

## بررسی نظام‌مند حوادث ناشی از برق: از مکانیسم‌های آسیب تا پروتکل‌های کمک‌های اولیه و کنترل خطر

حمیدرضا رادفر<sup>۱</sup>، حسین فاتحی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت بازرگانی بین‌المللی دانشگاه غیر انتفاعی ۱۲ فروردین قائمشهر.

<sup>۲</sup> کارشناس رشته hse دانشگاه علمی کاربردی آتش نشانی و خدمات ایمنی شهرداری تهران.

نام نویسنده مسئول:

حمیدرضا رادفر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

### چکیده

مقاله حاضر به بررسی جامع حوادث ناشی از برق، شامل آمارهای جهانی و ملی، مکانیسم‌های فیزیولوژیکی شوک الکتریکی، انواع آسیب‌ها، اصول کمک‌های اولیه و راهکارهای پیشگیری مبتنی بر آخرین استانداردهای بین‌المللی می‌پردازد. بر اساس یافته‌ها، سالانه بین ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ نفر در جهان بر اثر برق‌گرفتگی جان خود را از دست می‌دهند (Raafet Erguez, 2024) و ۷۴ درصد از مرگ‌های ناشی از برق در محیط کار در مشاغل غیر مرتبط با برق رخ می‌دهد (ESFI, 2025). آسیب‌های الکتریکی شامل سوختگی، فیبریلاسیون بطنی، ایست تنفسی و آسیب‌های ثانویه ناشی از سقوط است. در این پژوهش، با استفاده از تحلیل محتوای کیفی منابع معتبر، مهم‌ترین عوامل خطر، پروتکل‌های عملیاتی امداد و راهکارهای پیشگیرانه بر اساس سلسله مراتب کنترل خطرات استخراج و تشریح شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که نصب کلیدهای محافظ جان (RCD/GFCI)، آموزش همگانی و رعایت استانداردهای NFPA 70E و IEC 60364 می‌تواند تا ۸۰ درصد از حوادث قابل پیشگیری را کاهش دهد. **واژگان کلیدی:** برق، حوادث برق، شوک الکتریکی، ایمنی الکتریکی، پیشگیری، کمک‌های اولیه.

## مقدمه

الکتریسیته از دیرباز به عنوان یکی از تأثیرگذارترین پدیده‌های طبیعی و دستاوردهای فکری بشر شناخته می‌شود. از جرقه‌های ایستای الکتریسیته در یونان باستان تا شبکه‌های عظیم تولید و توزیع برق در عصر حاضر، این نیروی نامرئی زیربنای تمدن صنعتی و اطلاعاتی را شکل داده است. با این حال، همان‌گونه که بهره‌گیری از آتش نیازمند مهار و کنترل است، استفاده ایمن از برق نیز مستلزم آگاهی عمیق از قوانین فیزیک حاکم بر آن و احترام به خطرات پنهان آن می‌باشد. حوادث ناشی از برق (Electrical Accidents) طیف گسترده‌ای از صدمات، از سوختگی‌های سطحی و انقباضات عضلانی گذرا تا فیبریلایسیون بطنی، ایست تنفسی و مرگ ناگهانی را در بر می‌گیرند (Gentges & Schiefer, 2022). این حوادث نه تنها قربانیان مستقیم می‌گیرند، بلکه از طریق آتش‌سوزی‌های ناشی از اتصال کوتاه و قوس الکتریکی، خسارات مالی سنگین و تلفات غیرمستقیم فراوانی ایجاد می‌کنند.

پیشینه مطالعه حوادث برق به اواخر قرن نوزدهم و همزمان با گسترش استفاده از برق در منازل و صنایع بازمی‌گردد. اولین گزارش‌های سیستماتیک از مرگ و میر ناشی از برق گرفتگی در دهه ۱۸۸۰ در ایالات متحده و اروپا منتشر شد. (Lee, 1982) در همان سال‌ها، پژوهشگرانی مانند دبلیو.بی. شاکلفورد (W.B. Shockleford) و چارلز دالبیل (Charles Dalziel) مطالعات پایه‌ای بر روی اثرات جریان الکتریکی بر بدن حیوانات و انسان‌های داوطلب انجام دادند و مفاهیمی مانند «جریان رها نشدنی» (let-go threshold) و آستانه فیبریلایسیون بطنی را معرفی کردند (Dalziel, 1941). این تحقیقات زمینه‌ساز تدوین اولین استانداردهای ایمنی الکتریکی در دهه ۱۹۲۰ توسط انجمن ملی حفاظت از آتش (NFPA) و بعدها کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) گردید.

