

بررسی عوامل مرتبط بر رخداد حوادث در فاز ساخت و ساز پروژه های نفت، گاز و پتروشیمی در عسلویه

دکتر سید باقر مرتضوی^{*}، عباس ذراع‌نژاد^۱، دکتر علی خوانین^۲، دکتر حسن اصلیان مهابادی^۳

چکیده

مقدمه: در تمامی صنایع، فاز ساخت و ساز یکی از مراحل بسیار پیچیده محسوب می‌شود که به طور طبیعی و ذاتی خطرناک بوده و هر آن پیچیده‌تر شده، نرخ حوادث در آن بالاتر می‌رود. با اذعان به این واقعیت آشکار که بدون در نظر گرفتن مدل نمی‌توان روش‌های مناسب و قابل اطمینان برای پیشگیری از بروز حادثه به دست آورد. در این تحقیق هدف اصلی ارایه یک مدل است که بازنمایان سیستم یا فرایند مورد مطالعه بوده و بتواند رفتار آن سیستم یا فرایند را پیش‌بینی کند. به گونه‌ای که متغیرهای مهم برای توصیف پدیده بروز حوادث منجر به فوت را در بر گیرد و در عوض از عواملی که در بیان آن پدیده کم اهمیت هستند، چشم پوشد.

روش بررسی: این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی بوده که در منطقه عسلویه و طی سالهای ۱۳۸۴-۱۳۸۵ انجام شده است و منبع استخراج داده‌ها گزارشات حوادث موجود در دفاتر ایمنی و بهداشت طرحها و همچنین آمار موجود در دفاتر مراکز درمانی بوده است. در این تحقیق سعی می‌گردد با ارایه یک مدل تحلیلی (رگرسیون چندگانه) میزان تأثیر عوامل مؤثر و ریشه‌ای در احتمال افزایش حوادث منجر به فوت تشریح گردد. به این منظور و پس از بررسی ساختار ۵۰ حادثه منجر به فوت و ۲۷۰ حادثه دیگر، پس از ساعتها کار کارشناسی از طریق بررسی گزارشات حوادث، استاد و مدارک مرتبط، مشاهده تأسیسات و عملیات و مشورت و مصاحبه با شاهدان حوادث و تیمی هشت نفره از مدیران، مهندسین و سرپرستان پروژه و شیوه سازی برخی از حوادث رخ داده شرایط و عملکرد غیرایمن، فاکتورهای سوء مدیریتی و استفاده از ابزار، مواد، تجهیزات و ماشین آلات فرسوده و معیوب به عنوان چهار متغیر مستقل و حوادث شغلی منجر به فوت به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند در ادامه، آزمون رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته، برآورد ضرایب رگرسیونی و آزمون مدل‌های مختلف براساس روش‌های تحلیل رگرسیونی چندگانه با استفاده از نرم‌افزار Eviews انجام شده است.

نتایج: یافته‌های نهایی این تحقیق ضمن مشخص کردن میزان احتمال بروز حوادث منجر به فوت در ازای احتمال وجود هر یک از متغیرهای مستقل نشان داد که از بین متغیرهای مستقل، شرایط غیرایمن و عوامل سوء مدیریتی در وقوع حوادث منجر به فوت از اهمیت نسبی بیشتری برخوردار بوده اند به طوری که در نهایت در مدل به صورت مجدول تعریف شده است.

نتیجه گیری: با توجه به اینکه ضریب تعیین تعداد شده مدل در این تحقیق برابر با ۰/۹۹ است؛ یعنی مدل تصریح شده قدرت توضیح ۹۹ درصد از تغییرات مربوط به تعداد حوادث شغل منجر به فوت را دارد و تنها برای یک درصد از سایر حوادث جواب قانع کننده‌ای وجود ندارد یا به عبارت دیگر علل آنها در مدل دیده نشده اند. بنابراین می‌توان اینگونه نتیجه گیری کرد که این تحقیق در مقایسه با سایر تحقیقات مشابه به نتایج سودمندتری دست یافته است. لذا با اطمینان می‌توان با حذف و یا کاهش عملکرد های غیرایمن و سوءفاکتورهای مدیریتی نسبت به کاهش میزان حوادث منجر به فوت اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: مدل رگرسیونی، حوادث، سوء مدیریت، عملکرد نایمن، شرایط نایمن

*- نویسنده مسئول: دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط

تلفن: همراه: ۰۹۱۲۴۷۹۹۷۰۲ - نمایر: ۰۲۱-۸۸۰۱۱۰۰۱

Email: Sbmortazavi@yahoo.co.uk

۲- کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای

۴-۳- استاد بار گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط

۳-۱،۲،۴- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۹/۷

۱۳۸۶/۳/۱۲ تاریخ پذیرش:

