



مقاله پژوهشی

سلامت کار ایران

دوره ۱۶، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۸



## تحلیل مسیر آسیب‌های شغلی بر اساس رویکرد مدل‌یابی معادلات ساختاری: یک مطالعه گذشته‌نگر در صنعت ساخت‌وساز

**احمد سلطان‌زاده:** استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران  
**حمیدرضا حیدری:** استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران  
**محسن مهدی‌نیا:** دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران  
**حیدر محمدی:** استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لارستان، فارس، ایران  
**ابوالفضل محمدبیگی:** دانشیار، عضو هیئت‌علمی گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران  
**ایرج محمدفام:** (نویسنده مسئول) قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. mohammadfam@umsha.ac.ir

### چکیده

#### کلیدواژه‌ها

ساخت‌وساز،  
آسیب شغلی،  
تحلیل مسیر،  
مدل‌یابی معادلات ساختاری

**زمینه و هدف:** صنعت ساخت‌وساز یکی از پرچالش‌ترین صنایع در حوزه ایمنی و بهداشت می‌باشد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که میزان آسیب‌ها در صنعت ساخت‌وساز بیشتر از میانگین آن در دیگر صنایع است و تنها هزینه غرامت کارگران برای درمان، خسارات و جریمه در صنعت ساخت‌وساز ۴ برابر صنایع دیگر گزارش شده است. شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد آسیب‌های شغلی به عنوان یک رویکرد گذشته‌نگر و مهم در تحلیل این آسیب‌ها و راهی برای پیشگیری و کاهش آن می‌باشد. تحلیل و علت‌یابی حوادث و آسیب‌های شغلی در صنعت پرچالش ساخت‌وساز یکی از راهکارهای ارتقا ایمنی و سلامت در این بخش از صنعت می‌باشد. این مطالعه با هدف تحلیل مسیر عوامل مؤثر بر آسیب‌های شغلی در بخش ساخت‌وساز کوچک و متوسط با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری انجام شده است.

**روش بررسی:** این مطالعه یک تحلیل گذشته‌نگر بود که بر روی آسیب‌های شغلی رخ داده طی یک دوره ۱۱ ساله (۲۰۰۷-۲۰۱۷) در ۸۲ پروژه ساخت‌وساز کوچک و متوسط انجام شد. متغیر اصلی شامل انواع آسیب شغلی ناشی از حوادث بود. ابزار اصلی برای جمع‌آوری داده‌ها فرم گزارش حوادث شغلی بود. مراحل اجرای این مطالعه شامل "پنج گام" جمع‌آوری داده‌های مطالعه، تحلیل آسیب‌های شغلی بر اساس رویکرد تحلیل علل ریشه‌ای، شناسایی، ارزیابی و طبقه‌بندی ابعاد مختلف فاکتورهای مختلف مؤثر بر آسیب‌های شغلی در پروژه‌های ساخت‌وساز، ترسیم مدل مفهومی تحلیل علل آسیب‌های ساخت‌وساز مطابق با زنجیره وقایع و علل و تحلیل ارتباط، کنش‌ها و اثرات متقابل همه فاکتورها و متغیرها با استفاده از رویکرد مدل‌یابی معادله ساختاری بود. تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار مدل‌یابی معادلات ساختاری IBM SPSS AMOS نسخه ۲۲/۰ انجام شد.

**یافته‌ها:** میانگین سن و سابقه کار کارگران آسیب‌دیده در حوادث مورد مطالعه، به ترتیب  $32.4 \pm 3.14$  و  $5.75 \pm 3.14$  سال بود. تقریباً دو-سوم حوادث حین فعالیت‌های ساخت‌وساز به وقوع پیوسته بود. بالاترین میزان مطلوبیت متغیرهای مدیریت ریسک متعلق به چک‌لیست ایمنی (۲۸٪/۷) و به کارگیری تجهیزات حفاظت فردی (PPE) (۲۲٪/۱) بود. خطرات محیطی (۶۳٪/۶) و روش کار خطرناک (۵۶٪/۱) دارای بیشترین سهم در حوادث بودند. بیشترین اعمال نایمن مربوط به کمبود دانش و آگاهی (۶۵٪/۵) و عدم استفاده از PPE (۵۷٪/۹) بود. نتایج تحلیل مسیر آسیب ساخت‌وساز بر اساس مدل‌یابی معادله ساختاری (SEM) نشان داد که فاکتورهای فردی، سازمانی، آموزشی ایمنی و مدیریت ریسک، دارای ارتباط معکوس و معنی‌دار با آسیب‌های شغلی بود ( $p < 0.05$ ). علاوه بر این، فاکتورهای شرایط نایمن، اعمال نایمن و نوع بروز حادثه با آسیب‌های شغلی مثبت و معنی‌دار برآورد گردید ( $p < 0.05$ ). مقادیر شاخص‌های نیکویی برازش  $2/df$ ، RMSEA، CFI و NNFI (TLI) به ترتیب ۰.۰۵۹، ۰.۰۵۹، ۰.۸۹۴ و ۰.۹۱۲ محاسبه شد. بنابراین، بر اساس این نتایج و مقایسه آن با معیارهای مورد نظر، این مدل یک مدل خوب می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های مطالعه بیانگر این بود که آسیب‌های ساخت‌وساز می‌تواند تحت تأثیر فاکتورها و متغیرهای مختلف با نوع و اندازه متفاوت قرار گیرد. علاوه بر این، رویکرد تحلیل مسیر با استفاده از مدل‌یابی معادله ساختاری می‌تواند به عنوان یک روش کاربردی و مفید برای تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و در نهایت پیش‌بینی حوادث و آسیب‌های شغلی بکار گرفته شود.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

