



## مروری بر کنترل‌های مدیریتی متداول در خصوص حفاظت در برابر مواجهه شغلی با پرتوهای رادیویی و مایکروویو از دیدگاه سازمان‌های بین‌المللی

علی خوانین<sup>۱</sup>، احمد جنیدی جعفری<sup>۲</sup>، سعید احمدی<sup>۳</sup>، ویدا زراوشانی<sup>۴\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۳

تاریخ ویرایش: ۹۷/۰۲/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۱۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** امواج رادیویی و مایکروویو دسته‌ای از پرتوهای غیریونساز هستند که در محیط‌های کاری مختلف کاربردهای متنوعی دارند. به‌کارگیری اقدامات مدیریتی می‌تواند با هزینه کمتر و کارایی قابل قبول به کنترل مواجهه شغلی با این پرتوها بیانجامد. این مطالعه با استفاده از یک مرور توصیفی به بررسی اقدامات مدیریتی توصیه شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی جهت کنترل مواجهه شغلی با این پرتوها می‌پردازد.

**روش بررسی:** در ابتدا حوزه‌های علوم مرتبط و سازمان‌های مرجع در رابطه با موضوع تحقیق تعیین شدند. سپس بر اساس اصل PICO کلیدواژه‌های مرتبط طراحی گردیدند. اطلاعات منتشر شده از سازمان‌های مرتبط که به صورت Legal Rule Or Regulation، Governmental Document، Manual، Guideline، Report، Standard، Publication پایگاه خارجی (BING و GOOGLE) نیز صورت گرفت. سپس، فرایند مرور، غربالگری و حذف اطلاعات تکراری، غیرمرتبط و نیز بازیابی مجدد منابع انجام و پس از تهیه متن کامل مطالب مرتبط، فرایند ترجمه و استخراج اطلاعات مرتبط با موضوع تحقیق و با محوریت سازمان‌ها و اقدامات مدیریتی پیشنهادی انجام شد. در این پژوهش تحقیقاتی مانند مطالعات حیوانی، مطالعات توصیفی، مطالعات تجربی، متآنالیز و مرور سیستماتیک وارد نشدند. همچنین اسنادی که دارای اطلاعات ناقص و مبهم بود نیز استفاده نگردید.

**یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان داد نهادهای ملی و بین‌المللی متعددی در زمینه حفاظت شغلی در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو فعالیت دارند. کنترل‌های مدیریتی پیشنهادی از سوی سازمان‌های موردنظر متنوع بوده و شامل بازرسی، پایش پزشکی، مشارکت کارکنان، دستورالعمل ایمن کار، پیروی از استانداردها، نگهداری و تعمیرات، قفل و برجسب‌زنی، علائم ایمنی و هشداردهنده‌ها، پایش محیطی، مسئولیت کارفرمایان، رعایت حدود مجاز مواجهه، محدودیت دسترسی، کاهش خروجی انرژی، آموزش و رعایت فاصله بوده است.

**نتیجه‌گیری:** در این میان، رعایت حدود مجاز مواجهه، نگهداری و تعمیرات و محدودیت دسترسی از متداول‌ترین کنترل‌های مدیریتی پیشنهادی بوده‌اند. در میان نهادهای بین‌المللی، سازمان بین‌المللی کار متنوع‌ترین و مفصل‌ترین توصیه‌ها و کنترل‌های مدیریتی را ارائه نموده است. پیشنهاد می‌گردد، از نتایج این مطالعه در سیاست‌گذاری‌های سلامت در حوزه بهداشت و ایمنی پرتوها و نیز به‌عنوان یک راهنمای آموزشی سریع و ساده برای آشنایی مدیران و کارشناسان ایمنی، بهداشت و محیط زیست با کنترل‌های مدیریتی متداول که مورد سفارش سازمان‌های بین‌المللی می‌باشد، استفاده گردد.

**کلیدواژه‌ها:** کنترل‌های مدیریتی، پرتوهای غیریونساز، پرتوهای رادیویی، پرتوهای مایکروویو، سازمان‌های بین‌المللی.

### مقدمه

دارای محدوده فرکانسی سه کیلو هرتز تا سیصد مگاهرتز و پرتوهای مایکروویو دارای محدوده فرکانسی سیصد مگاهرتز تا سیصد گیگاهرتز می‌باشند [۱]. مواجهه شغلی کنترل نشده با این پرتوها می‌تواند باعث آسیب‌های حرارتی و غیرحرارتی به شاغلین شود. از این‌رو کنترل مواجهه کارکنان امری ضروری است [۳]. بر اساس هرم سلسله مراتب کنترل خطر که از سوی اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا معرفی شده است،

امواج رادیویی و مایکروویو دسته‌ای از پرتوهای غیر یون‌ساز هستند که در بخش‌های مختلفی مانند صنایع مخابراتی، نظامی، سامانه‌های ارتباطی ثابت و متحرک، رادار و سامانه‌های ناوبری دریایی، ارتباط‌های ماهواره‌ای، شبکه‌های رایانه‌ای، ترافیک هواپیمایی، فرستنده‌های رادیویی و تلویزیونی و نیز موارد پزشکی مانند دیاترمی کاربرد دارند [۱، ۲]. پرتوهای رادیویی

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

۴- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران، و مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه

علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران. v.zaroushani@qums.ac.ir

برخوردار هستند. از طرفی در مقایسه با وسایل حفاظت فردی که موجب محدودیت برای کارکنان بوده و از طرف آن‌ها به راحتی قابل پذیرش نیست می‌تواند با هزینه کمتر و کارایی قابل قبول به کنترل مواجهه شغلی بپردازد [۴]. این مطالعه سعی دارد تا با استفاده از یک مرور توصیفی به بررسی اقدامات مدیریتی توصیه شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی که در خصوص کنترل مواجهه شغلی با پرتوهای غیر یون‌ساز - با تأکید بر پرتوهای رادیویی و مایکروویو - منتشر شده است، بپردازد؛ بنابراین در ادامه، سازمان‌های مذکور و اقدامات مدیریتی پیشنهادی آن‌ها معرفی خواهند شد.

### روش بررسی

در ابتدا حوزه‌های علوم مرتبط با موضوع تحقیق، جهت تعیین منابع سازمانی و اطلاعاتی تعیین شد. سپس سازمان‌های مرجع در رابطه با موضوع تحقیق یافت و با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط که بر اساس اصل PICO طراحی شده بودند به جستجو در سایت سازمان‌ها و یافتن اطلاعات مورد نظر (بدون محدودیت زمانی و به زبان انگلیسی) پرداخته شد.

