Archive of SID

مجله مهندسی مالی و مدیریت پرتفوی
شماره دوم تابستان ۱۳۸۹

مدیریت بهینه ریسک و برآورد مالی سیستم های اقتصادی صنعتی و معدنی با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو

حسین بدیعی[۱]
مهیار یوسفی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۲/۲۰

چکیده

در فرآیند تحلیل و برآورد مالی سیستم های اقتصادی صنعتی و معدنی عوامل متعددی از نوع غیر قطعی یعنی پارامترهایی که قطعیت آنها در آینده مشخص نبوده و تغییر خواهند کرد (از جمله میزان تقاضا و قیمت فروش و ...) دخالت دارند. بنابراین فرآیند مالی این طرح ها دارای پارامترهایی با وضعیت عدم قطعیت بوده و برآورد مالی این پروژه ها همیشه دارای ریسک مخصوص به خود می باشد. بنابراین باید پیش بینی دقیقتری در مورد آنها صورت گیرد تا نتیجه به واقعیت نزدیکتر باشد. در چنین حالاتی برای دسترسی به نتایج قابل قبول و واقعبینانه تر، بررسی و برآورد مالی باید در شرایط ریسک صورت گیرد. یکی از روش های بررسی در شرایط ریسک و عدم قطعیت، استفاده از مدل های شبیه سازی است. روش مونت کارلو یکی از روش های شبیه سازی در حالت عدم قطعیت می باشد که در آن تعدادی از متغیرهای مربوط به آینده به صورت پارامترهای دارای توزیع تصادفی در نظر گرفته می شوند. روش مونت کارلو با در نظر گرفتن پویایی سیستم به پیش بینی تغییرات آینده آن پرداخته و این تغییرات را شبیه سازی می کند. در این روش، پیش بینی آینده هر متغیر تصادفی از طریق در نظر گرفتن یک تابع توزیع احتمالی ارزیابی می شود. هدف از مقاله حاضر تشریح روش شبیه سازی مونت کارلو و کاربرد آن در مدیریت و ارزیابی پروژه های صنعتی و معدنی و پیش بینی شرایط اقتصادی احتمالی در

۱- مربی - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار (نویسنده مسئول و طرف مکاتبه)
Badieihossein@yahoo.com
۲- دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود M.Yousefi.Eng@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

آینده با استفاده از تولید اعداد تصادفی با توجه به تابع توزیع متغیرهای غیر قطعی می باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته در بررسی و توجیه اقتصادی هر پروژه باید ابتدا متغیرهای غیر قطعی شناسایی شده و توابع توزیع مربوطه به منظور پیش بینی این پارامترها مشخص گردد. در مرحله بعد باید با جاگذاری توابع توزیع در جدول برآورد مالی با استفاده از تولید اعداد تصادفی، تغییرپذیری خروجی سیستم شبیه‌سازی گردد تا با اطمینان بسیار زیادی بتوان وضعیت پروژه را در سال های آتی پیش بینی و برنامه ریزی های لازم را انجام داد و همچنین در مورد میزان ریسک سرمایه‌گذاری به طور کمی اظهار نظر نمود.

واژه‌های کلیدی: ریسک، سیستم‌های اقتصادی، شبیه سازی مونت کارلو، اعداد تصادفی، عدم قطعیت.

۱- مقدمه

در بررسی فنی و اقتصادی و مدیریت پروژه های صنعتی و معدنی در مواجه با محدودیت های زمان و منابع و با توجه به تغییر شرایط محیط در زمان های مختلف، باید بهینه ترین تصمیم اتخاذ شود. این تصمیم ممکن است تحت شرایط معین و معلوم و یا تحت شرایط احتمالی و غیر قطعی گرفته شود که در هر مورد روش هایی برای تجزیه و تحلیل و اخذ تصمیم وجود دارد. در بررسی فنی و اقتصادی پروژه های صنعتی و معدنی با استفاده از تکنیک های اقتصاد مهندسی تمام هزینه های لازم جهت سرمایه گذاری و درآمد ناشی از آن و همچنین میزان سود حاصله پیش بینی و برآورد می شود. یکی از تصمیم هایی که یک مدیر باید اتخاذ کند، تصمیم گیری در مورد سرمایه گذاری بر روی پروژه ها و یا توسعه یک سیستم است. اینکه سرمایه گذاری در کدام پروژه ریسک کمتری را در بر خواهد داشت. یکی از چالش های مدیریت است. اینکه کدام پروژه، در آینده برگشت سرمایه را با بهره بیشتر و در زمان کوتاهتر خواهد داشت از مواردی است که نیاز به تخصص و محاسبه و همچنین تجربه دارد. از آنجا که در بررسی فنی و اقتصادی، پارامترهای مربوط به آینده نیز دخالت دارند، بنابراین باید این متغیرها مورد پیش بینی قرار گیرند تا تغییرات آینده پارامترهای غیر قطعی نیز مورد توجه قرار گرفته و در محاسبات

