تحلیل حوادث شغلی دارای ریسک بالا در صنعت ساختمان با استفاده از روش‌های داده‌کاوی

مهران امیری[۱]، عبدالله اردشیر[۲]، الهه سلطان آقایی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۱۱ تاریخ ویرایش: ۹۲/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: در میان انواع مختلف حوادث شغلی در صنعت ساختمان، حوادث افتادن اجسام و سقوط افراد (گروه اول) ۴۴٪ حوادث ساختمانی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین حوادث تصادف با وسایل نقلیه، برق‌گرفتگی، ریزش آوار و انفجار یا حریق (گروه دوم) در عین اینکه تنها ۷٪ فراوانی دارند، حدود ۲۶٪ از کل موارد منجر به فوت و از کارافتادگی کلی را تشکیل می‌دهند. هدف از این تحقیق بررسی این دو گروه از حوادث و بحث پیرامون نتایج حاصله در جهت شناسایی خطرات بالقوه در صنعت ساختمان می‌باشد.

روش بررسی: روش‌های داده‌کاوی به منظور تحلیل داده‌ها در پژوهش حاضر به کار گرفته شده است. لذا ۲۱،۸۶۴ داده اخذ شده از سازمان تأمین اجتماعی که مربوط به حوادث ساختمانی سراسر کشور بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ بودند (پس از انجام مراحل پیش‌پردازش) با دو روش درخت تصمیم و قواعد انجمنی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: در گروه اول حوادث، فراوانی وقوع حوادث در شیفت شب کمتر از سایر حوادث بوده و آسیب وارده به سر، پشت و ستون فقرات و اندام تحتانی بیشتر است. نتیجه نهایی تقریباً مشابه سایر حوادث می‌باشد. در گروه دوم، فراوانی حوادث بین افراد متأهل و مسن‌تر بیشتر از افراد مجرد و جوان می‌باشد. در شیفت عصر و خصوصاً شب و همین طور در روزهای تعطیل آخر هفته فراوانی بالاتری مشاهده شد. در این گروه آسیب به سر، صورت و گردن بیشتر از سایر حوادث می‌باشد.

نتیجه گیری: نتایج تحقیق حاضر در مجموع نتایج مطالعات پیشین را تصدیق می‌نماید و در نتیجه کاربرد روش‌های داده‌کاوی با موفقیت همراه بوده است. سیاست‌گذاران و مدیران صنعت ساختمان و همچنین مسئولین شرکت‌های بیمه با بهره‌گیری از چنین الگوهایی می‌توانند راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از وقوع حوادث ارایه نمایند.

کلیدواژه‌ها: حوادث شغلی، صنعت ساخت‌وساز، مدیریت ایمنی، پیشگیری از حادثه، الگوی رخداد حادثه، درخت تصمیم، قواعد انجمنی، حوادث دارای ریسک بالا.

مقدمه

حوادث شغلی در هر سال عامل فوت بیش از ۳۰۰ هزار نفر و جراحت بیش از ۳۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان می‌باشد [۱]. این تعداد بالای حوادث موجب بروز صدمات شدید انسانی و مالی به جوامع می‌گردد [۲]. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که کارگران صنایع مختلف به میزان متفاوتی در معرض حوادث شغلی قرار دارند [۳]. در این میان صنعت ساخت و ساز در سرتاسر دنیا به عنوان یکی از پرخطرترین صنایع شناخته شده است [۴]. ساخت و ساز دارای طبیعت متغیر می‌باشد [۵]. این تغییرات مداوم همراه با استفاده از منابع مختلف، شرایط کاری ضعیف، عدم ثبات در استخدام‌ها، عدم آموزش و محیط خشن جزو مشخصه‌های این صنعت می‌باشد [۶].

ایمنی شغلی در صنعت ساخت و ساز در کشورها و مناطق مختلف دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است (نظیر [۷،۸،۹] و ...).

داده‌کاوی و کاربرد آن در بررسی داده‌های حوادث شغلی: اکنون چندین سال است که روش‌های داده کاوی به منظور آنالیز داده‌ها در زمینه‌های مختلف بکار می‌روند [۱۰]. لیکن، بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که این روش‌ها در زمینه آنالیز ایمنی شغلی به

۱- دانشجوی دکترای مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.
۲- (نویسنده مسئول) رئیس پژوهشکده محیط زیست، دانشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. ardeshir@aut.ac.ir
۳- کارشناس ارشد فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

جدول ۱ – ویژگی‌های ارایه شده از حوادث در بانک داده مورد مطالعه

کارگاه	کارگر آسیب	تاریخ و زمان	مکان	مشخصات حادثه	نتایج حادثه
نام کارگاه	شماره بیمه سن جنسیت وضعیت تأهل شغل نوع بیمه	تاریخ زمان شیفت	محل (درون، بیرون یا حین رفت و آمد به استان	دلیل اصلی نوع حادثه	عضو آسیب دیده روزهای از دست نتیجه نهایی حادثه

صورت محدود مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۱،۱۲،۱۳]. موارد کاربرد داده‌کاوی در بررسی داده های حوادث شغلی در صنعت ساخت و ساز بدین شرح است:

- لیااو و پرنگ (۲۰۰۸) به کمک تکنیک قواعد انجمنی[1] ویژگی های جراحات شغلی در صنعت ساختمان تایوان بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ را شناسایی نمودند [۱۴].

- لیااو و همکاران (۲۰۰۹) معیار جدیدی بنام "احتمال حاصله[2]" را جهت بهبود اثربخشی روش قواعد انجمنی معرفی کردند. سپس این روش برای آنالیز ۱۰۶۲ جراحت شغلی منجر به فوت در صنعت ساخت و ساز تایوان بکار گرفته شد [۱۵].

- چنگ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از تکنیک قواعد انجمنی به بررسی ۱۳۴۷ حادثه صنعت ساختمان تایوان که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ رخ داده بودند پرداختند. هدف آنان شناسایی خطرات بالقوه در پروژه‌های ساختمانی بود [۱۶].

حوادث شغلی دارای ریسک بالا در صنعت ساختمان ایران: ر اساس آمار ارایه شده از سوی سازمان تأمین اجتماعی ایران، حوادث افتادن اجسام و سقوط افراد مجموعاً ۴۴ درصد حوادث ساختمانی ثبت شده در بانک داده آن سازمان بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین حوادث تصادف با وسایل نقلیه، برق گرفتگی، ریزش آوار و انفجار و حریق در عین اینکه تنها ۷ درصد از کل حوادث را در بر می‌گیرند، حدود ۲۶ درصد از کل موارد منجر به فوت و از کار افتادگی کلی را تشکیل می‌دهند [۱۷]. در بررسی انجام شده مشخص گردید این شش نوع حادثه دارای بالاترین ریسک بین حوادث صنعت ساختمان ایران می‌باشند [۱۸]. گروه اول دارای احتمال رخداد بالا و شدت متوسط و گروه دوم دارای احتمال رخداد کم و شدت بالا هستند.

لذا هدف از این تحقیق بررسی این دو گروه از حوادث با استفاده از روش‌های درخت تصمیم[3] و قواعد انجمنی و بحث و بررسی نتایج حاصله در جهت شناسایی خطرات بالقوه در صنعت ساختمان می‌باشد. بر اساس مطالعه ادبیات موضوع از سوی پژوهشگران، به نظر می‌رسد این اولین مطالعه در جهت کاربرد روش‌های داده‌کاوی بر داده‌های حوادث شغلی ایران می‌باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند به سیاست گذاران، مدیران و متخصصین ایمنی در شناسایی شرایط پرخطر و پیش بینی اقدامات اصلاحی مرتبط کمک نماید.

