می‌توانند یک پیمان‌کار واجد شرایط انتخاب کند.
- ✓ سازمان‌های دولتی و شهرداری‌ها می‌توانند از پیمانکاران درخواست کنند که پیشنهاد خود را برای اجرای تعدادی از پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی به انضمام زمان‌بندی آن‌ها ارایه دهند. سپس با توجه به اینکه کدام پیمانکار پروژه را در افق زمانی کوتاه‌تر اجرا خواهد کرد، می‌توانند یک پیمانکار واجد شرایط انتخاب کند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از **دکتر چکاد سرامی (دانشیار ریاضیات در گروه ریاضیات و علوم کامپیوتر در دانشگاه ایالتی فیتویل آمریکا)** برای ارائه نظرات مفید و سازنده و همچنین، داوران و اعضای کمیته علمی **انجمن مهندسی سازه ایران** کمال سپاسگزاری را دارند.

مراجع

[1] Vetschera, R., & Almeida, A. T. (2012). *A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems*. Computers & Operations Research, 39(5), 1010-1020.
[2] Blichfeldt, B. S., & Eskerod, P. (2008). *Project portfolio management–There's more to it than what management enacts*. International Journal of Project Management, 26(4), 357-365.
[3] Mohagheghi, V., Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., & Mojtahedi, M. (2019). *Project portfolio selection problems: a review of models, uncertainty approaches, solution techniques, and case studies.* Technological and Economic Development of Economy, *25*(6), 1380-1412.
[4] Baker, N. R. (1974). *R & D project selection models: An assessment*. IEEE Transactions on Engineering Management, 21(4), 165-171.
[5] Mehrez, A., & Sinuany-Stern, Z. (1983). *An interactive approach for project selection*. Journal of the Operational Research Society, 34(7), 621-626.
[6] Danila, N. (1989). *Strategic evaluation and selection of R&D projects*. R&D Management, 19(1), 47-62.
[7] Liu, S.-T. (2011). *A Fuzzy Modeling for Fuzzy Portfolio Optimization*. Expert Systems with Applications, 38(11), 13803-13809.
[8] Bhattacharyya, R., Kumar, P., & Kar, S. (2011). *Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects*. Computers & Mathematics with Applications, 62(10), 3857-3870.
[9] Ghapanchi, A. H., Tavana, M., Khakbaz, M. H., & Low, G. (2012). *A Methodology for Selecting Portfolios of Projects with Interactions and Under Uncertainty*. International Journal of Project Management, 30(7), 791-803.
[10] Medaglia, A. L., Graves, S. B., & Ringuest, J. L. (2007). *A Multiobjective Evolutionary Approach for Linearly Constrained Project Selection under Uncertainty*. European Journal of Operational Research, 179(3), 869-894.
[11] Gregory, C., Darby-Dowman, K., & Mitraa, G. (2011). *Robust optimization and portfolio selection: The cost of robustness*. European Journal of Operational Research, 212(2), 417-428.
[12] Petit, Y. (2012). *Project portfolios in dynamic environments: Organizing for uncertainty*. International Journal of Project Management, 30(5), 539-553.
[13] Shen, Y., Zhang, X., & Siu, T. K. (2014). *Mean–variance portfolio selection under a constant elasticity of variance model*. Operations Research Letters, 42(5), 337-342.
[14] Ghasemzadeh, F., Archer, N., & Iyogun, P. (1999). *A zero-one model for project portfolio selection and scheduling*. Journal of the Operational Research Society, 50(7), 745-755.
[15] Sefair, J. A., & Medaglia, A. L. (2005). *Towards a model for selection and scheduling of risky projects*. Systems and Information Engineering Design Symposium (pp. 158-164). IEEE.
[16] SHOU, Y.-y., & HUANG, Y.-l. (2010). *Combinatorial auction algorithm for project portfolio selection and scheduling to maximize the net present value*. Journal of Zhejiang University-SCIENCE C (Computers & Electronics), 11(7), 562-574.
[17] Belenky, A. S. (2012). *A Boolean Programming Problem Of Choosing An Optimal Portfolio Of Projects And Optimal Schedules For Them By Reinvesting Within The Portfolio The Profit From Project Implementation*. Applied Mathematics Letters, 25(10), 1279-1284.
[18] Jafarzadeh, M., Tareghian, H. R., Rahbarnia, F., & Ghanbari, R. (2015). *Optimal selection of project portfolios using reinvestment strategy within a flexible time horizon*. European Journal of Operational Research, 243(2), 658-664.
[19] Huang, X., & You, Y. (2017). *Optimal Mixed Project and Security Portfolio Selection under Reinvestment Strategy*. International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA) (pp. 1-5). IEEE.
[20] Amirian, H., & Sahraeian, R. (2018). *A Novel Project Selection Scheduling Model*. Closing the Gap Between Practice and Research in Industrial Engineering (pp. 85-94). Springer, Cham.