Archive of SID

Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.4, No.3, Autumn 2016

Research Article

Analysis and Forecasting the Severity of Construction Accidents using Artificial Neural Network

Soltanzadeh A[1] , Mohammadfam I [2*], Mahmoudi SH[3] , Alizadeh Savareh B[4], Mohamadi Arani A[5]

1. Occupational Hygiene engineering Department, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.
2. Occupational Hygiene engineering Department, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Health-safety-environment Manager of MAPNA Group, Iran.
4. Department of Medical Informatics, Allied Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5. Safety Engineering Department, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran.

Abstract

Background and Objectives: The severity of industrial accidents is caused by various and different factors. This study aimed to analyze the causal factors of accidents severity and forecasting the severity of the accidents in construction industries.

Materials and Methods: This study was an analytical cross-sectional that analyzed and the forecasted the severity of accidents occurred during the years of 2009-2013 at largest construction industries in Iran. The data included information on 500 accidents causing human injury during the studied years. Data analyses were done using Artificial Neural Network, using Matlab R 2014. Ethical considerations in this study were adhered based on the Helsinki guidelines.

Results: The findings showed that, mean of age and education, Type of activity and number of workers in construction activities, health-safety-environment periodic training, content of health-safety-environment training and health-safety-environment training indicator and the hazard identification, risk assessment, safety audit and control measures such as personal-protective-equipment can be identified as indicators and Forecasting of accidents severity rate in the construction industry.

Conclusion: As results Artificial Neural Network can be used as a convenient tool to analyze and forecasting the causal layers of industrial accidents.

Key words: Forecasting, Accident Severity Rate, Construction Industry, Artificial Neural Network

How to cite this article:
Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Mahmoudi Sh, Alizadeh Savareh B, Mohamadi Arani A. Analysis and Forecasting the Severity of Construction Accidents. J Saf Promot Inj Prev. 2016; 4(3):185-92.

***Corresponding Author:** mohammadfam@umsha.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۴. شماره ۳. پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۱۸۵ تا ۱۹۲

تحلیل علّی و پیش‌بینی میزان شدت حوادث صنعتی در صنایع ساخت‌وساز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

احمد سلطان‌زاده [۱]، ایرج محمدفام*[۲]، شهرام محمودی[۳]، بهروز علی زاده سواره[۴]، علیرضا محمدی ارانی[۵]

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.
۲. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۳. گروه بهداشت- ایمنی- محیط زیست، گروه مپنا، تهران، ایران.
۴. گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۵. گروه مهندسی ایمنی و حفاظت فنی، دانشکده مهندسی نفت شهید تندگویان، آبادان، ایران

چکیده

سابقه و هدف: شدت بروز حوادث صنعتی ناشی از علل و عوامل مختلف، متفاوت می‌باشد. این مطالعه باهدف تحلیل علّی و پیش‌بینی میزان شدت حوادث صنعتی در صنایع ساخت‌وساز اجرا شد.

روش بررسی: این مطالعه یک بررسی مقطعی از نوع توصیفی- تحلیلی بود که به تجزیه‌وتحلیل علّی و پیش‌بینی شدت حوادث رخداده طی سال‌های ۹۲- ۱۳۸۸ در صنایع ساخت‌وساز پرداخت. داده‌های مطالعه شامل اطلاعات مربوط به ۵۰۰ حادثه آسیب‌زای انسانی بود که طی سال های موردمطالعه در صنایع مختلف ساخت‌وساز در ایران رخداده بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و نرم‌افزار برنامه‌نویسی Matlab R ۲۰۱۴ انجام شد. ملاحظات اخلاقی هلسینکی در این مطالعه رعایت شد.

یافته‌ها: در این مطالعه نشان داده شد که میانگین سن و میزان تحصیلات، نوع فعالیت و تعداد کارگران در هر فعالیت ساخت‌وسازی، آموزش‌های دوره‌ای بهداشت- ایمنی- محیط‌زیست محتوای برنامه‌های آموزشی بهداشت- ایمنی- محیط‌زیست و شاخص آموزش بهداشت- ایمنی- محیط‌زیست و شاخص‌های شناسایی خطرات، ارزیابی خطر دوره‌ای، ممیزی ایمنی و انجام اقدامات کنترلی مانند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، به‌عنوان شاخص‌های تحلیلی و پیش‌بینی کننده میزان شدت حوادث در صنایع ساخت‌وساز شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها می‌توان گفت که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مناسب در تحلیل علی و پیش‌بینی میزان شدت حوادث در صنایع ساخت‌وساز مورداستفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی، میزان شدت حادثه، صنایع ساخت‌وساز، شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

حوادث شغلی دارای پیامدها و آثار نامطلوب متعدد بوده و اثرات جبران‌ناپذیری بر نیروی کار، دارایی‌ها، مواد و اموال، محیط‌زیست و شهرت و اعتبار سازمان‌ها داشته است (۱). اگرچه اطلاعات مربوط به حوادث شغلی در سراسر جهان استانداردشده نبوده، امّا تعداد حوادث گزارش‌شده و میزان پیامدهای ناشی از آن هنوز به‌عنوان یک‌پایه و اساس برای فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی‌های ایمنی در محیط‌های صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرد (۲-۴). طبق گزارش‌های سازمان بین‌المللی کار[۱] سالانه ۲ میلیون حادثه منجر به مرگ‌ومیر و حدود ۲۶۸ میلیون حادثه منجر به آسیب در محیط‌های کاری و صنعتی به وقوع می‌پیوندد که دارای پیامد ناگوار و نامطلوب انسانی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد (۵).

