



## ارزیابی ریسک سیستم برق بیمارستان نجمیه با استفاده از روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع (ETBA)

کاظم سروستانی<sup>۱</sup>، محمد سالم<sup>۲\*</sup>

### چکیده

**مقدمه:** به علت استفاده از تجهیزات الکتریکی متعدد، همه‌ساله حوادث متعددی در بیمارستان‌ها رخ می‌دهد که هزینه‌های گزافی به فرد و سازمان تحمیل می‌کنند. هدف این مطالعه ارزیابی ریسک برق یکی از بیمارستان‌های تحت نظر دانشگاه بقیه‌الله با استفاده از روش ETBA است.

**روش کار:** کلیه پریزها، کلیدها، دستگاه‌های ثابت و سیار و تابلوهای ثابت از نظر داشتن یا نداشتن سیستم ارت و سالم یا معیوب بودن از نظر ظاهری بررسی شدند. این کار با استفاده از ولت‌متر و یک لامپ ساده که به آن دو سیم نیم‌متری متصل بود انجام گردید. کلیه دستگاه‌ها و تابلوها از نظر وجود رله حفاظ جان بررسی شدند. برای هر یک از تجهیزات و ایستگاه‌های کاری، کاربرگ ETBA تکمیل گردید. موانع موجود شناسایی و عدد ریسک اولیه محاسبه شد. برای هر تجهیز یا ایستگاه کاری که سطح ریسک بالاتر از حد مجاز داشت، موانع و راهکارهایی پیشنهاد و مجدداً ریسک ثانویه محاسبه شد.

**یافته‌ها:** برای ۷۱ دستگاه و ایستگاه کاری کاربرگ ETBA تکمیل و ریسک اولیه و ثانویه محاسبه گردید. بررسی‌ها مشخص نمود که کلیه بخش‌های ساختمان اصلی و سازه ریاست از وضعیت ارت مناسبی برخوردار نیستند. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک تجهیزات و ایستگاه‌ها با روش ETBA مشخص نمود که ۹۷ درصد تجهیزات سطح ریسک قابل قبولی ندارند. ۵۲ درصد دارای ریسک غیرقابل قبول، ۴۵ درصد دارای ریسک نامطلوب و تنها ۳ درصد دارای ریسک قابل قبول هستند.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه می‌تواند به اولویت‌بندی تخصیص منابع درجهت برطرف نمودن نقص‌های بیمارستان و کاهش ریسک حوادث به سطح قابل قبولی استفاده گردد.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی ریسک، بیمارستان، انرژی الکتریکی، موانع، ETBA

### مقاله پژوهشی



تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۰۸

### ارجاع:

سروستانی کاظم، سالم محمد. ارزیابی ریسک سیستم برق بیمارستان نجمیه با استفاده از روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع (ETBA) بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۹؛ ۴(۱): ۸۰-۷۰.

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار

<sup>۲</sup> مربی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله

آدرس مقاله (وابستگی آکادمیکی): گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله، تهران، ایران

\* (نویسنده مسئول: m.salem@bmsu.ac.ir)

## مقدمه

حوادث و بیماری‌های شغلی بسیار پرهزینه هستند و می‌توانند اثرات مستقیم و غیرمستقیم جدی بر روی زندگی کارگران و خانواده‌هایشان داشته باشند (۱). یک حادثه یا بیماری شغلی می‌تواند هزینه‌های غیرمستقیمی زیادی بر کارگر تحمیل کند که اغلب اندازه‌گیری آن بسیار مشکل است. بعلاوه حوادث شغلی هزینه‌های گزافی را به کارفرمایان تحمیل می‌کنند. برآورد شده است که هزینه غیرمستقیم یک حادثه یا بیماری ۴ تا ۱۰ برابر بیشتر از هزینه مستقیم آن است (۲). طبق گزارش سازمان بین‌المللی کار سالانه ۲/۳ میلیون مرگ به دلیل جراحات شغلی (۳۱۸۰۰۰) و بیماری‌های مرتبط با کار (۲۰۲۲۰۰۰) رخ می‌دهد. سازمان بین‌المللی کار برآورد کرده است ۴ درصد از تولید ناخالص جهانی یا ۲/۸ تریلیون دلار به دلیل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم حوادث و بیماری‌های شغلی، از جمله از دست رفتن روزهای کاری، غرامت، مختل شدن تولید و هزینه‌های درمانی از دست می‌رود (۱). برآوردها نشان می‌دهد هزینه ملی بیماری‌ها و آسیب‌های مرتبط با کار در ایالات متحده ۲۵۰ بیلیون دلار یا ۱/۸ درصد از تولید ناخالص ملی را دربر می‌گیرد (۳). همچنین آسیب‌های شغلی در سال ۲۰۰۶-۲۰۰۵ در استرالیا ۵۷/۵ بیلیون دلار یا ۵/۹ درصد از تولید ناخالص ملی و در سال ۲۰۰۹-۲۰۰۸ ۶۰/۶ بیلیون دلار یا ۴/۸ تولید ناخالص ملی بوده است (۱). ایران نیز از این آمار و ارقام مستثنی نیست و هر سال اتفاقات و حوادث ناگواری در محیط‌های شغلی رخ می‌دهد، که همه موارد گزارش نمی‌شود. طبق آمار حوادث ناشی از کار اعلام‌شده توسط سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۹۴، ۱۸ هزار و ۷۸۶ حادثه ناشی از کار و ۱۰۸ حادثه منجر به فوت رخ داده است (۴).