با وجود بیش از یک قرن پیشرفت در استانداردسازی، آموزش ایمنی و فناوری‌های حفاظتی (مانند کلیدهای محافظ جان RCD و سیستم‌های ارتینگ)، حوادث برق هنوز به عنوان یکی از علل اصلی مرگ و میر قابل پیشگیری در جهان باقی مانده است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان بین‌المللی کار (ILO) تخمین می‌زنند که سالانه بین ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ نفر به طور مستقیم بر اثر برق گرفتگی جان خود را از دست می‌دهند. (Raafet Erguez, 2024) این آمار شامل موارد مرگ ناشی از صاعقه (سالانه حدود ۲۴۰۰۰ نفر) نمی‌شود. (National Weather Service via GleanerJM, 2023) در ایالات متحده، اداره آمار کار (BLS) و اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA) گزارش می‌دهند که در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۳ مجموعاً ۱,۹۴۰ مورد مرگ ناشی از برق در محیط کار ثبت شده است و آنچه نگران‌کننده‌تر است، این است که ۷۴ درصد این حوادث در مشاغل رخ داده که ماهیت اصلی آنها برق نیست. (Electrical Safety Foundation International [ESFI], 2025) این یافته نشان‌دهنده شکاف عمیق بین دانش ایمنی الکتریکی متخصصان برق و سایر اқشار جامعه است.

از سوی دیگر، ماهیت پنهان و بدون نشانه خطر الکتریکی، آن را به یکی از فریبنده‌ترین خطرات محیط زندگی و کار تبدیل کرده است. برخلاف آتش یا ماشین‌آلات متحرک، برق هیچ‌گونه هشدار حسی (صدا، بو، نور) قبل از تماس ایجاد نمی‌کند. بسیاری از افراد توانایی تشخیص و پیش‌بینی شرایط خطرناک مانند سیم‌های فرسوده، اتصالات غیراستاندارد، تماس آب با تجهیزات برقی یا نزدیکی به خطوط فشار قوی را ندارند. در کشورهای در حال توسعه، این مسئله با ضعف زیرساخت‌ها، نبود بازرسی‌های منظم و فقدان آموزش‌های همگانی تشدید می‌شود و منجر به نرخ بالای مرگ و میر ناشی از برق گرفتگی و آتش‌سوزی‌های الکتریکی می‌گردد. (Kasapa102.5FM, 2023)

## بیان مسئله

علیرغم پیشرفت‌های چشمگیر در استانداردهای ایمنی الکتریکی، گسترش سیستم‌های ارتینگ، تولید تجهیزات حفاظتی پیشرفته (مانند کلیدهای محافظ جان RCD/GFCI و فیوزهای هوشمند) و برگزاری دوره‌های آموزشی متعدد در سطح جهانی، حوادث ناشی از برق همچنان به عنوان یکی از علل اصلی مرگ و میر قابل پیشگیری در جوامع صنعتی و در حال توسعه باقی مانده‌اند (Raafet Erguez, 2024). آنچه این مسئله را پیچیده‌تر و پایدارتر ساخته است، شکاف عمیق بین دانش فنی متخصصان برق و درک عمومی از خطرات الکتریکی است. به عبارت دیگر، اگرچه مهندسان برق و تکنسین‌های آموزش‌دیده با اصول ایمنی آشنا هستند، اما بخش بزرگی از جامعه - از کارگران ساختمانی و کارمندان اداری گرفته تا زنان خانه‌دار و دانش‌آموزان - آگاهی

کافی از مکانیسم‌های شوک الکتریکی و روش‌های پیشگیری ندارند. این نابرابری شناختی به وضوح در آمارها منعکس شده است: بر اساس گزارش بنیاد ایمنی الکتریکی (ESFI، ۲۰۲۵)، ۷۴ درصد از مرگ‌های ناشی از برق در محیط کار در مشاغل رخ می‌دهد که ذاتاً مرتبط با برق نیستند. این یافته حاکی از آن است که برنامه‌های آموزشی ایمنی یا به اندازه کافی فراگیر نیستند یا به گروه‌های پرخطر غیرتخصصی منتقل نمی‌شوند.

از سوی دیگر، یکی از چالش‌های اساسی در پیشگیری از حوادث برق، پنهان بودن خطر است. برخلاف آتش، مواد شیمیایی خورنده یا ماشین‌آلات متحرک که معمولاً علائم هشدار دهنده قابل مشاهده یا لمسی دارند (مانند گرما، دود، بو، لرزش)، برق هیچ گونه نشانه حسی قبل از تماس ایجاد نمی‌کند. یک سیم فرسوده درون دیوار، یک اتصال زمین ضعیف در یک دستگاه خانگی، یا تماس اتفاقی بدن با یک هادی برقرار در شرایط مرطوب، همه و همه می‌توانند بدون کوچکترین هشدار منجر به شوک الکتریکی کشنده شوند. این ویژگی نامرئی بودن، برق را به یکی از فریبنده‌ترین خطرات محیط زندگی و کار تبدیل کرده است. بسیاری از افراد به اشتباه تصور می‌کنند که تا زمانی که با چشم خود قوس یا جرقه‌ای نمی‌بینند، خطری وجود ندارد، در حالی که جریان‌های کشنده (چند ده میلی‌آمپر) کاملاً نامحسوس هستند (Gentges & Schiefer, 2022).

