Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 7, Issue 2, Summer 2020, Pages: 32-39

Original Article

doi: 10.52547/johe.7.2.32

Analysis of the Parameters that Affect Electrocution Accidents in Small-scale Industrial Workshops Based on their Electrical Safety Performance

Mohsen Mahdinia[1], Hamidreza Heidari[2], Abolfazl Mohammadbeigi[3], Mona Ghafourian[4], Ahmad Soltanzadeh[5,*]

[1] *PhD Student, Department of Occupational Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran*
[2] *Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran*
[3] *Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, Neuroscience Research Center, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran*
[4] *MSc, Department of Occupational Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran*
[5] *Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Ahmad Soltanzadeh, Department of Occupational Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran. Email: soltanzadeh.ahmad@gmail.com*

Received: 08/02/2020
Accepted: 19/04/2020

How to Cite this Article:
Mahdinia M, Heidari H, Mohammadbeigi A, Ghafourian M, Soltanzadeh A. Analysis of the Parameters that Affect Electrocution Accidents in Small-scale Industrial Workshops Based on their Electrical Safety Performance. *J Occup Hyg Eng*. 2020; 7(2): 32-39. DOI: 10.52547/johe.7.2.32

Abstract

Background and Objective: Electrocutions are not very common; however, their consequences are severe. The present study aimed to analyze the parameters that affect electrocution accidents and evaluate the electrical safety of small-scale industrial workshops.

Materials and Methods: This study was conducted in 2019 on the electrical accidents that occurred in 232 small-scale industrial workshops during a 7-year period. The data collection tools included electrical accident report forms and a researcher-made checklist for the evaluation of the electrical safety of the selected workshops. Finally, the collected data were analyzed using Chi-square, Fisher, and regression tests.

Results: According to the results, the rate of electrocution in 125 small-scale industrial workshops without safety (first group) measures was approximately 10 times higher than that of the 107 workshops that had safety measures (second group). Moreover, the disciplines in 79.5% and 75.0% of the workshops in the first and second groups were poor, respectively. Furthermore, it was found that 64.1% and 50.0% of the electrocutions in the first and second groups were caused by perceptual errors, respectively. Moreover, the rates of personal protective equipment (PPE) training in the first and second groups were 3.2% and 44.0%, respectively while the rates of PPE deployment were 5.6% and 55.1%, in the first and second groups, respectively. In addition, there was a significant difference between the two groups in terms of safety measures ($P<0.05$). The results of modeling the parameters that affected the electrocution revealed that electrical safety training had the highest correlation with other variables.

Conclusion: Based on the findings, it can be concluded that electrical safety was poor in small-scale industrial workshops. Therefore, it is recommended to use practical electrical safety training and implement safety systems, such as the grounding system and circuit breaker switches to help reduce electrocution accidents.

Keywords: Electrical Safety Systems; Electrocution; Small-scale Industries; Training

Copyright © 2020 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای | دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۳۲ تا ۳۹

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.7.2.32

تجزیه‌وتحلیل پارامترهای مرتبط با حوادث برق‌گرفتگی بر اساس ارزیابی عملکرد ایمنی برق در کارگاه‌های صنعتی کوچک

محسن مهدی‌نیا[۱]، حمیدرضا حیدری[۲]، ابوالفضل محمدبیگی[۳]، منا غفوریان[۴]، احمد سلطان‌زاده[۵،*]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

[۳] دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، مرکز تحقیقات علوم اعصاب، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

[۴] کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

[۵] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

* **نویسنده مسئول:** احمد سلطان‌زاده، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران. ایمیل: soltanzadeh.ahmad@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: حوادث برق‌گرفتگی فراوانی کم و پیامدهای شدیدی دارند. این مطالعه با هدف تجزیه‌وتحلیل پارامترهای مرتبط با حوادث برق‌گرفتگی و ارزیابی عملکرد ایمنی برق در کارگاه‌های صنعتی کوچک انجام شده است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در سال ۱۳۹۸ و در ۲۳۲ کارگاه صنعتی کوچک انجام شد. حوادث الکتریکی در بازه زمانی ۷ ساله در این کارگاه‌ها بررسی شد. ابزار این مطالعه شامل گزارش حوادث برق‌گرفتگی و چک‌لیست محقق‌ساخته برای ارزیابی این کارگاه‌های صنعتی بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌های مطالعه با استفاده از آزمون‌های کای‌دو، فیشر و رگرسیون انجام شد.

یافته‌ها: میزان بروز حوادث برق‌گرفتگی در ۱۲۵ کارگاه بدون اقدام ایمنی برق تقریباً ۱۰ برابر ۱۰۷ کارگاه دارای اقدام ایمنی بود. نظم و انضباط کارگاهی نامناسب در گروه اول و دوم به ترتیب ۷۹/۵ و ۷۵ درصد بود. خطای درک بیشترین نقش را در بروز حوادث الکتریکی در دو گروه داشت (به ترتیب ۶۴/۱ و ۵۰ درصد). میزان آموزش و به‌کارگیری تجهیزات حفاظت فردی (PPE: Personal Protective Equipment)، در دو گروه به ترتیب ۳/۲ و ۴۴ درصد و ۵/۶ و ۵۵/۱ درصد بود. بعلاوه، دو گروه از نظر انواع اقدامات ایمنی اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<۰/۰۵$). نتایج مدل‌سازی پارامترهای تأثیرگذار بر حوادث برق‌گرفتگی نشان داد آموزش پیشگیری از بروز برق‌گرفتگی بیشترین ارتباط را با دیگر متغیرها دارد.

