

تحلیل ارتباط بین عوامل ارزیابی توان فنی پیمانکاران و کیفیت اجرای پروژه‌های پژوهشی با استفاده از مدل عصبی-فازی (مطالعه موردی: مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی)

سیدحسین ایران‌منش^{۱*}، مجید شخصی‌نیائی^۲، فاطمه سبحانی^۳ و مجید عبدالله‌زاده^۴

^۱ استادیار دانشکده مهندسی صنایع پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

^۲ مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و دکتری مهندسی صنایع پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

^۳ کارشناس ارشد مهندسی صنایع پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

^۴ مربی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس

(تاریخ دریافت ۹۱/۱۲/۵ - تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۳/۳/۱۱ - تاریخ تصویب ۹۳/۷/۶)

چکیده

ایجاد و توسعه کیفیت در پروژه‌ها دستاوردهایی چون افزایش رضایت کارفرما، کاهش هزینه، افزایش سود، و افزایش قدرت رقابت را دربردارد. در این پژوهش، با به‌کارگیری مدلی عصبی-فازی، ارتباط بین فاکتورهای ارزیابی توان فنی پیمانکاران پژوهشی و کیفیت اجرای این پروژه‌ها تحلیل می‌شود. مدل توسعه‌داده‌شده در مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی اجرا شد. برای افزایش قابلیت اتکا به نتایج، با استفاده از روش واریسی اعتبار، چندین مجموعه داده ایجاد و میانگین خطای تخمین در تکرارهای مختلف ارزیابی شد. رویکرد عصبی-فازی خطی-محلی نه تنها در حالت میانگین، بلکه در هر یک از تکرارها نیز قادر بود تخمین‌های دقیق‌تری در مقایسه با رگرسیون خطی ارائه کند. نتیجه دیگری که از داده‌های گردآوری شده به دست آمد وجود ارتباط معنادار بین کیفیت اجرای پروژه‌ها و سه گروه شاخص از چهار گروه شاخص استفاده‌شده برای ارزیابی توان فنی پیمانکاران بود.

واژه‌های کلیدی: توان فنی پیمانکار، سازمان پژوهش‌محور، مدل عصبی-فازی، مدیریت کیفیت پروژه.

مقدمه

کیفیت پروژه از ارکان مهم مدیریت پروژه و یکی از سه مؤلفه تعیین‌کننده محدوده پروژه است. از آنجا که کیفیت یکی از ویژگی‌های ملموس پروژه است که حتی پس از اتمام پروژه نیز به‌طور ضمنی در تحویل‌شدنی‌های آن به صورت مشهود باقی می‌ماند، مدیریت موفق آن منجر به رضایت کارفرما، ذی‌نفعان حال، و حتی ذی‌نفعان آینده خواهد بود [۱]. با در نظر گرفتن این موضوع، که بخش عمده‌ای از ارزیابی موفقیت پروژه به میزان رضایت ذی‌نفعان پروژه بستگی دارد، مدیریت مناسب کیفیت پروژه تأثیری چشمگیر بر موفقیت آن خواهد داشت [۲].

کیفیت اجرای پروژه‌ها داشته باشد. با این فرض، کارفرمایان می‌توانند، با تصمیم‌گیری مناسب در انتخاب پیمانکاران و درک درست ویژگی‌هایی مورد نیاز، گامی به سوی موفقیت پروژه بردارند. تحلیل و بررسی ارتباط بین معیارهای ارزیابی پیمانکاران با موفقیت پروژه از موضوعات مهم قابل بررسی و تحقیق است. به طور شهودی می‌توان انتظار داشت تطابق توانایی‌های پیمانکار با مهارت‌های مورد نیاز کارفرما، در صورت شناسایی درست مهارت‌ها، به اتمام موفقیت‌آمیز پروژه منجر شود. به همین صورت، اشتباه در این انتخاب ممکن است آثاری نامطلوب بر جا بگذارد و به شکست پروژه یا توجیه‌ناپذیر شدن آن بینجامد. توجه به

منظور، پس از جمع‌آوری داده‌های سازمان مزبور، از نوعی مدل عصبی-فازی استفاده شد که مزایای شبکه عصبی و منطق فازی را هم‌زمان دارد. سپس خروجی حاصل با خروجی یک مدل رگرسیون خطی، نیز، نتایج این دو مدل مقایسه شد. دستاوردهای اصلی این تحقیق عبارت‌اند از:

۱. تحلیل ارتباط کیفیت اجرای پروژه‌های پژوهشی با معیارهای به‌کاررفته در ارزیابی پیمانکاران؛ و
۲. شناسایی مهم‌ترین معیارها به منظور انتخاب هر چه مؤثرتر پیمانکاران با هدف ارتقای کیفیت پروژه‌های آتی.

مسئله بررسی‌شده در این پژوهش به تصمیم‌گیری در انتخاب پیمانکاران پژوهشی بسیار کمک می‌کند و از این جهت اهمیت بالایی دارد و بر میزان موفقیت مورد انتظار از پروژه‌های پژوهشی تأثیری چشمگیر خواهد گذاشت. از این رو، در صورتی که روش استفاده‌شده نتایج بهتری به دست دهد، پیچیدگی اجرای آن توجیه‌پذیر خواهد بود. یکی از مزیت‌های روش مدل عصبی-فازی استفاده‌شده زمان حل بسیار کم آن است؛ به‌ویژه در مقایسه با سایر گونه‌های شبکه‌های عصبی. در واقع، این روش به اندازه رگرسیون عادی زمان می‌برد و علت، این است که تخمین پارامترهای این مدل با روش حداقل مربعات صورت می‌پذیرد و پارامترهای دیگر سیستم نیز، به جای بهینه‌سازی، به صورت ابتکاری تعیین می‌شود.

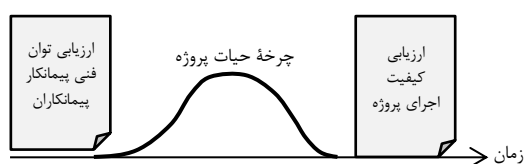
برخی ویژگی‌های دیگر روش عصبی-فازی، که آن را به ابزاری بسیار مناسب برای تحلیل مسئله مورد بررسی در این پژوهش تبدیل کرد، در پی می‌آید:

- به‌رغم بیان نمره‌های کمی، ماهیت معیارهای ارزیابی پیمانکاران کیفی است.
- دید شهودی مدیران باید در مدل مورد استفاده اجرا شود. ابزارهای فازی در این راه کمک شایانی می‌کند.
- دانش سازمان، به صورت تدریجی و بر اساس پروژه‌هایی که طی زمان تعریف و اجرا می‌شود، تکامل می‌یابد. از این رو، روش‌های استنتاج تطبیقی^۱ برای این منظور مناسب‌تر است.

فاکتورهای مهم و اثرگذار هم به کارفرمایان و هم به پیمانکاران، در دستیابی به خروجی‌های مورد انتظار پروژه، کمک می‌کند.

شکل ۱ دو گونه ارزیابی از قابلیت اجرای پروژه‌ها و موقعیت زمانی هر یک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است توان فنی پیمانکاران پیش از واگذاری پروژه به آن‌ها ارزیابی می‌شود. این ارزیابی با استفاده از گروهی از شاخص‌ها صورت می‌پذیرد. شاخص‌های استفاده‌شده در نمونه بررسی‌شده در بخش نمونه موردی تشریح می‌شود. ارزیابی دیگری که در این بررسی به آن توجه شد کیفیت اجرای پروژه توسط پیمانکار انتخاب‌شده است. این ارزیابی پس از تکمیل پروژه و در برخی سازمان‌ها همچنین هنگام اجرای پروژه صورت می‌پذیرد و با شاخص‌های مختلفی انجام می‌شود که بسته به نوع سازمان متفاوت است. طبق آیین‌نامه سازمان بررسی‌شده، پنج شاخص برای ارزیابی به کار می‌رود؛ که عبارت‌اند از:

۱. میزان تطبیق محتوای خروجی‌ها بر الزامات قرارداد (شرح خدمات)؛
۲. کیفیت ظاهری خروجی‌ها؛
۳. میزان استفاده از آخرین تحقیقات و منابع و مآخذ معتبر؛
۴. ارزش (مطلوبیت) خدمات ارائه‌شده؛ مازاد بر شرح خدمات؛ و
۵. نبود اخطار یا تذکر قبلی.



شکل ۱. زمان دو ارزیابی در طول چرخه حیات پروژه

در این پژوهش ارتباط بین شاخص‌های ارزیابی توان فنی پیمانکاران و نمره کل ارزیابی کیفیت پروژه در یک سازمان پروژه‌محور- مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی- بررسی شد. هدف این بررسی، شناسایی شاخص‌هایی بود که بیشترین هم‌سویی را با کیفیت اجرای پروژه داشتند. شناسایی این شاخص کمک می‌کند، با تمرکز بر آن‌ها، احتمال افزایش کیفیت پروژه، پیش از اجرای آن، حداکثرسازی شود. برای این

پیشینه پژوهش

کار و همکاران [۴] کاربردهای سیستم‌های عصبی-فازی (رویکرد استفاده‌شده در این پژوهش) را به طور کلی در ده حوزه کاربردی دسته‌بندی کردند: آموزشی؛ درمانی؛ اقتصادی؛ کنترل ترافیک؛ پردازش تصویر و استخراج ویژگی‌ها، پیش‌بینی و تخمین (برآورد)، تولید و مدل‌سازی سیستم؛ الکتریکی و الکترونیکی؛ به‌سازی ویژگی‌های سیستم‌های عصبی-فازی؛ و علوم اجتماعی. بین موارد ذکرشده در دسته‌بندی آن‌ها، به حوزه پیش‌بینی و تخمین (برآورد)، در ادامه، توجه می‌شود. ابتدا، به صورت خاص، تحقیقاتی مرور می‌شود که در زمینه به‌کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی، برای برآورد کیفیت اجرای پروژه، انجام شده است. سپس برخی از مهم‌ترین تحقیقات منتشرشده درباره استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد سایر ملاحظات پروژه (زمان، هزینه، ریسک) بررسی می‌شود.