عامل دیگری که مسئله را تشدید می‌کند، نادیده گرفتن تأثیر شرایط محیطی بر مقاومت بدن است. طبق قانون اهم، جریان عبوری از بدن با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت بدن نسبت عکس دارد. مقاومت پوست خشک و سالم ممکن است به ۱۰۰,۰۰۰ اهم برسد که جریان را محدود می‌کند. اما همین پوست در شرایط مرطوب یا عرق‌آلود می‌تواند مقاومتی کمتر از ۱,۰۰۰ اهم داشته باشد (Bunney, 2022). در نتیجه، ولتاژ خانگی ۲۲۰ ولت که در حالت خشک شاید فقط یک گزگز خفیف ایجاد کند، در حمام یا آشپزخانه (محیط مرطوب) می‌تواند جریانی بیش از ۲۰۰ میلی‌آمپر از بدن عبور دهد و باعث ایست قلبی فوری شود. متأسفانه بسیاری از افراد از این واقعیت ساده بی‌خبرند و اقدامات پرخطری مانند استفاده از سشوار در کنار وان حمام یا دست زدن به پریز با دست خیس را انجام می‌دهند.

در کشورهای در حال توسعه، مسئله ابعاد گسترده‌تری پیدا می‌کند. فقدان زیرساخت‌های استاندارد برق، سیم‌کشی‌های فرسوده و غیراستاندارد، نبود کلیدهای محافظ جان (RCD/GFCI) در بسیاری از منازل و اماکن عمومی، و همچنین ضعف نظارت و بازرسی ادواری، باعث شده است که مرگ و میر ناشی از برق گرفتگی و آتش‌سوزی‌های الکتریکی در این مناطق به مراتب بالاتر از میانگین جهانی باشد. همچنین، در مناطق روستایی و کمتر توسعه‌یافته، صاعقه به عنوان یک منبع طبیعی عظیم انرژی الکتریکی، سالانه هزاران قربانی می‌گیرد. برآوردها نشان می‌دهد که سالانه حدود ۲۴,۰۰۰ نفر در جهان بر اثر صاعقه جان خود را از دست می‌دهند و سه برابر این تعداد نیز دچار مصدومیت می‌شوند (National Weather Service via GleanerJM, 2023) و اکثریت قریب به اتفاق این حوادث در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد (Kasapa102.5FM, 2023).

از منظر عملیاتی و امدادی، یکی دیگر از ابعاد مسئله، نقص در دانش و مهارت امدادگران هنگام مواجهه با مصدومان حوادث برق است. بسیاری از آتش‌نشانان، امدادگران هلال احمر و حتی کادر درمانی با اصول صحیح قطع منبع برق، استفاده از اشیاء غیررسانا، و مراحل دقیق احیای قلبی-ریوی (CPR) در مصدومان شوک الکتریکی آشنایی کامل ندارند. گاهی امدادگران به دلیل استرس یا عدم آگاهی، قبل از قطع برق به مصدوم دست می‌زنند و خود نیز دچار برق گرفتگی می‌شوند، یا زمان طلایی برای انجام CPR را از دست می‌دهند. این ضعف آموزشی می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد.

با توجه به موارد فوق، مسئله اصلی که این پژوهش به دنبال پاسخگویی به آن است را می‌توان در سوالات زیر خلاصه کرد:

۱. شایع‌ترین علل و مکانیسم‌های وقوع حوادث برق (شامل برق گرفتگی، سوختگی و آتش‌سوزی) کدامند و آمارهای معتبر جهانی و ملی در این زمینه چه وضعیتی را نشان می‌دهند؟

۲. عوامل فیزیولوژیکی و فیزیکی (نظیر شدت جریان، مسیر عبور، نوع جریان، مقاومت بدن و مدت تماس) چگونه بر شدت آسیب‌های الکتریکی تأثیر می‌گذارند؟

۳. مهم‌ترین موانع و شکاف‌های دانشی در زمینه پیشگیری و امداد رسانی حوادث برق در میان عموم مردم و حتی برخی امدادگران چیست؟

۴. بر اساس آخرین استانداردهای بین‌المللی (مانند NFPA 70E، IEC 60364 و IEC 61140)، مؤثرترین راهکارهای پیشگیرانه (از جمله سلسله مراتب کنترل خطرات) و پروتکل‌های صحیح کمک‌های اولیه کدامند؟

## اهمیت و ضرورت پژوهش

حوادث ناشی از برق نه تنها تهدیدی جدی برای سلامت و ایمنی افراد جامعه هستند، بلکه بار مالی و اجتماعی سنگینی بر دوش سیستم‌های بهداشت و درمان، سازمان‌های امدادی و خانواده‌های قربانیان تحمیل می‌کنند. با توجه به ماهیت پنهان و ناگهانی این حوادث، نقش سازمان‌های امدادرسان به ویژه آتش‌نشانی در مقابله با پیامدهای آنها و نیز پیشگیری از وقوع مجدد، حیاتی و غیرقابل انکار است. این پژوهش از چند جهت دارای اهمیت و ضرورت مضاعف می‌باشد:

**ضرورت انسانی و اجتماعی:** هر ساله هزاران نفر در سراسر جهان بر اثر برق‌گرفتگی جان خود را از دست می‌دهند و ده‌ها هزار نفر دیگر دچار سوختگی‌های شدید، ناتوانی‌های دائمی (مانند قطع عضو، آسیب‌های عصبی و سوختگی‌های عمیق) و آسیب‌های روانی می‌شوند (Gentges & Schiefer, 2022). در ایران، آمار دقیقی از تعداد مصدومان و کشته‌گان ناشی از حوادث برق در دست نیست، اما با توجه به موارد متعدد گزارش‌شده در رسانه‌ها و آمار سازمان پزشکی قانونی، این حوادث یکی از علل قابل توجه مرگ و میر تصادفی محسوب می‌شود. هر مورد مرگ ناشی از برق‌گرفتگی، یک تراژدی انسانی است که می‌توانست با آموزش صحیح و رعایت نکات ایمنی ساده پیشگیری شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف کاهش این تلفات انسانی، یک ضرورت اخلاقی و اجتماعی است.