www.SID.ir

Archive of SID

منظور گردد. یکی از روش های مدل سازی تغییرات آینده یک سیستم اقتصادی، استفاده از روش شبیه سازی و تولید اعداد تصادفی برای پارامترهای دارای عدم قطعیت می باشد. اغلب سیستم های اقتصادی به حدی پیچیده هستند که نمی توان آنها را در غالب مجموعه ای از روابط ریاضی بیان نمود. در چنین حالت هایی از شبیه سازی استفاده می شود. شبیه سازی بررسی واکنش های پیچیده یک سیستم اقتصادی را در برابر تغییرات محیط امکان پذیر می‌سازد. طراحی یک مدل شبیه سازی شده از یک سیستم اقتصادی، عموما پیشنهاداتی را جهت تغییر و بهبود سیستم فراهم می آورد. تاثیر این تغییرات می تواند از طریق بکارگیری شبیه سازی، قبل از اجرای آنها روی سیستم واقعی مورد آزمایش قرار گیرد. شبیه سازی می تواند به عنوان یک آزمون اولیه، قبل از اینکه ریسک اجرای سیستم واقعی انجام شود، مورد استفاده قرار گرفته تا سیاست ها و نقش تصمیم گیری ها در آینده یک سیستم عملیاتی بررسی شود. در واقع شبیه سازی این امکان را فراهم می آورد که یک سیستم دینامیک را در زمان واقعی مطالعه نمود. هدف از مقاله حاضر تشریح شبیه سازی مونت کارلو، نحوه تولید اعداد تصادفی و کاربرد آن در مدیریت ریسک و پیش بینی آینده سیستم های اقتصادی به منظور تحلیل ریسک می باشد. بنابراین در مقاله حاضر ابتدا به شرح ریسک و عدم قطعیت پرداخته شده و سپس شبیه سازی مونت کارلو تشریح شده است تا با بررسی پارامترهای فرآیند مالی یک سیستم اقتصادی و شناسایی متغیرهای غیر قطعی بتوان در مرحله بعد به منظور پیش بینی رفتار آینده این پارامترهای دارای عدم قطعیت از طریق به دست آوردن توابع توزیع احتمالی عمل نمود. پس از این مرحله توابع توزیع به دست آمده در سلول مربوط به خود در جدول فرآیند مالی جاگذاری شده و در نهایت با استفاده از تولید اعداد تصادفی و نمونه گیری از توابع مربوطه با تعداد تکرار مشخص، تغییرپذیری خروجی سیستم شبیه سازی (به عنوان مثال ارزش خالص فعلی سرمایه گذاری)، بر اساس تغییرات پارامترهای غیر قطعی ورودی، بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. بنابراین در مدیریت سیستم های اقتصادی، ریسک در واقع احتمال برخورد یا وقوع یک رخداد غیر قطعی تعریف می گردد و باید تاثیر تمام رویدادها بر خروجی بررسی شود. تصمیم گیری در شرایط ریسک این اجازه را به افراد می دهد تا غیر

www.SID.ir

Archive of SID

قطعیت را در دو وضعیت کمی و کیفی بسنجند. بنابراین مدیریت ریسک روی درک و کنترل ۴ پارامتر غیر قطعی به صورت شکل ۱ متمرکز خواهد بود.

۲- مبانی نظری

۲-۱- اعداد تصادفی و نمونه گیری از توابع توزیع

در مدل های محاسباتی بسیاری از سیستم های اقتصادی صنعتی و معدنی، تعداد زیادی پارامتر حضور دارند که ممکن است مقادیر بعضی از آنها معلوم و مقدار بعضی دیگر که عموما مربوط به آینده هستند نامعلوم و ناشناخته باشد. در اکثر مواقع این پارامترهای نامعلوم، به منظور توجیه اقتصادی سیستم مورد نظر در آینده، نیاز به پیش بینی دارند. پارامترهای موجود در مدلها، متغیر نام داشته و عناصری هستند که ممکن است به صورت ترکیبات مختلف در ساخت و تحلیل مدل ها وارد شوند. به عنوان مثال، اگر هدف مدل سازی یک وضعیت مالی باشد، متغیرها ممکن است چیزی مثل میزان فروش، هزینه، درآمد یا سود باشند. ممکن است مقادیر متغیرهای مدل شناخته شده باشند. این متغیرها را متغیرهای معلوم یا به اصطلاح آماری، مشخص شده گویند. همچنین امکان دارد مقادیر متغیرها شناخته نشده باشد یعنی دارای تغییر بوده و مقدار آنها قطعی نیست، این متغیرها، نامعلوم یا احتمالی هستند. اگر متغیرها نامعلوم باشند، باید طبیعت مقادیر نامعلوم مدل تشریح شود. این کار را می توان با توابع توزیع انجام داد. این توابع، مجموعه ای از مقادیر را که متغیرها می توانند در آن محدوده قرار گیرند، در اختیار قرار می دهند. توابع توزیع می توانند به عنوان فرمول هایی تلقی شوند که مقدار متغیر را می توان به کمک آنها پیش بینی نمود. بسیاری از اشکال و انواع توابع توزیع وجود دارند که هر کدام محدوده ای از مقادیر ممکن و رخدادهای احتمالی را تشریح می کنند. همه انواع توابع از مجموعه ای از پارامترها برای مشخص کردن محدوده مقادیر مشاهده شده داده ها و توزیع آنها استفاده می کنند. بنابراین تشریح ریسک با استفاده از توابع توزیع، ممکن بوده و تشریح رفتار مقادیر نامعلوم قابل پیش بینی است. از آنجایی که اطلاعات گذشته معمولا تصویر خوبی از چیزی که در آینده انتظار می رود را به وجود می آورند، در به دست آوردن تابع توزیع یک متغیر نامعلوم عموما از تغییرات آن در گذشته و حال برای پیش بینی آینده استفاده می شود. در