الف) به‌کارگیری شبکه‌های عصبی برای برآورد کیفیت اجرای پروژه

با وجود کثرت مقالات مرتبط با به‌کارگیری تکنیک‌های هوش محاسباتی در کنترل کیفیت عمومی، جست‌وجو در زمینه به‌کارگیری ابزارهای مختلف هوش محاسباتی در مدیریت کیفیت پروژه این واقعیت را روشن کرد که تحقیقات بسیار اندکی در این زمینه صورت گرفته است. فقط سه مقاله یافت شد که در ادامه مرور می‌شود. سپس ابزار هوش محاسباتی دسته‌بندی می‌شود. گفتنی است هر سه مقاله مذکور به برآورد کیفیت اجرای پروژه با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها پرداخته‌اند.

شی و لی [۵] از رویکردی ترکیبی، شامل شبکه عصبی و الگوریتم ذرات پراکنده، برای برآورد کیفیت اجرای پروژه‌های ساخت در کشور چین استفاده کردند. برای این منظور داده‌های پانزده پروژه انجام‌شده در این کشور، شامل کیفیت اجرا-متغیر خروجی- و همچنین پنج شاخص تأثیرگذار بر کیفیت ساخت-متغیرهای ورودی- را جمع‌آوری و با استفاده از این اطلاعات شبکه عصبی را آموزش دادند. آن‌ها در این رویکرد ترکیبی، به منظور افزایش قابلیت شبکه عصبی در تحلیل داده‌های

روش‌هایی که به استخراج قوانین^۲ نمی‌پردازند، عملاً، دانش موجود در سازمان را دور می‌ریزند.

در مدل‌هایی مثل رگرسیون، برای تعیین وزن دو راهکار وجود دارد: اول اینکه وزن‌ها یکسان در نظر گرفته شود، که غیر منطقی است، و دوم اینکه وزن‌ها را خبرگان تعیین کنند، که بسیار ذهنی^۳ خواهد بود.

روش عصبی-فازی، در مقایسه با شبکه عصبی معمولی، این امکان را فراهم می‌آورد که قوانین استخراج‌شده مشاهده و در صورت تمایل به کمک خبرگان تعدیل شوند [۳].

روش پیشنهادی این پژوهش قابلیت اجرا در سازمان‌های پروژه‌محور را دارد. برای این منظور، فقط لازم است شاخص‌های خاص استفاده‌شده در سازمان مربوطه با شاخص‌های بیان‌شده در نمونه موردی جایگزین و مدل بر رویدادهای موجود در آن سازمان اجرا شود.

در ادامه مقاله، ابتدا مفاهیم اساسی در خصوص مدیریت کیفیت پروژه ارائه و تحقیقات منتشرشده در زمینه به‌کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی در مدیریت کیفیت پروژه مرور می‌شود. سپس روش تحلیل، شامل مدل نوروفازی خطی-محلی و رویکرد واریسی اعتبار، معرفی می‌شوند. در انتها نتایج بررسی در مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی بررسی و تحلیل و نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه می‌شود.

سؤال‌ها و محدودیت‌های تحقیق

مهم‌ترین سؤال‌های تحقیق عبارت‌اند از:

- آیا ارتباط معناداری بین هر یک از شاخص‌های ارزیابی اولیه توان فنی پیمانکار با کیفیت اجرای پروژه وجود دارد؟
 - آیا می‌توان از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی فازی برای تحلیل این رابطه استفاده کرد؟
- مهم‌ترین محدودیت محرمانه‌بودن اطلاعات مورد نیاز در سازمان‌ها و مشکل بودن استخراج آن‌ها بود.

دارای اختلال، به جای آموزش شبکه عصبی به صورت پس‌انتشاری، از الگوریتم ذرات پراکنده بهره گرفتند. در انتها، با بررسی پنج داده از داده‌های موجود، کیفیت را تخمین زدند و سرعت اجرای رویکرد پیشنهادی را با شبکه عصبی پس‌انتشاری و همچنین شبکه عصبی آموزش‌یافته با الگوریتم ژنتیک مقایسه کردند. روش پیشنهادی در مقایسه با دو روش دیگر از هر دو منظر دقت و سرعت برتر بود.

یانگ و ونگ [۶] ابتدا شانزده ویژگی تأثیرگذار بر کیفیت اجرای پروژه را شناسایی و آن‌ها را در پنج گروه دسته‌بندی کردند. سپس با جمع‌آوری دوازده داده از هشت مورد برای آموزش شبکه عصبی خود به صورت پس‌انتشاری استفاده و کیفیت تخمین‌زدن چهار مورد دیگر را برآورد کردند. گفتنی است برای متغیر «کیفیت» چهار سطح در نظر گرفته شده که خبرگان آن‌ها را با برچسب‌های V1 تا V4 تعیین کرده‌اند.

یانگ و همکاران [۷] از رویکردی ترکیبی، شامل شبکه عصبی و منطق فازی، برای پیش‌بینی کیفیت یک پروژه نرم‌افزاری در مراحل ابتدایی، استفاده کردند. برای اجرای این مدل، سه ورودی، شامل پیچیدگی طراحی و استفاده مجدد و عمق درخت وراثت، را در سه حالت کم و متوسط و زیاد انتخاب کردند. برای متغیرهای خروجی، از میان متغیرهای ششگانه ارائه‌شده در استاندارد ایزو ۹۱۲۶- عملکرد، قابلیت اطمینان، قابلیت استفاده، کارایی، قابلیت تعمیر، قابلیت انتقال- دو متغیر کارایی و قابلیت اطمینان برای کیفیت نرم‌افزار برگزیده شدند. این مدل با سه مجموعه داده جمع‌آوری‌شده از خبرگان در خصوص اطلاعات پروژه‌های گذشته اجرا شد. این بررسی نشان داد نتایج به‌دست‌آمده برای مسئله‌های کوچک و متوسط قابل قبول است.

ب) به‌کارگیری شبکه‌های عصبی برای برآورد سایر ملاحظات پروژه

کو و همکاران [۸]، برای تخمین زمان ساخت و پیش‌بینی هزینه پروژه در مراحل آغازین، مدلی ترکیبی بر پایه استدلال مبتنی بر مورد ارائه دادند و آن را برای

صد و ده مورد مطالعاتی پروژه‌های ساختمانی، طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵، اجرا کردند. در این رویکرد برای حصول نتیجه از روش‌های تخمین استدلال مبتنی بر مورد، شبکه‌های عصبی، تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه، بهینه‌سازی ژنتیک، و تجزیه و تحلیل مونت کارلو استفاده کردند و برای بهبود ظرفیت تخمین دو متغیر TAW (نوع ویژگی‌های تشابه) و MCAS (حداقل معیار برای میزان شباهت ویژگی‌ها) را پارامترهای بهینه‌سازی در نظر گرفتند. نتایج دقت ۹۳/۲۸۸ درصد در تخمین زمان ۸۵/۵۸۲ درصد را در تخمین هزینه ساخت به دست داد که نشان‌دهنده کارآمدی و دقت این روش با استفاده از متغیر TAW در اجرای شبکه عصبی است.

پیوودم و همکارانش [۹]، برای تخمین بودجه نهایی و مدت زمان نهایی پروژه ساخت بزرگراه در طول دوره ساخت، مدلی بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی پس‌انتشار توسعه دادند. برای آموزش شبکه عصبی فوق و بررسی کارایی و اثربخشی این روش، آن‌ها از داده‌های پنجاه و یک پروژه ساخت بزرگراه در تایلند، طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷، در دو گروه داده‌های پیوسته و فصلی استفاده کردند. در گام اول و پیش از ساخت مدل پیش‌بینی، با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده، فاکتورهای تأثیرگذار بر بودجه (حجم ترافیک، نقشه‌برداری، شرایط آب‌وهوا، تاریخ ارزیابی، مدت قرارداد، بودجه ساخت‌وساز، درصد تکمیل برنامه‌ریزی‌شده، درصد تکمیل واقعی) و عوامل مؤثر مدت زمان (تاریخ شروع کار، تاریخ ارزیابی، مدت قرارداد، درصد تکمیل برنامه‌ریزی‌شده، درصد تکمیل واقعی) شناسایی شدند. نتایج مقایسه روش ارائه‌شده بر پایه شبکه عصبی و روش موجود بر پایه ارزش کسب‌شده نشان‌دهنده دقت و ثبات بالاتر تخمین حاصل از روش پیشنهادی بود؛ مثلاً در تخمین بودجه در یکی از نمونه‌های مورد بررسی میانگین انحراف مطلق (MAD) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) برای روش پیشنهادی به ترتیب ۱۱/۶۱ و ۲/۴۴ و برای روش معمول ۷۱/۸۹ و ۱۵/۱۴ بود و این اختلاف چشمگیر در همه حالات دیگر نیز دیده می‌شد.

پس‌انتشاری مقایسه شد. شبکه‌های عصبی مصنوعی با توابع عضویت پایه‌ای شعاعی تخمین‌های بهتری به دست دادند.

ژیا کانگ و می [۱۳] از شبکه عصبی پس‌انتشاری برای تخمین هزینه‌های پروژه‌های ساخت و از تئوری محدودیت‌ها برای کنترل این هزینه‌ها استفاده کردند. با این رویکرد، مدل قیمت‌گذاری-مدل فهرست مقادیر-بهینه شد و هزینه‌های مدل بهینه‌شده تحت کنترل قرار گرفت. داده‌های شش پروژه احداث بزرگراه در چین بررسی شدند. استفاده از رویکرد پیشنهادی هزینه‌ها را حدود بیستویک میلیون یوآن کاهش داد.