نتیجه‌گیری: با وجود این یافته که ایمنی برق در کارگاه‌های صنعتی کوچک ضعیف است، پیشنهاد می‌شود با به‌کارگیری آموزش‌های کاربردی در زمینه ایمنی برق و همچنین اجرای سیستم‌های ایمنی مانند اتصال زمین و کلیدهای قطع‌کننده مدار به کاهش بروز حوادث برق‌گرفتگی کمک شود.

واژگان کلیدی: آموزش؛ برق‌گرفتگی؛ سیستم‌های ایمنی برق؛ کارگاه‌های صنعتی کوچک

مقدمه

برق و جریان الکتریسیته در کنار اهمیت ویژه، خطرات و آسیب‌های مهم و مختص به خود نیز دارد [۱-۳]. انواع آسیب‌های ناشی از مواجهه با جریان برق از شوک الکتریکی ناشی از مواجهه با جریان الکتریسیته ضعیف که برای مصارف خانگی استفاده می‌شود تا سوختگی‌های شدید ناشی از قرارگرفتن در معرض میدان‌های الکتریکی با فشار زیاد در خطوط انتقال و ایستگاه‌های برق متغیر است [۲،۴،۵].

سالانه حدود ۶۵۰۰ آسیب الکتریکی در آمریکا حادث می‌شود که این میزان حدود ۴ درصد از کل میزان سوختگی‌های حرارتی را تشکیل می‌دهد. در این میان بیشترین آسیب‌ها، وقایع مربوط به محل کار (۶۱ درصد) هستند [۶]. با اینکه در چند سال گذشته آمار مرگ‌ومیر ناشی از برق‌گرفتگی نرخ افزایشی در کشور نداشته است و بالاترین رکورد ایران در این زمینه به سال ۸۹ برمی‌گردد، اما همچنان این آمار بسیار بالاست [۷].

برخی مطالعات نشان داده‌اند ازجمله عوامل مهم در مرگ‌ومیر ناشی از برق‌گرفتگی شامل حفاظت‌نکردن مناسب از تجهیزات و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

تأسیسات برقی، رعایت‌نکردن اصول ایمنی، استفاده غیرمجاز از برق و همچنین انجام فعالیت‌های مرتبط با برق توسط افراد با دانش و مهارت کم است. اگرچه فراوانی حوادث مرتبط با برق نسبت به دیگر خطرات به‌مراتب کمتر است، آسیب ناشی از مواجهه با جریان الکتریکی در شدت‌های مواجهه مختلف سهم زیادی در تلفات انسانی و پیامدهای اقتصادی دارد [۸-۱۰]؛ بنابراین، تأمین ایمنی لازم برای جریان الکتریسیته بسیار مهم و حیاتی و استفاده از راهکارهای ایمنی پیشگیرانه در اولویت است [۱۱،۱۲].

یکی از عوامل اصلی در بروز خسارات مالی، صدمات و تلفات جانی به‌ویژه در کارگاه‌های صنعتی کوچک که هیچ‌گونه سازوکاری برای مدیریت ایمنی محیط کار خود ندارند، رعایت‌نکردن مسائل ایمنی در استفاده از انرژی الکتریسیته است. در این کارگاه‌ها به دلایل مختلفی مانند نبود نظارت‌های ایمنی اجباری یا اختیاری، سطح سواد ایمنی ناکافی، مدیریت سنتی، استفاده از انواع تجهیزات و ابزارآلات ناایمن و به‌کارگیری روش‌های ناایمن در انجام کار، کمترین میزان حفاظت در برابر نشتی‌های احتمالی جریان برق وجود دارد [۱۳-۱۵].

بر این اساس، این مطالعه با هدف تجزیه‌وتحلیل حوادث الکتریکی در کارگاه‌های صنعتی مختلف با رویکرد مقایسه این کارگاه‌ها از نظر اقدامات ایمنی در برابر خطر برق‌گرفتگی طراحی و انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۹۸ و بر اساس داده‌های ۷ ساله (۱۳۹۷-۱۳۹۱) مربوط به ایمنی برق و حوادث برق‌گرفتگی انجام شده است. جامعه آماری در این مطالعه شامل ۲۳۲ کارگاه صنعتی و ۴۳ حادثه برق‌گرفتگی اتفاق‌افتاده در این کارگاه‌ها طی بازه زمانی مورد مطالعه بود. کارگاه‌های صنعتی بررسی‌شده همگی کمتر از ۲۵ نفر کارگر داشتند. روش جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه سرشماری بود؛ بنابراین، در این مطالعه ۲۳۲ کارگاه صنعتی شامل ۱۲۵ کارگاه صنعتی دارای کمترین/بدون اقدام ایمنی (حداکثر ۱ نوع اقدام ایمنی) در زمینه برق و ۱۰۷ کارگاه صنعتی دارای اقدام ایمنی (حداقل ۳ نوع اقدام ایمنی) در زمینه برق ارزیابی شدند.

