



توسعه روش هوش مصنوعی ماشین برداری پشتیبان در مدیریت ریسک و پیش‌بینی شاخص سودآوری پروژه های صنعتی و معدنی

^۱ حسین بدیعی

^۲ مهیار یوسفی

^۳ رئوف غلامی

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۳/۰۹

چکیده

در سال‌های اخیر روش‌های هوش مصنوعی با نشان دادن قابلیت‌های خود در حل مشکلات مختلف، توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده‌اند. ماشین برداری پشتیبان یکی از این روش‌های هوش مصنوعی است که از قابلیت بالایی در پیش‌بینی و طبقه‌بندی داده‌ها برخوردار است. در همین راستا، مقاله حاضر با هدف استفاده توأم از شبیه‌سازی و هوش مصنوعی، به کاربرد آنها در مدیریت و تحلیل ریسک فرآیند مالی سیستم‌های اقتصادی در شرایط غیر قطعی با نگرش ویژه به پیش‌بینی و شبیه‌سازی فرآیند مالی واحد صنعتی و معدنی گرانت جاج استان خراسان جنوبی پرداخته است. مطالعه انجام شده نشان می‌دهد که اگر در بررسی فنی و اقتصادی سیستم‌های صنعتی و معدنی، به خصوص در مواردی که پارامترها مربوط به آینده هستند از تکنیک شبیه‌سازی در کنار ماشین برداری پشتیبان استفاده شود نتایج واقع‌بینانه‌تری به دست آمده و ریسک تصمیم‌گیری کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: مدیریت ریسک، شبیه‌سازی، هوش مصنوعی، ماشین برداری پشتیبان، مدیریت مالی، ارزش فعلی خالص.

^۱ مربی، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار (مسئول مکاتبات)

badiehossein@yahoo.com

^۲ دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود، M.Yousefi.Eng@gmail.Com

^۳ دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود، Raouf.Gholami@Shahroodut.ac.ir

۱- مقدمه

پیش بینی پارامترهای غیرقطعی پروژه‌های سرمایه‌گذاری همواره با ریسک و خطا همراه است، بنابراین در صورت عدم به کارگیری یک روش مناسب، ممکن است یک پروژه اقتصادی، غیر اقتصادی و یک پروژه غیراقتصادی، اقتصادی تلقی شده و باعث هدر رفتن سرمایه و زمان گردد. بنابراین، لزوم پیش بینی و ارزیابی دقیق شاخص‌های اقتصادی احساس می‌گردد. تصمیم‌گیری در پروژه‌های سرمایه‌گذاری ممکن است تحت شرایط معین و معلوم و یا تحت شرایط احتمالی و غیرقطعی گرفته شود که در هر مورد روش‌هایی برای تجزیه و تحلیل و اخذ تصمیم وجود دارد [۱]. یکی از تصمیم‌هایی که یک مدیر باید اتخاذ کند، تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌ها و یا توسعه یک سیستم است. اینکه سرمایه‌گذاری در کدام پروژه ریسک کمتری را در بر خواهد داشت یکی از چالش‌های مدیریتی است [۲]. از آنجا که در بررسی فنی و اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری، پارامترهای مربوط به آینده نیز دخالت دارند بنابراین باید این متغیرها مورد پیش بینی قرار گیرند تا تغییرات آینده پارامترهای غیرقطعی نیز مورد توجه قرار گرفته و در محاسبات منظور گردد [۲]، [۳]. روش‌های هوش مصنوعی از جمله روش‌هایی هستند که نتایج حاصله از آن‌ها از دقت و صحت بالایی برخوردار می‌باشد. روش ماشین‌بُرداری پشتیبان^۱ (SVM) یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر توسط متخصصین الکترونیک و هوش مصنوعی ارائه گردیده است. ماشین‌بُرداری پشتیبان یکی از روش‌های شناسایی الگو و طبقه‌بندی داده‌ها می‌باشد که از قدرت تعمیم‌دهی بالا و همچنین توانمندی خوبی در مقابله با نویز و کمبود داده‌ها برخوردار است. این روش با بررسی دقیق پارامترهای تاثیر گذار و تشکیل فضای بُرداری ویژه، پیش‌بینی دقیق تری را در خروجی مدل ارائه می‌دهد. با توجه به مشکلات موجود در طرح‌های توجیهی سرمایه‌گذاری صنعتی و معدنی که در آن‌ها بسیاری از پارامترها از قبیل قیمت فروش، حجم فروش و ... مرتبط به آینده و غیر قطعی بوده که در نهایت در شاخص سودآوری سرمایه‌گذاری نقش داشته و حتی می‌توانند یک پروژه سودآور را به یک پروژه غیر اقتصادی تبدیل کنند، استفاده از یک روش هوشمند مانند ماشین‌بُرداری پشتیبان الزامی به نظر می‌رسد.

یکی از روش‌های پیش بینی متغیرهای مربوط به آینده، شناسایی الگوی تغییرپذیری این پارامترهای دارای عدم قطعیت بوده که با تکیه بر الگوریتم‌های قدرتمند، با خطای کم

قابل اجراست. روش ماشین برداری پشتیبان یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر توسط متخصصین هوش مصنوعی ارائه گردیده است. این روش با بررسی دقیق پارامترهای تاثیر گذار و تشکیل فضای برداری ویژه، پیش‌بینی دقیق‌تری را در خروجی مدل ارائه می‌دهد. با توجه به مشکلات موجود در طرح‌های سرمایه‌گذاری که در آن‌ها بسیاری از پارامترها غیرقطعی می‌باشند، استفاده از روش‌های هوشمندی مانند ماشین برداری پشتیبان ضروری به نظر می‌رسد. این شبکه‌ها با تکیه بر درک پیچیدگی‌های موجود بین ورودی و خروجی یک سیستم می‌توانند نتایج قابل قبولی را ارائه نمایند. ماشین برداری پشتیبان یکی از روش‌های قدرتمند هوش مصنوعی است که در سال ۱۹۹۰ توسط ولادمیر وپنایک ارائه شده و قابلیت خود را در مسائل پیش‌بینی سیستم‌های غیرخطی به اثبات رسانیده است [۴]. نتایج نشان می‌دهد که این روش از قدرت تعمیم‌دهی بالا و همچنین توانمندی خوبی در مقابله با نویز و کمبود داده‌ها برخوردار است [۵]، [۶]، [۷]، [۸]. در مطالعه حاضر، امکان استفاده از تلفیق نتایج شبیه‌سازی و روش ماشین برداری پشتیبان در حالت عدم قطعیت به منظور مدیریت ریسک و پیش‌بینی شاخص سودآوری پروژه‌های سرمایه‌گذاری صنعتی و معدنی با نگرش ویژه به بررسی و تحلیل فرآیند مالی واحد صنعتی معدنی گرانت جاج استان خراسان جنوبی، شبیه‌سازی و پیش‌بینی آینده اقتصادی آن به منظور تحلیل ریسک، به عنوان یک مطالعه موردی بررسی می‌شود. با در نظر گرفتن این شرایط در واقع به دو سوال (۱) چگونه می‌توان از روش ماشین برداری به عنوان یک روش بهبود یافته در پیش‌بینی پارامترهای غیرقطعی سیستم‌های اقتصادی و شاخص‌های سودآوری نظیر ارزش خالص فعلی استفاده کرد؟ و (۲) آیا این روش می‌تواند به خوبی میزان ارزش خالص فعلی را پیش‌بینی نماید؟ جواب داده شده است.