**منبع حمایت‌کننده:** این مطالعه بر مبنای طرح شماره ۹۶۸۸۷ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم حمایت مالی شده است

شیوه استناد به این مقاله:

Soltanzadeh A, Heidari H, Mahdinia M, Mohammadi H, Mohammadbeigi A, Mohammadfam I. Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry. Iran Occupational Health. 2019 (Aug-Sep);16(3):47-57.

\*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است

## مقدمه

صنعت ساخت‌وساز یکی از پرچالش‌ترین صنایع در حوزه ایمنی و بهداشت می‌باشد. با وجود تلاش‌های زیادی که در حیطه‌های مختلف این صنعت برای کاهش حوادث و آسیب‌های شغلی انجام شده است، اما همچنان آمارهایی که از مطالعات و گزارشات مختلف استخراج و ارائه می‌شوند، فاجعه‌بار می‌باشد (۱-۳).

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که میزان آسیب‌ها در صنعت ساخت‌وساز بیشتر از میانگین آن در دیگر صنایع است (۴) و تنها هزینه گرامت کارگران برای درمان، خسارات و جریمه در صنعت ساخت‌وساز ۴ برابر صنایع دیگر گزارش شده است (۵). ساخت‌وساز تنها ۵٪ از نیروی کار ایالات متحده را تشکیل می‌دهد، در حالی که ۲۰٪ از تمامی مرگ‌ومیرهای شغلی و ۹٪ آسیب‌های ناتوان‌کننده را به خود اختصاص داده است (۶). میزان حوادث منجر به آسیب شغلی در بخش ساخت‌وساز کشورهای پیشرفته ۱۷٪ و در ایران ۴۵٪ بوده که معادل ۲/۶ برابر دنیا است. اگرچه کمتر از ۱۲٪ نیروی کار در ایران در صنعت ساخت‌وساز مشغول به کار هستند، اما میزان آسیب‌های ناشی از حوادث در این بخش بالا می‌باشد (۷، ۸).

شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد آسیب‌های شغلی به عنوان یک رویکرد گذشته‌نگر و مهم در تحلیل این آسیب‌ها و راهی برای پیشگیری و کاهش آن می‌باشد. اگرچه، تلاش‌های گسترده‌ای توسط محققین در زمینه‌های مختلف برای تشریح انواع آسیب و تجزیه و تحلیل فاکتورهای تأثیرگذار بر آن انجام شده است (۹-۱۳)، اما، نکته مهم و قابل تأمل در بیشتر مطالعات انجام شده این است که هر یک از این تجزیه و تحلیل‌ها تنها به برخی از علل حوادث و آسیب اشاره نموده، اثرات متقابل هر یک از این متغیرها را بررسی ننموده و همچنین تحلیلی برای مسیر (Path Analysis) وقوع حادثه یا آسیب ناشی از آن ارائه نمی‌دهند.

یکی از کارآمدترین روش‌های تحلیل حوادث که برای درک و تشریح علل حوادث توسعه داده شده است و به عنوان یکی از روش‌هایی که می‌تواند به تحلیل مسیر منتهی به حوادث و پیامدهای آن بپردازد، رویکرد تحلیل علل ریشه‌ای (RCA; Root Cause Analysis)

می‌باشد (۱۴، ۱۵). استفاده از رویکردهای مدل‌سازی نرم‌افزاری که بتواند علاوه بر درک و شناسایی علل و عوامل مختلف حادثه، ارتباط بین متغیرها و همچنین فاکتورهای دخیل در فرایند علی حوادث را شناسایی و تحلیل نموده و تحلیلی بر فرایند حوادث شغلی انجام دهد، می‌تواند کاربردی و سودمند باشد. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب‌های شغلی در صنایع ساخت‌وسازی کوچک و متوسط طراحی و انجام شده است.

## روش بررسی

این مطالعه یک تحلیل گذشته‌نگر مقطعی بود که بر روی آسیب‌های شغلی رخ داده طی یک دوره ۱۱ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۷) در ۸۲ پروژه ساخت‌وسازی کوچک و متوسط طراحی و انجام شد. جامعه آماری در این مطالعه شامل همه حوادث آسیب‌زای شغلی بود که در این پروژه‌های ساخت‌وسازی اتفاق افتاده بود.

متغیر اصلی مورد در این مطالعه انواع آسیب شغلی ناشی از حوادث بود. حجم اولیه جامعه آماری برای این مطالعه شامل ۱۳۲۸ حادثه بود. لذا، بر اساس معیار ورود و خروج در این مطالعه، در نهایت ۱۲۳۲ حادثه به عنوان نمونه مطالعه انتخاب شد. لازم به ذکر است که حداقل حجم نمونه برای تحلیل یک مدل ساختاری نباید از ۲۰۰ نفر نمونه کمتر باشد (۱۶).