کلیدواژه‌های مربوط به جمعیت:

Radiofrequency, Microwave, Non-Ionization Radiation, Occupational, Worker, Airline Worker, Navy Worker, Police Officer, Weather Worker, TV and Radio Transmitter, Oven, wireless.

کلیدواژه‌های مربوط به مداخله:

Administrative control, administrative measure, preventive measure, Executive control, Executive measure.

کلیدواژه‌های مربوط به خروجی:

- <sup>1</sup> - P – patient, problem or population
- I – intervention
- C – comparison, control or comparator
- O – outcome

روش‌های حذف، جایگزینی، مهندسی، مدیریتی و وسایل حفاظت فردی به ترتیب به عنوان اولویت اقدامات کنترلی گزارش شده‌اند. در روش حذف، عامل خطر به صورت فیزیکی از محیط کار برداشته می‌شود ولی در جایگزینی، عامل خطر با عاملی با پتانسیل کمتر جایجا می‌گردد. در کنترل‌های مهندسی با انجام طراحی‌های جدید یا تغییر و تعدیل طراحی‌های قبلی بر ماشین‌آلات و تجهیزات، منبع خطر حذف می‌شود [۴، ۵]. اگرچه روش‌های مهندسی جزء روش‌های کنترلی مؤثر بوده و بر کنترل‌های مدیریتی و وسایل حفاظت فردی ارجحیت دارد، اما هزینه‌های مربوط به طراحی، ساخت، اجرا، راه‌اندازی و نگهداری آن‌ها از جمله عواملی هستند که موجب می‌شوند، علیرغم مؤثر بودنشان، با استقبال مناسب از سوی کارفرمایان مواجه نشوند [۴]. شایان ذکر است تاکنون مطالعات مختلفی در خصوص انواع روش‌های حفاظ گذاری که نوعی اقدام مهندسی است جهت حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی [۶-۱۰] و مایکروویو [۱۱، ۱۲] انجام شده است. در سال‌های اخیر نیز پژوهش‌های بسیاری در خصوص استفاده از نانوکامپوزیتها در بحث حفاظ‌گذاری در برابر پرتوهای مایکروویو انجام شده [۲۳-۱۳] است. همان‌طور که قبلاً گفته شد پایین‌ترین بخش از هرم سلسله مراتب اقدامات کنترلی، استفاده از وسایل حفاظت فردی است [۴]. در این خصوص نیز مطالعات متنوعی به منظور کنترل مواجهه شغلی کارکنان با پرتوهای الکترومغناطیس انجام شده که اغلب آن‌ها بر روی طراحی لباس‌های کار و چگونگی سنجش کارایی این لباس‌ها تمرکز داشته است [۳۰-۲۴]. روش‌های مدیریتی از جمله اقدامات کنترلی هستند که در هرم سلسله مراتب کنترل خطر بعد از روش‌های مهندسی قرار دارند. در این میان کنترل‌های مدیریتی بر تغییر روش‌های عملیاتی تأکید می‌کنند. در این دسته از کنترل‌ها، فرایندها و روش‌های عملیاتی که مورد استفاده کارکنان قرار دارند تغییر می‌یابند. اقدامات مدیریتی در بسیاری از موارد به راحتی قابل اجرا بوده و در مقایسه با روش‌های مهندسی از هزینه‌های بسیار کمتری

مدیریتی متداولی که از سوی آن‌ها در خصوص کنترل مواجهه شغلی با پرتوهای غیر یون‌ساز - با تأکید بر پرتوهای رادیویی و مایکروویو - منتشر شده است معرفی می‌گردند.

سازمان‌ها؛ تعدادی از نهادهای بین‌المللی مانند کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون‌ساز (ICNIRP)<sup>۲</sup>؛ اداره بهداشت محیط وزارت بهداشت کانادا<sup>۳</sup> و اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا<sup>۴</sup> (OSHA)، برنامه‌های کنترلی مشخصی برای حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو دارند که مورد قبول و استفاده بسیاری از کشورها است. اقدامات کنترلی که در محیط‌های کاری برای کاهش مواجهه کارکنان با پرتوهای مایکروویو صورت می‌گیرد شامل کنترل مهندسی، کنترل مدیریتی و وسایل حفاظت فردی است [۳۱-۳۳]. کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون‌ساز در زمینه اثرات این پرتوها بر سلامت انسان و کنترل آن‌ها و نیز تدوین استانداردهای مواجهه فعالیت می‌کند [۳۳]. این کمیته اقدامات حفاظتی لازم برای کارکنان را شامل کنترل‌های مهندسی، مدیریتی، برنامه‌های حفاظت فردی و پایش‌های پزشکی می‌داند. همچنین تأکید می‌کند باید در قدم اول، از کنترل‌های مهندسی برای کاهش میزان انتشار میدان‌های الکترومغناطیسی دستگاه‌های تولیدکننده به سطح قابل قبول مواجهه، استفاده نمود [۳۳]. این کمیته به‌عنوان یک سازمان غیردولتی در زمینه حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون‌ساز برای سازمان جهانی بهداشت (WHO)<sup>۵</sup>؛ سازمان بین‌المللی کار (ILO)<sup>۶</sup> و اتحادیه اروپا (EU)<sup>۷</sup> شناخته شده است و با سایر نهادهای بین‌المللی مانند کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۸</sup>؛ کمیته اروپایی تدوین استانداردهای

Occupational control, control in workplace, occupational prevention, Non-Ionization Radiation protection, Non-Ionization Radiation control.