۲- مبانی نظری

۲-۱- ماشین برداری پشتیبان

در مبحث شناسایی الگو، الگوریتم ماشین برداری پشتیبان، توابع تصمیم‌گیری غیرخطی را از طریق طبقه‌بندی کننده‌ای که قادر است داده‌ها را در فضای بالا تر دسته‌بندی نماید، می‌سازد. برای تعمیم الگوریتم SVM به تخمین‌های رگرسیونی، یک حاشیه مشابه در فضای مقادیر هدف (y) توسط تابع جریمه وپنایک^۲ (ε) ساخته می‌شود.

$$\| -f(x) \|_{\varepsilon} := \max \{0, |y - f(x)| - \varepsilon\} \quad (1)$$

با توجه به شرایط بیان شده، برای تخمین یک رگرسیون گر خطی معادله ۲ وجود دارد

$$f(x) = (w \cdot x) + b \quad (2)$$

که با در نظر گرفتن دقت و خطای مدل می‌توان نوشت

$$\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^m |y - f(x)|_{\varepsilon} \quad (3)$$

و با توجه به محدودیت‌های موجود برای مسئله بیان شده، وجود دارد

$$L(w, \xi, \xi') = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N (\xi_i + \xi'_i) \quad (4)$$

$$\begin{cases} y_i - w^T x - b \leq \xi_i + \varepsilon & (5) \\ y_i + w^T x + b \leq \xi'_i + \varepsilon & (6) \\ \text{Subject to } \begin{cases} y_i - w^T x - b \leq \xi_i + \varepsilon & (5) \\ y_i + w^T x + b \leq \xi'_i + \varepsilon & (6) \\ \xi_i, \xi'_i, x_i \geq 0 & (7) \end{cases} \end{cases}$$

این معادلات برای

تمامی مقادیر $i = 1, \dots, m$

برقرار است. باید توجه داشت که بر اساس معادلات ۵ و ۶ هر خطایی کمتر از ε به مقادیر غیر صفر ξ_i و ξ'_i نیازی ندارد و در تابع هدف معادله ۴ جای نمی‌گیرد. با در نظر گرفتن تابع لاگرانژ برای حل مسئله بهینه سازی فوق، معادله ۴ به حالت مسئله ۸ تبدیل می‌شود. در این حالت سعی می‌شود تا تابع معادله ۸ بیشینه گردد.

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\alpha_i - \alpha'_i) x_i^T x_j (\alpha_i - \alpha'_j) + \sum_{i=1}^N ((\alpha_i - \alpha'_i) y_i - (\alpha_i + \alpha'_i) \varepsilon) \quad (8)$$

$$\text{Subject to } 0 \leq (\alpha_i - \alpha'_i) \leq C \quad (9)$$

که در این شرایط، X_i تنها در فرآیند ضرب داخلی ظاهر می‌شود. جهت نشان دادن بهتر داده‌ها، می‌توان داده‌ها را به فضای بالاتر که به فضای ویژگی (فضای هیلبرت) معروف است، انتقال داد که در این حالت جابجایی معادله ۱۰ اتفاق می‌افتد.

$$x_i, x_j \rightarrow \phi(x_i), \phi(x_j) \quad (10)$$

در این شرایط، مقدار $\phi(x_i)$ به خوبی از طریق به کارگیری یک کرنل مناسب که در فضای بالا به طبقه‌بندی داده‌ها می‌پردازد، معرفی می‌شود در حالی که فضای ورودی هنوز در حالت غیرخطی حضور دارد. بنابراین، داده‌هایی که در فضای ورودی قابل جداسازی نیستند، در فضای هیلبرت از طریق یک کرنل مناسب مانند کرنل گوسین (RBF) قابل جداسازی خواهند شد. این کرنل به صورت معادله ۱۱ می‌باشد.

$$k(x_i, x_j) = e^{-\|x_i - x_j\|^2 / 2\sigma^2} \quad (11)$$

با توجه به شرایط بیان شده، تخمین رگرسیون به صورت رابطه ۱۲ بیان خواهد شد.

$$f_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\alpha_i - \alpha'_i) \phi(x_i)^T \phi(x_j) + b = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\alpha_i - \alpha'_i) K(x_i, x_j) + b \quad (12)$$

که در این رابطه، b از طریق در نظر گرفتن رابطه (۵) و (۶) محاسبه می‌شود. این معادله معادله اساسی ماشین برداری پشتیبان در فرآیند پیش بینی داده‌ها می‌باشد [۹].
[۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۴]، [۱۵].

۲-۲- شبیه سازی و برآورد مالی سیستم های اقتصادی

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 می‌پردازد [۱]. در این حالت با گذشت زمان و تغییر پارامترها، رفتار سیستم به کمک مدل شبیه سازی شده از آن بررسی می‌شود. هدف از شبیه سازی مدل، ارزیابی یک تابع هدف به ازای مقادیر مختلف متغیرهای ورودی است. در شبیه سازی خروجی به نوع تابع هدف است نه به صورت یک عدد بلکه به صورت یک دامنه از اعداد که خود می‌توانند به صورت یک تابع توزیع باشد. دلایل استفاده از شبیه سازی را می‌توان در (۱) مدل‌های ریاضی پیچیده هستند و حل آن‌ها در بسیاری از مواقع غیر ممکن است مگر اینکه با فرضیات حل شوند. (۲) مدل دارای پارامتر تصادفی دارای حل پیچیده است. (۳) وجود نرم افزارهای قوی و کامپیوترها باعث عمومیت و راحتی شبیه سازی شده است. (۴) مدل های ریاضی معمولاً "سیستم را به حالت پایدار در نظر می‌گیرند، دانست [۱۶].

