



## تعیین ارتباط بین مؤلفه های تأثیرگذار در پیشگیری از حوادث با استفاده از مدل معادلات ساختاری جهت کنترل حوادث صنعت فولاد

رضا غلام نیا<sup>۱</sup>، محسن برزگر<sup>۲\*</sup>

### چکیده

مقدمه: هدف تعیین ارتباط بین ۶ فاکتور اصلی موثر در پیشگیری از حوادث با استفاده از معادلات ساختاری بوده است.

روش بررسی: ابتدا با استفاده از مطالعات گذشته اکثر مؤلفه های موثر در پیشگیری از حوادث بیان و نحوه ارتباط این مؤلفه بر یکدیگر تعیین گردید و روابط بین آنها مطابق با روش معادلات ساختاری، به صورت یک الگوی اولیه ترسیم گردید. سپس با استفاده از یک پرسشنامه کارکنان حادثه دیده ۵ سال یکی از صنایع فولاد استان یزد بررسی شدند. در مرحله سوم داده های به دست آمده با نرم افزار Smart-PLS آماده تحلیل شد.

یافته ها: ۶ عامل اصلی تقریباً به میزان ۵۸ درصد از سهم عوامل پیشگیری از حوادث را شامل شده که در سطح اطمینان ۹۵٪ مقدار تأثیر فرهنگ ایمنی ۰/۳۱، قوانین و دستورالعمل ها ۰/۲۹، آموزش ۰/۲۸، مهندسی ۰/۲۴، فاکتور های انسانی ۰/۳۱ و سرمایه و تجهیزات ۰/۳۸ می باشد. همچنین ۴۲ درصد باقی مانده عواملی هستند که در صنعت مورد نظر ناشناخته هستند. همچنین ۳ فرضیه از ۱۴ فرضیه ارائه شده یعنی تأثیر قوانین بر روی مهندسی، آموزش و فاکتور های انسانی که جزء روابط فرعی بوده، مورد تأیید قرار نگرفت.

نتیجه گیری: این مطالعه نشان داد که سه عامل بیشترین تأثیر را دارند: عامل اقتصادی اندکی نسبت به دیگر عوامل سهم بیشتری را دارا می باشد، فرهنگ ایمنی بعد از موارد اقتصادی بیشترین تأثیر را دارد. فاکتور های انسانی نیز دارای رتبه سوم می باشد.

**کلید واژه ها:** پیشگیری از حوادث، معادلات ساختاری، حداقل مربعات جزئی، الگوی حوادث

### مقاله پژوهشی



تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۰۸

### ارجاع:

غلام نیا رضا ، برزگر محسن. تعیین ارتباط بین مؤلفه های تأثیرگذار در پیشگیری از حوادث با استفاده از مدل معادلات ساختاری جهت کنترل حوادث صنعت فولاد. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۸؛ ۳(۴): ۲۹۰-۳۰۸.

<sup>۱</sup> عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی  
<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد مهندسی ایمنی صنعتی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی



## مقدمه

برآورد حوادث در محیط های کاری نشان می دهد که در سراسر جهان سالانه تعداد زیادی نیروی کار منجر به حادثه می شوند و در بیشتر موارد باعث ناتوانی می گردند. طبق آمار رسمی سازمان تامین اجتماعی در ایران در سال ۱۳۹۱ تعداد حوادث بالغ بر ۲۰۵۳۲ مورد و در سال ۱۳۹۲ تعداد حوادث ۱۹۴۷۷ مورد و در سال ۱۳۹۳ تعداد حوادث ۱۸۹۲۶ مورد بوده است (۱). اگر چه حوادث ناشی از کار در سال های گذشته کاهش یافته است با این حال ما هنوز فاقد دانش عالی و کارآمد در زمینه کاهش حوادث ناشی از کار هستیم و هر سال بار اقتصادی سنگینی به جامعه تحمیل می کند. در ۱۰ الی ۱۵ سال گذشته علم ایمنی ویژگی های چند بعدی را برای درک بهتر خطرات ناشی از کار و چگونگی جلوگیری از حوادث در محیط کار توسعه داده است. طبق نظریه هنریچ جهت پیگیری از حوادث سه عامل آموزش، مهندسی و الزامات نیاز می باشد و در حالی که حوادث قبلا از دیدگاه فنی، حقوقی و یا عوامل انسانی دیده می شد، در سال های اخیر از دیدگاه عوامل فرهنگی و سازمانی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

راهکار های ایمنی برای پیگیری از حوادث ناشی از کار در نتیجه یک فرایند پیچیده، می باشد که معمولا از ادغام تعدادی از عوامل مختلف می باشد، (به عنوان مثال، کمیته ایمنی، آموزش ایمنی، قوانین و یا ماشین آلات و ...) مشخص می شود. اهمیت پژوهش یکپارچه سازی این اجزای مختلف به منظور دستیابی به سطح بالایی از ایمنی در کار می باشد. بررسی برنامه های مداخله ای ایمنی نتیجه می گیرد که بهترین اثر با ترکیبی از نگرش، رفتار و روش ساختاری (مداخلات چند وجهی) به دست آمده است.

بسیاری از مدل ها و نظریه ها در زمینه پیگیری حوادث ناشی از کار هنوز هم از ایده های هاینریش (۱۹۳۱) مدل دومینو و گیبسون (۱۹۶۲) و مدل انرژی هادون (۱۹۶۸) می باشد که با استفاده از یک طرز فکر ایمنی یک سیستم بسته می باشد که شرایط، موانع و زنجیره های علی خطی از یک فرایند حادثه را

توصیف می کنند که جهت بررسی ریسک بالای سیستم های پیچیده فنی/اجتماعی و با یک محیط جدید اقتصادی، سیاسی، سازمانی و عوامل استرس زای گوناگون مناسب نیستند (۲-۳).

در اغلب موارد علت یک حادثه به اندازه کافی تنها با یک مدل یا تئوری توضیح داده نمی شود. بنابراین، با توجه به نظریه ترکیبی، علت واقعی حادثه ممکن است بخش هایی از چندین مدل مختلف باشد. رویکرد ها و مدل های تجزیه و تحلیل حوادث و خطرات سیستمیک فقط به طور خلاصه ارائه شده اند و برای حوادث شغلی با سیستم بسته و در ارتباط با خود شغل مورد بحث قرار گرفته و برای "حوادث سیستمیک"<sup>۶</sup> به کار نرفته اند. لذا در این پژوهش هدف براین است که تمام مؤلفه های موثر در پیگیری از حوادث بیان و نحوه ارتباط این مؤلفه بر یکدیگر تعیین و با استفاده از مدل معادلات ساختاری کمی سازی گردد تا نتیجه جامع و کامل تری حاصل گردد.

رویکرد ها و مدل های تجزیه و تحلیل حوادث و خطرات سیستمیک فقط به طور خلاصه ارائه شده اند و برای حوادث شغلی با سیستم بسته و در ارتباط با خود شغل مورد بحث قرار گرفته و برای "حوادث سیستمیک" به کار نرفته اند.

تاکنون روش های متفاوتی برای تعیین علل موثر در پیگیری از حوادث ارائه شده است، همچنین با استفاده از مدل معادلات ساختاری در تعیین عوامل موثر بر فرهنگ ایمنی، مدل های متفاوتی ارائه شده است. مدل معادلات ساختاری که فرآیند قوی آماری اطلاق می شود به منظور آزمون روابط پیچیده بین متغیرهای انسانی به کار گرفته می شود. مدل یابی معادلات ساختاری به دلیل دارا بودن قابلیت های متعدد و به عنوان روش و تکنیک تحلیل چند متغیره و نیز غلبه بر محدودیتهای روشهای سنتی، کاربردهای بسیاری در مطالعات مرتبط با علوم انسانی و به ویژه علوم سلامت دارد ولی تاکنون در زمینه بررسی علل حوادث یا مؤلفه های پیگیری از حوادث مورد استفاده قرار نگرفته است. این روش به عنوان یک روش کمی برای آزمون نظریه ها کاربرد دارد و جهت آزمون مؤلفه



نفر می باشد. از این تعداد طبق آمارهای سال های ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵ و چهار ماهه اول سال ۹۶ تعداد حوادث ۴۱۱ مورد بوده است. از این تعداد حادثه، تعدادی از حوادث برای بعضی از افراد تکراری بودند و همچنین تعدادی از نفرات هم در زمان مطالعه یا از آن محل رفته بودند و یا حضور نداشتند که در نهایت ۱۹۴ نفر حادثه دیده در زمان اجرای پرسش نامه در کارگاه حضور داشتند.

از آنجا که روش شناسی مدل یابی معادلات ساختاری، تا حدود زیادی با برخی از جنبه های رگرسیون چند متغیری شباهت دارد، می توان از اصول تعیین حجم نمونه در تحلیل رگرسیون چند متغیری برای تعیین حجم نمونه در معادلات ساختاری استفاده نمود (۲۲).