کارکنان مراقبت بهداشتی، با توجه به ماهیت کار خود، با خطرات زیادی در محیط کار روبه‌رو هستند. هرروزه در ایالات متحده ۹۰۰۰ کارمند مراقبت‌های بهداشتی متحمل آسیب‌های ناتوان‌کننده در کار خود می‌شوند (۵). هر ۳۰ ثانیه یک کارمند مراقبت بهداشتی دچار زخم سرسوزن و از هر ۱۰ کارمند مراقبت بهداشتی یک نفر دچار آلرژی با لاتکس می‌شود.

بیمارستان یکی از خطرناک‌ترین محیط‌های کاری است. در سال ۲۰۱۱ در ایالات متحده ۵۸۸۶۰ آسیب و بیماری مرتبط با کار ثبت شده است (۱).

به علت استفاده از تجهیزات الکتریکی متعدد در بیمارستان‌ها و آثار سوء عبور جریان الکتریسیته از قسمت‌های مختلف بدن انسان، توجه به اصول ایمنی برق جهت پیشگیری از برق‌گرفتگی کارکنان و بیماران و همچنین آتش‌سوزی‌های ناشی از نقص در سیستم‌های الکتریکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۶). سالانه موارد قابل توجهی از مرگ‌ومیر متعاقب برق‌گرفتگی در دنیا رخ می‌دهد (۷). برق‌گرفتگی یکی از شایع‌ترین دلیل مرگ‌ومیر ناشی از حوادث شغلی در آمریکا است (۸). طبق آمار به‌دست‌آمده توسط سازمان پزشکی قانونی کشور در سال ۱۳۸۴، ۵۸۹ مورد مرگ در اثر برق‌گرفتگی رخ داده است (۹).

شناسایی و حذف خطراتی که جان و سلامتی کارکنان و همچنین آن‌هایی که می‌توانند باعث خسارت به تأسیسات، وسایل، تجهیزات، محصولات و یا محیط‌زیست شوند، مهم‌ترین هدف یک برنامه ایمنی است (۱۰). روش‌های زیادی برای بررسی سیستم، شناسایی خطرات، حذف و کنترل آن‌ها و کاهش ریسک تا سطح قابل‌قبول توسعه‌یافته‌اند. روش ردیابی انرژی و تحلیل حفاظ نیز یکی از کاربردی‌ترین و آموزنده‌ترین ابزارهای در دسترس محققین برای بررسی ایمنی سیستم‌ها می‌باشد

که برپایه برخی از اصول پایش مدیریتی و درخت ریسک (MORT) بنا نهاده است. در این روش کشف مخاطرات با استفاده از اصل ردیابی جریان‌های انرژی در سیستم‌ها و یا عملیات انجام می‌شود (۱۱). مطالعات مختلفی در خصوص ETBA در ایران و جهان صورت گرفته است و این روش را به‌عنوان یک تکنیک مفید در بررسی ایمنی سیستم و شناسایی خطرات آن معرفی نموده‌اند. مصطفی بویا و همکاران یک ارزیابی ریسک به روش ETBA در واحد تولید گلوکز شرکت گلوکزان انجام دادند. مشخص شد بیشترین ریسک‌های غیرقابل‌قبول ناشی از آزاد شدن ناخواسته انرژی‌های پتانسیل هستند. داشتن



سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، سیستم ثبت حوادث و شبه حوادث از جمله راهکارهای مدیریتی بسیار مفید کاهش ریسک حوادث در سطح شرکت است (۱۲). زراوشانی و همکاران با استفاده این تکنیک به شناسایی و ارزیابی ریسک در صنعت ریخته‌گری پرداختند. در این مطالعه ۱۵۴ ریسک و ۲۰۰ مورد انرژی بالقوه خطرناک شناسایی شد. نتایج حاصل از کاربرد های ETBA بیانگر آن بود که انرژی‌های پتانسیل و گرما به ترتیب با ۵۱ و ۳۸ مورد ریسک شناسایی شده، بیشترین منابع انرژی مخاطره‌آمیز بودند. این تحقیق اجرای اقداماتی نظیر آموزش ایمنی، آموزش حرفه‌ای، سیستم نظارت بازرسی، مدیریت ایمنی پیمانکاران، مدیریت سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و تشکیل تیم ممیزی ایمنی را در شناسایی و کنترل ریسک‌های شناسایی شده مؤثر می‌داند (۱۳). مهدی مهدی نژاد و همکاران در سال ۱۳۹۵ مطالعه‌ای باهدف ارزیابی ریسک برق بیمارستان بقیه ا. با استفاده از روش ETBA انجام دادند. در این مطالعه ۱۸۶ خطر بالقوه مرتبط با انرژی الکتریسیته شناسایی گردید که بیشتر آن‌ها در محدوده ریسک بالا قرار داشتند. نصب رله حفاظ جان، نام‌گذاری فیوزهای تابلو برق و اصلاح تابلوهای سیار می‌تواند در جهت کاهش ریسک در بخش های اورژانس، پاتولوژی و آزمایشگاه مؤثر باشد (۱۴). سید باقر مرتضوی و همکاران در سال ۱۳۸۵ مطالعه‌ای باهدف ارزیابی ایمنی و شناسایی خطرات یکی از طرح‌های در حال ساخت صنایع پتروشیمی با استفاده از روش ETBA به انجام رساندند. مجموعاً ۱۰ نوع انرژی و ۱۴۴ کانون خطر شناسایی شد که ۶۸ درصد در منطقه ریسک بالا، ۳۰ درصد در منطقه ریسک مهم و ۲ درصد در منطقه ریسک متوسط قرار داشتند. فعالیت‌های الکتریکی بعد از کار روی داربست بیشترین موارد ریسک بالا را داشتند (۱۵). سرسنگی و همکاران مطالعه‌ای باهدف شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک آن‌ها با استفاده از روش ETBA در سیستم سرمایش و گرمایش بیمارستان شهید بهشتی کاشان انجام دادند. مجموعاً ۱۵ انرژی شناسایی شد. در ارتباط با انرژی الکتریسیته ۱۰ خطر شناسایی شد که از این میان ۵ مورد