سپس اطلاعات منتشر شده از سازمان‌های مرتبط که به‌صورت Legal, Governmental Document, Standard, Publication, Rule Or Regulation Manual, Guideline, Report منتشر شده بودند بررسی گردیدند. برای اطمینان از جمع‌آوری نتایج جامع‌تر، علاوه بر سایت سازمان‌های مورد نظر، جستجو در دو پایگاه خارجی (BING و GOOGLE) نیز صورت گرفت و اطلاعات سازمان‌های مورد نظر در قالب موارد فوق و در خصوص موضوع مورد پژوهش، جمع‌آوری شدند. پس از این مرحله، فرایند مرور، غربالگری و حذف اطلاعات تکراری یا غیرمرتبط انجام گرفت. سپس در میان مطالب مرتبط به بازاریابی مجدد منابع (با استفاده از بررسی فهرست منابع و یافتن سایر منابع مرتبط) پرداخته شد. پس از تهیه متن کامل مطالب مرتبط، فرایند ترجمه و استخراج اطلاعات مرتبط با موضوع تحقیق با محوریت سازمان‌های ارائه‌دهنده خدمات و اقدامات مدیریتی توصیه شده از سوی آن‌ها صورت گرفت. شایان ذکر است در این پژوهش معیارهای ورود و خروج از مطالعه نیز در نظر گرفته شد. اطلاعاتی که ناقص بودند یا مربوط به سایر پرتوهای غیر یون‌ساز بوده یا سازمان انتشاردهنده آن مشخص نبودند، از مطالعه حذف شدند. با توجه به اینکه در این پژوهش، مطالعاتی وارد شدند که حتماً از سوی سازمان‌های مرجع در قالب موارد فوق منتشر شده بودند، بنابراین تحقیقاتی مانند مطالعات حیوانی، مطالعات توصیفی (موردی، زمینه‌ای، تداومی، مقطعی و همخوانی)، مطالعات تجربی (انواع تحقیقات کارآزمایی‌های بالینی و تحلیلی)، متآنالیز و مرور سیستماتیک وارد این پژوهش نشدند.

## بحث

در این قسمت سازمان‌های بین‌المللی و کنترل‌های

<sup>2</sup> - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

<sup>3</sup> -Canada. Environmental Health Directorate

<sup>4</sup> - Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

<sup>5</sup> - World Health Organization (WHO)

<sup>6</sup> - International Labor Organization (ILO)

<sup>7</sup> - European Union (EU)

<sup>8</sup> - International Electrotechnical Commission (IEC)

حفاظتی مناسب را مؤثر می‌داند [۳۷]. این سازمان با همکاری کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز، دو راهنمای کاربردی در خصوص این پرتوها تهیه نموده که عبارتند از «شرح خطرات شغلی ناشی از مواجهه با پرتوهای غیر یونساز» و «حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو» [۳۳].

مرکز کنترل بیماری‌های آمریکا (CDC) و اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا نیز از دیگر سازمان‌های فعال در زمینه حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو هستند. در این راستا مرکز کنترل بیماری‌های آمریکا از راهنمایی‌های سازمان بین‌المللی کار در برابر پرتوهای مایکروویو متساع از هیترها و سیلرها استفاده می‌کند [۳۸]. اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا نیز اعلام می‌کند برای کاهش مواجهه با پرتوهای رادیویی، می‌توان از پیاده‌سازی مناسب کنترل‌های مهندسی و مدیریتی و نیز تغییر در فرایندهای کاری جهت کاهش مواجهه شغلی کارکنان با این دسته از پرتوها استفاده نمود. این روش‌های کنترلی، عناصر یک برنامه حفاظتی متنوع را در برابر پرتوهای رادیویی تشکیل داده که شامل نه اصل برای اجرا و پیاده‌سازی خط مش‌های حفاظتی در برابر پرتوهای مایکروویو و رادیویی می‌باشد. غالب ساختار این برنامه حفاظتی بر مبنای کنترل‌های مدیریتی است و تنها در اصل پایانی خود (اصل شماره نه) به لزوم نصب مناسب حفاظ پس از عملیات تعمیرات و نگهداری اشاره نموده است [۳۹].

در این راستا اداره بهداشت محیط وزارت بهداشت کانادا سندی را با عنوان کد ایمنی شماره ۶ با موضوع "حدود مواجهه افراد با میدان‌های الکترومغناطیس در محدوده‌ی فرکانسی ده مگاهرتز تا سیصد گیگاهرتز" اختصاص داده که نسخه ویرایشی آن (-EHD-99) 237 در سال ۱۹۹۹ منتشر شده است. در این سند حداکثر حد مجاز مواجهه<sup>۷</sup> و اقدامات کنترلی مورد نیاز در کار با تجهیزات رادیویی و مایکروویو بیان شده است.

<sup>۱</sup> - Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

<sup>۱</sup> - Maximum Permissible Exposure (MPE)

الکتروتکنیک (CENELEC)؛ کمیته بین‌المللی روشنایی (CIE) و سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) همکاری‌های مختلفی دارد. همچنین به انجمن بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها (IRPA)<sup>۲</sup> نیز خدمات مشاوره ارائه می‌دهد [۳۴، ۳۵]. کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز، در راهنمای کاربردی دوم که در خصوص حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو منتشر نموده به نه روش کنترل مواجهه شغلی شامل محوطه‌های کنترل شده و بدون کنترل، کنترل‌های نظارتی<sup>۳</sup>، نصب صحیح و مطلوب تجهیزات، محصورسازی منابع تولید پرتو<sup>۴</sup>، منابع محصور نشده، علائم هشداردهنده و برچسب‌زنی<sup>۵</sup>، کنترل محوطه و برچسب‌زنی تجهیزات و وسایل اشاره نموده است. بررسی اقدامات نه‌گانه فوق نشان می‌دهد اغلب این توصیه‌ها در دسته کنترل‌های مدیریتی می‌باشند [۳۶].

سازمان بین‌المللی کار از دیگر نهادهای بین‌المللی است که در زمینه کنترل پرتوهای الکترومغناطیس توصیه‌های مختلفی را ارائه نموده است. این سازمان اقدامات حفاظتی پیشنهادی خود را به صورت یک راهنمای عملی در چهار گروه اصلی شامل تعهدات و وظایف، مراقبت‌های ایمنی، ملاحظات مربوط به طراحی و نصب حفاظ و در نهایت مراقبت‌های پزشکی را به صورت یک راهنمای کاربردی با عنوان «ایمنی پرتوهای رادیوفرکانسی در کار با هیترها و سیلرهای دی الکترونیک» ارائه کرده است؛ اما در این میان بر حفاظ-گذاری پرتوها به دلیل عملی بودن و موثرتر بودن تأکید بیشتر دارد [۳۷]. این سازمان برای حفاظت در برابر هیترها، استفاده از اقدامات مدیریتی، اجرایی و دستورالعمل‌های کاری، طراحی و نصب سپرهای

<sup>۲</sup> - European Committee on Electrotechnical Standardization (CENELEC)

<sup>۱</sup> - International Commission on Illumination (CIE)

<sup>۱</sup> - International Standards Organization (ISO)

<sup>۱</sup> - International Radiation Protection Association (IRPA)