در برآورد مالی سیستم های اقتصادی نیز که بسیاری از پارامترها مربوط به آینده می باشند و باید پیش بینی شوند، [۱] شبیه سازی بهترین روش برای تخمین پارامتر مورد نظر است تا خطا به حداقل رسیده و ریسک کاهش یابد. در این مورد استفاده از اطلاعات گذشته و حال می تواند به عنوان مبنایی برای تخمین و پیش بینی آینده قرار گیرد [۱۷]. به عنوان مثال می توان به میزان تقاضا برای تولید در آینده یا نرخ بازگشت سرمایه گذاری یا میزان ارزش خالص فعلی سرمایه گذاری اشاره کرد که آن ها پارامترهای غیرقطعی به عنوان یک متغیر تصادفی توسط یک تابع توزیع احتمالی تشریح می شوند [۱۸]، [۱۹]. بنابراین عدم قطعیت در هر یک از متغیرهای پروژه، نه به صورت یک عدد ثابت، بلکه به صورت یک تابع توزیع احتمالی، در هریک از سلول های جدول برآورد مالی قرار می گیرد و ارزیابی ریسک همراه با مقادیر مورد انتظار قابل محاسبه خواهد بود.

۳- الگوریتم اجرای تحقیق

۳-۱- فرآیند مالی واحد صنعتی جاج و ارزش خالص فعلی سرمایه گذاری آن در حالت قطعی

جدول ۱. جریان نقدینگی واحد صنعتی جاج (جدول D.C.F)

سال	تولید سالانه (تن)	ارزش فروش هر تن	درآمد مشمول مالیات	نقد رسیده	نقد رفته	جریان نقدینگی
۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۶۱۲۴۷	-۲۵۶۱۲۴۷
۱	۵۰۰۰	۵۵	۵۵۰۱۲۲	۸۴۹۷۳۳،۴	۰	۸۴۹۷۳۳،۴
۲	۵۰۰۰	۶۶	۸۸۴۵۴۳،۸۴	۹۸۱۴۰۶،۸۴۸	۰	۹۸۱۴۰۶،۸۵
۳	۵۰۰۰	۷۹،۲	۱۲۳۹۷۶۲	۱۱۵۳۲۴۱،۳۹	۰	۱۱۵۳۲۴۱،۴
۴	۵۰۰۰	۹۵،۰۴	۱۶۳۱۵۱۵،۴	۱۳۶۹۷۹۵،۳۷	۰	۱۳۶۹۷۹۵،۴

حسین بدیعی، مهیار یوسفی و ژلوف

۱۶۳۷۴۱۸	۰	۱۶۳۷۴۱۷,۹۹ ۱	...	۲۰۷۵۷۶۰	...	۱۱۴,۰۴۸	۵۰۰۰ .	۵
۱۹۱۴۳۸۳, ۸	۵۰۰۰۰	۱۹۶۴۳۸۳,۷۸ ۵	...	۲۵۸۹۴۵۸	...	۱۳۶,۸۵۶۷	۵۰۰۰ .	۶
۲۳۶۱۱۱۱, ۳	۰	۲۳۶۱۱۱۱,۲۵	...	۳۱۹۱۳۳۴	...	۱۶۴,۲۲۹۱	۵۰۰۰ .	۷
۲۸۴۰۴۶۷, ۶	۰	۲۸۴۰۴۶۷,۵۸ ۱	...	۳۹۰۲۶۴۰, ۵	...	۱۹۷,۰۷۴۹۴	۵۰۰۰ .	۸
۳۴۱۸۱۶۶	۰	۳۴۱۸۱۶۵,۹۸ ۴	...	۴۷۴۷۹۷۲, ۳	...	۲۳۶,۴۸۹۹۳	۵۰۰۰ .	۹
۴۱۱۳۲۶۶	۰	۴۱۱۳۲۶۵,۹۶ ۹	...	۵۷۵۶۱۶۴, ۱	...	۲۸۳,۷۸۷۹۱	۵۰۰۰ .	۱۰
۴۹۴۸۷۹۱, ۲	۰	۴۹۴۸۷۹۱,۱۸ ۸	...	۶۹۶۱۳۱۰, ۲	...	۳۴۰,۵۴۵۵۰	۵۰۰۰ .	۱۱
۵۹۵۲۴۸۳, ۹	۰	۵۹۵۲۴۸۳,۹۰ ۳	...	۸۴۰۳۹۴۴	...	۴۰۸,۶۵۴۶۰ ۳	۵۰۰۰ .	۱۲

واحد صنعتی جاج در شهرستان سربیشه استان خراسان جنوبی واقع است. در بررسی فنی و اقتصادی این واحد صنعتی در حالت قطعی ابتدا با توجه به میزان تولید سالیانه در نظر گرفته شده، هزینه های سالیانه، قیمت فروش و سایر پارامترهای فرآیند مالی ارزش خالص فعلی و نرخ بازگشت سرمایه محاسبه شده تا در نهایت با نتایج شبیه سازی و پیش بینی مقایسه گردد. در جدول شماره ۱ جریان نقدینگی مربوطه نشان داده شده است.

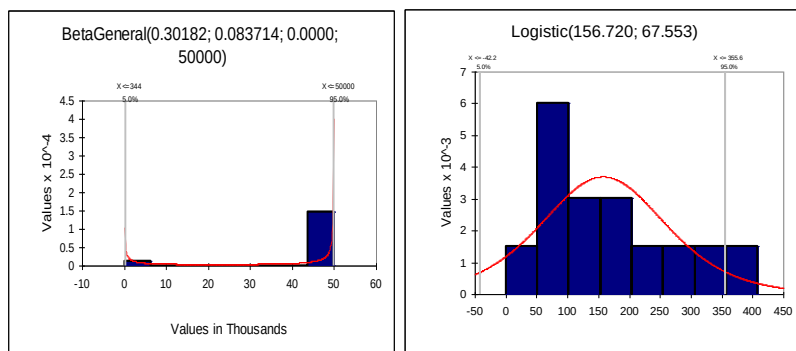
همان طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می شود جریان نقدینگی در ستون آخر قید شده و پارامترهایی از قبیل میزان تولید سالیانه، ارزش فروش و هزینه های جاری سالیانه برای تمام سال ها برابر فرض شده است. به هر حال با توجه به ردیف جریان نقدینگی و در نظر گرفتن حداقل نرخ جذب کننده ۲۵٪ میزان ارزش خالص فعلی برابر ۵۰۴۳۷۲۹۰۲ ریال محاسبه گردید. همچنین میزان نرخ بازگشت سرمایه^۳ در این حالت برابر ۳۱٪ به دست آمد.

