تعیین ساختار سرمایه بهینه با استفاده از اوراق قابل تبدیل با روش برنامه‌ریزی پویای احتمالی در پروژه‌های BOT

فرامرز نوری[۱]، پرستو محمدی[۲]، اسماعیل وصاف[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی دانشگاه تربیت مدرس

[۲] استادیار گروه مهندسی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی دانشگاه تربیت مدرس

[۳] کارشناس ارشد علوم اقتصادی کارشناس پروژه‌های سرمایه‌گذاری شرکت مپنا

چکیده

تأمین مالی پروژه‌های زیربنای با روش مشارکت‌های عمومی و خصوصی، به دلایل ریسک و عدم قطعیت بالا، بلند مدت بودن قراردادها، برگشت‌ناپذیری سرمایه‌گذاری‌ها، و وجود ذی‌نفعان مختلف باانگیزه‌ها و اهداف متفاوت همواره پیچیده و چالش‌برانگیز است. نحوه تأمین مالی طرح‌های سرمایه‌گذاری یکی از مسائل پیش روی سرمایه‌گذاران در مراحل مختلف طرحها است. سرمایه‌گذاران در طرحهایی شرکت می‌کنند که نرخ بازده پروژه حداقل بیشتر از هزینه موزون سرمایه باشد.

قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT) به عنوان یکی از روشهای موردتوجه بخش دولتی در واگذاری پروژه‌های زیرساختی می‌باشد. از ویژگی بارز این واگذاریها انتقال بار تأمین مالی و بخشی از ریسک‌های تجاری به بخش خصوصی می‌باشد. یکی از ابزارهای تأمین مالی مورداستفاده درپروژه‌های BOT، اوراق قابل تبدیل به سهام می‌باشد. از ویژگی این نوع تأمین مالی انعطاف‌پذیری و جذابیت برای سرمایه‌گذاران به جهت دارا بودن اختیار تبدیل اوراق به سهام برای مشارکت درمازاد سود می‌باشد. داشتن اختیار برای تبدیل اوراق به سهام در این نوع از روش تأمین مالی ساختار سرمایه را ازحالت قطعی به پویا تبدیل می‌کند، دراین مقاله، با استفاده از برنامه‌ریزی پویای احتمالی وروش حداقل مربعات شبیه‌سازی مونتکارلو ساختار سرمایه بهینه تحت شرایط عدم قطعیت برای تأمین مالی ازطریق اوراق قابل تبدیل بررسی می‌شود و الگوریتمی برای تعیین زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام ارائه شده است. نتایج پیاده‌سازی مدل بر روی داده‌های یکی ازنیروگاه‌های حرارتی شرکت مپنا نشان می‌دهد که استفاده از اوراق قابل تبدیل بانرخ تبدیل مناسب هزینه موزون سرمایه را کاهش می‌دهد و در حالت بهینه ترکیب تأمین مالی موجب افزایش ارزش فعلی خالص پروژه می‌شود.

کلمات کلیدی: ساختار سرمایه، برنامه‌ریزی پویای احتمالی، اوراق قابل تبدیل، BOT

۱. Nory_Faramarz@yahoo.com (نویسنده مسئول)

۲. P.Mohammadi@modares.ac.ir

۳. Vasaf_E@mapna.com

۱- مقدمه

رشد جمعیت و نیاز به سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در پروژه‌های زیرساخت، و محدودیت‌های بودجه بخش دولتی مشـارکت‌های عمومی و خصوصی را به عنوان یک اسـتراتژی اساسی برای توسعه زیرساختها در دو دهه گذشـته تبدیل کرده است. روش تأمین مالی سـاخت، بهره‌برداری، و انتقال (BOT[1]) و مشتقات آن از شـکل‌های رایج مشارکتهای عمومی و خصوصی می‌باشـد. از مهمترین ویژگی‌های این نوع از واگذاری‌ها انتقـال بار تأمین مالی و عمده ریسـک‌های پروژه به بخش خصوصی می‌باشـد. تأمین مالی پروژه عبارت اسـت از ایجاد ترکیبی از اسـتقراض، سهم آورده و سهام ممتازه یا دیون ثانویه به نحوی که علاوه بر تأمین تضمین‌های مطمئن استفاده از منابع مالی را بهینه نماید [۲].

پروژه‌هایی که با رویکرد مشارکت‌های عمومی و خصوصی توسعه داده می‌شوند از عدم قطعیت بالایی برخوردار هسـتند در چنین شـرایطی به دلیل ریسـک بالای پـروژه وام‌دهندگان وام کمتـری را با نرخ‌های بیشتری در اختیار سرمایه‌گذاران قرار می‌دهند و این باعث افزایش هزینه موزون سرمایه کل پروژه می‌شود. در این حالت مقدار مورد انتظار از نرخ بازگشت کمتر از نرخ بازده می‌شود و پروژه‌ها همواره با شکست مواجه خواهند شد [۳].

فارغ از بازارهای پولی که بانک‌ها آن را تشکیل می‌دهند، سرمایه‌گذارانی هستند که با هدف کسب سود بـه تأمین مالی شـرکت‌ها می‌پردازند. این سـرمایه‌گذاران بصورت ابزارهای تأمین مالـی میانه[2] در پروژه‌ها مشـارکت می‌نمایند. امروزه با کاهش وام‌های داخلی و و عدم تمایل بانک‌ها به اعطای وام در شـرایط عدم قطعیـت، تأمین مالی میانـه به ویژه اوراق قابل تبدیل به جهت ویژگـی انعطاف‌پذیری برای وام‌دهندگان و وام‌گیرندگان، کاهش هزینه‌های تأمین مالی، و جذابیت این نوع روش تأمین مالی برای سرمایه‌گذاران برای داشتن اختیار مشارکت در سود پروژه با تبدیل اوراق به سهام این نوع تأمین مالی را به یکی از ابزارهای مؤثر تأمین نقدینگی برای شرکت‌های خصوصی تبدیل کرده است[۱].

در ایـن میـان یکـی از چالش‌های بخش خصوصـی پیدا کردن ترکیب بهینه سـاختار سـرمایه از منابع مالی بدهی، آورده و ابزارهای تأمین مالی میانه شـامل بدهی ثانویه[3]، اوراق قابل تبدیل[4] و سـهام ترجیهی[5] می‌باشد. اگر سرمایه‌گذاران به صورت بدهی ثانویه یا سهام ترجیهی در پروژه مشارکت نمایند در آن صورت باز سـاختار سـرمایه قطعی برای تعیین بهینه ترکیب منابع مالی کاربرد دارد. از طرفی دارندگان اوراق قابل تبدیـل ایـن اختیار را دارنـد که اوراق خود را با یک ادعای شـرطی به سـهام تبدیل کنند و بتوانند در سـود

۱. Built Operate Transfer
۲. Mezzanine Finance
۳. Subordinated debt
۴. convertible bond
۵. Preferred equity

پروژه سـهیم باشـند. این ویژگی باعث می‌شود که ساختار سرمایه به صورت پویا باشد، و در چنین شرایطی مدل‌های توسعه یافته برای تعیین ترکیب بهینه تأمین مالی بصورت قطعی را نمی‌توان بکار برد [۴].

