شناسایی و گروه‌بندی ریسک‌های احداث واحدهای صنعتی به‌وسیله روش دلفی و شبکه عصبی مصنوعی خودسازمانده

مطالعه موردی: احداث کارخانه تراورس

جعفر مصری: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
محمدرضا شهرکی *: استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
Email: mr.shahraki@eng.usb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶

چکیده

یکی از ارکان اصلی توسعه اشتغال و کسب‌وکار در هر کشور واحدهای صنعتی آن کشور هستند. موفقیت در احداث واحدهای صنعتی به سازوکارها و عوامل دیگری ازجمله شناسایی و ارزیابی ریسک آن‌ها بستگی دارد. از این‌رو در پژوهش حاضر روشی ارائه شده تا بتواند الگویی را مبتنی بر شبکه عصبی برای دسته‌بندی و ارزش‌گذاری ریسک‌های احداث کارخانه تراورس با نگرش بومی‌سازی فناوری‌ها ارائه کند. برای این منظور جهت شناسایی ریسک‌ها با استفاده از روش دلفی با کمک خبرگان و اساتید دانشگاه در ۳ سطح از ۴۰ ریسک مورد بررسی ۲۱ ریسک انتخاب شد. سپس با توجه به نظر خبرگان، اساتید و مصاحبه‌های عوامل اجرایی ساخت کارخانه تراورس تمامی عوامل ریسک در مورد احتمال وقوع و شدت تأثیر ریسک از صفر تا ۱۰ امتیازدهی شد. سپس با بهره‌گیری از شبکه عصبی خودسازمانده کوهونن در برنامه نرم‌افزاری MATLAB ریسک‌ها گروه‌بندی شدند. نتایج خروجی شبکه عصبی نشان می‌دهد عوامل ریسک در ۵ گروه طبقه‌بندی می‌شوند که مهمترین ریسک نبود تجربه مشابه پیمانکار است که بالاترین سطح اهمیت را دارد. نکته قابل توجه در این پژوهش اهمیت ریسک‌های قرارگرفته در گروه ۴ است که ۱۷ ریسک (بالای ۸۰ درصد از ریسک‌های مورد بررسی) در این گروه قرار گرفته است. ریسک‌های قرارگرفته در گروه ۴ از لحاظ میزان اهمیت بین ۶۰ تا ۸۰ درصد اهمیت را به خود اختصاص داده که می‌توان با طرح و بررسی این موضوع در احداث واحدهای صنعتی تازه در کشور میزان ریسک احداث این‌گونه واحدهای صنعتی را در کشور به میزان زیادی کاهش داد.

واژگان کلیدی: *ریسک، دلفی، شبکه عصبی مصنوعی خودسازمانده، کوهونن*

Identification and grouping the risks of construction industrial units by Delphi method and self-organized artificial neural network

Case study: Construction of traverse factory

jafar mesri[1] ,Mohammad Reza Shahraki*[2]

Abstract

One of the main pillars of employment and business development in each country are the industrial units of that country. Success in building industrial units depends on mechanisms and other factors such as identifying and assessing their risk. Therefore, the model presented in the research is based on a neural network to classify and evaluate the risks of building a traverse plant with a view to technology localization. To identify the risks by Delphi method with the help of experts and university professors in 3 levels of 40 risks, 21 risks were selected. Then, according to the opinions of experts, professors and executives of the construction of the traverse factory, risk factors on the probability of occurrence and severity of risk impact were scored from 0 to 10. The risks were then grouped using Mohlonen's self-organized neural network in the MATLAB software program. The results of the neural network output show that risk factors are classified into 5 groups, the most important of which is the lack of similar experience of the contractor, which is the highest level of radar importance. A noteworthy point in this study is the importance of the risks in group 4, of which 17 risks (over 80% of the risks studied) are in this group. The risks in group 4 are between 60 to 80% in terms of importance, which can be greatly reduced by planning and studying this issue in the construction of new industrial units in the country.

Keywords: *Risk, Delphi, Self - organizing artificial neural network, Cohennon*

1 Master's degree in Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Sistan and Baluchestan University
2 Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan mr.shahraki@eng.usb.ac.ir

۱- مقدمه

مدیریت ریسک یکی از گرایش‌های علم مدیریت است که باوجود نوپا بودن به‌سرعت در حال رشد و توسعه است؛ به‌طوری که در اکثر شاخه‌ها مورد استفاده مدیران قرارگرفته و دارای کاربردهای متنوعی در بخش‌های مختلف است. برای کلیه پروژه‌های صنعتی تعریف یک ساختار شکست ریسک الزامی است. ساختار شکست ریسک ساختاری سلسله مراتبی از ریسک‌های پروژه است و می‌تواند برای سازمان‌دهی و هدایت مدیریت ریسک به کار گرفته شود (۱). موفقیت هر سازمان و بنگاه وابسته به نوع مدیریت آن در شرایط گوناگون و میزان تسلط بر ریسک و مدیریت آن‌هاست. مهمترین فرآیند در مدیریت پروژه توجه نظام‌مند به مدیریت ریسک و فراهم کردن شرایط لازم برای دست‌یابی به اهداف پروژه است که به‌عنوان مدیریت ریسک شناخته می‌شود (۲). مدیریت ریسک پروژه یک فرآیند نظام‌مند برنامه‌ریزی برای شناسایی، آنالیز، پاسخگویی و زیر نظرگیری ریسک پروژه است. این مدیریت شامل فرآیندها، ابزارها و فنونی است که به مدیر پروژه برای بیشینه‌سازی احتمال نتایج رویدادهای مثبت و کمینه‌سازی احتمال نتایج رویدادهای مضر کمک می‌کند (۳). در دانش مدیریت پروژه ریسک پروژه یک رویداد یا شرایط نامطمئن است که در صورت وقوع بر حداقل یکی از اهداف پروژه از قبیل زمان، هزینه، کیفیت و دامنه مصوب پروژه تأثیر مثبت یا منفی می‌گذارد (۴). با توجه به تنوع و تعداد زیاد ریسک‌هایی که پروژه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مدیریت ریسک کارآمد و مؤثر بدون شناسایی و تهیه ساختار شکست ریسک امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین مسئله اصلی در این پژوهش شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های احداث واحد صنعتی است. در بیان نوآوری مقاله استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی ریسک پروژه احداث واحد صنعتی که نتایج واضح‌تری نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری در اختیار پژوهنده قرار می‌دهد و در کنار آن ارزیابی ریسک یک پروژه منحصربه‌فرد احداث کارخانه تراورس هم می‌تواند در نوبه خود نوآوری محسوب شود. در این مقاله ابتدا به‌مرور ادبیات مسئله پرداخته شده و پس از بررسی پیشینه تحقیقات در بخش دوم مدل پیشنهادی در بخش سوم تشریح شده است. سپس با تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده بر اساس مطالعه موردی نتایج بر اساس مدل پیشنهادی ارائه و بررسی شده و در نهایت روش پیشنهادی برای تجزیه‌وتحلیل مسئله، انتخاب و مراحل مختلف آن تشریح شده است. در ادامه در بخش پنجم به اولویت‌بندی نهایی پرداخته شده و پیشنهادهایی برای کاهش ریسک‌ها و تبدیل آن‌ها به فرصت بیان شده است.