۳-۲- پارامترهای غیر قطعی فرآیند مالی واحد صنعتی جاج

در بررسی واحد صنعتی جاج پس از مطالعه و بررسی پارامترهای فرآیند مالی، متغیرهای غیر قطعی، تورم میزان تولید و قیمت فروش تشخیص داده شدند. به منظور پیش بینی این پارامترها و به دست آوردن توابع توزیع مربوطه سعی شد تا از اطلاعات ۱۲ سال گذشته استفاده شود. با توجه به اطلاعات سال های مندرج در جدول ۱ و رسم هیستوگرام فراوانی و همچنین برازش منحنی توزیع برای هر یک از متغیرهای میزان تولید سالیانه و قیمت فروش، تابع توزیع مربوطه به ترتیب به صورت زیر به دست آمد. این توابع به همراه توزیع مربوطه در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده اند.

Logistic (156.720; 67.553)

RiskBetaGeneral (0.3082; 0.083714; 0.0000; 50000) و



شکل ۳. تابع توزیع مربوط به تولید سالیانه

شکل ۲. تابع توزیع مربوط به قیمت فروش

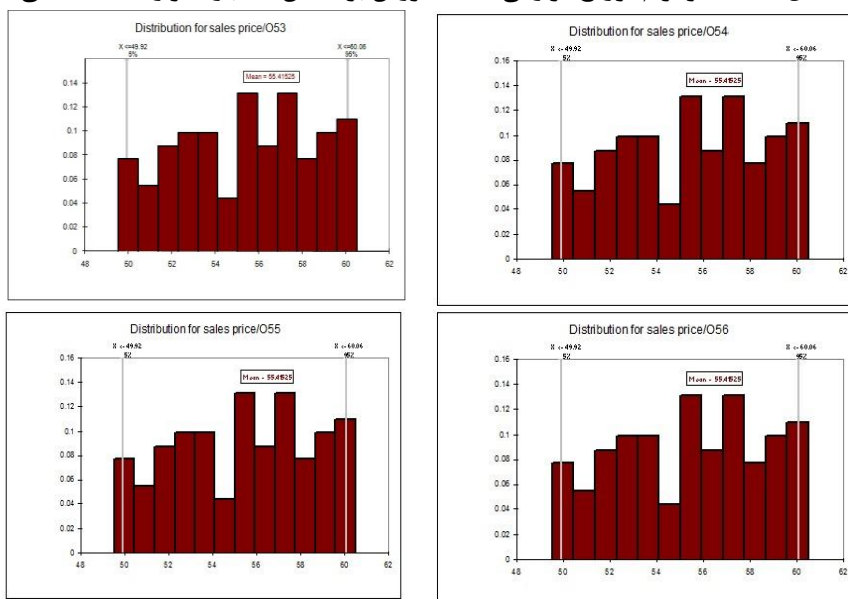
پس از این مرحله در جدول شماره ۱ به جای قرار دادن اعداد ثابت، برای میزان تولید و قیمت فروش در سلول های مربوطه، توابع توزیع به دست آمده جاگذاری شد.

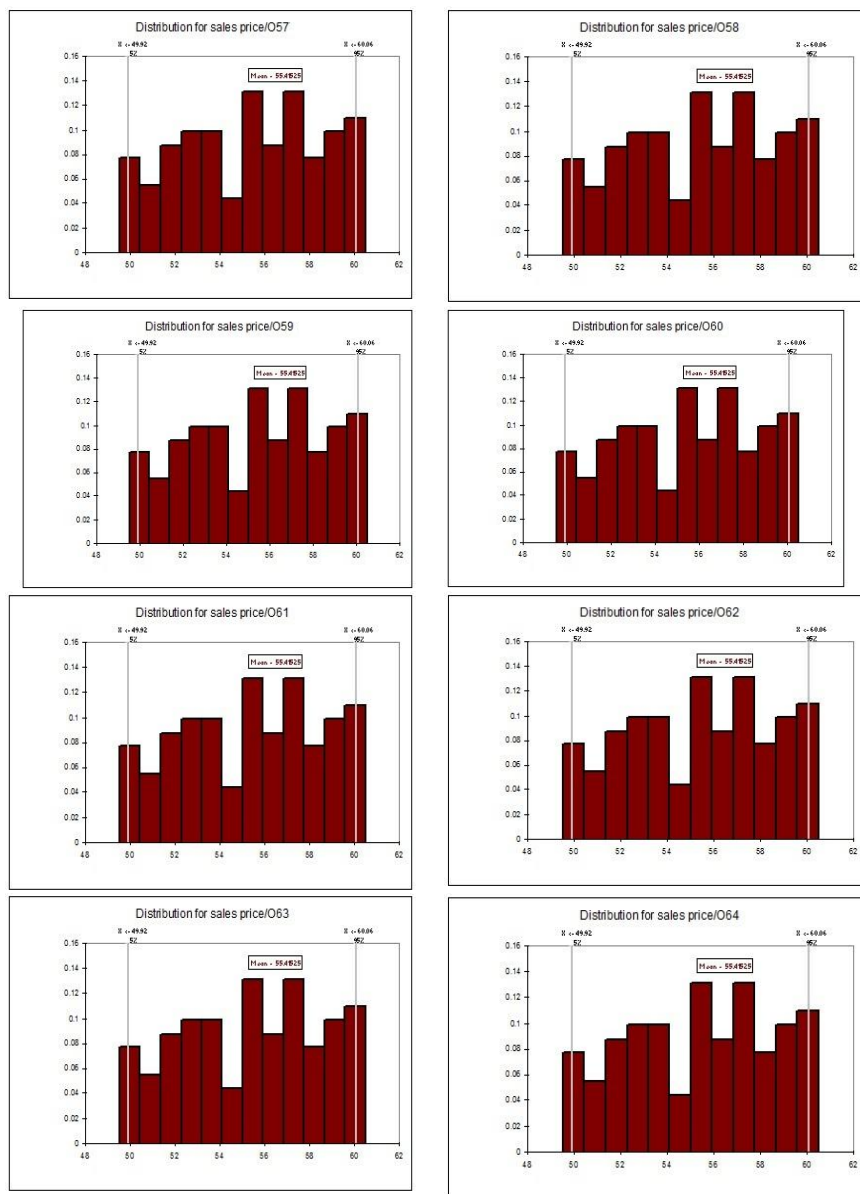
۳-۳- شبیه سازی فرآیند مالی واحد صنعتی جاج

به منظور اجرای شبیه سازی و بررسی تغییرات ارزش خالص فعلی، با توجه به تغییرات پارامترهای ورودی در آینده، باید بر اساس توابع توزیع به دست آمده، برای هر یک از پارامترهای غیرقطعی اعداد تصادفی تولید نمود. بنابراین با تولید اعداد تصادفی می توان تغییرپذیری ارزش خالص فعلی را براساس تغییرات تورم، میزان تولید و قیمت فروش بررسی کرد. در این حالت در هر بار نمونه گیری مشاهده می شود که تولید اعداد تصادفی