www.SID.ir

Archive of SID

این حالت بعد از مشخص شدن تابع توزیع یک متغیر، اگر از طریق نمونه گیـری تـصادفی از این تابع توزیع، یک مقدار انتخاب گردد در واقع یک مقدار تصادفی تولید شـده اسـت. روش جستجوی تصادفی، یکی از روشهایی است که به وسیله انتخاب نمونه های تصادفی از فضای جستجو، تغییرات احتمالی پارامترهای نامعلوم را پیش بینی می کند. با جاگـذاری مقادیر تصادفی در مدل و ارزیابی آن، تغییرات خروجـی سیـستم قابـل پـیش بینـی اسـت. بنابراین تابع توزیع، مجموعه ای از احتمالات ممکن از یک رخداد غیـر قطعـی اسـت کـه برای بررسی تغییرات پارامترهای غیر قطعی و پیش بینی رفتار این پارامترها در مدل سازی و شبیه سازی سیستم های دارای عدم قطعیت به کارگرفته می شود و در واقع برای افزودن مقادیر غیرقطعی به صورت انواع توزیع های احتمالی به مدل ها استفاده می گردد. هر تابع توزیع، خصوصیات آماری و احتمالی را که مستقیما وابسته به پارامترهای تابع است، اندازه گیری می کند. مسائلی شبیه فوق ممکن است در موارد مختلفی در سیستم هـای اقتـصادی پیش آید. به عنوان مثال، ممکن است داده هایی از گذشته مربوط به قیمت یک ماده تجاری در دسترس باشد و هدف تخمین مقدار قیمت در آینده با توجه به ایـن داده هـای گذشـته باشد. در چنین مواردی می توان از توابع توزیع استفاده کرد. پس در واقـع نحـوه تغییـرات یک متغیر (مجموعه ای از داده ها) به کمک تابع توزیع قابل تـشریح اسـت. در پـردازش داده های مشاهده ای و تجربی، بررسی پارامترهای آماری متغیرها جهت شـناخت ماهیـت توزیع آنها ضروری است. از آنجا که با رسم نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی، می توان به برخی از این پارامترهای آماری دست یافت، بـرای متغیـر مـورد بررسـی در ابتـدا نمـودار هیستوگرام رسم می شود. هیستوگرام در واقع فراوانی (تعداد) هر یـک از مقـادیر مـشاهده شده را نسبت به خود مقادیر نشان می دهد. هر تابع توزیع ممکـن اسـت و مـی توانـد بـه صورت یک تابع تجمعی بیان گردد. منحنی تجمعی، مقیاسی بین ۰ و ۱ بر روی محـور Y دارد و هر مقدار روی محور Y، احتمال (تجمعی) وقوع رویدادی (مقداری) را نـشان مـی دهد که نظیر آن روی محور X است. در شکل ۲ یک نمونه از تابع توزیـع تجمعـی نـشان داده شده است. در منحنی تجمعی شکل ۲ در محور Y مقدار تجمعی ۰,۵ در واقـع همـان احتمال تجمعی ۵۰ درصد است. مقدار نظیر ۰,۵ در روی محور X معادل X۱ است و این یعنی پنجاه درصد از مقادیر در توزیع، پایین تر از مقـدار X۱ هـستند و ۵۰ درصـد دیگـر

www.SID.ir

Archive of SID

بالاتر از X۱ قرار دارند. مقدار صفر، کمترین مقدار منحنی تجمعی است و ۱ بالاترین مقدار در این منحنی می باشد (۱۰۰ درصد مقادیر پایین تر از این مقدار هستند). انتخاب یک مقدار با استفاده از توابع توزیع، نمونه برداری نام دارد. این مقدار انتخاب شده در واقع یک مقدار پیش بینی شده برای متغیر دارای عدم قطعیت است که می تواند در آینده اتفاق بیافتد. برای اینکه در مقدار پیش بینی شده هیچ گونه جهت گیری وجود نداشته باشد، انتخاب نمونه باید به طور تصادفی صورت گیرد. روش نمونه گیری تصادفی این است که ابتدا باید هیستوگرام فراوانی مقادیر داده ها رسم شود سپس با توجه به آن، منحنی فراوانی تجمعی داده ها تهیه گردد. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده بر روی محور عمودی توزیع تجمعی تغییراتی بین ۰ و ۱ وجود دارد که از آن برای نمونه گیری تصادفی استفاده می شود. در این حالت یک عدد به طور تصادفی بین ۰ و ۱ تولید شده که بر روی محور عمودی قرار می گیرد. در مرحله بعد با حرکت افقی و وصل این مقدار به منحنی و سپس با حرکت عمودی و برخورد با محور افقی مقدار نظیر عدد تولید شده در محور عمودی بر روی محور افقی، به دست می آید که آن را به عنوان نمونه تصادفی می توان در نظر گرفت. اگر این عمل چندین بار تکرار شود در واقع مقدار تغییرات احتمالی متغیر نامعلوم در آینده چندین بار مورد پیش بینی قرار گرفته است.

۲-۲- شبیه سازی

شبیه سازی یک تکنیک عددی برای ارزیابی آینده است که شامل نوع خاصی از مدل های ریاضی و منطقی می باشد که رفتارهای یک سیستم اقتصادی یا تجاری را در طول مدت زمان مشخصی تشریح می کند. دلیل اصلی استفاده از شبیه سازی، نیاز تصمیم گیرندگان به داشتن علم در مورد آینده نامعلوم است. شبیه سازی ایجاد مدلی با استفاده از رابطه های ریاضی و منطقی از یک سیستم واقعی است که گذشت زمان و تغییرات پارامترهای سیستم مربوطه را در نظر گرفته و به بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه گیری هایی در مورد اجزای سیستم واقعی می پردازد. در این حالت با گذشت زمان و تغییر پارامترها، رفتار سیستم به کمک مدل شبیه سازی شده از آن بررسی می شود. چنین فرآیندهایی به عنوان مثال شامل، تاثیر میزان مالیات در نظر گرفته شده بر روی اقتصاد و یا