**ابزار جمع‌آوری داده‌ها:** ابزار اصلی برای جمع‌آوری داده‌های این مطالعه چک‌لیست گزارش حوادث شغلی موجود در پروژه‌های ساخت‌وسازی بود. برای تکمیل داده‌های مورد نیاز مطالعه، از ابزارهایی مانند مصاحبه و مراجعه به سوابق نیز استفاده شد.

**اجرای مطالعه:** مراحل اجرای این مطالعه شامل "پنج گام" بود.

**گام اول:** داده‌های اولیه شامل ۱۳۲۸ حادثه جمع‌آوری شد. سپس، غربالگری بر اساس معیارهای ورود و خروج مطالعه انجام و در نهایت ۱۲۳۲ حادثه منجر به آسیب به عنوان نمونه نهایی مطالعه انتخاب گردید.

**گام دوم:** تحلیل آسیب‌های شغلی بر اساس رویکرد تحلیل علل ریشه‌ای (RCA) انجام شد. در فرایند این تحلیل به سه پرسش "چه اتفاقی"، "چگونه" و "چرا"

IBM SPSS AMOS نسخه ۲۲/۰ استفاده شد. قابل ذکر است که مدل‌یابی معادله ساختاری یک تکنیک تحلیل چند متغیری بسیار کلی و نیرومند از خانواده رگرسیون چند متغیری و به بیان دقیق‌تر بسط مدل خطی کلی است که امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون به صورت هم‌زمان مورد آزمون قرار گیرد. مدل‌یابی معادله ساختاری یک رویکرد آماری جامع برای آزمون فرضیه‌هایی درباره‌ی روابط بین متغیرهای مشاهده‌ای و پنهان است که گاه تحلیل ساختاری کوواریانس، مدل‌یابی علی یا مدل‌یابی معادلات ساختاری نامیده می‌شود (۱۰، ۱۷).

### یافته‌ها

نتایج توصیفی فاکتورها و متغیرهای مورد مطالعه در جداول ۱-۴ نشان داده شده است. میانگین سن و سابقه کار کارگران آسیب‌دیده در حوادث مورد مطالعه، به ترتیب  $33/14 \pm 6/24$  و  $5/75 \pm 3/14$  سال بود. تقریباً دو-سوم حوادث حین فعالیت‌های ساخت‌وساز و بیش از

رخ داده است، پاسخ داده شد. مراحل اجرایی رسیدن به پاسخ درباره سه پرسش مورد نظر شامل بررسی توصیفی آسیب به وقوع پیوسته، تعیین توالی وقایع، شناسایی عوامل مؤثر بر بروز، جمع‌آوری اطلاعات تکمیلی و شناسایی زنجیره علل بود.

**گام سوم:** ابعاد مختلف فاکتورهای مختلف مؤثر بر آسیب‌های شغلی در پروژه‌های ساخت‌وسازی شناسایی، ارزیابی و طبقه‌بندی شدند. این گام با هدف آماده‌سازی داده‌ها به منظور ارتقا قابلیت مدل مفهومی برای انجام مدل‌یابی معادله ساختاری (SEM) انجام گردید.

**گام چهارم:** مدل مفهومی تحلیل علل آسیب‌های ساخت‌وساز مطابق با زنجیره وقایع و علل و تحلیل مسیر ترسیم شد.

**گام پنجم:** در نهایت، ارتباط، کنش‌ها و اثرات متقابل همه فاکتورها و متغیرها با استفاده از رویکرد مدل‌یابی معادله ساختاری تحلیل گردید.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها:** برای تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه از نرم‌افزار مدل‌یابی معادلات ساختاری

جدول ۱- یافته‌های توصیفی فاکتورها و متغیرهای فردی و سازمانی

متغیر	مقادیر
فاکتور فردی	
سن (سال)	$33/14 \pm 6/24$
سابقه کار (سال)	$5/75 \pm 3/14$
وضعیت تاهل	مجرد ۶۰۳ (٪۴۸/۹)
	متاهل ۶۳۰ (٪۵۱/۱)
تحصیلات	زیر دیپلم ۳۹۷ (٪۳۲/۲)
	دیپلم ۴۷۱ (٪۳۸/۲)
	فوق دیپلم ۲۴۰ (٪۱۹/۵)
	لیسانس و بالاتر ۱۲۵ (٪۱۰/۱)
فاکتور سازمانی	
نوع شغل و رده سازمانی	ساخت و سازی ۸۶۵ (٪۷۰/۱)
	تکنسین ۳۴۵ (٪۲۸/۰)
	سرپرست ۲۳ (٪۱/۹)
نوع فعالیت	ساخت و ساز ۸۱۰ (٪۶۵/۷)
	تعمیرات و نگهداری ۱۵۴ (٪۱۲/۵)
	نصب و راه اندازی ۱۷۹ (٪۱۴/۵)
	حمل و نقل ۹۰ (٪۷/۳)
فشار و محدودیت زمانی	بله ۸۰۲ (٪۶۵/۰)
	خیر ۴۳۱ (٪۳۵/۰)
نوع پیمانکاری	پیمانکار اصلی ۳۵۸ (٪۲۹/۰)
	پیمانکار خرد ۸۷۵ (٪۷۱/۰)
سطح و ارتفاع فعالیت	در سطح زمین ۶۵۰ (٪۵۲/۷)
	کمتر از ۲ متر (>۲ متر) ۳۵۰ (٪۲۸/۴)
	بیش از ۲ متر (<۲ متر) ۲۳۳ (٪۱۸/۹)