۲- مرور ادبیات

مدل‌های مالی مختلفی برای ساختار سرمایه توسط محققان توسعه داده شده است که عبارتند از:

چانـک و چـن (۲۰۰۱) مدلی را برای ارزیابی پیشـنهادهای مالی بخش خصوصـی در مرحله مناقصه توسـعه داده‌اند، در این مدل معیار سـنجش مالی دوره بازگشـت سرمایه اسـت. همچنین آنها اثرات سطح آورده را بر روی پیشـنهادهای مالی بررسـی کرده‌اند نتایج حاصل از این تحقیق به این شکل است که سطح آورده به عنوان عامل اساسی در انتخاب بخش خصوصی در فرآیند مناقصه می‌باشد [۵].

هو و لیو (۲۰۰۲) مدلی را برای ارزیابی سطح آورده بهینه در قراردادهای مشارکت عمومی و خصوصی توسـعه داده‌اند، در این مدل تأثیر ضمانت‌های دولت بر روی بدهی بررسـی شـده اسـت آنها به این نتیجه رسـیده‌اند کـه با تضمین‌های دولت بـرای وام بخش خصوصی می‌تواند سـطح وام را افزایش دهد و به این ترتیب هزینه کل سرمایه کاهش می‌یابد [۶].

باکاتجان و همکاران (۲۰۰۳) مدل مالی را با بکارگیری تکنیک برنامه‌ریزی خطی برای ماکسیمم کردن نرخ بازگشت داخلی برای بهینه کردن سطح آورده ارائه داده‌اند. نتایج بدست آمده بیانگر آن است که هزینه کل پروژه نسبت عکس با سطح آورده دارد بطوریکه با افزایش سطح آورده هزینه کل پروژه کاهش می‌یابد و همچنین ارزش فعلی خالص پروژه و نرخ بازگشت داخلی نسبت مستقیم با سطح بدهی دارند به این صورت که با افزایش سـطح وام ارزش فعلی خالص پروژه افزایش می‌یابد و همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی به عنوان مهمترین محدودیت در ساختار سرمایه پروژه می‌باشد [۷].

زانک (۲۰۰۵) یک چارچوب شبیه‌سـازی را برای تعیین سـاختار سـرمایه بهینه توسعه داده است. این مدل در شرایط عدم قطعیت در مرحله ساخت برای متغیرهای زمان ساخت پروژه، هزینه ساخت و بهره وام و همچنین ریسـکهای اقتصادی، تغییرات نرخ ارز، هزینه‌های دوره بهره‌برداری، تقاضا و قیمت بازار برای محصول پروژه بررسـی شده است. هدف در این مدل پیدا کردن سطح سرمایه بهینه با حداکثر کردن ارزش فعلی خالص پروژه می‌باشد [۸].

اسـلام و محمد (۲۰۰۹) مدلی را برای حداکثر کردن ارزش فعلی خالص پروژه برای پیدا کردن سـطح سرمایه مناسب با استفاده از الگوریتم ژنتیک و منطق فازی توسعه داده‌اند. این مدل برای پروژه نیروگاهی در شـرایط اطمینان و عدم اطمینان بکار برده شـده است نتایج تحقیق نشان می‌دهد که عدم قطعیت پروژه ساختار سرمایه بهینه را تغییر می‌دهد بطوریکه در شرایط عدم قطعیت سطح آورده بیشتر از شرایط اطمینان در حالت بهینه می‌باشد [۹].

یـن و همکاران (۲۰۰۹) مدلی را برای سـاختار سـرمایه بهینه با اسـتفاده از شبیه‌سـازی مونت‌کارلو و

الگوریتم ژنتیک چند هدفه برای بهینه کردن سطح سرمایه در جهت افزایش ارزش فعلی خالص توسعه داده‌اند آنها به این نتیجه رسیده‌اند که مطلوبیت سهامداران با افزایش سطح آورده کاهش می‌یابد و برعکس مطلوبیت وام‌دهندگان با افزایس سطح آورده بیشتر می‌شود [۱۰].

آیر و همکاران (۲۰۱۱) مدلی را برای تعیین ساختار سرمایه بهینه و حداکثر کردن پتانسیل برنده شدن در مناقصه ارائه کرده‌اند. متغیرهای مسأله کمک هزینه دولتی و سطح آورده و سطح بدهی می‌باشد. در این مدل هدف حداکثر کردن ارزش فعلی خالص و حداقل کردن کمک هزینه دولتی برای برنده شدن در مناقصه می‌باشد که با استفاده از الگوریتم ژنتیک مدل بهینه سازی شده است نتایج تحقیق نشان می‌دهد که نرخ بازگشت داخلی و نرخ پوشش خدمات بدهی تابعی غیرخطی از سطح آورده می‌باشد، و نرخ پوشش خدمات بدهی محدودیت اصلی برای ساختار سرمایه بهینه در قراردادهای BOT می‌باشد [۱۱].

در بسیاری از مواقع بنابه شرایط بازار و اختلاف میان وام‌دهندگان و وام‌گیرندگان ممکن است که هزینه سرمایه بیشتر از مقدار واقعی باشد، در چنین شرایطی شکافی برای تأمین مالی میان سطح آورده و سطح بدهی ایجاد می‌شود و این موجب می‌شود که هزینه سرمایه بیشتر از هزینه نهایی گردد. یکی از ابزارهای تأمین مالی که در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد تأمین مالی میانه می‌باشد. تبعی بودن بازپرداخت در تأمین مالی میانه، وام‌دهندگان سنتی را که از اولویت بیشتری در بازپرداخت برخوردارند به اعطای وام با مبالغ کمتر در هر معامله قادر می‌سازد، از این طریق ریسک وام‌دهندگان کمتر می‌شود و از سوی دیگر نرخ پوشش خدمات بدهی برای وام افزایش می‌یابد [۱].

یکی از منابع تأمین مالی میانه، اوراق قابل تبدیل می‌باشد، در این نوع از روش تأمین مالی دارنده اوراق این حق را دارد (نه اجبار) که در زمان تعیین شده اوراق خود را از حالت بدهی به سهام تبدیل کند. این ویژگی اوراق از دو جهت می‌تواند برای سرمایه‌گذاران و دارندگان اوراق سودمند باشد اولاً دارنده اوراق با تبدیل اوراق به سهام می‌تواند در شرایطی که سود پروژه‌ها افزایش می‌یابد بتواند به عنوان سهامدار از سود بهره‌مند شود. ثانیاً سرمایه‌گذاران با استفاده از این شیوه تأمین مالی هزینه کل سرمایه را کاهش می‌دهند.

در پروژه‌هایی که با روش BOT توسعه داده می‌شوند تعیین ساختار سرمایه بهینه می‌تواند نقش اساسی در موفقیت پروژه‌ها داشته باشد. با توجه به چالش‌های تأمین مالی پروژه‌های BOT که هزینه‌های زیادی برای ساخت پروژه مورد نیاز است، سؤال‌های زیر مطرح می‌باشد.