روش های مختلفی برای پی بردن به حجم نمونه مورد نیاز در تحلیل وجود دارند که یکی از مرسوم ترین آنها استناد به مقادیر رایج است؛ که در این روش حجم نمونه کمتر از ۱۰۰ به عنوان کوچک، ۱۰۰ تا ۲۰۰ به عنوان حجم متوسط و بالاتر از ۲۰۰ به عنوان حجم بالا در نظر گرفته شده است (۲۲).

همچنین جهت اندازه نمونه مورد نیاز برای انجام معادلات ساختاری به روش حداقل مربعات جزئی، مقداری به عنوان کمترین مقدار مجاز برای نمونه گیری ارائه شده است و به این صورت می باشد که ۱۰ برابر کل مسیر های موجود در ساختار را به عنوان کمترین اندازه نمونه در نظر می گیریم (۲۳):

$$\text{Minimum sample size} = 10 \times n$$

چون روش حداقل مربعات جزئی نسبت به نمونه های کم حساسیت ندارد، بنابراین تصمیم گرفته شد تعداد نمونه ها از ۱۴۰ عدد بیشتر شود بنابراین همه افراد حادثه دیده در مطالعه شرکت داده شدند که همان ۱۹۴ نفر بودند.

های موثر در پیشگیری در حوادث و همچنین نحوه تاثیر این عوامل بر یکدیگر یک ابزار قوی و قابل اعتماد به شمار می آید. در واقع تکنیک آماری مدل معادلات ساختاری از طریق محاسبه واریانس مشترک یا عمومی بین متغیرهای آشکار (سوالات پرسشنامه) این کار را انجام می دهد علاوه بر آن نیز قادر است خطای اندازه گیری را برآورد کند (۴-۵).

لذا باتوجه به علل مذکور یعنی تعیین علل موثر در پیشگیری از حادثه، مشخص نبودن تاثیر دقیق هرکدام از علل موثر در پیشگیری از حادثه و تعیین تاثیر هر کدام از علل موثر در پیشگیری از حادثه بر روی یکدیگر و از طرفی چون صنعت فولاد یکی از صنایع متعدد در استان یزد می باشد و تعداد نفرات شاغل در این حوزه زیاد هستند تصمیم گرفته شد با هدف سرمایه گذاری و برنامه ریزی بهتر و دقیق تر بر روی عوامل موثر در بروز حوادث و پیشگیری از آنها ارتباط بین مؤلفه های تاثیرگذار در پیشگیری از حوادث با استفاده از مدل معادلات ساختاری در صنعت فولاد تعیین شود.

بنابراین با مطالعه منابع از گذشته تا کنون که علل موثر در پیشگیری از حوادث را بیان نموده بودند نتیجه حاصل شد که در مجموع ۶ عامل اصلی در پیشگیری از حوادث موثر هستند. بنابراین عوامل موثر در پیشگیری از بروز حوادث شامل: ارگونومی، آموزش، قوانین و الزامات، اقتصاد و مالی، مهندسی و فرهنگ ایمنی می باشد. این عوامل علاوه بر تاثیر گذاری بر پیشگیری از بروز حوادث، بر یک دیگر نیز اثر متقابل دارند. (۶-۲۱).

### روش بررسی

### جامعه و نمونه

جامعه مورد کارکنان حادثه دیده یکی از صنایع فولاد استان یزد می باشد. تعداد کل کارکنان کارخانه فولاد مورد نظر ۱۳۴۲

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک نفرات شرکت کننده در مطالعه

#	زیر دیپلم	دیپلم	بالاتر از دیپلم	تحصیلات			سابقه کار (سال)	سن (سال)
				کمتر از ۵	بین ۵ تا ۱۵	بیش از ۱۵		
۵۷	۹۴	۴۳	۶۷	۱۱۳	۱۴	۳۰ تا ۴۰	بیشتر از ۴۰	
						۹۳	۲۷	



## تعیین فرضیات

نخستین مرحله از این تحقیق، مطالعه منابع و مراجع و یافتن علل حوادث های بود که تا حد امکان اطلاعات کافی درمورد پارامترهای موثر در پیشگیری از حوادث جمع آوری گردد. در این مرحله همچنین یک مدل یا الگوی فرضی برای آن در نظر گرفته شد، بطوری که تاثیر هر کدام از عوامل در پیشگیری از حادثه و همچنین تاثیر آنها بر یکدیگر مشخص گردید.

برای اجرای مدل معادلات ساختاری روش های متنوعی وجود دارند که یکی از جدیدترین رویکردها در مدل معادلات ساختاری روش حداقل مربعات جزئی است که در سال ۱۹۷۵ توسط محقق سوئدی هرمان ولد ارائه شد. حداقل مربعات جزئی روشی برای مدل پیش بینی کننده سازه ای است. به ویژه زمانی که تعداد نشانگرهای هر عامل زیاد و بین آنها هم راستایی چند گانه وجود داشته باشد این رویکرد جهت برآورد بارهای عاملی و ضرایب مسیر استفاده شده است. روش حداقل مربعات جزئی پیش فرض در مورد نوع توزیع متغیرهای اندازه گیری نیاز ندارد. از این رو برای داده هایی با توزیع غیر نرمال یا با توزیع نامعلوم مناسب و کاربردی است. در مواردی که متغیرهای اندازه گیری متغیرهای ادراکی هستند که در مقیاس لیکرت تعریف شده اند. آن ها توزیع نامعومی دارند و به دلیل عدم نرمال بودن آن ها، روش حداقل مربعات جزئی نسبت به روش های کواریانس محور برتری دارد. روش های کواریانس محور به اندازه نمونه حساس هستند. نمونه های کوچکتر باعث کاهش قدرت آماری روش میشود. همچنین با کاهش اندازه نمونه فرض نرمال بودن داده ها نیز نمی توان به خوبی نشان داده شود (۲۲).

الگو هایی برای پیشگیری از حوادث ارائه شده است که تعدادی از آنها در زیر بیان می گردد.

- الگو هایی برای پیش گیری از حوادث ارائه شده اند که اولین آن در قرن بیستم توسط ویلیام هنریچ ارائه گردیده است که به مدل 3E معروف است و پارامترهای آن عبارت اند از: مهندسی، آموزش، قوانین و الزامات (۲).

- مدل بعدی که به مدل 6E نام دارد و توسط آقای دکتر

غلام نیا در کتاب تجزیه و تحلیل حوادث ارائه گردیده است و پارامترهای آن عبارت اند از: مهندسی، آموزش، قوانین و الزامات، ارگونومی، سرمایه، تشویق (۶).

- مدل 7E نیز در سال ۲۰۱۲ توسط دکتر چیترا م و همکاران ذکر شده است که پارامتر های آن عبارت اند از مهندسی، آموزش، قوانین و الزامات، انگیزه، همدلی و انتقال فکر، اجازه و اختیار در تصمیم گیری، تعهد (۲۴).

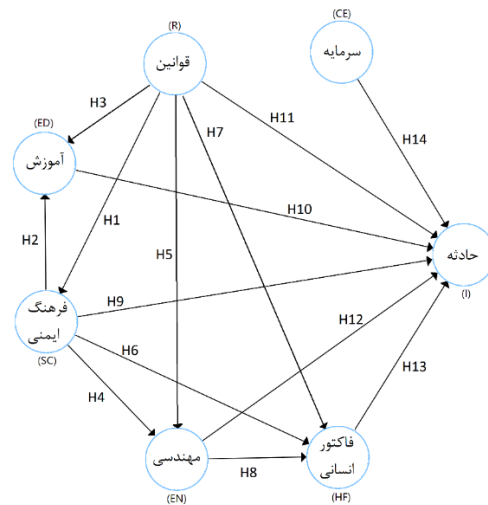
پس از آنکه مطالعات انجام شده در زمینه علل موثر در پیشگیری از حوادث بررسی شدند، مطالعات انجام شده با استفاده از مدل معادلات ساختاری در خصوص تعیین روابط بین فاکتور ها مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت ۱۴ فرضیه ذیل تعیین گردید: (۲۵-۴۸)

فرضیه (۱): قوانین و دستورالعمل ها بر فرهنگ ایمنی تأثیر دارد.  
فرضیه (۲): فرهنگ ایمنی بر آموزش تأثیر دارد.  
فرضیه (۳): قوانین و دستورالعمل ها بر آموزش تأثیر دارد.  
فرضیه (۴): فرهنگ ایمنی بر مهندسی تأثیر دارد.  
فرضیه (۵): قوانین و دستورالعمل ها بر مهندسی تأثیر دارد.  
فرضیه (۶): فرهنگ ایمنی بر فاکتورهای انسانی تأثیر دارد.  
فرضیه (۷): قوانین و دستورالعمل ها بر فاکتورهای انسانی تأثیر دارد.