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر تبلیغات بر روی میزان فروش است. شبیه سازی در واقع عبارت است از تجزیه و تحلیل کمی بر اساس یک مدل ریاضی، که در نهایت منجر به تصمیم گیری می شود. در شبیه سازی می توان چند متغیر را هم زمان تغییر داد و نیز می توان برای هر متغیر یک تابع توزیع یا دامنه ای از تغییرات تعریف کرد و ارتباط بین متغیرها را مشخص نمود. در واقع شبیه سازی روشی پویا محسوب می شود. هدف از شبیه سازی مدل، ارزیابی یک تابع هدف به ازای مقادیر مختلف متغیرهای ورودی است. در شبیه سازی، هدف، ارزیابی خروجی مدل به صورت یک دامنه از اعداد است که خود می توانند به صورت یک تابع توزیع باشد. دلایل استفاده از شبیه سازی را می توان به صورت زیر عنوان کرد. ۱) مدلهای ریاضی پیچیده هستند و حل آنها در بسیاری از مواقع غیر ممکن است مگر اینکه با فرضیات حل شوند. این مدل به راحتی نمی توانند حالت های احتمالی را حل کنند. ۲) وقتی که مدل دارای پارامتر تصادفی باشد حل آن پیچیده است. ۳) وجود نرم افزارهای قوی و کامپیوترها باعث عمومیت و راحتی شبیه سازی شده است. ۴) مدل های ریاضی معمولا" سیستم را به حالت پایدار در نظر می گیرند یعنی به روش ریاضی نمی توان حالت گذرا را حل کرد در صورتی که شبیه سازی هر دو حالت را حل می کند. به طور کلی شبیه سازی را می توان برای تعریف و تفسیر سیستم، آنالیز آن به منظور تعیین پارامترهای بحرانی، برای ارزیابی حالت های مختلف سیستم و نیز به عنوان تخمین گر جهت تخمین مسائلی که در طرح ریزی و توسعه آینده سیستم دخالت دارند با حداقل خطای ممکن استفاده نمود. فرض تابع هدف K خود تابعی از متغیرهای x,y,z باشد $k=f(x,y,z)$ که در آن هر یک از متغیرها ی x,y,z ماهیت تصادفی دارند یعنی نمی توان به آنها یک عدد ثابت نسبت داد تا با جاگذاری در تابع f مقدار k به دست آید. به عنوان مثال فرض، برآورد زمان سفر از شهری به شهر دیگر به عنوان هدف مطرح است. برای این منظور نیاز به تعیین مسافت بوده که می توان این اطلاعات را از روی نقشه های موجود و سایر مراجع پیدا نمود. در صورت داشتن متوسط سرعت حرکت، می توان از رابطه بسیار ساده (۱) استفاده نمود.

$$T = \frac{x}{v} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن T زمان، x فاصله و v سرعت می باشد. این مدل مفید می باشد اما توجه شود که این مدل یک واقعیت ساده شده است چرا که خیلی از پارامترهائی که می توانند در زمان سفر تاثیر بگذارند در نظر گرفته نشده اند. در این مدل تاخیرهایی نظیر خرابی راه، وضعیت هوا، توقف برای سوخت گیری و یا استراحت که ممکن است سفر را طولانی تر کنند در نظر گرفته نشده اند. اگر زمان برای رسیدن به مقصد کافی باشد، همین مدل کفایت می کند ولی اگر زمان مهم است، نیاز به ساخت مدلی با جزئیات و پیچیدگی بیشتر می باشد. به عنوان مثال می توان عواملی که باعث توقف در بین راه می شوند را نیز در مدل دخالت داد. بنابراین مدل می تواند به صورت را بطه (۲) اصلاح شود.

$$T = \frac{x}{v} + (R \times N) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن R همان زمان در هر توقف و N تعداد دفعات توقف است. کاملا" ملموس است که هر چه پارامترهای موثر بیشتر شود، مدل تکمیل تر خواهد بود اما این پارامترها باید تخمین زده شوند و همواره باید در نظر گرفت که مدل ها واقعیت را ساده نموده و هر چقدر جزئیات به مقدار کافی در نظر گرفته شود و اطلاعات جمع آوری شده نیز کاملتر باشد نتایج دقیق تر و قابل اعتمادتری از آنالیز مدل به دست خواهد آمد. در مثال ذکر شده در بالا مسافت میان دو شهر قابل تغییر نیست ولی عواملی نظیر سرعت، تعداد دفعات توقف و همینطور زمان توقف در کنترل هستند. بنابراین این پارامترها متغیرهای تصمیم گیری می باشند. باید توجه داشت که این متغیرها نیز دارای محدودیت هستند. به عنوان مثال نمی توان با سرعت بیش از حد مجاز حرکت نمود و یا اصلا" برای سوخت گیری توقف نکرد و یا زمان پر کردن باک بنزین را تغییر داد. توجه به این محدودیت ها و دخالت دادن آنها در مدل از ملزومات ساخت یک مدل واقع بینانه است. به این چنین مدل های نمادین که در آنها متغیرهای تصمیم گیری دخالت دارند، مدلهای تصمیم گیری می گویند. در مسئله مربوط به سفر بین دو شهر در رابطه (۲) زمان تابعی از مسافت، سرعت، تعداد دفعات توقف و زمان های توقف می باشد و از این پارامترها فقط مسافت ثابت است. سرعت ممکن است به عواملی نظیر زمان های توقف برای بنزین، خرابی ماشین ،خرابی راه، آب و هوا و... بستگی داشته باشد. بنابراین نمی توان همیشه یک سرعت ثابت در نظر گرفت. مسئله ای که وجود دارد این است که زمان های توقف همیشه ثابت نیستند،

www.SID.ir

Archive of SID

مثلا" برای سوخت گیری بطور معمول ممکن است بتوان در دفعات مختلف اعـداد ۵، ۱۰، ۹، ۷، ۶، ۷، ۵، ۸، ۱۱ و ... دقیقه را در نظر گرفت. این مسئله برای توقف های دیگر نیز بـه همین صورت می باشد و همیشه یک عدد ثابت نیست. ایـن چنـین سیـستم هـایی را کـه دارای عدم قطعیت هستند می توان به کمک شبیه سازی تحلیل کرد. اگر زمان توقف برابـر مجموع زمانهای توقف برای سوخت گیری، صـرف غـذا، خرابـی راه، آب و هـوا و ... بـه صورت رابطه(۳) در نظر گرفته شود.