۱- ترکیب بهینه ساختار سرمایه برای پروژه‌های BOT کدام است؟

۲- آیا اوراق قابل تبدیل، هزینه موزون سرمایه را در ساختار سرمایه بهینه کاهش می‌دهد؟

۳- آیا اوراق قابل تبدیل ارزش فعلی خالص پروژه را افزایش می‌دهد؟

با توجه به مطالب بیان شده، بررسی ساختار سرمایه و هزینه تأمین منابع مالی و شرایط بهینگی آن با محدودیت‌های تأمین مالی برای اتخاذ تصمیم‌های لازم برای مدیران مالی و سهامداران در راستای افزایش سودآوری و ثروت، ضروری می‌باشد. در این مقاله با استفاده برنامه‌ریزی پویای احتمالی ساختار

سـرمایه بهینه با اسـتفاده از منابع تأمین مالـی بدهی، آورده و اوراق قابل تبدیـل در دو حالت قطعی و پویا بررسی شده است.

۳- روش تحقیق

بهینه بودن سـاختار سـرمایه در این مقاله از طریق مقایسه دو شیوه تأمین مالی بدون اوراق قابل تبدیل و با اوراق قابل تبدیل و تأثیر آن بر روی هزینه سرمایه و ارزش فعلی خالص سنجیده می‌شود.

۴- ساختار سرمایه قطعی

برای پیداکردن ترکیب بهینه سـطح آورده و سـطح بدهی در شـرایط عدم اطمینان فرضهایی در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

۱- همه جریان نقدینگی خالص به سهامداران پرداخت می‌شود.

۲- دو نوع ابزار تأمین مالی (آورده و بدهی) ساختار سرمایه را تشکیل می‌دهد.

۳- هزینه آورده (r_e) برای همه سهامداران مقدار یکسانی است.

۴- نرخ تنزیل پروژه (r) توسط هزینه میانگین وزنی سرمایه (WACC) بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$r = L_E.r_e + L_D.r_d \qquad (۱)$$

۵- جریان نقدینگی قبل از بهره و مالیات (EBIT) دارای عدم قطعیت می‌باشد.

در رابطه بالا پارامترهای L_E ،L_D و r_d، به ترتیب عبارتند از سطح آورده، سطح بدهی و هزینه بدهی. با فرض اینکه پروژه به مدت سال به بخش خصوصی واگذار شود. بطوریکه دوره ساخت T_C و مدت دوره بهره‌برداری T_P باشد در اینصورت هزینه کل پروژه از روابط زیر به‌دست می‌آید.

$$C_p = \sum_{i=1}^{T_c} c_p^i \qquad (۲)$$

$$C_{I3} = \sum_{i=1}^{T_c} L_D .c_p^i .\ e^{r\,d.(T_c-i+1)} \qquad (۳)$$

$$TPC = C_p + C_I \qquad (۴)$$

TPC, C_I, C_P^i هزینه ساخت، بهره بدهی در دوره ساخت و هزینه کل پروژه می‌باشد. مقدار مالیات $TAX_{(k,j)}$ و جریان نقدینگی خالص $NCA_{(k,j)}$ با شبیه‌سازی N مسیر برای سود قبل مالیات و بدهی (EBIT) از طریق روابط زیر محاسبه می‌شود [۸].

$$TAX_{(k,j)} = r_{tax}^j . (EBIT_{(k,j)} - DEP_j - I_j^D) \qquad (۵)$$

$$NCA_{(k,j)} = EBIT_{(k,j)} - p_j^D - I_j^D - TAX_{(K,j)} \quad (۶)$$

بطوریکه I_j^D, P_j^D, DEP_j , r_{tax}^j ، نرخ مالیات، مقدار اسـتهلاک سـالانه، اصل و بهره وام در دوره بهره‌برداری می‌باشند. با استفاده از روابط بالا و مقدار سرمایه ترسیم شده در دوره ساخت (E_i) ارزش فعلی خالص پروژه در هر مسیر k ام به‌صورت معادله ۷ محاسبه می‌شود.

$$NPV^k(L_D,L_E) = \sum_{j=1}^{T_p} \frac{NCA_{(k,j)}}{(1+r)^{j+T_C}} - \sum_{i=1}^{T_C} \frac{E_i}{(1+r)^i} \quad (۷)$$

و در نهایت مقدار میانگین ارزش فعلی خالص پروژه از مسـیرهای شبیه‌سـازی شده از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$NPV(L_D,L_E) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} NPV^k(L_D,L_E) \quad (۸)$$

بدین صورت سـاختار سـرمایه بهینه در شـرایط عدم قطعیت به ازای بزرگترین ارزش فعلی خالص در ترکیبهای مختلف سطح آورده و بدهی بدست می‌آید.

$$NPV^{opt} = (L_E^{opt}, L_D^{opt}) = \max\{NPV(L_E, L_D)\} \forall (L_E, L_D) \quad (۹)$$

در پروژه‌های مشـارکت عمومـی و خصوصی وام‌دهندگان برای پروژه‌هایی کـه توانایی بازپرداخت وام را در دوره بازپرداخـت دارنـد وام اعطا می‌کنند معیار سـنجش مالی معمول که بـرای ارزیابی بازپرداخت وام استفاده می‌شود نرخ پوشش خدمات بدهی (DSCR) می‌باشد که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود [۷].

$$DSCR_{(k,j)} = \frac{EBIT_{(k,j)} - TAX_{(k,j)}}{P_j^D + I_j^D} \quad (۱۰)$$

مطابق روشی که کاتی (۲۰۰۷) توسعه داده است سهامداران پروژه باید در تأمین مالی پروژه محدودیت زیر را در مدل مالی برآورده کنند [۱۲].

$$\frac{\sum_{K=1}^{N} 1\{DSCR_{(k,j)} \geq DSCR_{min}\}}{N} \geq P_j^{min} \quad (۱۱)$$

در رابطه بالا P_j^{min} کمترین مقدار احتمال برای *DSCR* در هر سال می‌باشد. با توجه به روابط بالا مدل ریاضی برای تعیین ساختار سرمایه بهینه در حالت قطعی به صورت زیر می‌باشد. که هدف حداکثر کردن ارزش فعلی خالص پروژه با محدودیت‌های مالی برای نرخ پوشش خدمات بدهی و سطح آورده و بدهی می‌باشد. الگوریتم پیدا کردن ساختار سرمایه بهینه بصورت نمایه ۱ ارائه شده است.