<sup>۱</sup> - Supervisory control

<sup>۱</sup> - Confined sources

<sup>۱</sup> - Warning signs and labeling

شغلی با پرتوهای موردنظر می‌باشد. بررسی دوره‌ای برنامه‌های حفاظتی می‌تواند به شناسایی و جبران کمبودهای حفاظتی کمک نموده و موجب اثربخشی این برنامه‌ها گردد. برای مثال کاربرانی که مسئولیت بهره‌برداری و نگهداری از هیترها را دارند بایستی به‌صورت روزانه به شناسایی خطرات، تشخیص و گزارش نقص در عملکرد دستگاه و نیز ارائه گزارش مشکلات مربوط به تعمیر و نگهداری بپردازد [۳۷]. همچنین اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا در اصل دوم و هشتم برنامه حفاظتی نه‌گانه خود که جهت حفاظت در برابر پرتوهای مایکروویو و رادیویی اعلام نموده به لزوم انجام بازرسی‌های دوره‌ای تأکید بسیار دارد. این اداره در اصل دوم به انجام بازرسی‌های دوره‌ای توسط یک شخص متخصص و دارای صلاحیت که بتواند به‌طور مؤثر، مقدار مواجهه با پرتوهای رادیویی را ارزیابی و خطرات ناشی از پرتوهای رادیویی را شناسایی کند تأکید نموده است. همچنین در اصل هشتم خود توصیه نموده تا از بازنگری‌های دوره‌ای مانند بازرسی‌های سالانه به‌منظور بررسی اثربخشی و شناسایی و رفع کاستی‌های برنامه حفاظتی استفاده گردد [۳۹].

پایش‌های پزشکی<sup>۴</sup> سازمان بین‌المللی کار لزوم انجام پایش پزشکی را به دو بخش شرایط عادی و شرایط خاص تقسیم نموده است. در بخش شرایط عادی عنوان می‌کند که در بسیاری از کشورها انجام معاینات اولیه و نیز معاینات دوره‌ای از کارگران یک الزام قانونی است. در سایر کشورها نیز ممکن است کارفرمایان در صنایع و سازمان‌های دولتی به معاینات قبل از استخدام و معاینات دوره‌ای، مشابه آزمایشات چک آپ، نیاز داشته باشند. همچنین این سازمان تأکید می‌کند بایستی در پایش‌های پزشکی به موارد منع اشتغال در میدان‌های رادیویی و افرادی که شامل این محدودیت هستند توجه شود. برای مثال افرادی که طی یک جراحی، اجزای فلزی در قسمت‌هایی از بدن آن‌ها

در این سند نیز بیشترین اقدامات حفاظتی پیشنهادی جهت حفاظت کارکنان، در کار با سیستم‌های ارتباطی و راداری از نوع مدیریتی است [۴۰]. در این میان سازمان جهانی بهداشت در زمینه مواجهه شغلی توصیه‌ی مشخص و مدونی ارائه نکرده و صرفاً به ارائه پیشنهاداتی در زمینه سلامت عموم مردم در برابر مواجهه با اجاق‌های آون اکتفا نموده است [۴۱]. آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (EPA)<sup>۱</sup> در خصوص حفاظت شغلی در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو سندی را منتشر نکرده اما در خصوص پرتوهای غیر یون‌ساز ناشی از تکنولوژی سیستم‌های بیسیم و مواجهه فردی عموم مردم، مطالبی را ارائه نموده که البته برگرفته از کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا (FCC)<sup>۲</sup> و اداره غذا و دارو آمریکا (FDA)<sup>۳</sup> است [۴۲]. در ادامه اقدامات مدیریتی متداولی که جهت حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو از سوی سازمان‌های بین‌المللی معرفی شده منتشر گردیده، ارائه خواهد شد.

کنترل‌های مدیریتی متداول از دیدگاه سازمان‌های بین‌المللی: بررسی کنترل‌های مدیریتی توصیه شده از سوی سازمان‌های معرفی شده نشان داد در مجموع می‌توان مطابق جدول شماره یک این اقدامات را در پانزده گروه مختلف دسته‌بندی کرد که در ادامه معرفی خواهند شد.

بازرسی<sup>۴</sup> سازمان بین‌المللی کار بازرسی و نظارت‌های دوره‌ای توسط افراد متخصص و نیز شناسایی خطر و ارزیابی مواجهه را به‌عنوان یکی از اقدامات مدیریتی مؤثر توصیه می‌کند که می‌تواند با شناسایی خطرات و ارزیابی میزان مواجهه کارکنان به کنترل و پیشگیری از بروز ریسک‌های بالا بپردازد. ارائه برنامه‌های حفاظتی یکی دیگر از توصیه‌های مدیریتی این سازمان، جهت کنترل خطرات ناشی از مواجهه

1 - United States Environmental Protection Agency (EPA)

2 - U.S. Federal Communications Commission (FCC)

3 - U.S. Food and Drug Administration (FDA)

4 - survey

5 - Medical surveillance

جدول ۱- خلاصه مشخصات کنترل‌های مدیریتی توصیه شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی

عنوان اقدام پیشنهادی	برخی از ویژگیها/ نمونه هایی از اقدام پیشنهادی	عنوان اختصاری سازمان پیشنهاد دهنده
بازرسی	نظارت دوره ای توسط افراد ذیصلاح، ارائه دوره ای گزارش نقص عملکرد دستگاهها	ILO-OSHA
پایش پزشکی	معاینات اولیه، معاینات دوره ای، توجه به منع اشتغال افراد خاص، معاینات شرایط خاص، معاینات قبل از استخدام، معاینات پایان دوره اشتغال، ثبت سوابق پزشکی	ILO-OSHA
مشارکت کارکنان	تشویق کارکنان، ارائه گزارش حوادث از سوی کارکنان، استفاده از کارکنان در تدوین و اجرای برنامه های ایمنی و بهداشت	ILO-OSHA
دستورالعمل ایمن کار	ارائه روش صحیح و ایمن انجام یک فعالیت، آموزش افراد، استفاده از دستورالعملهای استاندارد در فرایندهای کاری پیچیده، لزوم تدوین دستورالعملهای استاندارد در فعالیتهای خاص و ویژه مانند عملیات تعمیرات و نگهداری	ILO-OSHA
پیروی از استانداردها	استفاده از دستگاههایی که دارای استاندارد ایمنی پرتوها می باشند، پیروی از استانداردهای ایمنی پرتو در طول مدت استفاده ، تعویض و تعمیر دستگاهها، رعایت استانداردهای طراحی و ساخت تجهیزات تولید کننده پرتو، ارائه اطلاعات مربوط به خطرات و اقدامات احتیاطی هیترا به کاربران آنها، ارائه مستندات ارزیابی مواجهه در قبل و پس از تعمیر و نگهداری هیترا به کاربران آنها	ILO-OSHA
نگهداری و تعمیرات	انجام عملیات تعمیرات و نگهداری بر اساس دستورالعملهای کاری استاندارد، استفاده از افراد متخصص و آموزش دیده، قطع تمامی منابع برق دستگاه، آموزش به پرسنل تعمیرات و نگهداری، نصب مناسب سپرهای حفاظتی دستگاه پس از تعمیرات و نگهداری	ILO-OSHA-FCC-EPA
قفل و برجسب زنی	قفل و برجسب زنی منابع انرژی در طی عملیات تعمیرات و نگهداری دستگاهها، آموزش اجرا و بکارگیری قفل و برجسب زنی، اجرای دستورالعمل قفل و برجسب زنی مطابق با استاندارد OSHA 29 CFR 1910.147	ILO-OSHA