سیستم مورد مطالعه یکی از مناطق دارای خطر بالا (High Risk) می باشد. به همین منظور نیاز به توسعه استراتژی مناسب جهت کاهش نرخ حوادث در این پروژه ها به شدت احساس می شود. مهمتر از تعداد کل حوادث منجر به فوت، شناخت علل وقوع این حوادث می باشد. این اطلاعات می تواند در بسط و گسترش برنامه ای به منظور ارتقاء سطح ایمنی در فاز ساخت و ساز از طریق کاهش نرخ حوادث، مورد استفاده قرار گیرد. از طرف دیگر با توجه به این مهم که بروز حوادث بزرگ در این صنعت (که در ایران منحصر به فرد نیز می باشد)، می تواند زنجیره تولید در بسیاری از صنایع دیگر را نیز قطع کرده و زیان های مالی زیادی به آنها وارد سازد، باید ارزیابی دقیقی از ماهیت انرژی ها و خطرات ناشی از آنها داشت تا بتوان راهکارهای کنترلی مناسبی را برای آنها در نظر گرفت.

لذا اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از:

- (۱) بررسی و شناسایی علل اصلی و مؤثر در بروز حوادث منجر به فوت و ناتوان کننده در سیستم مورد مطالعه
- (۲) ارایه یک مدل ریاضی برای تخمین افزایش حوادث محیط کار در اثر هریک از عوامل پیش بینی شده (روش تحلیل رگرسیونی) در این تحقیق سعی می شود که ارزیابی جامعی از خطرهای موجود (Risk Assessment) صورت گیرد و با بررسی و شناسایی علل اصلی و مؤثر در بروز حوادث منجر به فوت و ناتوان کننده در سیستم مورد مطالعه یک مدل ریاضی برای تخمین افزایش حوادث محیط کار در اثر هریک از عوامل پیش بینی شده ارایه گردد.

مدل یک سامانه انتزاعی (ریاضی، فیزیکی یا گرافیکی) است که از قواعد و شرایط ویژه پیروی می کند. مدل بازتاب یک واقعیت است. به بیان دیگر باید گفت مدل بازنمایان یک سیستم یا فرایند است که می تواند رفتار آن سیستم یا فرایند را پیش بینی کند. بنابراین مدلها برای درک رفتار سامانه واقعی به کار می روند و بیانگر یک نظریه می باشند به گونه ای که متغیرهای مهم را برای توصیف یک پدیده در بر می گیرد و در عوض از عواملی که در بیان آن پدیده کم اهمیت هستند، چشم می پوشد. در خصوص بررسی عوامل مؤثر بر حوادث مختلف توسط روش

مقدمه

براساس تخمینی از دفتر بین المللی کار (International Labour Organization) (ILO)، در یکسال ۱۸۰,۰۰۰ نفر در اثر حوادث حین کار در صنایع فوت می نمایند و این در حالی است که ۱۱۰ میلیون نفر نیز دچار آسیب می شوند^(۱,۲). از طرف دیگر فاز ساخت و ساز در صنایع، فرآیند پویایی است که به طور طبیعی و ذاتی فرایند خطرناکی می باشد که هر آن پیچیده تر شده، نرخ حوادث در آن بالاتر می رود، به طوری که سازمان بین المللی OSHA (Occupational Safety & Health Administration) تعداد حوادث منجر به فوت را در این صنایع به طور متوسط بیشتر از ۲۰۰۰ مرگ در هر سال عنوان می کند^(۳,۴).

به طور متوسط از هر شش کارگر ساختمان سازی یک نفر از خدمات و بیماری های شغلی در طول سال رنج می برد و از هر ۱۶ نفر هم یک نفر آسیب جدی می بیند. به طور متوسط کارگران ساخت و ساز حدود ۱/۲ روز در سال خود را در نتیجه خدمات کاری از دست می دهند^(۵,۱۲).

فاز ساخت و ساز پروژه های نفت، گاز و پتروشیمی در سیستم مورد مطالعه با طیف وسیعی از چالش ها روبرو می باشد که یکی از این چالش ها وقوع مکرر حوادث در این مناطق کاری است، از زمان شروع به ساخت این طرحها (حدود ۴ سال) حوادث زیادی رخداده است و تعداد قابل ملاحظه ای (حدود ۵۰ مورد) از آنها به فوت و تعداد زیادی از آنها به آسیب های ناتوان کننده منجر شده است. اگر در بررسی این تعداد حوادث منجر به فوت از هرمهای بررسی حوادث استفاده کرد، اهمیت موضوع مورد بررسی دو چندان خواهد شد. به عنوان نمونه با استفاده از هرم Tye/Pearson (۱۹۷۴-۱۹۷۵) که به ازای هر حادثه منجر به فوت یا شدید در اثر کار، ۳۰ حادثه جزیی، ۵۰ حادثه نیازمند کمک های اولیه، هشتاد حادثه آسیب رسان به تجهیزات و اموال و چهارصد شبه حادثه را محتمل می داند، با یک محاسبه ساده متوجه می شویم که در این مدت در ازای وقوع حداقل ۵۰ حادثه منجر به فوت ۱۵۰۰ حادثه جزیی، ۲۵۰۰ حادثه کمک های اولیه، ۴۰۰۰ حادثه آسیب رسان به تجهیزات و اموال و ۲۰۰۰ شبه حادثه رخداده است. این اعداد و ارقام بیانگر این واقعیت است که فاز ساخت و ساز در