صنعت ساخت‌وساز یکی از صنایعی است که ازلحاظ عملکرد ایمنی و بهداشت با چالش روبرو می‌باشد. مطالعات انجام‌شده در چندین کشور مختلف تعداد بالایی از عوارض و پیامدهای نامطلوب ایمنی و بهداشتی را به صنعت ساخت‌وساز نسبت داده‌اند (۶-۸). کشور ایران نیز به دلیل قرار گرفتن در لیست کشورهای درحال‌توسعه، دارای صنایع کوچک و بزرگ در عرصه ساخت‌وساز می‌باشد. اگرچه آمار استانداردشده‌ای درزمینه نرخ حوادث و آثار آن در این صنایع وجود ندارد، امّا با توجه به آمارها و اطلاعات غیررسمی، حوادث فراوانی در صنایع ساخت‌وساز کشور به وقوع پیوسته که آثار مخرّب و نامطلوبی بر نیروی کار و پیامدهای نامطلوب انسانی، اجتماعی و اقتصادی

۱. (ILO)

* آدرس نویسنده مسئول مکاتبات mohammadfam@umsha.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

زیادی دربر داشته است (۲, ۹, ۱۰).

شناسایی دلایل و عوامل مؤثر بروز و شدت حوادث یک موضوع مهم و اساسی در تحلیل حوادث و راهی برای پیشگیری از آسیب‌های ناشی از حوادث می‌باشد. تلاش‌های گسترده‌ای توسط محققین درزمینه های مختلف برای تشریح انواع حوادث و تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای تاثیرگذار بر آن انجام‌شده است (۳-۵, ۱۱-۱۳). نکته مهم در اکثر قریب به‌اتفاق مطالعات انجام‌شده این است که همه این بررسی‌ها و تجزیه‌وتحلیل‌ها تنها به برخی از علل بروز حوادث صنعتی اشاره نموده، تجزیه تحلیل عوامل مؤثر بر شدت پیامد حوادث انجام‌نشده و لایه‌های مختلف علّی پیامد حوادث بررسی نشده‌اند. در این راستا، یکی از مهم‌ترین و کارآمدترین رویکردهای تجزیه‌وتحلیل حوادث که برای درک و تشریح علل پایه‌ای حوادث توسعه داده‌شده است، رویکرد تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای[۲] می‌باشد. تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای یکی از روش‌های آنالیز رویدادها و حوادث می‌باشد که به تحلیل علل و عوامل ریشه‌ای حوادث می‌پردازد (۱۴-۱۶).

با توجه به گذشته‌نگر بودن تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل حوادث، شناسایی صرف برخی علل بروز حوادث و عدم کارایی این روش‌ها و تکنیک‌ها در پیش‌بینی و پیشگیری حوادث، همچنین پیچیده بودن محیط‌های صنعتی و وقوع حوادث فراوان که می‌تواند خسارت‌ها و آثار نامطلوبی را حتی در سطح ملّی و بین‌المللی بر جای گذارد، برای پیشگیری از وقوع مجدد حوادث و همچنین حوادث جدید نیاز به ابزار و روش‌هایی برای تحلیل و پیش‌بینی حوادث می‌باشد. مدل‌سازی علّی حوادث به‌عنوان یک راهکار مفید در جهت ارائه الگوها و مدل‌های مختلف، شناسایی عوامل و فاکتورهای مداخله‌ای در بروز حادثه و استفاده از آن‌ها در کاهش میزان بروز حوادث مطرح می‌باشد (۱۰, ۱۷, ۱۸). محققین تلاش نموده‌اند که انواع مختلف و متفاوت مدل‌ها را ارائه نمایند که بتواند علل بروز حوادث را توصیف و تحلیل نموده و درنهایت باعث درک و پیش‌بینی حوادث گردد (۲, ۴, ۱۹, ۲۰). یکی از ابزارهای مهم در این زمینه استفاده از شبکه عصبی مصنوعی[۳] می‌باشد. استفاده از این ابزار پایا و عملکردی می‌تواند باعث پیش‌بینی عوامل مداخله‌گر و لایه‌های علل حوادث شود و به‌عنوان یک راهکار مهم در تجزیه‌وتحلیل ریشه‌ای حوادث و پیشگیری از وقوع حوادث مورد قرار گیرد (۱۷, ۱۸).با توجه به آنچه بیان و تشریح شد، این مطالعه باهدف تجزیه‌وتحلیل جامع شدت پیامد حوادث، شناسایی و درک لایه‌های علل و شناسایی ابعاد مختلف این پارامترها و متغیرها در حوادث صنایع ساخت‌وساز و ارائه مدل و الگویی برای پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع حوادث و بهبود وضعیت ایمنی و بهداشت در این صنعت بزرگ طراحی گردیده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه یک بررسی مقطعی از نوع توصیفی- تحلیلی بود و باهدف تحلیل علّی و پیش‌بینی میزان شدت حوادث صنعتی در صنایع ساخت‌وساز طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۸ رخ‌داده بودند، اجرا شد. ملاحظات اخلاقی هلسینکی در این مطالعه رعایت شد. ملاحظات موردنظر شامل حذف اسامی افراد حادثه‌دیده و افراد مرتبط با حوادث، مصاحبه بی‌نام و رضایت شاهدان حوادث موردمطالعه بود. بعلاوه، در این مطالعه از ذکر نام و مشخصات سایت‌های ساخت‌وسازی موردمطالعه نیز خودداری گردید.