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + \ldots \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در این صورت $t_1, t_2, t_3, \ldots$ اعداد ثابت نیستند بلکه ممکن است اعـداد حقیقـی بـه خود اختصاص دهند. در چنین مواردی می توان برای هریک از ایـن زمـان هـا یـک تـابع توزیع تعریف نمود. سپس به منظور محاسبه T، از هریک از این توابع توزیـع بـه صـورت تصادفی نمونه گیری کرده و پس از به دست آوردن مقادیر $t_1, t_2, t_3, \ldots$ با جایگذاری این اعداد در رابطه (۳) مقدار T را به دست آورد. با تکرار این محاسـبات در دفعـات مختلـف ممکن است برای T مقادیر مختلفی به دست آید که می توان این مقادیر را نیز به صـورت یک تابع توزیع نشان داد و با توجه به آن تغییرات T را بررسی کرد. چنین عملیاتی را شبیه سازی می گویند. از جمله سیستم هایی که قابل شبیه سازی توسـط کـامپیوتر هـستند مـی توان به یک کارخانه تولیدی به همراه ماشینها، پرسنل، وسـایل حمـل و نقـل، یـک شـبکه توزیع کالا از کارخانجات، انبارها و شبکه های حمل و نقل، سیستم هـای حمـل و نقـل، کارخانه های فرآوری مواد معدنی، ارزیابی و برآورد مالی سیستم های اقتصادی و... اشـاره کرد.

۳-۲- شبیه سازی مونت کارلو

از آنجا که نمونه برداری از یک توزیع خاص شامل استفاده از اعـداد تـصادفی اسـت، شبیه سازی تصادفی گاهی شبیه سازی مونت کارلو نیز نامیده می شود. روش مونت کـارلو به عنوان تکنیکی در نظر گرفته می شود که از اعداد تصادفی برای یافتن راه حل های یـک مدل استفاده می نماید. اعداد تصادفی، متغیرهای تصادفی مـستقل هـستند کـه بـه صـورت یکنواخت در فاصله بین ۱و۰ توزیع می شوند. به صورت ساده، شبیه سازی مونت کارلو، با

www.SID.ir

Archive of SID

تلفیق شبیه سازی و نمونه گیری تصادفی، پیش بینی آینده را به طور مصنوعی به وسیله تولید هزارها نمونه تصادفی از تابع توزیع متغیرهای ورودی میسر می سازد و تاثیر تغییرات احتمالی متغیرهای ورودی را بر خروجی مدل آنالیز می کند. عملا، روش شبیه سازی مونت کارلو برای آنالیز ریسک، کمی نمودن آن، آنالیز حساسیت و پیش بینی به کارگرفته می شود. امروزه، کامپیوترهای سریع، بسیاری از محاسبات پیچیده را انجام می دهند و این امکان را فراهم می آورند تا مدلی ساخته شود که بتواند واقعیت را شبیه سازی کرده و در پیش بینی آینده کمک کند. این روش قادر است تا سیستم های واقعی را با استفاده از محاسبات تصادفی و عدم قطعیت های موجود در آینده شبیه سازی کرده و حالت های مختلف را ارزیابی کند تا در نهایت با استفاده از تحلیل نتایج در خروجی مدل ریسک تصمیم گیری حداقل گردد. این روش شبیه سازی، مونت کارلو نامیده می شود. اگر چندین متغیر غیر قطعی که هر یک تعداد زیادی از مقادیر ممکن را می توانند اختیارکنند به عنوان متغیر های ورودی در ارزیابی اقتصادی یک پروژه در نظر گرفته شوند، درعمل امکان به کارگیری روش های تحلیلی برای ارزیابی ریسک وجود ندارد. درچنین حالتی می توان با برداشت n نمونه ازجامعه مورد نظر، تخمینی از پارمتر های آماری جامعه نمونه به دست آورد و پارامتر های جامعه کل را شبیه سازی نمود. تکنیک شبیه سازی مونت کارلو بر چنین اساسی بنا شده است. نمونه ای که از جامعه برداشته می شود بایستی معرف کل جامعه باشد تا تخمین درستی از توزیع جامعه در اختیار بگذارد. برای مثال فرض می شود که توزیع احتمال پرتاب دوتاس نامعلوم است. می توان با انداختن این دوتاس به تعداد زیاد و یادداشت نتایج بدست آمده، توزیع موجود را شبیه سازی کرد. توزیع فراوانی شبیه سازی شده، شبیه توزیع فراوانی است که به صورت واقعی محاسبه شده است. هر چه تعداد نمونه ها بیشتر باشد این تشابه بیشتر خواهد بود. تکنیک شبیه سازی مونت کارلو، عدم قطعیت های احتمالی موجود در خروجی مدل را شبیه سازی می کند. این عدم قطعیت ها ناشی از تغییر پذیری مقدار متغیر های ورودی است که در اثر عوامل مختلفی به وجود می آیند. چنین الگویی از تغییرات، تغییر پذیری تصادفی نامیده می شود. در تکنیک مونت کارلو، الگوی تغییرات احتمالی به وسیله اعداد تصادفی شبیه سازی می‌گردد. اعداد تصادفی به گونه ای تولید می‌شوند که احتمال رخداد هر کدام یکسان باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

چرخاندن چرخ رولت و یا انداختن تاس می تواند اعداد تصادفی تولید کند. امروزه با در دسترس بودن کامپیوتر های شخصی به سرعت می توان هرگونه اعداد تصادفی را تولید نموده و نمونه گیری تصادفی از یک توزیع احتمالی را انجام داد.

٤-٢- تحلیل ریسک و برآورد مالی سیستم های اقتصادی با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو

از آنجایی که در برآورد مالی سیستم های اقتصادی بسیاری از پارامترها مربوط به آینده بوده و باید پیش بینی شوند، در تصمیم گیری در مورد اینگونه پروژه ها تخمین اجتناب ناپذیر بوده و با ریسک همراه است، بنابراین باید از بهترین روش برای تخمین استفاده نمود تا خطا به حداقل رسیده و ریسک کاهش یابد. در این مورد، اطلاعات گذشته و حال می تواند به عنوان مبنایی برای تخمین و پیش بینی آینده مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت مدل های شبیه سازی اغلب برای تجزیه و تحلیل تصمیم گیری تحت ریسک به کار گرفته می شوند. در این مدل ها رفتار آینده یک یا چند فاکتور به طور قطعی شناخته شده نیست. در این خصوص مثال های زیادی از قبیل میزان تقاضا برای تولید در آینده یا نرخ بازگشت سرمایه گذاری یا میزان ارزش خالص فعلی سرمایه گذاری و ...، وجود دارد. در اینگونه موارد پارامترهایی که به طور قطعی شناخته شده نیستند به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر گرفته می شوند و رفتار این متغیر یا متغیرهای تصادفی از طریق برآورد یک تابع توزیع احتمالی تشریح می شود. بنابراین عدم قطعیت در هر یک از متغیرهای پروژه، به صورت یک تابع توزیع احتمالی، در جدول برآورد مالی قرار می گیرد. به این ترتیب ارزیابی ریسک همراه با مقادیر مورد انتظار قابل محاسبه خواهد بود.

