دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال هشتم، شماره سی و پنجم، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۱
شماره شاپا: ۵۸۸-۲۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پژوهش‌های نوین در ریاضی

شبیه‌سازی تحلیل پوششی داده‌های تصادفی در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه

مهدی نمازی[۱]، عمران محمدی[۲*]

[۱] گروه مدیریت و فلسفه علم و فن‌آوری، دانشکده مهندسی پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴

چکیده

عدم قطعیت ویژگی بدیهی هر فعالیت در دنیای واقعی است و تحلیل کارایی واحدها در شرایط عدم قطعیت یکی از مهمترین دغدغه‌های مدیران و برنامه‌ریزان شرکتها می‌باشد. تاکنون رویکردهای مختلفی برای تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارای واحدها در شرایط عدم قطعیت ارائه شده است از جمله رویکردهای تصادفی، فازی و استوار. در بین رویکردهای موجود، در شرایطی که تابع توزیع احتمال متغیرهای تصادفی مشخص باشند، رویکرد تصادفی راه حل دقیقی برای حل مساله میباشد. با این وصف، تحقیقات قبلی در این زمینه متمرکز بر تبدیل مساله تصادفی به مساله قطعی بوده‌اند. در این تحقیق روشی برای مدل سازی تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از برنامه نویسی کامپیوتری ارائه می‌شود. در این روش فرآیندهای تصادفی شبیه سازی می‌شوند و در نهایت بجای ارائه عدد قطعی به عنوان کارایی واحدها، تابع توزیع کارایی ارائه می‌شود. روش ارائه شده به صورت تجربی در یک مورد واقعی انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه به کار برده شده است. نوآوری‌های این تحقیق در دو حوزه می‌باشند. در حوزه تحلیل پوششی داده‌های تصادفی، روش جدیدی برای محاسبه کارایی بدون ساده سازی به روش قطعی ارائه شده است در این مدل مفهوم جدیدی به عنوان احتمال کارایی ارائه می‌شود که نماینده احتمال قرار گرفتن واحد کاری در مرز کارا می‌باشد. همچنین در حوزه مدیریت تحقیق و توسعه، علاوه بر ارائه روش عمل‌گرایانه برای انتخاب پروژه‌ها، از ارزش در معرض ریسک شرطی به عنوان شاخص تجمیع کننده ریسک پروژه‌ها استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: عدم قطعیت، نوآوری، تحقیق و توسعه، اولویت بندی، انتخاب پروژه.

* عهده‌دار مکاتبات: Email:e_mohammadi@iust.ac.ir

۱- مقدمه

موضوع ارزیابی عملکرد واحدها همواره مورد توجه مدیران و محققان بوده است. یکی از مهمترین شاخص‌های این ارزیابی، کارایی[۲] است که برای مقایسهٔ عملکرد واحدهای مختلفی که وظیفهٔ یکسانی انجام می‌دهند مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل و بررسی اینکه بکارگیری چه سیاست‌هایی بیشترین کارایی را به همراه دارد و یا اینکه چه نوع کارآمدی یا ناکارآمدی بیشتر متداول است و ... از اهمیت خاصی برخوردار است. تحلیل پوششی داده‌ها ابزاری توانمند و مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که امروزه به صورت چشمگیری در اغلب کشورهای جهان برای ارزیابی عملکرد سیستم‌هایی با چند ورودی و چند خروجی بکار گرفته می‌شود. علت مقبولیت گسترده‌تر روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به سایر روش‌ها، امکان بررسی روابط پیچیده و اغلب نامعلوم بین چندین ورودی و چندین خروجی است که در فعالیت‌های مختلف نظیر تعمیر و نگهداری در پایگاه‌های هواپیمایی، عملکرد نیروهای پلیس، عملکرد شعب بانک‌ها، کارایی دانشگاه‌ها، کارایی شرکت‌های بیمه، عملکرد بیمارستان‌ها و ... وجود دارد. این نوع کاربردها به ارزیابی عملکردهای شهرها، مناطق و کشورها با انواع مختلف ورودی از قبیل هزینه‌های اجتماعی و انواع خروجی از قبیل کیفیت زندگی نیز قابل گسترش هستند.

فارل[۳] با استفاده از روشی مانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، اقدام به اندازه‌گیری کارایی برای یک واحد تولیدی کرد[1]. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مورد مطالعه قرار داد شامل یک ورودی و یک خروجی بود. فارل از مدل خود برای تخمین کارایی بخش کشاورزی آمریکا در مقایسه با سایر کشورها استفاده کرد. با این وجود، او در ارائهٔ روشی که دربرگیرندهٔ ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد باشد، موفق نبود. چارنز[۴] و همکاران دیدگاه فارل را توسعه دادند و با بکارگیری برنامه‌ریزی خطی[۵] مدلی ارائه کردند که توانایی تخمین مرز تولید[۶] و اندازه‌گیری کارایی را با چندین ورودی و خروجی داشت[2]. این روش تحلیل پوششی داده‌ها و مدل ارائه شده CCR نامیده شد و اولین بار در رسالهٔ دکتری رودز و به راهنمایی کوپر با عنوان «یک روش تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ملی آمریکا» در سال ۱۹۷۸ و در دانشگاه کارنگی[۷] مورد استفاده قرار گرفت

جهت اجرای روش تحلیل پوششی داده‌ها باید ابتدا واحدهای تصمیم‌گیری را مشخص نموده و سپس عوامل داده و ستاده را تعیین نمود. پس از آن معادله ضرایب، نامعادلات وتابع هدف را مشخص کرده و نهایتاً تابع هدف را حل نمود. نتیجه گیری و تجزیه وتحلیل نتایج حاصله آخرین مرحله انجام کار می‌باشد. این روش به محاسبه یک معیار خلاصه‌ی کارایی نسبی در مقایسه با موسسات مشابه و مشترک در ستاده‌ها منجر می‌گردد. دیچوف و آلن کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌ها را برای اندازه گیری کارایی بوم شناسی در مدیریت زیست محیطی شرکت‌ها نشان داده‌اند[3]. آنها داده‌ها و ستاده‌ها به مدل تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس مقادیر مثبت، خنثی و منفی در نظر گرفته‌اند و ادلر و گولانی از مجموعه واحدهای تصمیم گیرنده، تعدادی را به عنوان کارا معرفی می‌نماید و به کمک آنها مرز کارایی را تشکیل می‌دهد. آنگاه این مرز را ملاک ارزیابی واحدهای دیگر قرار می‌دهد[4]. در این ارزیابی واحدهای ناکارا به دلیل مقایسه با یک سطح

[2] Efficiency
[3] Farrell

[4] Charnes
[5] Linear Programming
[6] Production Frontier
[7] Carnegie-Mellon University

استاندارد از قبل تعیین شده یا شکل تـابعی معلوم، ناکارا ارزیابی نشده‌اند بلکه ملاک ارزیابی آنها واحدهای تصمیم گیرندهٔ دیگری بـوده اسـت کـه در شـرایط یکسانی فعالیت می‌کنند.

با توجه به انتقادی که از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها صورت گرفته است یعنی عدم تصادفی بودن آن، مدل تحلیل پوششی با داده‌های تصادفی معرفی شد. به عبارت دیگر داده‌های مورد استفاده در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها بدون هیچ گونه خطایی، ثابت فرض می‌شدند و این در حالی است که معمولاً سه نوع خطا در اندازه‌گیری عملکرد در نظر گرفته می‌شود: خطای اندازه‌گیری، خطای نمونه‌گیری و خطای تصریح. خطای اندازه‌گیری هنگامی است که داده‌های مورد استفاده در مدل از خطای تصادفی در گزارش‌دهی و ثبتی برخوردار باشند. خطای نمونه‌گیری هنگامی صورت می‌گیرد که داده‌ها تنها مربوط به یک زیر مجموعه‌ای از جامعه‌ای است که می‌توانست تمام آن مورد استفاده قرار گیرد. البته گاهی محققان آمار مربوط به تمام بنگاه‌های یک صنعت را در اختیار دارند اما به معنی این نخواهد بود که خطای نمونه‌گیری در حالت مذکور وجود نخواهد داشت. زیرا ورودی‌ها و خروجی‌ها، متغیرهای تصادفی هستند که از بین یکسری مجموعه مقادیر که می‌توانست رخ دهد، در واقعیت نمود پیدا کرده‌اند. خطای تصریح هنگامی‌است که ما از مدل رفتاری بنگاه مطمئن نباشیم. اگرچه این نوع خطا در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها یا به طور کلی مدل‌های ناپارامتریک کم اهمیت‌تر از مدل‌های اقتصادسنجی یعنی مدلهای پارامتریک است اما با این وجود در صورتی که فهرست اشتباه یا غیر دقیقی از متغیرهای ورودی و خروجی انتخاب کنیم، این خطا می‌تواند موجب تغییر مرز کارآیی و در نتیجه تغییر رتبه‌های کارآیی شود.