دارای سطح ریسک غیرقابل قبول و ۵ مورد دارای سطح ریسک نامطلوب بودند. این موضوع نشان می‌دهد که انرژی الکتریسیته جزء مخاطره‌آمیزترین انرژی‌های شناسایی شده است و نیاز به اقدام فوری دارد (۱۶). کینگستون در پژوهشی که در سال ۲۰۰۲ برای یکی از صنایع شیمیایی انگلستان انجام داد، روش جدیدی به نام Control Change Analysis یا 3C را بر اساس اصول روش ETBA ابداع کرد. این روش به عقیده محقق آن، شکل عمومی‌تر و جامع‌تری از روش ETBA است (۱۷). از این روش در سال ۱۹۹۶ برای ارزیابی یک حادثه نشت آلاینده به محیط‌زیست استفاده شده است. ارزیابی مسیر انرژی، موانع و اهداف، مشخص نمود که شکست دو مانع متوالی منجر به وقوع حادثه گردیده است.

علاوه بر موارد فوق مطالعات دیگری در صنایع مختلف صورت گرفته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مطالعه رحمانی و همکاران در فرایند توزیع برق، قنبری و همکاران بر روی مخازن ذخیره گاز (۱۸)، حبیبی و همکاران در تعیین خطرات واحد شیمیایی (۱۹)، حجت نژاد علی و همکاران در تعیین خطرات مخازن ذخیره گاز مایع (۲۰)، منوچهر امیدواری و همکاران در تعیین خطرات شبکه‌های هوایی توزیع برق (۲۱)، یک کارخانه برق اشاره نمود.

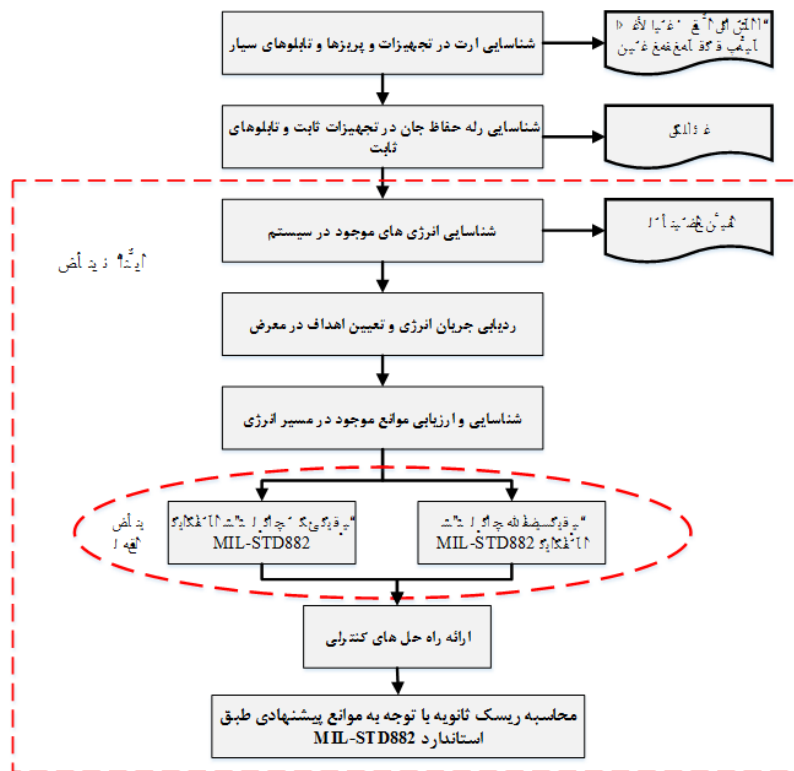
طبق بررسی‌های صورت گرفته بر روی بیمارستان‌های تحت نظر دانشگاه بقیه‌الله، بیمارستان نجمیه به دلیل قدیمی بودن ساختمان‌ها و گزارش‌های متعدد اختلالات سیستم برق آن، برای ارزیابی ریسک انتخاب گردید. بیمارستان نجمیه یکی از قدیمی‌ترین مراکز درمانی شهر تهران بوده که در سال ۱۳۰۶ باهدف ارائه خدمات تشخیصی، درمان، بستری و سرپایی احداث گردیده است. این مرکز تخصصی و فوق تخصصی به‌ویژه در خدمات تخصصی زنان و زایمان و اطفال بخصوص NICU از قدیمی‌ترین مراکز مورد اعتماد بیماران در کشور است. هدف این مطالعه ارزیابی ریسک تجهیزات و ایستگاه‌های کاری و بررسی سیستم اتصال زمین بیمارستان نجمیه می‌باشد.



## روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی می‌باشد که در بیمارستان نجمیه تهران وابسته به دانشگاه بقیه‌الله به انجام رسیده است. ابتدا جلسه‌ای با حضور مسئول بهداشت حرفه‌ای، مسئول ارشد

برق بیمارستان و دو نفر از پرسنل تأسیسات تشکیل گردید. هدف از انجام پژوهش، روش اجرا و دستاوردهای نهایی آن برای اعضای جلسه تشریح گردید. سپس بخش‌های مختلف بیمارستان به ۵ زیرگروه اصلی دسته‌بندی و هماهنگی‌های لازم با مسئول هر بخش انجام شد. مراحل انجام این پژوهش را می‌توان به سه بخش عمده تقسیم کرد (شکل ۱):



شکل ۱: مراحل انجام پژوهش

## بخش اول، شناسایی ارت در تابلوهای ثابت، تابلوهای

## سیار، پریزها و تجهیزات ثابت و سیار

تجهیزات لازم برای انجام این تست شامل یک ولت‌متر دیجیتالی، یک لامپ ۹ واتی و یک سرپیچ که به دو سر آن دو سیم نیم متری متصل بود. ابتدا تمامی نکات ایمنی برق برای فرد ارزیاب برقرار و رعایت گردید و سپس با کمک فازمتر، فاز پریز ارت‌دار موردنظر پیدا و یکسر سیم‌های متصل به سرپیچ لامپ، به فاز و سر سیم دیگر به نول متصل می‌گردد. ولت‌متر هم باید با لامپ موازی باشد. در این حالت لامپ روشن می‌شود و ولت‌متر

عددی حدود ۲۲۰ ولتی را نشان می‌دهد. این عدد یادداشت می‌شود، در این حالت بدون آنکه سیم فاز خارج گردد، فقط سیم نول خارج می‌شود، لامپ خاموش و ولت‌متر عدد صفر را نشان می‌دهد. حالا سیمی که قبلاً داخل نول بوده، به زبانه فلزی ارت که روی پریز برق قرار دارد متصل می‌شود که در این حالت باید مجدداً لامپ روشن شود و نور آن مشابه حالت اول و ولتاژ نشان داده برابر ولتاژ قبلی باشد. یعنی ولتاژ بین فاز و نول در حالت روشن بودن لامپ برابر ولتاژ فاز و ارت در حالت روشن بودن لامپ باشد. این تست برای کلیه پریزهای بیمارستان انجام شد.



برای شناسایی ارت در تجهیزات ثابت و سیار از ولت‌متر دیجیتالی استفاده شد. با تماس ولت‌متر به بدنه تجهیزات از قطع/ وصل بودن سیستم ارت تجهیزات اطمینان حاصل می‌کنیم. منظور از تابلوی سیار در این مطالعه کلیه سهراهی‌ها، چهارراهی‌ها و چندراهی‌های موجود در بیمارستان است. که تست ارت آن‌ها مشابه پریزها می‌باشد [۲۲].

### بخش دوم، شناسایی کلید رله حفاظ جان در تجهیزات

#### ثابت و سیار و تابلوهای توزیع نیروی برق

در این قسمت از وجود رله حفاظ جان و سالم بودن آن در دستگاه‌ها و تابلوهای ثابت مطمئن می‌شویم. کلیه تجهیزات ثابت و سیار و تابلوهای ثابت از نظر وجود رله حفاظ جان بررسی می‌شوند.

### بخش سوم، ارزیابی ریسک و تکمیل کار برگ‌های

#### ETBA

این بخش خود شامل ۵ گام اساسی است که به شرح زیر هستند [۱۰، ۱۱]:

- شناسایی انواع انرژی موجود در سیستم،
- تعیین مبدأ انرژی و ردیابی جریان،
- شناسایی و ارزیابی موانع (مکانیک‌های محدود کردن انرژی)،

➤ تعیین ریسک (پتانسیل نشت انرژی و آسیب به اهداف)،

➤ توسعه راه‌حل‌های کنترلی

این مرحله با استفاده از کاربرگ‌های ETBA صورت گرفت. مجموعاً برای ۷۱ مورد، کاربرگ ETBA تکمیل شد. ریسک اولیه محاسبه گردید. در مواردی که ریسک اولیه بالاتر از ریسک قابل قبول بیمارستان بود، موانع کنترلی برای آن‌ها پیشنهاد و ریسک ثانویه محاسبه گردید. در تحقیق حاضر از ماتریس ارزیابی ریسک کیفی ارائه شده در MIL-STD882 استفاده شده است. در این استاندارد شدت خطر در ۴ دسته، فاجعه‌بار، بحرانی، مرزی و جزئی طبقه‌بندی می‌شود. احتمال بروز خطر نیز در ۵ دسته A, B, C, D, E طبقه‌بندی می‌شوند. تشکیل ماتریس ریسک با ترکیب این دو عامل ابزاری برای تخمین سطوح قابل قبول و غیرقابل قبول ریسک فراهم می‌کند.