مطالعه بر اساس یک ساختار و الگوریتم از پیش تعیین‌شده و گام‌های زیر اجرا شد:

گام اول:

بر اساس اطلاعات فراهم‌شده در فرم گزارش حوادث موجود در صنایع ساخت‌وساز موردمطالعه، بعلاوه همه سوابق ثبت‌شده حوادث شغلی، جمع‌آوری داده‌های مربوط به حوادث شغلی انجام گردید. موارد موردنیاز در این مطالعه شامل ۱) اطلاعات فردی افراد حادثه‌دیده: سن، سابقه کار، میزان تحصیلات، ۲) مشخصات سازمانی در حادثه به وقوع پیوسته: نوع شغل و رده سازمانی، نوع فعالیت ساخت‌وسازی، تعداد کارگران و ۳) نوع آسیب یا عضو حادثه‌دیده: سر، صورت، چشم، دست، پا، ستون فقرات بود.

گام دوم:

در این گام، اطلاعات و سوابق مربوط به آموزش‌های مختلف که درزمینه بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست[۴] در صنایع ساخت‌وساز ارائه‌شده بودند، جمع‌آوری و موردبررسی قرار گرفت.

گام سوم:

در این مرحله، اطلاعات موردنیاز درباره سیستم مدیریت و ارزیابی خطرات بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست در صنایع ساخت‌وساز موردمطالعه بررسی شد و هرگونه استفاده و به‌کارگیری از روش‌های مختلف ارزیابی خطر جمع‌آوری و بر اساس حوادث به وقوع پیوسته طبقه‌بندی گردید.

گام چهارم:

در گام نهایی، همه داده‌های جمع‌آوری‌شده بر اساس مشخصات مربوط به حادثه به وقوع پیوسته، سوابق و اطلاعات مربوط به آموزش‌های بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست و داده‌های سیستم مدیریت و ارزیابی خطر بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. برای تحلیل علّی شدت حوادث در صنایع ساخت‌وساز با رویکرد تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای از تحلیل مدل‌سازی با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی و نرم‌افزار تحلیلی Matlab R 2014 انجام شد.

۲. Root Cause Analysis (RCA)
۳. Artificial Neural Network (ANN)
۴. Health, Safety, Environment (HSE)

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای یکی از رویکردهای آنالیز رویدادها و حوادث می‌باشد که به تحلیل لایه‌های علل و عوامل پایه‌ای حوادث می‌پردازد. تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای یک سیستم تحلیلی است که می‌تواند برای انجام یک بررسی جامع و نظام‌مند نقص‌ها، وقایع غیرقابل‌انتظار و انواع حوادث مورداستفاده قرار گیرد. بعلاوه، این روش یک فرایند طراحی‌شده بررسی و طبقه‌بندی علل ریشه‌ای حوادثی است که بر ایمنی، بهداشت، محیط‌زیست، کیفیت، قابلیت اطمینان و تولید اثرگذار است. هدف انجام یک مطالعه با استفاده از رویکرد تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای، اتخاذ یک روش سامانمند جهت تعیین علل ریشه‌ای حادثه و اطمینان از اینکه با اتخاذ راهکارهای اصلاحی امکان وقوع مجدد حادثه و یا حوادث مشابه وجود نخواهد داشت. تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای به شناسایی آنچه اتفاق افتاده، چگونگی و چرایی وقوع آن کمک نموده، بنابراین از وقوع مجدد حوادث مشابه جلوگیری می‌کند (۲, ۱۰, ۱۴, ۱۶).شبکه عصبی مصنوعی، سیستم و روش محاسباتی نوینی برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به‌دست‌آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده می‌باشد. عموماً، ایده اصلی این تکنیک شبکه‌ای برگرفته از کارکرد سیستم عصبی مرکزی بدن برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به‌منظور یادگیری و ایجاد دانش می‌باشد. عنصر کلیدی این ایده، ایجاد ساختارهایی جدید برای سیستم پردازش اطلاعات بوده، لذا به‌کارگیری این تکنیک پایا و قابل‌اعتماد در تحلیل داده‌های بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست می‌تواند به فهم و درک بهتر موضوعات و مسائل مرتبط با حوزه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست کمک نماید؛ بنابراین، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند در فرایند تحلیل و پیش‌بینی لایه‌های علل حوادث کمک بسیار کند (۱۷, ۱۸, ۲۱, ۲۲).