در این تحقیق از مدل رگرسیونی چندگانه بهره گرفته شده است. به عبارت دیگر، در این جا تأثیر دو یا چند متغیر را روی متغیر وابسته اندازه گیری می کنیم. چنین رابطه ای به صورت ساده و به وسیله معادله رگرسیون خطی چند متغیره به شکل زیر توصیف می شود: $y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n + U_0$ مدل فوق، مدل رگرسیونی خطی چندگانه با k متغیر مستقل نامیده می شود که در آن پارامترهای B_j ضرایب رگرسیونی، B_0 مقدار ثابت رگرسیون نامیده می شوند. متغیر U_0 را جز اخال یا جز خطای تصادفی می نامند. جز اخال نماینده یا جانشینی است برای تمام متغیرهای حذف شده که بر متغیر U اثر می گذارند، ولی در مدل رگرسیون وجود ندارند (یا به دلیل گوناگون نمی توانند در مدل رگرسیون گنجانده شوند) در این تحقیق برای برآورد رابطه بین متغیرها از مدل رگرسیون چند متغیره استفاده شده است. و عوامل مؤثر در وقوع حوادث شغلی منجر به فوت به عنوان متغیرهای مستقل و تعداد حوادث شغلی منجر به فوت به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می شود. آزمون رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته، برآورد ضرایب رگرسیونی و آزمون مدل های مختلف براساس Eviews روش های تحلیل رگرسیونی و با استفاده از نرم افزار انجام شده است.

جهت تعیین معنی داری کل رگرسیون از آزمون فیشر، برای تعیین معنی دار بودن پارامترها از آزمون t و برای تعیین قدرت تشخیص رگرسیون از ضریب تعیین چندگانه (R^2) استفاده شده است.

برای آزمون فرضیه های کلاسیک در مورد جملات اخال مدل از آزمون های آسیب شناسی دورین - واتسون (DW) برای تشخیص خود همبستگی بین جملات اخال، از آزمون آرج (ARCH) و وايت (White) برای تشخیص ناهمسانی واریانس جملات اخال ها استفاده می شود. از آزمون هیستوگرام توزیع نرمال نیز برای تشخیص توزیع نرمال جملات اخال و از آزمون Reset رمزی برای تشخیص درست بودن تصریح مدل استفاده می شود.

در این تحقیق برای شناسایی عوامل مؤثر در بروز حوادث شغلی منجر به فوت پس از بررسی و تجزیه و تحلیل ساختار ۲۷۵۰ حادثه که شامل ۵۰ حادثه منجر به فوت نیز می باشد و پس از

تحلیل رگرسیون مطالعات تجربی قابل توجهی انجام شده است.

از جمله این مطالعات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- فاموی و همکاران به بررسی تأثیر عوامل محیطی، عادت های رانندگی و مراقبتها پزشکی بر حادث ناشی از رانندگی در آلباما با استفاده از مدل های رگرسونی پرداخته است^(۶).

۲- هاتزینگر امنیت ترافیک را با استفاده از تحلیل رگرسیون بررسی کرده است^(۷).

۳- و گنی و راس به بررسی میزان حوادث بیمارستانی و حوادث اورژانسی ناشی از آلودگی هوا در اروپا پرداخته اند. نتایج این تحقیق که در آن از تحلیل رگرسیون استفاده شده است، نشان داد که علی رغم بالا بودن آلودگی هوا و تأثیر آن بر سلامت جامعه، به سادگی نمی توان در سطح خرد، حوادث ناشی از آلودگی هوا را اندازه گیری کرد^(۸).

۴- هانریش از اولین کسانی بود که با دیدگاه علمی به حادثه نگاه کرد. او با بررسی ۷۵ هزار حادثه موفق شد در سال ۱۹۳۱ مدل دومینو را ارایه دهد. یافته های بررسی هاینریش نشان داد که ۸۸ درصد از حوادث به علت اعمال نایمن و ۱۰ درصد به علت شرایط نایمن رخ می دهند. او تنها برای دو درصد از حوادث نتوانست علتی ویژه یابد و آنها را به بلا طبیعی نسبت داد به همین دلیل نسبت ۲:۱۰:۸۸ را نسبت هاینریش می نامند^{(۹)،(۱۰)،(۱۱)}.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی بوده که در منطقه عسلویه و در طی سالهای ۱۳۸۴-۱۳۸۵ انجام شده است. منبع استخراج داده ها تمام گزارشات حوادث موجود در دفاتر ایمنی و بهداشت طرحها و هم چنین آمار موجود در دفاتر مراکز درمانی بوده است.