پاپانتوچاروس و آندریو [۱۴] رویکردی ترکیبی شامل شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک را برای تخمین هزینه پروژه‌های نرم‌افزاری ارائه کردند. در این رویکرد تخمین‌ها به کمک شبکه عصبی انجام شد و الگوریتم ژنتیک نقش تعیین ساختار بهینه را برای شبکه عصبی ایفا کرد. برای این منظور، تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک برای ساختارهای مختلف شبکه عصبی به صورت «معکوس خطای تخمین و اندازه شبکه» تعریف شد تا هم خطای تخمین را پایین بیاورد و هم اندازه شبکه غیر منطقی نشود. در انتها نیز رویکرد پیشنهادی برای مجموعه داده‌های موجود اجرا و با نتایج شبکه عصبی صرف مقایسه شد. نتایج عملکرد بهتر رویکرد ترکیبی را نشان داد.

لی و همکاران [۱۵] از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل خوشه به منظور تخمین هزینه پروژه‌های نرم‌افزاری استفاده کردند. به منظور آموزش و تست شبکه عصبی به ترتیب از سی و چهار و هفت داده استفاده شد. در نهایت چهار داده از همان داده‌های تست برای مقایسه رویکرد ترکیبی با شبکه عصبی صرف به کار رفت و رویکرد ترکیبی تخمین‌های دقیق‌تری به دست داد.

چنگ و همکاران [۱۶] رویکردی ترکیبی شامل الگوریتم ژنتیک، منطق فازی، و شبکه‌های عصبی مصنوعی را برای بهبود تخمین هزینه پروژه‌های ساخت ارائه دادند. مدل مزبور در محیط اینترنتی اجرا شد تا قابلیت کار روی داده‌های پروژه‌های مختلف را در

ایران منش و همکاران [۱۰]، برای تخمین زمان تکمیل پروژه، از یک سیستم استنتاج فازی بر پایه یادگیری احساسی (ELFIS) استفاده کردند. برای داده‌های سری زمانی مورد نیاز این مسئله از یک تولیدکننده مجموعه مسئله استفاده شد که خود شبکه‌های مورد نیاز را از مجموعه داده‌های PSPLIB استخراج کرد. متغیرهای اصلی این مدل شامل پارامترهای شناخته شده سیستم مدیریت ارزش کسب شده، یعنی شاخص عملکرد زمان‌بندی (SPI) و شاخص عملکرد هزینه (CPI) و زمان واقعی (AD)، بود. برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی، زمان تکمیل پروژه با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی (NN) و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) و رگرسیون معمولی تخمین زده شد. با استفاده از شاخص‌های میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) و NMSE مقایسه‌ای صورت پذیرفت و نتایج برتری روش سیستم استنتاج فازی بر پایه یادگیری احساسی را در مقایسه با سایر روش‌ها نشان داد. سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی، شبکه مصنوعی، و رگرسیون معمولی نیز به ترتیب سایر رتبه‌ها را به خود اختصاص دادند.

چو و همکاران [۱۱] از روش‌های مختلف شامل تحلیل رگرسیون چندمتغیره، شبکه عصبی مصنوعی، استدلال مبتنی بر مورد، و چندین رویکرد ترکیبی برای تخمین هزینه پروژه‌های تولید صفحه نمایش TFT-LCD استفاده کردند. گفتنی است تولید مربوطه سفارشی بود. از این رو، هر سفارش یک پروژه قلمداد شد. به منظور مقایسه، از داده‌های یک شرکت تایوانی پیش‌رو در تولید صفحات نمایش استفاده شد و رویکردهای مختلف از منظر عملکرد مدل، قابلیت اطمینان، و سادگی تخمین ارزیابی شدند. رویکردهای ترکیبی قادر بودند بهتر از سایر روش‌ها عمل کنند.

جی و لی [۱۲] از شبکه‌های عصبی مصنوعی با توابع عضویت پایه‌ای شعاعی برای ارائه تخمین‌های بهتر در خصوص هزینه پروژه‌های ساخت استفاده کردند. در این رویکرد از الگوریتم ایمنی مصنوعی به منظور تعیین ساختار لایه‌های مخفی در شبکه‌های عصبی بهره گرفته شد. در نهایت، با استفاده از داده‌های تجربی، عملکرد رویکرد مزبور با شبکه عصبی

درصد، و ۱۰۰ درصد اجرا شد. مقایسه داده‌های پیش‌بینی و واقعی عملکرد مناسب میانگین درصد خطای مطلق را نشان داد.

عطارزاده و او [۱۹ و ۲۰]، برای تخمین هزینه‌های پروژه‌های توسعه نرم‌افزار در مراحل ابتدایی کار، رویکردی جدید مبتنی بر شبکه عصبی با توسعه مدل هزینه سودمند (COCOMO) ارائه کردند. در این روش، برای دستیابی به تخمین درست و دقیق هزینه پروژه، تخمین اندازه کار، که بیانگر میزان نفر-ماه کار لازم برای اجرای یک پروژه توسعه نرم‌افزار است، مد نظر قرار گرفت. ارزیابی رویکرد پیشنهادی با در نظر گرفتن اطلاعات صد و شصت و سه پروژه در مجموعه داده‌های COCOMO و مجموعه داده‌های مصنوعی عطارزاده و او [۱۹] صد و نود و سه پروژه در مجموعه داده‌های NASA و مجموعه داده‌های مصنوعی دیگر عطارزاده و او [۲۰] انجام شد. دقت و عملکرد این رویکرد جدید در مقایسه با حالت اولیه در مدل COCOMO بهبودی معادل ۱۷ درصد [۱۹] و ۱۲ درصد [۲۰] داشت.

کاظمی‌فرد و همکاران [۲۱]، برای تخمین هزینه‌های پروژه‌های توسعه نرم‌افزار، روش تکاملی جدیدی مبتنی بر توسعه مدل هزینه سودمند^۴ (COCOMO II) ارائه کردند. در این رویکرد دستیابی به تخمینی دقیق‌تر از هزینه‌های پروژه، با اضافه کردن خصوصیات تیم پروژه به خصوصیات نرم‌افزاری موجود در مدل COCOMO II، دنبال شد. مدل پیشنهادی، که FECSCE نامیده می‌شود، از ترکیب سیستم چندعامله و سیستم فازی با مدل COCOMO II حاصل شد و از فاکتورهای مهارت‌های ارتباطی، شخصیت، شرایط روانی، و توانایی اعضای تیم برای شبیه‌سازی استفاده می‌کند. در این مدل عامل اعضای تیم با شش متغیر مهارت، شادی/اضطراب، قدردانی/خشم، ثبات، باز بودن، و مهارت‌های ارتباطی توصیف و با استفاده از سیستم استنتاجی فازی شبیه‌سازی شد. شبیه‌سازی با استفاده از سه مجموعه داده جمع‌آوری شده از سه شرکت متفاوت انجام می‌شود و عامل شبیه‌ساز اندازه کار را محاسبه می‌کند. نتایج نشان‌دهنده برتری این روش نسبت به روش COCOMO II بود.

مکان‌های دور و نزدیک داشته باشد. مدل مزبور تخمین‌ها را به دو صورت ارائه می‌کند: هزینه کلی (هنگامی که اطلاعات پروژه‌های قبلی کلی و فاقد دسته‌بندی است) و هزینه به تفکیک دسته‌های مختلف (هنگامی که اطلاعات پروژه‌های قبلی دسته‌بندی شده‌اند).

لی و همکاران [۱۷]، با به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی، یکی از روش‌های معمول تخمین هزینه پروژه‌های نرم‌افزاری را به صورت غیر خطی بهبود دادند. روش مزبور، که تخمین مبتنی بر آنالوژی نام دارد، بر اساس استدلال مبتنی بر مورد شکل گرفته است. این روش را محققان مختلف بهبود داده‌اند؛ اما اغلب بهبودها به صورت خطی عمل می‌کنند و قابلیت آن‌ها در تخمین مجموعه داده‌های پیچیده پایین می‌آید. از این رو، در این پژوهش از شبکه‌های عصبی مصنوعی غیر خطی برای بهبود مدل مزبور استفاده شد. برای بررسی عملکرد مدل پیشنهادی دو مطالعه محاسباتی انجام شده است:

۱. چهار مجموعه داده واقعی بررسی و دقت تخمین روش پیشنهادی با تخمین‌های روش‌های دیگر، چون چند روش بهبود خطی ABE و شبکه عصبی و CART و SWR، مقایسه شد؛

۲. هشت مجموعه داده مصنوعی ایجاد شد تا ارتباط بین دقت مدل و ویژگی‌های مجموعه داده‌ها بررسی شود.

نتایج نشان داد بهبود غیر خطی پیشنهاد شده در این پژوهش دقت تخمین را بهبود می‌بخشد و از قابلیت بالاتری برای بررسی مجموعه داده‌های پیچیده-که تعداد زیادی ویژگی‌های دسته‌بندی دارند- برخوردار است.