$$\text{Max} \quad z = NPV\,(L_E\,,\,L_D) \tag{۱۲}$$

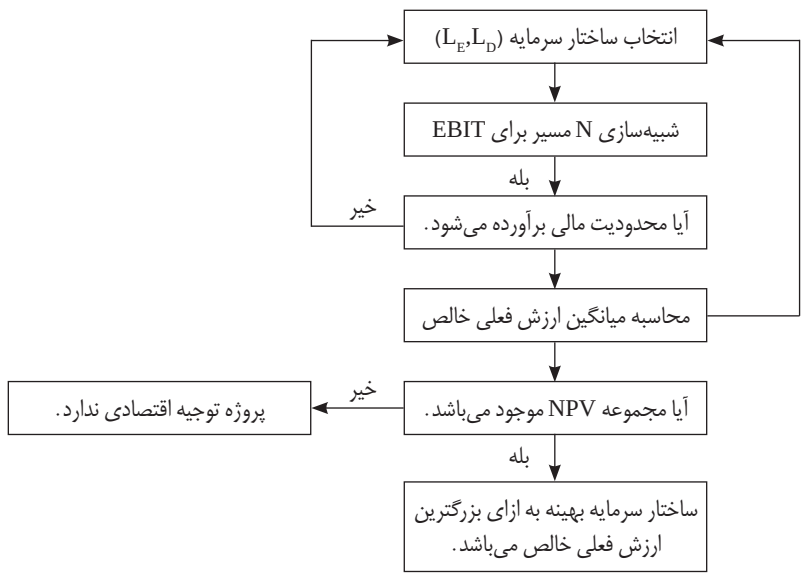
$$\frac{\sum_{K=1}^{N} ۱\{DSCR_{(k,j)} \geq DSCR_{min}\}}{N} \geq P^{min} \tag{۱۳}$$

$$L_E^{min} \leq L_E \leq L_E^{max} \tag{۱۴}$$

$$L_D^{min} \leq L_D \leq L_D^{max} \tag{۱۵}$$

$$L_E + L_D = ۱ \tag{۱۶}$$

نمایه ۱: الگوریتم سعی و خطا برای ساختار سرمایه بهینه قطعی



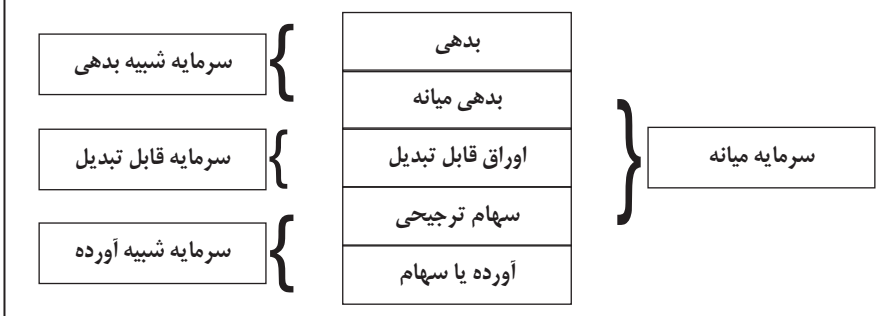
۵- ساختار سرمایه پویا

سـرمایه‌های کل پروژه را می‌توان در سـه طبقه‌بندی سـرمایه‌های شـبیه آورده، سرمایه‌های شبیه بدهی و سـرمایه‌های قابل تبدیل تقسـیم کرد. یکـی از ویژگیهای اصلی سـرمایه‌گذاری‌های میانه قابلیت انعطاف‌پذیری آن می‌باشـد. در سـرمایه‌گذاری‌های میانه تقریباً می‌توان ترکیبات بی‌شماری از بدهی و آورده را تشـکیل داد. به این صورت که برای سـرمایه‌گذاران میانه از قبیل سهام ترجیحی یا اوراق قابل تبدیل، امکان تغییر از وضعیت بدهی به وضعیت سـهام برای مشـارکت در مازاد سـود موجود می‌باشـد. با توجه به نمایه ۲ اولویت در بازپرداخت بدهی بیشـتر از ابزارهای دیگر می‌باشد و از بالا به پایین اولویت کاهش و ریسک سرمایه‌گذاری به ترتیب افزایش می‌یابد [۱۳]. اگر در ساختار تأمین مالی پروژه از سـرمایه شـبیه بدهی و یا شبیه آورده استفاده شود در آن صورت ساختار سرمایه مرحله قبل که برای شـرایط عدم قطعیت توسـعه داده شد، برای پیداکردن ترکیب بهینه تأمین مالی مناسـب می‌باشـد. در صورتی که اوراق قابل تبدیل این ویژگی را داشـته باشـند که از اوراق به سهام تبدیل شوند، در این روش تأمین مالی الگوریتم نمایه ۱ را نمی‌توان برای تعیین ترکیب بهینه ساختار سـرمایه و زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام بکار برد. بنابراین ساختار سرمایه به دلیل منعطف بودن تأمین مالی در دو مرحله زیر مدل‌سازی می‌شود:

۱- تعیین زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام.

۲- بهینه‌سازی ساختار سرمایه بعد از تعیین زمان بهینه.

نمایه ۲: ابزارهای تأمین مالی



اختیاری که به دارندهی اوراق قابل تبدیل داده شده در هر زمان از بازه تصمیم‌گیری می‌تواند عملی شود. بـرای پیداکـردن زمان بهینه تبدیل اوراق به سـهام از برنامه‌ریزی پویای احتمالـی و روش حداقل مربعات که برای این نوع از اختیارات توسـط لانگسـتف و شـوارتز (۲۰۰۱) توسـعه داده شده، اسـتفاده می‌شود [۱۴]. در قراردادهای BOT جریان نقدینگی بعد از دوره ساخت ایجاد می‌شود و بازپرداخت اصل وبهره اوراق بعد از دوره سـاخت می‌باشـد. بنابراین زمان بهینه تبدیل اوراق به سـهام بعد از دوره سـاخت اتفاق خواهد افتاد. اگر دوره پرداخـت اصل و بهره اوراق در سـال‌های T_C+1 تا T_S باشـد در این‌صورت دارنـده‌ی اوراق در این مدت اختیار تبدیل اوراق به سـهام را خواهد داشـت. از این‌رو دو نوع نرخ تنزیل (r_R،r_1)، مالیات ($TAX_{R(k,j)}$ ، $TAX_{1(k,j)}$) و جریـان نقدینگـی خالص ($NCA_{R(k,j)}$ ، $NCA_{1(k,j)}$) برای زمان قبـل و بعد تبدیل اوراق (τ_k) بصورت روابط ۱۷ تا ۲۲ ایجاد می‌شود.

$$r_i = L_E.r_e + L_D.\ r_d + L_M.\ r_m \qquad (۱۷)$$

$$r_R = (L_E + L_M).\ r_e + L_D.\ r_d \qquad (۱۸)$$

$$TAX_{1(k,j)} = r_{tax}^{j}\ .\ (EBIT_{(K,j)} - DEP_j - I_j^D - I_j^M) \qquad (۱۹)$$

$$TAX_{R(k,j)} = r_{tax}^{j}\ .\ (EBIT_{(K,j)} - DEP_j - I_j^D) \qquad (۲۰)$$

$$NCA_{1(k,j)} = (EBIT_{(K,j)} - DEP_j - I_j^D - I_j^M - P_j^D - P_j^M) \qquad (۲۱)$$