ابزار جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه شامل چک‌لیست حوادث الکتریکی در کارگاه‌های صنعتی و چک‌لیست محقق‌ساخته برای ارزیابی پارامترهای مؤثر بر ایمنی الکتریکی و حوادث برق‌گرفتگی بود. روش جمع‌آوری داده‌ها، مطالعه میدانی و مراجعه به همه ۲۳۲ کارگاه صنعتی بود. داده‌های این مطالعه بر اساس مقایسه دو گروه کارگاه‌های صنعتی شامل کارگاه‌های صنعتی دارای کمترین/بدون اقدام ایمنی برق و کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی برق و با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS نسخه ۲۳ تجزیه‌وتحلیل شد. همچنین ارتباط بین پارامترهای مطالعه‌شده در زمینه ایمنی الکتریکی و حوادث برق‌گرفتگی در این مطالعه نیز با استفاده از رویکرد مدل‌یابی معادلات ساختاری (SEM: Structural Equation Modeling) و نرم‌افزار آماری IBM SPSS AMOS نسخه ۲۳ انجام شده است. سطح معنی‌داری تمام آزمون‌ها در این مطالعه ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. نیکویی برازش (Goodness of Fit) در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های کلی مجذور کای نسبی (χ^2/df) (۳-۲)، ریشه میانگین مربعات خطاهای تخمین (RMSEA: Root Mean Square Error of Approximation) (۰/۰۸-۰/۰۵)، شاخص برازش تطبیقی (CFI: Comparative Fit Index) (۱/۰-۰/۹۵)، شاخص برازش هنجارشده (NFI: Normed-Fit Index) (۱/۰-۰/۹۵)، شاخص برازش هنجارنشده (NNFI: Non-Normed Fit Index) و شاخص توکر لویس (TLI: Tucker-Lewis Index) (۱/۰-۰/۹۵) انجام شد [۱۶].

یافته‌ها

در این مطالعه ۲۳۲ کارگاه صنعتی ارزیابی شدند. ۱۲۵ کارگاه صنعتی دارای کمترین/بدون اقدام ایمنی (حداکثر ۱ نوع اقدام ایمنی) در زمینه برق و ۱۰۷ کارگاه صنعتی دارای اقدام ایمنی (حداقل ۳ نوع اقدام ایمنی) در زمینه برق شناسایی شد. فراوانی حوادث برق‌گرفتگی منجر به شوک الکتریکی و مرگ در ۱۲۵ کارگاه صنعتی دارای کمترین/بدون اقدام ایمنی در زمینه برق طی ۷ سال (۱۳۹۷-۱۳۹۱) ۳۹ مورد و در ۱۰۷ کارگاه صنعتی دارای اقدام ایمنی در زمینه برق ۴ مورد بود.

نتایج ارزیابی مقایسه‌ای فاکتورهای دموگرافیک سن و سابقه کار در دو گروه نشان داد اختلاف این دو گروه از نظر این دو متغیر معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵). نتایج آزمون کای‌دو نشان داد اختلاف دو گروه بر اساس فاکتورهای دموگرافیک وضعیت تأهل و میزان تحصیلات معنی‌دار است (P<۰/۰۵) و بر مبنای فاکتور جنسیت معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

این یافته‌ها نشان می‌دهند بیشترین نوع بروز حادثه برق‌گرفتگی به ترتیب مربوط به تجهیزات برق‌دارشده، تجهیزات پرتابل برقی و تماس مستقیم با سیم حاوی جریان الکتریکی بوده است. میزان بروز حادثه ناشی از تجهیزات برق‌دارشده در کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی به ترتیب ۵۳/۹ و ۵۰ درصد بود. بیشترین میزان ولتاژ منجر به برق‌گرفتگی در دو گروه کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و دارای اقدام ایمنی مربوط به ولتاژ زیر ۱۰۰۰ ولت (به ترتیب ۶۱/۵ و ۷۵ درصد) بود. نتایج آزمون فیشر نشان داد اختلاف دو گروه بر اساس فاکتور نوع بروز برق‌گرفتگی و ولتاژ برق‌گرفتگی معنی‌دار است (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

نتایج ارزیابی شرایط ناایمن در حوادث الکتریکی در دو گروه نشان داد نظم و انضباط کارگاهی نامناسب بیشترین نقش را در بروز این حوادث دارند. سهم نظم و انضباط کارگاهی نامناسب در بروز حوادث الکتریکی در کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی به ترتیب ۷۹/۵ و ۷۵ درصد بود.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

جدول ۱: یافته‌های مربوط به فاکتور دموگرافیک در دو گروه مطالعه‌شده (n=۱۳۴۴)