یافته‌ها

نتایج مربوط به شاخص‌های حوادث موردمطالعه، ویژگی‌های فردی و دموگرافیک، سازمانی، فرایند آموزش و مدیریت خطر بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست در صنایع ساخت‌وساز مربوط به حوادث موردمطالعه در جداول ۴-۱ نشان داده‌شده است.

جدول ۱) شاخص حوادث مورد تحلیل

شاخص‌های حادثه	میانگین±انحراف معیار
روزهای کاری ازدست‌رفته	۷۱/۱۴۹۵±۹۴/۴۰۹
شاخص شدت حادثه	۰۵/۱±۱۰^{۳}×۵۱/۱×۱۰^{۴}

جدول ۲) عوامل فردی و سازمانی مربوط به حوادث ساخت‌وساز

عوامل فردی و سازمانی		فراوانی (٪)
سن (سال) (Mean±SD)		۶۷/۷±۱۸/۲۹
سابقه کار (سال) (Mean±SD)		۹۰/۳±۶۷/۴
تعداد کارگران		۷۸/۷۷±۲۳/۹۲
میزان تحصیلات	زیر دیپلم	۲۰۳ (٪۶/۴۰)
	دیپلم	۲۰۹ (٪۸/۴۱)
	دانشگاهی	۸۸ (٪۶/۱۷)
شغل	کارگر ساختمانی	۳۶۲ (٪۴/۷۲)
	تکنسین	۱۲۴ (٪۸/۲۴)
	راننده	۱۴ (٪۸/۲)
نوع فعالیت	ساختمانی	۳۳۳ (٪۶/۶۶)
	مکانیکی	۳۹ (٪۸/۷)
	نصب	۱۱۷ (٪۴/۲۳)
	برق	۱۱ (٪۲/۲)

جدول ۳) عوامل مرتبط با مدیریت خطر در حوادث ساخت‌وساز

شاخص‌های آموزش بهداشت-ایمنی-محیط‌زیست	فراوانی (٪)
آموزش قبل از استخدام	۲۴۰ (٪۰/۴۸)
آموزش‌های دوره‌ای	۱۱۰ (٪۰/۲۲)
آموزش پس از وقوع حوادث	۸۸ (٪۶/۱۷)
میزان آگاهی درباره تجهیزات حفاظت فردی	۱۰۵ (٪۰/۲۱)
میزان آگاهی درباره خانه‌داری صنعتی	۱۶ (٪۲/۳)
مدت‌زمان آموزش‌های ارائه‌شده	۱۳۲ (٪۴/۲۶)
محتوای آموزش‌های ارائه‌شده	۷۱ (٪۲/۱۴)
ارزیابی نهایی فرایند آموزش	۷۷ (٪۴/۱۵)

جدول ۴) عوامل مرتبط با فرایند آموزش در حوادث ساخت‌وساز

شاخص‌های مدیریت خطر	
استقرار سیستم مدیریت خطر	۹۲ (٪۴/۱۸)
سیستم بررسی حوادث	۸۳ (٪۶/۱۶)
سیستم خطر	۸۲ (٪۴/۱۶)
ارزیابی خطر دورهای	۸۴ (٪۶/۱۶)
استفاده از روش‌های ارزیابی خطر مختص ساخت‌وساز	۲۸ (٪۶/۵)
استفاده و اجرای روش‌های کنترل خطر	۵۱ (٪۲/۱۰)
استفاده از چک‌لیست بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست	۲۷۰ (٪۰/۵۴)
سیستم گزارش دهی خطرات و خطرها	۴۸ (٪۶/۹)
برگزاری جلسات کاری[۱]	۵۳ (٪۶/۱۰)
خانه‌داری صنعتی[۲]	۲۹ (٪۸/۵)
بازرسی و ممیزی بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست	۴۱ (٪۲/۸)