روش بررسی

داده‌های حوادث مورد استفاده: بر اساس قانون تأمین اجتماعی (مصوب ۱۹ خرداد ۱۳۵۴)، کلیه حوادث شغلی در کارگران تحت پوشش بیمه که موجب جراحت شود بایستی به اطلاع سازمان تأمین اجتماعی برسد. لذا در مطالعه حاضر از بانک داده حوادث کارگران تحت پوشش بیمه سازمان تأمین اجتماعی بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ استفاده شد.

[1]. Association Rule
[2]. Extracted Probability
[3]. Decision Tree

این داده‌ها توسط بازرسان کار این سازمان ثبت و گزارش شده‌اند. تعداد کل داده‌ها ۲۵،۰۵۷ داده بود که پس از حذف داده‌های تکراری مجموعاً ۲۱،۸۶۴ مورد حادثه مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از روش سرشماری، کل داده‌ها (جامعه) به عنوان نمونه انتخاب شدند. در این بین ۴۱۵۸ حادثه به سال ۱۳۸۶ و به ترتیب ۴۵۲۸، ۴۰۵۹، ۴۲۷۰ و ۴۸۴۹ حادثه به سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ تعلق داشت. ویژگی‌های ارایه شده از حوادث در این بانک داده در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

آنالیز داده‌ها

پس از اخذ داده‌های حوادث صنعت ساختمان، مراحل پیش پردازش به کمک نرم افزار رپیدماینر[4] ۵,۳ انجام شد. این مراحل شامل حذف رکوردها با مقادیر از دست رفته، گسسته سازی ویژگی‌های عددی و تولید ویژگی‌های مناسب برای اعمال الگوریتم‌های داده‌کاوی است. در مرحله بعدی جهت اجرای الگوریتم‌های داده‌کاوی علاوه بر نرم‌افزار رپیدماینر، از نرم‌افزار وکا[5] ۳,۶ نیز استفاده شد.

روش‌های درخت تصمیم و قواعد انجمنی در این تحقیق به عنوان روش‌های داده‌کاوی انتخاب شدند زیرا بر اساس مطالعه ادبیات موضوع، در تحقیقات پیشین این دو روش بیشترین کاربرد را در آنالیز داده های حوادث شغلی داشتند [۱۴،۱۵،۱۶،۱۹].

درخت تصمیم روش کلاس بندی قوی و در عین حال قابل فهمی است. هر گره[6] در این درخت با صفتی برچسب گذاری شده است. هر نمونه ای با رسیدن به این گره با توجه به مقداری که برای این صفت دارد جهت خود را برای رفتن در فرزند این گره مشخص می‌کند. در این تکنیک در هر مرحله آن یک ویژگی از بردار ویژگی‌ها انتخاب می‌شود که بیشترین توانایی جداسازی نمونه‌ها را دارد. به این منظور از بهره اطلاعات[7] نرمال شده استفاده می‌شود. هر ویژگی که در این شاخصه مقدار بالاتری داشته باشد برای گره جدید انتخاب می‌شود. بنابراین بی نظمی دسته‌ها بعد از جدا سازی حداقل خواهد شد. در انتها هر کدام از برگ‌های درخت نماینده دسته های مجموعه آموزشی هستند. دو معیار اصلی در پیشروی درخت تصمیم ضریب اطمینان (C) و حداقل تعداد اشیاء (M) است. ضریب اطمینان معیاری است که هر چه کمتر باشد، موجب هرس بیشتر درخت می‌شود و حداقل تعداد اشیاء در واقع حداقل تعداد نمونه‌هایی است که می‌تواند یک برگ درخت را تشکیل دهد.

مدل درخت ایجاد شده عوامل موثر در رخداد حوادث با ریسک بالا و سایر حوادث را مشخص می‌کند. در نتیجه دو کلاس موجود شامل حوادث دارای ریسک بالا و سایر حوادث در کار می‌باشد. ویژگی‌های سن، وضعیت تأهل، زمان وقوع حادثه، دلیل اصلی حادثه، عضو آسیب‌دیده و روزهای از دست رفته به عنوان مقادیر ورودی این مدل مورد استفاده قرار گرفت. قابل ذکر است که برای تست الگوریتم مربوطه از cross-validation با تعداد ۱۰ fold استفاده شده است.

همچنین، روابط بین شرایط و عواقب ناشی از تصادف در محل کار مربوط به حوادث دارای ریسک بالا با استفاده از قوانین انجمنی تجزیه و تحلیل شده است. بدین منظور، تنها رکوردهای مربوط به این حوادث جدا شده و به صورت مجزا بررسی شدند. ویژگی‌های مورد استفاده سن، علت اصلی حادثه، تعداد روز از دست رفته، عضو آسیب دیده و نتیجه ناشی از وقوع حادثه هستند.

قوانین انجمنی به منظور کشف روابط و همبستگی‌های نهفته در بین مجموعه داده‌های حجیم مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۰]. در تحلیل داده‌های حوادث، قوانین انجمنی یکی از ابزارهای موثر جهت کشف سطوح مختلف روابط بین عامل‌های موثر در شرایطی است که هر عامل به صورت مستقل قادر به

4. Rapid Miner
5. Weka
6. Node
7. Information gain

تفسیر حوادث رخ داده نمی‌باشد [۱۵،۱۶].

قوانین انجمنی معمولاً قوانینی به شکل فرمول زیر هستند که بیانگر ارتباطاتی میان اقلام مختلف موجود در تراکنش‌ها می‌باشند. معمولاً بخش مقدم ترکیبی از مجموعه اقلام و بخش تالی نتیجه را نشان می‌دهد.

$$\text{Body} \Rightarrow \text{Head}\ [\text{support}, \text{confidence}]$$

مفاهیمی مانند مقدار پشتیبانی[8]، مقدار اطمینان[9] و نسبت پیشرفت[10] جهت تشخیص قوانین مهم‌تر با جامعیت بیشتر در بین قوانین تولیدشده استفاده می‌شود [۲۱،۲۲]. مقدار پشتیبانی، نسبت تراکنش‌هایی که از این قانون پیروی می‌کنند به کل تراکنش‌ها و مقدار اطمینان نسبت تراکنش‌هایی که از این قانون پیروی می‌کنند به تراکنش‌های شامل مقدم را نشان می‌دهد.

$$Support(A \Longrightarrow B) = P(A \cup B)$$

$$Confidence(A \Longrightarrow B) = \frac{P(A \cup B)}{P(A)}$$

همچنین، علاوه بر مفاهیم مقدار پشتیبانی و اطمینان برین و همکاران [۲۳] معیار ارزیابی سومی به نام نسبت پیشرفت معرفی کردند. ایده نسبت پیشرفت به منظور مقایسه مقدار اطمینان قوانین انجمنی و میزان رخداد بخش تالی است؛ زیرا مقدار بالای اطمینان ممکن است به علت احتمال بالای رخداد بخش توالی باشد [۲۲]. نسبت پیشرفت مشخص می‌کند که احتمال رخداد همزمان مقدم و تالی تا چه اندازه محتمل است و از نسبت مقدار اطمینان به میزان رخداد تالی در مجموعه داده بدست می‌آید. در نتیجه هرچه مقدار نسبت پیشرفت بیشتر باشد ارتباط مقدم و تالی مستحکم‌تر خواهد بود.

$$Lift(A \Longrightarrow B) = \frac{P(B|A)}{P(B)} = \frac{Confidence(A \Longrightarrow B)}{P(B)}$$

قوانین انجمنی با مقدار پشتیبانی بیشتر از ۲۰٪ و مقدار اطمینان بالای ۷۰٪ قوانین مورد توجهی هستند. این مقادیر آستانه به علت نزدیکی با تحلیل‌های تصادف دیگر انتخاب شده است [۱۴،۱۶]. به علاوه، تعدادی از قوانین مهم با مقدار نسبت پیشرفت بیشتر از ۱ نیز در تحلیل‌ها وجود دارد.