۲- ادبیات و پیشینه تحقیق

ریسک احتمال وقوع خطر یا به وجود آمدن خطر یا زیانی تعریف شده است (۵). در استاندارد مدیریت پروژه[1] فرآیند مدیریت ریسک راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه است که شامل مراحل شش‌گانه برنامه مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، تحلیل کیفی ریسک، تحلیل کمی ریسک، برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک، پایش و کنترل ریسک است (۴). اعتقاد به اینکه همواره پروژه‌ها با بی‌اطمینانی همراه هستند، این واقعیت را نشان می‌دهد که بسیاری از پروژه‌ها در دستیابی به اهداف، محدوده، منافع، هزینه و زمان مورد نظر خود شکست می‌خورند. از این‌رو با توجه به نوع ارزیابی ریسک‌ها برای انتخاب پاسخ مناسب در جهت حفظ منافع پروژه و مدیریت آن تحقیقاتی تاکنون انجام شده است (۴). حصین و همکاران در سال ۲۰۱۹ در مقاله‌ای به رتبه‌بندی متغیر ریسک بر اساس فراوانی وقوع آن با تلفیق همزمان زمان، هزینه و معیارهای کیفیت و همزمان با انتخاب متغیرهای برتر با ترتیب مهمترین تأثیر پرداختند. آن‌ها از روش تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی ریسک‌های احتمالی پروژه استفاده کردند (۶). مرادی و میرزاده در سال ۱۳۹۸ ریسک‌های موجود در تولید صنعت دارو را با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست مورد مطالعه قراردادند. در این تحقیق بعد از شناسایی ریسک‌های مالی تولید دارو که به کمک مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان به دست آمد، پرسش‌نامه‌ای طراحی شد که در مجموع از ۶۶ ریسک شناسایی‌شده ۱۹ ریسک با نظر کارشناسان و خبرگان به‌عنوان ریسک‌های بااهمیت شناسایی و رتبه‌بندی شد. مرادی و میرزاده اصول بهینه تولید(GMP)، تغییرات نرخ ارز، عدم بازاریابی و پیش‌بینی مناسب روند بازار، موجودی مواد اولیه و موجودی ملزومات را به‌عنوان مهمترین ریسک‌های تولید دارو شناسایی کردند (۷).

همتی و باهو در سال ۱۳۹۶ در مقاله‌ای مدلی تلفیقی از روش دیمتل فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی را برای شناسایی، رتبه‌بندی و ارزیابی عوامل ریسک‌ها در پروژه‌های نیروگاهی ارائه کرده‌اند. از نتایج مهم به‌دست‌آمده توسط همتی و باهو شناسایی عوامل علی و تعیین عوامل اصلی ریسک در پروژه‌های نیروگاهی است که عبارتند از ریسک سیاسی، ریسک اقتصادی، ریسک قوانین، ریسک آماده‌سازی، ریسک تأمین مالی، ریسک اجرا و ساخت و ریسک بهره‌برداری. رتبه‌بندی این عوامل نشان می‌دهد که در میان معیارهای اصلی این تحقیق، عوامل اجرا و ساخت بالاترین رتبه را کسب کرده‌اند. ریسک اجرا و ساخت در وزن‌دهی با روش تحلیل سلسله مراتبی دارای رتبه اول است و با روش دیمتل هم بیشترین وزن را در مقایسه با سایر معیارها دارد (۸). بیگلری و محمدی‌زاده در سال ۲۰۱۸ به ارزیابی مدیریت ریسک پروژه‌های ساخت در مجتمع معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان پرداختند. آن‌ها به‌طور موردی به شناسایی ریسک‌های بحرانی و اثرات آن‌ها بر یکدیگر برای پروژه‌های ساخت در مجتمع صنعتی گل گهر سیرجان پرداختند و برای تحلیل از روش شاخص اهمیت نسبی آسیب‌ها بر فاکتورهای هزینه، زمان، کیفیت و همچنین از روش مقایسات زوجی و دیمتل برای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری ریسک‌ها از همدیگر و تعیین ریسک‌های قابل مدیریت و غیرقابل مدیریت استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که ریسک «تورم و تغییرات ناگهانی در قیمت واحد مصالح و تغییرات نرخ ارز » تأثیرپذیرترین عامل در بین ریسک‌های شناسایی‌شده است که غیرقابل مدیریت است. همچنین ریسک‌هایی مانند ضعف مدیریت منابع انسانی، منابع مالی و تجهیزات و عدم کنترل

هزینه اثرگذارترین عوامل در بین ریسک‌های شناسایی‌شده هستند که تحت مدیریت هستند (۹).