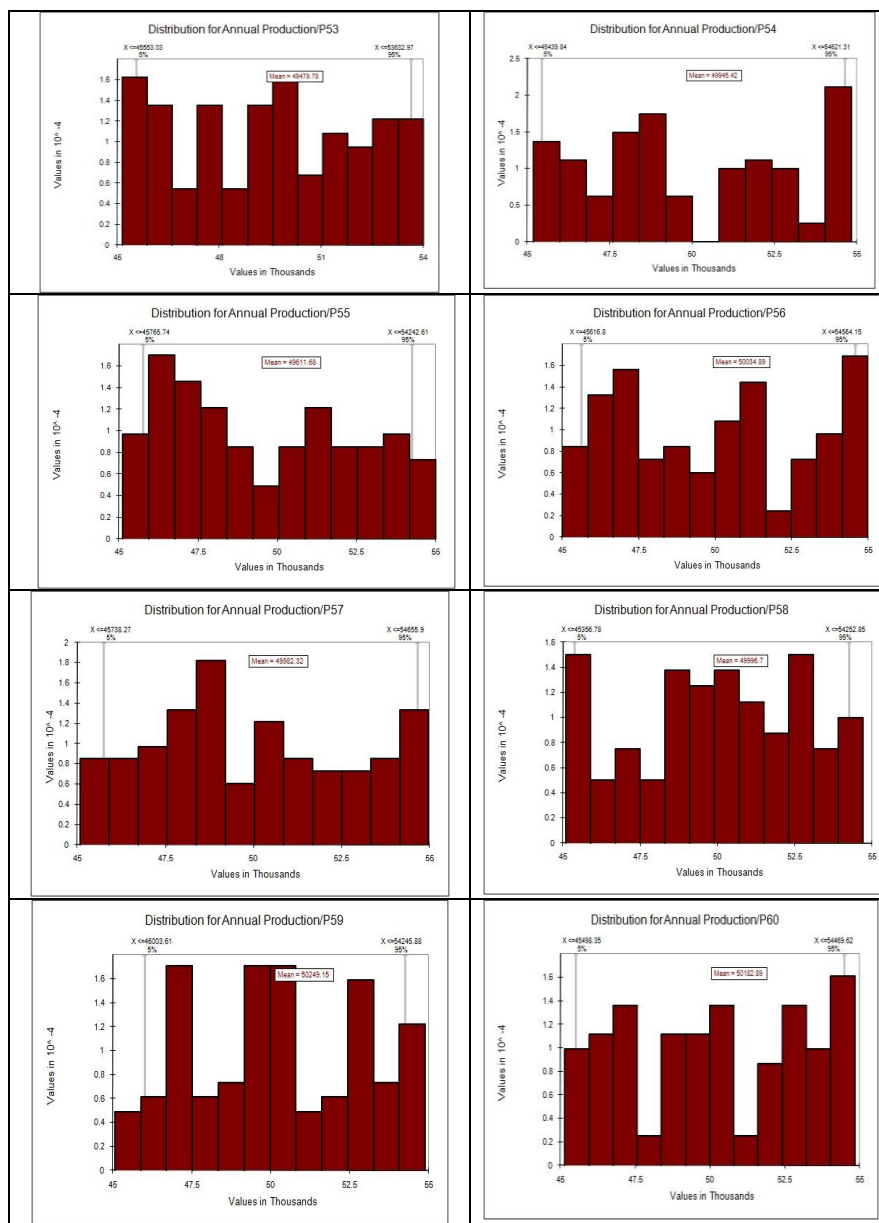
برای پارامترهای غیرقطعی تکرار شده و از آنجایی که سلول‌های جدول جریان نقدینگی به هم وابسته هستند، براساس اعداد جدید ارزش خالص فعلی دوباره محاسبه خواهد شد. در مورد فرآیند مالی واحد صنعتی جاج پس از وارد کردن توابع توزیع ابتدا سلول‌های دارای عدم قطعیت به عنوان ورودی‌های شبیه‌سازی انتخاب شدند سپس سلول مشخصه مقدار ارزش خالص فعلی به عنوان خروجی شبیه‌سازی انتخاب گردید. پس از مشخص نمودن سلول‌های ورودی و خروجی به منظور اجرای شبیه‌سازی ۱۰۰ تکرار برای ۱ بار شبیه‌سازی در نظر گرفته شد با انجام این محاسبات ۱۰۰ مقدار برای ارزش خالص فعلی (با توجه به ۱۰۰ بار نمونه‌گیری تصادفی از سلول‌های دارای عدم قطعیت با استفاده از توابع توزیع مربوطه) به دست آمد. در شکل ۴ و ۵ به ترتیب توابع توزیع مربوط به پارامترهای قیمت فروش و ارزش خالص فعلی که پس از ۱۰۰ بار تولید عدد تصادفی به دست آمده‌اند، نشان داده شده است.

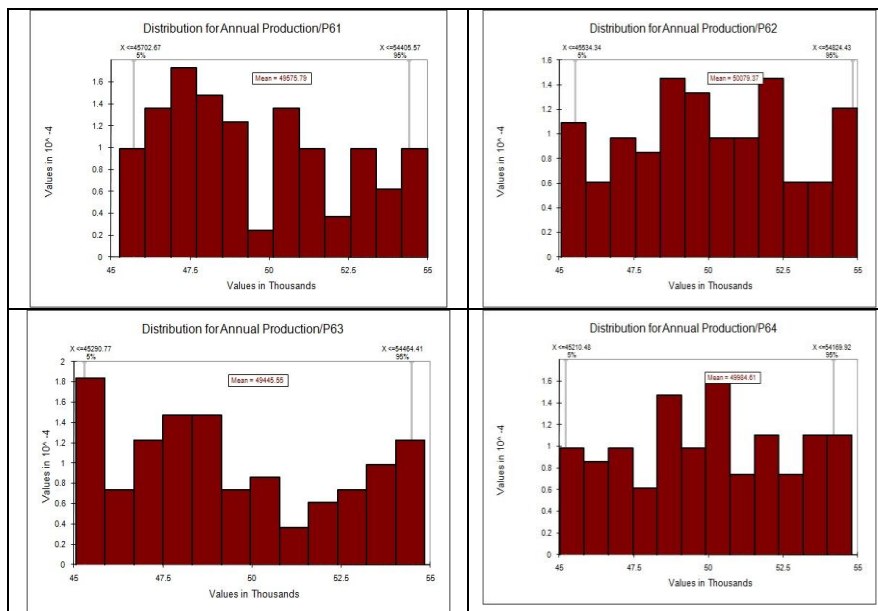
شکل ۴: هیستوگرام توزیع فراوانی قیمت فروش بر اساس ۱۰۰ بار تکرار عدد تصادفی



