

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

دکترسید باقر مرتضوی\*<sup>۱</sup>، عباس زراءزاد<sup>۲</sup>، دکترعلی خوانین<sup>۳</sup>، دکتر حسن اصیلان مهابادی<sup>۴</sup>

### چکیده

**مقدمه:** در تمامی صنایع، فاز ساخت و ساز یکی از مراحل بسیار پیچیده محسوب می شود که به طور طبیعی و ذاتی خطرناک بوده و هر آن پیچیده تر شده، نرخ حوادث در آن بالاتر می رود. با اذعان به این واقعیت آشکار که بدون در نظر گرفتن مدل نمی توان روش های 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 پیش بینی کند. به گونه ای 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 داده ها گزارشات حوادث موجود در دفاتر ایمنی و بهداشت طرحها و همچنین آمار موجود در دفاتر مراکز درمانی بوده است. در این تحقیق سعی می گردد با ارایه یک مدل تحلیلی (رگرسیون چندگانه) میزان تأثیر عوامل مؤثر و ریشه ای در احتمال افزایش حوادث منجر به فوت تشریح گردد. به این منظور و پس از بررسی ساختار ۵۰ حادثه منجر به فوت و ۲۷۰۰ حادثه دیگر، پس از ساعتها کار کارشناسی از طریق بررسی گزارشات حوادث، اسناد و مدارک مرتبط، مشاهده تأسیسات و عملیات و مشورت و مصاحبه با شاهدان حوادث و تیمی هشت نفره از مدیران، مهندسين و سرپرستان پروژه و شبیه 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 مدل های مختلف براساس روش های تحلیل رگرسیونی چندگانه با استفاده از نرم افزار Eviews انجام شده است.

**نتایج:** یافته های 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 مجذور تعریف شده است.

**نتیجه گیری:** با توجه به اینکه ضریب تعیین تعدیل 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 کننده ای وجود ندارد یا به عبارت دیگر علل آنها در مدل دیده نشده اند. بنابراین می توان اینگونه نتیجه گیری کرد که این تحقیق در مقایسه با سایر تحقیق های مشابه به نتایج سودمندتری دست یافته است. لذا با اطمینان می توان با حذف و یا کاهش عملکرد های غیرایمن و سوء فاکتورهای مدیریتی نسبت به کاهش میزان حوادث منجر به فوت اقدام نمود.

**واژه های کلیدی:** مدل رگرسیونی، حوادث، سوء مدیریت، عملکرد نایمن، شرایط نایمن

\* ۱- نویسنده مسئول: دانشیار گروه بهداشت حرفه ای و محیط

تلفن: همراه: ۰۹۱۲۴۷۹۹۷۰۲ - نامبر: ۰۲۱-۸۸۰۱۱۰۰۱

Email: Sbmortazavi@yahoo.co.uk

۴، ۳- استادیار گروه بهداشت حرفه ای و محیط

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

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۳/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۹/۷

۲- کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای

## مقدمه

براساس تخمینی از دفتر بین‌المللی کار (International Labour Organization (ILO)، در یکسال ۱۸۰/۰۰۰ نفر در اثر حوادث حین کار در صنایع فوت می‌نمایند و این در حالی است که ۱۱۰ میلیون نفر نیز دچار آسیب می‌شوند<sup>(۱،۲)</sup>. از طرف دیگر فاز ساخت و ساز در صنایع، فرآیند پویایی است که به طور طبیعی و ذاتی فرایند خطرناکی می‌باشد که هر آن پیچیده‌تر شده، نرخ حوادث در آن بالاتر می‌رود، به طوری که سازمان بین‌المللی Occupational Safety & Health Administration (OSHA) تعداد حوادث منجر به فوت را در این صنایع به طور متوسط بیشتر از ۲۰۰۰ مرگ در هر سال عنوان می‌کند<sup>(۳،۴)</sup>.

به طور متوسط از هر شش کارگر ساختمان‌سازی یک نفر از صدمات و بیماری‌های شغلی در طول سال رنج می‌برند و از هر ۱۶ نفر هم یک نفر آسیب جدی می‌بیند. به طور متوسط کارگران ساخت و ساز حدود ۱/۲ روز در سال خود را در نتیجه صدمات کاری از دست می‌دهند<sup>(۵،۱۲)</sup>.