ایران‌منش و زارع‌زاده [۱۸] برای تخمین هزینه واقعی (تمام شده) پروژه از شبکه عصبی استفاده کردند. شبکه عصبی مذکور سه لایه دارد با پنج ورودی و پنج خروجی و یک لایه پنهان؛ که با استفاده از صد نمونه داده تصادفی در یک مسئله زمان‌بندی با منابع محدود آموزش داده شده است. مدل موجود برای پنج دوره پیشرفت کار ۲۰ درصد، ۴۰ درصد، ۶۰ درصد، ۸۰

زین ژنگ و لی یینگ [۲۲] از ترکیب تئوری مجموعه‌های ناهموار (RS) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای برآورد هزینه‌های مهندسی ساخت استفاده کردند. افزایش دقت تخمین، به منزله هدف این مدل، با ترکیب شبکه عصبی و تئوری مجموعه‌های ناهموار، که یک روش داده‌کاوی است با توانایی اعمال تحلیل بر داده‌های کیفی و کمی ناکامل و غیر دقیق، دنبال شد. با اعمال کردن RS بر مجموعه‌داده‌های گسترده و پیچیده ساخت بزرگراه، مجموعه‌داده‌ها به نه عامل اصلی طبقه‌بندی و تقلیل داده شدند و دانش نهفته در آن‌ها استخراج شد. با کمک نه عامل اصلی مزبور، به منزله ورودی، و دانش اولیه استخراج‌شده توسط RS یک شبکه عصبی اجرا شد که خروجی آن هزینه ساخت پروژه بود. مهم‌ترین دستاوردهای ترکیب این دو روش کاهش خطای تقریب-رسیدن به نزدیک ۰/۰۱ درصد- و کاهش زمان یادگیری بود.

یائوچی و همکاران [۲۳] از شبکه عصبی پس‌انتشاری برای ارزیابی ریسک پروژه‌های صنعت املاک استفاده کردند. با توجه به ریسک بالای ناشی از طولانی‌بودن این‌گونه پروژه‌ها، سرمایه‌گذاران باید قبل از تصمیم‌گیری ریسک‌های پروژه را به صورت کارا و سیستماتیک ارزیابی کنند. به دلیل داشتن ماهیت غیر خطی و خودسازمان‌دهی و خودیادگیری، از شبکه عصبی به مثابه ابزاری کارا در این زمینه استفاده شده است. در این پژوهش دوازده فاکتور ریسک شناسایی شدند که ورودی‌های شبکه عصبی را تشکیل می‌دهند. ریسک‌های مذکور در چهار گروه مدیریتی، تکنولوژیکی، سیاسی، اقتصادی دسته‌بندی شده‌اند. اطلاعات هشت پروژه برای یادگیری و اطلاعات دو پروژه دیگر به منظور تست شبکه استفاده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کارایی بالای این رویکرد در ارزیابی ریسک پروژه‌های املاک مشخص شد.

ژانگ و همکاران [۲۴]، به منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های سرمایه‌گذاری، از سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی (ANFIS) استفاده کردند که هدف آن ارزیابی ریسک سرمایه‌گذاری پروژه‌های مرتبط با صنعت برق است. فاکتورهای تأثیرگذار بر ارزیابی

ریسک پروژه‌های مرتبط با صنعت برق شامل مالی، تکنیکی، تولید، بازار، مدیریت، و محیطی است. این فاکتورها ورودی سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی را تشکیل می‌دهند. خروجی سیستم مذکور نیز میزان ریسک پیش‌بینی‌شده است. با انتخاب ده پروژه نیروگاهی، به منزله مطالعه موردی، و ارزیابی نتایج حاصل از آن، کارایی روش پیشنهادی نشان داده شد.

هو و همکاران [۲۵]، با توجه به درجه شکست بالای پروژه‌های نرم‌افزاری، مدلی برای ارزیابی ریسک این دست پروژه‌ها پیشنهاد کردند. در این مدل، ارزیابی ریسک با استفاده از شبکه عصبی استاندارد، شبکه عصبی بهبودیافته با استفاده از الگوریتم ژنتیک، و نیز روش ماشین بردار پشتیبان انجام شد. بدین منظور با استفاده از پرسشنامه و جمع‌آوری نظر سی تن از خبرگان شصت و چهار عامل ریسک شناسایی شدند که در شش گروه تیم، محیطی، نیازمندی‌ها، برنامه و کنترل، کاربر، و پیچیدگی دسته‌بندی شدند و ورودی‌های شبکه‌های عصبی و ماشین بردار پشتیبان را تشکیل می‌دهند. در این مدل درآمد حاصل از پروژه خروجی در نظر گرفته شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسشنامه و اجرای مدل‌های سه‌گانه فوق روی این داده‌ها، دقت نتایج به‌دست‌آمده برای شبکه عصبی استاندارد ۷۰ درصد، ماشین بردار پشتیبان ۸۰ درصد، و شبکه عصبی بهبودیافته توسط الگوریتم ژنتیک ۸۵ درصد گزارش شد که نشان‌دهنده برتری روش شبکه عصبی بهبودیافته است.

لیو و خیونگ [۲۶] از شبکه عصبی پس‌انتشاری به منظور ارزیابی ریسک سرمایه‌گذاری پروژه‌های بخش نیرو استفاده کردند. در مرحله اول شاخص‌های جامعی برای شناسایی فاکتورهای تأثیرگذار طرح‌ریزی شده و بیست فاکتور در شش دسته ریسک‌های مالی، تکنیکی، تولید، بازار، مدیریت، و محیطی شناسایی شدند. در مرحله دوم شبکه عصبی با بیست ورودی و یک خروجی-ارزیابی ریسک پروژه سرمایه‌گذاری-توسعه داده شد. در انتها و به منظور اعتبارسنجی این رویکرد، داده‌های شانزده پروژه شرکت ملی برق چین جمع‌آوری و مدل فوق برای آن اجرا شد. با وجود شباهت بالای

زیرمدل برازش می‌شود. پس از هر تفکیک، مدل جدید برای مسئله اصلی، با ادغام کردن زیرمدل‌های به‌دست‌آمده، حاصل می‌شود. برای ادغام زیرمدل‌ها، به هر زیرمدل وزنی تخصیص داده می‌شود که خود توسط یک سری تابع عضویت گوسی تعیین می‌شود. گفتنی است پارامترهای توابع عضویت گوسی نیز با الگوریتمی به نام LOLIMOT تعیین می‌شوند.

فرایند تفکیک تا جایی ادامه می‌یابد که همچنان دقت تخمین مدل ادغامی بیشتر از مدل قبلی باشد. در غیر این صورت، فرایند تفکیک متوقف می‌شود. شکل ۲ عملکرد الگوریتم LOLIMOT را برای چهار تکرار اول در یک فضای ورودی دوبعدی نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص است در هر تکرار الگوریتم دو گزینه برای تفکیک فضا وجود دارد: تفکیک افقی و تفکیک عمودی؛ که هر دوی آن‌ها انجام می‌پذیرد و حالتی که دقت کلی بیشتری را حاصل کند حفظ می‌شود تا فرایند روی آن ادامه داده شود. نکته مهم دیگر اینکه از بین دو زیرفضایی که در هر مرحله ایجاد می‌شود زیرفضایی برای تفکیک انتخاب می‌شود که دقت زیرمدلش کمتر بوده است.

سیستم‌های نوروفازی خطی-محلی در مقایسه با سایر مدل‌های نوروفازی، با قابلیت تقسیم‌بندی یک مسئله مدل‌سازی پیچیده به تعدادی مسئله کوچک‌تر و در نتیجه ساده‌تر، قادرند راه‌حلی کارآمد و مؤثر برای مسئله مدل‌سازی ارائه دهند. تأثیرگذارترین ویژگی در موفقیت این‌گونه مدل‌ها قابلیت شکستن مدل اولیه به مدل‌های کوچک‌تر است که هر یک به صورت خطی و مستقل عمل می‌کنند؛ در نتیجه زمان حل این‌گونه مدل‌های نوروفازی بسیار مناسب‌تر می‌شود.

ساختار نمونه‌ای مدل نوروفازی خطی-محلی با p ورودی و M نورون در شکل ۳ می‌آید. در این ساختار هر نورون از یک مدل خطی-محلی و یک تابع اعتبار تشکیل شده است که هر تابع اعتبار میزان مشارکت مدل خطی محلی نظیرش را در خروجی تعیین می‌کند.

نتایج به‌دست‌آمده با مقادیر واقعی، به منظور ارزیابی کاراتر، اعداد متناظر با الفاظ محاوره‌ای تغییر داده شد و این بار نتایج به‌دست‌آمده مطابقت کامل را گزارش کرد. فوگوئی و لی [۲۷]، برای ارزیابی ریسک پروژه در حالت نقصان اطلاعات، مدلی بر پایه شبکه عصبی پس‌انتشاری پیشنهاد دادند. برای اجرای مدل پیشنهادی ابتدا فاکتورهای مناسب واحدهای ریسک با استفاده از روش دلفی شناسایی شدند. سپس شبکه عصبی مورد نظر، متشکل از فاکتورهای شناسایی‌شده، به منزله ورودی، لایه میانی و مقدار نهایی حاصل از ارزیابی ریسک، به منزله خروجی، ایجاد شد و با مقداردهی اولیه وزن‌های شبکه بر اساس تجربه توسعه یافت. در انتها نیز برای تحلیل نتایج حاصل از شبکه عصبی مقدار نهایی ریسک در یکی از پنج دسته بالا، نسبتاً بالا، متوسط، پایین، و نسبتاً پایین قرار داده شد. البته صحت و اعتبار مدل پیشنهادی بر مبنای مثال یا پروژه‌ای واقعی بررسی نشده است.

مدل پیشنهادی

برای آموزش شبکه عصبی فازی ارائه‌شده، از داده‌های موجود در سازمان (داده‌های پروژه‌های قبلی) استفاده می‌شود. داده‌های مذکور در دو دسته قابل بررسی اند: ۱. ارزیابی اولیه توان پیمانکار انتخاب‌شده قبل از شروع پروژه؛ ۲. کیفیت اجرای پروژه در انتهای آن.

برای هر پروژه جدید کافی است ارزیابی اولیه پیمانکار انجام شود و با استفاده از شبکه عصبی-فازی برآوردی از کیفیت اجرای آن به دست آید. واضح است هر چه داده‌های موجود در سازمان بیشتر شوند، قوانین مستخرج به کمک شبکه عصبی-فازی قابلیت اتکای بیشتری خواهند داشت.