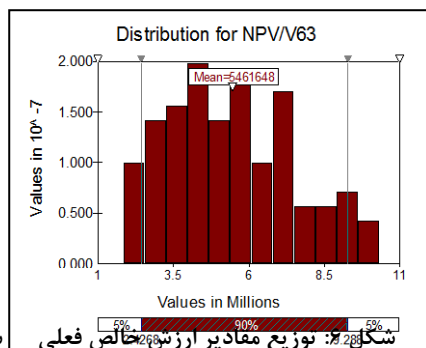
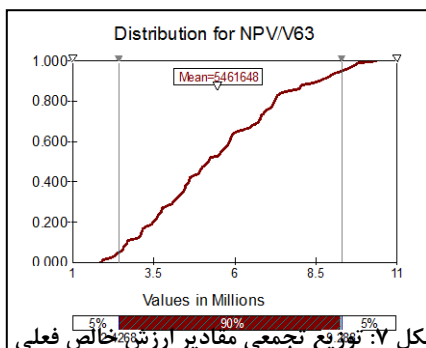


شکل ۵: هیستوگرام توزیع فراوانی تولید سالیانه بر اساس ۱۰۰ بار تکرار عدد تصادفی





در نهایت با توجه به مقادیر به دست آمده، هیستوگرام مربوط به ارزش خالص فعلی رسم گردید. در شکل ۶ هیستوگرام توزیع مقادیر ارزش خالص فعلی مربوط به خروجی سیستم شبیه سازی شده و در شکل ۷ توزیع تجمعی آن نشان داده شده است.



شکل ۷: توزیع تجمعی مقادیر ارزش خالص فعلی

شکل ۸: توزیع مقادیر ارزش خالص فعلی

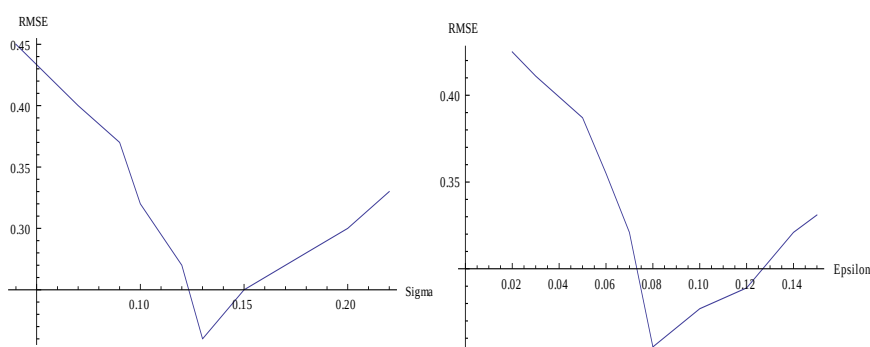
حسین بدیعی، مهیار یوسفی و ژنوف

همان‌طور که در نمودارهای شکل های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود روند تغییرات ارزش خالص فعلی برای ۱۰۰ بار نمونه‌گیری قابل بررسی است. با رسم هیستوگرام فراوانی و جدول مربوط به پارامترهای آماری برای مجموعه تکرارها، می‌توان درصد مواقعی را که ارزش خالص فعلی مقادیر مختلفی را به خود می‌گیرد مشاهده نمود و حتی درصد مواقعی را که ارزش خالص فعلی منفی می‌شود را بررسی کرد و با توجه به نتایج آن در تصمیم‌گیری برای اجرای پروژه یا عدم اجرای آن دقت لازم را به عمل آورد. با توجه به مطالعه موردی صورت گرفته در جدول جریان نقدینگی واحد صنعتی- معدنی گرانت جاج، طبق نمودارها و جداول به دست آمده مشاهده می‌شود که هیچ گاه مقدار ارزش خالص فعلی منفی نخواهد شد. با انجام اعمال فوق در واقع این سیستم برای ۱۰۰ بار تکرار (۱۰۰ حالت ممکن پیش بینی شده برای آینده) شبیه سازی شده است. نتایج شبیه سازی نسبت به پارامترهای ورودی حساس هستند. مثلاً اگر در مدل فوق توزیع تولید یا هزینه تغییر کند ممکن است در خروجی، ارزش خالص فعلی به نحو بارزی تغییر نشان دهد. بنابراین باید در مورد نحوه تغییرات ورودی‌ها در یک سیستم دقت لازم به عمل آید تا بهترین توزیع برای ورودی در نظر گرفته شود. همان‌طور که قبلاً نیز به این نکته اشاره شد با توجه به داده‌های تنها ۱۲ ساله این واحد صنعتی، توزیعات برازش شده بهترین برازش‌های ممکن هستند.

۴- نتایج تحقیق حاصل از پیاده سازی ماشین برداری پشتیبان

در فرآیند پیش بینی ارزش خالص فعلی که در مطالعه حاضر بر اساس دو معیار قیمت فروش و تولید سالیانه می‌باشد از ۱۰۰ داده حاصل از شبیه سازی برای پارامترهای فوق استفاده شد. در واقع، ارزش خالص فعلی به عنوان مقدار خروجی و قیمت فروش و تولید سالیانه به عنوان پارامترهای ورودی در نظر گرفته شدند. در این راستا، ۷۰ داده به صورت تصادفی به فرآیند آموزش و ۳۰ داده به فرآیند آزمون اختصاص داده شدند. فرآیند تعیین اعتبار نیز بر اساس روش یکی خارج ۴ (LOO) صورت گرفت زیرا این نوع از تعیین اعتبار هیچ گونه بایاسی را به مدل سازی تحمیل نمی‌کند [۲۰]. از آنجا که ماشین برداری غیرخطی برای مدل سازی و پیش بینی در نظر گرفته شد، انتخاب یک کرنل مناسب برای پیاده سازی لازم به نظر می‌رسد. در این راستا بر اساس مطالعات انجام شد، کرنل گوسین

(معادله ۱۱) به عنوان بهترین کرنل برای مدل سازی انتخاب شد که توسط بسیاری از محققین به عنوان بهترین کرنل برای فرآیند پیش بینی معرفی شده است [۲۱]، [۲۲]. برای مشخص نمودن پارامتر سیگمای کرنل گوسین و پارامتر جریمه $\mathcal{E}$ برای مشخص کردن مرزی های مدل پیش بینی شده از روش تعیین اعتبار LOO استفاده شد. نتایج این بررسی در شکل ۸ نشان داده شده است.