فرضیه (۸): مهندسی بر فاکتورهای انسانی تأثیر دارد.  
فرضیه (۹): فرهنگ ایمنی بر حادثه تأثیر دارد.  
فرضیه (۱۰): آموزش بر حادثه تأثیر دارد.  
فرضیه (۱۱): قوانین و دستورالعمل ها بر حادثه تأثیر دارد.  
فرضیه (۱۲): مهندسی بر حادثه تأثیر دارد.  
فرضیه (۱۳): فاکتورهای انسانی بر حادثه تأثیر دارد.  
فرضیه (۱۴): سرمایه و تجهیزات بر حادثه تأثیر دارد.

با توجه به مدل های ارائه شده و فرضیات موجود در مطالعات انجام شده رابطه بین ۶ فاکتور تاثیرگذار در پیشگیری از حادثه و همچنین روابط فرعی بین این ۶ فاکتور با یکدیگر، مدل اولیه و فرضی زیر ارائه گردید که حرف H روی هر فلش به معنای فرض و شماره آن، شماره فرض می باشد:





### پرسشنامه

باتوجه روش کار و پرسشنامه ای بودن مطالعه، جهت اجرای این پژوهش به یک پرسشنامه نیاز بود و به دلیل اینکه پرسشنامه مورد نظر در تحقیقات گذشته موجود نبود و همچنین عدم وجود کار مشابه با مطالعه حاضر، لذا یک پرسشنامه استاندارد تدوین گردید که نمونه آن در همین فصل آورده شده است. بعد از تدوین پرسشنامه اولیه که با شناخت و بررسی منابع و سوابق تحقیق صورت گرفت، این پرسشنامه به عنوان پرسشنامه ای خام محسوب شد و مورد آزمایش قرار گرفت.

از جمله مراحل آزمودن آن، ارائه پرسشنامه به تعدادی از افراد خبره و کارشناس بود (جهت تعیین روایی و اعتبار یا صحت). ضمن تشریح اهداف و فرضیات تحقیق و تشریح هدفی که از تدوین هر سؤال یا مجموعه سؤال به منظور رسیدن به آن آورده شده، از افراد خبره خواسته شد تا نظراتشان را در مورد پرسشنامه و اصلاح آن بگویند.

در ابتدای کار، دامنه محتوایی پرسشنامه تعیین گردید. آقای لاوشه (۱۹۷۵) پیشنهاد می کند دامنه محتوایی ابزار، قبل از تعیین روایی و قابلیت اعتماد آن شناسایی شود. با بهره گیری از سوالات مقالات انجام شده مشابه و راهنمایی ها و اعمال اصلاحات، پرسشنامه ای ۷۷ سوالی طراحی شد (۴۹). به دلیل مشکلاتی نظیر چند رشته ای بودن (روانشناسی

شناختی، ارگونومی و ایمنی و مدیریتی) دامنه محتوایی مطالعه، تصمیم بر آن شد که حداقل ۱۱ نفر در روند روایی سنجی این پرسشنامه شرکت کنند. که تقریباً سه برابر حداقل تعداد پیشنهادی لاوشی است تا با سطح اطمینان بیشتری به توافق آرای مورد نیاز و به ضریب اعتبار بیشتر از ۰/۶۰ دست یابیم. آرای اعضای گروه پانل که به گزینه (E ضروری) تعلق گرفته است از طریق نسبت روایی محتوایی که از این پس با اختصار CVR نشان داده می شود، کمی سازی شد که فرمول زیر بدین منظور بکار رفته است (۴۹).

$$CVR = \frac{n_e - n/2}{n/2}$$

بر طبق پیشنهاد لاوشه، به منظور محاسبه مقدار میانگین قضاوت تعلق گرفته به هر جزء ابزار، تبدیل های زیر در پرسشنامه روایی سنجی انجام می شود:

**E** - که نشان دهنده ضروری بودن است که با عدد ۲ جایگزین می شود.

**N** - که نشان دهنده لازم بودن ولی عدم ضرورت است که با عدد ۱ جایگزین می شود.

**U** - که نشان دهنده غیر ضروری بودن است که با مقدار صفر جایگزین می شود.

شاخص روایی محتوایی که میانگین مقادیر CVR آیتم



ها یا سوالات باقیمانده در مدل، آزمون یا ابزار روا شده می باشد. مقدار CVR سوالات حذف شده زیر ۰.۷ و سوالاتی که مقدار CVR آن بیش از ۰.۷ بوده است در مجموعه سوالات باقی مانده است.

CVI نشان دهنده جامعیت قضاوت های مربوط به روایی یا قابلیت اجرای مدل، آزمون یا ابزار نهایی است. هرچقدر روایی محتوایی نهایی بالاتر باشد، مقدار CVI به سمت ۰/۹۹ میل می کند (۵۰).

$$CVI = \frac{\sum_n^1 CVR}{\text{Retained number}} = \frac{42.14}{56} = 0.74$$

بنابراین با توجه به شاخص های CVI, CVR به دست آمده تعداد ۲۱ سوال از ۷۷ سوال اولیه حذف و در نهایت ۵۶ سوال باقی ماند. بعد از تعیین روایی جهت تعیین پایایی پرسشنامه یک پیش آزمون انجام داده شد که در آن ۳۰ پرسشنامه تکمیل گردید و با استفاده از روش آلفای کرونباخ پایایی پرسشنامه به دست آمد (۵۰). (جدول ۲)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right)$$

### روش تحلیل

در این پژوهش تایید روابط بین متغیرها و عوامل از طریق تحلیل عاملی تاییدی و تکنیک مدل سازی PLS با استفاده از نرم افزار Smart PLS2 که یک فن مدل سازی مسیر واریانس محور است و امکان بررسی نظریه و سنجه ها را به طور همزمان فراهم می سازد استفاده گردید. از این روش در مواردی که مدل پیچیده یا حجم نمونه کوچک بوده و یا توزیع متغیرها نرمال نباشد، استفاده می شود.

آزمودن مدل در سه بخش انجام گرفته است. بخش اول مدل اندازه گیری، بخش دوم مدل ساختاری و بخش سوم کیفیت مدل.

### بررسی برازش مدل اندازه گیری

در این بخش سه مورد استفاده می شود: ۱- پایایی شاخص ۲- روایی همگرا ۳- روایی واگرا. برای استفاده از پایایی شاخص از دو معیار آلفای کرونباخ که

معیاری کلاسیک برای سنجش پایایی و سنجه ای مناسب برای ارزیابی پایداری درونی (سازگاری درونی) محسوب می گردد و همچنین معیار پایایی ترکیبی استفاده می گردد. در صورتی که مقدار پایایی ترکیبی (CR) برای هر سازه بالای ۰.۷ شود، نشان از پایداری درونی مناسب برای مدل های اندازه گیری دارد و مقدار کمتر از ۰.۶ عدم وجود پایایی را نشان می دهد. به دلیل اینکه در محاسبه ضریب آلفای کرونباخ در مورد هر سازه، تمامی شاخص ها با اهمیت مساوی در محاسبات وارد می شوند، در حالی که برای محاسبه CR، شاخص ها با بارعاملی بیشتر، اهمیت زیادتری دارند. این موضوع موجب این می شود که مقادیر CR سازه ها معیار واقعی تر و دقیق تری نسبت به آلفای کرونباخ آنها باشد (۵۱).

جهت برآورد روایی همگرا نیز از معیار AVE که نشان دهنده میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده بین هر سازه با شاخص های خود است استفاده می گردد. به بیان ساده تر AVE میزان همبستگی یک سازه با شاخص های خود را نشان می دهد که هرچه این همبستگی بیشتر باشد، برازش نیز بیشتر است. فورنل و لارکر (۱۹۸۱) معیار AVE را برای سنجش روایی همگرا معرفی کرده و اظهار داشتند که در مورد این معیار، مقدار بحرانی عدد ۰.۵ است؛ بدین معنی که مقدار AVE بالای ۰.۵ روایی همگرای قابل قبول را نشان می دهند و با استفاده از بارهای عاملی به سادگی می توان روایی همگرا را محاسبه کرد. همچنین CR باید از AVE بزرگتر باشد (CR > AVE). در این صورت هر شرط روایی همگرا وجود خواهد داشت (۵۲).