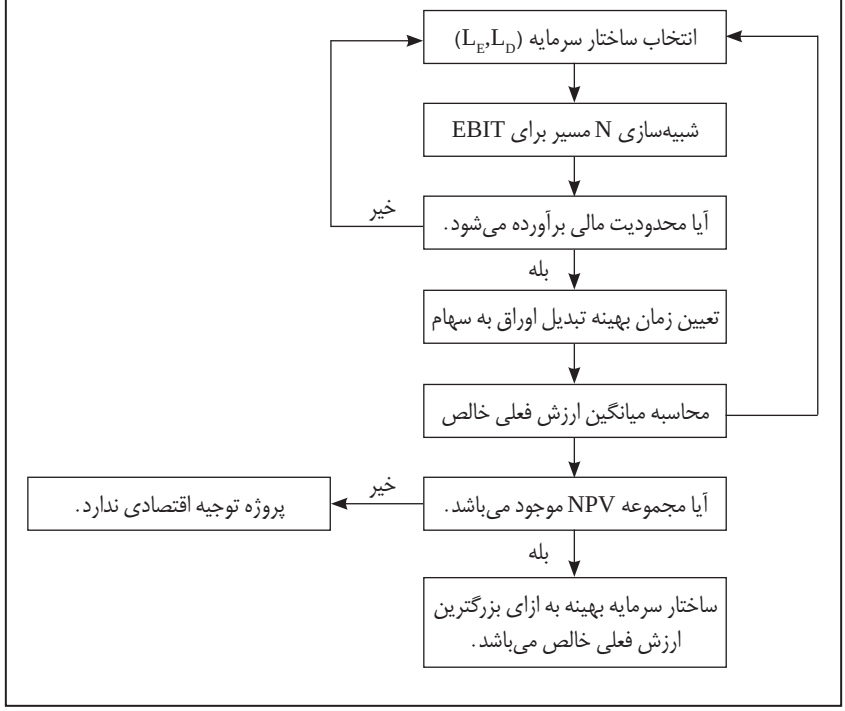
$$NCA_{R(k,j)} = (EBIT_{(K,j)} - DEP_j - I_j^D - P_j^D) \qquad (۲۲)$$

در روابط بالا L_M ، r_m ، P_j^M ، I_j^M ، به ترتیب عبارتند از سطح اوراق قابل تبدیل، نرخ اوراق، مقدار اصل و بهره اوراق. الگوریتم ساختار سرمایه بهینه در شرایط عدم قطعیت بصورت نمایه ۳ تغییر پیدا می‌کند.

۶- تعیین زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام با برنامه‌ریزی پویای احتمالی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو

در زمـان τ_k دارنـده اوراق، تصمیم به عملی کردن اختیار خود می‌کند زمانی که بدهی تصفیه نشـده کمتر از مقدار سـودی خواهد بود که می‌تواند از طریق سـهامدار شدن بدست آورد. اگر K_j نرخ تبدیل اوراق به سهام در سال jام باشد، در اینصورت اگر در زمان τ_k دارنده اوراق تصمیم به عملی کردن اختیار خود نماید، ارزش سهامی که دارنده اوراق می‌تواند داشته باشد از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

نمایه ۳ : الگوریتم سعی و خطا برای ساختار سرمایه بهینه پویا



$$Q_{\tau_k} = \sum_{j=\tau_k}^{T} P_j^T / K_{\tau_k} \qquad (۲۳)$$

طبق رابطه ۲۳ ارزش فعلی خالص که دارنده اوراق بعد از تبدیل شـدن به سهامدار می‌تواند داشته باشد بصورت رابطه ۲۴حاصل می‌شود.

$$S_{\tau k} = \sum_{j=\tau_k}^{T} NCA_{(k,j)} \cdot e^{-r_e \cdot (j-\tau_k)} \cdot \frac{Q_{\tau_k}}{\sum_{i=1}^{T_c} L_E \cdot C_p^i + Q_{\tau_k}} \qquad (۲۴)$$

بنابراین دارنده اوراق برای گرفتن تصمیم نیاز به مقایسـه بهینه بدهی پرداخت نشـده‌اش با مقدار مورد انتظار ارزش فعلی خالص دارد. یعنی:

$$\max \left[\left\{ \sum_{j=\tau_k}^{T} (P_j^M) \right\} . E[S_{\tau_k} | £_{\tau_k}] \right] \qquad (۲۵)$$

در رابطه بالا $£_{\tau_k}$ اطلاعات قابل دسترس در زمان می‌باشد. برای پیداکردن زمان بهینه از روش حداقل مربعات (LSM) که توسـط لانگستف و شوارتز (۲۰۰۱) توسـعه داده شده است استفاده می‌شود. ایده اصلی

روش حداقل مربعات به این صورت است که مقدار $E[S_{\tau_k} | £_{\tau_k}]$ را می‌توان در هر سالی که اختیار انجام می‌شود با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات با اطلاعات بدست آمده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو بدست آورد. در واقع در سال τ_k، $E[S_{\tau_k} | £_{\tau_k}]$ را می‌توان از ترکیب خطی توابع متعامد بهنجار $p_i(EBIT(k, \tau_k))$ مانند توانی، لاگرانژ، هرمیت و چند جمله‌ای‌های لژاندر بدست آورد[۱۴].

$$E[S_{\tau_k} | £_{\tau_k}] = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i p_i(EBIT(k, \tau_k)) \qquad (۲۶)$$

بطوریکه با تعداد متناهی از جملات اساسی می‌توان مقدار مورد انتظار را بصورت زیر تخمین زد.

$$E[S_{\tau_k} | £_{\tau_k}] \approx \sum_{i=0}^{z} \alpha_i p_i(EBIT(k, \tau_k)) \qquad (۲۷)$$

ضرایب α_i از رگرسیون حداقل مربعات S_{τ_k} به روی توابع $p_i(EBIT(k, \tau_k))$ بدست می‌آید.

$$\{\hat{a}_i\} = \left\| \sum_{i=0}^{z} \alpha_i p_i(EBIT(k, \tau_k)) - S_{\tau_k} \right\|^2 \qquad (۲۸)$$

در نهایت زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام با استفاده از روش پسرو در هر مسیر شبیه‌سازی شده بصورت زیر بدست می‌آید.

$$\tau_K^{opt} = \inf\left\{\tau_K:\ E[S_{\tau_k} £_{\tau_k}] > \left\{\sum_{j=\tau_K}^{T} (P_j^M)\right\}\right\} \qquad (۲۹)$$

با تعیین زمان بهینه در هر مسیر ارزش فعلی خالص پروژه در هر مسیر شبیه‌سازی شده از رابطه ۳۰ محاسبه می‌شود.

$$NPV^k(L_E, L_D, L_M) = \sum_{j=T_c+1}^{\tau_k^{opt}-1} \frac{NCA_{l(K,j)}}{(1+r_l)^j} + \sum_{j=\tau_K^{opt}}^{T} \frac{\left(1 - \frac{Q_{\tau_K}}{\sum_{l=1}^{T_c} L_E . C_p^i + Q_{\tau_K}}\right) . NCA_{R(K,j)}}{(1 - r_R)^j} - \sum_{i=1}^{T_c} \frac{E_i}{(1+r_l)^j} \qquad (۳۰)$$