مدل‌های نوروفازی از ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های استنتاج فازی ایجاد شده‌اند و بدین ترتیب هم‌زمان از ویژگی‌های هر دو سود می‌برند. در گونه‌ای از این مدل‌ها، که مدل‌های نوروفازی خطی-محلی نام دارند، ابتدا یک مدل روی کل داده‌های موجود برازش می‌شود. سپس فضای مسئله اصلی به چند زیرفضای کوچک‌تر تفکیک و برای هر زیرفضا یک

محترم جهت آشنایی بیشتر با مدل‌های نوروفازی خطی- محلی و روابط ریاضی استفاده شده در آن‌ها می‌تواند به عبدالله‌زاده [۲۸] مراجعه کند.

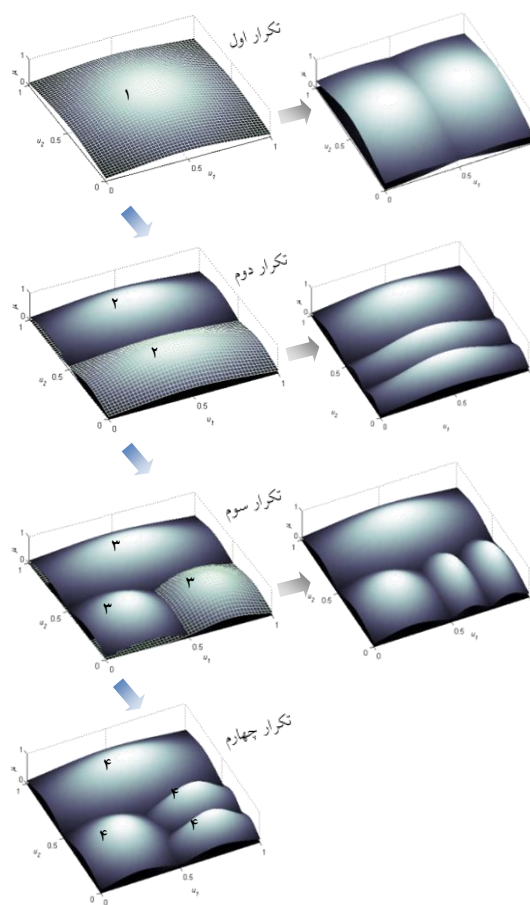
وارسی اعتبار

وارسی اعتبار^۵ یکی از رویکردهایی است که به منظور تعیین اعتبار روش‌های تخمین استفاده می‌شود. خروجی این تحلیل مشخص می‌کند که یک روش تخمین در عمل تا چه اندازه مناسب است. در این رویکرد، به منظور کاهش تغییرپذیری^۶، چندین تکرار صورت می‌پذیرد و در هر تکرار داده‌های موجود به دو زیرمجموعه^۷ مکمل افراز می‌شوند. یکی از این زیرمجموعه‌ها، که مجموعه^۸ آموزش نامیده می‌شود، برای یادگیری مدل تخمین و مجموعه^۹ دیگر، که مجموعه^{۱۰} اعتبارسنجی یا تست نامیده می‌شود، برای آزمون دقت تخمین‌های انجام شده استفاده می‌شود. در انتها میانگین نتایج در تکرارهای مختلف، به منزله عملکرد کلی مدل تخمین، گزارش می‌شود.

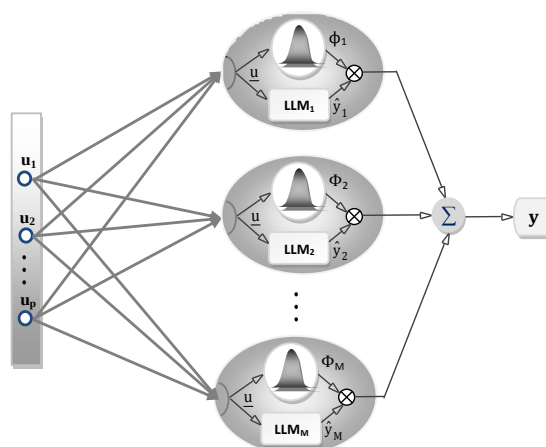
نمونه موردی

در این بخش نمونه موردی بررسی شده در مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی ارائه می‌شود. همان‌طور که گفته شد، هدف این پژوهش بررسی ارتباط بین هر یک از شاخص‌های ارزیابی توان فنی پیمانکاران و نمره^{۱۱} کل ارزیابی کیفیت بود. شاخص‌های ارزیابی کیفیت و همچنین شاخص‌های ارزیابی توان فنی پیمانکاران در این سازمان طبق آیین‌نامه^{۱۲} مصوب است و قابل تغییر نیست. ارزیابی توان فنی پیمانکار در ابتدای کار، هنگام بررسی پیشنهادها، با استفاده از چهار گروه شاخص انجام می‌شود: مدرک تحصیلی، تخصص، سوابق و تحقیقات مرتبط، سوابق کاری، و دستاوردها؛ که شاخص اول مربوط به تیم تحقیقاتی و سازمان افراد و سه شاخص دیگر مربوط به مجری، تیم تحقیقاتی، و سازمان افراد است.

پس از پایان پروژه، یا به صورت دوره‌ای هنگام اجرای آن، ارزیابی‌هایی صورت می‌گیرد و ناظر پروژه، با استفاده از چندین شاخص مختلف، کیفیت کار را از



شکل ۲. الگوریتم LOLIMOT برای چهار تکرار اول



شکل ۳. ساختار شبکه نوروفازی خطی- محلی

الگوریتم یادگیری LOLIMOT، به دلیل سرعت هم‌گرایی بالا و توانایی برخورد با اغتشاش در داده‌ها، یکی از روش‌های ارجح در پژوهش‌های مرتبط با سیستم‌های غیر خطی و غیر قطعی است. خواننده

بیست و هفت داده برای آموزش و هفت داده برای تست افراز شد. برای هر یک از مجموعه داده‌ها، مقادیر متفاوتی از پارامتر مدل یا α در نظر گرفته شد و بهترین نورون برای آن‌ها بر مبنای میزان خطای MAPE تعیین شد. گفتنی است پارامتر مدل خطی-محلی (α) متناسب با معکوس واریانس تابع اعتبار استفاده شده در نظر گرفته شده است.

جدول ۲. ارزیابی اولیه و نهایی پیمانکاران در نمونه موردی

شناسه	خروجی: نمره کل ارزیابی (۵۰۰)	ورودی‌ها					
		مجرى			تیم تحقیقاتی		
		مدیر تحصیلی و تحقیقات مرتبط (۶۰)	سوابق و تحقیقات مرتبط (۸۰)	سوابق کاری (۴۰)	مدیر تحصیلی و تحقیقات مرتبط (۴۰)	سوابق و تحقیقات مرتبط (۵۰)	سوابق کاری (۳۰)
		دستاوردها (۲۰)	دستاوردها (۱۰)	سوابق و تحقیقات مرتبط (۵۰)	دستاوردها (۲۰)	دستاوردها (۱۰)	سوابق و تحقیقات مرتبط (۵۰)
PRJ-1	۴۶۶	۴۹	۷۵	۳۸	۷	۱۷	۴۳
PRJ-2	۴۰۳	۳۵	۶۱	۲۹	۱۱	۱۶	۴۰
PRJ-3	۴۳۲	۲۴	۷۰	۳۳	۱۴	۱۴	۴۴
PRJ-4	۴۸۴	۵۶	۶۲	۳۷	۱۳	۱۶	۴۵
PRJ-5	۴۲۰	۳۶	۶۰	۳۱	۱۰	۱۶	۴۰
PRJ-6	۳۵۱	۳۸	۴۹	۲۷	۱۰	۱۴	۳۵
PRJ-7	۴۲۲	۵۶	۶۲	۳۱	۶	۱۴	۴۱
PRJ-8	۲۹۶	۱۹	۴۷	۲۴	۱۳	۱۰	۳۰
PRJ-9	۴۸۱	۴۴	۶۹	۳۸	۷	۱۹	۴۷
PRJ-10	۴۶۱	۳۵	۶۵	۳۴	۱۱	۱۹	۴۴
PRJ-11	۴۸۶	۵۹	۷۳	۳۸	۱۳	۱۸	۴۸
PRJ-12	۳۵۴	۳۱	۴۹	۲۷	۱۵	۱۳	۳۵
PRJ-13	۳۵۳	۲۳	۵۱	۲۸	۸	۱۱	۳۶
PRJ-14	۴۱۷	۳۳	۶۱	۳۱	۹	۱۶	۳۸
PRJ-15	۳۹۷	۳۰	۵۵	۳۱	۷	۱۶	۳۷
PRJ-16	۴۲۰	۵۲	۵۹	۳۲	۱۸	۱۷	۳۹
PRJ-17	۳۷۵	۵۱	۶۴	۲۸	۱۲	۱۵	۳۸
PRJ-18	۳۸۶	۳۲	۵۰	۳۱	۹	۱۳	۳۵
PRJ-19	۴۱۹	۴۸	۶۹	۳۴	۱۶	۱۵	۳۸
PRJ-20	۴۸۳	۳۲	۷۶	۳۶	۹	۱۹	۴۶
PRJ-21	۳۷۱	۴۸	۵۲	۳۰	۱۵	۱۵	۳۵
PRJ-22	۳۸۸	۲۵	۶۲	۲۹	۶	۱۴	۴۰
PRJ-23	۳۷۱	۵۳	۵۴	۲۹	۱۳	۱۵	۳۷
PRJ-24	۴۱۲	۳۸	۵۹	۳۴	۱۳	۱۷	۳۸
PRJ-25	۴۹۲	۴۵	۶۸	۳۸	۱۷	۱۷	۴۶
PRJ-26	۴۹۲	۳۴	۷۸	۳۶	۷	۱۹	۴۵
PRJ-27	۴۰۳	۴۷	۶۶	۳۰	۱۳	۱۴	۳۸
PRJ-28	۲۸۲	۲۰	۳۸	۲۴	۷	۱۲	۲۷
PRJ-29	۳۹۲	۳۸	۵۸	۲۹	۷	۱۳	۳۹
PRJ-30	۴۱۱	۲۵	۵۴	۳۲	۱۴	۱۶	۳۸
PRJ-31	۴۲۰	۵۱	۶۱	۳۳	۹	۱۵	۴۲
PRJ-32	۳۴۲	۵۰	۵۳	۲۶	۱۸	۱۲	۳۴
PRJ-33	۴۲۰	۲۵	۶۶	۳۴	۱۷	۱۴	۴۱
PRJ-34	۴۱۵	۵۳	۶۱	۳۳	۱۴	۱۴	۴۰

سقف ۵۰۰ تعیین می‌کند. شاخص‌های استفاده شده برای ارزیابی کیفیت در این سازمان عبارت‌اند از:

۱. میزان تطبیق محتوای خروجی‌ها با الزامات قرارداد (شرح خدمات)؛

۲. کیفیت ظاهری خروجی‌ها؛

۳. میزان استفاده از آخرین تحقیقات و منابع و مآخذ معتبر؛

۴. ارزش (مطلوبیت) خدمات ارائه شده مازاد بر شرح خدمات؛ و

۵. نبودِ اخطار یا تذکر قبلی.