باید توجه داشت که بدون در نظر گرفتن مدل نمی توان روش های مناسب و قابل اطمینان برای پیش گیری از بروز حادثه به دست آورد. بنابراین برای رسیدن به روش های مناسب در پیشگیری از بروز حادثه، بایسته است مدل یا مدل هایی در خصوص چگونگی بروز حادثه در نظر گرفته شوند^{(۹)،(۱۰)،(۱۱)}.

ضرایب متغیرها (پارامترها) است. $a, \beta, \gamma, \delta, \phi$ پارامترهستند و ۷ جمله اخلال یا خطاست. متغیرهای سمت راست مدل متغیرهای توضیحی (مستقل) هستند که تغییرات متغیر وابسته شناسایی نیستند، جمله اخلال یا خط (۷) نشانگر بخشی از تغییرات FNOAC است که توسط متغیرهای توضیحی مدل قابل تبیین نیست.^(۷)

مدل فوق را به وسیله روش حداقل مربعات معمولی (Ordinary Least Squared) ۷ تخمین می زنیم. روش OLS بر مبنای حداقل کردن مجذور خطاهاست. این تخمین با استفاده از داده های سری زمانی یا مقطعی و به وسیله نرم افزارهایی مانند Reviews انجام می گیرد. منظور از تخمین مدل در واقع تخمین ضرایب متغیرها (پارامترها) است. در این تحقیق ۲۷۵۰ حادثه توسط تیم کارشناسی مورد بررسی دقیق و موشکفانه قرار گرفته شد و مدل عوامل مؤثر بر وقوع حوادث شغلی منجر به فوت به صورت های مختلفی شامل معادلات خطی، نیمه لگاریتمی و چند درجه ای برآورد گردید.

نتایج تخمین مدل فوق می تواند به سوالات زیر پاسخ دهد:
۱- متغیرهای مستقل برآورد شده بر درصد حوادث محیط کار مؤثر است؟ در صورت مؤثر بودن این عوامل، درصد افزایش حوادث شغلی منجر به فوت در اثر افزایش درصد این متغیرها چه مقدار می باشد؟

۲- آیا به غیر از متغیرهای مستقل پیش بینی شده در مدل آیا متغیرهای دیگری نیز وجود دارند که در بروز حوادث شغلی منجر به فوت نقش داشته باشند؟

نتایج

در راستای دستیابی به هدف اول پیش بینی شده در این مطالعه، نتایج نشان داد که عوامل مؤثر در بروز حوادث شغلی منجر به فوت (متغیرهای مستقل) به دو دسته تقسیم می گردند:
الف) عوامل بلافصل یا مستقیم که به دو دسته عملکرد غیر ایمن و شرایط غیر ایمن تقسیم می شود. نمونه هایی از فعالیتهای غیر ایمن و شرایط ایمن به ترتیب در جدول (۱) و جدول (۲) نمایش داده شده است.

ساعتها کار کارشناسی از طریق بررسی و مطالعه گزارشات حوادث و تجزیه و تحلیل ساختارحوادث، استناد و مدارک مرتبط، مشاهده تأسیسات و عملیات و مشورت و مصاحبه با شاهدان حوادث و تیمی هشت نفره از مدیران، مهندسین و سرپرستان پروژه و شبیه سازی برخی از حوادث رخداده عوامل مؤثر در بروز حوادث شغلی منجر به فوت (متغیرهای مستقل) تعیین گردید.

ضمناً در این روش با توجه به اینکه همه متغیرهای مستقل، متغیرهای کیفی می باشند، هدف اصلی اندازه گیری شدت یا همراهی (همبستگی آماری) میان متغیرهای است. با توجه به اینکه متغیر مورد بررسی در این تحقیق یعنی حوادث شغلی منجر به فوت (متغیر وابسته) تحت تأثیر متغیرهایی است که اساساً از نظر ماهیت، کیفی هستند، تحلیل رگرسیون از نوع تحلیل واریانس (وقتی که همه متغیرهای مستقل متغیرهای کیفی باشند) مورد استفاده قرار گرفت. چون متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق کیفی هستند، معمولاً وجود یا عدم وجود یک کیفیت یا صفت را خاطر نشان می کنند، برای کمی کردن آنها از ساختن متغیرهای مجازی استفاده می شود که مقادیر (کدهای) یک و صفر را بر حسب مورد (صفر برای عدم وجود کیفیت و یک برای وجود آن) اختیار می کنند. در این حالت، در صد حوادث محیط کار را می توان به صورت یک مدل رگرسیونی چند متغیره به صورت زیر تعریف کرد:

$$\text{FNOAC} = a + \text{TNOAC} + \beta \text{UNC}^2 + \delta \text{MNG}^2 + \gamma \text{EQPM} + \eta \text{UNA} + v$$