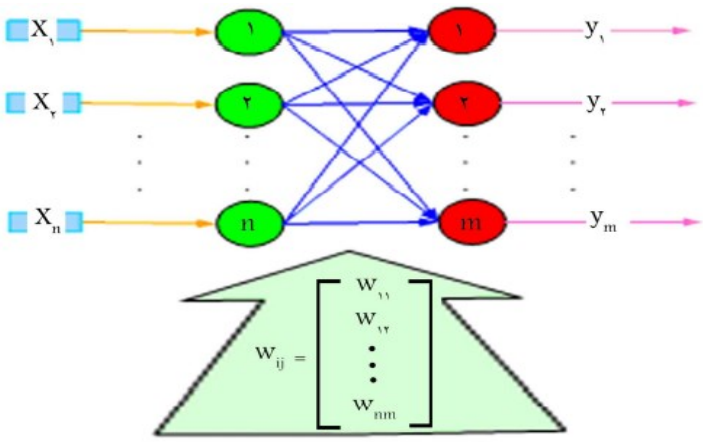
وی و همکاران در سال ۲۰۱۳ از تکنیک دیمتل برای تحلیل ریسک‌های موجود در مهندسی ساخت تونل ولونگ چین استفاده کردند. آن‌ها ضریب کلی عوامل متفاوت ریسک را به‌وسیله ماتریس کلی نفوذ محاسبه کردند؛ سپس شبکه علت و معلولی این عوامل را مشخص و عوامل کلیدی ریسک که در مهندسی ساخت تونل مؤثر بودند را به دست آوردند. نتایج به‌دست‌آمده از روش ایشان بر پروژه ساخت تونل نشان می‌دهد که استفاده از روش دیمتل به جهت تعیین روابط علت و معلولی میان عوامل ریسک و مشخص کردن عوامل کلیدی مؤثر ریسک برای تحلیل ریسک از کارایی لازم برخوردار است (۱۰). رودریگز و همکاران در سال ۲۰۱۶ با ترکیب روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم استنتاج فازی روش تازه‌ای ارائه کردند. آن‌ها برای پیاده‌سازی این روش یک سلسله‌مراتب ریسک ایجاد کردند و با ارائه یک مثال عددی واقعی از ۳ طرح فناوری نشان دادند که کاربرد روش جدید برای طبقه‌بندی عوامل ریسک بسیار مناسب است و اهمیت عوامل ریسک را نشان می‌دهد (۱۱). شیخ ابومسعودی و بهوندی در سال ۲۰۱۹ به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های ناشی از پروژه‌های حفاری نفت و گاز پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ریسک‌های ناشی از حفاری نفت و گاز را در منطقه گچساران مطالعه و برای این منظور از روش ANP فازی استفاده کرده‌اند. ژانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۹ در مقاله به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های خصوصی و دولتی شهر اسپونگ با استفاده از روش دیمتل فازی پرداخته‌اند. آن‌ها فهرستی از ریسک‌های احتمالی پروژه‌ها را با استفاده از ادبیات موضوع، برگزاری طوفان مغزی و مصاحبه با خبرگان تهیه کردند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سیستم نظارت ناکافی، مداخله دولت، قانون و مقررات نابالغ، قطعه‌قطعه شدن پروژه و مرز نامشخص پروژه از عوامل مهم ریسک هستند (۱۲). برقی و سیکاری در سال ۲۰۲۰ به ارزیابی ریسک‌های کمی و کیفی پروژه با استفاده از مدل ترکیبی توسعه‌داده‌شده تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. آن‌ها داده‌های خود را با جمع‌آوری اطلاعات از ۱۵ نفر از کارکنان باتجربه انجام دادند. نتایج تحلیل عاملی تأییدکننده نشان داد که کلیه ریسک‌ها توسط اعضای نمونه تحقیق تأییدشده است. سپس ریسک‌های شناسایی‌شده با استفاده از فنون فازی DEMATEL و ANP فازی طبقه‌بندی و رتبه‌بندی شدند. نتایج نهایی مطالعه نشان داد که تحریم‌های سیاسی و اقتصادی بالاترین وزن و متعاقب آن جذب سرمایه‌گذاران خارجی و نبود زیرساخت‌های منطقه‌ای داشته است (۱۳).

تحقیقات پیشین به اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه عمرانی پرداخته و تغییر روش اولویت‌بندی ریسک‌ها مورد را مطالعه کرده است. در این پژوهش تنوع و تعداد ریسک‌های مورد بررسی افزایش یافته و بررسی ابعاد مختلف ریسک و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس اولویت و درجه اهمیت در ساخت واحدهای صنعتی استان سیستان و بلوچستان رویکرد تازه‌ای است که روش شناسایی و ارزیابی شبکه عصبی همراه با روش ترکیبی دیمتل و تحلیل شبکه‌ای نتایج دقیق‌تری از شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها به مدیران ارائه می‌کند و با استفاده از آن ریسک‌های موجود را کاهش و به کیفیت و بهره‌وری در ساخت یک واحد صنعتی کمک شایانی کرد.