مبانی نظری و کاربرد خطاها در مدل‌های پارامتریک بسیار توسعه یافته‌تر از مدل‌های ناپارامتریکی است که هنوز در مراحل اولیه خود است. حتی در چگونگی داخل کردن خطاها در مدل‌های غیرپارامتریک تصادفی نیز با یکدیگر متفاوت است.

۲- پیشینه تحقیق

در زیر به برخی مدل‌هایی که تاکنون در این زمینه طراحی شده‌اند اشاره می‌شود:

۱. مدل تحلیل پوششی داده‌ها محدود شده به قیود تصادفی: این مدل نخستین بار توسط چارنز و کوپر [5] در سال ۱۹۵۹ با در نظر گرفتن مفاهیمی‌از قبیل متغیرهای تصادفی و خطاهای اندازه‌گیری در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی مطرح شد و بعدها توسط لند، لاول و تور [6] در سال ۱۹۹۳ در قالب مدل لند، لاول و تور بسط یافت. این مدل با فرض وجود متغیرهای ورودی و خروجی تصادفی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مدل نهایی تحلیل پوششی داده‌های تصادفی را ایجاد می‌کند که دارای محدودیت‌های احتمالی است.

۲. مدل رضایت بخشی و مفهوم آن در تحلیل پوششی داده‌ها: کوپر، هوانگ و لی [7] طی مقاله‌ای در سال ۱۹۹۶ مدل جدیدی با درنظر داشتن مدل رضایت‌بخشی سایمون مطرح نمودند. این مدل، تلفیق مفهوم تصمیم‌گیری رضایت‌بخشی با مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های محدود شده به قیود تصادفی است که میزان قبول خطاهای تصادفی در محاسبه کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده را به میزان رضایت‌مندی نتایج مدل برای تصمیم‌گیرنده مربوط می‌سازد.

۳. مدل بنکر، چارنز و کوپر [8] اصلاح‌شده تصادفی: کوپر، دنگ، هوانگ و لی [9] در سال ۲۰۰۲ یکی از جدیدترین مدل‌های مطرح شده درباره تحلیل پوششی داده‌های تصادفی را با تبدیل مدل پوششی تحلیل پوششی داده‌ها (BCC) به مدل تصادفی

نهایی مطرح نمودند. در این مدل فرض بر این است که با توجه به تصادفی بودن ورودی‌ها و خروجی‌ها، واحدهای تصمیم گیرنده نیز نسبت به مقیاس متغیر (افزایشی یا کاهشی) بازده خواهند داشت. این مدل نیز اساساً به منظور تعیین کارایی واحدها با فرض وجود بازده به مقیاس متغیر و با درنظر گرفتن خطاهای اندازه‌گیری تبیین شده است.

برخی مطالعات کاربردی انجام شده با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های تصادفی به این شرح است:

فتی و دیگران در سال ۱۹۹۹ با هدف شناسایی واحدهای ناکارای تصادفی و محاسبه خطای اندازه‌گیری مدل LLT[8] [6]، مدل تحلیل پوششی داده‌های تصادفی را به کار گرفته‌اند. آنها در این تحقیق کارآیی تصادفی ۳۶ بانک تجاری ترکیه با دو ورودی و سه خروجی را محاسبه کرده‌اند [10]. فتی و دیگران در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۰۱ مدل LLT را برای منظور کردن خطاهای تصادفی در اندازه‌گیری کارایی ۱۷ شرکت هواپیماسازی اروپایی به کار گرفتند. در این تحقیق سه ورودی و دو خروجی مربوط به واحدهای تصمیم‌گیرنده مورد بررسی قرار گرفته است[11]. جونز [12] در سال ۲۰۰۱ با استفاده از مدل LLT کارایی ۱۴ واحد توزیع برق در انگلستان برای دهه ۱۹۹۰ را محاسبه کرده است. سیویوشی [13]، در سال ۱۹۹۹ مدل تحلیل پوششی داده‌های تصادفی را برای تدوین راهبرد ساختاردهی مجدد در یک شرکت ژاپنی به کار گرفت. در این تحقیق بر خلاف دو تحقیق دیگر ذکر شده، به گونه‌ای مدل‌سازی می‌گردد که بتواند اطلاعات مربوط به آینده را در بر گیرد. سه ورودی و سه خروجی برای تدوین راهبرد در مورد ۲۸ شعبه توزیع فرآورده‌های نفتی مورد بررسی قرار گرفت. چن در سال ۲۰۰۲ کارایی فنی ۳۹ بانک در تایوان را با استفاده از دو شیوه تحلیل پوششی داده‌ها با قیود احتمالی[9] و تحلیل مرز تصادفی[10] با یکدیگر مقایسه کرده است. وی در ادامه با توجه به تحلیل رگرسیونی، اثر متغیر مالکیت بر کارایی فنی را مورد بررسی قرار داده است[14]. آلام و گالیاس در سال ۲۰۰۵ با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه تئوری انتخاب تصادفی، کارایی ۲۰ منطقه در کشور بنگلادش را مورد مطالعه قرار داده‌اند[15]. تور گوتلو و کاسمان [16] در سال ۲۰۰۷ در مطالعه‌ای مشابه با چن، دو روش تحلیل پوششی داده‌ها با قیود احتمالی و تحلیل مرز تصادفی را به منظور بررسی صنعت بیمه عمر در کشور ترکیه به کار برده است. خوبینی در سال ۱۳۸۳ در پایان نامه خود، به منظور پیش‌بینی کارایی شعب بانک ملت استان قزوین از مدل تحلیل پوششی داده‌های آینده نگر سیویوشی [17] که به نوعی تلفیق مدل‌های چارنز، کوپر، رودز و مدل رضایت‌بخشی است با تمرکز ورودی‌ها استفاده کرده است[18]. لطفی و همکاران در سال ۲۰۰۷ با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های تصادفی ارائه شده توسط کوپر، هوانگ و لی، مطالعه خود را بر روی بانک‌های تجاری ایران انجام داده‌اند. در این بررسی جنبه نظری آن غالب بر جنبه کاربردی است[19].