یافته‌ها

تحلیل توصیفی داده‌ها: توزیع فراوانی هر دو گروه از حوادث مورد بررسی و سایر حوادث شغلی بر اساس متغیرهای مورد استفاده در فرآیند داده‌کاوی در جدول شماره ۲ دیده می‌شوند. در هر دو گروه حوادث، بیشترین حوادث در هر دو دسته (گروه و سایر) بین افراد متأهل، با سن ۲۰ تا ۳۵ سال، بین ساعات ۷:۰۰ تا ۱۰:۰۰ در شیفت صبح، در فصل تابستان، در داخل کارگاه، بر اثر بی احتیاطی، با زمان از دست رفته کمتر از یک ماه و با نتیجه بهبودی کامل کارگر بوده است.

اما در این بین نسبت حوادث گروه اول در افراد مسن، در ساعات بعد از ظهر، به علت وسایل بی حفاظ و معیوب، منجر به آسیب دیدن اندام تحتانی، جمجمه و مغز، پشت و ستون فقرات و گردن، با زمان از دست رفته بیش از دو ماه نسبت به سایر حوادث بیشتر بوده است. همچنین در این جدول دیده می‌شود که رخداد این حوادث در ساعات ۱۶:۳۰ لغایت ۷:۰۰ صبح و آسیب دیدن دست در بین مصدومین نسبت به سایر حوادث کاهش داشته است.

در گروه دوم، نسبت حوادث در افراد متأهل و مسن، در ساعات نهار و ۱۶:۳۰ لغایت ۷:۰۰ (شامل شیفت عصر و شب)، در روزهای پایانی هفته، در فصل تابستان و در خارج یا هنگام رفت و آمد به کارگاه، بر اثر عدم رعایت مقررات ایمنی، موجب آسیب به جمجمه و مغز و گردن با زمان از دست رفته صفر روز (که احتمالاً حاکی از فوت آنی است) و بیش از دو ماه که منجر به فوت و از کارافتادگی کارگر شده، بیشتر از

[8]. Support
[9]. Confidence
[10]. Lift

جدول ۲– مقایسه حوادث گروه اول و دوم با سایر حوادث بر اساس متغیرهای مورد استفاده در آنالیز داده‌کاوی

دسته بندی حوادث	تعداد (٪)			
	حوادث مورد مطالعه	سایر حوادث	حوادث مورد مطالعه	سایر حوادث
وضعیت تأهل کارگر حادثه دیده				
مجرد	۲۶۰۳ (۲۷)	۳۳۸۸ (۲۸)	۲۰۲ (۲۰)	۵۷۸۹ (۲۸)
متأهل	۷۰۶۸ (۷۳)	۸۸۰۵ (۷۲)	۸۲۲ (۸۰)	۱۵۰۵۱ (۷۲)
سن کارگر حادثه دیده (سال)				
۱۹ و پایین‌تر	۵۶۲ (۶)	۶۱۹ (۵)	۲۷ (۳)	۱۱۵۴ (۶)
۳۵–۲۰	۵۵۵۵ (۵۷)	۷۴۱۴ (۶۱)	۵۸۵ (۵۷)	۱۲۳۸۴ (۵۹)
۴۵–۳۶	۱۹۷۲ (۲۰)	۲۴۵۱ (۲۰)	۲۲۴ (۲۲)	۴۱۹۹ (۲۰)
۵۵–۴۶	۱۱۳۵ (۱۲)	۱۲۳۹ (۱۰)	۱۳۴ (۱۳)	۲۲۴۰ (۱۱)
۵۶ و بالاتر	۴۴۷ (۵)	۴۷۰ (۴)	۵۴ (۵)	۸۶۳ (۴)
زمان وقوع حادثه				
۰۷:۰۱–۱۰:۰۰	۳۲۴۹ (۳۴)	۴۰۶۸ (۳۳)	۲۴۰ (۲۴)	۷۰۷۷ (۳۴)
۱۰:۰۱–۱۲:۳۰	۱۹۰۲ (۲۰)	۲۴۱۸ (۲۰)	۱۷۸ (۱۷)	۴۱۴۲ (۲۰)
۱۲:۳۱–۱۴:۰۰	۱۰۸۴ (۱۱)	۱۳۶۹ (۱۱)	۱۳۹ (۱۴)	۲۳۱۴ (۱۱)
۱۴:۰۱–۱۶:۳۰	۲۱۱۰ (۲۲)	۲۴۷۲ (۲۰)	۱۷۸ (۱۷)	۴۴۰۴ (۲۱)
۱۶:۳۱ –۲۱:۰۰	۸۰۲ (۸)	۱۰۴۷ (۹)	۱۴۵ (۱۴)	۱۷۰۴ (۸)
۲۱:۰۱ –۰۷:۰۰	۵۲۴ (۵)	۸۱۹ (۷)	۱۴۴ (۱۴)	۱۱۹۹ (۶)
روز حادثه در هفته				
شنبه	۱۵۴۷ (۱۶)	۱۹۱۳ (۱۶)	۱۴۳ (۱۴)	۳۳۱۷ (۱۶)
یک شنبه	۱۵۲۲ (۱۶)	۱۹۳۷ (۱۶)	۱۴۷ (۱۴)	۳۳۱۲ (۱۶)
دو شنبه	۱۴۷۰ (۱۵)	۱۸۴۱ (۱۵)	۱۵۶ (۱۵)	۳۱۵۵ (۱۵)
سه شنبه	۱۴۹۹ (۱۶)	۱۹۴۲ (۱۶)	۱۶۰ (۱۶)	۳۲۸۱ (۱۶)
چهار شنبه	۱۴۴۲ (۱۵)	۱۸۲۰ (۱۵)	۱۵۹ (۱۶)	۳۱۰۳ (۱۵)
پنج شنبه	۱۳۸۳ (۱۴)	۱۶۹۰ (۱۴)	۱۵۳ (۱۵)	۲۹۲۰ (۱۴)
جمعه	۸۰۸ (۸)	۱۰۵۰ (۸)	۱۰۶ (۱۰)	۱۷۵۲ (۸)
فصل رخ داد حادثه				
بهار	۲۵۲۳ (۲۶)	۳۲۰۴ (۲۶)	۲۵۹ (۲۵)	۵۴۶۸ (۲۶)
تابستان	۲۸۶۲ (۳۰)	۳۵۱۵ (۲۹)	۳۱۴ (۳۱)	۶۰۶۳ (۲۹)
پاییز	۲۴۶۶ (۲۵)	۳۱۷۴ (۲۶)	۲۵۴ (۲۵)	۵۳۸۶ (۲۶)
زمستان	۱۸۲۰ (۱۹)	۲۳۰۰ (۱۹)	۱۹۷ (۱۹)	۳۹۲۳ (۱۹)
محل حادثه				
داخل کارگاه	۹۳۲۰ (۹۶)	۱۱۴۴۲ (۹۴)	۷۵۲ (۷۳)	۲۰۰۱۰ (۹۶)
خارج کارگاه	۳۴۰ (۴)	۶۶۲ (۵)	۲۰۶ (۲۰)	۷۹۶ (۴)
هنگام رفت و آمد به کارگاه	۱۱ (۰,۱)	۸۹ (۱)	۶۶ (۷)	۳۴ (۰,۲)
علت وقوع حادثه				
بی احتیاطی	۵۳۱۶ (۵۵)	۷۱۲۶ (۵۸)	۴۸۴ (۴۷)	۱۱۹۵۸ (۵۷)
شرایط محیطی نامناسب	۷۴ (۱)	۱۱۶ (۱)	۱۰ (۱)	۱۸۰ (۱)
وسایل بی حفاظ و معیوب	۱۳۵۶ (۱۴)	۱۱۹۱ (۱۰)	۱۰۴ (۱۰)	۲۴۴۳ (۱۲)
نا آگاهی	۱۸۸ (۲)	۳۳۲ (۳)	۲۶ (۳)	۴۹۴ (۲)
عدم رعایت مقررات ایمنی	۷۳۲ (۷)	۸۰۷ (۷)	۹۷ (۹)	۱۴۴۲ (۷)
سایر علل	۲۰۰۵ (۲۱)	۲۶۲۱ (۲۱)	۳۰۳ (۳۰)	۴۳۲۳ (۲۱)
عضو آسیب دیده بدن				
جمجمه و مغز	۵۰۷ (۵)	۲۹۲ (۲)	۶۶ (۶)	۷۳۳ (۴)