۳- روش تحقیق

شبکه‌های عصبی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوین برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به‌دست‌آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند. ایده اصلی این‌گونه شبکه‌ها تا حدودی الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به‌منظور یادگیری و ایجاد دانش قرار دارد. عنصر کلیدی این ایده ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق‌العاده به‌هم‌پیوسته با نام نورون تشکیل‌شده که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می‌کنند و توسط سیناپس‌ها(ارتباطات الکترومغناطیسی) اطلاعات را منتقل می‌کنند. در این شبکه‌ها اگر سلولی آسیب ببیند، بقیه سلول‌ها می‌توانند نبود آن را جبران کرده و هم در بازسازی آن سهیم باشند. این شبکه‌ها همچنین قادر به یادگیری هستند؛ مثلاً با اعمال سوزش به سلول‌های عصبی لامسه سلول‌ها یاد می‌گیرند که به طرف جسم داغ نروند و با این الگوریتم سیستم می‌آموزد که خطای خود را اصلاح کند. یادگیری در این سیستم‌ها به‌صورت تطبیقی صورت می‌گیرد؛ یعنی با استفاده از مثال‌ها وزن سیناپس‌ها به گونه‌ای تغییر می‌کند که در صورت دادن ورودی‌های جدید سیستم پاسخ درستی تولید کند (۱۵).

در این تحقیق به‌منظور شناسایی ریسک‌های موجود و تهیه پرسش‌نامه از پیمایش میدانی(مصاحبه)، کتابخانه‌ای و روش دلفی استفاده شده است. انتخاب حلقه صاحب‌نظران بخش بسیار مهمی از روش دلفی است. آگاهی این گروه از موضوع مورد نظر تضمین خوبی برای کیفیت بالای نتایج دلفی است؛ بنابراین حلقه اعضای دلفی در این پژوهش بر اساس آگاهی و تسلط بر موضوع تحقیق انتخاب شده‌اند که شامل متخصصان حوزه کاری و اساتید دانشگاه سیستان و بلوچستان است. مراحل انجام پس از اطلاع‌رسانی در زمینه موضوع پروژه در مرحله اول مصاحبه کلی صورت گرفت. عبد ریسک‌های موجود در پروژه احداث واحد صنعتی در استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی و اعلام نظر قرار گرفته و ریسک‌های شناسایی‌شده به‌وسیله متخصصان حوزه کاری و اساتید دانشگاه سیستان و بلوچستان در ابتدا جمع‌آوری شده و در مجموع ابتدا ۴۰ ریسک در حوزه‌های مختلف(منابع انسانی، ریسک آسیب و زیان، ریسک تجهیزات منابع و مصالح، ریسک‌های سیاست و دولت، ریسک برنامه‌ریزی و زمان‌بندی، ریسک منابع مالی و ریسک تجربه و مطالعات پیشین) شناسایی شد. سپس یافته‌ها با متخصصان حوزه کاری و اساتید دانشگاه سیستان و بلوچستان در میان گذاشته شده و نظرات آنان در طی ۳ مرحله(به‌منظور پالایش و یکسان‌سازی ریسک‌های مشابه)



شکل ۱. مدل ساختاری کوهونن دوبعدی

جویا شدیم. در این بین ۳ مرحله پالایش و هماهنگ‌سازی صورت گرفته؛ به صورتی که از ۴۰ ریسک شناسایی‌شده در ابتدا در طی این ۳ مرحله ۲۱ ریسک انتخاب می‌شوند؛ به گونه‌ای که در مرحله اول به ۳۵ ریسک کاهش داشته؛ در مرحله دوم به ۲۶ ریسک و در انتها ۲۱ ریسک در حوزه‌های معرفی‌شده انتخاب و بر اساس روش تجزیه‌وتحلیل پرسش‌نامه طراحی و در اختیار متخصصان مطلع و اساتید دانشگاه قرارگرفته است.

۳-۱- معرفی شبکه عصبی خودسازمانده

در شبکه خودسازمانده از روش یادگیری رقابتی برای آموزش استفاده می‌شود که عملکرد آن‌ها از لایه خاکستری مغز الهام گرفته شده است. سلول‌ها در یک بُعد، ۲ بُعد یا بیشتر قرار می‌گیرند و در یک فرآیند یادگیری رقابتی نسبت به الگوهای ورودی منظم می‌شوند. محل سلول‌های تنظیم‌شده در شبکه به گونه‌ای نظم می‌یابد که برای ویژگی‌های ورودی دستگاه مختصات معنی‌داری روی شبکه ایجاد شود. از این‌رو نقشه خودسازمانده یک نقشه توپوگرافی از الگوهای ورودی را تشکیل می‌دهد که در آن محل قرار گرفتن سلول‌ها، متناظر با ویژگی‌های ذاتی الگوهای ورودی است. یادگیری رقابتی که در این قبیل شبکه‌ها استفاده می‌شود، بدین صورت است که در هر قدم یادگیری سلول‌ها برای فعال شدن با یکدیگر به رقابت می‌پردازند. در پایان هم یک مرحله رقابت فقط سلولی برنده می‌شود که وزن‌های آن نسبت به وزن‌های سایر واحدها به شکل متفاوتی تغییر داده می‌شود که این نوع را یادگیری بی‌نظارت می‌نامند (۱۵).