www.SID.ir

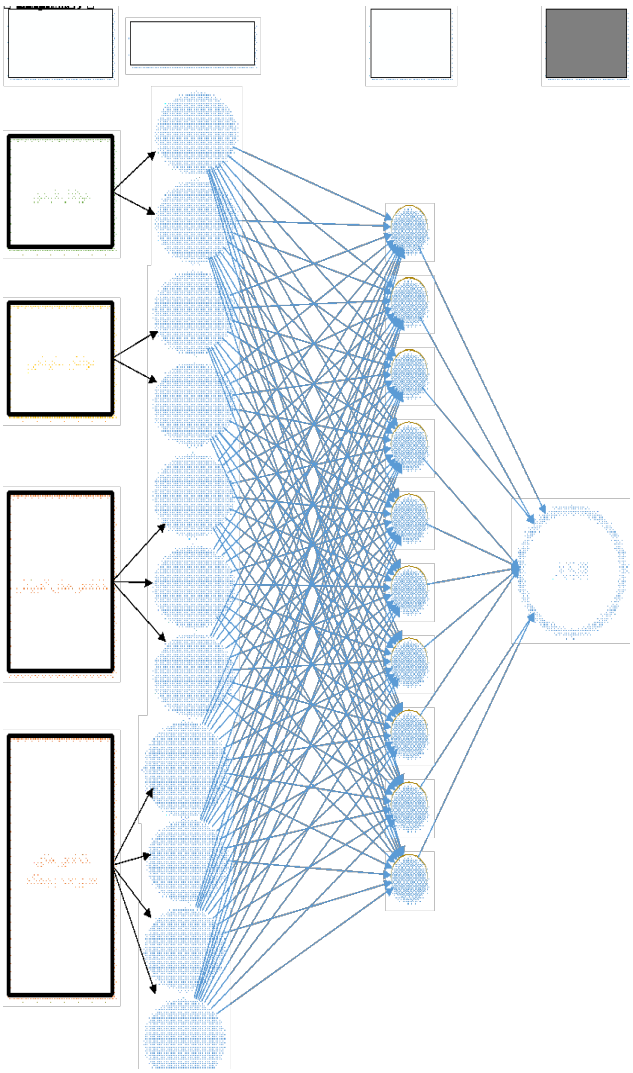
Archive of SID

میانگین روز کاری ازدست‌رفته ناشی از حوادث شغلی طی ۵ سال موردمطالعه ۱۴۹۵/۷۱±۴۰۹/۹۴ روز و میانگین میزان شدت حادثه[۵]، ۱۰۴×۱۰۳×۱/۵۱×۰۵/۱±۱۰۴ برآورد گردید. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میانگین سن و سابقه کار افراد حادثه‌دیده در ۱۳ صنعت ساخت‌وساز موردمطالعه، به ترتیب ۲۹/۱۸±۷/۶۷ و ۴/۶۷±۳/۹۰ سال بود. ارزیابی سطح تحصیلات افراد نشان داد که بیش از هشتاد درصد فاقد تحصیلات دانشگاهی می‌باشند. یافته‌های مربوط به ویژگی‌های سازمانی افراد آسیب‌دیده نشان داد که بیش از ۷۰٪ کارگر ساختمانی و نزدیک به ۲۵٪ آن‌ها تکنسین بوده‌اند. بعلاوه، قریب به ۲۵٪ فعالیت‌هایی که منجر به حوادث آسیبزای انسانی در صنایع ساخت‌وساز گردیده است مربوط به نصب و راه‌اندازی و حدود ۷۰٪ مربوط فعالیت‌های ساختمانی بوده است.

تجزیه‌وتحلیل فرایند آموزش در صنایع ساخت‌وساز موردمطالعه نشان داد که تقریباً در نیمی از حوادث موردمطالعه ۴۸/۰٪ آموزش‌های پیش از شروع به کار ارائه‌شده و در ۲۲/۰٪ نیز آموزش‌های دوره‌ای بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست مشاهده گردید. نتایج مربوط به آموزش افراد پس از وقوع حادثه و ارائه آموزش درزمینه برگزاری جلسات کاری و گروهی نیز به ترتیب (۱۷/۶٪) و (۹/۸٪) بود. نتایج بررسی و مطالعه افراد درگیر در حوادث نشان داد که ۲۱/۰٪ افراد درباره تجهیزات حفاظت فردی مختص به شغل خود آموزش‌های لازم را گذرانده‌اند، بعلاوه اینکه تنها ۳/۲٪ افراد موردبررسی درباره خانه‌داری صنعتی[۶] دارای اطلاعات نسبی بودند. همچنین، نتایج مربوط به مدت‌زمان و محتوای برنامه‌های آموزشی در صنایع موردمطالعه نشان داد که میزان رضایت از مدت‌زمان آموزش‌ها و محتوای برنامه‌های آموزشی ارائه‌شده به ترتیب ۲۶/۴٪ و ۱۴/۲٪بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در ارزیابی نهایی برنامه‌های آموزشی ارائه‌شده در صنایع موردمطالعه، ۵۴/۴٪ این برنامه‌ها را ضعیف و ناکارآمد و تنها ۱۵/۴٪آن را اثربخش ارزیابی نموده‌اند. نتایج ارزیابی سیستم مدیریت خطر و شاخص‌های مورد تحلیل آن نشان داد که سهم سیستم مدیریت خطر و استقرار آن در صنایع ساخت‌وساز ۱۸/۴٪ و شاخص‌های آن شامل شناسایی خطرات، ارزیابی دوره‌ای خطر[۷] و تبیین و اجرای روش‌های کنترل فنی، مدیریتی و حفاظت فردی به ترتیب ۱۶/۴٪، ۱۶/۶٪ و ۱۰/۲٪ برآورد شد. نتایج مربوط به شاخص‌های دیگر سیستم مدیریت خطر مانند استفاده از چک‌لیست‌های مختلف، سیستم گزارش دهی خطرات و خطرها، جلسات کاری و گروهی، خانه‌داری صنعتی و بازرسی و ممیزی بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست نیز به ترتیب ۵۴/۰٪، ۹/۶٪، ۱۰/۶٪، ۵/۸٪ و ۸/۲٪ بود.

نتایج تحلیل و مدل‌سازی عوامل مشارکت‌کننده در میزان شدت حوادث بر اساس شبکه عصبی مصنوعی در شکل‌های ۳-۱ نشان داده‌شده است.