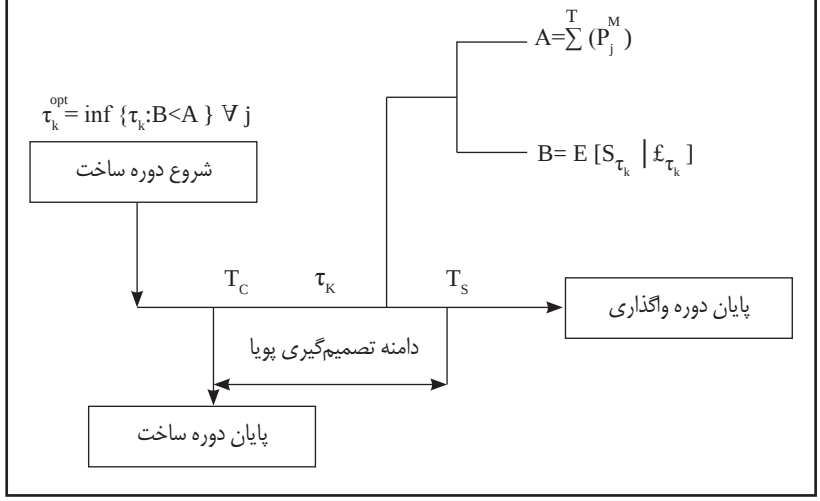
در نهایت میانگین ارزش فعلی خالص و بهینه بصورت روابط ۳۱ و ۳۲ حاصل می‌شود.

$$NPV(L_E, L_D, L_M)=\frac{1}{N}\sum_{(k=1)}^{N} NPV^k (L_E, L_D, L_M) \quad (۳۱)$$

$$NPV^{opt} (L_E^{opt}, L_D^{opt}, L_M^{opt})=max\{NPV(L_E, L_D, L_M)\} \; \forall \; (L_E, L_D, L_M) \quad (۳۲)$$

در نمایه ۴ دامنه تصمیم‌گیری برای تعیین زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام نشان داده شده است.

نمایه۴: دامنه تصمیم‌گیری با برنامه‌ریزی پویا



در نهایت مدل ریاضی برای تعیین ساختار سرمایه بهینه با تأمین مالی آورده، بدهی و اوراق قابل تبدیل به صورت معادلات زیر تغییر پیدا می‌کند.

$$Max \quad z = NPV(L_E, L_D, L_M) \quad (۳۳)$$

st.

$$\frac{\sum_{(k=1)}^{N} 1\{DSCR_{(k,j)} \geq DSCR_{min}\}}{N} \geq P_j^{min} \quad (۳۴)$$

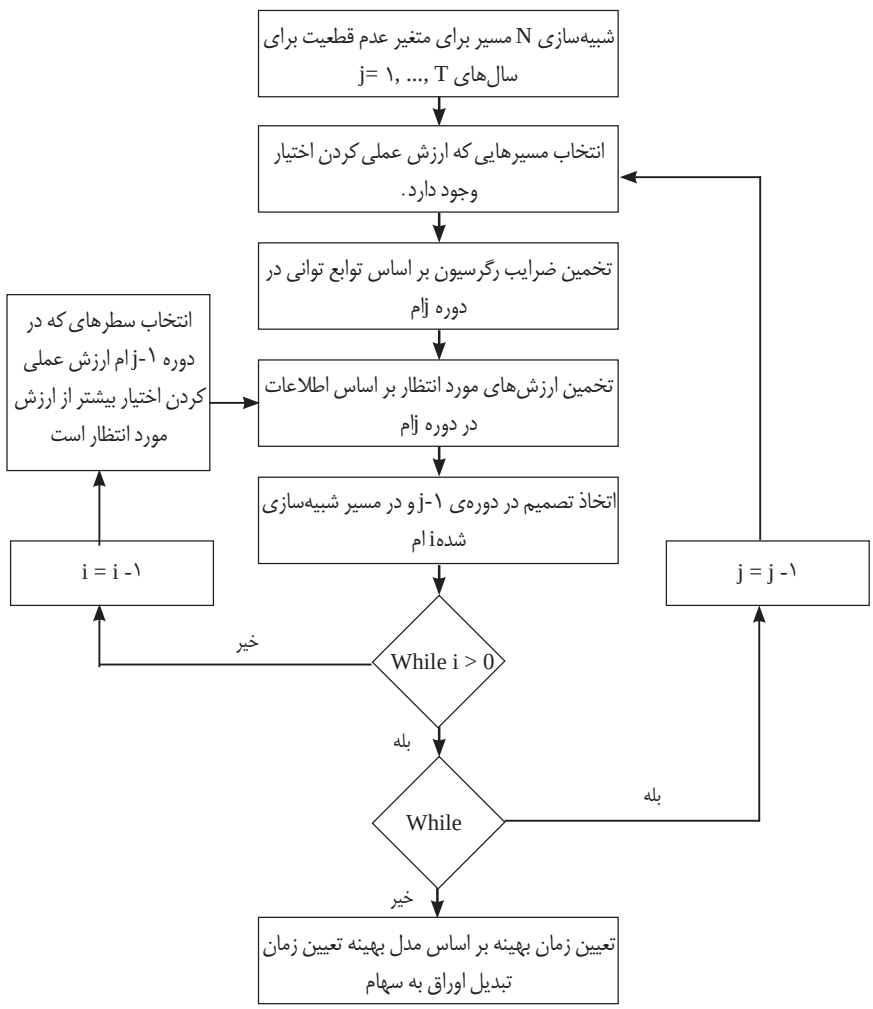
$$L_E^{min} \leq L_E \leq L_E^{max} \quad (۳۵)$$

$$L_D^{min} \leq L_D \leq L_D^{max} \quad (۳۶)$$

$$L_E + L_D + L_M = 1 \quad (۳۷)$$

الگوریتم (LSM) برای تعیین زمان بهینه تبدیل اوراق به سـهام در نمایه ۵ طراحی شـده است. در این روش که بصورت پس‌رو می‌باشد ابتدا تصمیم بهینه در سال آخر از دامنه تصمیم‌گیری با استفاده از مقایسه مقدار مورد انتظار با ارزش اوراق اتخاذ می‌شود، به این ترتیب با توجه به الگوریتم، زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام در دوره‌های قبلی تعیین می‌شود.