جهت برآورد روایی نیز از دو معیار بار عاملی متقابل و روش فورنل و لارکر استفاده می گردد. در روش بار عاملی متقابل میزان همبستگی بین شاخص های یک سازه با آن سازه و میزان همبستگی بین شاخص های یک سازه با سازه های دیگر مقایسه می گردد. در صورتی که مشخص شود میزان همبستگی بین یک شاخص با سازه دیگری غیر از سازه خود بیشتر از میزان همبستگی آن شاخص با سازه مربوط به خود است، روایی واگرا مدل زیر سؤال می رود. در روش فورنل و لارکر نیز میزان رابطه



دهد (۵۵):

$$f^2 = \frac{R^2_{\text{included}} - R^2_{\text{excluded}}}{1 - R^2_{\text{included}}}$$

معیار پیش بینی شاخص، قدرت پیش بینی مدل را مشخص می‌سازد. به اعتقاد آنها مدل هایی که دارای برازش بخش ساختاری قابل قبول هستند، باید قابلیت پیش بینی شاخص های ( $Q^2$ ) مربوط به سازه های درون زای مدل را داشته باشند. بدین معنی که اگر در یک مدل، روابط بین سازه ها به درستی تعریف شده باشند، سازه ها قادر خواهند بود تا تأثیر کافی بر شاخص های یکدیگر گذاشته و از این راه فرضیه ها به درستی تأیید شوند.

هنسلر و همکاران (۲۰۰۹) در مورد شدت قدرت پیش بینی مدل در مورد سازه های درون زا سه مقدار ۰.۰۲، ۰.۱۵ و ۰.۳۵ را تعیین نموده اند که به ترتیب نشان از آن دارد که مدل قدرت پیش بینی کوچک، متوسط و بزرگ در قبال شاخص های آن سازه دارد.

### بررسی شاخص های کیفیت

طبق ساختار مدلسازی مسیری PLS، لازم است هر قسمت از مدل (شامل مدل اندازه گیری، مدل ساختاری و تمام مدل) بهینه شود. به همین دلیل در مدلسازی مسیری PLS سه شاخص متفاوت برای تناسب مدل ارائه شده است: شاخص اشتراک، شاخص افزونگی و شاخص نیکویی برازش (GOF).

کیفیت مدل های اندازه گیری در روش PLS، با استفاده از معیار شاخص اشتراک ارزیابی می‌شود. این معیار نشان می‌دهد که چه مقدار از تغییر پذیری شاخص ها (سوالات) توسط سازه مرتبط با خود تبیین می‌شود. این معیار مربوط به هر شاخص از طریق میانگین مقادیر مرتبه دوم رابطه بین آن شاخص و سازه مربوط به خود که همان بارهای عاملی هستند، حاصل می‌شود.

شاخص افزونگی معیار سنجش کیفیت مدل ساختاری می‌باشد. این معیار از حاصلضرب مقادیر اشتراکی (Communality) سازه ها در مقادیر  $R^2$  مربوط به آنها به دست می‌آید و نشانگر مقدار تغییرپذیری شاخص های یک سازه

یک سازه با شاخص هایش در مقایسه رابطه آن سازه با سایر سازه ها است، به طوری که روایی واگرایی قابل قبول یک مدل حاکی از آن است که یک سازه در مدل تعامل بیشتری با شاخص های خود دارد تا با سازه های دیگر. فورنل و لارکر (۱۹۸۱) بیان می‌کنند: روایی واگرا وقتی در سطح قابل قبول است که میزان AVE برای هر سازه بیشتر از واریانس اشتراکی بین آن سازه و سازه های دیگر (یعنی مربع مقدار ضرایب همبستگی بین سازه ها) در مدل باشد (۵۳).

### بررسی برازش مدل ساختاری

برای برازش این بخش از چهار معیار اعداد معناداری، ضریب تعیین، معیار اندازه تاثیر و معیار پیش بینی شاخص استفاده می‌گردد.

ابتدایی ترین معیار برای سنجش رابطه بین سازه ها در مدل (بخش ساختاری)، اعداد معناداری  $t$  است. در صورتی که مقدار این اعداد از ۱.۹۶ بیشتر شود، نشان از صحت رابطه بین سازه ها و در نتیجه تأیید فرضیه ها پژوهش در سطح اطمینان ۹۵٪ است. البته باید توجه داشت که اعداد  $t$  فقط صحت رابطه ها را نشان می‌دهند و شدت رابطه بین سازه ها را نمی‌توان با آنها سنجید. ضریب تبیین معیاری است که برای متصل کردن بخش اندازه گیری و بخش ساختاری مدل سازی معادلات ساختاری به کار می‌رود و نشان از تأثیری دارد که یک متغیر برون زا بر یک متغیر درون زا می‌گذارد. یکی از مزیت های اصلی روش PLS این است که این روش قابلیت کاهش خطاها در مدل های اندازه گیری و یا افزایش واریانس بین سازه و شاخص ها را دارد. نکته ضروری در اینجا این است که مقدار R Squares تنها برای سازه های درون زای مدل محاسبه می‌گردد و مورد سازه های برون زا، مقدار این معیار صفر است (۵۴).

معیار اندازه تاثیر شدت رابطه میان سازه های مدل را تعیین می‌کند. کوهن فرمول معیار اندازه تاثیر ( $f^2$ ) را به صورت فرمول زیر بیان نموده و اضافه کرد که مقادیر ۰.۰۲، ۰.۱۵ و ۰.۳۵ به ترتیب نشان از اندازه تاثیر کوچک، متوسط و بزرگ یک سازه بر سازه دیگر است. فرمول زیر نحوه محاسبه اندازه تاثیر را نشان می‌دهد



واریانس استخراج شده (AVE) بالاتر از شاخص معیار ۰.۵ که توسط باگوزی و یای (Bagozzi & Yi, 1988) معرفی شده، بزرگتر هستند. بنابراین نتیجه گرفته می شود که گویه ها می توانند به اندازه کافی واریانس متغیرهای مدل پژوهش را تشریح نمایند. (نتایج جدول ۴)

در مدل اندازه گیری، هماهنگی درونی مدل یا میزان پایایی، محاسبه‌ی پایایی مرکب (Composite reliability) سنجیده می شود. در مدل همه ساختارهای مدل دارای پایایی مرکب بالایی هستند و از شاخص معیار ۰.۶ که توسط باگوزی و یای (Bagozzi & Yi, 1988) معرفی شده، بزرگتر هستند. پایایی مرکب نشان دهنده پایایی درونی بالای داده‌های تحقیق است. همچنین مقداری آلفای کرونباخ بالاتر از ۰.۷ (Cronbach, 1951) نشانگر پایایی قابل قبول است. (نتایج جدول ۴).

روایی واگرا از دو طریق سنجیده می شود. یکی روش بارهای عاملی متقابل است که میزان همبستگی بین شاخص های یک سازه را با همبستگی آن ها با سازه های دیگر مقایسه می کند و روش دیگر معیار پیشنهادی فورنل و لارکر است که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. مقدار جذر AVE متغیرهای مکنون در پژوهش حاضر که در خانه های موجود در قطر اصلی ماتریس قرار گرفته اند، از مقدار همبستگی میان آنها که در خانه های زیرین و چپ قطر اصلی ترتیب داده شده اند، بیشتر است، بنابراین می توان این معیار را قابل قبول دانست و روایی واگرای مناسب مدل را تأیید نمود. نتایج روایی واگرا در جدول ۵ ذکر شده است.

با مقایسه مقدار  $t$  محاسبه شده برای ضریب هر مسیر می توان به تأیید یا رد فرضیه ی پژوهش پرداخت. بدین سان اگر مقدار قدر مطلق آماره  $t$  بزرگ تر از ۱/۹۶ گردد، در سطح اطمینان ۹۵٪ و در صورتی که مقدار آماره  $t$  بیشتر از ۲/۵۸ گردد، ضریب مسیر در سطح اطمینان ۹۹٪ معنادار است. نتایج آزمون مدل مفهومی تحقیق در حالت معناداری ضرایب در شکل زیر نشان داده شده است. اعداد موجود بر روی مسیرها (شکل ۲) نشانگر مقدار  $t$ -value برای هر مسیر می باشد. برای بررسی

درون زا است که از یک یا چند سازه برون زا تأثیر می پذیرد و یک معیار مناسب برای سنجش برازش بخش ساختاری مدل های معادلات ساختاری، مقدار میانگین افزونگی است. هر چه مقدار Red بیشتر باشد، نشان از برازش مناسب تر بخش ساختاری مدل در یک پژوهش دارد.

معیار نیکویی برازشمربوط به بخش کلی مدل های معادلات ساختاری است. این معیار از جذر حاصلضرب میانگین مقادیر اشتراکی هر سازه (Communalities) در میانگین مقادیر R Squares سازه های درون زای مدل ( $R^2$ ) بدست می آید. وتزلس و همکاران (۲۰۰۹، ص ۱۸۷) سه مقدار ۰.۰۱، ۰.۲۵ و ۰.۳۶ را به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی نموده اند (۵۶).