با این توضیح که نمره کل کیفیت از جمع امتیازهای شاخص‌های مذکور محاسبه می‌شود. کیفیت اجرای پروژه، با توجه به نمره کسب شده، در پنج دسته در جدول ۱ می‌آید؛ با این توضیح که برای پروژه‌های آتی پیمانکارانی مجاز به ادامه همکاری خواهند بود که در دسته متوسط به بالا قرار بگیرند.

جدول ۱. دسته‌بندی پیمانکاران بر اساس کیفیت خروجی

عنوان دسته	محدوده نمره کل ارزیابی (از ۵۰۰)
خیلی ضعیف	۰ - ۲۹۹
امید به بهبود	۳۰۰ - ۳۴۹
متوسط	۳۵۰ - ۴۰۹
خوب	۴۱۰ - ۴۶۹
عالی	۴۷۰ - ۵۰۰

به منظور بررسی، داده‌های سی و چهار پروژه تکمیل شده یا در حال اجرا در مؤسسه استخراج شدند که در جدول ۲ قابل مشاهده است. گفتنی است پروژه‌های بررسی شده مربوط به سال ۱۳۹۰ است.

با توجه به تعداد محدود پروژه‌ها در این تحقیق و نیاز به تعریف نورون‌های متعدد، شاخص‌های مشابه با هم ادغام شد و چهار گروه شاخص به دست آمد؛ مثلاً نمره‌های سوابق کاری مربوط به مجری و تیم تحقیقاتی و سازمان با هم ادغام و یک نمره، به عنوان سوابق کاری، در نظر گرفته شد.

به منظور کاهش تغییرپذیری، هشت تکرار واریسی اعتبار اجرا شد. در شش تکرار اول بیست و پنج داده برای آموزش و نه داده برای تست و در دو تکرار آخر

اعتبار) را نمایش می‌دهد. ۷۵ درصد این داده‌ها به منظور آموزش و ۲۵ درصد آن‌ها برای تست مدل استفاده شده است. همان‌گونه که در جدول ۳ مشخص است، بهترین MAPE مربوط به سطر چهارم و مقدار α برابر ۱ و بهترین نوروں برابر ۳ است.

جدول ۳. تعیین α و بهترین نوروں برای داده‌های شماره ۱

ردیف	α	بهترین نوروں	MAPE
۱	۰٫۱	۲	۳٫۳۹۳۳
۲	۰٫۳	۲	۳٫۳۹۲۵
۳	۰٫۷	۳	۳٫۳۳۹۵
۴	۱	۳	۳٫۲۹۸۷
۵	۱٫۵	۲	۳٫۳۶۳۰
۶	۲	۲	۳٫۴۹۰۶
۷	۲٫۵	۲	۳٫۶۵۵۶
۸	۳	۲	۳٫۷۸۲۶
۹	۴	۲	۳٫۸۸۶۷
۱۰	۵	۲	۳٫۹۲۹۶

جدول‌های ۴ تا ۱۱ نتایج اجرای مدل پیشنهادی و رگرسیون خطی را برای هشت مجموعه داده نمایش می‌دهند.

در این بین، α ای که دارای کمترین MAPE است به منزله بهترین α برای مقایسه نتایج مدل و داده‌های تست انتخاب و میزان خطای PCP برای آن حساب می‌شود:

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (1)$$

$$PCP = \frac{\sum TRUE}{\sum (TRUE + FALSE)} * 100\% \quad (2)$$

در رابطه ۱، y_i و $\hat{y}_i$ به ترتیب مقادیر واقعی و تخمین زده شده برای پروژه i ام و N تعداد داده‌هاست. در رابطه ۲، TRUE و FALSE به ترتیب مواردی است که مدل تخمین در دسته‌بندی کیفیت اجرای پروژه، صحیح و غلط عمل کرده است؛ مثلاً اگر عدد تخمین زده شده توسط مدل تخمین در بازه کیفیت متوسط قرار گیرد، ولی داده واقعی در بازه‌ای دیگر باشد، نمره FALSE لحاظ می‌شود. ولی اگر دسته‌بندی درست انجام شده باشد، نمره TRUE دریافت می‌کند. جدول ۳ حالت‌های مختلف اجرای مدل روی داده‌های شماره ۱ (داده‌های ایجاد شده در تکرار اول وارسی

جدول ۴. نتایج حاصل از اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۱

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰٫۵۶۴۰	خیلی ضعیف	۰٫۵۸۶۷	خیلی ضعیف	دارد	۰٫۵۸۶۲	خیلی ضعیف	دارد
۲	۰٫۹۳۲	خوب	۰٫۹۸۲۲	عالی	ندارد	۰٫۹۷۷۸	عالی	ندارد
۳	۰٫۹۶۶	عالی	۰٫۹۸۰۵	عالی	دارد	۰٫۹۷۷۸	عالی	دارد
۴	۰٫۶۸۴	امید به بهبود	۰٫۷۱۶۹	متوسط	ندارد	۰٫۷۱۳۹	متوسط	ندارد
۵	۰٫۷۵	متوسط	۰٫۸۰۵۴	متوسط	دارد	۰٫۸۰۸۱	متوسط	دارد
۶	۰٫۷۰۸	متوسط	۰٫۷۲۵۴	متوسط	دارد	۰٫۷۲۵۳	متوسط	دارد
۷	۰٫۹۸۴	عالی	۰٫۹۴۷۳	عالی	دارد	۰٫۹۴۷۱	عالی	دارد
۸	۰٫۷۰۶	متوسط	۰٫۷۰۴۵	متوسط	دارد	۰٫۷۰۳۵	متوسط	دارد
۹	۰٫۸۰۶	متوسط	۰٫۷۹۷۸	متوسط	دارد	۰٫۷۹۸۳	متوسط	دارد
			MAPE: ۳٫۳۹۳۳٪		PCP: ۷۷٫۸٪	MAPE: ۳٫۲۹۸۷٪		PCP: ۷۷٫۸٪

جدول ۵. نتایج حاصل از اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۲

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰٫۵۹۲	خیلی ضعیف	۰٫۶۰۱۲	امید به بهبود	ندارد	۰٫۵۹۰۴	خیلی ضعیف	دارد
۲	۰٫۷۵	متوسط	۰٫۸۱۷۱	متوسط	دارد	۰٫۸۱۹۴	متوسط	دارد
۳	۰٫۸۳۴	خوب	۰٫۸۱۷۶	متوسط	ندارد	۰٫۸۱۸۴	متوسط	ندارد
۴	۰٫۹۸۴	عالی	۰٫۹۷۴۲	عالی	دارد	۰٫۹۶۶۹	عالی	دارد
۵	۰٫۵۶۴	خیلی ضعیف	۰٫۵۷۸	خیلی ضعیف	دارد	۰٫۵۷۶۷	خیلی ضعیف	دارد
۶	۰٫۸۲۴	خوب	۰٫۸۱۲۲	متوسط	ندارد	۰٫۸۱۳۲	متوسط	ندارد
۷	۰٫۶۸۴	امید به بهبود	۰٫۷۱۲۶	متوسط	ندارد	۰٫۷۰۸۱	متوسط	ندارد
۸	۰٫۸۴	خوب	۰٫۸۳۳۱	خوب	دارد	۰٫۸۲۵	خوب	دارد
۹	۰٫۸۴	خوب	۰٫۸۶۷۵	خوب	دارد	۰٫۸۷۰۲	خوب	دارد
			MAPE: ۲٫۹۸۳۹٪		PCP: ۵۵٫۶٪	MAPE: ۲٫۸۴۳۷٪		PCP: ۶۶٫۷٪

جدول ۶. نتایج حاصل از اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۳

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰/۹۳۲	خوب	۰/۹۸۵۵	عالی	ندارد	۰/۹۷۱	عالی	ندارد
۲	۰/۷۷۶	متوسط	۰/۷۷۹۱	متوسط	دارد	۰/۷۷۶۲	متوسط	دارد
۳	۰/۸۲۴	خوب	۰/۸۰۹۵	متوسط	ندارد	۰/۸۱۷۸	متوسط	ندارد
۴	۰/۹۸۴	عالی	۰/۹۸۷۶	عالی	دارد	۰/۹۶۹۲	عالی	دارد
۵	۰/۸۳	خوب	۰/۸۲۴۸	خوب	دارد	۰/۸۲۵۳	خوب	دارد
۶	۰/۸۴	خوب	۰/۸۱۶۱	متوسط	ندارد	۰/۸۳۹۵	خوب	دارد
۷	۰/۷۰۶	متوسط	۰/۷۰۸	متوسط	دارد	۰/۷۱۳۸	متوسط	دارد
۸	۰/۷۵	متوسط	۰/۸۰۷۷	متوسط	دارد	۰/۷۸۳۶	متوسط	دارد
			MAPE: ۲/۲۲۲۶٪		PCP: ۶۶/۷٪	MAPE: ۱/۸۶۸۷٪		PCP: ۶۶/۷٪