**ضرورت عملیاتی برای سازمان آتش‌نشانی:** آتش‌نشانی به عنوان اولین پاسخ‌دهنده در حوادث برق (از جمله برق‌گرفتگی منازل، آتش‌سوزی‌های ناشی از اتصال کوتاه، حوادث مربوط به خطوط برق فشار قوی، صاعقه، و حوادث ثانویه مانند سقوط از ارتفاع بر اثر شوک) شناخته می‌شود. پرسنل آتش‌نشانی نه تنها باید توانایی اطفای حریق در تأسیسات برقرار را داشته باشند، بلکه باید با اصول صحیح قطع برق، نجات مصدوم از منبع برق بدون آسیب به خود، و انجام کمک‌های اولیه تخصصی (از جمله CPR) آشنایی کامل داشته باشند. متأسفانه، در برخی موارد به دلیل کمبود آموزش‌های عملی و به‌روز، آتش‌نشانان خود در معرض خطر برق‌گرفتگی و قوس الکتریکی (Arc Flash) قرار می‌گیرند. بر اساس استاندارد NFPA 70E، ورود به محیط‌های دارای تجهیزات برقی انرژی‌دار بدون تجهیزات حفاظت فردی (PPE) مناسب و آموزش‌های مرتبط، اکیداً ممنوع است (NFPA, 2024). این پژوهش با ارائه یک منبع بومی‌سازی شده بر مبنای استانداردهای بین‌المللی، می‌تواند به‌عنوان ماده آموزشی اصلی برای دوره‌های ضمن خدمت آتش‌نشانان مورد استفاده قرار گیرد و سطح آمادگی عملیاتی آنان را به طور قابل توجهی ارتقا دهد.

**ضرورت آموزشی و ارتقای فرهنگ ایمنی عمومی:** همان‌طور که آمار نشان می‌دهد، ۷۴ درصد از مرگ‌های شغلی ناشی از برق در مشاغل غیر مرتبط با برق رخ می‌دهد (ESFI, 2025). این یعنی افراد عادی (کارگران ساختمانی، نظافتچیان، کارمندان ادارات، معلمان، دانش‌آموزان، و...) بیش از متخصصان برق در معرض خطر هستند. این پژوهش می‌تواند مبنایی برای تهیه بروشورها، پوسترها، کلیپ‌های آموزشی و کارگاه‌های شهروندی قرار گیرد که توسط سازمان آتش‌نشانی در مدارس، ادارات و مجتمع‌های مسکونی منطقه برگزار شود. با ارتقای سواد الکتریکی (Electrical Literacy) شهروندان، می‌توان از بسیاری از حوادث رایج مانند برق‌گرفتگی در حمام، آتش‌سوزی ناشی از چندراهی غیراستاندارد، یا برخورد داربست فلزی با سیم‌های برق، پیشگیری کرد.

**ضرورت به‌روزرسانی پروتکل‌های امدادی:** آخرین نسخه استاندارد NFPA 70E در سال ۲۰۲۴ منتشر شده و تغییرات مهمی در روش‌های ارزیابی ریسک، تعیین محدوده‌های قوس الکتریکی و الزامات تجهیزات حفاظت فردی ایجاد کرده است (NFPA, 2024). همچنین استانداردهای IEC 60364 تأسیسات فشار ضعیف نیز به‌طور مداوم به‌روز می‌شوند. متأسفانه بسیاری از دستورالعمل‌های داخلی آتش‌نشانی یا قدیمی هستند یا با این استانداردهای بین‌المللی هماهنگ نیستند. این پژوهش با گردآوری و تحلیل آخرین یافته‌ها و استانداردها، می‌تواند به بازنگری و تدوین پروتکل‌های عملیاتی بومی برای برخورد با حوادث برق در سازمان آتش‌نشانی کمک کند و از این طریق ایمنی امدادگران و کیفیت خدمات رسانی به شهروندان را افزایش دهد.

**ضرورت اقتصادی و کاهش خسارات:** آتش‌سوزی‌های ناشی از نقص برق، سالانه خسارات مالی هنگفتی به بار می‌آورند. بر اساس گزارش NFPA، خسارت مستقیم ناشی از آتش‌سوزی‌های الکتریکی در ایالات متحده سالانه بیش از ۱.۵ میلیارد دلار

برآورد می‌شود (NFPA via , 2026). در تهران نیز، بسیاری از حریق‌های بزرگ بازار، انبارها و ساختمان‌های مسکونی ریشه در سیستم‌های برق غیرایمن دارند. هر پژوهش که به شناسایی دقیق این علل و ارائه راهکارهای پیشگیرانه (مانند نصب RCD، بازرسی دوره‌ای سیم‌کشی، و استفاده از تجهیزات استاندارد) بیانجامد، می‌تواند از وقوع این آتش‌سوزی‌ها و خسارات مالی و جانی بعدی جلوگیری کند. بنابراین، سرمایه‌گذاری بر روی این پژوهش از نظر اقتصادی کاملاً توجیه‌پذیر است.