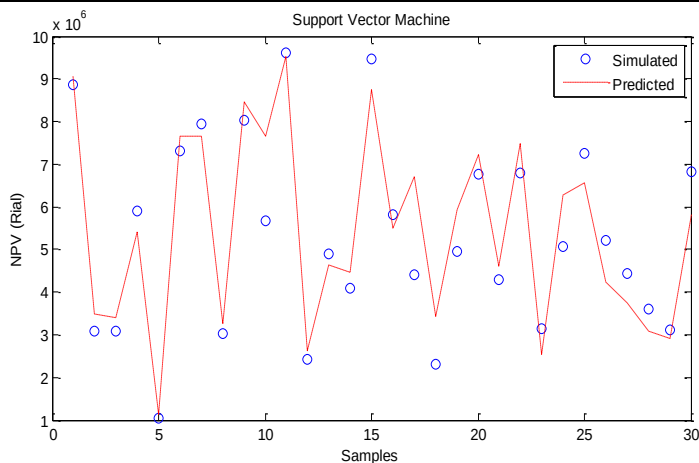
شکل ۸- مقادیر مختلف پارامتر $\mathcal{E}$ در برابر خطا (سمت راست) و سیگما در برابر خطا (سمت چپ) در فرآیند تعیین اعتبار

همانطور که مشاهده می شود مقدار ۰,۱۳ و ۰,۰۸ به ترتیب بهترین مقادیر برای پارامترهای سیگما و $\mathcal{E}$ می باشند. با توجه به پارامترهای مشخص شده، ماشین برداری پشتیبان پیاده سازی و اجرا گردید. جدول ۲ نتایج ماشین برداری پشتیبان را با مقادیر واقعی ارزش خالص فعلی مقایسه کرده است. علاوه بر این، شکل های ۹ و ۱۰ دقت و عملکرد ماشین برداری پشتیبان را در فرآیند پیش بینی ارزش خالص فعلی نشان می دهد.

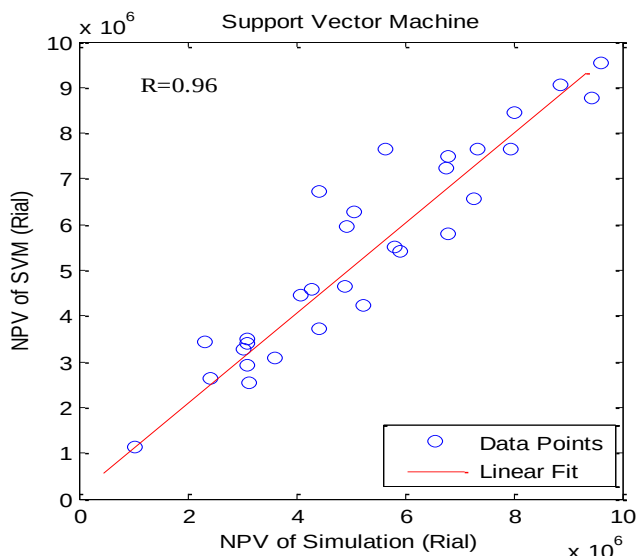
جدول ۲: مقایسه نتایج ارزش خالص فعلی حاصل از شبیه سازی و ماشین برداری

پشتیبان

مقادیر ارزش خالص پیش بینی شده توسط ماشین برداری پشتیبان	مقادیر ارزش خالص پیش بینی شده توسط ماشین برداری پشتیبان	مقادیر ارزش خالص فعلی حاصل از شبیه سازی	مقادیر ارزش خالص پیش بینی شده توسط ماشین برداری پشتیبان
۸۸۷۲۲۳۴	۹۰۷۲۱۹۵	۹۴۵۴۷۱۲	۸۷۵۴۳۱۴
۳۰۹۶۸۰۷	۳۴۹۶۷۷۹	۵۸۰۵۶۹۵	۵۵۱۴۹۸۹
۳۰۹۰۴۱۷	۳۳۹۰۳۹۸	۴۴۲۱۱۳۹	۶۷۲۰۱۲۸
۵۹۰۹۰۵۴	۵۴۰۹۰۴۷	۲۳۲۰۲۴۱	۳۴۲۰۲۳۴
۱۰۳۳۹۹۹	۱۱۳۳۹۷۶	۴۹۳۳۴۳۱	۵۹۴۴۵۲۷
۷۳۲۳۸۲۲	۷۶۴۳۷۹۹	۶۷۶۵۷۶۵	۷۲۳۱۹۹۷
۷۹۵۶۸۳۲	۷۶۵۶۸۰۲	۴۲۸۴۴۷۵	۴۵۹۵۷۸۷
۳۰۲۴۸۸۳	۳۲۶۴۹۰۱	۶۷۷۸۱۵۰	۷۴۹۸۱۷۰
۸۰۳۲۳۵۷	۸۴۵۲۳۴۵	۳۱۴۴۱۲۲	۲۵۳۱۳۳۰
۵۶۵۸۶۱۹	۷۶۵۸۵۹۸	۵۰۵۳۲۲۱۴	۶۲۶۳۱۱۳
۹۶۰۱۱۰۴	۹۵۲۱۰۹۹	۷۲۵۷۲۷۹	۶۵۶۰۳۳۷
۴۹۰۱۱۶۱	۴۶۵۱۱۵۱	۴۴۳۵۶۷۸	۳۷۳۵۹۹۶
۴۰۸۴۱۵۱	۴۴۵۴۱۲۱	۳۵۹۳۳۵۶	۳۰۹۳۶۴۹



شکل ۹: عملکرد ماشین برداری پشتیبان در پیش بینی ارزش خالص فعلی واحد صنعتی و معدنی جاج



شکل ۱۰: ضریب همبستگی بین ارزش خالص فعلی شبیه‌سازی و پیش‌بینی شده توسط ماشین‌بردار پش‌تیبان

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، همبستگی مناسبی میان ارزش خالص فعلی حاصل از شبیه‌سازی و ارزش خالص فعلی حاصل از شبیه‌سازی با ماشین‌بردار پش‌تیبان وجود دارد. در واقع درجه همبستگی میان این دو به ۰٫۹۶ می‌رسد که نشان‌دهنده توانایی ماشین‌بردار پش‌تیبان است. محاسبه جذر میانگین مربعات خطا^۵ (RMSE) پیش‌بینی ماشین‌بردار پش‌تیبان نیز برابر ۳۲٫۲ گردید که حاکی از میزان خطای کم در برآورد ارزش خالص فعلی است. علاوه بر موارد فوق ماشین‌بردار پش‌تیبان این پیش‌بینی را در زمان کمی انجام داد که عموماً شبکه‌های عصبی دیگر مانند شبکه عصبی بازگشتی از این امکان برخوردار نیستند. تمامی موارد فوق قابلیت ماشین‌بردار پش‌تیبان را در پیش‌بینی ارزش خالص فعلی به اثبات می‌رساند.