#### یافته ها

در روش شناسی مدل معادلات ساختاری، ابتدا لازم است تا روایی سازه مورد مطالعه قرار گرفته تا مشخص شود گویه‌های انتخاب شده برای اندازه گیری متغیرهای مورد نظر خود از دقت لازم برخوردار هستند. برای این منظور از تحلیل عاملی تاییدی (CFA)، استفاده می شود. به این شکل که بار عاملی هر گویه با متغیر خود دارای مقدار  $t$  بالاتر از ۱/۹۶ باشد. در این صورت این گویه از دقت لازم برای اندازه گیری آن سازه یا متغیر مکنون برخوردار است.

همگی گویه ها (سوالات) دارای آماره  $t$  بزرگتر از مقدار ۱.۹۶ بودند. پس هیچ کدام از گویه‌ها از مدل حذف نمی‌شوند پس کار را با همه گویه ها (سوالات) ادامه داده و به بررسی مدل می‌پردازیم. از طرفی بر اساس بارهای عاملی، شاخصی که بیشترین بار عاملی را داشته باشد، در اندازه گیری متغیر مربوطه سهم بیشتری دارد و شاخصی که ضرایب کوچک تری داشته باشد سهم کمتری رو در اندازه گیری سازه مربوطه ایفا می‌کند. (نتایج جدول ۳)

ضرایب AVE به دست آمده نشان می دهند که چه درصدی از واریانس ساختار یا متغیر مدل، به وسیله یک گویه مجزا تشریح شده است. ساختارها یا متغیرهای مدل، دارای میانگین



ضریب مسیر است. اعداد داخل هر دایره نشان دهنده مقدار  $R^2$  مدل است که متغیرهای پیش بین آن از طریق فلش به آن دایره وارد شده اند. ضریب تعیین برای متغیر حادثه مقدار  $0/578$  برآورد شده و نشان می دهد که متغیرهای فرهنگ ایمنی، آموزش، قوانین و دستورالعمل ها، مهندسی، فاکتورهای انسانی و سرمایه و تجهیزات روی هم رفته توانسته اند  $58\%$  از تغییرات حادثه را توضیح دهند.

معنادار بودن ضرایب مسیر لازم است تا مقدار  $t$  هر مسیر بالاتر از  $1/96$  شود.

در این تحلیل مقدار آماره  $t$  برای کلیه مسیرها بجز مسیرهای قوانین و دستورالعمل ها به آموزش، مهندسی و فاکتورهای انسانی، بالاتر از  $1/96$  بوده و در نتیجه در سطح اطمینان  $95\%$  معنادار می باشند.

اعداد نوشته شده بر روی خطوط (شکل ۳) در واقع ضرایب بتا حاصل از معادله رگرسیون میان متغیرها است که همان

جدول ۲: خلاصه نتایج آلفای کرونباخ پرسشنامه

متغیر	شماره سوال	$\alpha$
حادثه (I)	۱ تا ۳	$0/870$
آموزش (ED)	۴ تا ۸	$0/810$
فرهنگ ایمنی (SC)	۹ تا ۲۳	$0/833$
سرمایه و تجهیزات (CE)	۲۴ تا ۳۰	$0/798$
مهندسی (EN)	۳۱ تا ۳۸	$0/728$
فاکتورهای انسانی (HF)	۳۹ تا ۴۷	$0/809$
قوانین و دستورالعمل ها (R)	۴۸ تا ۵۶	$0/798$
کل پرسشنامه	-	$0/863$

جدول ۳: تحلیل عاملی تاییدی (مقادیر بار عاملی و مقدار  $t$ ) برای متغیر حادثه

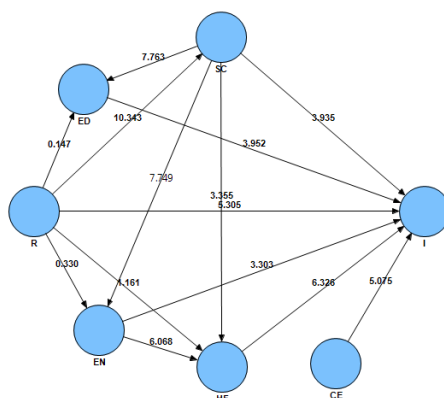
متغیر	گویه	بار عاملی	خطای استاندارد	آماره $t$
حادثه (I)	Q1	0.864593	0.014799	58.420938
	Q2	0.887289	0.014472	61.310233
	Q3	0.919289	0.010519	87.396314

جدول ۴: مقادیر AVE و میزان شاخص های پایایی

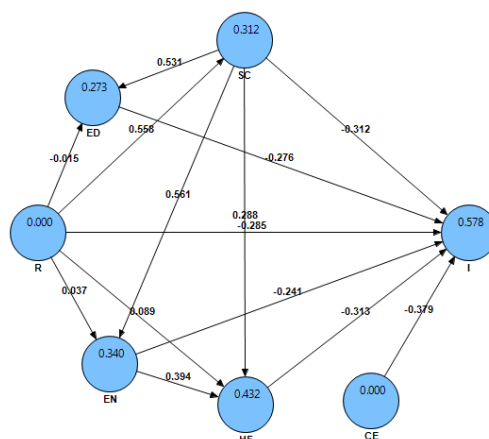
متغیر	AVE (>0.5)	پایایی مرکب Composite reliability (>0.6)	آلفای کرونباخ (>0.7)	ضریب تعیین
سرمایه و تجهیزات (CE)	0.739532	0.842715	0.797994	-
آموزش (ED)	0.565889	0.866378	0.810384	0.273309
مهندسی (EN)	0.582604	0.747441	0.727515	0.339632
فاکتورهای انسانی (HF)	0.700473	0.848781	0.808809	0.432059
حادثه (I)	0.793298	0.920041	0.869834	0.577604
قوانین و دستورالعمل ها (R)	0.689794	0.846219	0.797788	-
فرهنگ ایمنی (SC)	0.608123	0.865242	0.833181	0.311744

جدول ۵: مقادیر روایی و اگری متغیرها

SC	R	I	HF	EN	ED	CE	
						۰/۸۶۰	سرمایه و تجهیزات (CE)
					۰/۷۵۲	۰/۴۷۰	آموزش (ED)
			۰/۷۶۳	۰/۵۶۷	۰/۵۴۳		مهندسی (EN)
			۰/۸۳۷	۰/۵۹۳	۰/۳۱۸	۰/۲۲۲	فاکتورهای انسانی (HF)
		۰/۸۹۱	-۰/۳۴۰	-۰/۵۰۷	-۰/۴۴۷	-۰/۵۸۲	حادثه (I)
	۰/۸۳۱	-۰/۱۰۰	۰/۳۸۸	۰/۳۵۱	۰/۲۸۱	۰/۱۹۹	قوانین و دستورالعمل ها (R)
۰/۷۸۰	۰/۵۵۸	-۰/۰۷۷	۰/۵۶۷	۰/۵۸۲	۰/۵۲۳	۰/۲۲۷	فرهنگ ایمنی (SC)



شکل ۲: مدل اصلی در حالت اعداد معناداری (t-value)



شکل ۳: مدل اصلی در حالت ضرایب مسیر

با توجه به مقدار ضریب استاندارد و آماره t می توان گفت متغیرهای سرمایه و تجهیزات (۰/۳۷۹-)، فاکتورهای انسانی (۰/۳۱۳-)، فرهنگ ایمنی (۰/۳۱۲-)، قوانین و دستورالعمل ها (۰/۲۸۵-)، آموزش (۰/۲۷۶-) و مهندسی (۰/۲۴۱-) به ترتیب بالاترین تاثیر را روی متغیر حادثه داشته اند. به همین ترتیب، متغیرهای فرهنگ ایمنی و قوانین و

فرهنگ ایمنی (۰/۳۱۳-)، قوانین و دستورالعمل ها (۰/۳۱۲-)، فاکتورهای انسانی (۰/۳۷۹-)، سرمایه و تجهیزات (۰/۳۱۳-)، فرهنگ ایمنی (۰/۳۱۲-)، قوانین و دستورالعمل ها (۰/۲۸۵-)، آموزش (۰/۲۷۶-) و مهندسی (۰/۲۴۱-) به ترتیب بالاترین تاثیر را روی متغیر حادثه داشته اند.

گیرد، از همین رو از روش بوت استرپینگ استفاده شد که برای این منظور باز نمونه گیری، در دو حالت ۵۰۰ و ۸۰۰ نمونه شبیه سازی شد (جدول ۶) که نتایج نشان می‌دهد در هر دو حالت، در معنی دار بودن یا بی معنی بودن پارامتر تغییری ایجاد نشده و نتایج از اعتبار محکمی برخوردار هستند.