#### یافته‌ها

در این مطالعه مجموعاً ۲۸۶۰ پریز، ۷۷۳ کلید، ۱۶۷ تابلوی سیار، ۶۱ تابلوی ثابت، ۴۳۳ دستگاه ثابت و ۵۷ دستگاه سیار بررسی شدند (جدول ۱). برای ۷۱ دستگاه و ایستگاه کاری کاربرگ ETBA تکمیل و ریسک اولیه و ثانویه محاسبه گردید. نمونه این کاربرگ در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: وضعیت ظاهری و سیستم ارت تجهیزات بیمارستان

وضعیت تجهیزات	تعداد کل (N)	وضعیت ظاهری		سیستم ارت	
		سالم	معیوب	دارد	ندارد
		درصد	درصد	فرآوانی	فرآوانی
پریزها	۲۸۶۰	۹۸/۷	۳۷	۱۴۸۶	۱۳۷۴
کلیدها	۷۷۳	۹۸/۸	۹	-	۵۲
تابلوهای سیار	۱۶۷	-	-	۹۵	۷۲
دستگاه‌های ثابت	۴۳۳	-	-	۲۶۷	۱۶۶
دستگاه‌های سیار	۵۷	-	-	۲۴	۳۳

جدول ۲: نمونه کاربرگ تکمیل شده، دستگاه لاپاراسکوپی اتاق عمل

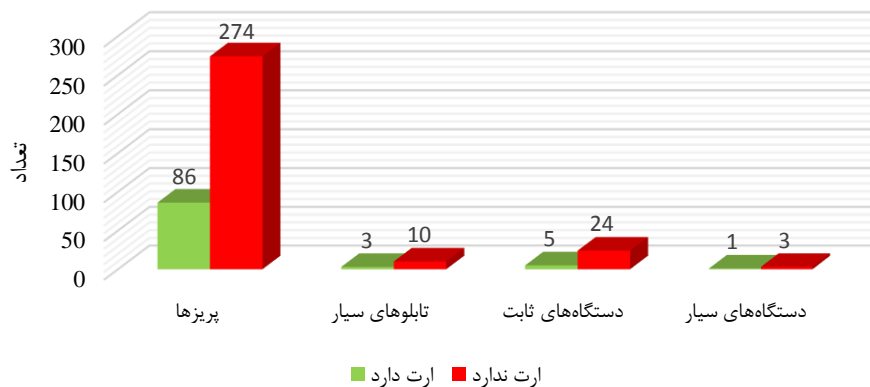
محل یا سیستم مورد بررسی: دستگاه لاپاراسکوپی شماره کاربرگ: ۴۴						
ریسک ثانویه	موانع پیشنهادی	ریسک اولیه	موانع موجود	اهداف	خطر انرژی	منبع انرژی
۳C	- استفاده از برق ایزوله - منبع تغذیه بدون وقفه - نصب فیوز شیشه‌ای - استفاده از استابلایزرها - استفاده از ترانس‌های ایزوله - نصب رله حفاظ جان در تابلو برق	۲B	- سیستم اتصال زمین - رله حفاظ جان دستگاه - مولد برق اضطراری	- انسان - تجهیزات - محیط - کاری	- برق‌گرفتگی - مرگ - سوختگی - پرتاب شدن - از بین رفتن تجهیزات - آتش‌سوزی	جریان الکتریسته

جدول ۳: نمونه کاربرگ تکمیل شده، واحد مراقبت‌های ویژه

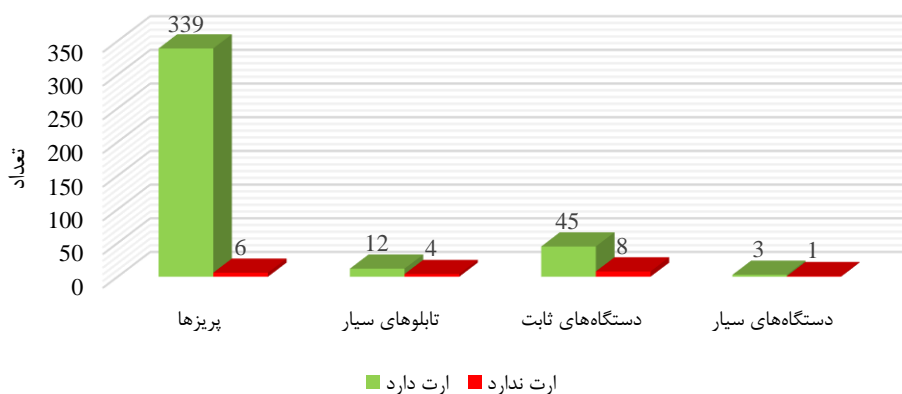
محل یا سیستم مورد بررسی: واحد مراقبت‌های ویژه شماره کاربرگ: ۵۸						
ریسک ثانویه	موانع پیشنهادی	ریسک اولیه	موانع موجود	اهداف	خطر انرژی	منبع انرژی
۴C	- استفاده از ترانس‌های ایزوله - استفاده از تابلو برق ایزوله توکار - نصب کلید محافظ جان در تابلو برق - اطمینان از وصل بودن سیستم ارت - استفاده از سیم‌های مخصوص XLP (Cross-linked polyethylene) با نشت کم - علامت‌گذاری دائمی پریزهای متصل به برق اضطراری - نصب فیوزهای مینیاتوری سر راه پریزهای هر بخش	۲B	- کلید و پریزهای سالم - سیم‌کشی استاندارد	- انسان - تجهیزات - محیط - کاری	- برق‌گرفتگی - مرگ - سوختگی - پرتاب شدن - از بین رفتن تجهیزات - آتش‌سوزی	جریان الکتریسته