٣- حل یک مسئله عملی با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو

٣-١- تحلیل ریسک ارزش خالص فعلی سرمایه گذاری در یک کارخانه تولیدی

در یک مطالعه اقتصادی، هدف بازنگری و بررسی مجدد فرآیند مالی یک کارخانه تولیدی، پیش بینی و شبیه سازی آینده اقتصادی آن به منظور تحلیل ریسک، با تمرکز روی قابلیت اطمینان ارزش خالص فعلی سرمایه گذاری برای یک دوره ١٠ ساله می باشد. این

www.SID.ir

Archive of SID

کارخانه در ۹ سال گذشته فعالیت داشته و در واقع هدف به روز نمودن فرآیند مالی و محاسبات اقتصادی برای ۱۰ سال آینده به منظور تحلیل ریسک، با استفاده از اطلاعات گذشته می باشد. در بررسی فنی و اقتصادی کارخانه در ابتدا با توجه به اطلاعات اولیه در نظر گرفته شده برای طرح، میزان تولید سالیانه، هزینه های سالیانه، قیمت فروش و سایر پارامترهای فرآیند مالی، ارزش خالص فعلی و نرخ بازگشت سرمایه در حالت قطعی محاسبه شده تا در نهایت با نتایج شبیه سازی و تحلیل ریسک مقایسه گردد. در این حالت پارامترهایی از قبیل میزان تولید سالیانه، ارزش فروش و هزینه های جاری سالیانه برای تمام سال ها برابر فرض شد. به هر حال با توجه به ردیف جریان نقدینگی و در نظر گرفتن حداقل نرخ جذب کننده ۲۵٪ میزان ارزش خالص فعلی برابر ۲۰۳،۰۱۳،۳۶۷،۱۵ ریال محاسبه گردید. همچنین میزان نرخ بازگشت سرمایه در این حالت برابر ۲۷/۵٪ به دست آمده است.

۲-۳- پیش بینی توابع توزیع پارامترهای غیر قطعی موثر در فرآیند مالی کارخانه تولیدی

از آنجا که برای شبیه سازی نیاز به تولید اعداد تصادفی و همچنین به دست آوردن توابع توزیع متغیرهای غیر قطعی می باشد، در کارخانه فوق پس از مطالعه و بررسی پارامترهای فرآیند مالی، متغیرهای غیر قطعی، میزان تولید، قیمت فروش و هزینه های سالیانه تشخیص داده شدند. به منظور پیش بینی این پارامترها و به دست آوردن توابع توزیع مربوطه سعی شد تا از اطلاعات ۹ سال گذشته این متغیرها استفاده شود. با توجه به اطلاعات این سال ها و اعداد مربوطه و همچنین برازش منحنی توزیع بر آنها، تابع توزیع احتمالی مربوطه برای هر یک از متغیرهای میزان تولید و هزینه های سالیانه به ترتیب به صورت Log Logistic (3344.8; 1594.9; 1.9835) و RiskBetaGeneral (0.29399; 0.35730; 1.0310E+09; 3.8769E+09) به دست آمد. این توابع به همراه توزیع مربوطه در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است. پس از این مرحله به جای قرار دادن اعداد ثابت، برای میزان تولید و هزینه سالیانه در سلول های مربوطه در جدول جریان نقدینگی، توابع توزیع به دست آمده جاگذاری شد.

www.SID.ir

Archive of SID

مسئله دیگر پیش بینی قیمت فروش در سال های آینده می باشد. بـه منظـور تخمـین ایـن پارامتر با توجه به نرخ تورم و نیز میزان روند تغییرات قیمت در سـال هـای گذشـته، نـرخ افزایش۲۰٪ در سال، قابل پیش بینی بوده و بنابراین در هـر سـال ۲۰٪ بـه قیمـت فـروش افزوده گردید. بنابراین در جدول فرآیند مالی مدل سازی شده، برای قیمت فـروش در هـر سلول ۲۰٪ افزایش نسبت به سلول سال قبل در نظر گرفته شد.

۳-۳- شبیه سازی فرآیند مالی کارخانه تولیدی با استفاده از پارامترهای غیر قطعی

به منظور اجرای شبیه سازی و بررسـی تغییـرات ارزش خـالص فعلـی، بـا توجـه بـه تغییرات احتمالی پارامترهای ورودی در آینده، باید بر اساس توابع توزیع بـه دسـت آمـده، برای هر یک از پارامترهای غیر قطعی اعداد تصادفی تولید نمود. بنـابراین بـا تولیـد اعـداد تصادفی می‌توان تغییر پذیری ارزش خالص فعلی را بر اساس تغییرات میزان تولید، هزینـه و قیمت فروش بررسی کرد. در این حالت در هر بار نمونه گیری مـشاهده مـی شـود کـه تولید اعداد تصادفی برای پارامترهای غیر قطعی تکرار شـده و از آنجـایی کـه سـلول‌هـای جدول جریان نقدینگی به هم وابسته هستند، بر اساس اعداد جدیـد ارزش خـالص فعلـی دوباره محاسبه خواهد شد. در این محاسبات میزان تولید و هزینه های سـالیانه، متغیرهـای تصادفی هستند. بنابراین ارزش خالص فعلی نیز یک متغیر تصادفی خواهد بـود. در مـورد فرآیند مالی کارخانه تولیدی فوق پس از وارد کردن توابع توزیع ابتـدا سـلول هـای دارای عدم قطعیت به عنوان ورودی های شبیه سازی انتخاب شدند سپس سلول مشخصه مقـدار ارزش خالص فعلی به عنوان خروجی شبیه سازی انتخاب گردید. پس از مشخص نمـودن سلول های ورودی و خروجی به منظور اجرای شبیه سازی ۱۰۰ تکرار بـرای ۱ بـار شـبیه سازی در نظر گرفته شد با انجام این محاسبات ۱۰۰ مقدار برای ارزش خـالص فعلـی (بـا توجه به ۱۰۰ بار نمونه گیری تصادفی از سلول های دارای عدم قطعیت با استفاده از توابع توزیع مربوطه) به دست آمد. در نهایت برای این مقادیر هیستوگرام مربوطه رسـم گردیـد. در شکل ۵ هیستوگرام توزیع مقادیر ارزش خالص فعلی مربوط به خروجی سیـستم شـبیه سازی شده و در شکل ۶ توزیـع تجمعـی آن نـشان داده شـده اسـت. همـان طـور کـه در نمودارهای شکل های ۵ و ۶ مشاهده می‌شود روند تغییرات ارزش خالص فعلی برای ۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