فاکتورهای دموگرافیک		کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی (n=۶۹۶)		کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی (n=۶۴۸)		P
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	
سن (سال)		۳۳/۷۵±۷/۱۷			۳۳/۱۱±۷/۱۹	۰/۲۱
سابقه کار (سال)		۵/۳۲±۴/۷۹			۵/۲۲±۵/۱۴	۰/۱۳
جنسیت	زن	۱۱/۲	۷۸	۱۳/۱	۸۵	۰/۰۷
	مرد	۸۸/۸	۶۱۸	۸۶/۹	۵۶۳	
تأهل	مجرد	۳۵/۲	۲۴۵	۲۰/۵	۱۳۳	۰/۰۰۱
	متأهل	۶۴/۸	۴۵۱	۷۹/۵	۵۱۵	
تحصیلات	زیر دیپلم	۵۴/۲	۳۷۷	۵۲/۲	۳۳۸	۰/۰۰۱
	دیپلم	۳۸/۴	۲۶۷	۲۹/۱	۱۸۹	
	لیسانس و بالاتر	۷/۴	۵۲	۱۸/۷	۱۲۱	

نتایج ارزیابی اعمال ناایمن نیز نشان داد خطای درک بیشترین نقش را در بروز حوادث الکتریکی در دو گروه داشته است. سهم مشارکت خطای درک در بروز حوادث الکتریکی در کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی به ترتیب ۶۴/۱ و ۵۰ درصد بود. نتایج آزمون فیشر نشان داد اختلاف کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و دارای اقدام ایمنی بر اساس فاکتورهای شرایط ناایمن و اعمال ناایمن معنی‌دار است (P<۰/۰۵) (جدول ۳).

نتایج اقدامات ایمنی مورد ارزیابی در کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی نشان داد میزان هر یک از این اقدامات شامل آموزش ایمنی برق (پیشگیری)، آموزش ایمنی برق (واکنش)، آموزش ایمنی برق (تجهیزات حفاظت فردی) (PPE: Personal Protective Equipment)، آموزش ایمنی برق (اطفای حریق)، سیستم اتصال به زمین (Earthing System)، حفاظ جان (RCCB: Residual Current Circuit Breaker) ، حفاظ تجهیزات (قطع‌کننده مدار مینیاتوری) (MCB: Miniature Circuit Breaker) و مدارشکن قاب‌بندی‌شده (MCCB: Moulded Case Circuit Breaker)، دیگر سیستم‌های ایمنی (هم‌بندی، اتصال زمین موقت

جدول ۲: یافته‌های مربوط به فاکتور نوع حادثه برق‌گرفتگی در دو گروه مطالعه‌شده (n=۴۳)

فاکتور نوع حادثه		کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی (n=۳۹)		کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی (n=۴)		P
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	
نوع بروز برق‌گرفتگی	تماس مستقیم با سیم	۲۰/۵	۸	۰	۰	۰/۰۰۱
	تجهیزات برق‌دارشده	۵۳/۹	۲۱	۵۰	۲	
	تجهیزات پرتابل برقی	۲۵/۶	۱۰	۵۰	۲	
ولتاژ برق‌گرفتگی	۱۰۰۰< ولت	۶۱/۵	۲۴	۷۵/۰	۳	۰/۰۰۱
	۱-۱۶ کیلوولت	۲۵/۶	۱۰	۲۵	۱	
	۱۶-۳۵ کیلوولت	۱۲/۸	۵	۰	۰	

جدول ۳: یافته‌های مربوط به فاکتور شرایط ناایمن و اعمال ناایمن در دو گروه مطالعه‌شده (n=۴۳)

فاکتورهای شرایط و اعمال ناایمن		کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی (n=۳۹)		کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی (n=۴)		P
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	
شرایط ناایمن	نظم و انضباط کارگاهی	۷۹/۵	۳۱	۷۵	۳	۰/۰۰۱
	روش کار ناایمن	۲۸/۲	۱۱	۰	۰	
	تجهیزات ناایمن	۳۸/۵	۱۵	۲۵	۱	
	شرایط محیطی نامناسب	۲۰/۵	۸	۲۵	۱	
اعمال ناایمن	خطای درک	۶۴/۱	۲۵	۵۰	۲	۰/۰۰۱
	خطای مهارت	۳۵/۹	۱۴	۲۵	۱	
	خطای تصمیم	۲۵/۶	۱۰	۲۵	۱	

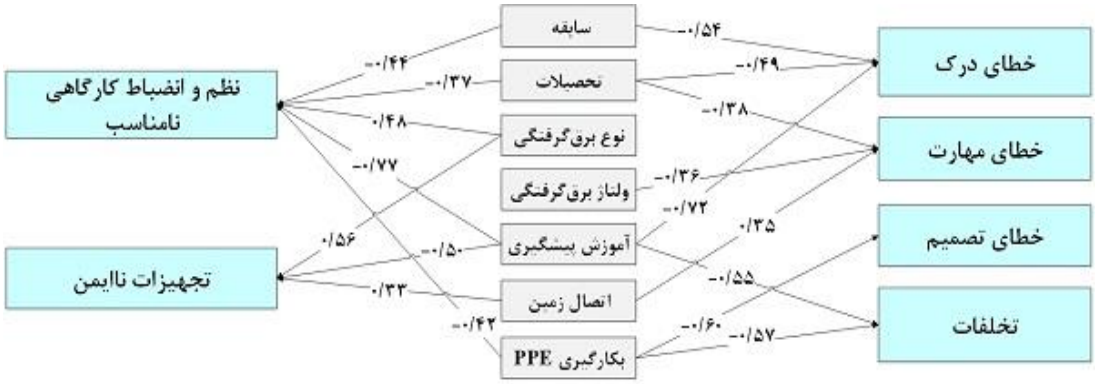
[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