۵- نتیجه‌گیری و بحث

تصمیم گیری در شرایط مختلف زمانی و در برخورد با موقعیت های مختلف، خصوصا در مواردی که چندین گزینه دارای متغیرهای غیر قطعی در تصمیم گیری وجود داشته باشد باید با دقت کافی همراه باشد تا با اخذ تصمیم بهینه، ریسک نتایج حاصل از تصمیم گیری به حداقل برسد. در چنین شرایطی با استفاده از روش های شبیه سازی، مدیریت ریسک و تصمیم گیری تحت شرایط غیر قطعی قابل اجراست. اما از آنجایی که این مدل ها رفتار سیستم را با در اختیار داشتن داده های محدود بررسی می کنند، به منظور کسب نتایج با اطمینان بالاتر، با استفاده از روش های قدرتمند هوش مصنوعی مانند ماشین برداری پشتیبان در کنار فرآیند شبیه سازی می توان صحت نتایج به دست آمده را بررسی نمود. نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که ماشین برداری پشتیبان در کنار استفاده از داده های تولید شده توسط فرآیند شبیه سازی می تواند پیش بینی ارزش خالص فعلی را به صورت مطلوبی انجام دهد، بنابراین با اطمینان بسیار زیادی از سود آوری پروژه می توان آن را اجرا نمود. با توجه به بررسی های انجام شده در مطالعه حاضر پیشنهاد می شود که در بررسی فنی و اقتصادی و برآورد مالی سیستم های سرمایه گذاری و اقتصادی، به خصوص در مواردی که پارامترها مربوط به آینده هستند از کاربرد توام تکنیک شبیه سازی و هوش مصنوعی استفاده شود تا پویایی سیستم مدل سازی شده حفظ و نتایج واقع بینانه تری به دست آید. در مطالعه حاضر با اجرای روش هوش مصنوعی ماشین برداری پشتیبان و مطالعه نتایج به دست آمده، مشاهده می شود که خروجی مدل شبیه سازی تأیید شده و پیش بینی ارزش خالص فعلی به عنوان مهمترین شاخص سنجش سودآوری، به نحو مطلوبی صورت گرفته است.

فهرست منابع

- [1] Aven, T. (2003). Foundations of RISK Analysis. John Wiley & Sons. Ltd
- [2] Liefly, F., (1997). Approaches to risk and uncertainty in the appraisal of new technology capital project. Elsevier Science Inc, 53:21-33
- [3] Palisade corporation. (1994). Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft Excel or Lotus 1- 2- 3, Windows Version- Release 3. User's Guide.
- [4] Behzad, M., Asghari, K., Morteza E., and Palhang M. (2009). Generalization performance of support vector machines and neural networks in run off modeling. Elsevier, Expert Systems with Applications 36, 7624-7629.

- [5] Cristianini, N., and Shawe-Taylor, J. (2000). An Introduction to Support Vector Machines (and other kernel-based learning methods). Cambridge University Press, UK.
- [6] Martinez-Ramon, M., and Cristodoulou, Ch.(2006). Support Vector Machines for Antenna Array Processing and Electromagnetic. Universidad Carlos III de Madrid, Spain, Morgan & Claypool, USA
- [7] Steinwart, I. (2008). Support Vector Machines. Los Alamos National Laboratory, information Sciences Group (CCS-3), Springer
- [8] Wang, L. (2005). Support Vector Machines: Theory and Applications, Nanyang Technological University, School of Electrical & Electronic Engineering, Springer Berlin Heidelberg New York.
- [9] Agarwala S., Vijaya Saradhib V., and Karnick H. (2008). Kernel-based online machine learning and support vector reduction, Neurocomputing 71, pp 1230–1237
- [10] Chih-Hung W., Gwo-Hshiung T., and Rong-Ho L. (2009). A Novel hybrid genetic algorithm for kernel function and parameter optimization in support vector regression, Expert Systems with Applications 36, pp 4725–4735
- [11] Eryarsoy E., Koehler, Gary J., and Aytug H. (2009). Using domain-specific knowledge in generalization error bounds for support vector machine learning, Decision Support Systems 46, pp 481–491.
- [12] Gunn S.R. (1997). Support vector machines for classification and regression, Technical Report, Image Speech and Intelligent Systems Research Group, University of Southampton, Southampton, UK.
- [13] Han D., and Cluckie, I. (2004). Support vector machines identification for runoff modeling. In S. Y. Liong, K. K. Phoon, & V., Babovic, (Eds.), Proceedings of the sixth international conference on hydroinformatics, June, Singapore (pp. 21–24).
- [14] Hwei-Jen L., and Jih Pin Y. (2009). Optimal reduction of solutions for support vector machines, Applied Mathematics and Computation 214, pp 329–335.
- [15] Lia Q., Licheng J., and Yingjuan H. (2007). Adaptive simplification of solution for support vector machine, Pattern Recognition 40, pp 972 – 980.
- [16] Carlson, T. R., J. D. Erickson, D. T. O’Brain & M. T. Pana. (1966). Computer techniques in mine planning. Mining Engineering.Vol. 18. No. 5.
- [17] Slater, Stanley F., Venkateshwar K. Reddy & Thomas J. Zwirlein.(1998). Evaluating Strategic Investments. Elsevier Science Inc, 27:447-458
- [18] 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
- [19] Ramasesh, Ranga., V. Jayakumar & D. Maliyakal.(1996). Inclusion of flexibility benefits in discounted cash flow analysis for investment evaluation: a simulation / optimization model. Elsevier Science Inc, 44:124-141
- [20] John C P. (1998). Sequential Minimal Optimization: a Fast Algorithm for Training Support Vector Machines. MSRTR: Microsoft Research.

-
- [21] Dibike, Y. B., Velickov, S., Solomatine, D., and Abbott, M. B. (2001). Model Induction with support vector machines: Introduction and Application. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 15(3), 208–216.
- [22] Quang-Anh, T., Xing L., and Haixin D. (2005). Efficient performance estimate for one-class support vector machine, *Pattern Recognition Letters* 26, pp1174–1182.

یادداشتها

- ¹ Support Vector Machine
² - Vapnik's ϵ -insensitive loss function
³ IRR
⁴ Leave One Out (LOO)
⁵ - Root Mean Square Error