بار نمونه گیری قابل بررسی است. با رسم هیستوگرام فراوانی تغییرات، مـی تـوان درصـد مواقعی را که ارزش خالص فعلی مقادیر مختلفی را به خود می‌گیرد، مشاهده نمود و حتـی درصد مواقعی که ارزش خالص فعلی منفی می شود را بررسی کرد و با توجه به نتـایج آن در تصمیم گیری برای اجرای پروژه یا عدم اجرای آن دقت لازم را به عمل آورد. با توجـه به مطالعه موردی صورت گرفته در جدول جریان نقـدینگی کارخانـه تولیـدی فـوق طبـق نمودارها به دست آمده مشاهده می شود که هـیچ گـاه مقـدار ارزش خـالص فعلـی منفـی نخواهد شد. با انجام اعمال فوق در واقع این سیـستم بـرای ۱۰۰ بـار تکـرار (۱۰۰ حالـت ممکن پیش بینی شده برای آینده) شبیه سازی شده اسـت. نتـایج شـبیه سـازی نـسبت بـه پارامترهای ورودی حساس هستند. مثلاً اگر در مدل فوق، توزیع تولید یا هزینه تغییـر کنـد ممکن است در خروجی، ارزش خالص فعلی به نحو بارزی تغییر نشان دهد. بنابراین بایـد در مورد نحوه تغییرات ورودی ها در یک سیستم دقت لازم به عمل آید تا بهتـرین توزیـع برای ورودی در نظر گرفته شود. در مورد کارخانه تولیدی فوق نیز با توجـه بـه خروجـی سیستم و هیستوگرام توزیع ارزش خالص فعلی ملاحظه می شود که با توجه به محاسبات انجام شده و در نظر گرفتن حداقل نرخ جذب کننده ۲۵٪، هیچگـاه مقـدار ارزش خـالص فعلی سرمایه گذاری منفی نخواهد شد میانگین آن ۱۸،۳۴۳،۲۸۱،۰۷۰ ریال بوده و در سطح اطمینان ۹۰٪ مقدار آن بین مقادیر ۱۰۹ × ۱۰/۸ تا ۱۰۹ × ۳۰ ریال قرار می باشد. بنـابراین با اطمینان بسیار زیادی از سود آوری پروژه می توان آن را اجرا نمود.

٤- نتیجه گیری و بحث

مدیریت در شرایط مختلف زمانی و در برخورد با موقعیت های مختلف، خـصوصا در مواردی که چندین گزینه دارای متغیرهای غیر قطعی در تصمیم گیری وجود داشـته باشـد باید با دقت کافی همراه باشد تا با اخذ تصمیم بهینه، ریسک نتایج حاصل از تصمیم گیری به حداقل برسد. با توجه به مطالعات صورت گرفته در مقالـه حاضـر، در شـرایط حـضور پارامترهای غیرقطعی در فرآیند مالی یک سیستم اقتصادی تحت بررسـی اسـتفاده از روش های مدل سازی و شبیه سازی در حالت پویـا، مـدیریت ریـسک و تـصمیم گیـری تحـت شرایط غیر قطعی را ممکن می سازد. از آنجایی که این مدل ها رفتار سیـستم را در حالـت

www.SID.ir

Archive of SID

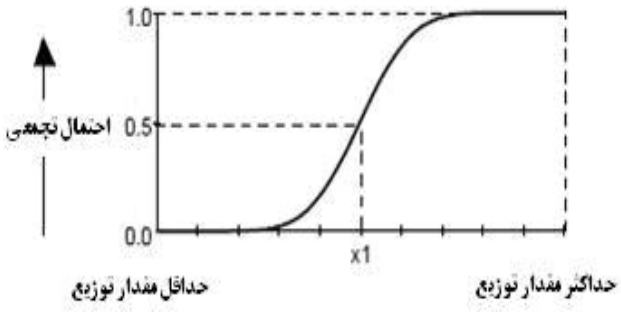
دینامیک (پویا) بررسی می کنند نتایج به دست آمده از تحلیل با این روش ها در اخذ تصمیم بهینه بسیار مفید و قابل اطمینان تر خواهد بود. با توجه به اینکه در بررسی فنی و اقتصادی، بسیاری از پارامترها از قبیل میزان تولید، قیمت فروش، درآمدها، هزینه ها و ... مربوط به آینده هستند، بررسی اقتصادی پروژه ها بر مبنای پیش بینی استوار است. بنابراین لازم است که با یک پیش بینی واقعبینانه ریسک تصمیم گیری به حداقل برسد. مشکل عدم قطعیت در پارامترهای مربوط به آینده، با محاسبه روند تغییرات این پارامترها با استفاده از اطلاعات گذشته و حال و به دست آوردن توابع توزیع متغیرهای مورد پیش بینی و اجرای شبیه سازی مونت کارلو تحت شرایط ریسک تا حدود زیادی مرتفع خواهد شد. در این راستا با توجه نتایج مطالعه حاضر در بررسی و توجیه اقتصادی هر پروژه باید ابتدا متغیرهای غیر قطعی تحت تاثیر شرایط آینده شناسایی شوند. سپس باید به منظور پیش بینی این پارامترها از اطلاعات گذشته و حال برای به دست آوردن توابع توزیع مربوطه استفاده نمود. در مرحله بعد باید با جاگذاری توابع توزیع هر متغیر در جدول برآورد مالی به جای یک عدد ثابت و با استفاده از تولید اعداد تصادفی و نمونه گیری از توابع مربوطه با تعداد تکرار مشخص، تغییرپذیری خروجی سیستم براساس تغییرات پارامترهای غیر قطعی ورودی بررسی و شبیه‌سازی گردد. بنابراین با اطمینان بسیار زیادی می توان وضعیت پروژه را در سال های آتی پیش بینی نمود و برنامه ریزی های لازم را انجام داد و همچنین می‌توان در مورد میزان ریسک سرمایه‌گذاری به طور کمی اظهار نظر نمود.