تخلفات	۱۲/۸	۵	۰	۰

جدول ۴: یافته‌های مربوط به فاکتور اقدامات ایمنی در دو گروه مطالعه‌شده (n=۲۳۲)

فاکتورهای اقدامات ایمنی	کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی (n=۱۲۵)		کارگاه‌های دارای اقدام ایمنی (n=۱۰۷)		P
	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
آموزش ایمنی برق (پیشگیری)	۰	۰	۴۳/۹	۴۷	۰/۰۰۱
آموزش ایمنی برق (واکنش)	۰	۰	۴۲	۴۵	۰/۰۰۱
آموزش ایمنی برق (تجهیزات حفاظت فردی)	۳/۲	۴	۴۴	۵۵	۰/۰۰۱
آموزش ایمنی برق (اطفا حریق)	۰	۰	۶۰/۷	۶۵	۰/۰۰۱
سیستم ارتینگ	۰	۰	۶۷/۳	۷۲	۰/۰۰۱
حفاظ جان	۰	۰	۷۶/۶	۸۲	۰/۰۰۱
حفاظ از تجهیزات (قطع‌کننده مدار مینیاتوری و مدارشکن قاب‌بندی‌شده)	۰/۸	۱	۷۲/۰	۷۷	۰/۰۰۱
دیگر سیستم‌های ایمنی (هم‌بندی، اتصال زمین موقت و ...)	۱۱/۲	۱۴	۳۴/۶	۳۷	۰/۰۰۱
تجهیزات حفاظت فردی	۵/۶	۷	۵۵/۱	۵۹	۰/۰۰۱



شکل ۱: نتایج مدل‌سازی ارتباط متغیرهای مطالعه

و ...) و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی به ترتیب ۴۳/۹، ۴۲، ۴۴ ، ۶۰/۷ ، ۶۷/۳ ، ۷۶/۶ ، ۷۲ ، ۳۴/۶ و ۵۵/۱ درصد بود. میزان اجرای اقدامات ایمنی شامل آموزش ایمنی برق (تجهیزات حفاظت فردی)، سیستم حفاظ تجهیزات، دیگر سیستم‌های ایمنی (هم‌بندی، اتصال زمین موقت و ...) و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی به ترتیب ۳/۲، ۰/۸، ۱۱/۲ و ۵/۶ درصد بود (جدول ۴).

نتایج آزمون فیشر نشان داد اختلاف کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و دارای اقدام ایمنی بر اساس اقدامات ایمنی آموزش ایمنی برق (پیشگیری)، آموزش ایمنی برق (واکنش)، آموزش ایمنی برق (تجهیزات حفاظت فردی)، آموزش ایمنی برق (اطفای حریق)، سیستم اتصال به زمین، حفاظ جان و حفاظ تجهیزات معنی‌دار است (P<۰/۰۵). نتایج آزمون کای‌دو نشان داد دو گروه از نظر اجرای دیگر سیستم‌های ایمنی (هم‌بندی، اتصال زمین موقت و ...) و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی نیز اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵) (جدول ۴).

در شکل ۱ نتایج مدل‌سازی ارتباط متغیرهای مطالعه نشان داده شده است. در این مدل برخی از فاکتورها (شامل سن، جنسیت، تأهل، روش کار ناایمن، شرایط محیطی نامناسب، آموزش ایمنی برق (پیشگیری)، حفاظ جان، حفاظ تجهیزات و دیگر سیستم‌های ایمنی (هم‌بندی، اتصال زمین موقت و ...)) به دلیل نداشتن ارتباط معنی‌دار در سطح خطای کمتر از ۵ درصد از مدل نهایی خارج شدند؛ بنابراین، تمامی ضرایب موجود در مدل در سطح خطای کمتر از ۵ درصد معنی‌دار است. نتایج نشان داد آموزش ایمنی برق (پیشگیری) بیشترین ارتباط را با دیگر متغیرها دارد. ارتباط آموزش ایمنی برق (پیشگیری) با متغیرهای خطای درک (ضریب استانداردشده=-۰/۷۲)، تخلفات (ضریب استانداردشده=-۰/۵۵)، نظم و انضباط کارگاهی (ضریب استانداردشده=-۰/۷۷) و تجهیزات ناایمن (ضریب استانداردشده=-۰/۵۰) معکوس و معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). همچنین برآورد شاخص‌های نیکویی برازش در این مدل نشان داد میزان شاخص‌های مجذور کای نسبی، شاخص برازش تطبیقی، شاخص توکر لویس و ریشه میانگین مربعات خطاهای تخمین به ترتیب ۲/۳۴، ۰/۹۶، ۰/۹۴ و ۰/۰۶۱ است (جدول ۵).