۳-۲- شبکه کوهونن

کوهونن یکی از مهمترین شبکه‌های خودسازمانده است. ریشه قانون یادگیری کوهونن به سال‌های ۱۹۶۲ و قبل از آن و به مباحث خوشه‌بندی بی‌نظارت برمی‌گردد. در دهه ۷۰ مالزبرگ قانونی را معرفی کرد؛ مبتنی بر این ایده که مجموع وزن‌های مربوط به ورودی‌های در واحدهای مختلف که از یک خروجی آمده‌اند، باید ثابت باشند. مبنای ایده گفته‌شده بر اساس محدود بودن ماده شیمیایی موجود در خروجی مورد بحث و تقسیم شدن آن بین ورودی‌های مختلف متصل به خروجی گفته شده بود (۱۶). در اواخر دهه ۷۰ کوهونن به این نتیجه مهم رسید که هدف قانون یادگیری باید ساختن مجموعه بردار wi باشد که ارائه‌ها هم احتمال یک تابع چگالی احتمالی ثابت ρ را تشکیل می‌دهند؛ یعنی بردارهای wi باید طوری خود را تغییر دهند که برای هر بردار ورودی X با تابع چگالی احتمال ρ را داشته باشیم (رابطه ۲):

$$p(\underline{X}) = \frac{1}{m} \qquad (۲)$$

که در آن $\underline{X}$، به wi به ازای i=1 , 2 , … , m وزن نزدیک‌ترین است. ایده گفته‌شده برای توابع چگالی احتمال یکنواخت به‌طور مطلوب کار می‌کرد؛ تااینکه در سال ۸۷ دسینو تغییری در قانون کوهونن ایجاد کرد که مشکل مزبور را حل کرد. ما هنوز به‌واسطه نقش مهم کوهونن در این زمینه قانون را قانون کوهونن می‌گویند. یک‌لایه کوهونن آرایه‌ای از نورون‌ها به‌صورت یک‌بعدی، دوبعدی یا بیشتر است که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ مشاهده می‌شود

در فاز یادگیری هر یک از واحدها فاصله بردار ورودی X تا وزن‌های خود را به‌صورت رابطه ۳ محاسبه می‌کنند.

$$Ii = d(X, wi) \qquad (۳)$$

که در آن d تابع سنجش فاصله است و می‌توان هر یک از توابع مرسوم برای سنجش فاصله را مانند فاصله کمان کروی (رابطه ۴) یا فاصله اقلیدسی $D(u,v) = |u - v|$ استفاده کرد.

$$D(u,v) = 1 - \cos\theta \qquad (۴)$$

که در آن زاویه‌ی بین u و v است. واحدها با این محاسبه می‌خواهند بدانند که نزدیک‌ترین بردار به وزن x را دارند که این همان بخش رقابتی در این‌گونه از شبکه‌هاست. واحدی که نزدیک‌ترین وزن به بردار ورودی را دارد، برنده این مرحله از رقابت خواهد بود که برای آن Zi مرتبط برابر ۱ قرار داده می‌شود و سایر Zi ها برابر صفر خواهند بود. آنگاه قانون کوهونن که به‌صورت رابطه ۵ است، برای به‌روزرسانی وزن‌ها استفاده می‌شود.

$$wi^{new} = wi^{old} + \alpha(X - wi^{old})zi, 0 \leq \propto \leq 1 \qquad (۵)$$

همچنین قانون کوهونن معادل رابطه ۶ است.

$$\underline{w_i}^{new} = \begin{cases} (1-\propto)\underline{w_i}^{old} + \propto \underline{x} for\ winter \\ \underline{w_i}^{old}\ other\ Uniles \end{cases} \qquad (۶)$$

۳-۳- الگوریتم کار شبکه کوهونن

۱. مقادیر اولیه w_i^0 اختیار شوند، پارامترهای همسایگی واحد برنده و نرخ یادگیری تعیین شود. تا زمانی که شرط خاتمه غلط است، گام‌های ۲ تا ۸ تکرار شود

۲. برای هر بردار X قدم‌های ۳ تا ۵ اجرا شود.

۳. برای هر j فاصله D از رابطه ۷ محاسبه شود

$$D(j) = \sum_i (w_{ij} - x_i)^2 \quad (۷)$$

۴. اندیس J برای آن D(J) به میزان کمینه است، تعیین شود.

۵. برای کلیه واحدهای j در همسایگی J و برای کلیه‌ی iها wi جدید از رابطه ۸ به‌دست آید.

$$w_{ij}^{new} = (1-\propto) w_{ij}^{old} + a x_i \quad (۸)$$

۶. نرخ یادگیری به هنگام درآید.

۷. شعاع همسایگی در زمان‌های مشخص کاهش داده شود.

۸. شرط خاتمه ∝ آزمایش شود.

۴- تجزیه‌وتحلیل نتایج

برای اعتبار سنجی مدل تصمیم‌گیری ارائه‌شده پروژه احداث کارخانه تراورس واقع در سیستان و بلوچستان شهرک صنعتی مورد بررسی و مطالعه قرارگرفته و علاوه بر آن برای اعتبار سنجی شبکه عصبی تعدادی از راه‌هایی که در آن عملکرد یک شبکه آموزش داده‌شده می‌تواند ارزیابی شوند، وجود دارند. ساده‌ترین آن‌ها ارزیابی عملکرد شبکه در بازتولید داده‌های آموزشی است. یک رویکرد بهتر تقسیم داده‌های در دسترس به یک مجموعه آموزشی و مجموعه‌ای آزمایشی و استفاده از داده‌های آزمایشی به‌منظور ارزیابی مدل نهایی است. به عبارت دیگر، هر مجموعه‌ای از داده‌های ارائه‌شده به یک الگوریتم یادگیری باید به ۲ بخش تقسیم شود که یکی برای آموزش شبکه استفاده می‌شود و دیگری برای برآورد عملکرد شبکه توسط آزمودن و درستی قابلیت تعمیم استفاده می‌شود. با این حال، اگر فقدان داده‌های در دسترس وجود داشته باشد و تعیین اینکه چه مقدار باید برای آموزش و چه میزان باید برای آزمودن استفاده شود، معمولاً دشوار است. ابتکاری که در عمل به‌خوبی کار می‌کند، استفاده از دوسوم برای آموزش و یک‌سوم برای آزمایش است. این رویکرد منطقی است که الگوریتم یادگیری اگر داده‌ها آموزش کافی وجود نداشته باشد، نمی‌تواند خوب عمل کند و نتایج خروجی نمی‌تواند با دقت ارزیابی شود؛ اگر مجموعه آزمودن بیش از حد کوچک باشد.