بودند. بیشترین اعمال نایمن مربوط به کمبود دانش و آگاهی (۶۵٪/۵) و عدم استفاده از PPE (۵۷٪/۹) بود (جدول ۳). بیشترین نوع بروز حوادث به ترتیب مربوط به سقوط از ارتفاع (۳۱٪/۲) و سقوط اشیا (۲۷٪/۱۰) بود. یافته‌های تحلیل ماهیت آسیب شغلی نشان داد که ۱/۵٪ حوادث به مرگ و ۱۰/۴٪ نقص عضو منجر شده است (جدول ۴).  
نتایج تحلیل مسیر آسیب ساخت‌وساز بر اساس مدل‌یابی معادله ساختاری (SEM) نشان داد که

۷۰٪ حوادث برای پیمانکاران خرد و به وقوع پیوسته بود (جدول ۱). میزان مطلوبیت دو پارامتر مهم آموزش ایمنی شامل مدت زمان و محتوای برنامه‌های آموزشی (کمیت و کیفیت) به ترتیب ۲۳/۵٪ و ۱۲/۰٪ برآورد گردید. بالاترین میزان مطلوبیت متغیرهای مدیریت ریسک متعلق به چک‌لیست ایمنی (۲۸٪/۷) و به‌کارگیری تجهیزات حفاظت فردی (PPE) (۲۲٪/۱) بود (جدول ۲). خطرات محیطی (۶۳٪/۶) و روش کار خطرناک (۵۶٪/۱) دارای بیشترین سهم در حوادث

**جدول ۲ -** نتایج توصیفی فاکتورها و متغیرهای آموزش و مدیریت ریسک

مقادیر	متغیر
فاکتور آموزش ایمنی	
۳۱۲ (٪۲۵/۳)	آموزش بدو استخدام
۳۷۰ (٪۳۸/۱)	آموزش دوره ای
۱۵۴ (٪۱۲/۵)	آموزش پس از حادثه
۲۹۰ (٪۲۳/۵)	آموزش PPE
۱۴۵ (٪۱۱/۷)	آموزش Housekeeping
۲۹۰ (٪۲۳/۵)	مدت زمان آموزش (کمیت)
۱۴۸ (٪۱۲/۰)	محتوای آموزش (کیفیت)
فاکتور مدیریت ریسک	
۱۸۰ (٪۱۴/۶)	شناسایی خطرات
۲۴۸ (٪۲۰/۱)	ارزیابی ریسک دوره ای
۱۱۵ (٪۹/۳)	بررسی حوادث
۳۵۴ (٪۲۸/۷)	چک لیست ایمنی و بهداشت
۲۰۲ (٪۱۶/۴)	ممیزی و بازرسی
۲۱۴ (٪۱۷/۳)	سیستم گزارش‌دهی
۲۷۲ (٪۲۲/۱)	بکارگیری تجهیزات حفاظت فردی
۱۸۷ (٪۱۵/۱)	اجرای Housekeeping
۹۸ (٪۸/۰)	اجرا و استقرار TBM

**جدول ۳ -** یافته‌های توصیفی فاکتورهای شرایط نایمن و اعمال نایمن

مقادیر	متغیر
فاکتور شرایط نایمن	
۷۸۴ (٪۶۳/۶)	محیط کار خطرناک
۶۹۲ (٪۵۶/۱)	روش کار خطرناک
۴۵۸ (٪۳۷/۱)	حفاظ نایمن
۳۲۲ (٪۲۶/۱)	ماشین آلات معیوب
۳۱۴ (٪۲۵/۴)	تجهیزات نایمن
۱۷۴ (٪۱۴/۱)	جریان الکتریسیته
۳۱۲ (٪۲۵/۳)	ابزار دستی
فاکتور اعمال نایمن	
۷۱۴ (٪۵۷/۹)	عدم استفاده از PPE
۸۰۸ (٪۶۵/۵)	کمبود دانش و آگاهی
۲۳۷ (٪۱۹/۲)	شوخی‌های نایجا
۳۹۸ (٪۳۲/۳)	استفاده از ابزار معیوب
۵۸۵ (٪۴۷/۴)	قرارگیری در وضعیت نایمن
۲۱۸ (٪۱۷/۷)	فعالیت بدون مجوز
۳۲۵ (٪۲۶/۳)	دیگر افراد