در سال ۲۰۱۰ دیشنگ و لی[11] [20] مدل جدیدی از تحلیل پوششی داده‌های تصادفی ارائه کردند تا بتوانند استراتژی قیمت‌گذاری آپارتمان در کشور کانادا را ارزیابی کنند. در این تحقیق متغیرهای تصادفی، غیراختیاری[12] و ترتیبی[13] بطور هم‌زمان استفاده می‌شدند. دوسال بعد، در سال ۲۰۱۲ برالدی و برونی[14] [21] با دیدگاه مدیریت ریسک تحلیل پوششی داده‌ای تصادفی را با فرض قطعی

[8] Land، Lovell، Thore

[9] CCDEA
[10] Stochastic Frontier Analysis (SFA)
[11] Desheng and Lee
[12] None-discretionary
[13] Ordinal
[14] Beraldi and Bruni

بودن ورودی‌ها و تصادفی بودن خروجی‌ها ارائه کردند. این مدل با وجود سادگی برای کارخانه‌هایی که ورودی مشخصی داشتند ولی خروجی آنها با توجه به شرایط بازار و فصول مختلف متغیر بود به کار برده شد. در همان سال نورا و همکاران[۱۵] [22] تحلیل مشابهی را با بکار گیری داده‌های تصادفی در تحلیل پوششی داده‌ها با وزن‌های مشترک[۱۶] انجام دادند و کارایی مدیران بانک‌های آمریکایی را با استفاده از آن تحلیل نمودند. در سال ۲۰۱۳ چانگ وو و همکاران[۱۷] [23] مقاله‌ای منتشر کردند که در آن یک مدل تحلیل پوششی داده‌های تصادفی، با توجه به خروجی نامطلوب با مصرفی ضعیف[۱۸] ارائه شده بود که نه تنها می‌توانست با وجود خطاهای تصادفی در داده‌های جمع‌آوری کار کند، بلکه قوانین تولید ناشی از خروجی نا مطلوب را به تصویر می‌کشید. این مدل به معرفی مفهوم خطر برای تعریف بهره‌وری از واحدهای تصمیم‌گیری، و از ماتریس رابطه[۱۹] برای همه متغیرها بهره‌گیری می‌کرد. در سال ۲۰۱۳ نیز جیانپائلو[۲۰] [24] و همکاران از همان مدل برونی و برالدی استفاده کردند و به تحلیل ریسک اعتبار مالی پرداختند. آنها به رابطه مستقیم اعتبار مالی و کارایی کارخانه پی بردند و کارایی را به عنوان یک شناسه هشدار زود هنگام برای ارزیابی ریسک اعتبار مالی معرفی نمودند.

در سال ۲۰۱۶ دو دانمارکی به نام السن و پیترسن[۲۱] [25] مرور کاملی از مقالات علمی‌ارائه شده در زمینه تحلیل پوششی داده‌ای تصادفی ارائه دادند. آنها توسعه تحلیل پوششی داده‌های قطعی را در سه محور دسته‌بندی نمودند:

۱- انحرافاتی از مرز قطعی که به صورت متغیرهای تصادفی مدل شده‌اند

۲- نویز تصادفی[۲۲] به صورت خطای اندازه گیری[۲۳]، نویز نمونه‌گیری[۲۴] و خطای مشخصات[۲۵] بخش جدایی ناپذیر از مدل شده‌اند

۳- بر اساس «مجموعه امکان تولید»[۲۶] به عنوان زیربنا، مرز نیز تصادفی می‌باشد.

در این تحقیق رویکرد متفاوتی برای مواجهه با تحلیل پوششی داده‌های تصادفی ارائه می‌شود که در آن بر خلاف روش‌های قبلی که سعی در قطعی کردن مساله و حل آن‌را داشتند، با حفظ ماهیت تصادفی مساله و با استفاده از شبیه سازی اقدام به حل آن می‌نماید.

۳- روش مونت کارلو

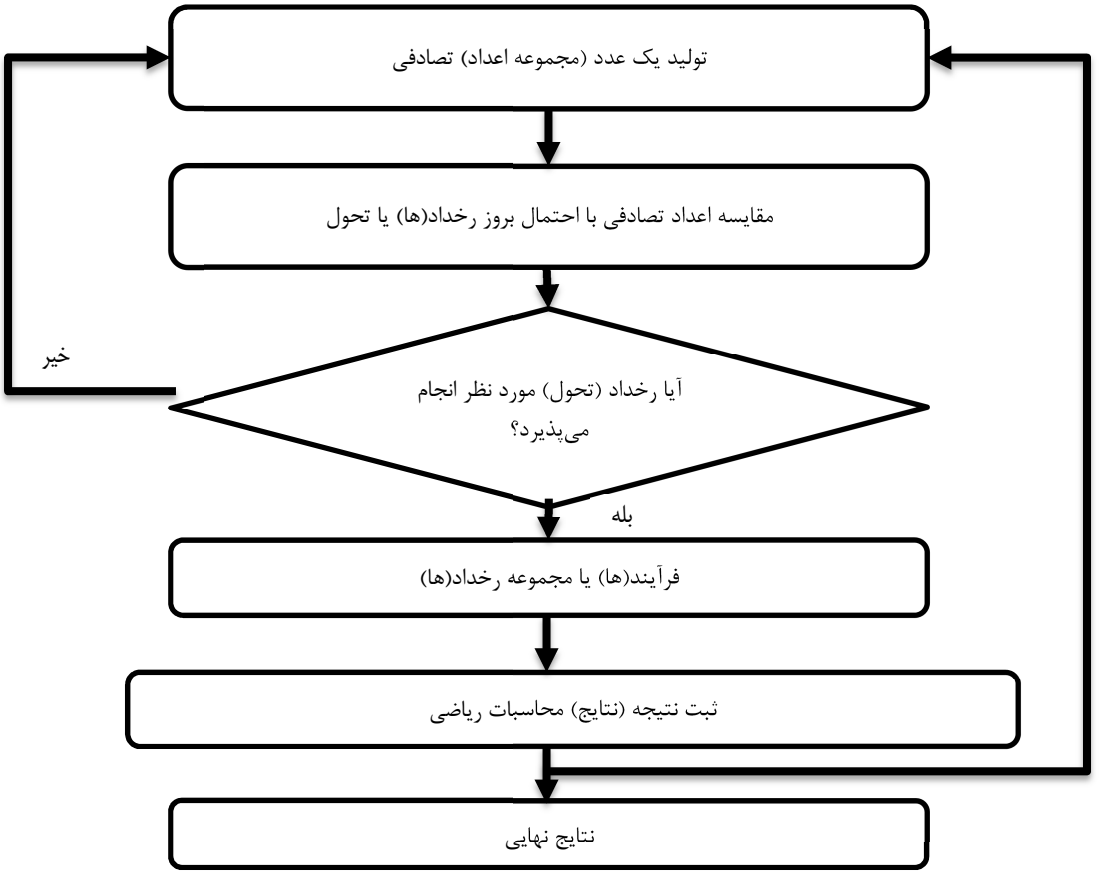
روش مونت-کارلو[۲۷] یک الگوریتم محاسباتی است که از نمونه‌گیری تصادفی برای محاسبه نتایج استفاده می‌کند. روش‌های مونت-کارلو معمولاً برای شبیه‌سازی سیستم‌های فیزیکی، ریاضیاتی و اقتصادی استفاده می‌شوند. از طرف دیگر روش مونت کارلو یک طبقه از الگوریتم‌های محاسبه‌گر می‌باشند که برای محاسبه نتایج خود بر نمونه‌گیری‌های تکرار شونده تصادفی اتکاء می‌کنند. روش‌های مونته کارلو اغلب زمان انجام شبیه‌سازی یک سامانه ریاضیاتی یا فیزیکی استفاده می‌شوند. به دلیل اتکای آن‌ها بر محاسبات تکراری و اعداد تصادفی یا تصادفی کاذب، روش‌های مونت کارو اغلب به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که توسط رایانه اجرا شوند. گرایش به استفاده از روش‌های مونته کارلو زمانی بیشتر می‌شود که محاسبه پاسخ دقیق

[15] Abbas Ali Noora
[16] Common Set of Wight (CSW)
[17] Chong Wu
[18] Weak Disposability
[19] Correlationship matrix
[20] Gianpaolo
[21] OleB.Olesen ،Niels Christian Petersen

[22] Random Noise
[23] Measurement Errors
[24] Sample Noise
[25] Specification Errors
[26] Production Possibility Set
[27] Monte Carlo method