جدول ۷. نتایج حاصل از اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۴

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰/۸۰۶	متوسط	۰/۷۹	متوسط	دارد	۰/۸۰۷۲	متوسط	دارد
۲	۰/۸۴	خوب	۰/۸۱۵	متوسط	ندارد	۰/۸۴۹۲	خوب	دارد
۳	۰/۹۶۲	عالی	۰/۹۷۸۶	عالی	دارد	۰/۹۶۲۱	عالی	دارد
۴	۰/۹۲۲	خوب	۰/۹۱۳۴	خوب	دارد	۰/۹۲۳۲	خوب	دارد
۵	۰/۸۰۶	متوسط	۰/۸۰۸۹	متوسط	دارد	۰/۸۰۸۱	متوسط	دارد
۶	۰/۸۴	خوب	۰/۸۶۰۹	خوب	دارد	۰/۸۸۲	خوب	دارد
۷	۰/۸۴	خوب	۰/۸۲۲۴	خوب	دارد	۰/۸۰۷۷	متوسط	ندارد
۸	۰/۶۸۴	امید به بهبود	۰/۷۰۶۲	متوسط	ندارد	۰/۷۱۰۷	متوسط	ندارد
۹	۰/۷۴۲	متوسط	۰/۷۵۹۳	متوسط	دارد	۰/۷۴۶۹	متوسط	دارد
			MAPE: ۲/۰۱۶۶٪		PCP: ۷۷/۸٪	MAPE: ۱/۶۷۲۶٪		PCP: ۷۷/۸٪

جدول ۸. نتایج حاصل از اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۵

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰/۸۰۶	متوسط	۰/۸۰۳۳	متوسط	دارد	۰/۸۰۹۷	متوسط	دارد
۲	۰/۹۶۸	عالی	۰/۹۱۳۱	خوب	ندارد	۰/۹۱۶۴	خوب	ندارد
۳	۰/۷۷۲	متوسط	۰/۷۶۲۲	متوسط	دارد	۰/۷۶۷۵	متوسط	دارد
۴	۰/۸۲۴	خوب	۰/۸۰۳	متوسط	ندارد	۰/۸۰۸	متوسط	ندارد
۵	۰/۷۰۶	متوسط	۰/۶۹۸۲	امید به بهبود	ندارد	۰/۶۹۷۸	امید به بهبود	ندارد
۶	۰/۹۶۲	عالی	۰/۹۶۹۳	عالی	دارد	۰/۹۵۸	عالی	دارد
۷	۰/۹۶۶	عالی	۰/۹۸۵۶	عالی	دارد	۰/۹۸۳۳	عالی	دارد
۸	۰/۹۲۲	خوب	۰/۹۱۵	خوب	دارد	۰/۹۱۶۱	خوب	دارد
۹	۰/۷۰۸	متوسط	۰/۷۲۳۶	متوسط	دارد	۰/۷۲۶۷	متوسط	دارد
			MAPE: ۱/۸۵۵۱٪		PCP: ۶۶/۷٪	MAPE: ۱/۶۶۲۰٪		PCP: ۶۶/۷٪

جدول ۹. نتایج حاصل از اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۶

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰.۸۳۸	خوب	۰.۸۲۹۳	خوب	دارد	۰.۸۳۹۳	خوب	دارد
۲	۰.۹۸۴	عالی	۰.۹۴۰۳	عالی	دارد	۰.۹۴۲۵	عالی	دارد
۳	۰.۸۳	خوب	۰.۸۲۲۲	خوب	دارد	۰.۸۳۱۴	خوب	دارد
۴	۰.۸۴	خوب	۰.۸۲۲۷	خوب	دارد	۰.۸۲۰۷	خوب	دارد
۵	۰.۸۳۴	خوب	۰.۸۱۲۳	متوسط	ندارد	۰.۸۰۸۲	متوسط	ندارد
۶	۰.۸۶۴	خوب	۰.۸۵۷۳	خوب	دارد	۰.۸۶۳۵	خوب	دارد
۷	۰.۷۵	متوسط	۰.۸۰۵۵	متوسط	دارد	۰.۷۸۱۱	متوسط	دارد
۸	۰.۸۴۴	خوب	۰.۸۲۲۹	خوب	دارد	۰.۸۲۲۲	خوب	دارد
۹	۰.۸۰۶	متوسط	۰.۷۸۸۲	متوسط	دارد	۰.۷۹۶۸	متوسط	دارد
			MAPE: ۲.۶۶۲۷٪		PCP: ۸۸.۹٪	MAPE: ۱.۹۸۴۶٪		PCP: ۸۸.۹٪

جدول ۱۰. نتایج اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۷

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰.۷۷۲	متوسط	۰.۷۶۳	متوسط	دارد	۰.۷۶۹۸	متوسط	دارد
۲	۰.۸۲۴	خوب	۰.۸۰۵۹	متوسط	ندارد	۰.۸۱۱۴	متوسط	ندارد
۳	۰.۷۰۶	متوسط	۰.۶۹۸۹	امید به بهبود	ندارد	۰.۶۹۶۵	امید به بهبود	ندارد
۴	۰.۹۶۲	عالی	۰.۹۷۶	عالی	دارد	۰.۹۶۳۱	عالی	دارد
۵	۰.۹۶۶	عالی	۰.۹۸۷۵	عالی	دارد	۰.۹۷۸۵	عالی	دارد
۶	۰.۹۲۲	خوب	۰.۹۱۷	خوب	دارد	۰.۹۱۳۳	خوب	دارد
۷	۰.۷۰۸	متوسط	۰.۷۲۱	متوسط	دارد	۰.۷۲۸۵	متوسط	دارد
			MAPE: ۱.۴۸۷۴٪		PCP: ۷۱.۴٪	MAPE: ۱.۲۰۰۴٪		PCP: ۷۱.۴٪

جدول ۱۱. نتایج اجرای دو مدل روی داده‌های شماره ۸

ردیف	داده اولیه		نتایج مدل رگرسیون خطی			نتایج مدل نوروفازی خطی محلی		
	مقدار	دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی	مقدار تخمین	دسته‌بندی تخمین	انطباق دسته‌بندی
۱	۰.۹۶۲	عالی	۰.۹۷۵۳	عالی	دارد	۰.۹۶۱۲	عالی	دارد
۲	۰.۹۲۲	خوب	۰.۹۱۴۷	خوب	دارد	۰.۹۱۵۳	خوب	دارد
۳	۰.۸۰۶	متوسط	۰.۸۰۷۸	متوسط	دارد	۰.۸۱۵۳	متوسط	دارد
۴	۰.۸۴	خوب	۰.۸۶۲	خوب	دارد	۰.۸۶۹۱	خوب	دارد
۵	۰.۸۴	خوب	۰.۸۲۳۸	خوب	دارد	۰.۸۲۶۱	خوب	دارد
۶	۰.۶۸۴	امید به بهبود	۰.۷۱۴۸	متوسط	ندارد	۰.۷۰۸۷	متوسط	ندارد
۷	۰.۷۴۲	متوسط	۰.۷۶۵۲	متوسط	دارد	۰.۷۵۵۶	متوسط	دارد
			MAPE: ۲.۰۸۲۶٪		PCP: ۸۵.۷٪	MAPE: ۱.۷۸۹۲٪		PCP: ۸۵.۷٪

معیار سنجش در ارزیابی کیفیت پروژه مورد بحث، در نمونه موردی، MAPE - درصد خطای میانگین مطلق- است. بر اساس داده‌های حاصل، که در جدول‌های ۸ تا ۱۵ ارائه شد، این خطا در روش

پیشنهادهای در همه هشت مجموعه داده کمتر از رگرسیون خطی است. افزون بر این، PCP- درصد پیش‌بینی صحیح در خصوص دسته‌بندی کیفیت اجرای پروژه- در یک مورد از هشت مجموعه داده برای روش

پیشنهادی بهتر و در سایر مجموعه داده‌ها برابر با روش رگرسیون خطی است.

در تحلیل دیگری که به منظور بررسی ارتباط بین کیفیت اجرای پروژه و شاخص‌های ارزیابی توان فنی پیمانکار انجام گرفت، معیار ضریب تعیین برای شاخص‌های مختلف در مدل رگرسیون خطی محاسبه شد. این نتایج در جدول ۱۲ می‌آید.

جدول ۱۲. مقایسه میزان ضریب تعیین

ردیف	شاخص	میزان R^2 در رگرسیون خطی
۱	مدرک تحصیلی و تخصص	۰٫۴۴۵۱
۲	سوابق و تحقیقات مرتبط	۰٫۹۳۳۳
۳	سوابق کاری	۰٫۸۶۲۶
۴	دستاوردها	۰٫۰۰۰۳

همان‌طور که در جدول ۱۲ مشاهده می‌شود، R^2 فقط برای دستاوردها کم شده است؛ که به سازمان مورد بررسی گزارش شد تا در صورت صلاح دید این شاخص را از ارزیابی اولیه خود حذف کنند یا وزن تأثیر آن را کمترین در نظر بگیرند. کم شدن میزان R^2 برای دستاوردها بیانگر این است که کیفیت اجرای پروژه‌ها با دستاوردهای مجریان رابطه مستقیم ندارد؛ این در حالی است که سوابق و تحقیقات مرتبط ارتباطی مستقیم و چشمگیر با کیفیت اجرای پروژه‌ها دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در سازمان‌های پروژه‌محور، پروژه‌ها ابزارهایی اساسی برای نیل به اهداف و پاسخگویی به نیازها و تأمین سودآوری‌اند. از این رو، مدیریت کارآمد پروژه‌ها تأثیری چشمگیر بر موفقیت سازمان خواهد داشت. راهبری کارآمد پروژه‌ها با برقراری تعادل بین عوامل سه‌گانه هزینه و زمان و کیفیت مقدور می‌شود. مدیریت کیفیت پروژه، به منزله یکی از حوزه‌های اصلی دانش مدیریت پروژه، از عوامل بسیار مهم و مؤثر در اجرای پروژه‌هاست و محققان و دست‌اندرکاران اجرایی به طور جدی به آن توجه می‌کنند.