**جدول ۴- نتایج توصیفی فاکتورهای نوع بروز حوادث و آسیب‌های شغلی**

مقادیر	متغیر
فاکتور نوع بروز	
۲۸۵ (%۳۱/۲)	سقوط از ارتفاع
۳۳۳ (%۲۷/۰)	سقوط اشیا
۳۱۱ (%۲۵/۲)	گیرکردن بین اشیا
۳۰۸ (%۲۵/۰)	برخورد و تصادم
۱۱۴ (%۹/۲)	برق گرفتگی
فاکتور نوع آسیب شغلی	
۱۸ (%۱/۵)	مرگ
۱۲۸ (%۱۰/۴)	نقص عضو
۴۲۱ (%۳۴/۱)	بی‌هوشی و جراحت داخلی
۸۱۵ (%۶۶/۱)	ضربدیدگی
۵۳۲ (%۴۳/۱)	زخم‌های چندگانه
۶۱۲ (%۴۹/۶)	بریدگی

**جدول ۵- شاخص‌های نیکویی برازش مدل نهایی**

شاخص‌ها	مقادیر
$\chi^2$	۹۲/۱۲
$\chi^2/df$	۲/۷۹
RMSEA	۰/۰۵۹
CFI	۰/۸۹۴
NNFI (TLI)	۰/۹۱۲

داده که این مهم می‌تواند به عنوان یک شاخص یا پارامتر برای تصمیم‌گیری در مورد هر یک از متغیرها به مدیریت کلان ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وسازی کمک نماید (۱۹).

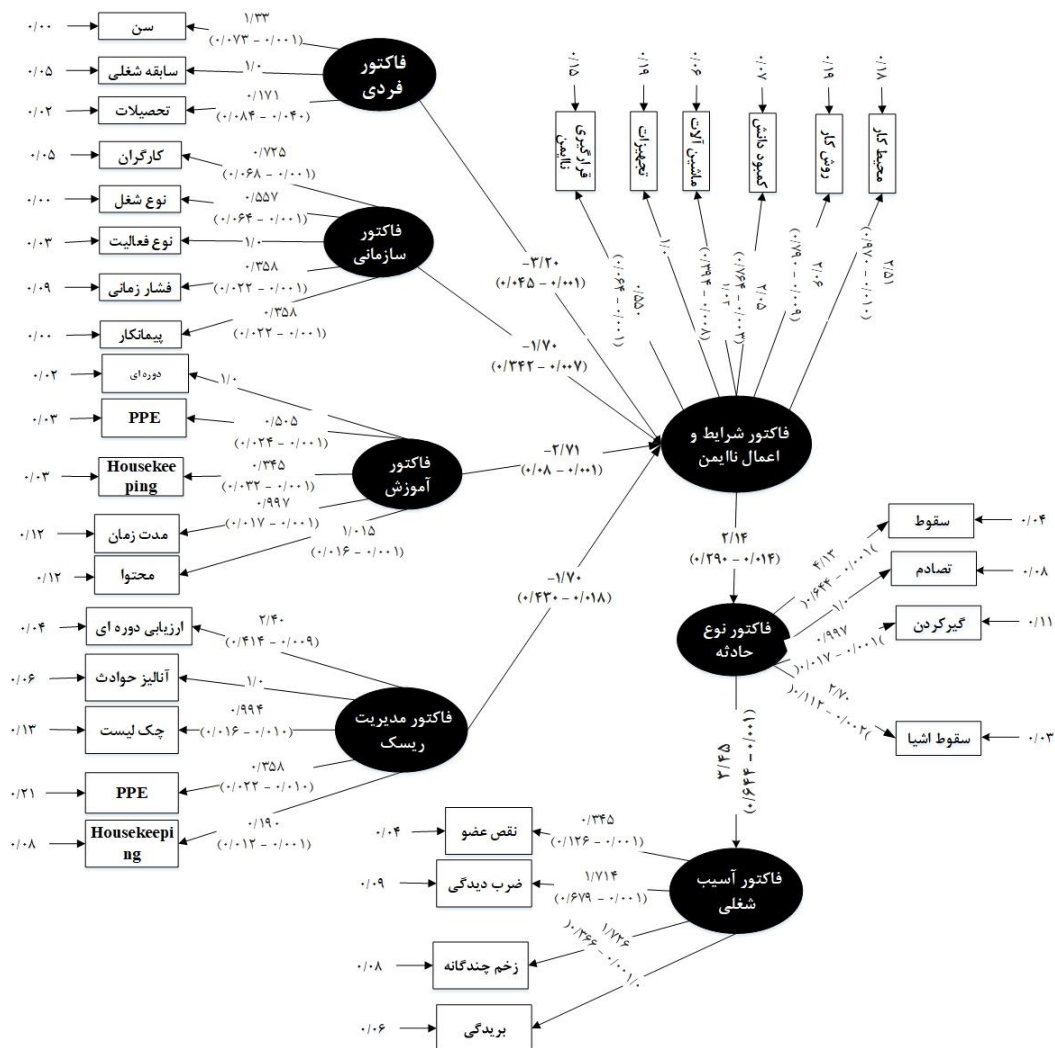
یافته‌های این مطالعه نشان داد که مجموعه‌ای از فاکتورهای علی مختلف و متغیرهای نشانگر مربوط به آن شامل فاکتور فردی و سازمانی (۲۰-۲۲)، آموزش ایمنی (۲۳)، مدیریت ریسک (۲، ۱۲، ۲۰)، شرایط ناایمن و اعمال ناایمن (۱، ۸، ۲۰، ۲۴، ۲۵) و همچنین نوع بروز حادثه (۹، ۱۹) به عنوان مجموعه‌ای از علل در فرایند و زنجیره منتهی به آسیب‌های ناشی از حوادث ساخت‌وساز تأثیرگذار بوده و مشارکت داشته‌اند.