با کمک الگوریتم‌های قطعی ناممکن یا ناموجه باشد. از آن گذشته، روش‌های مونت کارلو برای شبیه‌سازی پدیده‌هایی که عدم قطعیت زیادی در ورودی‌های آن‌ها وجود دارد نیز مفید هستند، مثلاً محاسبه ریسک در تجارت. همچنین این روش‌ها به‌طور گسترده‌ای در ریاضیات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شکل ۱ روش انجام محاسبات از راه شبیه سازی را نمایش می‌دهد. ابتدا یک عدد تصادفی معین شده و سپس احتمال انجام یک رخداد با مقدار عدد تصادفی تولید شده مقایسه می‌شود. در حالتی که عدد تولید شده، معیار احتمال را برآورد کند، در بخش بعدی یک فرایند یا مجموعه‌ای از فرایندها رخ می‌دهد. این روال می‌تواند چندین بار تولید شود. به ازای هر تکرار یک خروجی قابل اندازه گیری تولید شود. در بخش نهایی مجموعه آزمایش‌ها یا نتایج خروجی جهت پردازش آماری قرار گرفته و مقدار کمی‌قابل فهم و تفسیر از نتاج اعلام می‌شد. بخش فرایند یا رخدادها می‌تواند ساده یا پیچیده و حاوی حلقه‌ها و الگوریتم‌های متعدد و حتی حاوی تولید کننده‌های تصادفی متعدد باشد. افزون بر این، می‌توان از هر نقطه الگوریتم یا فرآیند داده‌هایِ کمی‌استخراج و به عنوان متغیرِ خروجی مورد تجزیه و تحلیلی قرار داد. به کمک روشهای شبیه سازی مونت کارلو می‌توان در تمام زمینه های علوم و مهندسی در پیش‌بینی رفتار واقعی و مجازی سامانه‌ها و تعریف سناریوهای مختلف استفاده نمود.



شکل-۱ روش مونت کارلو

۴- ارزش در معرض خطر مشروط

ارزش در معرض خطر[۲۸] یکی از روشهای بسیار محبوب برای محاسبه ریسک است که به طور گسترده‌ای در صنعت مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزش در معرض خطر (VaR) میزان بزرگی زیان‌های احتمالی را توصیف می‌کند که انتظار می‌رود در طول معاملات «عادی» رخ بدهد[26]. در شرایط ساده، ارزش در معرض خطر یک عدد است که ما تنها (α-1) ٪ از ضررها داریم و نشان دهنده آن است که انتظار داریم با احتمال α٪ از دست بدهیم، α سطح اطمینان نامیده می‌شود.

کسی که یک مجموعه سهام داشته باشد ممکن است اعلام کند که مجموعه سهام وی یک ارزش در معرض خطر یک ساله یک میلیون دلاری در سطح اطمینان ۹۹٪ دارد. این به این معنی است که در شرایط عادی تجارت، دارنده سهام می‌تواند با احتمال ۹۹٪ انتظار داشته باشد که ارزش مجموعه سهام در طول یک سال بیش از ۱ میلیون دلار کاهش نیابد.

همچنین به این معنی است که احتمال ۱٪ وجود دارد که ارزش مجموعه سهام در یک سال به میزان یک میلیون دلار یا بیشتر کاهش یابد. سه روش برای محاسبه ارزش در معرض خطر وجود دارد: واریانس کوواریانس، بازده تاریخی و شبیه سازی مونت کارلو. روش واریانس کوواریانس اطلاعاتی را درباره نوسانات و همبستگی سهام برای محاسبه ارزش در معرض خطر پورتفو استفاده می‌کند. شبیه سازی مونت کارلو با تولید سناریوهای تصادفی برای بازده‌های آینده و محاسبه ارزش در معرض خطر برای این سناریوهای متنوع انجام می‌شود. معمولاً زیان‌ها به صورت پولی است، اما از نظر افت بازده (درصد) زیان‌ها را نشان می‌دهد.

$V_t = market\ value\ at\ time\ t$

$V_{t+h} = market\ value\ at\ time\ t +$

$Define\ Loss \quad L = \frac{V_t - V_{t+h}}{V_t} = \quad rX$

$Find \quad VaR_\alpha\ by\ t \quad e\ requirement:$

$P(L > VaR_\alpha) = 1 \quad \alpha \qquad (۱)$

در اینجا تابع $M_{k:N}$ نشان دهنده k امین بزرگترین عدد در میان N نمونه است. اگر بازده مجموعه سهام از توزیع نرمال پیروی کند، فرمول ارزش در معرض خطر یک مسئله برنامه نویسی غیر خطی است و می‌توان به صورت زیر فرموله کرد. فرض کنید که n اوراق بهادار وجود دارد که در آن ما می‌توانیم سرمایه گذاری و بازگشت به طور متوسط آنها توسط ξ یک متغیر تصادفی داده می‌شود. فرض کنید که میانگین بازگشت اوراق بهادار ξ دارای توزیع نرمال $N\left(\mu, C\right)$، جایی که C ماتریس متقارن قطعی مثبت است. سپس می‌توانیم برخی از خواص توزیع نرمال را برای فرمول ارزش در معرض خطر استفاده کنیم.

Since: $\xi \sim N\left(\mu, C\right)$

Then:

$X'\xi = \sum_{i=1}^{n} \quad X_i\xi_i \sim N\left(E(X), \sigma(X)\right).$

Here: $E(X) = \quad X'\mu$ and $\sigma(X) = \sqrt{X'CX}$.

Then: $\quad VaR = \quad (X'\mu) \quad \Phi^{-1}(1 \quad \alpha)\sqrt{X'CX}$

$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1, X \geq 0 \qquad (۲)$

راکفلر و همکارش [27] یک معیار ریسک جدیدی را به نام ارزش در معرض خطر مشروط (C-VaR) ایجاد کردند. ارزش در معرض خطر، حداقل ضرر مربوط به تعداد بدترین موارد را اندازه‌گیری می‌کند، اما این اندازه گیری‌ها نشان می‌دهد که این بدترین زیان‌ها بد است. یک سرمایه گذار ممکن است نیاز داشته باشد که بداند میزان این بدترین خسارات چیست. ارزش در معرض خطر مشروط مقدار این مقدار را اندازه‌گیری می‌کند و یک مقدار از ضرر انتظاری مربوط به تعدادی از بدترین موارد است،

[28] Value at Risk (VaR)

بسته به سطح اطمینان انتخاب شده ارائه می‌کند. با استفاده از ارزش در معرض خطر مشروط خط مشی انتخاب نمونه کارها را خطی می‌کند و وقتی که آن را حل کنیم حداقل VaR از C-VaR≥VaR پیدا می‌شود.

ارزش در معرض خطر مشروط به شرح زیر محاسبه می‌شود:

فرض کنید $f\left(X,\xi\right)$ نشان‌گر ضرر مجموعه سهام باشد. معمولا زیان‌ها به صورت مالی است، اما از نظر افت بازده (درصد) زیان‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به سطح اطمینان، α، C-VaR ارزش مورد انتظار از همه (1-α) ٪ ضرر است و می‌تواند با استفاده از تابع زیر یافت شود:

$$CVaR\left(X,\eta\right) = \eta + (1 \quad \alpha)^{-1}\int_{\xi\in R^n}\left[f\left(X,\zeta\right) \eta\right]^{+} p(\zeta)d\zeta$$
$$\eta = VaR$$
$$\xi = random\ varable$$
$$z^{+} = max\left\{z,0\right\} \qquad (۳)$$

هنگامی‌که سناریوهای بازدهی آتی در دسترس هستند، ارزش در معرض خطرمشروط مجموعه سهام را می‌توان به صورت گسسته تعریف کرد. از آنجا که r ماتریس بازگشت است، rX بازده مجموعه سهام است. بنابراین ضرر و زیان $-rX$ خواهد بود. این مساله تلاش می‌کند ارزش مورد انتظار از همه بدترین (1-α) ٪ ضرر را پیدا کند:

$$\eta + \frac{1}{(1-\alpha)s}\sum_{i=1}^{s} y_i$$
$$y_i \geq \sum_{j=1}^{n}\left[\left(\quad r_{ij}X_j\right) \quad \eta\right] : i = 1,2,\dots,s$$
$$y_i \geq 0 : i = 1,2,\dots,s$$
$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1, X \geq 0 \qquad (۴)$$

اگر یک سناریوی ضرر بیشتر از $VaR(\eta)$ باشد، متغیر y بر تفاوت دقیق بین سناریو ضرر و $VaR(\eta)$ اثر می‌گذارد. اگر یک سناریوی ضرر کمتر از VaR باشد، متغیر y مقدار صفر را می‌گیرد. از آنجا که توزیع y_i نشان دهنده این موضع است که در توزیع دم-دار خسارت بیش از VaR می‌باشد، میانگین را می‌توان با محاسبه مجموع وزن تقسیم بر (۱-α).