فاز ساخت و ساز پروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی در سیستم مورد مطالعه با طیف وسیعی از چالش‌ها روبرو می‌باشد که یکی از این چالش‌ها وقوع مکرر حوادث در این مناطق کاری است، از زمان شروع به ساخت این طرحها (حدود ۴ سال) حوادث زیادی رخ داده است و تعداد قابل ملاحظه‌ای (حدود ۵۰ مورد) از آنها به فوت و تعداد زیادی از آنها به آسیب‌های ناتوان‌کننده 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 جزئی، ۵۰ حادثه نیازمند کمک‌های اولیه، هشتاد حادثه آسیب‌رسان به تجهیزات و اموال و چهارصد شبه حادثه را محتمل می‌داند، با یک محاسبه ساده متوجه می‌شویم که در این مدت در ازای وقوع حداقل ۵۰ حادثه منجر به فوت ۱۵۰۰ حادثه جزئی، ۲۵۰۰ حادثه کمک‌های اولیه، ۴۰۰۰ حادثه آسیب‌رسان به تجهیزات و اموال و ۲۰۰۰ شبه حادثه رخ داده است. این اعداد و ارقام بیانگر این واقعیت است که فاز ساخت و ساز در

سیستم مورد مطالعه یکی از مناطق دارای خطر بالا (High Risk) می‌باشد. به همین منظور نیاز به توسعه استراتژی مناسب جهت کاهش نرخ حوادث در این پروژه‌ها به شدت احساس می‌شود. مهمتر از تعداد کل حوادث منجر به فوت، شناخت علل وقوع این حوادث می‌باشد. این اطلاعات می‌تواند در بسط و گسترش برنامه‌ای 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 می‌باشد)، می‌تواند زنجیره تولید در بسیاری از صنایع دیگر را نیز قطع کرده و زیان‌های مالی زیادی به آنها وارد سازد، باید ارزیابی دقیقی از ماهیت انرژی‌ها 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 ناتوان‌کننده در سیستم مورد مطالعه

۲) ارایه یک مدل ریاضی برای تخمین افزایش حوادث محیط کار در اثر هر یک از عوامل پیش‌بینی شده (روش تحلیل رگرسیونی) در این تحقیق سعی می‌شود 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 ناتوان‌کننده در سیستم مورد مطالعه یک مدل ریاضی برای تخمین افزایش حوادث محیط کار در اثر هر یک از عوامل پیش‌بینی شده ارایه گردد.

مدل یک سامانه انتزاعی (ریاضی، فیزیکی یا گرافیکی) است که از قواعد و شرایط ویژه پیروی می‌کند. مدل بازتاب یک واقعیت است. به بیان دیگر باید گفت مدل بازنمایان یک سیستم یا فرایند است که می‌تواند رفتار آن سیستم یا فرایند را پیش‌بینی کند. بنابراین مدلها برای درک رفتار سامانه واقعی به کار می‌روند و بیانگر یک نظریه می‌باشند به گونه‌ای که متغیرهای مهم را برای توصیف یک پدیده در بر می‌گیرد و در عوض از عواملی که در بیان آن پدیده کم اهمیت هستند، چشم می‌پوشد. در خصوص بررسی عوامل مؤثر بر حوادث مختلف توسط روش

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 رابطه‌ای به صورت ساده و به وسیله معادله رگرسیونی 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 اخلال یا جز خطای تصادفی می نامند. جز اخلال نماینده یا جانشینی است برای تمام متغیرهای حذف شده که بر متغیر  $y$  اثر می گذارند، ولی در مدل رگرسیون وجود ندارند (یا به دلایل 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 مدل‌های مختلف براساس روش‌های تحلیل رگرسیونی و با استفاده از نرم افزار Eviews 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 فرضیه‌های کلاسیک در مورد جملات اخلال مدل از آزمون‌های آسیب شناسی دوربین-واتسون ( $DW$ ) برای تشخیص خود همبستگی بین جملات اخلال، از آزمون آرچ ( $ARCH$ ) و وایت ( $White$ ) برای تشخیص ناهمسانی واریانس جملات اخلال‌ها استفاده می شود. از آزمون هیستوگرام توزیع نرمال نیز برای تشخیص توزیع نرمال جملات اخلال 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، عادت‌های رانندگی و مراقبت‌های پزشکی بر حوادث ناشی از رانندگی در آلباما با استفاده از مدل‌های رگرسیونی پرداخته است.<sup>(۶)</sup>

۲- هاتزینگر امنیت ترافیک را با استفاده از تحلیل رگرسیون بررسی کرده است.<sup>(۷)</sup>

۳- وگنی 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.<sup>(۸)</sup>

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. یافته‌های بررسی هانریش 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 بلایا طبیعی نسبت داد به همین دلیل نسبت ۲:۱۰:۸۸ را نسبت هانریش می نامند.<sup>(۱۲،۱۳،۱۵)</sup>

## روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی بوده که در منطقه عسلویه و در طی سالهای ۱۳۸۵-۱۳۸۴ انجام شده است. منبع استخراج داده‌ها 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 روش‌های مناسب و قابل اطمینان برای پیش گیری از بروز حادثه به دست آورد. بنابراین برای رسیدن به روش‌های مناسب در پیشگیری از بروز حادثه، بایسته است مدل یا مدل‌هایی در خصوص چگونگی بروز حادثه در نظر گرفته شوند.<sup>(۹،۱۰،۱۴)</sup>

ضرایب متغیرها (پارامترها) است.  $\alpha, \beta, \delta, \gamma, \eta$  و  $\phi$  پارامتر هستند و  $\nu$  جمله اخلال یا خطاست. متغیرهای سمت راست مدل متغیرهای توضیحی (مستقل) هستند که تغییرات متغیر وابسته (FNOAC) را توضیح می دهند. چون برخی از عوامل مؤثر قابل شناسایی نیستند، جمله اخلال یا خطا ( $\nu$ ) نشانگر بخشی از تغییرات FNOAC است که توسط متغیرهای توضیحی مدل قابل تبیین نیست<sup>(۷)</sup>.

مدل فوق را به وسیله روش حداقل مربعات معمولی (Ordinary Least Squared) (OLS)  $\nu$  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 موشکافانه 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 بلافاصل یا مستقیم که به دو دسته عملکرد غیر ایمن و شرایط غیر ایمن تقسیم می شود. نمونه هایی از فعالیت های 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 ساختار حوادث، اسناد 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 رخ داده 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 متغیرهاست. 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:

$$FNOAC = \alpha + \beta TNOAC + \beta UNC^2 + \delta MNG^2 + \gamma EQPM + \eta UNA + \nu$$

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 کارگیری مواد، ماشین آلات و تجهیزات معیوب و فرسوده و MNG (Management) نشانگر فاکتورهای سوء مدیریتی و TNOAC (Total Number of Accident) نشانگر تعداد کلی حوادث رخ داده 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	شوخی های خطرناک
۲	استفاده از روش های غیر اصولی و غیر ایمن برای انجام عملیات مختلف نظیر بلند کردن بار، اشیاء تیز و لغزنده، چنگش ضعیف و غیره	۱۱	مصرف مواد مخدر و الکل
۳	حرکات خطرناک ( دویدن ها، بالارفتن از پله ها، پرتاب کردن ها و غیره)	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 و غیره
۶	از کار انداختن وسایل ایمنی	۱۵	تخطی از مقررات ایمنی
۷	عدم استفاده از حفاظ ها، پلکانها، نردبانها و غیره	۱۶	عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی
۸	بار گذاری 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 لغزنده
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 انبارداری نامناسب مواد
۶	تجهیزات، ابزار آلات 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 بازرسی 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 و غیره	۱۳	طراحی یا ساخت غیر ایمن
۶	فقدان روشهای اجرایی و خط مشی مکتوب	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 ۰/۹۹ است؛ یعنی مدل تصریح شده قدرت توضیح ۹۹ درصد از تغییرات مربوط به تعداد حوادث شغل منجر به فوت را دارد.

کل رگرسیون در سطح اعتماد بیش از ۹۵ درصد معنی دار و نتایج مربوط کاملاً قابل اعتماد ( $F=477/5$  (۰/۰۰۰۱) است. همچنین آزمون های خود همبستگی جملات اخلال دوربین- واتسون (با آماره  $D=2/3$ ) و آزمون بریوش - گودفری LM با آماره  $F=0/87$  (۰/۴۳) نشان از عدم وجود مشکل خود همبستگی در مدل تخمین زده شده است.

آزمون واریانس ناهمسانی جملات اخلال ARCH با آماره  $F=0/752$  (۰/۳۹۵) نشانگر عدم وجود مشکل واریانس ناهمسانی است.

برای آزمون مشکل توزیع غیر نرمال جملات اخلال از آزمون هیستوگرام نرمالیتی استفاده شد. آماره آزمون، (۰/۷۳۱)  $JB=0/624$ ، نشان از عدم وجود مشکل دارد. آزمون RESET رمزی برای تشخیص درست مدل انجام گردید. آماره آزمون  $F=4/507$  (۰/۱۲۹) 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 مجذور 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 و غیره

۳- فاکتورهای فیزیکی:

- وجود صدای بالا و بیش از حد مجاز

- عدم تامین روشنایی کافی

- روشنایی، تهویه و حرارت نامناسب و غیره

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 تنهایی 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<sup>(۱۱،۱۲)</sup>.