مدل‌سازی عوامل علّی شدت حادثه در صنایع ساخت‌وساز با شبکه عصبی مصنوعی و به روش feed forward انجام شد. در این مدل‌سازی از یک‌لایه مخفی با ۱۰ زیر لایه استفاده گردید. تابع‌های تبدیل[۸] کاربردی در این مدل‌سازی tansig و purelin بودند. تابع عملکردی[۹] با MSE[۱۰] =۱۸/۰ به دست آمد. در ابتدا، ۲۵ فاکتور فردی، سازمانی، آموزش بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست و مدیریت خطر وارد مدل شدند. پس‌ازآن بهینه‌سازی فاکتورها انجام‌شده که تنها ۱۱ فاکتور واجد شرایط به‌عنوان لایه ورودی در شبکه عصبی تشخیص داده شدند (شکل ۱).



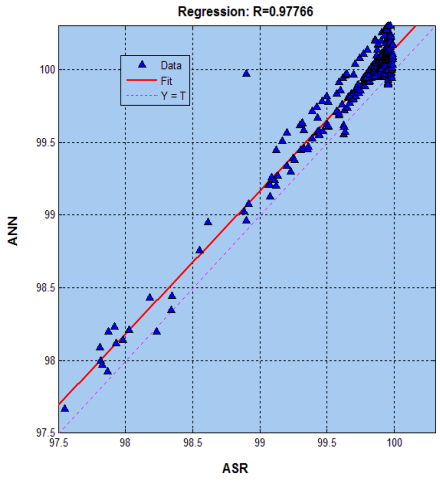
شکل ۱) مدل شبکه عصبی مصنوعی میزان شدت حوادث در صنایع ساخت‌وساز

۵. Accident Severity Rate(ASR)
۶. Housekeeping
۷. Risk Assessment Hazard
۸. Trans-Functions
۹. Performance Function
۱۰. Mean Square Error

www.SID.ir

Archive of SID

این مدل‌سازی بر اساس یک‌لایه ورودی با ۱۱ فاکتور به‌عنوان زیر لایه، یک‌لایه مخفی با ۱۰ زیر لایه و یک‌لایه خروجی انجام گرفت. آموزش شبکه عصبی مادر[11] با ۷۰/۰٪ داده‌های مطالعه و اعتبارسنجی شبکه[12] با ۱۰/۰٪ داده‌ها و آزمون شبکه[13] نیز با ۲۰/۰٪ داده‌ها انجام شد. یافته‌های این مدل‌سازی نشان داد که شاخص‌های فردی سن و تحصیلات، شاخص‌های سازمانی نوع فعالیت و تعداد کارگران در هر فعالیت و پروژه، شاخص‌های آموزش مانند آموزش‌های دوره‌ای بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست، محتوای آموزش‌های ارائه‌شده و شاخص نهایی ارزیابی آموزش بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست و شاخص‌های مدیریت خطر شامل ارزیابی خطر دوره‌ای، اجرای سیستم شناسایی مخاطرات، ممیزی بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست و اجرای اقدامات کنترل خطر مانند PPE به‌عنوان لایه‌های علّی و عوامل مشارکت‌کننده در میزان شدت حوادث در صنایع ساخت‌وساز مطرح بوده که می‌توانند به‌عنوان فاکتورها و شاخص‌های پیش‌بینی کننده شدت حوادث نیز موردتوجه قرار گیرند (شکل ۱).

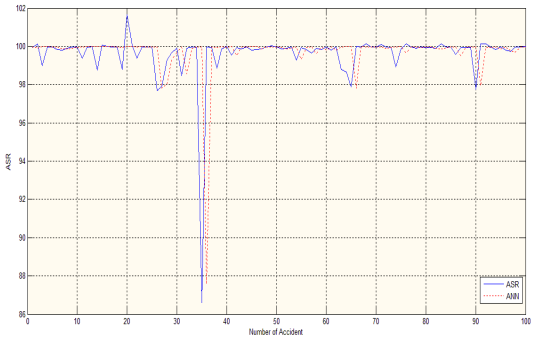


شکل ۲) ارتباط بین شبکه عصبی مصنوعی و میزان شدت حوادث در مدل ساخته‌شده

به‌علاوه، یافته‌های شکل ۲ نشان می‌دهد که مدل نهایی به‌دست‌آمده، یک مدل قابل‌اعتماد و پایا می‌باشد که می‌توان به آن تکیه نمود (R=۰/۹۷۷).

همچنین، نتایج قابل‌مشاهده در شکل ۳ نیز گویای کاربردی بودن این مدل می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان یک مدل پیش‌بینی کننده شدت حوادث صنعتی در صنایع ساخت‌وساز مورداستفاده قرار گیرد.