با توجه به مقدار آماره  $t$  برای کلیه مسیرها بجز مسیرهای قوانین و دستورالعمل‌ها به آموزش، مهندسی و فاکتورهای انسانی بزرگتر از  $1/96$  می باشد که نشان می‌دهد در سطح اطمینان  $95\%$  همه مسیرها بجز مسیرهای قوانین و دستورالعمل‌ها به آموزش، مهندسی و فاکتورهای انسانی تاثیر معنادار داشته است.

مطابق جدول ۷ اندازه تأثیر قوانین و دستورالعمل‌ها بر فرهنگ ایمنی و مسیر فرهنگ ایمنی بر مهندسی قوی، تأثیر فرهنگ ایمنی بر آموزش و مسیر مهندسی به فاکتورهای انسانی و مسیرهای قوانین و دستورالعمل‌ها و سرمایه و تجهیزات بر حادثه متوسط و بقیه مسیرها ضعیف می باشد.

همانگونه که از جدول ۸ مشخص است قدرت پیش بینی متغیرهای مکنون درونزا حادثه و آموزش در سطح قوی و متغیرهای فرهنگ ایمنی، فاکتورهای انسانی و مهندسی دارای قدرت پیش بینی در سطح متوسط می باشد که بیانگر برازش مناسب برای مدل ساختاری می باشند.

مدلسازی مسیری PLS فاقد یک معیار بهینه سازی کلی است. یعنی تابع کلی برای ارزیابی برازش مدل وجود ندارد، به همین دلیل در مدلسازی مسیری PLS سه شاخص متفاوت برای تناسب مدل ارائه شده است: شاخص اشتراک، شاخص افزونگی و شاخص نیکویی برازش (GOF). نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که چه مقدار از تغییر پذیری شاخص‌ها (سوالات) توسط سازه مرتبط با خود تبیین می شود و از میانگین شاخص اشتراک، برای تعیین روایی همگرا به کار می رود.

دستورالعمل‌ها در مجموع  $27\%$  از تغییرات آموزش را تبیین می کنند. با توجه به مقدار آماره  $t$  می توان گفت متغیر فرهنگ ایمنی بر روی متغیر آموزش تاثیر معناداری داشته و متغیر قوانین و دستورالعمل‌ها تاثیر معناداری نداشته است.

همچنین، متغیرهای فرهنگ ایمنی و قوانین و دستورالعمل‌ها در مجموع  $34\%$  از تغییرات مهندسی را توضیح می دهند. با توجه به مقدار آماره  $t$  می توان گفت متغیر فرهنگ ایمنی بر روی متغیر مهندسی تاثیر معناداری داشته و متغیر قوانین و دستورالعمل‌ها تاثیر معناداری نداشته است.

از طرفی، متغیرهای فرهنگ ایمنی، مهندسی و قوانین و دستورالعمل‌ها در مجموع  $43\%$  از تغییرات فاکتورهای انسانی را توضیح می دهند.

با توجه به مقدار ضریب استاندارد و آماره  $t$  می توان گفت متغیر مهندسی نسبت به متغیر فرهنگ ایمنی تاثیر بیشتری بر روی متغیر فاکتورهای انسانی داشته و متغیر قوانین و دستورالعمل‌ها تاثیر معناداری نداشته است. با توجه به مقدار ضرایب تعیین می‌توان گفت متغیر قوانین و دستورالعمل‌ها  $31$  درصد از تغییرات متغیر فرهنگ ایمنی را تبیین می کند.

در قالب مدل درونی فرضیات مورد بررسی قرار گرفتند و مسیر مدل ساختاری ارزیابی شد. هر مسیر متناظر با یکی از فرضیات مدل است. آزمون هر فرضیه از طریق بررسی علامت، اندازه و معناداری آماری ضریب مسیر (بتا) بین هر متغیر مکنون با متغیر وابسته است. هر اندازه این ضریب مسیر بالاتر باشد تاثیر پیش بینی کننده متغیر مکنون نسبت به متغیر وابسته بیشتر خواهد بود. با در نظر گرفتن نتایج بررسی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته با استفاده از ضریب مربوط می توان به بررسی معنی داری اثرات بین متغیرهای پژوهش پرداخت.

به منظور بررسی معنی داری ضریب مسیر یا همان بتا باید معناداری مقدار  $t$ -value برای هر ضریب مسیر مورد توجه قرار

جدول ۸: کیفیت پیش بینی کنندگی ( $Q^2$ )

سازه	$Q^2$
آموزش (ED)	0.541495
مهندسی (EN)	0.101759
فاکتورهای انسانی (HF)	0.263802
حادثه (I)	0.556763
فرهنگ ایمنی (SC)	0.226978

جدول ۹: شاخص اشتراک

متغیرها	شاخص اشتراک
سرمایه و تجهیزات (CE)	0.739532
آموزش (ED)	0.565889
مهندسی (EN)	0.582604
فاکتورهای انسانی (HF)	0.700473
حادثه (I)	0.793298
قوانین و دستورالعمل ها (R)	0.689794
فرهنگ ایمنی (SC)	0.608123

جدول ۶: اثر خطی مستقیم نقش متغیرهای پژوهش شده در مدل اصلی

مسیر	بتا	خطای استاندارد	آماره t باز نمونه گیری		
			۲۰۰	۵۰۰	۸۰۰
SC ← R	0.558341	0.053983	10.342888	10.225080	10.607768
ED ← SC	0.531067	0.068408	7.763276	7.515747	7.731339
ED ← R	-0.015093	0.102929	0.146631	0.146608	0.155552
EN ← SC	0.561087	0.072405	7.749322	7.568008	8.196591
EN ← R	0.037374	0.113389	0.329612	0.319905	0.353560
HF ← SC	0.288126	0.085868	3.355444	3.112060	3.024641
HF ← R	0.089387	0.076959	1.161492	1.224451	1.197437
HF ← EN	0.394192	0.064968	6.067528	5.711791	5.444800
I ← SC	-0.312255	0.079353	3.935010	4.328150	4.679640
I ← ED	-0.276181	0.069889	3.951684	3.647157	4.008485
I ← R	-0.285417	0.053801	5.305059	5.740309	5.655872
I ← EN	-0.241145	0.073008	3.302991	3.195358	3.283955
I ← HF	-0.313137	0.049502	6.325803	6.707729	6.539744
I ← CE	-0.379164	0.074709	5.075222	4.805053	5.004108



جدول ۷: اندازه اثر f2

f <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>y</sub> (X excluded)	R <sup>2</sup> <sub>y</sub> (X included)	مسیر
0.453488	۰	۰/۳۱۲	قوانین و دستورالعمل ها ← فرهنگ ایمنی
0.220083	۰/۱۱۳	۰/۲۷۳	فرهنگ ایمنی ← آموزش
۰	۰/۲۷۳	۰/۲۷۳	قوانین و دستورالعمل ها ← آموزش
0.334848	0.119	۰/۳۴	فرهنگ ایمنی ← مهندسی
0	0.34	۰/۳۴	قوانین و دستورالعمل ها ← مهندسی
0.065141	0.395	۰/۴۳۲	فرهنگ ایمنی ← فاکتورهای انسانی
0	0.432	۰/۴۳۲	قوانین و دستورالعمل ها ← فاکتورهای انسانی
0.177817	0.331	۰/۴۳۲	مهندسی ← فاکتورهای انسانی
0.07109	0.548	۰/۵۷۸	فرهنگ ایمنی ← حادثه
0.109005	0.532	۰/۵۷۸	آموزش ← حادثه
0.158768	0.511	۰/۵۷۸	قوانین و دستورالعمل ها ← حادثه
0.042654	0.56	۰/۵۷۸	مهندسی ← حادثه
0.080569	0.544	۰/۴۷۸	فاکتورهای انسانی ← حادثه
0.2109	0.489	۰/۵۷۸	سرمایه و تجهیزات ← حادثه

مورد استفاده قرار می گیرد. مقدار Red برای مدل پژوهش برابر ۰.۱۸ می باشد که مقدار نسبتاً مناسبی را نشان می دهد. با استفاده از میانگین هندسی R<sup>2</sup> و متوسط شاخص اشتراک مقدار GOF برای کل مدل مقدار ۰/۵۰۹ محاسبه شد که نشان می دهد برازش کلی مدل در حد قوی می باشد.