سقوط از ارتفاع به عنوان مهم‌ترین متغیر نشانگر در برآورد فاکتور نوع بروز حادثه تلقی شده، بنابراین این متغیر دارای اهمیت زیادی برای تحلیل آسیب در ساخت‌وساز می‌باشد. برای چندین دهه، "سقوط از ارتفاع" در اوج لیست نوع بروز حوادث ساخت‌وساز قرار داشته است (۲۶، ۲۷). همچنین، در مطالعه‌ی تحلیلی که توسط Jimmie Hinze و Aneurin Grant با هدف تجزیه و تحلیل حوادث مرگبار و فاجعه‌بار در صنایع

فاکتورهای فردی، سازمانی، آموزش ایمنی و مدیریت ریسک، دارای ارتباط معکوس و معنی‌دار با آسیب‌های شغلی بود ( $p < 0/05$ ). بعلاوه، ارتباط فاکتورهای شرایط ناایمن، اعمال ناایمن و نوع بروز حادثه با آسیب‌های شغلی مثبت و معنی‌دار برآورد گردید ( $p < 0/05$ ) (شکل ۱). مقادیر شاخص‌های نیکویی برازش  $\chi^2/df$ ، RMSEA، CFI و NNFI (TLI) به ترتیب ۲/۷۹، ۰/۰۵۹، ۰/۸۹۴ و ۰/۹۱۲ محاسبه شد؛ بنابراین، بر اساس این نتایج و مقایسه آن با معیارهای مورد نظر، این مدل یک مدل خوب (Good) می‌باشد (جدول ۵).

### بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که نتایج این مطالعه نیز نشان داد، یافته‌های حاصل از به‌کارگیری مدل‌سازی بر مبنای تحلیل مسیر می‌تواند تئوری چندعلتی بودن آسیب‌ها و پیامدهای شغلی را تأیید نماید (۲، ۸، ۱۸). بعلاوه، استفاده از تکنیک‌ها و مدل‌های نرم‌افزاری مانند مدل‌یابی معادلات ساختاری ارتباط و کنش متغیرها و فاکتورهای مختلف و میزان تأثیرگذاری هر یک از آن‌ها بر پیامد یا آسیب نهایی را به‌صورت عددی و کمی نشان



شکل ۱- مدل نهایی تحلیل مسیر آسیب‌های شغلی ساخت و ساز بر اساس مدل یابی معادله ساختاری

مانند فاکتور فردی و دموگرافیک و آموزش ایمنی نیز باشد (۲۹-۳۱).

فاکتور فردی و دموگرافیک و متغیرهای نشانگر آن به عنوان یکی از علل مهم در حوادث شغلی و به‌ویژه ساخت‌وساز مطرح می‌باشند (۲۰، ۲۱). بعلاوه، Arquillos و همکاران نشان دادند که حوادث ساخت‌وساز با متغیرهایی مانند سن و همچنین انحراف از فعالیت‌های محول شده به افراد مرتبط می‌باشد (۳۲). یکی از فاکتورهای پایه‌ای مرتبط با حوادث و آسیب‌های شغلی فاکتور سازمانی و عوامل مربوط به ساختار مدیریتی محیط کار شامل متغیرهای مشخصه سازمانی، فیزیکی و عملیاتی می‌باشد. این متغیرها می‌توانند خود باعث بروز مشکلاتی در فرایند انجام و اجرای ایمن کار شده یا تحت تأثیر و در تعامل با عوامل دیگر به‌طور

ساخت‌وساز در سال ۲۰۱۴ انجام شد، نشان داد که بیشتر حوادث در این زمینه مربوط به سقوط از ارتفاع و سقوط اشیا بوده است (۲۸).

شرایط نایمن در پروژه‌های ساخت‌وسازی به عنوان یکی از عوامل مهم در تحلیل علیت آسیب‌های شغلی در ساخت‌وساز به شمار می‌رود (۸). بعلاوه، همان‌طور که نتایج این مطالعه نیز نشان داد، برخی از فاکتورها مانند مدیریت ریسک ایمنی ناقص و ضعیف و فاکتور سازمانی نیز می‌توانند در ایجاد و تشدید این شرایط مؤثر و تأثیرگذار باشند (۱۱، ۲۰). نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که کارگر یا تیم کاری در ۷۰٪ حوادث ساخت‌وساز به دلیل بروز انواع خطای انسانی و اعمال نایمن نقش دارند (۱، ۲۰). بعلاوه، رفتارهای نایمن می‌تواند تحت تأثیر دیگر متغیرها و فاکتورهای مهم

هر محیط صنعتی پیچیده دیگر همواره وجود دارد؛ بنابراین، تحلیل حوادث و آسیب‌ها بایستی با رویکردها و تکنیک‌های علمی نوین صورت گرفته و تصمیم‌های مورد نظر برای افزایش ضریب ایمنی و کاهش میزان آسیب نیز بر اساس نتایج این نوع مدل‌سازی ارائه شوند.