که در آن FNOAC(Fatality Number of Accident) درصد حوادث منجر به فوت به عنوان متغیر وابسته است و متغیرهای مستقل UNC(Un Safe Condition) نشانگر شرایط غیر ایمن، USA(Un Safe Action) نشانگر عملکرد غیر ایمن و EQPM(Equipment) نشانگر وجود و یا به کار گیری مواد، ماشین آلات و تجهیزات معتبر و فرسوده و MNG(Management) نشانگر فاکتورهای سوء مدیریتی و TNOAC(Total Number of Accident) نشانگر تعداد کلی حوادث رخداده است. منظور از تخمین مدل در واقع تخمین

جدول ۱: نمونه هایی از عملکرد غیر ایمن

ردیف	موضوع	ردیف	موضوع
۱	عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	۱۰	شونخی های خطرناک
۲	استفاده از روش های غیر اصولی و غیر ایمن برای انجام عملیات	۱۱	صرف مواد مخدر و الکل
۳	مختلف نظیر بلند کردن بار، اشیاء تیز و لغزنه، چنگش ضعیف وغیره حرکات خطرناک (دویدن ها، بالارفتن از پله ها، پرتاپ کردن ها وغیره)	۱۲	عجله غیر ضروری
۴	استفاده از تجهیزات و ابزارهای نامناسب، فرسوده و معیوب	۱۳	نقص در آگاه کردن یا بی خطر کردن
۵	روش کار نامناسب	۱۴	وضعیت بدنی غیر ایمن وغیره
۶	از کارانداختن وسایل ایمنی	۱۵	تحطی از مقررات ایمنی
۷	عدم استفاده از حفاظت ها، پلکانها، نرده بانها وغیره	۱۶	عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی
۸	بارگذاری یا قراردادن نامناسب	۱۷	کار بدون مجوز
۹	سرویس ماشین آلات در حال حرکت	۱۸	کار در سرعت نامناسب

جدول ۲: نمونه هایی از شرایط غیر ایمن

ردیف	موضوع	ردیف	موضوع
۱	طراحی و یا چیدمان ضعیف ایستگاه کار	۹	حفاظ گذاری ناکافی در برابر خطرات
۲	حفاظت ناکافی در برابر سقوط افراد	۱۰	شرایط محیطی لغزنه
۳	تدابیر ایمنی غیر مؤثر	۱۱	انجام چندین کار به صورت همزمان
۴	عدم وجود وسایل حفاظتی با توجه به نیاز	۱۲	مواد خطرناک
۵	ضبط و ربط خطرناک (وجود مواد روی زمین، توده کردن نامناسب، راهروهای مسدود شده و ...)	۱۳	نگهداری و ابزارداری نامناسب مواد
۶	تجهیزات، ابزارآلات و ماشین آلات معیوب	۱۴	حفاظت ناکافی در برابر سقوط اشیاء
۷	نامناسب بودن لباس با نوع کار	۱۵	خطر برق گرفتگی
۸	خطر آتش سوزی و انفجار	۱۶	عدم برقراری سیستم نشت جریان نظیر سیستم ارتینگ

جدول ۳: نمونه هایی از فاکتورهای سوء مدیریتی

ردیف	موضوع	ردیف	موضوع
۱	آموزش ناکافی و غیر کارآمد (آموزش ناکافی کارگران، آموزش ناکافی سرپرستان و ...)	۹	عدم تامین وسایل و تجهیزات حفاظت فردی
۲	عدم اجرای قوانین و مقررات ایمنی به دلایل مختلف نظیر افزایش سرعت کار (عدم صدور مجوز کار قبل از شروع عملیات، عدم استفاده از کارگران آموزش دیده و ...)	۱۰	فقدان سیستم نظارتی کارآمد، عدم شناسایی و ارزیابی خطرات و تجهیزات ناکافی
۳	ایمنی به عنوان جزئی از کار طراحی نشده است.	۱۱	فقدان بازرگانی های منظم و هدفمند
۴	عدم بر طرف کردن خطرات موجود قبل از شروع کار	۱۲	طراحی ضعیف
۵	عدم وجود سیستم نظارتی جامع و دقیق از طرف کارفرما و پیمانکار وغیره	۱۳	طراحی یا ساخت غیر ایمن
۶	فقدان روشهای اجرائی و خط مشی مکتب	۱۴	زمانبندی غیر واقعی اجرای مراحل مختلف یک پروژه
۷	آموزش ناکافی و غیر کارآمد (آموزش ناکافی کارگران، آموزش ناکافی سرپرستان و ...)	۱۵	سیستم تعمیر و نگهداری نامناسب
۸	عدم الزام به مقررات ایمنی	۱۶	عدم تامین وسایل و تجهیزات حفاظت فردی

$$+0.0326MNG^2 +0.1128EQPM +0.1599UNA + \\ 0.8976MA(5)$$

نتایج تخمین نشان می دهد، ضرایب متغیرهای مستقل در سطح خطای بیش از ۵ درصد از نظر آماری معنی دار هستند. ضریب تعیین تعدیل شده (R^2) (Adjusted) که نشانگر قدرت تشریح تغییرات وابسته است، برابر با 0.99 است؛ یعنی مدل تصریح شده قادر توضیح 99 درصد از تغییرات مربوط به تعداد حوادث شغل منجر به فوت را دارد.