نتایج جدول ۱۰ یک معیار مناسب برای سنجش برازش بخش ساختاری مدل های معادلات ساختاری، مقدار میانگین redundancy مربوط به سازه های درون زا در یک مدل است. این مقدار که با Red نشان داده می شود، شاخص مناسبی برای برازش مدل ساختاری است و در محاسبه برازش کلی مدل نیز

جدول ۱۰: شاخص افزونگی

متغیرها	شاخص افزونگی
آموزش (ED)	0.054413
مهندسی (EN)	0.106672
فاکتورهای انسانی (HF)	0.195891
حادثه (I)	0.334102
فرهنگ ایمنی (SC)	0.194130

جدول ۱۱: خلاصه ضرایب مسیر، ضرایب تعیین، آماره t و نتیجه فرضیه مدل اصلی

فرضیات مدل اصلی	ضریب مسیر	آماره t	ضریب تعیین	نتیجه
قوانین و دستورالعمل ها ← فرهنگ ایمنی	0.558341	10.342888	۰/۳۱۲	تایید
فرهنگ ایمنی ← آموزش	0.531067	7.763276	۰/۲۷۳	تایید
قوانین و دستورالعمل ها ← آموزش	-0.015093	0.146631		رد
فرهنگ ایمنی ← مهندسی	0.561087	7.749322	۰/۳۴۰	تایید
قوانین و دستورالعمل ها ← مهندسی	0.037374	0.329612		رد
فرهنگ ایمنی ← فاکتورهای انسانی	0.288126	3.355444	۰/۴۳۲	تایید
قوانین و دستورالعمل ها ← فاکتورهای انسانی	0.089387	1.161492		رد



تایید	6.067528	0.394192	مهندسی ← فاکتورهای انسانی
تایید	3.935010	-0.312255	فرهنگ ایمنی ← حادثه
تایید	3.951684	-0.276181	آموزش ← حادثه
تایید	5.305059	-0.285417	قوانین و دستورالعمل ها ← حادثه
تایید	3.302991	-0.241145	مهندسی ← حادثه
تایید	6.325803	-0.313137	فاکتورهای انسانی ← حادثه
تایید	5.075222	-0.379164	سرمایه و تجهیزات ← حادثه

### نتیجه گیری

پس از بررسی و تایید مدل اصلی، فرضیه‌های مدل پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و اگر مقدار قدرمطلق آماره  $t$  کوچکتر از مقدار  $1/96$  باشد فرض صفر نتیجه گرفته می‌شود و در صورتی که مقدار قدرمطلق آماره  $t$  بزرگتر از مقدار  $1/96$  باشد فرض صفر رد می‌شود. در این بخش فرضیات اصلی مربوط به هر سؤال بررسی می‌شوند.

با توجه به جدول شماره ۱۱ برای فرضیه تاثیر قوانین و دستورالعمل ها بر آموزش، مقدار قدرمطلق آماره  $t$  برابر  $0/15$  و کوچکتر از مقدار  $1/96$  است، پس فرض صفر رد نمی‌شود یعنی در سطح اطمینان  $95\%$  قوانین و دستورالعمل ها بر آموزش تأثیر معنی‌داری ندارد.

همچنین برای فرضیه تاثیر قوانین و دستورالعمل ها بر مهندسی، مقدار قدرمطلق آماره  $t$  برابر  $0/33$  و کوچکتر از مقدار  $1/96$  است، پس فرض صفر رد نمی‌شود یعنی در سطح اطمینان  $95\%$  قوانین و دستورالعمل ها بر مهندسی تأثیر معنی‌داری ندارد.

علاوه بر این برای فرضیه تاثیر قوانین و دستورالعمل ها بر فاکتورهای انسانی، مقدار قدرمطلق آماره  $t$  برابر  $1/16$  و کوچکتر از مقدار  $1/96$  است، پس فرض صفر رد نمی‌شود یعنی در سطح اطمینان  $95\%$  قوانین و دستورالعمل ها بر فاکتورهای انسانی تأثیر معنی‌داری ندارد.

از آنجا که  $6$  متغیر مورد بررسی قرار گرفته در این مطالعه حدود  $58\%$  در پیشگیری از حادثه موثر بوده اند، مشخص می‌گردد که  $42\%$  باقی مانده نیز عواملی هستند که در نظر گرفته نشده اند و نا معلوم می‌باشند.

### بحث

این مطالعه نشان داد که شش عامل پیشگیری در حوادث ناشی از کار در صنعت مورد نظر تقریباً به یک اندازه در پیشگیری از حوادث اثر گذار هستند. بنابراین اگر به صورت جدی و موثر قصد کاهش حوادث را داریم باید بر تمام عوامل تمرکز داشته باشیم. اما در این بین سه عامل بیشترین تاثیر را دارند:

۱- عامل اقتصادی و سرمایه اندکی نسبت به دیگر عوامل سهم بیشتری را دارا می‌باشد، لذا نباید به علت های اقتصادی و سیاسی که بر روی تمام صنایع اثر گذاشته است بی توجه بود زیرا همان طور که قبلاً بیان شد عامل اقتصادی خود می‌تواند بر سایر فاکتور ها اثر گذار باشد که تاثیر آن نیز مضاعف خواهد بود.

۲- فرهنگ ایمنی بعد از موارد اقتصادی بیشترین تاثیر را دارد. لذا جهت بهبود این عامل نیز باید توجه ویژه ای صورت گیرد، علی‌الخصوص که در این پژوهش مشخص گردید عامل قوانین و دستورالعمل نیز بیشترین تاثیر گذاری را بر فرهنگ ایمنی دارد. بنابراین با افزایش نظارت و اجرای بهتر دستورالعمل های می‌توان فرهنگ ایمنی را تقویت نمود.

۳- فاکتور های انسانی نیز دارای تاثیر قابل توجهی بر کاهش حوادث دارد. اما باتوجه به اینکه عامل فاکتور های انسانی خود نیز بیشترین تاثیر را از عامل مهندسی و فرهنگ ایمنی می‌پذیرد لذا جهت بهبود عامل فاکتور های انسانی باید بر این دو عامل تمرکز کرد.

باتوجه به بند های ۲ و ۳ مشخص می‌گردد در صورتی که به صورت شبکه ای به روابط بین عامل های موثر در پیشگیری از



حوادث موثر می باشد. بنابراین این عامل نیازمند بیشترین توجه جهت کاهش حوادث می باشد.

حادثه بنگریم متوجه می شویم فرهنگ ایمنی داری تاثیر زیادی هست که به صورت مستقیم و غیر مستقیم در پیشگیری از

### منابع

1. Social Security Organization Statistical Yearbook. Office of Economic and Social Statistics and Computing; 2017. [Persian]
2. K. M. Root Cause Failure Analysis. Boston: Newnes; 1999.
3. Mannan S. Hazard Identification, Assessment and Control. Loss Prevention in the Process Industries. 3rd ed. New York; 2005.
4. Xianguo Wu, Qian Liu, Limao Zhang, Mirosław J. Skibniewski. Prospective safety performance evaluation on construction sites. Accident Analysis and Prevention. 2015;78:58-72.
5. Seth Ayim Gyekye, Simo Salminen, Anneli Ojajarvi. 2012. A theoretical model to ascertain determinates of occupational accidents among Ghanaian industrial workers. International Journal of Industrial Ergonomics. 2012;42:233-40.
6. Gholam Nia R. Introduction to work-related accidents and its analysis; Sobhan Publications; 2012. [Persian]
7. Malek M, Mohammadi S, Aghili Nejad M, Atarchi M, Rahimpour F. Investigating the Pattern of Occupational Accidents in Iranian Miners. Occupational Medicine Quarterly. 2011; 3( 1 ):22-8. [Persian]
8. Hong Ch, Hui Q, Qun F.. Characteristics of direct causes and human factors in major gas explosion accidents in Chinese coal mines: Case study spanning the years 1980 – 2010. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2012;26 : 38-44.
9. Wei Tong Ch, Po-Yi Ch, Kyle Ch, Leonard Esmond M. Developing a CBR-based adjudication system for fatal construction industry occupational accidents. Part I: Building the system framework. Expert Systems with Applications. 2010;37: 4867–80.
10. Hsiao-Yean Chiu, Mei-Yeh Wang, Cheng-Kuei Chang, Ching-Min Chen, Kuei-Ru Chou, Jen-Chen Tsai, Pei-Shan Tsai. Early morning awakening and nonrestorative sleep are associated with increased minor non-fatal accidents during work and leisure time. Accident Analysis and Prevention. 2014;71:10–14.
11. Ching-Wu Cheng, Hong-Qing Yao, Tsung-Chih Wu. Applying data mining techniques to analyze the causes of major occupational accidents in the petrochemical industry . Journal of Loss Prevention in the Process Industries . 2013:1-0.
12. Grzegorz Dahlke. Ergonomic criteria in the investigation of indirect causes of accidents. Procedia Manufacturing. 2015; 3: 4868 –75.
13. Chia-Fen Ch, Tin-Chang Ch, Hsin-I T. Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. Applied Ergonomics. 2005;36 : 391–400.