سایر حوادث می‌باشد.

بررسی عوامل موثر بر حوادث با استفاده از روش درخت تصمیم: مدل درختی حوادث گروه اول در شکل ۱ و حوادث گروه دوم در شکل شماره ۲ ارایه شده است.

حوادث گروه اول: مطابق با این مدل (شکل ۱)، مهم‌ترین متغیر در بین متغیرهای مورد استفاده در این آنالیز، عضو آسیب دیده می‌باشد. ۸۲٪ از حوادثی که

ادامه جدول۲

چشم	۵۸ (۱)	۲۹۴ (۲)	۱۲ (۱)	۳۴۰ (۲)
صورت	۳۷۷ (۴)	۴۸۷ (۴)	۷۴ (۷)	۷۹۰ (۴)
گردن	۱۶۱ (۲)	۱۲۷ (۱)	۲۵ (۳)	۲۶۳ (۱)
دست	۳۱۴۴ (۳۲)	۶۲۴۶ (۵۱)	۲۴۸ (۲۴)	۹۱۴۲ (۴۴)
تنه	۳۰۷ (۳)	۲۱۳ (۲)	۲۷ (۳)	۴۹۳ (۲)
پشت و ستون فقرات	۹۱۹ (۱۰)	۴۷۱ (۴)	۶۲ (۶)	۱۳۲۸ (۶)
اندام تحتانی	۳۲۷۵ (۳۴)	۳۱۰۲ (۲۵)	۳۱۲ (۳۱)	۶۰۶۵ (۲۹)
دیگر اعضاء	۹۲۳ (۹)	۹۶۱ (۷)	۱۹۸ (۱۹)	۱۶۸۶ (۸)
روزهای از دست رفته کاری				
صفر	۸۸۲ (۸)	۸۷۴ (۷)	۲۲۹ (۲۳)	۱۴۶۷ (۷)
کمتر از یک ماه	۳۳۴۵ (۳۵)	۴۹۶۲ (۴۱)	۲۶۷ (۲۶)	۸۰۴۰ (۳۸)
بین یک تا دو ماه	۲۷۶۶ (۲۹)	۳۶۷۵ (۳۰)	۲۰۸ (۲۰)	۶۲۳۳ (۳۰)
بین دو تا چهار ماه	۲۰۰۸ (۲۱)	۲۱۲۸ (۱۷)	۲۳۶ (۲۳)	۳۹۰۰ (۱۹)
بیش از چهار ماه	۷۳۰ (۷)	۵۵۴ (۵)	۸۴ (۸)	۱۲۰۰ (۶)
نتیجه نهایی حادثه				
فوت	۶۴ (۱)	۷۱ (۱)	۴۲ (۴)	۹۳ (۰,۴)
از کارافتادگی کلی	۱۱۹ (۱)	۱۳۱ (۱)	۵۴ (۵)	۱۹۶ (۱)
از کار افتادگی بین ۳۳ تا ۶۶	۱۸۱ (۲)	۲۲۶ (۲)	۴۲ (۴)	۳۶۵ (۲)
از کار افتادگی بین ۱۰ تا ۳۳	۳۸۷ (۴)	۶۵۹ (۵)	۶۶ (۶)	۹۸۰ (۵)
بهبودی کامل	۸۹۲۰ (۹۲)	۱۱۱۰۶ (۹۱)	۸۲۰ (۸۱)	۱۹۲۰۶ (۹۲)
جمع کل	۹۶۷۱ (۱۰۰)	۱۲۱۹۳ (۱۰۰)	۱۰۲۴ (۱۰۰)	۲۰۸۴۰ (۱۰۰)

باعث آسیب پشت و ستون فقرات شده است مربوط به حوادث گروه اول می‌باشد. در مرحله بعدی آسیب گردن و آسیب مغزی با احتمال ۷۴٪ و ۷۳٪ به ترتیب مربوط به این گروه از حوادث است. این در حالی است که آسیب صورت و دست در حوادث گروه اول کمترین احتمال را دارد.

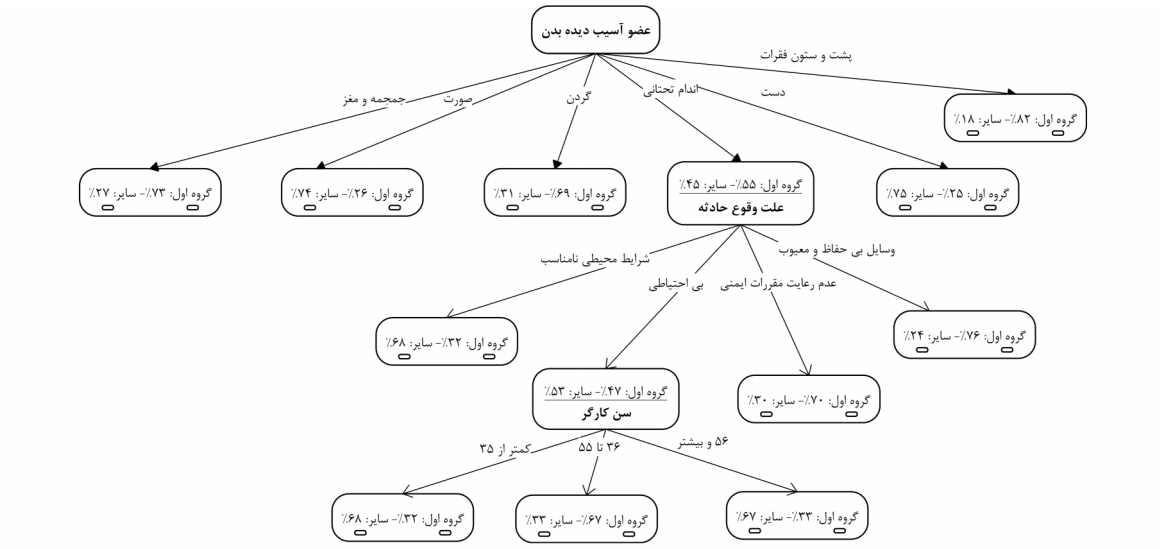
عامل مهم بعدی علت وقوع حادثه است. ۷۶٪ از حوادثی که در آن اندام تحتانی آسیب می‌بیند و علت حادثه استفاده از وسایل معیوب و بی حفاظ است، مربوط به گروه اول است. این در حالی است که تنها ۳۲٪ از حوادث مربوط به اندام تحتانی و با علت شرایط محیطی نامناسب منجر به حوادث گروه اول می‌شوند؛ بنابراین می‌توان ادعا نمود که عامل این گروه از حوادث که منجر به آسیب پا می‌شود بیش از آنکه به عامل شرایط محیطی مربوط باشد به نقص در وسایل یا بی‌حفاظ بودن وسایل مربوط است.