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 ۰/۱۱۸ برابر مقدار UNC افزایش می یابد؛ یعنی با فرض ثبات سایر شرایط، اگر شرایط ناایمن کار یک مورد افزایش یابد، در آن صورت تعداد حوادث شغلی منجر به فوت به مقدار ۰/۱۱۸ برابر موارد عدم ایمن سازی شرایط کاری افزایش می یابد (Un Safe Condition).

۱- با توجه به این که در مدل متغیر  $UNC^2$  (نه 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.

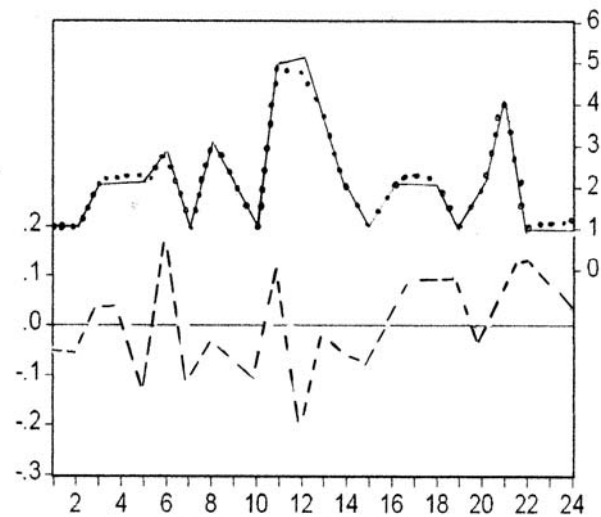
۲- تأثیر MNG بر روی FNOAC نیز به روش فوق محاسبه شده است.

همچنین، اگر MNG یک مورد افزایش یابد (با ثبات سایر شرایط)، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت ۰/۰۶۵۲ برابر موارد سوء فاکتورهای مدیریتی افزایش می یابد. این امر حکایت از این دارد که تأثیر شرایط ناایمن و سوءمدیریت بر حوادث منجر به فوت از سایر عوامل بیشتر است و کاملاً به تعداد موارد عدم ایمن سازی شرایط کاری و سوءمدیریت وابسته است و با افزایش این موارد، تأثیر این دو عامل بر افزایش حوادث منجر به فوت بیشتر می شود.

اگر EQPM یک واحد افزایش یابد (با ثبات سایر شرایط)، FNOAC به مقدار ۰/۱۱۲۸ واحد افزایش می یابد؛ یعنی اگر استفاده از ابزار و وسایل غیر استاندارد یک مورد افزایش یابد، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت ۰/۱۱۲۸ واحد افزایش می یابد.

اگر UNA به مقدار یک واحد افزایش یابد، FNOAC به مقدار ۰/۱۵۹۹ 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. حداکثر میزان این خطا به میزان یک واحد انحراف معیار می باشد که در نمودار فوق به منظور افزایش قدرت تشخیص، بزرگنمایی شده است. منحنی خط پر نشاندهنده آمار واقعی حوادث (مدل واقعی) و منحنی خط منقطع نشاندهنده 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.



منطبق شده ..... تخمینی --- واقعی

### 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:

اگر TNOAC یک واحد افزایش یابد و همه عوامل دیگر ثابت بمانند، FNOAC به میزان ۰/۰۱۴ واحد افزایش می یابد؛ یعنی اگر تعداد کل حوادث شغلی یک مورد افزایش یابد، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت به مقدار ۰/۰۱۴ مورد افزایش می یابد.

شده اند در درجه اول و سپس با کاهش سایر متغیرها نسبت به ایمن 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 ایمنی در فاز ساخت و ساز پرداخته اند می توان به تحقیقی که در سال ۲۰۰۵ توسط اداره کار یکی 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 ایمنی و مسائل مدیریتی نظیر آموزش ناکافی به عنوان عمده ترین مخاطرات شناسایی شده می باشد.

از عمده 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 ۰/۱۵۹۹ افزایش می یابد.

### نتیجه گیری

در مقایسه نتایج این تحقیق با سایر تحقیق های مشابه می توان اینگونه قضاوت کرد که ضریب تعیین تعدیل شده ( $R^2$  Adjusted) که نشانگر قدرت تشریح تغییرات وابسته است 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 کننده ای وجود ندارد یا به عبارت دیگر علل آنها در مدل دیده نشده اند. در حالیکه در سایر تحقیق های مشابه نظیر فاموی و همکاران، گنی و راس وهاتزینگر 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 قضاوت کرد که این تحقیق در مقایسه با سایر تحقیق های مشابه به نتایج سودمندتری دست یافته است<sup>(۸)</sup>. لذا می توان با اطمینان با کاهش میزان متغیرهایی که به صورت مجذور 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*, 1st 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