سپس C-VaR این میانگین است که به VaR اضافه می‌شود که تابع هدف آن را محاسبه می‌کند.

۵- تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی نامطلوب

در کنار محصولات مطلوب و بازار گرا، ممکن است خروجی‌های نامطلوب یا مضر را به عنوان محصولات جانبی مانند آلاینده‌ها یا زباله‌های خطرناک از منظر زیست محیطی مشاهده شود. در نتیجه، معیارهای کارایی، که عدم تقارن بین هر دو نوع تولید مطلوب و نامطلوب را مورد توجه قرار ندهند، منجر به ارزیابی بی‌تاثیری از عملکرد و محاسبات اشتباه خواهد شد؛ برای مثال، ارزیابی عملکرد زیست محیطی و ارائه توصیه‌هایی برای بهبود کارایی فنی، افزایش تولید مطلوب وکاهش تولیدات نامطلوب است. در مورد تحقیق ما –یعنی پروژه‌های تحقیق و توسعه- خطر مطمئنا یک خروجی نامطلوب است.

جهت وارد کردن خروجی‌های نامطلوب به مدل‌های کارایی، دو مجموعه خروجی‌های متفاوت داریم. یکی به عنوان معیار کارایی که منجر به افزایش خروجی مطلوب و دیگری کاهش خروجی‌های نامطلوب نسبت به همان مقدار ورودی‌ها می‌شود، در بخش زیر برای تعریف کارایی Malmquist-Luenberger استفاده می‌شود. [28]

در این مورد، اندازه‌گیری کارایی جهت‌دار برای مشاهدات $\left(x_o,y_o^d,y_o^u\right)$ در امتداد جهت از پیش تعیین شده مربوط به بردار خروجی $g_y = \left(y^d,y^u\right) \neq O_{m+s}$ مربوط به راه حل برنامه زیر است:

$$\max_{\beta,\lambda} \quad \beta$$
$$Subject\ to \quad X\lambda \leq x_o$$
$$Y^d\lambda \geq Y_o^d + \beta y_o^d$$
$$max\{y_i^u\} \geq y_o^u \quad \beta y_o^u$$

$$\lambda \geq 0 \qquad (۵)$$

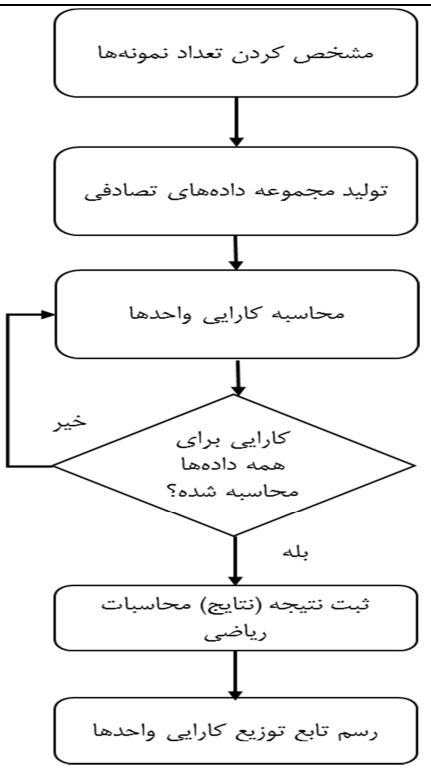
X، Y^d و Y^u نماینده ورودی‌ها، خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب هستند. در اینجا n تعداد واحدهای تصمیم گیری (پروژه‌ها) و m، s و r: تعداد ورودی‌ها، خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب هستند. راه حل بهینه β_{CRS} است و اگر $\beta_{CRS} = 0$ باشد واحد کاری به صورت جهت‌دار موثر است. در غیر این صورت $\beta_{CRS} \geq 0$ نشانه ناکارآمدی است.

۶- شبیه سازی

فلسفه مدل ارائه شده شبیه سازی اتقافاتی است که در واقع رخ می‌دهد. در مدل سنتی تحلیلی پوششی داده‌ها فرض بر این است که همه داده‌ها قطعی هستند. با وجود آن که در دنیای واقعی نمی‌توان همیشه اندازه‌گیری صد درصد دقیق داشت این فرض در بسیاری از موارد کاربرد دارد ولی گاهی خطای اندازه‌گیری یا تغییر در عملکرد فرایندهای تولیدی بر اثر عوامل پیش بینی نشده موجب می‌گردد عدم قطعیت داده‌ها به حدی بالا برود که دیگر نتایج تحلیل پوششی داده‌ها به صورت قطعی پاسخگوی نیاز واقعی نباشد. در این مواقع، در صورتی که بتوان تخمینی از میزان عدم قطعیت داده‌ها برآورد کرد به نحوی که بتوان برای آنها تابع توزیع احتمال در نظر گرفت، تحلیل پوششی داده‌های تصادفی راه‌کار مناسبی برای حل مشکلات دنیای واقعی می‌باشد. تقریبا تمامی‌روشهایی که در مرور ادبیات اشاره شد به نوعی با استفاده از ساده سازی، روش تصادفی را به صورت قطعی حل می‌کنند ولی در مدل ارائه شده در این مقاله، کل فرآیند محاسباتی تحلیل پوششی داده‌ها را وارد فضای احتمالی می‌کنیم. برای درک بهتر، در زیر مدل را به صورت مرحله به مرحله شرح می‌دهیم.

فرض می‌کنیم که در نظر داریم کارایی یک مجموعه از واحدهای تصمیم‌گیری – به عنوان مثال کارخانه – را آنالیز و مقایسه کنیم. برای سادگی فرض می‌کنیم یکی از خروجی‌های این کارخانه‌ها به صورت تصادفی تغییر می‌کند و تابع توزیع این متغیر تصادفی نیز به ازاء هر کارخانه بطور مجزا مشخص می‌باشد. ابتدا با توجه به دقت مورد نیاز با استفاده از تابع توزیع متغیرهای تصادفی و بر اساس روش مونت کارلو تعداد مشخصی از داده‌های تصادفی را برای هر واحد تصمیم‌گیری تولید می‌کنیم. تا اینجا تعدادی واحد تصمیم‌گیری داریم که ورودی-خروجی‌های قطعی دارند ولی یکی از خروجی‌های آنها به جای یک عدد قطعی، یک مجموعه اعداد به تعداد نمونه‌های تولید شده به روش مونت کارلو دارد. حال به ازاء هر نمونه یک بار تحلیل پوششی داده‌ها را تکرار می‌کنیم و قاعدتا به تعداد نمونه‌های روش مونت کارلو برای هر واحد تصمیم‌گیری کارایی به دست می‌آید. در اینجا در صورتی که تعداد نمونه‌ها به اندازه کافی زیاد باشد می‌توان تابع توزیع کارایی هر واحد تولیدی را به دست آورد. فلوچارت روش فوق در شکل ۲ نمایش داده شده است.

همانطور که شرح داده شده، الگوریتم شبیه‌سازی تحلیل پوششی دادهای تصادفی بسیار ساده بوده و با برنامه نویسی کامپیوتری به راحتی قابل شبیه سازی می‌باشد. نکته قابل توجه در این روش نحوه تحلیل نتایج می‌باشد زیرا بجای اینکه مانند مدل‌های سنتی عدد قطعی برای کارایی واحدها محاسبه گردد، یک مجموعه از اعداد ارائه می‌شوند که نماینده فضای احتمالی کارایی واحدها می‌باشند. با استفاده از این مجموعه اعداد، تابع توزیع احتمالی کارایی واحدها را می‌توان ترسیم نمود.