خاص نیز بایستی معاینات پزشکی انجام شود. برای مثال هنگامی که مواجهه بیش از حد مجاز رخ دهد، بسته به شرایط و شدت پرتودهی، ممکن است انجام یک معاینه پزشکی عمومی یا حتی اختصاصی نیز لازم باشد [۳۵].

اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا نیز در اصل هفتم برنامه حفاظتی خود بر به کارگیری پایش‌های پزشکی اختصاصی به‌عنوان یکی از اقدامات کنترلی ضروری تأکید می‌کند [۳۹]. همچنین سازمان بین‌المللی کار، اجرای یک برنامه مناسب مراقبت پزشکی را به‌عنوان یکی از اقدامات مدیریتی مؤثر بیان می‌دارد [۳۷]. این سازمان در راهنمای عملی خود بیان می‌کند کارکنانی که در مواجهه شغلی با پرتوهای رادیویی هستند بایستی با هدف دستیابی به موارد زیر تحت نظارت پزشکی قرار گیرند:

- بررسی وضعیت سلامت اپراتور قبل از شروع کار با

قرارگرفته، نمونه‌ای از افراد حساس به میدان‌های رادیویی هستند. شایان ذکر است این افراد ممکن است به علت جذب بیشتر انرژی پرتوهای رادیویی، دچار اضافه‌بار حرارتی شوند. همچنین کار در محیط‌های گرم نیز می‌تواند ریسک اضافه‌بار حرارتی را افزایش دهد [۳۷]؛ بنابراین حضور دو عامل فیزیکی پرتوهای رادیویی و گرما می‌توانند با ایجاد اثرات سینرژیست برای افراد حساس به این پرتوها خطرناک‌تر باشند. اثرات زیانبار حرارتی، از جمله آسیب‌های ناشی از عدم کنترل مواجهه شغلی با این دسته از پرتوها است [۱، ۴۳]. ایجاد آب‌مروارید، سوختگی پوست و آسیب به بافت بیضه از جمله اثرات حرارتی پرتوهای موردنظر می‌باشند [۱، ۴۴]؛ بنابراین افراد موردنظر در این حالت به مراقبت‌های پزشکی بیشتری نیاز دارند و این امر در مورد بیماران قلبی عروقی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین این سازمان اعلام می‌کند در شرایط

ادامه جدول ۱- خلاصه مشخصات کنترل‌های مدیریتی توصیه شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی

عنوان اقدام پیشنهادی	برخی از ویژگیها/ نمونه هایی از اقدام پیشنهادی	عنوان اختصاری سازمان پیشنهاد دهنده
علائم ایمنی و هشداردهنده‌ها	نشانه گذاری واضح مناطق خطرناک ، استفاده از پایشگرهای فردی، استفاده از هشداردهنده های شنیداری و دیداری	ILO-FCC-ICNIRP
پایش محیطی	نصب علائم هشداردهنده روی سیستمهای متحرک تولید کننده پرتو با تراز بالاتر از حد مجاز، نصب دستورالعملهای ایمن کار در فاصله ایمن از سیستم متحرک تولید کننده پرتو با تراز بالای حد مجاز ، اندازه گیری شدت میدانهای رادیویی در فعالیتهای کاری ، ارزشیابی میزان مواجهه در محیطهای مجاور مناطق خطرناک	ILO-OSHA-FCC
مسئولیت کارفرمایان	تعیین مقامات اجرایی و تعیین حدود اختیارات آنها، تدوین مستندات ضروری جهت پیاده سازی برنامه حفاظت پرتوها، نقش مقامات ذیصلاح برای کنترل مواجهه شغلی کارکنان، اجرای هماهنگی بین مقامات ذیصلاح برای اجتناب از موازی کاری، استفاده از مقررات سیستمهای نظارتی، تعیین منابع اعتباری برای پیاده سازی برنامه حفاظتی	ILO-OSHA
حدود مجاز مواجهه	رعایت مدت زمان شش دقیقه با حد مجاز چگالی توان ده میلی وات بر سانتی متر مربع در بازه بسامدی ده مگاهرتز تا صد گیگاهرتز رعایت مدت زمان شش دقیقه با حد مجاز چگالی توان ده میلی وات بر سانتی متر مربع در بازه بسامدی سه تا پانزده گیگاهرتز،	OSHA-ACGIH-ICNIRP-IEEE-FCC
محدودیت دسترسی	دسترسی کارکنان آموزش دیده و صلاحیت دار به منابع تابش پرتو، استفاده از توریها جهت جلوگیری از حضور و فعالیت کارکنان غیر مجاز، استفاده از سیستم قفل ثابت و دائم برای تاسیساتی که به مدت یکماه یا بیشتر نصب شده اند، نصب علائم مربوط به مکانهای ممنوعه بر روی دستگاه و تجهیزاتی که تحت بهره برداری هستند، استفاده از سیستم قفل و برچسب زنی، استفاده از موانع فیزیکی (مانند دیوارها) برای اطمینان از دور بودن افراد متفرقه از منابع پرتوها ، تعیین مناطق خطرناک	Canada. -ILO-ICNIRP-FCC Environmental Health Directorate

ادامه جدول ۱- خلاصه مشخصات کنترل‌های مدیریتی توصیه شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی

عنوان اقدام پیشنهادی	برخی از ویژگیها/ نمونه هایی از اقدام پیشنهادی	عنوان اختصاری سازمان پیشنهاد دهنده
کاهش خروجی انرژی	کاهش توان خروجی دستگاه تولید کننده / فرستنده پرتوها، خاموش کردن دستگاه در زمانیکه شدت پرتو خروجی بالا است، تعمیر یا تعویض سیستم فرستنده های فرسوده، بسته بودن درب کابینهای تقویت ولتاژ و امپراژ فرستنده های مایکروویو، کاهش تعداد فرستنده ها، خروج یک یا چند فرستنده از مدار بهره برداری، انتخاب تجهیزات استاندارد با توان تابشی کمتر، قطع یا کاهش توان تجهیزات به هنگام عملیات تعمیرات و نگهداری، هدایت جهت تابش آنتن به محوطه های خروجی کارگاه، استفاده از وسایل محدود کننده گردش آنتن	Canada. -ILO-FCC Environmental Health Directorate
رعایت فاصله و کنترل مدت زمان مواجهه	کنترل مدت زمان مواجهه (حداکثر شش دقیقه) کنترل فاصله بین منبع و اپراتور	ILO-OSHA
آموزش	آموزش بهداشت کارکنان در خصوص درک خطرات مربوط به پرتوگیری	ILO-OSHA

- پرتوهای رادیویی (قبل از استخدام)، در طول دوره خدمت و در پایان دوره شغلی. وجود این سوابق پزشکی موجب می‌شود تا از صحت محافظت کارکنان در برابر پرتوها اطمینان حاصل شده یا موارد منع کار با این دسته از پرتوها تشخیص داده شود.
- تشخیص هرگونه عوارض ناشی از مواجهه با پرتوهای رادیویی که بتواند به پیشگیری و درمان در مراحل اولیه بیانجامد.
- تهیه مجموعه‌ای از اطلاعات دقیق فردی و سوابق پزشکی کافی از افرادی که در مواجهه با پرتوهای

در طی عملیات تعمیرات و نگهداری تجهیزات تولید و منتشرکننده پرتوها توصیه نموده است. بر اساس اعلام این اداره، این امر می‌تواند موجب کاهش و پیشگیری از پرتوگیری کارکنان گردد [۳۹].

*پیروی از استانداردها:*<sup>۳</sup> اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا در اصل اول برنامه حفاظتی خود، کارفرمایان و تمامی کاربران را به استفاده از تجهیزات و دستگاه‌هایی که استانداردهای ایمنی را در خصوص پرتوهای رادیویی کسب کرده و در طول مدت بهره‌برداری و حتی بعد از هرگونه تعویض و تغییر، این استانداردها را حفظ نموده‌اند، تأکید می‌نماید. همچنین این اداره در اصل چهارم خود کارفرمایان و سازندگان تجهیزات تولیدکننده پرتوهای میکروویو و رادیویی را به پیاده‌سازی روش‌های کنترلی به‌منظور کاهش مقدار مواجهه و رساندن آن به مقادیر توصیه شده که از سوی کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیریونساز و انستیتو ملی استاندارد آمریکا<sup>۴</sup> ارائه شده است توصیه می‌کند [۳۹]. سازمان بین‌المللی کار نیز توصیه‌هایی را در خصوص رعایت استانداردهای طراحی و ساخت تجهیزات تولیدکننده این پرتوها اعلام نموده است. این سازمان بیان می‌کند تولیدکنندگان هیترا بایستی این وسایل را مطابق با استانداردهای اجرایی، طراحی و تولید نمایند و نیز اطلاعات مربوط به میزان خطر و اقدامات احتیاطی مربوطه را به مالکین آن‌ها ارائه دهند. همچنین بایستی پس از انجام اقداماتی مانند تعمیرات و نگهداری، مستندات مربوط به ارزیابی مواجهه در قبل و بعد از تعمیرات و نگهداری، به خریداران و مالکین این وسایل ارائه گردد [۳۷].

*نگهداری و تعمیرات:*<sup>۵</sup> بازرسی‌ها و مطالعاتی که توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا و کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا انجام شده نشان می‌دهد کارکنانی که تعمیرات و نگهداری دکل‌های رادیویی AM را انجام می‌دهند بیشترین احتمال

رادیویی هستند تا بتوان در مطالعات اپیدمیولوژیک آینده از آن‌ها استفاده نمود [۳۷].

*مشارکت:*<sup>۱</sup> از نظر سازمان بین‌المللی کار مشارکت کارکنان در تدوین و اجرای برنامه ایمنی و بهداشت پرتوها بسیار سازنده است. این امر می‌تواند بر ارتقاء بینش، درک و تعهد آن‌ها، بسیار مؤثر باشد. در این میان تشویق کارکنان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین این سازمان اعلام می‌کند ارائه گزارش حوادث از سوی کارکنان نیز می‌تواند نقش بسیار مهمی در کنترل خطرات داشته باشد. این امر ضرورت اهمیت مشارکت کارکنان را نشان می‌دهد [۳۷].

در این راستا اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا نیز در اصل ششم برنامه حفاظتی خود پیشنهاد می‌کند در تهیه و به‌کارگیری برنامه‌ها و تصمیماتی که بر ایمنی و بهداشت کار مؤثر هستند از کارکنان استفاده گردد تا هم از توانایی‌ها، بصیرت و دانش آن‌ها بهره گرفته و هم آن‌ها را در الزام و تعهد در به‌کارگیری دستورالعمل‌های ایمن کار، تشویق نمود [۳۹].

*دستورالعمل ایمن کار:*<sup>۲</sup> سازمان بین‌المللی کار استفاده از دستورالعمل‌های انجام کار ایمن را به‌عنوان یکی از اقدامات مدیریتی مؤثر در کنترل خطرات مربوط به کار با پرتوهای رادیویی و میکروویو معرفی نموده است [۳۷]. دستورالعمل‌های ایمنی کار روشی هستند که علاوه بر ارائه روش صحیح و ایمن انجام یک فرایند عملیاتی، به آموزش افراد نیز کمک فراوانی می‌کند. این دستورالعمل‌ها به‌صورت گام‌به‌گام و توسط سازمان‌های مربوطه تهیه می‌شوند تا برای کمک به کارکنان خود در انجام فعالیت‌ها و عملیات‌های پیچیده ارائه گردند. با استفاده از این دستورالعمل‌ها می‌توان علاوه بر دستیابی به کارایی بهتر، افزایش کیفیت خدمات و یکپارچگی در عملکرد موردنظر، موجب کاهش خطای سازمان‌ها و افراد در اجرای قوانین نیز شد [۴۵]. اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا نیز در برنامه حفاظتی نه‌گانه خود به تدوین و استفاده از دستورالعمل‌های ایمن کار مخصوصاً

<sup>3</sup> -comply the standard

<sup>4</sup> -American National Standards Institute (ANSI)