### تقدیر و تشکر

محققان این مطالعه قدردانی صمیمانه خود را از مسئولان محترم ۸۲ پروژه ساخت‌وسازی مورد مطالعه شامل مدیران و کارشناسان ایمنی اعلام می‌دارد. این مطالعه بر مبنای طرح شماره ۹۶۸۸۷ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم اجرا شده است.

### References

1. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Alizadeh Savareh B. Analysis and modeling of threatening factors of workforce's health in large-scale workplaces: comparison of four-fitting methods to select optimum technique. *Electron Physician*. 2016;8(2):1918-26.
2. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeygi A, Ghiasvand R. Exploring causal factors on the severity rate of occupational accidents in construction worksites. *Int J Civil Engineer*. 2017;15(7):959-965.
3. Zamanian Z, Mortazavi SM, Asmand E, Nikeghbal K. Assessment of health consequences of steel industry welders' occupational exposure to ultraviolet radiation. *Int J Prev Med*. 2015;6(123).
4. Dong X, Ringen K, Men Y, Fujimoto A. Medical costs and sources of payment for work-related injuries among Hispanic construction workers. *J Occup Environ Med*. 2007;49(12):1367-1375.
5. Silverstein B, Welp E, Nelson N, Kalat J. Claims incidence of work-related disorders of the upper extremities: Washington state, 1987 through 1995. *Am J Public Health*. 1998;88(12):1827-33.
6. Abdelhamid TS, Everett JG. Identifying root causes of construction accidents. *J Construct Engineer Manag*. 2000;126(1):52-60.
7. Moradinazar M, Kurd N, Farhadi R, Ameer V, Najafi F. Epidemiology of work-related injuries among construction workers of Ilam (Western Iran) during 2006-2009. *Iran Red Crescent Med J*. 2013;15(10).
8. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeigi A, Ghiasvand R. Key factors contributing to accident

غیرمستقیم در حوادث تأثیرگذار باشند (۲۰، ۲۱، ۳۳-۳۵).

آموزش ناکافی و ناکارآمد می‌تواند منجر به بی‌دقتی، رفتارهای خطرناک و انواع خطای انسانی شده و بر نوع و اندازه آسیب در فعالیت‌های ساخت‌وسازی تأثیرگذار باشد (۲۳). برخی از مطالعات نیز نشان داده‌اند که شناسایی خطر و درک ریسک می‌توانند با مداخله‌های آموزشی بهبود یابد. بر این اساس، توجه به آموزش ایمنی و ارتقا شاخص‌های آموزش باعث بالا رفتن درک و شناخت خطرات و ریسک‌های موجود در سایت و بهبود ایمنی و کاهش بروز انواع آسیب می‌گردد (۳۶، ۳۷).

بر اساس نتایج، متغیرهای انجام فعالیت‌های منظم و مدون در زمینه شناسایی مخاطرات ایمنی ساخت‌وساز، انجام انواع ارزیابی ریسک ایمنی، بررسی و تحلیل حوادث و اجرای اثربخش گزارش رویدادها و همچنین اجرای انواع اقدامات کنترلی مانند تجهیزات حفاظت فردی، اجرا و نظارت بر رعایت نظم و انضباط در محیط ساخت‌وساز و تدوین و استقرار جلسات کاری مرتبط با ایمنی با آسیب‌های شغلی در پروژه‌های ساخت‌وساز دارای ارتباط معنی‌دار بود. با توجه به اینکه پروژه‌های ساخت‌وساز محیطی همواره انباشته از منابع خطر با ریسک بالا و شدید بوده (۲، ۱۱، ۱۲، ۲۰، ۲۸)، لذا توجه به یک رویکرد نظام‌مند و کارا برای شناسایی، ارزیابی و کنترل خطرات و کاهش میزان ریسک می‌تواند در عملکرد بهینه ایمنی و کاهش آسیب‌های شغلی مربوط به ساخت‌وساز مؤثر باشد.

نگاه نو و متفاوت این مطالعه به متغیرهای مختلف و متفاوت در قالب فاکتورهای کلان مانند فاکتورهای سازمانی، آموزش ایمنی و مدیریت ریسک در کنار توجه به ساماندهی در پروژه‌های ساخت‌وسازی شامل شرایط نایمن و اعمال نایمن و همچنین واکاوی نوع بروز آسیب‌ها بر اساس کانون وقوع خطرات بیانگر این یافته مهم می‌باشد که ارتقا ایمنی در بخش ساخت‌وساز نیازمند یک برنامه‌ریزی جامع بر اساس مدل هوشمند توجه و استفاده از همه متغیرها و فاکتورهای تأثیرگذار بر آسیب‌های شغلی می‌باشد. نگاه کلی به یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد کنش‌ها و ارتباطات درون و بین فاکتوری مؤثر بر آسیب‌های شغلی در ساخت‌وساز و یا