جدول ۵: شاخص‌های نیکویی برازش مدل مطالعه‌شده

شاخص	مقادیر
مجذور کای نسبی	۲/۳۴
ریشه میانگین مربعات خطاهای تخمین	۰/۹۶

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

شاخص برازش تطبیقی	۰/۹۴
شاخص توکر لویس	۰/۰۶۱

یافته‌های به‌دست‌آمده در این مطالعه بیانگر نتایج بسیار مهمی در زمینه پارامترهای مؤثر در برق‌گرفتگی، عدم طراحی و اجرای اقدامات ایمنی پیشگیرانه در زمینه ایمنی برق و حوادث برق‌گرفتگی در کارگاه‌های صنعتی کوچک است. یافته‌های این مطالعه نشان دادند میزان حوادث برق‌گرفتگی در کارگاه‌های صنعتی که حداقل سه نوع اقدام ایمنی برای پیشگیری از برق‌گرفتگی را به کار گرفته‌اند، تقریباً یک‌دهم کارگاه صنعتی است که هیچ‌گونه اقدامی در زمینه ایمنی برق انجام نداده‌اند یا حداکثر یک اقدام در این زمینه به‌کار گرفته‌اند؛ بنابراین، می‌توان انتظار داشت در هر صنعتی هر چقدر از سیستم‌ها و اقدامات مختلف برای ایمنی الکتریکی استفاده شود، میزان فراوانی حوادث برق‌گرفتگی و آسیب‌های ناشی از آن کاهش می‌یابد [۱۷،۱۸].

یافته‌های فردی بیانگر این بود که اختلاف میانگین سن و سابقه کار در کارگران شاغل در دو گروه کارگاه‌های صنعتی دارای اقدام ایمنی حوادث بسیار کمتری اتفاق افتاده بود، اما نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد افراد جوان و با سابقه کاری کمتر به‌مراتب ریسک‌پذیرتر هستند و احتمال بروز انواع رفتارهای ناایمن در مواجهه با جریان الکتریکی در آن‌ها بیشتر است [۱۹،۲۰].

یافته‌های مقایسه دو گروه بر اساس فاکتورهای دموگرافیک وضعیت تأهل و میزان تحصیلات نشان داد اختلاف این دو گروه معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است به دلیل تعهد بالا به خانواده و درک شرایط خطر و اتخاذ تصمیم مناسب در زمان مواجهه با خطرات، میزان ریسک بروز حوادث در افراد متأهل و با تحصیلات بالا کمتر است [۲۱].

نتایج مطالعه نشان داد میزان بروز حادثه ناشی از تجهیزات برق‌دارشده در کارگاه‌های بررسی‌شده زیاد بود. همچنین بیشتر حوادث برق‌گرفتگی کارگاه‌های صنعتی در ولتاژ کمتر از یک کیلوولت اتفاق افتاده است. هم‌راستا با این نتایج، یافته‌های برخی مطالعات نشان می‌دهد استفاده از تجهیزات معیوب و برق‌دارشدن آن‌ها می‌تواند منبع خطر بالفعل همیشگی برای بروز انواع حوادث برق‌گرفتگی در محیط کار باشد [۲۲،۲۳].

شرایط و اعمال ناایمن دو رکن اساسی در بروز انواع حوادث و به‌ویژه حوادث الکتریکی و انواع برق‌گرفتگی است [۲۴،۲۵]. نتایج ارزیابی شرایط ناایمن در حوادث الکتریکی در این مطالعه نیز نشان داد نظم و انضباط کارگاهی نامناسب بیشترین نقش را در بروز حوادث برق‌گرفتگی در هر دو گروه داشته است. نتایج ارزیابی‌های صورت‌گرفته در مطالعات مختلف نیز نشان می‌دهد مهم‌ترین عامل ایجاد شرایط ناایمن در محیط‌های صنعتی، نبود نظم و انضباط کارگاهی یا اجرای نامناسب آن است [۲۶،۲۷].

نتایج ارزیابی اعمال ناایمن نیز نشان داد خطای درک بیشترین نقش را در بروز حوادث الکتریکی در دو گروه داشته است. این یافته با نتایج مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است مطابقت دارد [۲۸]. نتایج آزمون فیشر نیز نشان داد اختلاف کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و دارای اقدام ایمنی بر اساس فاکتورهای شرایط ناایمن و اعمال ناایمن معنی‌دار بوده است؛ بنابراین، می‌توان اذعان کرد که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در بهبود ایمنی و نرخ بروز کم حوادث الکتریکی در کارگاه‌های صنعتی دارای اقدام ایمنی، کاهش میزان شرایط ناایمن و اعمال ناایمن بوده است.

بحث

اقدامات ایمنی مورد نیاز برای پیشگیری از بروز حوادث برق‌گرفتگی و کاهش پیامدهای احتمالی آن می‌تواند از طریق انواع فرایندها اعم از آموزش‌های ایمنی مختلف در زمینه پیشگیری از بروز حوادث الکتریکی، الزامات ایمنی حریق‌های الکتریکی، آموزش ایمنی تجهیزات حفاظت فردی، سیستم‌های سخت‌افزاری مانند سیستم اتصال به زمین، انواع کلیدهای قطع‌کننده ایمن مانند قطع‌کننده‌های مدار و دیگر سیستم‌های ایمنی مانند هم‌بندی و اتصال زمین موقت همراه با استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب به‌کار گرفته شود [۲۹]. نتایج این مطالعه نیز نشان داد اختلاف کارگاه‌های بدون اقدام ایمنی و دارای اقدام ایمنی بر اساس اقدامات ایمنی شامل انواع آموزش ایمنی برق و به‌کارگیری سیستم‌های حفاظتی شامل سیستم اتصال به زمین، قطع‌کننده‌های مدار و دیگر سیستم‌های ایمنی مانند هم‌بندی و اتصال زمین موقت و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی معنی‌دار است؛ بنابراین، این یافته یکی از دلایل بسیار مهم در اختلاف زیاد میزان بروز حوادث در گروه کارگاه‌های صنعتی بدون اقدام ایمنی است.