علت وقوع حادثه که در مرحله دوم بر رخداد حوادث گروه اول موثر است، عدم رعایت مقررات ایمنی (و عدم استفاده از تجهیزات حفاظتی) است که در ۷۰٪ موارد حوادث منجر به آسیب پا ناشی از عدم رعایت مقررات ایمنی، حوادث گروه اول بوده‌اند.

در مرحله بعدی عامل موثر سن افراد است. ۶۷٪ حوادث مربوط به اندام تحتانی که بر اثر بی احتیاطی اتفاق افتاده و مربوط به اشخاص بین ۴۵ تا ۵۵ سال هستند منجر به گروه اول می‌شود. این در حالی است که برای افراد جوان با شرایط یکسان تنها ۳۲٪ احتمال وقوع این گروه از حوادث وجود دارد.

حوادث گروه دوم: مطابق با این مدل (شکل ۲)، مهم‌ترین متغیر در بین متغیرهای مورد استفاده در این آنالیز، محل وقوع حادثه می‌باشد. ۹۱٪ حوادثی که هنگام رفت و آمد به کارگاه اتفاق افتاده مربوط به حوادث گروه دوم است. این در حالی است که حوادث داخل و خارج کارگاه در حوادث گروه دوم کمترین احتمال را دارد.

عامل مهم بعدی عضو آسیب دیده بدن است. ۷۶٪ از حوادثی که در خارج کارگاه اتفاق می‌افتد و در آن جمجمه و مغز آسیب دیده و ۶۹٪ از حوادثی که در خارج کارگاه اتفاق می‌افتد و در آن صورت آسیب دیده، مربوط به گروه دوم است. این در حالی است که تنها ۲۰٪ از حوادثی که در خارج کارگاه اتفاق می‌افتد



شکل ۱- مدل درختی حوادث گروه اول (افتادن اجسام و سقوط افراد).

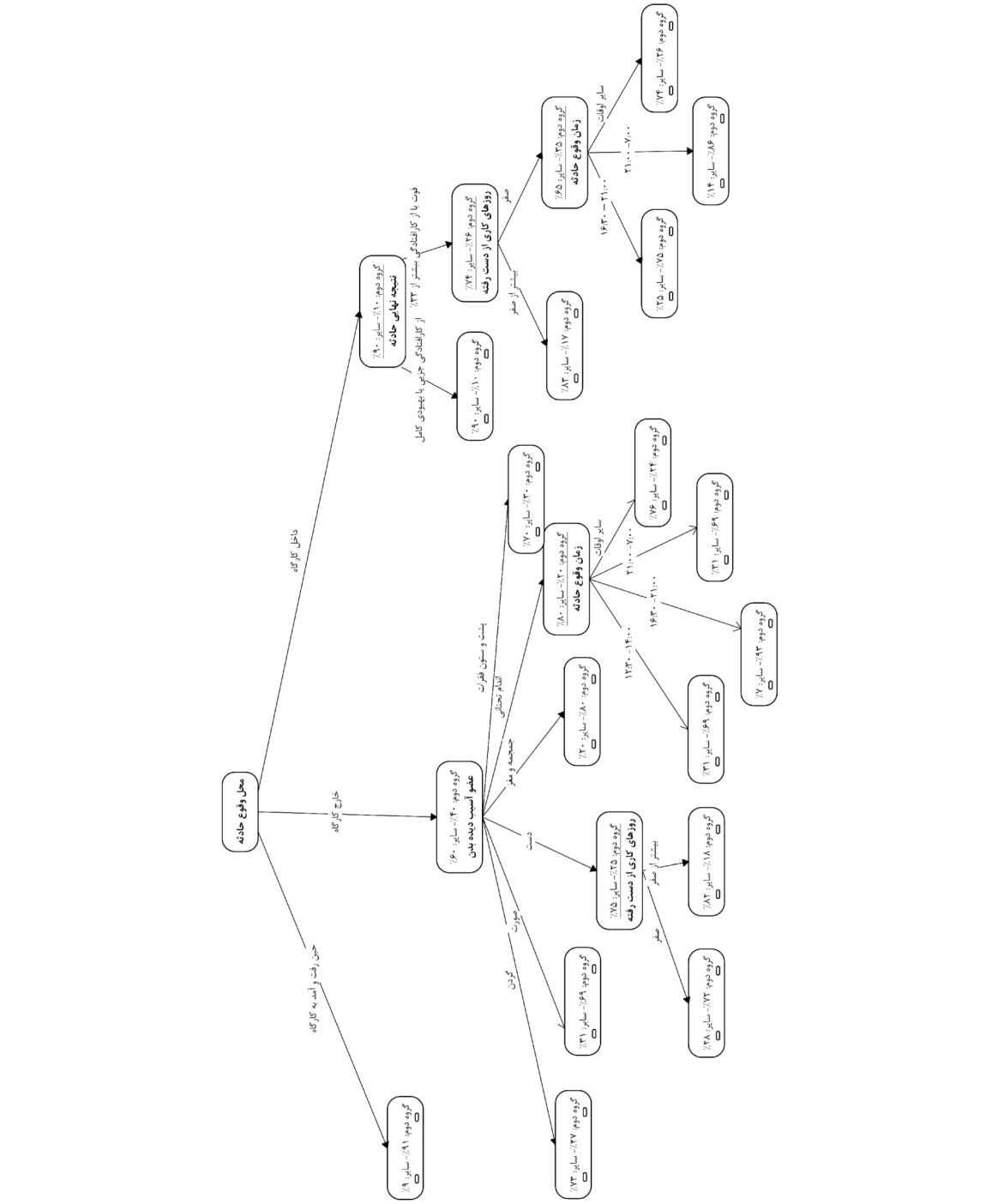
و در آن اندام تحتانی آسیب می‌بیند، از نوع گروه دوم است. همچنین ۷۲٪ از حوادث خارج کارگاه که دست آسیب دیده و زمان از دست رفته برابر صفر بوده است، مربوط به این گروه می‌شود.

از سوی دیگر، ۸۶٪ حوادثی که داخل کارگاه رخ داده و موجب فوت یا از کارافتادگی بالاتر از ۳۳٪ شده و روز از دست رفته نداشته و در شیفت شب (۲۱:۰۰ تا ۷:۰۰) رخ داده، مربوط به این گروه از حوادث است. این در حالی است که برای شیفت صبح (۷:۰۰ تا ۱۶:۳۰) با شرایط یکسان تنها ۲۶٪ احتمال وقوع این گروه از حوادث وجود دارد.

بررسی روابط میان شرایط و پیامدهای حوادث با استفاده از روش قواعد انجمنی: در این قسمت داده‌های مربوط به هر گروه از حوادث جدا شدند و آزمایش‌های متعددی به صورت سعی و خطا و همچنین با تغییر ویژگی‌های موثر در قوانین انجام شد که نتایج مهم و حائز اهمیت این آزمایش‌ها در جداول شماره ۳ و ۴ ارایه شده است.