در این تحقیق برای جمع‌آوری نظر خبرگان از پرسش‌نامه‌های مشتمل بر ۲۱ ریسک در مورد احتمال وقوع و شدت وقوع استفاده شده است.

جدول ۱- عوامل ریسک پروژه احداث واحد صنعتی

ردیف	ریسک	علامت اختصاری
۱	ریسک نامناسب بودن مهارت کارکنان فنی پروژه	A1
۲	ریسک نامناسب بودن عملکرد مدیریت پروژه	A2
۳	ریسک کم بودن تعداد کارکنان فعال در پروژه	A3
۴	ریسک نامناسب بودن مهارت مهندسان پروژه	A4
۵	ریسک سقوط اشیا و مصالح	A5
۶	ریسک امنیت جانی کارکنان(آسیب و جراحت کارکنان)	A6
۷	ریسک خرابی تجهیزات و ابزار پروژه	A7
۸	کیفیت پایین مصالح	A8
۹	ریسک بالا رفتن، نوسان زیاد قیمت مصالح و ابزار	A9
۱۰	ریسک تورم و نوسان نرخ ارز	A10
۱۱	ریسک تحریم سیاسی (تأثیر تحریم بر پروژه)	A11
۱۲	ریسک رعایت نکردن زمان‌بندی توسط پیمانکاران	A12
۱۳	ریسک بلایای طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و ...)	A13
۱۴	ریسک کمبود یا محدودیت مالی در پروژه	A14
۱۵	ریسک کاهش زمان اجرای فعالیت‌ها در حین اجرا	A15
۱۶	ریسک عدم دسترسی به تجهیزات و تکنولوژی در پروژه	A16
۱۷	ریسک قراردادی و حقوقی (ضعف در موارد قراردادی)	A17
۱۸	ریسک مطالعات ناکافی قبل از انجام پروژه	A18
۱۹	ریسک تأخیر در تأمین مصالح پروژه	A19
۲۰	ریسک پایین بودن عملکرد کارکنان ناشی از درآمد کم و...	A20
۲۱	نبود تجربه مشابه (پروژه مشابهی تاکنون انجام نشده است.)	A21

۴-۱-گروه بندی ریسک‌ها با شبکه عصبی کوهونن

دلایل استفاده از شبکه عصبی خودسامانده در این پژوهش این است که اولاً تعریف نمونه‌های آموزش به شبکه نیاز به اطلاعات قبلی از مسئله ندارد. ثانیاً شبکه رقابتی کوهونن در حقیقت رقابت بین گزینه‌ها برای انتخاب شدن را مدل‌سازی می‌کند. هنگام ورود اطلاعات پرسش‌نامه در شبکه عصبی ابتدا خبرگان بر اساس سابقه کارشان در پروژه حاضر و پروژه‌های مشابه وزن‌دهی شده‌اند.

جدول ۲- وزن محاسبه‌شده بر اساس سابقه کاری نخبگان

سابقه متخصص بر حسب	وزن
۲۰	۰،۱۶۳۹۳۴۴
۱۵	۰،۱۲۲۹۵۰۸
۱۰	۰،۰۸۱۹۶۷۲
۸	۰،۰۶۵۵۷۳۸
۶	۰،۰۴۹۱۸۰۳
۵	۰،۰۴۰۹۸۳۶
۴	۰،۰۳۲۷۸۶۹
۳	۰،۰۲۴۵۹۰۲
۲	۰،۰۱۶۳۹۳۴
۱	۰،۰۰۸۱۹۶۷

در ادامه وزن‌های به‌دست‌آمده را به ترتیب در ستون‌های مربوط به هر ریسک ضرب می‌کنیم و نتایج در هر ستون را با یکدیگر جمع می‌کنیم تا به عددی واحد برای هر ریسک در معیارهای شدت وقوع و احتمال وقوع برسیم. نتایج نرمال‌شده در جدول ۳ پس از ضرب اوزان مشخص شده است.

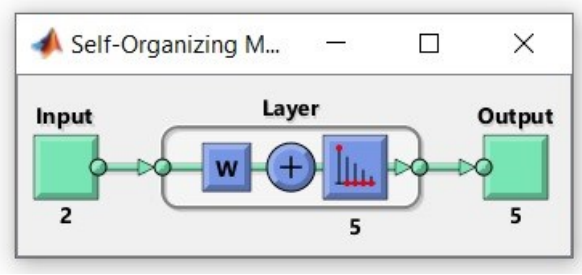
پس از آموزش شبکه عصبی کوهونن به شکل ۲ حاصل می‌شود که دارای ۲ ورودی ۵ لایه است.

درواقع شبکه حاضر دارای ۵ نورون است که در فاز آموزش شبکه هر نورون یک عضو گرفته است که درواقع ریسک‌هایی که دارای ۸۰ درصد اهمیت بالاتری نسبت به مابقی ریسک‌ها هستند، در نورون ۵ قرار خواهند گرفت و ریسک‌هایی که دارای حداقل ۶۰ درصد اهمیت نسبت به مابقی ریسک‌ها هستند، در نورون ۴. در شکل زیر مشخص می‌کند که در هر نورون چه تعداد از ریسک‌ها قرارگرفته‌اند. . . .