کل رگرسیون در سطح اعتماد بیش از 95 درصد معنی دار و نتایج مربوط کاملاً قابل اعتماد ($F=477/5$) است. همچنین آزمون های خود همبستگی جملات اخلاق دوربین-واتسون (با آماره $D=2/3$) و آزمون بریوش- گودفری LM با آماره (0.43) ($F=0.87$) نشان از عدم وجود مشکل خود همبستگی در مدل تخمین زده شده است.

آزمون واریانس ناهمسانی جملات اخلاق ARCH با آماره (0.0395) ($F=0.752$) نشانگر عدم وجود مشکل واریانس ناهمسانی است.

برای آزمون مشکل توزیع غیر نرمال جملات اخلاق از آزمون هیستوگرام نرمالیتی استفاده شد. آماره آزمون، 0.731 ($RESET=0.624$ ، $JB=0.129$) ($F=4/507$) حکایت از تشخیص درست مدل انجام گردید. آماره رمزی برای تشخیص تصریح درست مدل انجام گردید. آزمون (0.129) ($F=4/507$) حکایت از تشخیص درست مدل دارد. لازم به توضیح است که برای تصریح یک مدل بهینه که بهترین نحو تغییرات FNOAC را تعریف کند، متغیرهای UNC و MNG به صورت محدود تعریف شده است. شاید یکی از دلایل این باشد که اهمیت نسبی این دو عامل در حوادث منجر به فوت بیشتر بوده است. دیگر آنکه چون مدل اولیه با مشکل خود همبستگی مواجه بود، برای رفع این مشکل یک فرایند میانگین متحرک ((MA(5)) در مدل گنجانده شده است.

ب) عوامل کمک کننده، که به سه دسته زیر تقسیم می شوند.

۱- فاکتورهای سوء مدیریتی (جدول ۳):

۲- فاکتورهای روانی :

- فقدان آگاهیهای ایمنی

- عدم توجه به خطرات موجود

- عدم ثبات و پایداری روحی وغیره

۳- فاکتورهای فیزیکی :

- وجود صدای بالا و بیش از حد مجاز

- عدم تامین روشنایی کافی

- روشنایی، تهويه و حرارت نامناسب و غيره

بدیهی است، ترکیبی از عوامل فوق الذکر در نهایت منجر به بروز حادثه می گردد و حذف یک یا چند عامل از عوامل فوق به تنها نمی تواند از وقوع حادثه جلوگیری کند. بدین منظور ضرورت توجه به تمامی عوامل و حذف آنها وجود دارد تا از بروز حوادث مشابه در این زمینه پیش گیری شود. به همین منظور شرایط غیر ایمن، عملکرد غیر ایمن و فاکتورهای سوء مدیریتی و استفاده از تجهیزات، ابزار و ماشین آلات فرسوده و معیوب به عنوان چهار متغیر مستقل مؤثر در بروز حوادث شغلی منجر به فوت در نظر گرفته شدند. البته لازم به ذکر است هر چند وجود و استفاده از تجهیزات، ابزار و ماشین آلات فرسوده و معیوب به ترتیب جزء شرایط و عملکرد غیر ایمن می باشد ولی با توجه به اهمیت این عامل در بروز حوادث شغلی منجر به فوت این عامل به عنوان یک متغیر مستقل جدا در نظر گرفته شد^(۱۱،۱۲).

برای حصول هدف دوم در این تحقیق، مدل عوامل مؤثر بر وقوع حوادث شغلی منجر به فوت به صورت های مختلفی شامل معادلات خطی، نیمه لگاریتمی و چند درجه ای برآورد شد. با توجه به آزمون RESET و سایر ضوابط انتخاب مدل، مدل مناسب به صورت زیر برآورد گردیده است.

$$FNOAC = 0.0704 + 0.014TNOAC + 0.0594UNC^2$$

جدول ۱: نتایج تخمین ضرایب متغیرهای مستقل (آزمون t و سطح احتمال)

متغیر مستقل	TNOAC	UNC2	MNG2	EQPM	UNA	MA(5)
t	۶/۸۹۱	۳/۲۲۳	۱/۸۶۱	۲/۴۹۷	۴/۱۰۹	۱۸/۵۶۴
Prob	(۰/۰۰۰۱)	(۰/۰۸۰)	(۰/۰۲۳)	(۰/۰۰۰۱)	(۰/۰۰۰۱)	(۰/۰۰۰۱)

همچنین اگر UNC به مقدار یک واحد افزایش یابد، FNOAC به مقدار $0/118$ برابر مقدار UNC افزایش می یابد؛ یعنی با فرض ثبات سایر شرایط، اگر شرایط نا ایمن کار یک مورد افزایش یابد، در آن صورت تعداد حوادث شغلی منجر به فوت به مقدار $0/118$ برابر موارد عدم ایمن سازی شرایط کاری افزایش می یابد (Un Safe Condition).