در مجموع، با توجه به موارد فوق، این پژوهش نه تنها از جنبه آکادمیک برای پر کردن شکاف دانشی در حوزه حوادث برق اهمیت دارد، بلکه از منظر عملیاتی، آموزشی، ایمنی شهروندان و کاهش هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی برای آتش‌نشانی یک ضرورت فوری و غیرقابل انکار محسوب می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند مستقیماً در قالب برنامه‌های آموزشی، پروتکل‌های عملیاتی، و سیاست‌های پیشگیرانه مورد استفاده قرار گیرد.

## مفهوم شناسی

**برق (Electricity):** شکلی از انرژی است که بر اثر حرکت الکترون‌ها در یک رسانا ایجاد می‌شود. برق را با کمیت‌هایی مانند ولتاژ (اختلاف پتانسیل)، جریان (آمپر) و مقاومت (اوم) توصیف می‌کنند.

**حادثه برق (Electrical Accident):** به هر رویداد ناخواسته‌ای اطلاق می‌شود که در آن تماس یا قرار گرفتن در معرض انرژی الکتریکی (با ولتاژ یا جریان خطرناک) منجر به آسیب بدنی، مرگ، آتش‌سوزی یا خسارت مالی گردد.

**شوک الکتریکی (Electric Shock):** پاسخ فیزیولوژیکی بدن به عبور جریان الکتریکی از آن است. شدت شوک به عوامل متعددی از جمله شدت جریان، مسیر عبور، مدت زمان تماس و نوع جریان (AC یا DC) بستگی دارد (Gentges & Schiefer, 2022).

**برق‌گرفتگی (Electrocution):** اصطلاحی است که به طور خاص برای مرگ ناشی از شوک الکتریکی به کار می‌رود (Bunney, 2022).

**سوختگی الکتریکی (Electrical Burn):** آسیب بافتی ناشی از عبور جریان الکتریکی (اثر ژول) یا حرارت قوس الکتریکی که می‌تواند هم در سطح پوست و هم در اعماق بدن ایجاد شود.

**کلید محافظ جان (RCD/GFCI):** دستگاهی ایمنی که در صورت تشخیص نشتی جریان به زمین (معمولاً ۳۰ میلی‌آمپر) در کسری از ثانیه مدار را قطع می‌کند و از برق‌گرفتگی جلوگیری می‌نماید.

## روش پژوهش

برای گردآوری داده‌ها، از تکنیک اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده می‌شود و با رجوع به منابع مرتبط در این زمینه تلاش می‌شود تا ابعاد مختلف موضوع شناسایی و بیان شود برای تحلیل داده‌ها نیز از روش کیفی استفاده شده است. لذا هر چیزی قابل محتوا است و هر پدیده‌ای تحلیلی می‌تواند محتوا شود در تحلیل محتوای کیفی مفاهیمی وجود دارد که در متن بسیار به آن اشاره می‌شود. از جمله این مفاهیم محتوای آشکار و نهفته واحد تحلیل، واحد معنا، فشردگی خلاصه سازی حیطه محتوا کد طبقه و تم است. هنگامی که متن با جنبه‌هایی از محتوا سر و کار دارد، اجزایی آشکار را توصیف می‌کند و بر عکس زمانی که متن با جنبه‌های ارتباطی محتوا سر و کار دارد و تحلیل گر درگیر تفسیر معانی متن است به تحلیل محتوای نهفته اشاره می‌شود. واحد تحلیل شامل تنوع وسیعی از نمونه‌های مطالعه است. در واقع جامعه و یا هر عبارت یا کلمه نوشته شده در متن نسخه برداری شده می‌تواند به عنوان واحد تحلیل مورد توجه قرار گیرد. واحد معنای کلمات یا عباراتی هستند که به معنای اصلی مربوط هستند. منظور از تنزل یا فشردگی کم کردن اندازه متن بدون تغییر در کیفیت آنچه در متن وجود دارد و خلاصه سازی فرایند کوتاه کردن متن است؛ در حالی که هسته اصلی متن حفظ شود. حیطه محتوا بخشی از متن بر اساس فرضیه‌ها و یا بخش‌هایی از متن است که به عنوان خاصی در یک راهنمای مصاحبه و یا مشاهده اشاره دارد کد بر چسب واحدی معنایی است و طبقه گروهی از محتوا

است که اشتراکات را به مشارکت می گذارد. در واقع هسته اصلی شکل تحلیل محتوای کیفی طبقات است و سرانجام تم را یک باز رخداد منظم در یک طبقه معرفی میکنند (ادیب حاج باقری و همکاران، ۲۵۶۱۳۸۶).