شکل-۲ شبیه‌سازی تحلیل پوششی داده‌های تصادفی

۷- مثال عددی

عوامل متعددی نوع خاصی از عدم اطمینان را به پروژه‌های تحقیق و توسعه تزریق می‌کنند که هر پروژه یک تجربه منحصر به فرد است. از این رو جمع آوری اطلاعات احتمالی در مورد پروژه‌های تحقیق و توسعه یک چالش است. یکی از روش‌های ورودی احتمالی برای یک مدل تصمیم گیری، نظر کارشناسانی است که دانش خاصی در مورد احتمال ارزشمندن بودن یا ریسک‌های پروژه مورد سوال دارند. این روش اغلب به نام "تصمیم‌گیری متخصص[۲۹]" است که فرایند به دست آوردن احتمال از افراد متخصص است[29].

زمانی که داده های کافی تاریخی و اجماع در مورد فرایندهای ترجمه داده‌های تاریخی به پیش بینی ها وجود ندارد داوری کارشناس می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد[30]. از این رو در این تحقیق از یک فرایند دلفی برای استخراج نظر متخصصی برای کسب اطلاعات احتمالی استفاده شده است. برای جمع آوری داده‌های اولیه، ۳۳ پروژه از یک بخش تحقیق و توسعه انتخاب شدند[31]. ۱۰ کارشناس با بیش از ۱۰ سال تحقیق و توسعه و مدیریت تاریخچه محصول انتخاب شدند تا نظر خود را در مورد این پروژه‌ها ارائه کنند. تخمین‌های نفر/ساعت، هزینه‌های ثابت و هزینه‌های تحقیق و توسعه توسط مدیران پروژه معرفی شده است. از این رو پارامترهای ذکر شده به عنوان ورودی‌های ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرند. از کارشناسان خواسته شده است تا نظر خود را بر اساس تجربه و درک خود از سطح پیچیدگی، فن‌آوری، دانش مورد نیاز، خطرات آینده و نیاز بازار هر پروژه در مورد احتمال موفقیت پروژه‌ها، ارزش مورد انتظار در صورت

[29] Expert Elicitation

موفقیت و ارزش پیش بینی شده در صورت شکست پروژه ارائه کنند. داده‌های جمع آوری شده در جدول-۱ نمایش داده شده‌اند.

در اینجا فرض می‌کنیم که یک پروژه تحقیق و توسعه می‌تواند حتی در صورت شکست، ارزشمند باشد، زیرا دانش انباشته حداقل چیزی است که پروژه به سازمان می‌دهد .به طور کلی ارزش پروژه در صورت شکست بسیار کمتر از ارزش وقتی است که پروژه موفق شود. از این رو، برای محاسبه ارزش ایجاد شده، سه پارامتر زیر مشخص می‌شود:

- پیش بینی میزان موفقیت پروژه
- پیش بینی ارزش ایجاد شده اگر موفق باشد.
- ارزش تخمینی ایجاد شده در صورت شکست پروژه به صورت درصدی از ارزش پیش بینی شده ایجاد شده به هنگام موفقیت.

بنابراین مقدار ارزش ایجاد شده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V = p \times V_s + (1 \quad p)V_f \times V_s \qquad (۶)$$

در این فرمول، V ارزش کل ایجاد شده، p احتمال موفقیت است، V_s ارزش ایجاد شده در صورت موفقیت است و V_f درصد درصد ارزش ایجاد شده در صورت شکست است. این مدل توزیع دو حالته[۳۰] برای موفقیت و عملکرد توزیع نرمال را برای ارزش ایجاد شده در صورت موفقیت و درصد ارزش در حین شکست تعیین می‌کند. حال با فرض اینکه ارزش‌های خلق شده V_s و V_f از توزیع نرمال پی‌روی می‌کند و با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو تعداد ۵۰۰۰ نمونه داده برای ارزش نهایی هر هر پروژه یعنی V تولید می‌کنیم، بطوری که ۳۲ مجموعه داده برای ۳۲ پروژه به دست می‌آید که نماینده فضای احتمالی ارزش نهایی آن پروژه‌ها می‌باشند. برای درک بهتر احتمال موفقیت پروژه‌ها، دو نمونه از هیستوگرام داده‌های تولید شده در شکل۴ نمایش داده شده است.

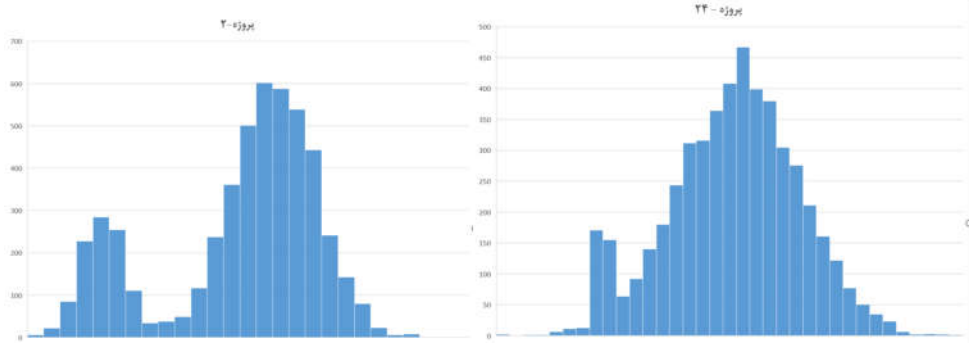
جدول-۱ داده‌های جمع‌آوری شده

Project	*Man-Hour*	*Fixed Costs*	*R&D Costs*	*Probability of Success*	*Fail Value (%of Success Value)*
Project 01	**40.000**	**300.000**	**100.000**	**60**	**0.350**
Project 02	**30.000**	**200.000**	**150.000**	**80**	**0.264**
Project 03	**200**	**2.000**	**1.000**	**95**	**0.244**
Project 04	**10.000**	**25.000**	**2.000**	**80**	**0.180**
Project 05	**5.000**	**1.000**	**2.000**	**80**	**0.186**
Project 06	**10.000**	**5.000**	**10.000**	**60**	**0.157**
Project 07	**20.000**	**4.000**	**10.000**	**80**	**0.171**
Project 08	**3.000**	**50.000**	**20.000**	**80**	**0.157**
Project 09	**15.000**	**2.000**	**2.000**	**80**	**0.136**
Project 10	**2.000**	**2.000**	**5.000**	**80**	**0.107**
Project 11	**5.000**	**2.000**	**1.000**	**60**	**0.080**
Project 12	**10.000**	**25.000**	**2.000**	**80**	**0.117**
Project 13	**10.000**	**5.000**	**7.000**	**80**	**0.100**
Project 14	**10.000**	**4.000**	**1.000**	**80**	**0.114**

[30] Binomial

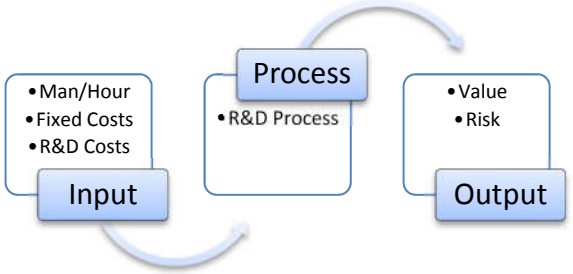
Project 15	**5.000**	**1.000**	**1.000**	**95**	**0.171**
Project 16	**10.000**	**2.000**	**4.000**	**60**	**0.086**
Project 17	**4.000**	**1.000**	**1.000**	**95**	**0.101**
Project 18	**3.000**	**500**	**1.000**	**80**	**0.081**
Project 19	**5.000**	**10.000**	**5.000**	**50**	**0.046**
Project 20	**4.000**	**5.000**	**200**	**95**	**0.107**
Project 21	**2.000**	**50.000**	**20.000**	**80**	**0.051**
Project 22	**1.000**	**2.000**	**500**	**60**	**0.033**
Project 23	**1.000**	**1.000**	**5.000**	**80**	**0.033**
Project 24	**2.000**	**1.000**	**1.000**	**95**	**0.066**
Project 25	**500**	**200**	**1.000**	**95**	**0.039**
Project 26	**500**	**500**	**500**	**95**	**0.027**
Project 27	**2.000**	**50.000**	**20.000**	**80**	**0.039**
Project 28	**500**	**200**	**1.000**	**95**	**0.026**
Project 29	**200**	**100**	**200**	**80**	**0.016**
Project 30	**1.000**	**1.000**	**500**	**80**	**0.033**
Project 31	**200**	**2.000**	**1.000**	**95**	**0.059**
Project 32	**500**	**200**	**1.000**	**95**	**0.016**
Project 33	**500**	**200**	**1.000**	**95**	**0.033**

شکل-۴ نمونه هیستوگرام ارزش خلق شده پروژه‌ها



در اینجا با استفاده از نمودار پراکندگی ارزش خلق شده پروژه‌ها، ارزش در معرض خطر شرطی هر پروژه به عنوان ریسک تجمیعی آن پروژه محاسبه می‌گردد. قاعدتاً اگر ریسک را یک خروجی هر پروژه تحقیق و توسعه بدانیم، این خروجی قطعا نامطلوب است. مدل ارائه شده در شکل ۵ نمایش داده شده است.