۱- با توجه به این که در مدل متغیر UNC^2 (نہ UNC) منظور شده است، بنابراین مدل تأثیر تغییرات UNC^2 را بر روی FNOAC به صورت زیر اندازه گیری می کند.

$\delta FNOAC / \delta UNC^2 = 0.0594$
برای تفسیر بهتر این تأثیرات، می توان از FNOAC نسبت به UNC دیفرانسیل گرفت. در این صورت خواهیم داشت:

$$dFNOAC = 2(0/00594)(UNC)(dUNC)$$

$$\delta FNOAC / \delta UNC^2 = 0.0118UNC$$

یعنی اثر تغییرات UNC بر روی FNOAC به صورت یک ضریب ثابت نیست، بلکه تابع مقدار UNC است. هر چه مقدار UNC بیشتر باشد، شدت این تأثیر نیز افزون می شود.

۲- تأثیر MNG بر روی FNOAC نیز به روش فوق محاسبه شده است.

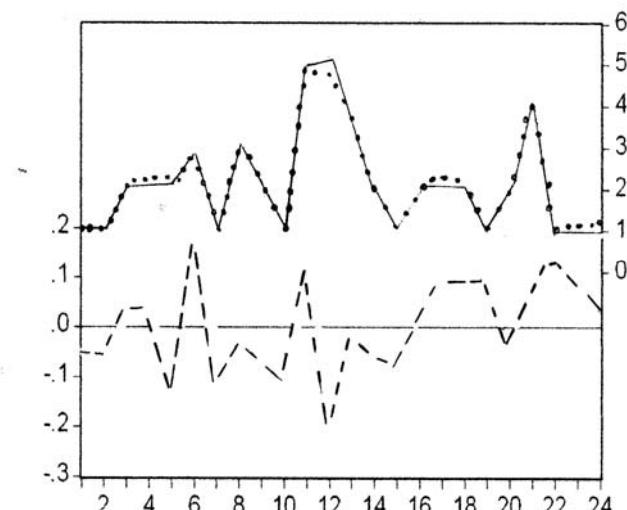
همچنین، اگر MNG یک مورد افزایش یابد (با ثبات سایر شرایط)، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت $0/0652$ برابر موارد سوء فاکتورهای مدیریتی افزایش می یابد. این امر حکایت از این دارد که تأثیر شرایط نا ایمن و سوء مدیریت بر حوادث منجر به فوت از سایر عوامل بیشتر است و کاملاً به تعداد موارد عدم ایمن سازی شرایط کاری و سوء مدیریت وابسته است و با افزایش این موارد، تأثیر این دو عامل بر افزایش حوادث منجر به فوت بیشتر می شود.

۳- اگر EQPM یک واحد افزایش یابد (با ثبات سایر شرایط)، FNOAC به مقدار $0/1128$ واحد افزایش می یابد؛ یعنی اگر استفاده از ابزار و وسایل غیر استاندارد یک مورد افزایش یابد، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت $0/1128$ واحد افزایش می یابد.

۴- اگر UNA به مقدار یک واحد افزایش یابد، FNOAC به مقدار $0/1599$ واحد افزایش می یابد؛ یعنی اگر عملکرد غیر ایمن

نمودار (۱) نشان می دهد که مدل تخمین زده شده چقدر با مشاهدات واقعی تطبیق دارد. در این نمودار میزان خطای ناشی از اختلاف بین آمار واقعی و آمار تخمین زده شده نشان داده می شود. حداقل میزان این خطای به میزان یک واحد انحراف معیار می باشد که در نمودار فوق به منظور افزایش قدرت تشخیص، بزرگنمایی شده است.

منحنی خط پر نشانده نه آمار واقعی حوادث (مدل واقعی) و منحنی خط منقطع نشانده نتایج تخمین زده شده توسط رابطه رگرسیونی طراحی شده (مدل تخمین زده شده) می باشد. چنانکه ملاحظه می شود، تقریباً مدل تخمین زده شده بر مدل واقعی انطباق دارد. این امر نشان از قدرت مدل در تبیین رفتار متغیر وابسته حکایت دارد.



نمودار ۱: انطباق مدل تخمین زده شده با مشاهدات واقعی

بحث

در مدل فوق ضریب هر متغیر عبارت از مشتق FNOAC

نسبت به آن متغیر است. بنابراین:

۱- اگر TNOAC یک واحد افزایش یابد و همه عوامل دیگر ثابت بمانند، FNOAC به میزان $0/014$ واحد افزایش می یابد؛ یعنی اگر تعداد کل حوادث شغلی یک مورد افزایش یابد، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت به مقدار $0/014$ مورد افزایش می یابد.

شده اند در درجه اول و سپس با کاهش سایر متغیرها نسبت به این سازی محیط کار و کاهش معنادار حوادث به خصوص حوادث منجر به فوت اقدام نمود.