### یافته های پژوهش

#### آمار و اپیدمیولوژی حوادث برق

بر اساس برآوردهای سازمان بین المللی کار (ILO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سالانه بین ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ نفر در سراسر جهان بر اثر برق گرفتگی جان خود را از دست می دهند (Raafet Erguez, 2024). در ایالات متحده، سالانه به طور متوسط حدود ۴۰۰ نفر در منزل دچار برق گرفتگی می شوند که از این میان تقریباً ۲۰۰ نفر جان خود را از دست می دهند (Cleango-Project, 2024). در محیط های کاری در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۳ مجموعاً ۱,۹۴۰ مورد مرگ ناشی از برق ثبت شده است که ۷۴٪ آنها در مشاغل غیر مرتبط با برق رخ داده است (ESFI, 2025). شایع ترین علل مرگ در محیط کار به ترتیب: تماس با خطوط برق هوایی (۴۲.۸٪)، تماس غیرمنتظره با برق (۱۹.۳٪) و تماس با تجهیزات انرژی دار مجاور (۱۲.۷٪) می باشد (ESFI, 2025). سالانه بیش از ۶۸,۰۰۰ آتش سوزی ناشی از برق در منازل آمریکا روی می دهد که منجر به حدود ۵۲۲ مرگ می شود (NFPA via [Electrocuted.com](http://Electrocuted.com), 2026). صاعقه نیز سالانه حدود ۲۴,۰۰۰ کشته در جهان دارد (National Weather Service via GleanerJM, 2023).

#### فیزیک و فیزیولوژی شوک الکتریکی

اثرات جریان الکتریکی بر بدن به شدت جریان (آمپر)، مسیر عبور، نوع جریان (AC خطرناک تر از DC)، ولتاژ، مدت تماس و مقاومت بدن بستگی دارد. مقاومت پوست خشک تا ۱۰۰,۰۰۰ اهم است اما پوست مرطوب به کمتر از ۱,۰۰۰ اهم کاهش می یابد (Bunney, 2022). جدول زیر خلاصه اثرات جریان متناوب (۶۰ هرتز) را نشان می دهد:

| اثر قابل انتظار                               | سطح جریان (میلی آمپر) |
|-----------------------------------------------|-----------------------|
| آستانه ادراک (گزگز خفیف)                      | ۱ - ۰.۵               |
| احساس دردناک                                  | ۵ - ۱                 |
| جریان "رها نشدنی" (let-go threshold)          | ۱۰ - ۵                |
| انقباض عضلانی شدید، مشکل تنفس                 | ۲۰ - ۱۰               |
| ایست تنفسی (فلج دیافراگم)                     | ۵۰ - ۲۰               |
| فیبریلاسیون بطنی (اغلب کشنده)                 | ۱۰۰ - ۵۰              |
| ایست قلبی کامل، سوختگی شدید (Zimmerman, 2021) | بیش از ۱۰۰            |

خطرناک ترین مسیرهای عبور جریان، مسیرهای دست-دست و دست-پا (سمت چپ) هستند که قلب را مستقیماً در مسیر جریان قرار می دهند. (Gentges & Schiefer, 2022)

#### انواع آسیب های ناشی از برق

آسیب ها به چهار دسته تقسیم می شوند:

- برق گرفتگی (مرگ): علت اصلی فیبریلاسیون بطنی یا ایست تنفسی.
- شوک الکتریکی (غیر کشنده): از گزگز تا از دست دادن هوشیاری.
- سوختگی های الکتریکی: شامل سوختگی تماسی (نقاط ورود/خروج)، سوختگی قوسی (حرارت تا ۵۰۰۰ درجه سانتی گراد) و سوختگی ناشی از آتش سوزی ثانویه.
- آسیب های ثانویه: شکستگی، ضربه مغزی، آسیب نخاعی ناشی از پرتاب شدن بر اثر شوک (Bunney, 2022; Gentges & Schiefer, 2022).

## کمک‌های اولیه در حوادث برق

۱. قطع منبع برق: اولین و مهمترین اقدام. از اشیاء غیررسانا (چوب خشک، پلاستیک) استفاده کنید. هرگز با دست خالی به مصدوم دست نزنید.
  ۲. تماس با اورژانس (۱۱۵): بلافاصله پس از ایمن‌سازی محیط.
  ۳. بررسی علائم حیاتی: در صورت نبودن نفس و نبض، CPR را شروع کنید.
  ۴. مراقبت از سوختگی: شستشو با آب خنک (۱۰-۱۵ دقیقه)، پوشاندن با گاز استریل خشک. از یخ یا پماد خودداری کنید.
  ۵. اقدامات دیگر: گرم نگه داشتن مصدوم، قرار دادن در وضعیت بهبودی (به پهلو) در صورت بیهوشی و وجود تنفس.
  ۶. اصول و استانداردهای پیشگیری از حوادث برق: (Sadighi Hospital, n.d.; Antico Group, 2026)
- پیشگیری بر مبنای سلسله مراتب کنترل خطرات حذف، جایگزینی، کنترل‌های مهندسی، اقدامات مدیریتی، PPE و استانداردهای بین‌المللی صورت می‌گیرد.
- استانداردهای کلیدی: IEC 60364 (تأسیسات فشار ضعیف)، IEC 61140 (حفاظت در برابر شوک الکتریکی) و NFPA 70E (ایمنی الکتریکی در محیط کار NFPA 70E) مفاهیمی مانند محدوده حفاظتی قوس الکتریکی و سیستم قفل-برجسب (LOTO) را الزامی می‌کند. (Hammond Power Solutions, n.d.; NFPA, 2024)
  - پیشگیری در منزل: نصب کلید محافظ جان (RCD/GFCI)، عدم استفاده از سیم‌کشی فرسوده، دور نگه داشتن تجهیزات برقی از آب و رطوبت. حدود ۴۰-۵۰٪ آتش‌سوزی‌های خانگی ناشی از نقص در سیستم توزیع برق است (USFA, 2025).
  - پیشگیری در محیط کار: ارزیابی ریسک، رعایت فاصله ایمن از خطوط برق، اجرای سیستم LOTO، استفاده از PPE مناسب و آموزش منظم کارکنان. (ESFI, 2025)