نمایه ۵: الگوریتم تعیین زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام بر اساس روش LSM



۷- پیاده‌سازی مدل

مدلی که برای تعیین ساختار سرمایه بهینه در شرایط عدم قطعیت توسعه داده شد، برای یکی از نیروگاه‌های حرارتی که توسط شرکت مپنا اجرا می‌شود پیاده‌سازی شده است. اولین مرحله از مدل، تعیین عدم قطعیت و ویژگیهای آن می‌باشد. در پروژه‌هایی که در ایران توسعه داده می‌شود به علت نبود پروژه‌های مشابه اجرا شده، این پروژه‌ها دارای دو ویژگی اساسی می‌باشند. ۱- عدم داده‌های تاریخی قابل دسترس و ۲- بلند مدت و مشخص بودن دوره واگذاری نیروگاه‌ها که معمولاً ۳ سال دوره ساخت و ۲۰ سال برای دوره بهره‌برداری به بخش خصوصی واگذار می‌شود. رویکرد رایج برای مدل‌سازی عدم قطعیت پروژه‌ها استفاده از مدلهای کلاسیک فرآیند براونی هندسی، بازگشت به میانگین، درخت دوجملهای و در حالت پیچیده‌تر ترکیب حالت‌های قبلی به صورت دو عامل می‌باشد. این مدلها در شرایطی که داده‌های تاریخی قابل دسترس و طول مدل‌سازی عدم قطعیت کوتاه مدت باشد برای مدل‌سازی عدم قطعیت مناسب هستند. این مدل‌ها با توجه به شرایط نیروگاه‌های حرارتی توسعه داده شده برای قراردادهای نسل دوم نمی‌توانند مناسب باشند. مدل دیگری به نام مدل واریانس توسط چیارا (۲۰۰۶) برای پروژه‌های BOT توسعه داده شده است که ویژگیهای این مدل باعث می‌شود در شرایطی که داده‌های قابل اطمینان وجود نداشته باشد بکار برده شود[۱۵]. این مدل دارای ویژگیهای ۱- فرایند مارکوف ۲- افزایش عدم قطعیت با گذشت زمان و ۳- خاصیت یادگیری اطلاعات در طول زمان می‌باشد. در این تحقیق برای مدل‌سازی عدم قطعیت سود قبل از مالیات و بدهی، از مدل واریانس Martingale که معادله عدم قطعیت آن به صورت زیر می‌باشد استفاده شده است. اگر مقدارهای مورد انتظار برای سود قبل از پرداخت اصل و بهره وام ومالیات (EBIT) در دوره بهره‌برداری بصورت بردار زیر باشد.

$$EBIT=[(\overline{EBIT}_{۱}) , (\overline{EBIT}_{۲}) , \ldots, (\overline{EBIT}_{Tp})] \qquad (۳۸)$$

مدل فرآیند تصادفی آن طبق مدل واریانس بصورت زیر می‌باشد.

$$EBIT_{(k,j)} = EBIT_{(k,j-۱)} +(\overline{EBIT}_{J} - \overline{EBIT}_{(J-۱)}) + X_{(k,j)} \qquad (۳۹)$$

$$X_{(k,j)} =g(j).\varepsilon_{(k,j)} =\sigma . \sqrt{\frac{۱}{\sum_{(i=۱)}^{J} \gamma^{(i-۱)}}} .\varepsilon_{(k,j)} \qquad (۴۰)$$

$$EBIT_{(k,۰)} =(\overline{EBIT}_{۰}) = ۰ \qquad (۴۱)$$

$$\varepsilon_{(k,j)} \sim N(۰,۱) \qquad (۴۲)$$

کـه در رابطـه (۴۰) $\gamma\epsilon[0\ 1]$ ضریب کاهش واریانس و σ انحراف معیار در سـال اول دوره بهره‌برداری برای عدم قطعیت می‌باشـد. ساختار سرمایه بهینه در سه سناریو خوشبینانه، واقع‌بینانه و بدبینانه با استفاده از اطلاعات جدول ۱ پیاده‌سازی شده است.

جدول ۱: اطلاعات ضریب پراکندگی و ضریب کاهش واریانس EBIT برای پروژه نیروگاهی

سناریو	ضریب پراکندگی $(\frac{\mu}{\sigma})$	ضریب کاهش واریانس
خوشبینانه	۲٪	۶۰٪
واقع‌بینانه	۵٪	۴۰٪
بدبینانه	۷٪	۲۰٪

کمترین و بیشترین مقدار سطح آورده برای پروژه برابر ٪۲۰ و ٪۷۰، برای سطح وام ٪۳۰ و ٪۸۰ هستند. سایر اطلاعات برای پروژه بصورت جدول ۲ می‌باشند.

جدول ۲: پارامترهای پروژه

۱۵٪	هزینه سرمایه سهامداران
۸٪	هزینه بدهی
۹٪	هزینه اوراق
۳ سال	دوره ساخت
(۲۰ درصد سال سوم، ۵۰ درصد سال دوم، ۳۰ درصد سال اول)	درصد هزینه‌های ساخت
۲۰ سال	دوره بهره‌برداری
۱/۲ برای هر سال	کمترین مقدار برای نرخ پوشش خدمات بدهی
۹۵٪ برای هر سال از دوره بازپرداخت	کمترین مقدار احتمال برای نرخ پوشش خدمات بدهی
۲۵٪	نرخ مالیات

ساختار سرمایه بهینه در دو حالت قطعی و پویا برای ترکیب منابع مالی آورده، بدهی و اوراق قابل تبدیل اجرا شده است نتایج اجرای مدل بصورت زیر هستند.

جدول۳: ساختار سرمایه بهینه بدون اوراق قابل تبدیل

سناریو	ساختار سرمایه بهینه (L_E , L_D)	ارزش فعلی خالص (۱۰۰۰ یورو)	هزینه موزون سرمایه
خوشبینانه	(۶۶٪ و ۳۴٪)	۵۳۴۳۳	۱۰ /۳۸٪
واقع‌بینانه	(۵۷٪ و ۴۳٪)	۳۴۵۴۸	۱۱ /۰۱٪
بدبینانه	(۴۹٪ و ۵۱٪)	۱۵۷۸۷	۱۱ /۵۷٪

جدول ۴: ساختار سرمایه بهینه به ازای K=۱/۵

سناریو	ساختار سرمایه بهینه (L_E , L_D, L_M)	ارزش فعلی خالص (۱۰۰۰ یورو)	هزینه موزون سرمایه
خوشبینانه	(۳۴٪ ،۶۶٪ ، ۰٪)	۵۳۴۳۳	۱۰ /۳۸٪
واقع‌بینانه	(۴۳٪ ،۵۷٪۷ ، ۰٪)	۳۴۵۴۸	۱۱ /۰۱٪
بدبینانه	(۵۱٪ ،۴۹٪ ، ۰٪)	۱۵۷۸۷	۱۱ /۵۷٪

جدول۵: ساختار سرمایه بهینه با ازای K=۲/۵

سناریو	ساختار سرمایه بهینه (L_E , L_D, L_M)	ارزش فعلی خالص (۱۰۰۰ یورو)	هزینه موزون سرمایه
خوشبینانه	(۲۹٪ ،۶۶٪ ،۵٪)	۵۹۷۸۰	۱۰/۰۸٪
واقع‌بینانه	(۳۳٪ ،۵۷٪ ، ۱۰٪)	۴۹۲۲۱	۱۰/۴۱٪
بدبینانه	(۳۵٪ ،۴۹٪ ،۶۱٪)	۴۰۱۳۹	۱۰/۶۱٪

همچنین مدل به ازای هزینه اوراق ۸/۵٪ و نرخ تبدیل k=۲/۵ پیاده‌سازی شده است نتایج آن برای سه سناریو مورد نظر به صورت جدول ۶ می‌باشد.