یافته‌های تجزیه‌وتحلیل و مدل‌سازی ارتباط پارامترهای مؤثر در بروز برق‌گرفتگی در این مطالعه یک بار دیگر تأثیرگذاری آموزش‌های پیشگیرانه در زمینه ایمنی برق را تأیید کرد و نشان داد این آموزش‌ها بیشترین ارتباط و تأثیرگذاری را بر دیگر پارامترها مانند خطای درک، بروز تخلف، نظم و انضباط کارگاهی و به‌کارگیری تجهیزات ناایمن داشته‌اند [۳۰]. نتایج این مدل‌سازی نشان داد شرایط ناایمن و اعمال ناایمن به‌عنوان دو فاکتور بسیار مهم در بروز حوادث برق‌گرفتگی می‌توانند معلول عوامل دیگری مانند سابقه و میزان تحصیلات کارگران، نوع سیستم الکتریکی و نوع مواجهه با جریانات الکتریسیته خطرناک، انواع آموزش‌های ایمنی در زمینه برق، به‌کارگیری سیستم‌های ایمنی مانند اتصال زمین و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی نیز باشد. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از برآورد شاخص‌های نیکویی برازش در مدل‌سازی ارتباط متغیرهای مطالعه نیز بیانگر این بود که میزان این شاخص‌ها متناسب با معیارهای مورد نظر بوده و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

مدل به‌دست‌آمده قابل قبول است.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه بیانگر این بود که عملکرد ایمنی برق در کارگاه‌های صنعتی واجد اقدامات ایمنی به شکل معنی‌داری بهتر از کارگاه‌های فاقد ایمنی برق بوده و در این کارگاه‌ها حوادث کمتری به‌وقوع پیوسته است.

لذا، بر اساس یافته‌های منتج از مدل‌سازی صورت‌گرفته در این مطالعه مبنی بر وجود چالش‌های ایمنی برق در کارگاه‌های صنعتی کوچک، نویسندگان پیشنهاد می‌دهند برنامه جامع ایمنی شامل طراحی و ارائه آموزش‌های مختلف و کاربردی در زمینه ایمنی برق، طراحی و اجرای سیستم‌های ایمنی شامل اتصال به زمین و کلیدهای قطع‌کننده مدار مانند کلیدهای حفاظ جان و حفاظ تجهیزات و همچنین پایش بر اجرای مناسب این برنامه جامع توسط واحدهای نظارتی به‌کار گرفته شود.

تشکر و قدردانی

محققان این مطالعه قدردانی صمیمانه خود را از مسئولان محترم ۲۳۲ کارگاه صنعتی مورد مطالعه اعلام می‌دارد. این مطالعه بر مبنای طرح شماره ۹۰۹ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم با کد اخلاق IR.MUQ.REC.1398.109 اجرا شده است.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافعی نداشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه ملاحظات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه صنایع مطالعه رعایت شده است.

سهم نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی و اجرای مطالعه و تنظیم مقاله مشارکت برابر داشته‌اند.

حمایت مالی

این مطالعه توسط معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قم و مبتنی بر طرح شماره ۹۰۹ حمایت مالی این معاونت شده است.