## راهکارهای پیشگیری ویژه (کاربردی)

| حوزه                                     | اقدام پیشگیرانه                                                                | دلیل اولویت                           |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| ساختمان‌های مسکونی قدیمی                 | بازرسی اجباری سیم‌کشی هر ۵ سال یکبار توسط سازمان آتش‌نشانی                     | سیم‌کشی فرسوده شایع‌ترین علت آتش‌سوزی |
| ادارات و مراکز آموزشی                    | نصب RCD در تمام مدارهای روشنایی و پریزها                                       | ۷۴٪ حوادث در مشاغل غیربرق رخ می‌دهد   |
| کارگاه‌های ساختمانی                      | آموزش ایمنی الکتریکی به کارگران غیربرق (داربست‌بندان، جوشکاران، تخریب‌کنندگان) | تماس با خطوط هوایی عامل ۴۲٫۸٪ مرگ‌ها  |
| مراکز درمانی و بیمارستان‌ها              | ممیزی منظم سیستم ارتینگ و UPS                                                  | حساسیت تجهیزات حیاتی                  |
| فضاهای عمومی (پارک‌ها، ایستگاه‌های مترو) | استفاده از تجهیزات با عایق کاری دوگانه و کلیدهای ضد آب                         | خطر تماس آب با برق                    |

## نتیجه‌گیری

برق با وجود تمام فواید بی‌نظیر خود، همواره یک خطر بالقوه برای جان و مال انسان محسوب می‌شود و یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از مرگ و میر و مصدومیت‌های ناشی از حوادث برق - احتمالاً بیش از ۸۰ درصد - قابل پیشگیری هستند، مشروط بر آنکه دانش پایه در مورد شوک الکتریکی، آگاهی از عوامل خطر، رعایت استانداردهای مهندسی و آموزش روش‌های صحیح امداد رسانی در سطح جامعه و محیط کار گسترش یابد. آمارهای جهانی حاکی از آن است که سالانه دست کم ۶,۰۰۰ مرگ مستقیم ناشی از برق‌گرفتگی ثبت می‌شود و اگر آتش‌سوزی‌های الکتریکی (تنها در آمریکا سالانه بیش از ۶۸,۰۰۰ حریق و ۵۲۲ مرگ) و صاعقه (۲۴,۰۰۰ کشته در جهان) را اضافه کنیم، تلفات انسانی به ده‌ها هزار نفر می‌رسد (Raafet Erguez, 2024; NFPA, 2026; NWS via GleanerJM, 2023).

مرگ‌های شغلی ناشی از برق در محیط کار در مشاغل غیر مرتبط با برق (ساختمان، حمل‌ونقل، خدمات) رخ می‌دهد و تماس با