در این پژوهش ارتباط بین کیفیت اجرای پروژه و شاخص‌های استفاده‌شده برای ارزیابی توان فنی

پیمان‌کار در یک سازمان پژوهشی بررسی و تحلیل شد. برای اجرای این تحلیل از یکی از گونه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی، به نام مدل نوروفازی خطی-محلی، استفاده شد که در آن از مزیت برخورد نرم با داده‌ها به صورت روابط فازی نیز بهره گرفته می‌شود. با توجه به تعداد محدود داده‌ها و به منظور افزایش قابلیت اطمینان به نتایج تحقیق، از رویکرد واریسی اعتبار استفاده و دقت تخمین‌های مدل نوروفازی خطی-محلی با رگرسیون معمولی مقایسه شد. بر اساس نتایج به دست آمده، رویکرد پیشنهادی قادر است نه تنها در حالت میانگین، بلکه در هر یک از تکرارها تخمین‌های دقیق‌تری در مقایسه با رگرسیون خطی ارائه کند. نتیجه دیگری که از داده‌های گردآوری‌شده به دست آمد وجود ارتباط معنادار بین کیفیت اجرای پروژه‌ها و سه گروه شاخص «مدرک تحصیلی و تخصص»، «سوابق و تحقیقات مرتبط»، و «سوابق کاری» بود.

با استفاده از رویکرد ارائه‌شده در این تحقیق، می‌توان کیفیت اجرای پروژه‌های آتی سازمان را از همان ابتدای امر و حتی پیش از انتخاب پیمانکار برآورد کرد و از این برآورد به منزله یکی از ملاک‌های مهم برای انتخاب پیمانکاران با قابلیت اتکای بالا بهره جست. توصیه کاربردی ارائه‌شده به سازمان حذف گروه کم‌اثر، یعنی «دستاوردها»، در بررسی توان فنی پیمانکاران یا حداقل کاهش وزن نمره‌های این گروه بود.

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود سایر روش‌های برآورد روی داده‌های سازمان اجرا و دقت تخمین‌ها ارزیابی و مقایسه شوند. همچنین، مقایسه قابلیت پیش‌بینی و اثربخشی و کارایی مدل عصبی-فازی با مدل‌های رگرسیون خطی در قالب آزمون فرض آماری موضوع جذابی به نظر می‌رسد که به واسطه تعداد محدود داده در این نمونه موردی امکان اجرای آن وجود نداشت. بررسی این موضوع روی داده‌های بیشتر و ارائه نتایج آزمون فرض مذکور نیز موضوع دیگری است که برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود.

مراجع

- 1- Ostadi, B., Aghdasi, M., Albadvi, A., and Rezaie, K. (2010). "The Exploration of the Relationship and Interaction between the Preparation Stage of BPR Projects and Quality Management Systems (QMSs) Using Concepts of RBVF Model and Dynamic Capabilities (Technical note)". *J. of industrial engineering*, Vol. 44, No. 2, 117-125.
- 2- Zegordi, S., Bagheri, S., and Attarian, J. (2010). "Statistical analysis of relationship between key success factors of Six Sigma in Iranian companies". *J. of industrial engineering*, Vol. 44, No. 1, 49-62.
- 3- Fasanghari, M. and Keramati, A. (2011). "Customer Churn Prediction Using Local Linear Model Tree for Iranian Telecommunication Companies". *J. of industrial engineering*, Vol. 45, Special Issue, 25-37.
- 4- Kar, S., Das, S., and Ghosh, P. K. (2014). "Applications of neuro fuzzy systems: A brief review and future outline". *Applied Soft Computing*, Vol. 15, 243-259.
- 5- Shi, H. and Li, W. (2008). "Application of PSO-based Neural Network in Quality Assessment of Construction Project". *Proc., Int. Conf. on MultiMedia and Information Technology*, 54-57.
- 6- Yang, R. and Wang, X. (2010). "The Evaluation of Construction Quality Based on BP neural network". *Proc. of Int. Conf. on Mechanic Automation and Control Engineering*, 1582-1585.
- 7- Yang, B., Yao, L., and Huang, H. Z. (2007). "Early Software Quality Prediction Based on a Fuzzy Neural Network Model". *Proc. of Int. Conf. on Natural Computation*, 760-764.
- 8- Koo, C. W., Hong, T. H., Hyun, C. T., and Koo, K. J. (2010). "A CBR-based hybrid model for predicting a construction duration and cost based on project characteristics in multi-family housing projects". *Canadian J. of Civil Engineering*, Vol. 37, No. 5, 739-752.
- 9- Pewdum, W., Rujiranyong, T., and Sooksatra, V. (2009). "Forecasting final budget and duration of highway construction projects". *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 16, No. 6, 544-557.
- 10- Iranmanesh, S. H., Mirseraji, G. H., and Shahmiri, S. (2009). "An Emotional Learning based Fuzzy Inference System (ELFIS) for improvement of the completion time of projects estimation". *Proc. of Int. Conf. on Computers & Industrial Engineering*, 470-475.
- 11- Chou, J. S., Tai, Y., and Chang, L. J. (2010). "Predicting the development cost of TFT-LCD manufacturing equipment with artificial intelligence models". *Int. J. of Production Economics*, Vol. 128, 339-350.
- 12- Ji, Z. and Li, Y. (2009). "The Application of RBF Neural Network on Construction Cost Forecasting". *Proc. of Int. Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining*, 32-35.
- 13- Xiaokang, H. and Mei, L. (2010). "Research on construction cost control based upon BP neural network and theory of constraint". *Proc. of Int. Conf. on Management and Service Science*, 1-4.
- 14- Papatheocharous, E. and Andreou, A. S. (2009). "Hybrid Computational Models for Software Cost Prediction: An Approach Using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms". In Filipe, J. and Cordeiro, J. (Eds.), *Enterprise Information Systems* (Vol. 19, 87-100). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 15- Lee, A., Cheng, C. H., and Balakrishnan, J. (1998). "Software development cost estimation: Integrating neural network with cluster analysis". *Information & Management*, Vol. 34, 1-9.
- 16- Cheng, M. Y., Tsai, H. C., and Hsieh, W. S. (2009). "Web-based conceptual cost estimates for construction projects using Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model". *Automation in Construction*, Vol. 18, No. 2, 164-172.
- 17- Li, Y. F., Xie, M., and Goh, T. N. (2009). "A study of the non-linear adjustment for analogy based software cost estimation". *Empirical Software Engineering*, Vol. 14, 603-643.

- 18- Iranmanesh, S. H. and Zarezadeh, M. (2008). "Application of Artificial Neural Network to Forecast Actual Cost of a Project to Improve Earned Value Management System". *World Congress on Science, Engineering and Technology*, 240-243.
- 19- Attarzadeh, I. and Ow, S. H. (2010). "A novel soft computing model to increase the accuracy of software development cost estimation". *Proc. of Int. Conf. on Computer Engineering and Technology*, 603-607.
- 20- Attarzadeh, I. and Ow, S. H. (2010). "Proposing a new software cost estimation model based on artificial neural networks". *Proc. of Int. Conf. on Computer Engineering and Technology*, 487-491.
- 21- Kazemifard, M., Zaeri, A., Ghasem-Aghaee, N., Nematbakhsh, M. A., and Mardukhi, F. (2011). "Fuzzy Emotional COCOMO II Software Cost Estimation (FECSC) using Multi-Agent Systems". *Applied Soft Computing*, Vol. 11, No. 2, 2260-2270.
- 22- Xin-zheng, W. and Li-ying, X. (2010). "Application of Rough Set and Neural Network in Engineering Cost Estimation". *Proc. of Int. Conf. on Management and Service Science*, 1-4.
- 23- Yao-Ji, J., Qiang, M., and Qian, Z. (2009). "A Study on Risk Evaluation of Real Estate Project Based on BP Neural Networks". *Proc. of Int. Conf. on E-Business and Information System Security*, 1-4.
- 24- Zhang, C., Li, Y., Liu, M., and Liu, Z. (2009). "An Enhanced Approach for Investment Risk Forecasting of Electric Power Projects". *Proc. of Int. Workshop on Computer Science and Engineering*, 29-32.
- 25- Hu, Y., Zhang, X., Sun, X., Liu, M., and Du, J. (2009). "An Intelligent Model for Software Project Risk Prediction". *Proc. of Int. Conf. on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 629-632.
- 26- Liu, Z. and Xiong, F. (2007). "The Model and Application of the Investment Risk Comprehensive Evaluation about the Electric Power Project Based on BP Neural Network". *Proc. of Int. Conf. on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 5188-5191.
- 27- Fugui, D. and Li, N. (2008). "The Project Risk Analysis Model Based on Neural Network". *Proc. of Int. Conf. on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 1-3.
- 28- Abdollahzade, M. (2008). *Price forecasting in Iran local market using neuro-fuzzy model*. M.Sc. Thesis, University of Tehran, Tehran.

واژگان انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- Adaptive
- 2- Rules
- 3- Subjective
- 4- Constructive Cost Model (COCOMO)
- 5- Cross validation
- 6- Variability