<sup>5</sup> -Maintenance Procedure

<sup>1</sup> -Participation

<sup>2</sup> -Standard Operating Procedure (SOP)



قفل و برچسب‌زنی<sup>۲</sup> سازمان بین‌المللی کار تأکید می‌کند در زمان تعمیرات و نگهداری بایستی از عملیات قفل و برچسب‌زنی استفاده نمود. این اقدام می‌تواند یک ابزار حیاتی برای حمایت از اپراتورهای مربوطه باشد. این سازمان توصیه می‌کند زمانی که یک سپر حفاظتی برداشته یا درب اتاقک تولیدکننده امواج باز می‌شود نبایستی قفل را برداشت. همچنین تمامی کارگران بایستی به‌ضرورت استفاده و حفظ سیستم قفل و برچسب‌زنی پی ببرند و به اجرای صحیح آن در دستورالعمل ایمن کار عقیده داشته باشند [۳۷]. شایان ذکر است بر اساس استاندارد OSHA 29 CFR 1910.147 می‌توان با استفاده از سیستم قفل و برچسب‌زنی، حوادثی را که ممکن است هنگام انجام عملیات تعمیرات و نگهداری اتفاق افتد را کاهش داد. این سیستم با کنترل منابع انرژی دستگاه‌ها و تجهیزات، از روشن شدن غیرمنتظره ابزار و ماشین‌آلاتی که در حال تعمیر و سرویس هستند ممانعت به عمل آورده و با جلوگیری از آزاد شدن ناخواسته انرژی به کنترل خطرات می‌پردازد. استاندارد فوق اطلاعات جامعی را در خصوص فرایند کنترل انرژی ارائه می‌نماید [۴۷].

علائم/ایمنی و هشداردهنده<sup>۳</sup> بر اساس توصیه سازمان بین‌المللی کار، مناطق خطر پرتوهای رادیویی باید به‌طور واضح با علائم مناسب و موانع به‌صورت مشخص نشانه‌گذاری شوند. این علائم ایمنی بایستی به‌گونه‌ای واضح باشند که از فاصله سه متری قابل تشخیص و خواندن باشند [۳۷]. بر اساس گزارش کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا می‌توان از پایشگرهای فردی رادیویی<sup>۴</sup> به‌عنوان یک جزء با ارزش از یک برنامه ایمنی، جهت حفاظت کارکنان در برابر مواجهه بیش‌ازحد با این پرتوها استفاده نمود. این ابزارها می‌توانند خطر قرارگیری افراد را در میدان رادیویی که شدت آن بالاتر از حدود حداکثر مجاز مواجهه باشد را نشان داده و به‌عنوان یک آشکارساز قابل اطمینان عمل

مواجهه بیش‌ازحد مجاز را دارند [۴۶]. از این‌رو سازمان بین‌المللی کار اعلام می‌کند بایستی عملیات تعمیر و نگهداری منابع منتشرکننده امواج رادیویی، بر اساس دستورالعمل استاندارد انجام شود. گاهی لازم است در طی تعمیر و نگهداری، برای دسترسی به داخل کابین، پانل‌های مربوطه برداشته شود. این امر بایستی تنها توسط افرادی که آموزش تخصصی کار با این تجهیزات را دریافت کرده و از خطرات بالقوه و چگونگی حفاظت در برابر این پرتوها اطلاع دارند، انجام شود. همچنین این سازمان توصیه می‌کند بایستی قبل از هرگونه اقدام به تعمیر، تمامی منابع برق که دستگاه‌های امواج رادیویی را تغذیه می‌کنند، قطع شوند. پس از اتمام تعمیرات نیز بایستی تمام قطعات، از جمله سپرهای حفاظتی موردنظر قبل از اتصال برق در جای خود قرار گرفته و نصب شوند. این سازمان تأکید می‌کند بایستی به پرسنل تعمیر و نگهداری در خصوص ضرورت و اهمیت نصب صحیح تمام اتصال‌دهنده‌ها، پانل‌های اداری و درها آگاهی‌های لازم داده شود به‌گونه‌ای که به باور لازم در خصوص ضرورت این اقدام برسند. هرگونه نقص در جانمایی یک سپر حفاظتی ممکن است باعث نشت سطوح بالای امواج رادیویی گردیده و اجازه دهد تا دسترسی مستقیم به ۵۰۰۰ ولت یا بیشتر در داخل ژنراتور اتفاق افتد. شایان ذکر است تماس با این ولتاژهای بالا کشنده است. اگرچه حفاظت‌گذاری اولین و مهم‌ترین اقدام ایمنی در خصوص کنترل مواجهه با پرتوها است اما مراقبت‌های ایمنی شامل فرایندهای مناسب نگهداری می‌تواند به‌صورت معنی‌داری مقدار مواجهه کارکنان را کاهش دهد [۳۷]. اداره ایمنی بهداشت کار آمریکا از نگهداری و تعمیرات به‌عنوان یکی از اصول برنامه حفاظتی نه‌گانه خود استفاده نموده، به‌گونه‌ای که در اصل نهم برنامه حفاظتی این اداره، نصب مناسب حفاظ‌های مربوطه پس از انجام تعمیرات و نگهداری توصیه شده است [۳۹].

<sup>۲</sup> - Tag Out / Lock Out

<sup>۳</sup> - Warning and Safety Sign

<sup>۴</sup> - RF Personal Monitors

<sup>۱</sup> - Shielding

کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا نیز بر انجام ارزشیابی مواجهه در محیط‌های مجاور مناطق خطرناک و اجرای قوانین و اقدامات مربوط به رعایت حدود مجاز مواجهه تأکید می‌کند [۴۶].

**مسئولیت کارفرمایان:** اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا به اهمیت نقش مقامات اجرایی و تعیین حدود اختیارات آن‌ها در کنترل مدیریتی خطرات مربوط به پرتوهای مایکروویو تأکید می‌کند. این اداره در اصل نهم برنامه حفاظتی خود به واگذاری مسئولیت‌ها، تعیین وظایف و اختیارات مقامات ذیصلاح و تدوین مستندات ضروری جهت پیاده‌سازی تمامی جنبه‌های برنامه حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی تأکید نموده است [۳۹]. علاوه بر این سازمان بین‌المللی کار نیز به نقش مقامات ذیصلاح به‌عنوان یک ابزار مدیریتی جهت کنترل مواجهه شغلی کارکنان با پرتوها اشاره دارد. این سازمان اعلام می‌دارد برای اجتناب از موازی کاری و تکرار اقدامات حفاظتی از سوی مقامات اجرایی، بایستی بین مقامات ذیصلاح و نظارتی، همکاری و هماهنگی‌های لازم صورت گیرد. بدین منظور می‌توان از مقررات مربوطه که از سوی سیستم‌های نظارتی جهت بررسی وضعیت تطابق شرایط کار با دستورالعمل‌های ایمنی صادر می‌گردد، استفاده نمود [۳۷]. در این راستا، انجام تحقیقات مداوم و پیاده‌سازی خط‌مشی‌هایی با سطح ایمنی بالا می‌تواند موجب پررنگ شدن نقش مدیران ارشد در ارتقاء ایمنی سیستم گردد [۳۳، ۳۲]. بر اساس نظر این سازمان، تخصیص مسئولیت‌ها، حدود اختیارات و منابع اعتباری، می‌تواند به پیاده‌سازی و اجرای تمام جنبه‌های برنامه حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو کمک نماید [۳۷].