14. Carol K.H. H, Albert PC. Ch, Francis K.W. W. An analysis for the causes of accidents of repair, maintenance, alteration and addition works in Hong Kong. *Safety Science*. 2010;48:894–901.
15. Sourì H, Rahimi M, Mohseni H. Investigating the Relationship between Occupational Stress and Occupational Accidents, *Iranian Journal of Epidemiology*. 2005; 1 ( 2) :53-8. [Persian]
16. Linda J. Bellamy. Exploring the relationship between major hazard, fatal and non-fatal accidents through outcomes and causes, *Safety Science*. 2014.
17. Pal S, Agnar A, Karin L. Integrating human related errors with technical errors to determine causes behind offshore accidents. *Safety Science*. 2014;63 :179–90.
18. Bianca V, Béda Barkokébas J. The causes of work place accidents and their relation to construction equipment design. *Procedia Manufacturing*. 2015;3 :4392 –99.
19. Peter Okoh, Stein Haugen. Maintenance-related major accidents: Classification of causes and case study. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2013;26: 1060-70.
20. Kenan M. Risk factor analysis of fatal forest harvesting accidents: A case study in Turkey. *Safety Science*. 2015;79:369–78.
21. Andrew H, Damian W, Nicola W, Helen B. Developing the understanding of underlying causes of construction fatal accidents. *Safety Science*. 2012;50:2020–7.
22. H.A Hooman, Structural Equation Modeling Using LISREL Software, Samt Publications; 2005. [Persian]
23. Joseph F. Hair, Jr., G. Tomas M. Hult, Christian M. Ringle, Marko Sarstedt A Primer On Partial Least Squares Structural Equation Modeling (Pls-Sem); 2014.
24. Chitram L. *Safety Management*. CRC press; 2012
25. Yuang H, Teh-Sheng S, Chen-Shan K, Yi-Liang Sh, Pei-Ru L, Jo-Ming T. Analysis of business safety performance by structural equation models. *Safety Science*. 2012;50 : 1–11.
26. David Yoon Kin Tong, Devinaga Rasiah, Xue Fa Tong, Kim Piew Lai. Leadership empowerment behaviour on safety officer and safety teamwork in manufacturing industry. *Safety Science*. 2015;72 :190–8.
27. Fernandez-Muniz B, Montes-Peon JM, Vazquez-Ordas CJ. Safety culture: analysis of the causal relationships between its key dimensions. *J Safety Res*. 2007;38(6):627-41.
28. Hee-Chang Seo, Yoon-Sun Lee, Jae-Jun Kim, Nam-Yong Jee. Analyzing safety behaviors of temporary construction workers using structural equation modeling. *Safety Science*. 2015;77: 160–8.
29. Hongmei Zhou, Stephanie Ballon Romero, Xiao Qin. An extension of the theory of planned behavior to predict pedestrians' violating crossing behavior using structural equation modeling. *Accident Analysis and Prevention*; 2015.
30. Lin Cui, Di Fan, Gui Fu, Cherrie Jiuhua Zhu. An





- integrative model of organizational safety behavior. *Journal of Safety Research* 2013;45: 37–46.
31. Jakhar SK, Barua MK. An integrated model of supply chain performance evaluation and decision-making using structural equation modelling and fuzzy AHP. *Prod Plan Contr.* 2013;25(11):938-57.
32. Tristan W. Casey, Karli M. Riseborough, Autumn D. Krauss. Effects of national culture on employees' safety-related perceptions and behavior. *Accident Analysis and Prevention.* 2015;78: 173–84.
33. Abbas Al-Refaie. Factors affect companies' safety performance in Jordan using structural equation modeling. *Safety Science.* 2013;57 :169–78.
34. Ching-Fu Chen, Shu-Chuan Chen. Measuring the effects of Safety Management System practices, morality leadership and self-efficacy on pilots' safety behaviors: Safety motivation as a mediator. *Safety Science.* 2014;62: 376–185.
35. Xianguo Wu, Qian Liu, Limao Zhang, Miroslaw J. Skibniewski; 2015.
36. Alavi M. Structural Equation Modeling (SEM) in Health Sciences Education Researches: An Overview of the Method and Its Application. *Iranian Journal of Medical Education .* 2013; 13(6) : 530
37. Yingyu Zhang, Wei Shao, Mengjia Zhang, Hejun Li, Shijiu Yin, Yingjun Xu. 2016. Analysis 320 coal mine accidents using structural equation modeling with unsafe conditions of the rules and regulations as exogenous variables. *Accident Analysis and Prevention.* 2016;92:189–201.
38. Brian H.W. Guo, Tak Wing Yiu, Vicente A. González. Predicting safety behavior in the construction industry: Development and test of an integrative model. *Safety Science.* 2016;84:1–11.
39. Alavi M, Reporting the Results of Studies Using Structural Equation Modeling, *Journal of Nursing Management, Third Year.* 2014;3. [Persian]
40. Murat Gunduz, M. Talat Birgonul, Mustafa Ozdemir. Development of a safety performance index assessment tool by using a fuzzy structural equation model for construction sites. *Automation in Construction.* 2018;85:124–34.
41. Liuxing Tsao, Jing Chang, Liang Ma. Fatigue of Chinese railway employees and its influential factors: Structural equation modelling. *Applied Ergonomics.* 2017;62 :131-41.
42. Mohammad Mazlina Zaira, Bonaventura H.W. Hadikusumo. Structural equation model of integrated safety intervention practices affecting the safety behaviour of workers in the construction industry. *Safety Science.* 2017;98(24):135.
43. Michelle Carvalho Galvão Silva Pinto Bandeira. General model analysis of aeronautical accidents involving human and organizational factors. *Journal of Air Transport Management.* 2018;69: 37–146.
44. Reut S, Shlomo B, Abishai P. Structural equations modeling of drivers' speed selection using environmental, driver, and risk factors. *Accident Analysis and Prevention;* 2015.
45. Xu Liu, Jing Zheng, Ke Liu, Judith Gedney



- Baggs. Hospital nursing organizational factors, nursing care left undone, and nurse burnout as predictors of patient safety: A structural equation modeling analysis. *International Journal of Nursing Studies*; **2018**.
46. Andrea Rum, Gabriele Landucci, Chiara Galletti. Coupling of integral methods and CFD for modeling complex industrial accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*; 2017.
47. Shanmugapriya S, Subramanian K. Developing a PLS Path Model to Investigate the Factors Influencing Safety Performance Improvement in Construction Organizations. *KSCE Journal of Civil Engineering* . **2016**:1-13.
48. Petitta L, Probst T, Barbaranelli C. Safety Culture, Moral Disengagement, and Accident Underreporting. Washington State University Vancouver, Vancouver, USA; **2016**.
49. Lawshe CH. A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*.1975;28:563-75.
50. Reza Zakarian, A Comprehensive Approach to Accident Prevention, *Payam-e-Safety Monthly*. 2016;12.
51. Nunnally J.C. *Psychometric theory*. New York, NY: McGraw-Hill; 1997.
52. Hair, J. F, Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*. 2011;19:139-51.
53. Fornell C, Johnson MD, Anderson EW, Cha J, Everitt Bryant B. The American Customer Satisfaction Index: Nature, purpose, and findings". *Journal of Marketing*. 1996; 60:7-18.
54. Chin, WW. Issues and Opinion on Structural Equation Modeling, *MIS Quarterly*. 1998;22(1): vii-xvi
55. Joseph F. Hair Jr, Tomas M. Hult Christian M. Ringle, Marko Sarstedt A. *Primer On Partial Least Squares Structural Equation Modeling (Pls-Sem)*; 2014.
56. Wetzels M, Odekerken-Schroder G, van C. Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS Quarterly*. **2009**;33:177-95.





## The Relationship between Effective Factors in Preventing Accidents using the Structural Equation Modeling of Steel Industry

Reza Gholam Nia<sup>1</sup>, Mohsen Barzegar<sup>2</sup>

### Abstract

### Original Article



Received: 2018/02/06

Accepted: 2019/04/28

#### Citation:

Gholam Nia Reza, Barzegar Mohsen. The Relationship between Effective Factors in Preventing Accidents using the Structural Equation Modeling of Steel Industry. Occupational Hygiene and Health Promotion 2020; 3(3): 238-45.

**Introduction:** The purpose of this study was to determine the relationship between six main factors affecting prevention of accidents using structural equations.

**Method:** Initially, most previous studies were investigated and the most effective factors in preventing accidents and their relationship with each other were determined using the structural equations. Later, a questionnaire was administered to investigate the accident victims of a steel industry in Yazd during five years. In the last stage, the data were examined by Smart-PLS software.

**Results:** By examining the numerical results, six main factors included about 58% of the share of accident prevention factors. At the 95% confidence level, the impact of safety culture (0.31), rules and instructions (0.29), training (0.28), engineering (0.24), human factors (0.31), as well as capital and equipment (0.38) factors were calculated. Moreover, the remaining 42% included unknown factors in the industry.

**Conclusion:** We found that economic, safety culture, and human factors had the highest effects.

**Keywords:** Accident prevention, Structural equations, Accident pattern, Steel industry, Safety culture