شکل-۵ مدل ورودی-خروجی پروژه‌های تحقیق و توسعه



همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، ورودی هر پروژه نفر-ساعت، هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر پروژه می‌باشد و ارزش خلق شده به عنوان خروجی مطلوب و ریسک به عنوان خروجی نامطلوب پروژه در نظرگرفته می‌شوند. حال با استفاده از روش شکل ۴ تابع توزیع احتمال کارایی هر پروژه ترسیم می‌گردد. برای درک بهتر دو مورد خروجی در شکل ۶ نمایش داده شده است.

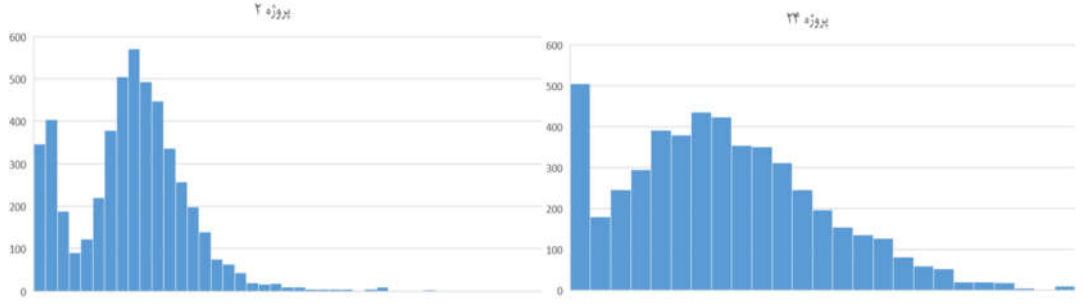
حال برای مقایسه و در نهایت تعیین اولویت انتخاب پروژه‌ها شاخص‌های زیر را محاسبه می‌کنیم:

- احتمال کارا بودن (p): تعداد دفعاتی که در شبیه‌سازی کارایی پروژه برابر یک شده باشد تقسیم بر تعداد دفعات شبیه‌سازی. قاعدتا پروژه‌هایی که با احتمال بالاتری کارا هستند در اولویت انتخاب هستند. در واقع در اینجا بجای فاصله از مرز کارا، از احتمال کارایی استفاده می‌کنیم.
- میانگین توزیع (m): هرچه میانگین مجموعه کارایی یک پروژه به عدد یک نزدیک‌تر باشد، اولویت انتخاب پروژه بالاتر است.
- انحراف معیار (Std): نشان دهنده میزان پراکندگی کارایی پروژه می‌باشد. به عبارت دیگر کارایی پروژه تا چه میزان حول میانگین تغییر می‌کند. بین دو پروژه با میانگین کارایی مشابه، آنکه انحراف معیار کمتری دارد، دامنه پراکندگی هم دارد لذا با اطمینان بیشتری می‌توان بر روی کارایی آن حساب کرد.
- چولگی یا گشتاور سوم (s): نشان دهنده میزان عدم تقارن توزیع احتمالی است. اگر داده‌ها نسبت به میانگین متقارن باشند، چولگی برابر صفر خواهد بود. چولگی مثبت نشان‌دهده تمایل توزیع به عددهای بزرگتر (راست) و چولگی منفی نشان دهنده تمایل به عددهای کمتر (چپ) می‌باشد. قاعدتا هرچه چولگی تابع توزیع کارایی پروژه مثبت‌تر باشد، اولویت انتخاب پروژه بالاتر است.

حال با استفاده از فرمول ساده زیر اولویت انتخاب پروژه‌ها را تعیین می‌کنیم:

فرمول ۶ $$Proprity = \frac{(p+m)\times s}{Std}$$

شکل -۶ توزیع فراوانی کارایی دو نمونه از پروژه‌ها



نتیجه رتبه بندی پروژه‌ها در جدول -۲ نمایش داده شده است. در این جدول پروژه‌ها از بالا به پایین به ترتیب اولویت درج شده‌اند. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، پروژه ۲۹ در تمامی‌شرایط کارا بوده است و طبیعتاً در صدر جدول قرار می‌گیرد و در زیر آن پروژه‌هایی که کمابیش با احتمال بالا کارا هستند قرار دارند.

جدول-۲ رتبه بندی پروژه‌ها

Project	*Probability of Being in Efficient Frontier*	*Mean Efficiency*	*Standard Deviation*	*Skewness*	*Priority Index*
Project 29	1.000	1.000	0.000	N/A	N/A
Project 03	0.831	0.956	0.124	3.302	47.699
Project 20	0.856	0.946	0.156	2.981	34.370
Project 25	0.389	0.843	0.200	1.610	9.909
Project 17	0.427	0.826	0.233	1.588	8.557
Project 26	0.331	0.735	0.266	0.608	2.441
Project 31	0.199	0.740	0.206	0.267	1.216
Project 28	0.081	0.670	0.210	0.223	0.797
Project 33	0.217	0.657	0.283	0.224	0.691
Project 04	0.000	0.240	0.111	0.237	0.512
Project 7	0.000	0.117	0.060	0.230	0.451
Project 22	0.307	0.595	0.364	0.069	0.172
Project 09	0.001	0.321	0.172	-0.046	-0.086
Project 15	0.048	0.536	0.237	-0.094	-0.233
Project 05	0.001	0.349	0.188	-0.171	-0.319
Project 10	0.000	0.154	0.070	-0.169	-0.372
Project 13	0.000	0.102	0.062	-0.298	-0.488
Project 14	0.007	0.378	0.218	-0.294	-0.518
Project 01	0.000	0.011	0.005	-0.263	-0.537
Project 18	0.027	0.443	0.261	-0.323	-0.582
Project 30	0.135	0.548	0.290	-0.284	-0.670
Project 12	0.000	0.173	0.098	-0.395	-0.699
Project 24	0.002	0.372	0.184	-0.478	-0.972
Project 32	0.063	0.587	0.221	-0.348	-1.021
Project 11	0.000	0.290	0.169	-0.666	-1.145
Project 23	0.000	0.291	0.178	-0.836	-1.368
Project 19	0.000	0.065	0.048	-1.014	-1.380
Project 16	0.000	0.105	0.093	-1.224	-1.388
Project 06	0.000	0.045	0.036	-1.131	-1.422
Project 02	0.000	0.011	0.005	-0.760	-1.577
Project 08	0.000	0.061	0.027	-2.064	-4.612
Project 21	0.000	0.082	0.024	-2.125	-7.193
Project 27	0.000	0.085	0.020	-1.941	-8.226