جدول ۶: ساختار سرمایه بهینه با ازای k=۲/۵ و هزینه اوراق ۸/۵٪

سناریو	ساختار سرمایه بهینه (L_E , L_D, L_M)	ارزش فعلی خالص (۱۰۰۰ یورو)	هزینه موزون سرمایه
خوشبینانه	(۲۶٪ ،۵۱٪ ،۲۳٪)	۶۴۰۲۳	۹ /۹۴٪
واقع بینانه	(۲۷٪ ،۳۰٪ ،۴۳٪)	۵۶۵۸۶	۱۰/۱۱٪
بدبینانه	(۳۲٪ ،۳۰٪ ،۳۸٪)	۴۳۵۳۴	۱۰/۴۳٪

نتایج اجرای مدل نشـان می‌دهد که نرخ تبدیل و هزینه اوراق نقش اساسـی در استفاده از اوراق قابل تبدیل برای سهامداران پروژه دارد بطوریکه به ازای نرخ تبدیل ۱/۵ ترکیب بهینه تأمین مالی پروژه در سه سناریو مورد نظر بصورت سـطح آورده و سـطح بدهی می‌باشد. و در این شرایط سطح مورد استفاده از اوراق قابل تبدیل برابر صفر است. همچنین با کاهش هزینه اوراق، میزان سطح اوراق در ترکیب بهینه تأمین مالی افزایش می‌یابد.

از طرفی به ازای نرخ تبدیل ۲/۵ نتیجه برعکس حالت قبلی می‌باشـد و سـاختار سرمایه بهینه با ترکیب سـطح آورده، سـطح بدهی و سطح اوراق قابل تبدیل ایجاد می‌شود. در چنین شرایطی سهامداران پروژه با بهره‌گیری از اوراق قابل تبدیل می‌توانند ارزش پروژه را افزایش دهند.

استفاده از اوراق قابل تبدیل در هر شرایطی مناسب نمی‌باشد و سهامداران پروژه باید ابتدا کمترین مقدار نرخ تبدیل که می‌توانند برای این نوع تأمین مالی را داشته باشند بصورت دقیقی ارزیابی کنند. بهره‌گیری از اوراق قابل تبدیل در تأمین مالی پروژه به ازای مقادیر بیشتر از مقدار بحرانی برای نرخ تبدیل، ارزش فعلی خالص پروژه را افزایش می‌دهد و بر عکس مقدار کمتر از آن ارزش فعلی خالص پروژه را کاهش خواهد داد.

۸- نتیجه‌گیری

در ایـن مقاله سـاختار سـرمایه بهینه برای دو حالت قطعی (بـدون اوراق قابل تبدیل) و پویـا (با اوراق قابل تبدیل) برای پروژه‌های سـاخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT) با اسـتفاده از برنامه‌ریزی پویای احتمالی و شبیه‌سـازی مونت‌کارلو حداقل مربعات بررسی شده است. نتایج اجرای مدل در یکی ازنیروگاه‌های حرارتی که توسـط شـرکت مپنا توسعه داده شده اسـت نشـان می‌دهد که اوراق قابل تبدیل با توجه به نرخ تبدیل و هزینه اوراق موجب افزایش یا کاهش ارزش فعلی خالص پروژه می‌شـود، همچنین میانگین موزون هزینه سـرمایه با بهره‌گیری از این شـیوه تأمین مالی کاهش می‌یابد. از طرفی بـا بکارگیری این نوع روش تأمین مالی سرمایه بیشتری به علت ریسک کمتر سرمایه میانه و داشتن اختیار برای استفاده از سود پروژه با تبدیل اوراق به سـهام، برای توسـعه پروژه‌ها جذب می‌شـود و در این‌صورت چالشـهای تأمین مالی پروژه نسـبتاً کاهش می‌یابد. در تحقیقات آتی ارائه روشـهای دقیق و روشـهای فرا ابتکاری برای پیدا کردن زمان بهینه تبدیل اوراق به سهام می‌تواند به عنوان یک موضوع اساسی باشد. یکی دیگر از اختیارات که در شیوه نوین تأمین مالی وجود دارد اختیار بازخرید اوراق می‌باشـد، توسـعه مدلی برای سـاختار سـرمایه بهینه با در نظر گرفتن اختیار تبدیل اوراق به سـهام و اختیار بازخرید اوراق می‌تواند به عنوان یک موضوع تحقیقاتی مطرح باشد. که می‌تواند انعطاف مالی قرارداها را بیشتر نماید و جلب و مشارکت بخش خصوصی را افزایش دهد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از گروه مپنا به دلایل حمایتهای مالی و فنی از این تحقیق بر اساس قرارداد پژوهشی RD-THM-90-25 قدردانی می‌کنند.

منابع

۱- اعتماد، اعظم. ساغری، حسین. ارمگان، مریم. (۱۳۹۰). بررسی ساختار و فرآیند الگوهای تأمین مالی از طریق Mezzanine Finance. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس توسعه نظام تأمین مالی در ایران.

2- Shah, S., and Thakor, V. T. (1987). "Optimal Capital Structure and Project Financing." Journal of Economic Theory, 42, 209-243.

3- Dias, A., and Loannou, G. P. (1995). "Optimal Capital Structure for Privately-FinancedInfrastructure Projects."UMCEE Report, 95-10, Civil and EnvironmentalEngineering Department University of Michigan.

4- Finnerty, D. F. (2007). Project Financing: Asset-Based Financial Engineering, JohnWiley & Sons, Hoboken, NJ.

5- Chang, L.M., and Chen, P. H.;" BOT financial model: Taiwan high speed rail case." Journal of Construction Engineering and Management,Vol. 127, 2001.

6- Ho, S. P., and Liu, L. Y.; " An option pricing –based model for evaluating the financial viability of privatized infrastructure projects." Construction Management and Economics,Vol. 20, 2002.

7- Bakatjan, S., Arikan, M., and Tiong, R. L. K.; " Optimal capital structure model for BOT power projects in Turkey." Journal of Construction Engineering and Management,Vol. 129, 2003.

8- Zhang, X.; " Financial viability analysis and capital structure optimization in privatized public infrastructure projects." Journal of Construction Engineering and Management,Vol. 131, 2005.

9- Islam, M. M. Mohamed, S.;" Bid- winning potential optimization for concession schemes with imprecise investment parameters." Journal of Construction Engineering and Management,Vol. 135,2009.

10- Yun, S., Han, S.H., Kim, H., Ock, J.H.; " Capital structure optimization for build-operate-transfer projects using a stochastic and multi-objectiva approach." Journal of civil engineering,Vol. 36,2009.

11- Iyer, k.c., Mohammed, s.; "optimization of bid winning potential and capital structure for build-operate-transfer road projects in india." Journal of Management in Engineering,Vol. 23,2011.

12- Gatti, S., Rigamonti, A., Saita, F., and Senati, M.; "Measuring Value-at-Risk in Project Finance Transactions." European Financial Management,Vol. 13, 2007.

13- Cory Silbernagel, P.Eng. Davis Vaitkunas, (2010).Mezzanine Finance.Retrieved from website: www.bondcapital.ca.

14- F. Longstaff, E. Schwartz.;"Valuingamerican options by simulation: A simple least-squares approach." The Review of Financial Studies,Vol. 14,2001.

15- Chiara, N.; "Real Options Methods for Improving Economic Risk Management in Infrastructure Project Finance." Ph.D. thesis, Columbia University.2006.