شکل ۱. متغیرهای دارای عدم قطعیت در شرایط ریسک

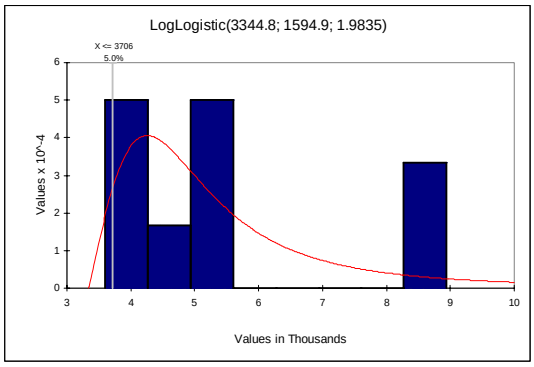
www.SID.ir

Archive of SID

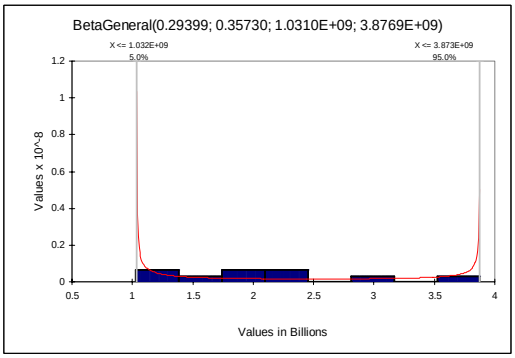
شکل ۲. نمونه ای از تابع توزیع تجمعی



شکل ۳. تابع توزیع مربوط به میزان تولید



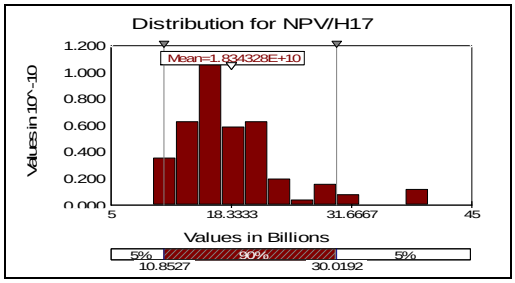
شکل ٤. تابع توزیع مربوط به هزینه های سالیانه



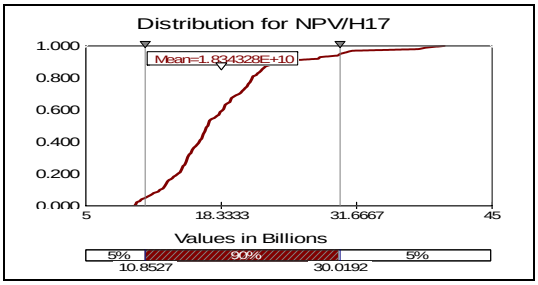
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵. توزیع مقادیر ارزش خالص فعلی



شکل ٦. توزیع تجمعی مقادیر ارزش خالص فعلی



فهرست منابع

۱) [۹] رهنمای رودپشتی ، فریدون.(۱۳۸۸). الگوهای نوین ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌ای، ارائه شده در کنفرانس بین‌المللی.

۲) [۱۰] اسکو نژاد ، محمد مهدی.(۱۳۷۷). اقتصاد مهندسی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۳) [۱۱] یوسفی، مهیار، خالوکاکایی. رضا (۱۳۸۵). کاربرد کامپیوتر در معدن (اکتشاف، استخراج، زمین شناسی و نقشه برداری). انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر.

4) [1] Rahnamay Roodposhti, F., 2010. Modern Paterns for Economic Evaluetion of Capital Projects. Peresented for Business & Economics Society International (B&ESI) conference. Greece.

5) [2] Aven, T. (2003). Foundations of RISK Analysis. John Wiley & Sons. Ltd

www.SID.ir

Archive of SID

6) [3] Carlson, T. R., J. D. Erickson, D. T. O'Brian & M. T. Pana. (1966). Computer techniques in mine planning. Mining Engineering.Vol. 18. No. 5.
7) [4] Liefly, Frank, (1997). approaches to risk and uncertainty in the appraisal of new technology capital project. Elsevier Science Inc, 53:21-33
8) [5] Palisade corporation. (1994). Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft Excel or Lotus 1- 2- 3, Windows Version- Release 3. User's Guide.
9) [6] Ramasesh, Ranga., V. Jayakumar & D. Malayalam.(1996). Inclusion of flexibility benefits in discounted cash flow analysis for investment evaluation: a simulation / optimization model. Elsevier Science Inc, 44:124-141
10) [7] Samis, Michael., Graham A. Davis, David. Laughton & Richard. Poulin. (2006). valuing uncertain asset cash flows when there are no options: A real options approach. Elsevier Science Inc, 30:285-298
11) [8] Slater, Stanley F., Venkateshwar K. Reddy &Thomas J. Zwirlein.(1998). Evaluating Strategic Investments. Elsevier Science Inc, 27:447-458

www.SID.ir