۸- نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین ایرادهای وارده به تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری کارایی واحدهای کاری عدم در نظر گرفتن عدم قطعیت در اندازه‌گیری داده‌ها و همچنین عدم قطعیت عملکرد درونی واحدهای کاری می‌باشد. به همین منظور رویکردهای مختلف فازی، استوار و تصادفی در پیاده‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است. تمرکز تحقیق بروی تحلیل پوششی داده‌های تصادفی می‌باشد. مرور فعالیتهای قبلی نشان می‌دهد که تقریبا تمامی تلاشها بروی تبدیل یک صورت مسئله تصادفی به صورت مسئله قطعی بوده است. در این تحقیق تلاش شده تا ماهیت تصادفی اتفاقات در عملکرد واحدهای کاری، با استفاده از برنامه نویسی کامپیوتری شبیه‌سازی شود. در روش ارائه شده برای سادگی، ورودی‌ها قطعی در نظر گرفته شده‌اند و خروجی‌ها با توجه به تصادفی بودن ماهیت عملکرد واحدها دارای تابع توزیع فراوانی مشخصی می‌باشند. نتیجه روش ارائه شده با تحقیق‌های قبلی تفاوت ریشه‌ای دارد به صورتی که بجای عددهای قطعی، تابع توزیع فراوانی کارایی برای واحدها محاسبه می‌شود. این رویکرد اجازه می‌دهد تا با استفاده از روشهای آماری استاندارد، توابع توزیع فراوانی با توجه به صورت مساله پیش رو بررسی و مورد مقایسه قرار بگیرند. در کاربرد تجربی روش ارائه شده در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه مفهوم جدید به نام احتمال کارا بودن ارائه شده است. این شاخص نشان می‌دهد تحت شرایط مختلف که بطور تصادفی در واحدها (پروژه‌های تحقیق و توسعه) رخ می‌دهد، تا چه میزان این احتمال وجود دارد که یک واحد (پروژه) مشخص در مرز کارا قرار بگیرد. در این کاربرد تجربی از ترکیب احتمال کارا بودن و گشتاورهای اول تا سوم توابع توزیع احتمال کارایی، پروژه‌های تحقیق و توسعه جهت انتخاب رتبه‌بندی شدند. نتایج عملی این تحقیق نشان می‌دهد که روش ارائه شده برای انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه به بطور کلی برای انتخاب پورتفولیو در شرایط عدم اطمینان از کاربرد خوبی برخوردار می‌باشد.

فهرست منابع

[1] M. J. Farrell، "The Measurement of Productive Efficiency،" Journal of Royal Society ، vol. 120، no. A، pp. 253-281، 1957.

[2] A. Charnes، W. W. Cooper and E. Rhodes، "Measuring the Efficiency of decision Making Units،" *European Journal of Operational Research*، vol. 2، pp. 429-444، 1978.

[3] H. Dyckhoff and K. Allen، "Measuring ecological efficiency with data envelop analysis،" *European Journal of Operation Research*، vol. 132، pp. 312-325، 2001.

[4] N. Adler and B. Golnay، "Evaluation of deregulated airline networks using data envelop analysis combined with principal component analysis with in Western Europe،" *European Journal of Operation Research*، vol. 132، pp. 260-273، 2001.

[5] W. C. A. Charnes، "Chance Constrained Programming،" *Management Science*، pp. 73-79، 1959.

[6] K. K. L. ،. S. T. Land، "Chance-Constrained Data Envelopment Analysis،" *Journal of Managerial and Decision Economics*، vol. 14، 1993.

[7] Z. H. S. X. L. WW Cooper، "Satisficing DEA models under chance constraints،" *Annals of operations research*، vol. 66، no. 4، pp. 279-295، 1996.

[8] A. C. a. W. W. C. Banker R.، "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis،" *Management Science*، vol. 30، pp. 1078-1092 ، 1984.

[9] H. D. Z. H. S. L. WW Cooper، "Chance constrained programming approaches to technical efficiencies and inefficiencies in stochastic data envelopment analysis،" *Journal of the Operational Research Society*، vol. 53، no. 12، pp. 1347-1356، 2002.

[10] M. D. J. P. M. ،. T. W. J. Fethi، "An Empirical Study of Stochastic DEA and Financial Performance: the Case of the Turkish Commercial Banking Industry،" Efficiency and Productivity Research Unit، University of Leicester.، 2001.

[11] M. D. J. P. M. ،. T. W. J. Fethi، "European Airlines: A Stochastic DEA Study of Efficiency With Market Liberalisation،" Efficiency and Productivity Research Unit، University of Leicester، 2001.

[12] T. W. Jones، "Stochastic Non-parametric Efficiency Measurement and Yardstick Competition in Electricity Regulation،" Loughborough University Working Papers، 2001.

[13] J. a. S. Shang، "A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system،" *European Journal of Operation Research*، vol. 85، no. 2، pp. 297-315، 1995.

[14] T. Y. Chen، "A Comparision of Chance-Constrianed DEA and Stochastic

[21] M. E. B. P. Beraldi، "Data Envelopment Analysis under Uncertainty and Risk،" *International Journal of Computer، Electrical، Automation*، vol. 6، no. 6، pp. 811-816، 2012.

[22] M. K. A. P. M. N. Abbas Ali Noora، "Common Set of Weights Approach in Stochastic DEA and its Application to Chief Executive Officers of US Public Banks and Thrifts،" in *The First Regional Conference on the Advanced Mathematics and Its Applications*، Mobarakeh، Iran، 2012.

[23] Y. L. ،. Q. L. ،. K. W. Chong Wua، "A stochastic DEA model considering undesirable outputs with weak disposability،" *Mathematical and Computer Modelling*، vol. 8، p. 980–989، 2013.

[24] M. E. B. &. P. B. Gianpaolo Iazzolino، "Using DEA and financial ratings for credit risk evaluation: an empirical analysis،" *Applied Economics Letters*، 2013.

[25] N. C. P. OleB Olesen، "Stochastic Data Envelopment Analysis—A review،" *European Journal of Operational Research*، vol. 251، pp. 2-21، 2016.

[26] T. Linsmeier and N. D. Pearson، "Value at Risk.،" *Financial Analysts Journal*، vol. 56، no. 2، pp. 47-67، 2000.

[27] R. Rockafellar and S. Ursayev، "Optimization of Conditional Value-at-Risk،" *The Journal of Risk*،، vol. 2، no. 3، pp. 21-41، 2000.

Frontier Analysis: Bank Efficiency in Taiwan،" *Journal of The Operational Research Society*، vol. 53، 20025.

[15] J. B. ،. K. G. Alam، "Stochastic Data Envelopment Analysis Based on Choice Theoretic Approach to Analyze Interaction between Transportation and Economic Development،" in *86th Annual Meeting of Transportation Research Board*، Washington، USA.، 2005.

[16] A. ،. E. T. Kasman، "A Comparison of Chance-Constrained Dea and Stochastic Frontier Analysis: an Application to the Turkish Life Insurance Industry،" in *8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi* ، Malatya، Turkey، 2007.

[17] J. a. S. Shang، "A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system،" *European Journal of Operation Research*، vol. 85، no. 2، pp. 297-315، 1995.

[18] ص. م. و. ا. خویینی، "تعیین و پیش بینی کارایی شعب بانک ملت استان قزوین با استفاده از روش تحلیل پوششی داه تصادفی، "*دانش مدیریت*، vol. 64، 1383.

[19] F. H. e. a. Lotfi، "Congestion in Stochastic DEA for Restructure Strategy:An Application to Iranian Commercial Banks،" *International Mathematical Forum*، vol. 2، 2007.

[20] C.-G. L. Desheng Wua، "Stochastic DEA with ordinal data applied to a multi-attribute pricing problem،" *European Journal of Operational Research*، vol. 207، p. 1679–1688، 2010.

[28] J. Aparicio، J. Pastor and J. Zofio، "How to properly decompose economic efficiency using technical and allocative criteria with non-homothetic DEA technologies،" *Journal of Operational Research*، vol. 3، pp. 822-891، 2015.

[29] S. Hora، "Probability judgments for continuous quantities: Linear combinations and calibration،" *Management Science*، vol. 50، no. 5، pp. 597-604، 2004.

[30] S. C. Hora، "Eliciting probabilities from experts،" in *Advances in Decision Analysis: From Foundations to Applications*، W. Edwards، R. F. Miles and D. Von Winterfeldt، Eds.، Cambridge، Cambridge University Press، 2007، pp. 53-129.

[31] M. Namazi، "Technological Capability Building in the Satellite Communications Industry in Iran،" in *The Development of Science and Technology in Iran: Policies and Learning Frameworks*، New York، Palgrave Macmillan، 2017، pp. 203-224.