در جدول شماره ۳ قواعد شماره ۱ تا ۴ بر اساس مقدار پشتیبانی و اطمینان و قواعد ۵ تا ۷ بر اساس نسبت پیشرفت انتخاب شدند. معیار انتخاب قبلاً در قسمت ۲-۲ تشریح شد. مقدار پشتیبانی قواعد ۱ تا ۴ بین ۱۰ تا ۲۰ درصد تغییر می‌کند و مقدار اطمینان آن‌ها حداقل ۹۰٪ است. فاکتورهای زیر چندین بار در قواعد شماره ۱ تا ۴ تکرار شدند: نتیجه حادثه بهبودی کامل (۳ بار در ۴ قاعده)، تعداد روزهای از دست رفته بین یک تا دو ماه (۲ بار در ۴ قاعده). برای نمونه، نزدیک به ۹۶٪ از حوادث گروه اول که زمان از دست رفته آن‌ها بین یک ماه تا دو ماه به طول می‌انجامد به بهبودی کامل منجر می‌شود. همچنین این حوادث در بین افراد جوان (۲۰ تا ۳۵) با احتمال ۹۳٪ به بهبودی کامل منجر می‌شود.

نسبت پیشرفت قواعد ۵ تا ۷ بین ۱/۱۲ تا ۱/۲۳ می‌باشد و مقدار بیشتر از یک به این معناست که سمت چپ قوانین تأثیر مثبتی بر حضور تراکنش موجود در سمت راست قاعده دارند. این قواعد مربوط به گروه اندکی از حوادث گروه اول با مقدار پشتیبان بین ۷٪ و ۱۵٪ و مقدار اطمینان بین ۴۰٪ و ۸۰٪ می‌شود. آسیب به پشت یا ستون فقرات (۲ بار در ۳ قاعده) و بدون روز از دست رفته (۲ بار در ۳ قاعده) در این قواعد تکرار شده‌اند. در بین این آسیب دیدگان، علاوه بر این که از ناحیه پشت و ستون فقرات آسیب



شکل ۲- مدل درختی حوادث گروه دوم (تصادف با وسایل نقلیه، برق گرفتگی، ریزش آوار و انفجار و حریق).

دیده‌اند، بلکه در گروه سنی جوان نیز بوده‌اند و افرادی که از ناحیه مغز و سر آسیب دیده‌اند، مدت زمان بستری آن‌ها صفر بوده که احتمالاً نشان از مرگ آنی آن‌هاست. این حالت برای افراد آسیب دیده از ناحیه پشت نیز با احتمال کمتر اتفاق افتاده است.

در جدول ۴ نیز قواعد بر اساس مقدار پشتیبانی و

جدول ۳– قواعد انجمنی استخراج شده برای شرایط و پیامدهای حوادث گروه اول

ردیف	قاعده انجمنی	مقدار اطمینان (٪)	نسبت پیشرفت
۱	تعداد روزهای از دست رفته بین یک تا دو ماه ← نتیجه حادثه بهبودی کامل	۹۶	–
۲	تعداد روزهای از دست رفته بین یک تا دو ماه و علت حادثه بی احتیاطی ← نتیجه حادثه بهبودی کامل	۹۶	–
۳	سن حادثه دیده بین ۲۰ تا ۳۵ سال ← نتیجه حادثه بهبودی کامل	۹۳	–
۴	تعداد روزهای از دست رفته بین دو تا چهار ماه ← نتیجه حادثه از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۷	–
۵*	آسیب به پشت یا ستون فقرات ← سن حادثه دیده بین ۲۰ تا ۳۵ سال	۶۴	۱/۲۳
۶*	آسیب به جمجمه و مغز ← بدون زمان از دست رفته	۵۷	۱/۱۴
۷*	آسیب به پشت یا ستون فقرات ← بدون زمان از دست رفته	۴۴	۱/۱۲

*: این قوانین مربوط به بخشی از حوادث گروه اول است که نتیجه آن مرگ یا از کار افتادگی بوده است.

جدول ۴– قواعد انجمنی استخراج شده برای شرایط و پیامدهای حوادث گروه دوم

ردیف	قاعده انجمنی	مقدار اطمینان (٪)
۱	تعداد روزهای از دست رفته بین یک روز تا یک ماه ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۵
۲	تعداد روزهای از دست رفته بین یک تا دو ماه و سن حادثه دیده بین ۲۰ تا ۳۵ سال ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۹
۳	تعداد روزهای از دست رفته بین دو تا چهار ماه ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۴
۴	تعداد روزهای از دست رفته بین دو تا چهار ماه و علت حادثه بی احتیاطی ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۶
۵	آسیب به دست ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۲
۶	آسیب به اندام تحتانی ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۱
۷	رخداد حادثه در بهار ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۰
۸	سن حادثه دیده بین ۲۰ تا ۳۵ سال و علت حادثه بی احتیاطی ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۸۹
۹	علت حادثه بی احتیاطی ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۸۹
۱۰	رخداد حادثه در تابستان ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۸۸
۱۱	رخداد حادثه بین ساعت ۷:۰۰ تا ۱۰:۰۰ صبح ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۸۸
۱۲	رخداد حادثه بین ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۲:۳۰ صبح ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۰
۱۳	سن حادثه دیده بین ۲۰ تا ۳۵ سال ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۸۷
۱۴	رخداد حادثه در تابستان و علت حادثه بی احتیاطی ← نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪	۹۱
۱۵*	رخداد حادثه در روز دوشنبه ← بدون روز از دست رفته	۸۳
۱۶*	حادثه هنگام رفت و آمد به کارگاه ← بدون روز از دست رفته	۸۲
۱۷*	رخداد حادثه بین ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۲:۳۰ صبح ← محل حادثه داخل کارگاه	۸۲
۱۸*	رخداد حادثه در تابستان و در داخل کارگاه ← بدون روز از دست رفته	۸۲

*: این قوانین مربوط به بخشی از حوادث گروه دوم است که منجر به فوت شده‌اند.