- severity rate in construction industry in Iran. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2016;67(1):47-53.
9. Azadeh A, Rouhollah F, Davoudpour F, Mohammadfam I. Fuzzy modelling and simulation of an emergency department for improvement of nursing schedules with noisy and uncertain inputs. *Int J Serv Operat Manag.* 2013;5(1):58-77.
  10. Cho K, Hong T, Hyun C. Effect of project characteristics on project performance in construction projects based on structural equation model. *Expert Syst Appl.* 2009;36(7):10461-10470.
  11. Im HJ, Kwon YJ, Kim SG, Kim YK, Ju YS, Lee HP. The characteristics of fatal occupational injuries in Korea's construction industry, 1997-2004. *Saf Sci.* 2009;47(8):1159-1162.
  12. Manu P, Ankrah N, Proverbs D, Suresh S. An approach for determining the extent of contribution of construction project features to accident causation. *Saf Sci.* 2010;48(6):687-692.
  13. Halvani GhH, Fallah H, Barkhordari A, Khoshk Daman R, Behjati M, Koochi F. A survey of causes of occupational accidents at working place under protection of Yazd Social Security Organization in 2005. *Iran Occup Health J.* 2010;7(3):22-29.
  14. Pereira E, Taghaddos H, Hermann R, Han S, Abourizk S. A Conceptual Accident Causation Model Based On The Incident Root Causes. in 5th International/11th Construction Specialty Conference. June 30, 2015.
  15. Silvey AB, Officer HCQL. Introduction to Root Cause Analysis (RCA). 2010.
  16. Bollen KA, Paxton P. Two-stage least squares estimation of interaction effects. 1998.
  17. Kao LH, Stewart M, Lee KH. Using structural equation modeling to predict cabin safety outcomes among Taiwanese airlines. *Transport Res Part E: Log Transport Rev.* 2009;45(2):357-365.
  18. Shirali GhA, Motamedzade M, Mohammadfam I, Ebrahimipour V, Moghimbeigi A. Assessment of resilience engineering factors based on system properties in a process industry. *Cog Technol Work.* 2016;18(1):19-31.
  19. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Confirmatory factor analysis of occupational injuries: presenting an analytical tool. *Trauma Mon.* 2017;22(2).
  20. Haslam RA, Hide SA, Gibbb AGF, Gyi DE, Pavitt T, Atkinson S, Duff AR. Contributing factors in construction accidents. *Appl Ergon.* 2005;36(4):401-415.
  21. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Modeling of individual and organizational factors affecting traumatic occupational injuries based on the structural equation modeling: a case study in large construction industries. *Arch Trauma Res.* 2016;5(3).
  22. Shirali G, Mohammadfam I, Motamedzade M, Ebrahimipour V, Moghimbeigi A. Assessing resilience engineering based on safety culture and managerial factors. *Process Saf Prog.* 2012;31(1):17-18.
  23. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Mahmoudi Sh, Alizadeh Savareh B, Mohamadi Arani A. Analysis and forecasting the severity of construction accidents using artificial neural network. *Saf Prom Injur Prev.* 2017;4(3):185-192.
  24. Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A, Mohammadfam I. Selecting strategies to reduce high-risk unsafe work behaviors using the safety behavior sampling technique and Bayesian network analysis. *J Res Health Sci.* 2017;17(1).
  25. Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A, Mohammadfam I. A path analysis model for explaining unsafe behavior in workplaces :The effect of perceived work pressure. *Int J Occup Saf Ergon.* 2018;24(2):303-310.
  26. Chi CF, Chang TC, Ting HI. Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. *Appl ergon.* 2005;36(4):391-400.
  27. Shirali GH, Mohammadfam I, Motamedzade M, Ebrahimipour V, Moghimbeigi A. Assessing resilience engineering based on safety culture and managerial factors. *Process Saf Prog.* 2012;31(1):17-8.
  28. Grant A, Hinze J. Construction worker fatalities related to trusses: An analysis of the OSHA fatality and catastrophic incident database. *Saf Sci.* 2014;65:54-62.
  29. Mohammadfam I, Fatemi F. Evaluation of the relationship between unsafe acts and occupational accidents in a vehicle manufacturing. *Iran Occup Health J.* 2008;5(3):44-50.
  30. Mohammadfam I, Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A. Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces. *Appl Ergon.* 2017;58:35-47.
  31. Azadeh A, Mohammad Fam I. A framework for development of integrated intelligent human engineering environment. *Inform Technol J.* 2006;5(2):290-299.
  32. Arquillos AL, Romero JCR, Gibb A. Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008. *J Saf Res.* 2012;43(5):381-388.
  33. Behm M, Schneller A. Application of the Loughborough Construction Accident Causation model: a framework for organizational learning. *Construct Manag Econom.* 2013;31(6):580-595.
  34. dormohammadi A, Mohammad fam I, Zarei E. Presentation of a practical framework for performance assessment of HSE in construction contractors. *Iran Occup Health J.* 2017;13(6):10-22.
  35. Azadeh M, Keramati A, Mohammadfam I, Jamshidnedjad B. Enhancing the availability and



reliability of power plants through macroergonomics approach. *J Sci Indust Res.* 2006;65:873-78.

36. Gunderson DE, Gloeckner GW. Superintendent competencies and attributes required for success: A national study comparing construction professionals' opinions. *International Journal of Construct Edu Res.* 2011;7(4):294-311.

37. Perlman A, Sacks R, Barak R. Hazard recognition and risk perception in construction. *Saf Sci.* 2014;64:22-31.