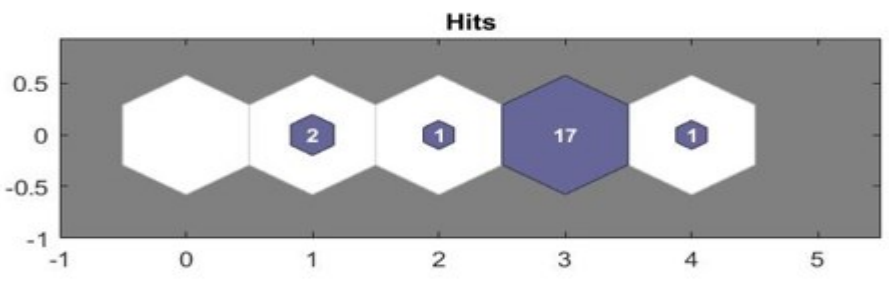
همان‌طور که نتایج خروجی شبکه نشان می‌دهد مهمترین ریسک که به‌عنوان خروجی پیروز شبکه در نظر گرفته شده، ریسک نبود تجربه مشابه پیمانکار است. همچنین ۱۷ ریسک در نورون ۴ قرار گرفته‌اند که از درجه اهمیت یکسانی برخوردار هستند که شامل نامناسب بودن مهارت کارکنان فنی پروژه، نامناسب بودن عملکرد مدیریت پروژه، کمبود تعداد کارکنان فعال در پروژه، نامناسب بودن مهارت مهندسان پروژه، ریسک سقوط اشیا و مصالح، ریسک امنیت جانی کارکنان، ریسک خرابی تجهیزات و ابزار پروژه، کیفیت

جدول ۳- نتایج نرمال‌شده اوزان ریسک‌ها

Row	A۱	A۲	A۳	A۴	A۵	A۶	A۷	A۸	A۹	A۱۰	A۱۱	A۱۲	A۱۳	A۱۴	A۱۵	A۱۶	A۱۷	A۱۸	A۱۹	A۲۰	A۲۱
احتمال وقوع	۰.۶۱	۰.۵۷	۰.۸۴	۰.۶۵	۰.۸۰	۰.۸۴	۰.۸۷	۰.۸۴	۰.۸۴	۰.۸۳	۰.۸۴	۰.۶۳	۰.۴۶	۰.۷۹	۰.۸۱	۰.۷۲	۰.۴۷	۰.۸۵	۰.۸۳	۰.۸۵	۱
شدت	۰.۸۰	۰.۹۲	۰.۸۴	۰.۸۳	۰.۸۷	۰.۸۵	۰.۸۲	۰.۸۵	۰.۸۳	۰.۷۴	۰.۸۵	۰.۶۶	۰.۴۳	۰.۷۱	۰.۸۵	۰.۶۸	۰.۴۵	۰.۸۹	۰.۸۰	۰.۷۸	۱



شکل ۲- نحوه عملکرد نرم‌افزاری شبکه عصبی کوهونن



شکل ۳- نورون‌های تشکیل‌دهنده شبکه عصبی کوهونن

پایین مصالح، بالا رفتن و نوسان زیاد قیمت مصالح و ابزار، ریسک تورم و نوسان نرخ ارز، ریسک تحریم سیاسی، ریسک کمبود یا محدودیت مالی در پروژه، ریسک کمبود زمان در پروژه، ریسک عدم دسترسی تجهیزات و تکنولوژی پروژه، مطالعات ناکافی قبل از انجام پروژه، تأخیر در تأمین مصالح پروژه، پایین بودن عملکرد کارکنان و همچنین ۳ ریسک رعایت نکردن زمان‌بندی توسط پیمانکاران، ریسک بلایای طبیعی، ریسک قراردادی و حقوقی در نورون ۳ و ۲ قرار گرفته‌اند که بر طبق نظر خبرگان از اهمیت پایینی برخوردارند.

۵-نتیجه‌گیری

مسیر رشد اقتصادی در هر جامعه‌ای نیازمند احداث واحدهای صنعتی و توسعه این‌گونه واحدها است؛ اما یکی از مهمترین اقداماتی که قبل از شروع هر پروژه باید انجام شود، گروه‌بندی و ارزش‌گذاری ریسک‌های پروژه است تا با کمترین ریسک پروژه به اتمام برسد. شبکه عصبی کوهونن مدلی برای گروه‌بندی و ارزش‌گذاری مهمترین ریسک‌های احداث یک واحد ارائه‌شده است. مطالعات صورت گرفته درزمینه ساخت کارخانه تراورس آن به علت احداث آن کریدور شرقی کشور (راه‌آهن شرقی ایران) است و با تکمیل این کارخانه مشکل ساخت تراورس های بتنی خط راه‌آهن کریدور شرقی ایران برطرف می‌شود. در این پژوهش ریسک‌های ساخت واحد صنعتی ساخت تراورس های بتنی با به‌کارگیری نظر خبرگان با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و روش دلفی در ۳ سطح از ٤٠ ریسک مورد بررسی ۲۱ ریسک شناسایی شدند. سپس با توجه به نظر خبرگان، اساتید و مصاحبه‌هایی که با مدیران کارخانه تراورس انجام گرفته، تمامی عوامل ریسک موردنظر نامبردگان در مورد احتمال وقوع و شدت تأثیر ریسک از صفر تا ۱۰ امتیازدهی شد. در ادامه به‌منظور افزایش تأثیرگذاری تجربه کاری در فعالیت‌های عمرانی در پرسش‌نامه‌های تهیه‌شده تجربه کاری خبرگان و کارکنانی که پرسش‌نامه‌های تهیه‌شده به‌صورت جداگانه جمع‌آوری شد و طبق جدول ۲ نرمال‌سازی صورت گرفت و فهرست شد. در جدول ۳ تجمیع پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده توسط خبرگان جمع‌آوری شده است. جهت رسیدن به عددی واحد در آیتم‌های احتمال وقوع و شدت تأثیر با در نظر گرفتن سابقه کار در فعالیت‌های عمرانی، نرمال‌سازی آن‌ها در ۲ آیتم گفته‌شده برای استفاده در شبکه عصبی صورت گرفته است. درنهایت با استفاده از شبکه عصبی کوهونن عوامل ریسک در ۵ گروه(نورون) در شکل ۳ به نمایش درآمده است که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده آن ریسک‌هایی که بیشتر از ۸۰ درصد اهمیت نسبت به سایر ریسک‌ها داشته باشند، در گروه ۵ قرار می‌گیرد و ریسک‌هایی که بین ٦٠ تا ۸۰ درصد اهمیت باشند، در گروه(نورون) ٤ قرار می‌گیرند و مابقی گروه‌ها هم به همین ترتیب هستند. با مشاهده نتایج به‌دست‌آمده، ریسک نبود تجربه مشابه پیمانکار در گروه(نورون) قرار گرفته که بیشتر از ۸۰ درصد اهمیت را داراست. نتایج به‌دست‌آمده برای سایر ریسک‌ها موجود در این پژوهش نشان می‌دهد که بیش از ۸۰ درصد از ریسک‌ها(۱۷ ریسک) در گروه ٤ با میزان اهمیت بین ٦٠ تا ۸۰ درصد قرار گرفته‌اند که می‌توان با توجه به اینکه این کارخانه با فناوری کاملاً بومی‌سازی شده، در ایران برای اولین بار به مرحله تولید می‌رسد. طرح و بررسی نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نقش تعیین‌کننده‌ای در ساخت واحدهای صنعتی نو در کشور داشت و میزان ریسک احداث این‌گونه واحدهای صنعتی را در کشور به میزان زیادی کاهش داد.