اطمینان انتخاب شدند. مقدار پشتیبانی این قواعد بین ۷٪ تا ۲۰٪ و مقدار اطمینان آن‌ها حداقل ۸۰٪ است. فاکتورهای زیر چندین بار در قواعد شماره ۱ تا ۱۴ تکرار شدند: نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی بین ۱۰ تا ۳۳٪ (۱۴ بار در ۱۴ قاعده)، بی احتیاطی به عنوان علت وقوع حادثه (۴ بار در ۱۴ قاعده) و سن بین ۲۰ تا ۳۵ سال به عنوان سن حادثه دیده (۳ بار در ۱۴ قاعده). برای نمونه، احتمال اینکه تعداد روزهای از دست رفته حوادث گروه دوم بین یک روز تا یک ماه باشد و نتیجه حادثه بهبودی کامل یا از کارافتادگی جزیی شخص مصدوم باشد، ۹۵ درصد است. علاوه بر این، قواعد ۱۵ تا ۱۸ مربوط به گروه اندکی از حوادث گروه دوم با مقدار پشتیبان بین ۱۰٪ و ۲۰٪ و مقدار حداقل اطمینان ۸۰٪ می‌شود. نداشتن زمان تلف شده (۳ بار در ۴ قاعده) و وقوع حادثه داخل کارگاه (۲ بار در ۴ قاعده) در این قواعد تکرار شده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر در مجموع با تحقیقات قبلی هم سویی دارد. حوادث گروه اول بخش قابل توجهی از حوادث شغلی صنعت ساختمان ایران را تشکیل می‌دهد (۴۴٪). این نسبت با تحقیقات مشابه همخوانی دارد ([۸،۲۴،۲۵،۲۶] را ببینید). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه تأمین نور کافی برای فعالیت در ارتفاع در تاریکی شب سخت‌تر از فراهم نمودن شرایط کار برای سایر فعالیت‌ها می‌باشد، فراوانی وقوع این حوادث در شیفت شب کمتر از سایر حوادث است. این یافته با نتیجه تحقیقات جاروسزوا و جاروس همسویی دارد. آنان دریافتند که فراوانی حوادث سقوط از ارتفاع بین ساعات ۲ تا ۴ بامداد کاهش می‌یابد [۲۷]. آسیب وارده به سر، پشت و ستون فقرات و اندام تحتانی بیشتر است که با تحقیقات قبلی هم راستا است [۱۹،۲۸]. شکستگی ستون فقرات در سقوط از ارتفاع به دلیل وارد آمدن بار محوری به ستون فقرات بر اثر توقف ناگهانی باسن پس از برخورد با زمین همزمان با ادامه حرکت رو به پایین نیم تنه، اندام فوقانی، سر و گردن ایجاد می‌شود [۲۹]. نتیجه نهایی (شدت حوادث) تقریباً مشابه سایر حوادث می‌باشد که علت آن‌را می‌توان در ارتفاع کمتر ساختمان‌ها در کشور نسبت به برخی کشورهای پیشرفته تر دانست (بر اساس اطلاعات پروانه‌های ساختمانی صادرشده توسط شهرداری‌های کشور در سال ۱۳۹۰، ۷۷ درصد پروانه‌های صادره مربوط به ساختمان‌های یک تا چهار طبقه بوده‌اند). همچنین دیده شد که کارگران جوان حادثه دیده به نسبت بیشتری بهبود پیدا می‌کنند. این یافته نیز با مطالعه امیری و همکاران و سلمینن همسویی دارد [۱۸،۳۰].

از سوی دیگر حوادث تصادف با وسایل نقلیه، برق گرفتگی، ریزش آوار و انفجار و حریق در ایران در عین اینکه تنها ۷ درصد از کل حوادث را در بر می گیرند، حدود ۲۶ درصد از کل موارد منجر به فوت و از کار افتادگی کلی را تشکیل می‌دهند [۱۷]. این دسته از حوادث در مطالعات گذشته نیز به عنوان حوادث شدید و منجر به فوت شناسایی شده‌اند ([۲۵،۲۶،۳۱] را ببینید). در گروه دوم حوادث مشاهده شد که فراوانی بین افراد متأهل بیشتر از افراد مجرد می‌باشد. این یافته احتمالاً به دلیل وقوع این گروه از حوادث در کارگران مسن‌تر (که با مشاهدات تطبیق دارد) بوده است. لینگ و همکاران مشاهده کردند که فراوانی حوادث شدید در افراد مسن بیشتر از سایر گروه‌های سنی می‌باشد. آنان دلیل این امر را مربوط به تکرار فراوان کار توسط این افراد و همچنین کاهش هوشیاری در آنان دانستند [۳۲]. همچنین فراوانی گروه دوم حوادث در شیفت عصر و خصوصاً شب نسبت به سایر حوادث به مراتب بیشتر است. همچنین در روزهای تعطیل آخر هفته این فراوانی بیشتر مشاهده می‌شود. این امر می‌تواند به دلیل انجام فعالیت‌های خاکبرداری در شب و همچنین تعطیلات آخر هفته (به منظور رعایت مقررات خاص ترافیکی شهرها برای عبور و مرور ماشین‌آلات حمل خاک و ... در ایران) باشد. همچنین حوادث خارج از کارگاه و هنگام رفت و آمد به کارگاه (که احتمالاً بخش عمده آن به تصادف کارگران با وسایل نقلیه مرتبط است) در این گروه بیشتر دیده می‌شود. در این گروه آسیب به سر، صورت و گردن بیشتر از سایر حوادث است که در نتیجه آن‌ها سهم حوادث شدید (منجر به فوت و از کارافتادگی) بیشتر از سایر حوادث می‌باشد. در این بین سهم حوادث بدون روز از دست رفته (که احتمالاً مربوط به مرگ آنی می‌باشد) و حوادث با بیش از دو ماه طول درمان (که احتمالاً مربوط به از کارافتادگی باشد) نیز بیشتر است. این یافته نیز با مطالعات پیشین ([۲۵،۲۶،۳۱]) همسویی دارد.

تنها شش سال از ایجاد آرشیو الکترونیکی مشخصات حوادث شغلی توسط سازمان تأمین اجتماعی می‌گذرد و از سویی هنوز دسته بندی و قالب جامعی بکار گرفته نمی‌شود. علاوه بر این، کیفیت جمع آوری اطلاعات حادثه به وسیله بازرسان کار مطلوب نمی‌باشد. در این راستا و به منظور بهبود رویه حال حاضر جمع آوری و ثبت مشخصات حوادث

پیشنهاد می‌شود یک استاندارد جامع شامل حداقل ویژگی‌های ضروری برای ثبت و تعریف و دسته بندی آن‌ها تدوین و بکارگیری گردد. لیکن علیرغم چنین محدودیت‌هایی مطالعه حاضر به عنوان اولین تحقیق در زمینه کاربرد روش‌های داده‌کاوی در تشریح و تحلیل حوادث شغلی در صنعت ساختمان ایران تعریف شد.

دو گروه از حوادث شامل ۱- حوادث افتادن اجسام و سقوط افراد و ۲- حوادث تصادف با وسایل نقلیه، برق گرفتگی، ریزش آوار و انفجار و حریق از دیدگاه‌های مختلف (نظیر سن، وضعیت تأهل، زمان و مکان وقوع حادثه، علت و نوع حادثه و نتیجه حادثه و ...) با دو روش درخت تصمیم و قواعد انجمنی مورد بررسی و کنکاش قرار گرفتند.

همانگونه که در بخش بحث مشاهده شد، نتایج تحقیق حاضر در مجموع نتایج مطالعات پیشین را تصدیق می‌نماید و می‌توان نتیجه گرفت که اقدامات پیشگیرانه توصیه شده در تحقیقات قبلی دارای اعتبار می‌باشد. همچنین به همین دلیل می‌توان اذعان داشت که کاربرد روش‌های داده‌کاوی با موفقیت همراه بوده است. در همین راستا قابلیت‌های این روش‌ها در مدل‌سازی پایگاه‌های داده بزرگ و آشکار نمودن رابطه بین متغیرها به عنوان مزیت آن‌ها مشخص شد. شناخت این الگوهای رخداد حوادث می‌تواند به سیاست گذاران، مدیران صنعت ساختمان و شرکت‌های بیمه و متخصصین ایمنی کارگاه‌ها در طراحی و اجرای اقدامات پیشگیرانه کمک نماید. چنین الگوهایی همین‌طور می‌تواند به عنوان ورودی سیستم‌های مدیریت ریسک خطرات در کارگاه‌های ساختمانی بکار روند.

بررسی سایر انواع حوادث دارای اهمیت با استفاده از این روش یا روش‌های مشابه در صنعت ساختمان و یا دیگر صنایع پرخطر و بررسی حوادث با توجه به شرایط آب و هوایی یا توزیع جغرافیایی آن‌ها در کشور و همچنین ایجاد مدل‌های پیش بینی حوادث می‌توانند موضوعات مناسبی برای تحقیقات آتی تلقی شوند.