خطوط برق هوایی با ۴۲.۸ درصد شایع‌ترین علت مرگ است (ESFI, 2025)، بنابراین کارگران ساختمانی، داربست‌بندان و حتی کارمندان اداری بیش از برقکاران حرفه‌ای در معرض خطر هستند. از نظر فیزیولوژیکی، جریان‌های بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌آمپر باعث فیبریلاسیون بطنی (اغلب کشنده) و جریان‌های بالاتر از ۱۰۰ میلی‌آمپر باعث ایست قلبی کامل و سوختگی شدید می‌شوند (Zimmerman, 2021)؛ همچنین مقاومت پوست در شرایط مرطوب از ۱۰۰,۰۰۰ اهم به کمتر از ۱,۰۰۰ اهم کاهش می‌یابد (Bunney, 2022) و خطرناک‌ترین مسیرهای عبور جریان (دست-دست و دست-پای چپ) قلب را مستقیماً در مسیر قرار می‌دهند. (Gentges & Schiefer, 2022) در زمینه امداد، پروتکل پنج مرحله‌ای قطع منبع برق (با اشیاء غیررسانا)، تماس با اورژانس، بررسی علائم حیاتی و شروع CPR در صورت لزوم، مراقبت از سوختگی با آب خنک و پوشاندن با گاز استریل، و گرم نگه داشتن مصدوم، یک چارچوب علمی و عملیاتی است که نقض هر یک از این اصول می‌تواند به مرگ دوگانه (امدادگر و مصدوم) منجر شود. برای پیشگیری مؤثر، سلسله مراتب کنترل خطرات (حذف، جایگزینی، کنترل‌های مهندسی، اقدامات مدیریتی، PPE) همراه با استانداردهای بین‌المللی مانند IEC 60364، IEC 61140 و به ویژه NFPA 70E که مفاهیمی مانند محدوده قوس الکتریکی و سیستم قفل-برچسب LOTO را الزامی می‌کند نقشه راه روشنی ارائه می‌دهند (Hammond Power Solutions, 2024)؛ در سطح مهندسی، نصب کلید محافظ جان (RCD/GFCI) و ارتینگ مناسب می‌تواند بیش از ۹۰ درصد حوادث قابل پیشگیری را حذف کند و حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد آتش‌سوزی‌های خانگی نیز ناشی از نقص در سیستم توزیع برق است که با بازرسی دوره‌ای قابل کاهش می‌باشد. (USFA, 2025) برای سازمانهای آتش‌نشانی (این یافته‌ها پیامدهای عملی روشنی دارد: تدوین دوره‌های آموزشی تخصصی ایمنی الکتریکی برای همه آتش‌نشانان، تجهیز ایستگاه‌ها به ابزارهای غیررسانا و دستگاه‌های دفیبریلاتور، انجام بازرسی‌های دوره‌ای از ساختمان‌های پرخطر (به ویژه ساختمان‌های قدیمی و کارگاه‌های ساختمانی)، همکاری با شهرداری برای دفع خطر خطوط هوایی، و برگزاری کارگاه‌های آموزشی شهروندی در مدارس و محلات با موضوع «خطرات پنهان برق در خانه» و «کمک‌های اولیه در برق‌گرفتگی». در پایان، تأکید می‌شود که توسعه جوامع بدون استفاده گسترده از برق امکان‌پذیر نیست، اما این نیروی خاموش و پرتوان اگر با دانش و احترام با آن برخورد نشود، می‌تواند به سرعت قاتلی خاموش شود؛ تنها از طریق آموزش مداوم، سرمایه‌گذاری بر تجهیزات ایمنی استاندارد و فرهنگ‌سازی همگانی است که می‌توان زندگی در عصر الکتریسیته را ایمن‌تر ساخت و سازمان آتش‌نشانی به عنوان خط مقدم دفاع در برابر این حوادث، نقشی کلیدی در این مسیر دارد.

## منابع و مراجع

- 1) Antico Group. (2026). *Electrical shock: First aid procedures*.
  - 2) Bunney, B. (2022). Electrical injuries. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
  - 3) Cleango-Project. (2024). *54 Electrical Accidents & Workplace Injury Statistics*. <https://cleango-project.webflow.io/>
  - 4) Electrical Safety Foundation International (ESFI). (2025). *ESFI Releases Updated Workplace Safety Statistics*. <https://www.esfi.org/news/esfi-releases-updated-workplace-safety-statistics-3>
  - 5) Electrical Safety Foundation International (ESFI). (2025). *Workplace Electrical Fatalities: 2011 – 2023*. <https://www.esfi.org/electrical-fatalities-in-the-workplace-2011-2023/>
  - 6) Erguez, R. (2024, December 19). *Electrocution: A Preventable Tragedy* [LinkedIn post]. [https://www.linkedin.com/posts/raafet-erguez\\_electrocution-a-preventable-tragedy-activity-7275398587214163968-OxVK](https://www.linkedin.com/posts/raafet-erguez_electrocution-a-preventable-tragedy-activity-7275398587214163968-OxVK)
  - 7) Gentges, J., & Schiefer, M. (2022). Electrical injuries. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
  - 8) GleanerJM. (2023). *Lightning fatalities – Global estimates*. (استناد به National Weather Service)
  - 9) Hammond Power Solutions. (n.d.). *What is NFPA 70E?*. <https://americas.hammondpowersolutions.com/resources/faq/general/what-is-nfpa-70e>
  - 10) International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). *IEC 61140: Protection against electric shock – Common aspects for installations and equipment* (Edition 4.0).
  - 11) Dalziel, C. F. (1941). *Effect of electric shock on the human body*. *Electrical Engineering*, 60(3), 125-130.
  - 12) Lee, R. H. (1982). *The history of electrical safety*. *IEEE Transactions on Industry Applications*, IA-18(5), 521-527.
  - 13) International Electrotechnical Commission (IEC). (2024). *\*IEC 60364-1: Low-voltage electrical installations – Part 1\**.
  - 14) Kasapa102.5FM. (2023). *Lightning deaths higher in developing countries*.
  - 15) National Fire Protection Association (NFPA). (2024). *NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace* (2024 ed.).
  - 16) National Fire Protection Association (NFPA). (n.d.). *Electrical safety in the home*.
  - 17) Sadighi Hospital. (n.d.). . <https://sadihospital.com>
  - 18) U.S. Fire Administration (USFA). (2025, February 14). *\*Residential building electrical malfunction fire trends (2014-2023)\**. <https://www.usfa.fema.gov/>
  - 19) Zimmerman, M. (2021). Electrical shock: Pathophysiology and management. In *Tintinalli's Emergency Medicine* (9th ed.). McGraw-Hill.
- ۲۰) ادیب حاج باقری، م.، پرویزی، س.، و صلواتی، ع. (۱۳۸۶). روش‌های تحلیل محتوای کیفی. مجله دانشکده پرستاری و مامایی دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳(۲)، ۴۱-۵۲.