۱۱. Network Training
۱۲. Network Validation
۱۳. Test Network



شکل ۳) آزمون مدل شبکه عصبی مصنوعی برای حوادث در صنایع ساخت‌وساز

بحث

برخی مطالعات نشان داده‌اند که بروز و شدت پیامد حوادث صنعتی تحت تأثیر عوامل مختلف و پارامترهای مربوط به آن‌ها می‌باشد (۴, ۱۵, ۱۶, ۲۱). به دلیل پیچیدگی صنایع امروزی مانند صنعت ساخت‌وساز (۲, ۳, ۷)، تجزیه‌وتحلیل فراوانی و شدت حوادث صنعتی با استفاده از روش‌های تحلیلی معمول و رایج بسیار دشوار بوده و نتایج به‌دست‌آمده دارای قطعیت پایینی می‌باشد (۷, ۹, ۱۷)؛ بنابراین، یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی می‌تواند تجزیه‌وتحلیل نقص‌ها و شکست‌های ایجادشده در لایه‌های حفاظتی و ایمنی در ساختار بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست باشد. رویکرد تجزیه‌وتحلیل علل ریشه‌ای[14] می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی مفید و مناسب در بررسی و آنالیز حوادث صنعتی و موردتوجه و استفاده قرار گیرد (۲, ۱۴, ۱۶). علاوه بر این، مدل‌سازی علّی شدت پیامد حوادث صنعتی منجر به تحلیل صحیح و دقیق عوامل مشارکت‌کننده حوادث خواهد شده و به‌عنوان یک الگوریتم و مدل برای پیش‌بینی میزان شدت پیامد حوادث در آینده مورداستفاده قرار خواهد گرفت (۷, ۱۸, ۲۱). یافته‌های این مطالعه که باهدف تجزیه‌وتحلیل علّی میزان شدت پیامد ناشی از بروز حوادث در صنایع ساخت‌وساز انجام شد، بیانگر این می‌باشد که شدت حوادث در طول عمر پروژه ساخت‌وساز می‌تواند تحت تأثیر یا ناشی از عوامل، علل و شاخص‌های مختلف باشد. مدل‌سازی تحلیلی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که لایه‌های مختلف علّی و شاخص‌ها و پارامترهای آن‌ها شامل عوامل فردی و دموگرافیک، عوامل سازمانی، شاخص‌های فرایند آموزش و شاخص‌های مدیریت خطر به‌عنوان فاکتورها و عوامل مهم و اساسی در شدت حوادث در صنایع ساخت‌وساز معرفی شدند.

نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی حاکی از آن بود که در میان ۲۵ شاخص مورد تجزیه‌وتحلیل که برای آموزش شبکه عصبی انتخاب شدند، ۱۱ شاخص به‌عنوان لایه ورودی تعیین‌کننده میزان شدت حادثه به‌عنوان لایه خروجی در مدل باقی ماندند. این شاخص‌های

۱۴. Root Cause Analysis(RCA)

www.SID.ir

Archive of SID

نهایی مدل شبکه عصبی مصنوعی شامل سن و میزان تحصیلات کارگران آسیب‌دیده، نوع فعالیت ساخت‌وسازی و تعداد کارگران در هر فعالیت یا پروژه منجر به آسیب، آموزش دوره‌ای بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست، کیفیت آموزش‌های ارائه‌شده و شاخص نهایی فرآیند آموزش و استقرار سیستم شناسایی خطر، ارزیابی خطر دوره‌ای در صنعت ساخت‌وساز، اجرای ممیزی و بازرسی بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست و اقدامات مربوط به کنترل خطر مانند تجهیزات حفاظت فردی بود (شکل ۲).

همان‌گونه که در شکل‌های ۳-۲ مشاهده شد، مدل‌سازی شدت حوادث صنعتی در صنایع ساخت‌وساز بر اساس شبکه عصبی مصنوعی و رویکرد MLP feed forward[۱۵] نشان داد که این روش یک ابزار مؤثر و قابل‌اعتماد برای تجزیه‌وتحلیل حوادث و پیش‌بینی میزان شدت پیامد ناشی از بروز حوادث در صنایع ساخت‌وساز می‌باشد. شبکه عصبی ایجادشده بیانگر این موضوع مهم است که مدل‌سازی شدت حوادث یک رویکرد و راه‌حل معتبر و مناسب در تجزیه‌وتحلیل علی نقص لایه حفاظتی ایمنی بوده و می‌تواند به‌عنوان یک مدل پیشگیرانه عملی و کاربردی در پیش‌بینی و پیشگیری شدت حوادث مورداستفاده قرار گیرد. بعلاوه، در تفسیر این مدل و الگوریتم به‌دست‌آمده می‌توان بیان نمود که بر اساس این مدل تحلیلی، با در اختیار داشتن شاخص‌های مورد تحلیل می‌توان شدت پیامد ناشی از حوادث صنعتی در صنایع ساخت‌وساز را پیش‌بینی نمود. به‌عبارت‌دیگر، این ۱۱ شاخص نهایی مدل شده به‌عنوان شاخص‌های پیش‌بینی کننده شدت حوادث در صنعت ساخت‌وساز، بایستی موردتوجه و تحلیل قرارگرفته و بر این اساس، مدلی را برای ارتقا سطح عملکرد بهینه سیستم بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست در صنایع ساخت‌وساز تعریف و توسعه داد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه بیانگر این نتیجه بسیار مهم می‌باشد که حوادث در صنعت ساخت‌وساز ممکن است درنتیجه مشارکت عوامل مختلف و لایه‌هایی از علل به وقوع بپیوندد. نتایج مدل‌سازی علّی شدت حوادث در ۱۳ صنعت بزرگ ساخت‌وساز کشور نشان داد که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد و روش مناسب و قابل‌اعتماد در تحلیل و پیش‌بینی عوامل مشارکت‌کننده و لایه‌های علّی میزان شدت حوادث در صنعت ساخت‌وساز مورداستفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از همکاری مدیریت بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست سایت‌های ساخت‌وسازی موردمطالعه و کمک‌های علمی و فنی آقای حیدر محمدی و علی بهمنش اعلام می‌دارد.