منابع

1. ILO, International Labor Organization,, Available at: http://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS_204594/lang--en/index.htm, 2013.
2. Warch S.L. Quantifying the financial impact of occupational injuries and illnesses, and the costs and benefits associated with an ergonomic risk contorl intervention within the uniprise business segment of unitedhealth group (Doctoral dissertation, University of Wisconsin), 2002.
3. Dudarev A.A, Karnachev I.P, Odland J.Ø. Occupational accidents in Russia and the Russian Arctic, International journal of circumpolar health, 2013, 72: 32-32.
4. Cheng C.W, Leu S.S, Lin C.C Fan C. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises, Safety Science, 2010, 48(6): 698-707.
5. Tam C.M, Zeng S.X, Deng Z.M. Identifying elements of poor construction safety management in China, Safety Science, 2004, 42: 569–586.
6. Pinto A, Nunes I.L, Ribeiro R.A. Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection, Safety Science, 2011, 49: 616–624.
7. López Arquillos A, Rubio Romero J.C, Gibb A. Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008, Journal of safety research, 2012: 381-388.
8. Halvani G.H, Jafarinodoushan R, Mirmohammadi S.J, Mehrparvar A.H. A survey on occupational accidents among construction industry workers in Yazd city: Applying Time Series 2006-2011, Journal of Occupational Health and Epidemiology, 2012, 1(1): 1-8.
9. Lin Y.H, Chen C.Y, Wang T.W. Fatal occupational falls in the Taiwan construction industry, Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 2011, 28(8): 586-596.
10. Chang L.Y, Wang H.W. Analysis of traffic injury severity: An application of non-parametric classification tree techniques, Accident Analysis & Prevention, 2006, 38(5): 1019-1027.
11. Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., Giacchetta, G., Industrial and occupational ergonomics in the petrochemical process industry: a regression trees approach, Accident Analysis & Prevention,

2008, 40(4): 1468-1479.
12. Parhizi S, Shahrabi J, Pariazar M. A new accident investigation approach based on data mining techniques, Journal of Applied Science, 2009, 9(4): 731-737.
13. Persona A, Battini D, Faccio M, Bevilacqua M, Ciarapica F.E. Classification of occupational injury cases using the regression tree approach, International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, 2006, 13(02): 171-191.
14. Liao C.W, Perng Y.H. Data mining for occupational injuries in the Taiwan construction industry, Safety science, 2008, 46(7): 1091-1102.
15. Liao C.W, Perng Y.H, Chiang T.L. Discovery of unapparent association rules based on extracted probability, Decision Support Systems, 2009, 47(4): 354-363.
16. Cheng C.W, Lin C.C, Leu S.S. Use of association rules to explore cause–effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry, Safety Science, 2010, 48(4): 436-444.
17. Statistical report of occupational accidents in the construction industry between 2007-2011, Social Security Organization of the Islamic Republic of Iran, 2012 [Persian].
18. Amiri M, Ardeshir A, Fazel Zarandi M.H. Risk-based Analysis of Construction Accidents in Iran During 2007-2011, Iranian Journal of Public Health, 2013, Accepted.
19. Nenonen, N., Analysing factors related to slipping, stumbling, and falling accidents at work: Application of data mining methods to Finnish occupational accidents and diseases statistics database, Applied ergonomics, 2012, 44: 215-224.
20. Han J, Kamber M. Data mining: Concepts and techniques, China Machine Press, 2001, 8: 3-6.
21. Giudici P. Applied Data Mining: Statistical Methods for Business and Industry, Wiley, New York, 2003.
22. Wang H.S, Yeh W.C, Huang P.C, Chang W.W. Using association rules and particle swarm optimization approach for part change, Expert Systems with Applications, 2009, 36(4): 8178-8184.
23. Brin S, Motwani R, Silverstein C. Beyond market baskets: generalizing association rules to correlations, In ACM SIGMOD Record (1997, June) (Vol. 26, No. 2, pp. 265-276), ACM.
24. Ale B.J. M, Bellamy L.J, Baksteen H, et al. Accidents in the construction industry in the Netherlands: an analysis of accident reports using storybuilder, Reliability Engineering & System Safety, 2008, 93(10): 1523-1533.
25. Müngen U, Gürcanli G.E. Fatal traffic accidents in the Turkish construction industry, Safety science, 2005, 43(5): 299-322.
26. Im H.J, Kwon Y.J, Kim S.G, et al. The characteristics of fatal occupational injuries in Korea's construction industry, 1997–2004, Safety Science, 2009, 47(8): 1159-1162.
27. Wojtczak-Jaroszowa J, Jarosz D. Time-related distribution of occupational accidents, Journal of Safety Research, 1987, 18(1): 33-41.
28. Scallan E, Staines A, Fitzpatrick P, Laffoy, M, Kelly A. Injury in Ireland. Report of the Department of Public Health Medicine and Epidemiology, University College Dublin, 2001.
29. Ivancic P.C. Hybrid Cadaveric/Surrogate Model of Thoracolumbar Spine Injury due to Simulated Fall from Height, Accident Analysis & Prevention, 2013, 59: 185-191.
30. Salminen S. Have young workers more injuries than older ones? An international literature review, Journal of safety research, 2004, 35(5): 513-521.
31. Camino L.M, Ritzel D.O, Fontaneda I, González A.O. Construction industry accidents in Spain, Journal of Safety Research, 2008, 39(5): 497-507.
32. Ling F.Y.Y, Liu M, Woo Y.C. Construction fatalities in Singapore, International Journal of Project Management, 2009, 27(7): 717-726.

Analysis of high risk occupational accidents in construction industry using data-mining methods

M. Amiri[1], A. Ardeshir[2], E. Soltanaghaei[3]

Received: 2013/07/02 Revised: 2013/09/23 Accepted: 2013/12/11

Abstract

Background and aims: Among different types of occupational accidents in the construction industry, falls and falling objects accidents (group I) account for 44% of construction accidents. Hit by vehicle, electric shock, collapse in the excavation and fire or explosion accidents (group II), while are only 7% frequent, make up about 26% of all fatalities and total disabling accidents. The aim of this study is to investigate these two groups of accidents and to discuss the obtained results in order to identify the potential hazards of construction industry.

Methods: Data mining methods are employed to analyze data in this research. Hence, 21864 data records which were provided by Social Security Organization (SSO) and were related to construction accidents of the whole country between 2007 and 2011 were analyzed using decision tree and association rule methods.

Results: In the first group of accidents, the frequency of accidents at night shift is less than the others, and injury to the head, back, spine and lower extremities are more prevalent. The final result is similar to other accidents. In the second group, the frequency of accidents among married and older workers is more than single and young workers. There was a higher frequency in the evening and especially night shifts as well as during the weekends. The injuries to the head, face and neck are greater than the other accidents in this group.

Conclusion: The results of this study confirm the results of the past research. Hence, utilizing data mining methods has been successful. Policy makers, managers of construction industry and managers of insurance companies can propose preventive actions against accidents using such patterns.

Keywords: Occupational Accidents; Construction Industry; Safety Management; Accident Prevention; Accident Pattern; Decision Tree; Association Rule; High Risk Accidents.

1. PhD Candidate, Construction Engineering and Management Group, Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

2. (**Corresponding author**) Head of Environmental Research Center, Associate Professor of Civil and Environmental Engineering department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. ardeshir@aut.ac.ir

3. MSc Graduate, Information Technology Group, Computer EngineeringD, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.