میان بلوک زایمان با قطع بودن ارت بیش از ۷۰ درصد پریزها و تجهیزات شرایط بدتری نسبت به بقیه بخش‌ها دارد (نمودار ۱). سازه ریاست و بخش‌های اداری نیز از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. ارت ۸۷ درصد پریزها، ۶۷ درصد دستگاه‌های ثابت و ۷۹ درصد تابلوهای سیار این بخش قطع می‌باشد. ساختمان تصویربرداری نسبت به بقیه بخش‌ها شرایط مناسب‌تری دارد. ارت ۱۴ درصد پریزها، ۱۵ درصد دستگاه‌های ثابت، ۲۵ درصد دستگاه‌های سیار و ۲۵ درصد تابلوهای سیار این بخش قطع می‌باشد (نمودار ۲). بررسی آزمایشگاه مرکزی نیز مشخص نمود که ۶/۳ درصد پریزها، ۲۱ درصد دستگاه‌های ثابت و ۳۴ درصد تابلوهای سیار فاقد سیستم ارت می‌باشند.

بررسی‌ها نشان داد که اکثر پریزها و کلیدها از لحاظ ظاهری در وضعیت مناسبی هستند به طوری که ۹۸/۷ درصد پریزها و ۹۸/۸ درصد کلیدها سالم بودند. تقریباً نیمی از پریزها (۴۸ درصد) ارت نداشتند. از تعداد ۲۸۶۰ پریز موجود در بیمارستان، ۱۳۷۴ مورد ارت نداشتند. مجموعاً ۱۶۷ تابلوی سیار در بیمارستان وجود داشت که سیستم ارت ۴۳/۲ درصد آن‌ها قطع بود. از ۴۳۳ دستگاه ثابت بررسی شده با ولت‌متر نیز ۳۸/۴ درصد آن‌ها به سیستم ارت مجهز نبود. بیش از نیمی از دستگاه‌های سیار موجود در مجموعه (۵۷/۷ درصد) سیستم ارت نداشتند. بخش اورژانس به چاه ارت وصل نبود. لذا ارت کلیه تجهیزات در این بخش قطع بودند. بررسی مشخص نمود که کلیه بخش‌های ساختمان اصلی از وضعیت ارت مناسبی برخوردار نیستند. از این



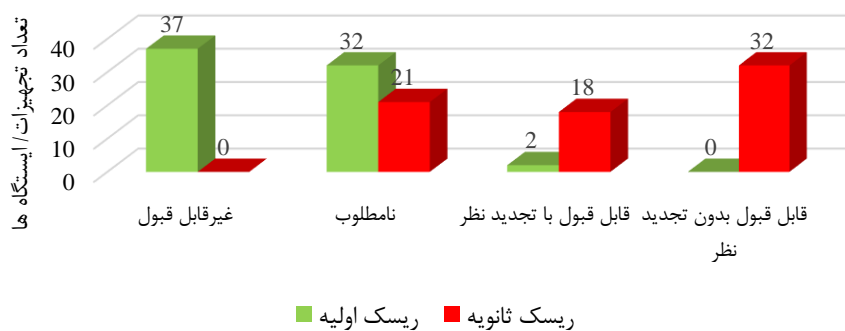
نمودار ۱: وضعیت سیستم ارت تجهیزات بلوک زایمان



نمودار ۲: وضعیت سیستم ارت تجهیزات ساختمان تصویربرداری

ثانویه با موانع پیشنهادی محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که موانع پیشنهادی در صورت به کارگیری به طرف قابل توجهی ایمنی برق بیمارستان را افزایش می‌دهند (نمودار ۳).

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک تجهیزات و ایستگاه‌ها با روش ETBA مشخص نمود که ۹۷ درصد تجهیزات سطح ریسک قابل قبولی ندارند. با توجه به محیط کاری و شرایط دستگاه، موانع مختلفی برای هرکدام پیشنهاد گردید. سطح ریسک



نمودار ۳: سهم تجهیزات مختلف بیمارستان از هر یک از ۴ سطوح ریسک



## بحث

در این پژوهش سیستم برق بیمارستان نجمیه با استفاده مدل ردیابی انرژی و تحلیل حفاظ (ETBA) به صورت کیفی ارزیابی ریسک گردید. در این روش با ردیابی انرژی درون سیستم موانع موجود در مسیر حادثه و اهداف در معرض خطر شناسایی می‌شوند. کفایت موانع بررسی و در صورتی که سطح ریسک اولیه با توجه به موانع موجود بالاتر از حد قابل قبول سازمان باشد، موانع و راهکارهای جدید پیشنهاد و سطح ریسک به حد قابل قبول کاهش می‌یابد. کلیه تجهیزات ثابت و سیار، تابلوهای ثابت و سیار، پریزها و کلیدها بررسی شدند. مجموعاً ۷۱ کاربرگ ETBA تکمیل گردید.