پی‌نوشت

1. Project Management Body of Knowledge

منابع:

1. - Hillson, D. (2017). Managing risk in projects: Routledge.

2. ARISH, A. AKBARPOUR SHIRAZI, M. & SEYED ESFAHANI, M. M. (2009). Case-Based Decision Support Model for Risk Responses Planning. INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND PRODUCTION MANAGEMENT (IJIE) (INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE) (PERSIAN), 20(3), -. https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=175422

3. Francom, T., El Asmar, M., & Ariaratnam, S. (2016). Performance Analysis of Construction Manager at Risk on Pipeline Engineering and Construction Projects. Journal of Management in Engineering, 32, 04016016. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000456 PMI, A Guide to the project management body of knowledge, fourth edition, Pennsylvania, Project Management Institute, 2008.

4. Zayed, T., Amer, M., & Pan, J. (2008). Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP. *International Journal of Project Management*, 26(4), 408-419.

5. Husin, S., Fachrurrazi, F., Rizalihadi, M., & Mubarak, M. (2019). Implementing Fuzzy TOPSIS on Project Risk Variable Ranking. Advances in Civil Engineering, 2019, 9283409. https://doi.org/10.1155/2019/9283409

۶. مرادی، م.، میرزازاده، م.ع. (۱۳۹۸). شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های تولید در صنعت دارو با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست (مطالعه موردی: شرکت سبحان دارو). مدیریت بهداشت و درمان، ۱۰(شماره ۱)، ۴۳-۵۱.

۷. همتی م.، باهو ع.، ارائه مدل ترکیبی از روش دیمتل و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به منظور رتبه بندی عوامل مؤثر بر ریسک پروژه‌های نیروگاهی، مهندسی صنایع و مدیریت شریف، دوره ۱-۳۳، شماره ۲/۲، ص ۶۳-۷۴، ۱۳۹۶.

۸. نژاد بیگلری ع.، محمدی‌زاده م.، ارزیابی مدیریت ریسک پروژه‌های ساخت با در نظرگیری اثرات ریسک‌ها بر روی هم (مطالعه موردی: مجتمع معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان)، کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، ایران-تبریز، ۲۰۱۸

9. Guo, W., Deng, Q., & Pan, X. D. (2013). Risk evaluation of highway tunnel construction based on DE-

MATEL method. *Applied Mechanics and Materials*, 368, 1472-1476

10. Rodríguez, A., Ortega, F., & Concepción, R. (2016). A method for the evaluation of risk in IT projects. *Expert Systems with Applications*, 45, 273-285.

11. Aboumasoudi, A. S., & Behvandi, O. (2019). Identification and ranking risks of horizontal directional drilling for oil & gas wells by using fuzzy analytic network process: A case study for Gachsaran oil field wells. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, *12*(2), 46-60

12. Sheng, M. L. (2019). Foreign tacit knowledge and a capabilities perspective on MNEs' product innovativeness: Examining source-recipient knowledge absorption platforms. *International Journal of Information Management*, 44, 154–163.

13. Barghi, Behrad, and Shahram Shadrokh sikari. "Qualitative and Quantitative Project Risk Assessment Using a Hybrid Pmbok Model Developed under Uncertainty Conditions." Heliyon 6, no. 1 (2020/01/01/ 2020): e03097. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03097. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019367568..

۱۴. راعی، دکتر رضا، and کاظم چاوشی. «پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه های عصبی مصنوعی و مدل چندعاملی.» تحقیقات مالی ۵، no. ۱۵ (۲۰۰۳): -. https://jfr.ut.ac.ir/article_۱۱۳۵۲_c۴۳۹f۳.pdf.ef۷d۱۲۹d۳b۰d۵۰ceecb۳۹f۲d۱۰.

15. Darzagani, N. "The segmentation of consumers in the electronics market", 3rd International Conference on Research in Science and Technology, Berlin, Germany (2016)

۱۶. اشتهاردیان، ا. ا.، شاهسوند، پ.، & معززی فرهادی فر، م. (۲۰۱۸). ارائه مدل شبکه عصبی کوهونن جهت مشخص کردن سهم هر یک از عوامل درگیر در تأخیرات (مطالعه موردی: آزاد راه تهران - شمال). مهندسی عمران، ۳۴,۲(۳,۲), ۱۰۵-۱۱۶. https://doi.org/۱۰,۲۴۲۰۰/۱۴۲۳,۲۰۱۸,۳۰ j.