REFERENCES

1. Cadick J. Electrical safety handbook. New York: McGraw-Hill Professional; 2012.
2. Goodarzi R, Arghami S, Pouyakian M. Identification of factors affecting safety culture in Iranian thermal power plants. *J Occup Hyg Eng*. 2016;**3**(2):12-20. DOI: 10.21859/johe-03022
3. Mohammadfam I, Abdolahi F, Karimi S. Assessment and risk management in the laboratories of the school of public health, a medical university using the ACHiL technique. *J Occup Hyg Eng*. 2018;**5**(2):20-7. DOI: 10.21859/johe.5.2.20
4. Khan MK, Aziz UBA, Ahmad F. Deaths due to electrocution-a retrospective study. *Med Legal Update*. 2019;**19**(2):273-5.
5. Hardon SF, Haasnoot PJ, Meij-de Vries A. Burn wounds after electrical injury in a bathtub: a case report. *J Med Case Rep*. 2019;**13**(1):304. PMID: 31554506 DOI: 10.1186/s13256-019-2231-4
6. Perrow C. Normal accidents: living with high risk technologies-updated edition. New Jersey: Princeton University Press; 2011.
7. Kolasangiani H, Omidvari M. Presenting a model for quantitative risk assessment of low voltage electrocution in electricity distribution industry using FTA in fuzzy environment. *Iran Occup Health J*. 2015;**12**(2):50-61. [Persian]
8. Swencki SJ, Smith JE, Roybal DD, Burns D, Wetzel GE, Mohla DC. Electrical safety, arc flash hazards, and" the standards" a comprehensive overview. Record of Conference Papers Industry Applications Society 52nd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, Denver, CO, USA; 2005. DOI: 10.1109/PCICON.2005.1524572
9. Chi CF, Yang CC, Chen ZL. In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *Int J Indust Ergon*. 2009;**39**(4):635-44. DOI: 10.1016/j.ergon.2007.12.003
10. Koumbourlis AC. Electrical injuries. *Crit Care Med*. 2002;**30**(11 Suppl):S424-30. PMID: 12528784 DOI: 10.1097/00003246-200211001-00007
11. Araneo R, Dehghanian P, Mitolo M. Electrical safety of academic laboratories. *IEEE Transact Ind Appl*. 2019;**55**(6):5613-20. DOI: 10.1109/TIA.2019.2934940
12. Andrews CJ, Panescu D. Protocols for documentation of electrical injuries for electrical safety inspectors and emergency medical practitioners. *J Trauma Acute Care Surg*. 2019;**87**(2):483-90. PMID: 31045725 DOI: 10.1097/TA.0000000000002346
13. Zamanian Z, Mehrifar Y. Study health and safety workplace in small and medium size enterprises (HSW-SMEs) in Iran, 2015. *J Occup Health Epidemiol*. 2016;**5**(2):112-20. DOI: 10.18869/acadpub.johe.5.2.112
14. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghim BA, Akbarzadeh M. Studying disabling occupational accidents in the construction industry during two years. *J Occup Hyg Eng*. 2014;**1**(2):57-66. [Persian]
15. Golmohammadi R, Aliabadi M, Motlagh MS, Goodarzi R. efficiency assessment of acoustic cabin for providing acoustic comfort in turbine unit of a thermal power plant. *J Occup Hyg Eng*. 2019;**6**(1):1-7. DOI: 10.21859/johe.6.1.1
16. Shirali G, Nakhaeipour M, Jahani F, Shakib M, Mir I. Identification and evaluation of human errors leading to incidents in a gas refineries using human factors analysis and classification system: case study gas refinery. *J Occup Hyg Eng*. 2018;**4**(4):1-11. DOI: 10.21859/johe.4.4.1
17. Prigmore J, Bishop J, Martens J. Electrical investigations: case studies, common electrical safety mistakes, and lessons learned. IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW), Fort Worth, TX, USA; 2018. DOI: 10.1109/ESW.2018.8727873
18. Fraasch SJ, Condie CR, Howard BT, Jacob L, Lam PS, Rehberger TJ, et al. Methods of ensuring pulsed field ablation generator system electrical safety. New York: Us Patent Application; 2018.
19. Massey BK, Sait MA, Johnson WL, Ripple M, Fowler DR, Li L. Deaths due to electrocution: an evaluation of death scene investigations and autopsy findings. *J Foren Sci Med*. 2018;**4**(4):179. DOI: 10.4103/jfsm.jfsm_57_18
20. Nayak GH, Karlawad MB. A profile of electrocution deaths. *Indian J Foren Med Toxicol*. 2019;**13**(1):79-83.
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):e33595. PMID: 27800465 DOI: 10.5812/atr.33595
22. Mebarki B, Bengharbi M, Mokdad M, Bouabdellah L. Burning and electrocution risk's evaluation and prevention procedures: a case study in a production work shop.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]

International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Manhattan, USA; 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-60525-8_34
23. Mitolo M, Bajzek T. Measuring the electrical safety in low-voltage distribution systems. 54th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, Niagara Falls, ON, Canada; 2018. DOI: 10.1109/ICPS.2018.8369975
24. Yu KS, Kim JM. A study on the form of electric shock accident using Swiss cheese model. *Transact Korean Institute Electrical Eng*. 2018;**67**(12):1711-6. DOI: 10.5370/KIEE.2018.67.12.1711
25. Ahmad S, Iraj M, Abbas M, Mahdi A. Analysis of occupational accidents induced human injuries: A case study in construction industries and sites. *J Civil Eng Construct Technol*. 2016;**7**(1):1-7. DOI: 10.5897/JCECT2015.0379
26. Sah DP, Mishra AK. Industrial accidents in Jute Mills of Nepal. *South Asian Res J Eng Technol*. 2019;**1**(2):73-81. DOI: 10.36346/SARJET.2019.v01i02.005
27. Rehan M. Workplace safety and health conditions and facilities in small industries in Jeddah Saudi Arabia. *J Saf Stud*. 2017;**3**(1):37-52. DOI: 10.5296/jss.v3i1.11104
28. Jamil S, Golding A, Floyd HL, Capelli-Schellpfeffer M. Human factors in electrical safety. Petroleum and Chemical Industry Technical Conference, Calgary, Alta., Canada; 2007. DOI: 10.1109/PCICON.2007.4365804
29. Gore PK, Mane A. Electrical hazards and safety. *Int J Pure Appl Math*. 2018;**120**(6):11997-2008.
30. Parise G, Sutherland PE, Moylan WJ. Electrical safety for employee workplaces in Europe and in the USA. *IEEE Transact Indust Appl*. 2005;**41**(4):1091-8. DOI: 10.1109/TIA.2005.851011

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/johe.7.2.32]