نتایج حاصل از این مطالعه مشخص نمود که تقریباً ۹۷ درصد تجهیزات سطح ریسک قابل قبولی ندارند. در مطالعه‌ای که بر روی سیستم حرارت مرکزی بیمارستان شهید بهشتی کاشان انجام شد نتایج مشابهی به دست آمد و ۹۰ درصد خطرات شناسایی شده دارای ریسک غیرقابل قبول و نامطلوب بودند (۱۶). در پژوهش دیگری که در یک واحد پتروشیمی صورت گرفت نیز ۹۸ درصد خطرات شناسایی شده در محدوده ریسک‌های بالا و مهم قرار داشتند. در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۷ توسط خسروی پور و همکاران در یک صنعت تولید محصولات فلزی صورت گرفت نیز از مجموع ۶۴ خطر شناسایی شده، ۷۸ درصد (۵۳ درصد بحرانی و ۲۵ درصد نامطلوب) غیرقابل قبول و ۱۸ درصد قابل قبول با نیاز به تجدیدنظر و تنها ۴ درصد ریسک قابل قبول بدون نیاز به تجدیدنظر بود (۲۳).

نتایج این مطالعه با پژوهش‌های انجام شده توسط کاکاوندی و همکاران در پالایشگاه کرمانشاه (۱۸) و زارواشانی و همکاران در کارخانه ریخته‌گری (۱۳) مغایرت دارد که ناشی از تفاوت در محیط مورد بررسی و شدت بالای حوادث الکتریسیته می‌باشد.

ارت ۴۸ درصد پریزها، ۲/۴۳ درصد تابلوهای سیار، ۷/۵۷ درصد دستگاه‌های سیار و ۴/۳۸ درصد دستگاه‌های ثابت قطع بوده که این مورد به دلیل قدیمی بودن سیستم ارت بیمارستان

و عدم استفاده از سیستم ارتینگ ستاره‌ای می‌باشد که در آن برای هر بخش یک سیم ارت جداگانه از سر چاه ارت به تابلوی توزیع اصلی به آن بخش کشیده می‌شود.

با توجه به سطح ریسک هر بخش، موانعی برای کاهش شدت یا پیامد حادثه پیشنهاد گردید. محاسبه ریسک ثانویه مشخص نمود به کارگیری موانع پیشنهادی باعث کاهش ریسک ۷۰ درصد خطرات به سطح قابل قبولی می‌گردد. نتایج این بخش مطالعه با مطالعه انجام شده توسط مصطفی بویا و همکاران همخوانی دارد (۱۲). بسیاری از این موانع پیشنهادی را می‌توان با هزینه بسیار کمی در محل استقرار نمود که باعث کاهش ریسک به سطح قابل قبول می‌شود. برای مثال برای کلیه تابلو برق‌های بیمارستان با نصب کفپوش و رله حفاظ جان می‌توان سطح ریسک را از ۱C به ۳D تقلیل داد.

در بسیاری از بخش‌های بیمارستان به دلیل نبود سیستم تعمیر و نگهداری مناسب، تجهیزات از وضعیت مناسبی برخوردار نبودند که همین امر موجب بالا رفتن سطح ریسک آن قسمت شده است. از همین رو اجرای یک سیستم تعمیر و نگهداری مناسب و آموزش مداوم می‌تواند ایمنی و بهره‌وری تجهیزات را افزایش دهد.

خطرات اصلی برق در این بیمارستان مربوط به سیستم اتصال زمین، سیم‌کشی نامناسب، نبود رله حفاظ جان در دستگاه‌ها و تابلوهای ثابت، مجهز نبودن تابلو برق و پست برق اصلی بیمارستان به چاه ارت، بالا بودن مقاومت کلی سیستم ارت بیمارستان در ساختمان اصلی و چاه ارت ساختمان ریاست می‌باشد. نتایج این بخش با یافته‌های مطالعه سرسنگی و همکاران مشابهت دارد. در این مطالعه مشخص شد که سیم کشی نایمن از جمله خطرات اصلی برق برای بیمارستان شهید بهشتی کاشان می‌باشد (۱۶).

## نتیجه‌گیری

سیستم ارت بیمارستان در وضعیت نامناسبی قرار دارد به طوری که ارت اکثر بخش‌های بیمارستان قطع می‌باشد. که از



برطرف نمودن نقص‌های بیمارستان و کاهش ریسک حوادث به سطح قابل‌قبولی استفاده شود.

### تشکر و قدردانی

با تشکر از زحمات بی‌دریغ خانم بیات، مسئول محترم بهداشت حرفه‌ای بیمارستان نجمیه، آقای مهندس بصیری، مسئول محترم برق بیمارستان و تمامی پرسنل بیمارستان نجمیه که ما را در اجرای این طرح یاری نمودند.

دلایل آن می‌تواند بالا بودن مقاومت چاه ارت و عدم اتصال مناسب بخش‌ها به چاه‌های ارت و تابلوی توزیع اصلی اشاره نمود. انجام اقدامات اصلاحی مانند کاهش مقاومت چاه ارت، استفاده از سیستم ارت ستاره‌ای، نصب رله حفاظ جان، نصب برچسب و علائم، استفاده از کفپوش پلاستیکی جلوی تابلوهای برق و تعمیر و نگهداری مداوم می‌تواند سطح ریسک برق‌گرفتگی را تا حد قابل‌قبول کاهش دهد. درنهایت از نتایج این مطالعه می‌توان برای اولویت‌بندی تخصیص منابع در جهت