References

1. Fernandez-Muniz B, Montes-Peon JM, Vazquez-Ordas CJ. Relation Between Occupational Safety Management and Firm Performance. Safety Science. 2009;47(7):980-91.[Scopus]

2. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M, Ghiasvand R. Key Factors Contributing to Accident Severity Rate in Construction Industry in Iran: A Regression Modelling Approach. Arh Hig Rada Toksikol. 2016;67(1):47-53.[pubmed]

3. Mahmoudi S, Ghasemi F, Mohammadfam I, Soleimani E. Framework for Continuous Assessment and Improvement of Occupational Health and Safety Issues in Construction Companies. Saf Health Work. 2014;5(3):125-30.[pubmed]

4. Mohammadfam I, Moghimbeigi A. Evaluation of Injuries Among a Manufacturing Industry Staff in Iran. J Res Health Sci. 2009;9(1):7-12. [pubmed]

5. Cheng C-W, Leu S-S, Cheng Y-M, Wu T-C, Lin C-C. Applying Data Mining Techniques to Explore Factors Contributing to Occupational Injuries in Taiwan's Construction Industry. Accid Anal Prev. 2012;48:214-22. [pubmed]

6. Yung P. Institutional Arrangements and Construction Safety in China: an Empirical Examination. Construction Management and Economics. 2009;27(5):439-50. [Scopus]

7. Manu PA, Ankrah NA, Proverbs DG, Suresh S.

۱۵. Multi-layer perceptron (MLP)

www.SID.ir

Archive of SID

Investigating the Multi-Causal and Complex Nature of the Accident Causal Influence of Construction Project Features. Accid Anal Prev. 2012;48:126-33. [pubmed]

8 .Hinze JW, Teizer J. Visibility-Related Fatalities Related to Construction Equipment. Safety Science. 2011;49(5):709-18. [scopus]

9. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Akbarzadeh M. Studying Disabling Occupational Accidents in the Construction Industry During Two Years. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014;1(2):57-66.

10.Mohamadfam I, Soleimani E, Ghasemi F, Zamanparvar A. Comparison of Management Oversight and Risk Tree and Tripod-Beta In Excavation Accident Analysis. Jundishapur journal of health sciences. 2015;7(1):e23554.

11. Azadeh A, MohammadFam I. A Framework for Development of Integrated Intelligent Human Engineering Environment. Information Technology Journal. 2006;5(2):290-9. [Scopus]

12. Cho K, Hong T, Hyun C. Effect of Project Characteristics on Project Performance in Construction Projects Based on Structural Equation Model. Expert Systems with Applications. 2009;36(7):10461-70. [Scopus]

13. Fam IM, Nikoomaram H, Soltanian A. Comparative Analysis of Creative and Classic Training Methods in Health, Safety And Environment (HSE) Participation Improvement. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2012;25(2):250-3.

14. Silvey AB, Officer HCQI. Introduction to Root Cause Analysis (RCA). 2010.

15. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Modeling of Individual and Organizational Factors Affecting Traumatic Occupational Injuries Based on the Structural Equation Modeling: A Case Study in Large Construction Industries. Archives of trauma research. 2016;5(3): e33595. [pubmed]

16. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Confirmatory factor analysis of occupational injuries: presenting an analytical tool. Trauma monthly. 2016(Inpress).

17. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Savareh BA. Analysis and Modeling of Threatening Factors of Workforce's Health in Large-Scale Workplaces: Comparison of Four-Fitting Methods to select optimum technique. Electron Physician. 2016;8(2):1918. [pubmed]

18. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Savareh BA. Use of Artificial Neural Networks (ANNs) for the Analysis and Modeling of Factors That Affect Occupational Injuries in Large Construction Industries. Electronic Physician. 2015;7(7). [pubmed]

19. Gyekye SA, Salminen S, Ojajarvi A. A Theoretical Model to Ascertain Determinates of Occupational Accidents Among Ghanaian Industrial Workers. International Journal of Industrial Ergonomics. 2012;42(2):233-40. [Scopus]

20. Jakhar SK, Barua MK. An Integrated Model of Supply Chain Performance Evaluation and Decision-Making Using Structural Equation Modelling and Fuzzy AHP. Production Planning & Control. 2013(ahead-of-print):1-20. [Scopus]

21. Moghaddam FR, Afandizadeh S, Ziyadi M. Prediction of Accident Severity Using Artificial Neural Networks. International Journal of Civil Engineering. 2011;9(1):41-9. [Scopus]

22. Carrillo-Castrillo JA, Martín JG, de la Vega RG, Onieva L. Neural Network Application for Risk Factors Estimation in Manufacturing Accidents. Managing Complexity: Springer; 2014. p. 277-83.

www.SID.ir