در مقایسه نتایج این تحقیق با سایر پژوهش های مشابه که به بررسی وضعیت اینمنی در فاز ساخت و ساز پرداخته اند می توان به تحقیقی که در سال ۲۰۰۵ توسط اداره کاریکی از کشورهای آفریقایی انجام پذیرفت اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که شرایط غیرایمن نظیر کار در ارتفاع، گودبرداری و فعالیتهای الکتریکی بدون در نظر گرفتن ملاحظات اینمنی و مسائل مدیریتی نظیر آموزش ناکافی به عنوان عمدۀ ترین مخاطرات شناسایی شده می باشد.

از عمدۀ ترین کاستی ها و محدودیتهای این تحقیق می توان از عدم وجود سیستم منظم، مدون و استاندارد جهت ثبت، ضبط و بررسی حوادث نام برد که موجب صرف انرژی و زمان زیادی از تیم پژوهشی گردید لذا لازم و ضروری به نظر می رسد مطالعات کارشناسی در خصوص تنظیم و تدوین یک روش جامع و استاندارد جهت ثبت، ضبط و گزارش حوادث انجام گیرد.

یک مورد افزایش یابد، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت ۱۵۹۹۰ افزایش می یابد.

نتیجه گیری

در مقایسه نتایج این تحقیق با سایر تحقیق های مشابه می توان اینگونه قضاؤت کرد که ضریب تعیین تعدیل شده (R^2) که نشانگر قدرت تشریح تغییرات وابسته است در این تحقیق برابر با ۰/۹۹ است؛ یعنی مدل تصویح شده قدرت توضیح ۹۹ درصد از تغییرات مربوط به تعداد حوادث شغل منجر به فوت را دارد و تنها برای یک درصد از سایر حوادث جواب قانع کننده ای وجود ندارد یا به عبارت دیگر علل آنها در مدل دیده نشده اند. در حالیکه در سایر تحقیق های مشابه نظری فاموی و همکاران، گنی و راس و هاتزینگر به ترتیب ضریب تعیین تعدیل شده برابر با ۰/۵۶، ۰/۵۱ و ۰/۶۳ بوده است، نشانگر این مطلب است که به ترتیب در این سه تحقیق ۴۴٪، ۴۹٪ و ۳۷٪ حوادث قابل تبیین و تشریح نمی باشند. بنابراین می توان اینگونه قضاؤت کرد که این تحقیق در مقایسه با سایر تحقیق های مشابه به نتایج سودمندتری دست یافته است^(۸). لذا می توان با اطمینان با کاهش میزان متغیرهایی که به صورت مجدور در مدل مشخص

References

- 1- Larsiarms.R, *Safety Analysis: Principles and Practice in Occupational Safety*, 2nd ed, U.K, Taylor & Francis press, 2001:25-39.
- 2- John W and Marvin R, *What Every Engineer Should Know About Risk Engineering & Management*, 1nd ed, U.S.A ,Marcel Decker press ,2000:48-54.
- 3- Trevor Kletz,*What went wrong ? : Case Histories of Process Plant Distasters*, 2nd ed., USA ,Gulf Publishing company, 1988:32-35.
- 4- Vincent T and Miley W, *Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental Risks*, 2nd ed,USA, Plenum Press, 1993:145-151.
- 5- Urban Kjellen ,*Prevention of Accident through Experience Feedback* , 2nd ed, London, Taylor and Francis press,2002: 125-148.
- 6- Famoye A and Felix W, *On the Generalized Poisson Regression Model with an Application to Accident data*, Journal of Data Science ,2004, (2):. 287- 295.
- 7- Hautzinger, *Regression Analysis of Aggregate Accident Data*, Accident Annual preview, 1987, 18, (2) : 95 -102.

- 8- Vegni, F and Ros, O, *Hospital Accident and Emergency Medicine*, European Journal of Emergency Medicine, 2004, 11,(2) : 86 - 88.
- 9- Ludwig Benne, *Rating Accident Models and Investigation Methodologies*, Journal of Safety Research, National Safety Council and Pergamon Press Ltd, USA, 1985, 16,(1) : 105-126.
- 10- National Safety Council, *Accident Prevention Manual for Business and Industry: Engineering and Technology*, 10nd ed., USA, National Safety Council Publishing, 1992:15-17.
- 11- Kandel A and Avni E, *Engineering Risk And Hazard Assessment*, 3nd ed, The U.S CRC Press.Vol 1,2000:21- 60, 117- 137
- 12- Steve. R, *Construction Safety Management System*, 2nd ed, Spon Press, New York, 2004: 25-69.
- 13- Marry. A, *Control Change Cause Analysis Manual*, 2003 6 (13):5-8, Available from: <http://www.nri.eu.com/NR13.pdf>
- 14- W. Vincoil, and Van Nostrand. R, *Basic Guide to System safety* , Jeffery, USA, 1993: 98-105
- 15- Harold.E and Brian. M," *System Safety Engineering and Management*, 2nd ed, USA, 2000: 7-25