### منابع

1. Hämäläinen P, Takala KL, Saarela. Global estimates of occupational accidents. *Safety Science*, 2006;44(2):137-56.
2. Shalini RT. Economic cost of occupational accidents: Evidence from a small island economy. *Safety Science*. 2009. 47(7):973-79.
3. Askenazy P. Innovative workplace practices and occupational injuries and illnesses in the United States. *Economic and Industrial Democracy*, 2001. 22(4): p. 485-516.
4. Bakhtiari M. Epidemiological Study of Occupational Accidents Registered in Iran Social Security Organization (2001-2005). *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2012;11(3): 231-46.
5. Cawley JC. and GT. Homce, Occupational electrical injuries in the United States, 1992–1998, and recommendations for safety research. *Journal of safety research*. 2003;34(3):241-8.
6. Patterson WB. Occupational hazards to hospital personnel. *Annals of internal medicine*. 1985; 102(5): 658-80.
7. Daggett, D.M. and D.A. Graves, Electrical hazard warning system. 1998, Google Patents.
8. Taylor AJ. Fatal occupational electrocutions in the United States. *Injury Prevention*. 2002;8(4): 306-12.
9. Kiani, M. and s. Bazmi, Electricity and its complications. *Iranian Journal of Forensic Medicine*. 2007;13(1): 38-44.
10. Vincoli JW. Basic guide to system safety. Vol. 18. 2006: Wiley Online Library.
11. Ericson, C.A., Hazard analysis techniques for system safety. 2015: John Wiley & Sons.
12. Booya M. Safety analysis of a corn processing industry by energy trace and barrier analysis method: a case study. *Iran Occupational Health*. 2007;4(3): 27-34.
13. Zaroushani V. Risk assessment in a foundry unit by energy trace and barrier analysis method (ETBA). *Iran Occupational Health*. 2010; 6(4):7-14.
14. Mehdi Nejad, M. Risk assessment of electrical power in some selected wards of Baquiyatallah





- hospital using ETBA method the effectiveness of the controlling method, in Department of Occupational Health Engineerin.,Baqiyatallah University of Medical Science; 2014
15. Nezhad, A.Z. Identification and Safety Assessment of the Hazardous Zones (Unwanted Energy Flows) in an Construction Project at the National Petrochemical Company by Application of ET and BA Method J Appl Sci. 2007;7(19): 2769-75.
  16. sarsangi v. Detection of hazards and risk assessment by ETBA method in central heating system in Kashan Shahid Beheshti Hospital in 2013. scientific journal of ilam university of medical sciences, 2015;2(23):12-20.
  17. Kingston J. Barrier analysis analysed in MORT perspective. in Probabilistic Safety Assessment and Management. Springe.;2004.
  18. Ghanbari Kakavandi M. Risk assessment of Kermanshah gas storage tanks by energy trace and barrier analysis (2014). The Journal of Qazvin University of Medical Sciences, 2016;20(5):52-9.
  19. Habibi E, The comparison of ETBA and HAZOPS techniques. Process Safety Progress. 2011;30(4): 356-59.
  20. Nezhadali, H., S. MORTAZAVI, and A. Khavanin, LPG storage spheres risk assessment with FMEA and ETBA methods; 2008.
  21. Rahmani, S. and M. Omidvari, Assessing safety risk in electricity distribution processes using ET & BA improved technique and its ranking by VIKOR and TOPSIS models in fuzzy environment. Health and Safety at Work. 2016;6(1):1-12.
  22. Editor, w.S. How to Check Earthing at Home. 2019; Available from: <https://www.wikihow.com/Check-Earthing-at-Home>.



## Risk Assessment of the Najmieh Hospital Electricity System using Energy Trace and Barrier Analysis Method

Kazem SARVESTANI<sup>1</sup>, ohammad SALEM<sup>1\*</sup>

### Abstract

#### Original Article



Received: 2019/12/08

Accepted: 2020/04/27

#### Citation:

SARVESTANI K,  
SALEM M. Risk  
Assessment of the  
Najmieh Hospital  
Electricity System  
using Energy Trace and  
Barrier Analysis  
Method. Occupational  
Hygiene and Health  
Promotion 2020; 4(1):  
70-80.

**Introduction:** Considering application of multiple electrical equipment, numerous occupational accidents occur in hospitals each year. Electrical accidents are severe and impose high costs on the individuals and organizations. The aim of this study was to assess the risk of electrical systems in one of the oldest hospitals under supervision of Baqiyatallah University using energy trace and barrier analysis method (ETBA).

**Methods and Materials:** All wall plugs, switches, stationary and portable equipment, and stationary and portable electrical panel were evaluated in terms of earthing and appearance. This was done using a simple voltmeter and a 100-watt bulb. All equipment and electrical panel were examined for the presence of Residual Current Device. The ETBA worksheets were completed for each equipment and workstation. The existing barriers were identified and initial risk reduction numbers were calculated. Barriers and solutions were suggested for the equipment or workstation that was at higher risk. Controlled risk was calculated by considering new barriers.

**Results:** The ETBA worksheets were completed for 71 devices and workstations. The initial and controlled risk was calculated. Surveys revealed that all sections of the main building and the departmental structures did not have a good status regarding the earth condition. Risk assessment of the equipment and stations by ETBA method indicated that 97% of the equipment were not at an acceptable level of risk, 52% were at the unacceptable risk level, 45% were at undesirable risk level, and only 3% were at the acceptable risk.

**Conclusion:** The results of this study can be used to prioritize resource allocation to eliminate hospital defects and reduce the risk of accidents up to an acceptable level.

**Keywords:** Risk Assessment, Hospital, Electricity, Barriers, ETBA

<sup>1</sup> Master of Occupational Health Engineering

<sup>2</sup> Instructor of Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences

(Corresponding author: m.salem@bmsu.ac.ir )

Affiliation: Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