**حدود مجاز مواجهه:** بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین اقدامات حفاظتی که برای کنترل مواجهه شغلی با پرتوهای غیر یون‌ساز در فرکانس بالا بکار گرفته می‌شود، استفاده از اقدامات مدیریتی است [۱، ۳۳، ۴۸-].

این کمیسیون تأکید دارد عملکرد هشداردهنده‌ها به‌صورت شنیداری یا سیگنال قابل مشاهده باشد. کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا استفاده از این دستگاه‌ها را در همه محیط‌های کاری مخصوصاً در مناطقی که دارای فرستنده‌های متعدد هستند توصیه نموده و تأکید می‌کند که این وسایل تنها می‌توانند به‌عنوان دستگاه‌های هشداردهنده استفاده شوند و نمی‌توانند حفاظتی را ایجاد نمایند [۴۶]. کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون‌ساز، در سند راهنمای کاربردی خود تحت عنوان «حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو» اعلام می‌کند کنترل‌های مدیریتی مانند استفاده از هشداردهنده‌های شنیداری و دیداری، بایستی در ترکیب با کنترل‌های مهندسی استفاده شوند [۳۳]. سازمان بین‌المللی کار نیز در راهنمای خود که جهت حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو منتشر نموده بیان می‌کند، سیستم‌های متحرک و قابل حمل که توانایی تولید تراز مواجهه بیش از حدود توصیه شده را دارند بایستی دارای علائم هشداردهنده باشند و این علائم نیز به‌وضوح قابل مشاهده باشد. همچنین تأکید می‌گردد این علائم بایستی به همراه دستورالعمل نصب بوده و در فاصله‌ای از سیستم که تراز مواجهه کمتر از حد مجاز است، نصب گردند [۳۶].

**پایش محیطی:** اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا در برنامه حفاظتی نه‌گانه خود، بر اندازه‌گیری شدت میدان‌های رادیویی در فعالیت‌های کاری توسعه‌یافته و نیز تعیین مناطق خطرناک تأکید می‌کند [۳۹]. در این راستا سازمان بین‌المللی کار نیز بر اندازه‌گیری‌های محیطی جهت شناسایی مناطق خطرناک تأکید و توصیه می‌نماید در صورت وجود مناطقی با تراز شدت بیش از حد مجاز، بایستی مناطقی تحت عنوان "مناطق خطر پرتوهای رادیویی" در اطراف هر منبع مشخص شده و به کارگران شاغل در این مناطق هشدارهای لازم ارائه گردد [۳۷]. علاوه بر این،

<sup>2</sup> - Responsibility of the employer

<sup>3</sup> - Role of competent authorities

<sup>4</sup> -exposure limit

<sup>1</sup> -Workplace Monitoring

اقدام حفاظتی برای حفظ ایمنی و بهداشت کارکنان استفاده گردد. کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا بیان می‌کند ممکن است این اقدام همیشه قابل اجرا و ممکن نباشد. در برخی مواقع ممکن است کارکنان در فاصله بسیار نزدیکی از منابع رادیویی مشغول به کار شوند که گاهی اوقات (بسته به تراز و زمان مواجهه) می‌تواند پیروی از استانداردهای حدود مواجهه را با مشکل مواجه سازد. [۴۶]. این کمیسیون توصیه می‌کند مناطقی که تحت تابش پرتوهای رادیویی و مایکروویو هستند بایستی محدودیت دسترسی داشته و تنها در دسترس کارکنانی باشند که به آن‌ها آگاهی و آموزش‌های لازم داده شده و اقدامات حفاظتی نیز برای آن‌ها اعمال گردیده است. این افراد می‌توانند مواجهه‌ای تحت ضوابط و معیارهای خاص داشته باشند. کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا پیشنهاد می‌کند افرادی که به صورت گذرا<sup>۱</sup> با این دسته از پرتوها مواجهه دارند بایستی ضمن دریافت آموزش و آگاهی‌های مربوطه، از ضوابط دیگری مانند شرایط مربوط به مواجهه شغلی استفاده نمایند [۴۶].

کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون‌ساز، در سند راهنمای کاربردی خود تحت عنوان «حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو» اعلام می‌کند کنترل‌های مدیریتی مانند محدودیت دسترسی بایستی در ترکیب با کنترل‌های مهندسی استفاده شود و تا آنجا که ممکن است بایستی اولویت اقدامات کنترلی در استفاده از کنترل‌های مهندسی و مدیریتی باشد [۳۵].

استفاده از توری‌ها، جلوگیری از حضور و فعالیت کارکنان در مکان‌های با تراز بالای مواجهه از موارد دیگر محدودیت‌های دسترسی است که جزء کنترل‌های مدیریتی پیشنهادی از سوی سازمان بین‌المللی کار می‌باشد. این سازمان از سیستم‌های دائمی قفل نیز به‌عنوان روشی دیگر برای محدودیت دسترسی یاد کرده و اعلام می‌نماید تأسیساتی که برای استفاده به مدت

[۵۵]. یکی از انواع کنترل‌های مدیریتی که در این زمینه کاربرد فراوانی دارد رعایت حد مجاز مواجهه است. اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا حد مجاز چگالی توان مؤثر در مدت‌زمان حداکثر یک‌دهم ساعت، برای بازه بسامدی ده مگاهرتز تا صد گیگاهرتز را، به مقدار ده میلی وات بر سانتی‌متر مربع تعیین نموده است. انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا در سال ۲۰۰۸ مقدار حد آستانه<sup>۲</sup> را برای پرتوهای مایکروویو در بازه بسامدی سه تا پانزده گیگاهرتز، ده میلی وات بر سانتی‌متر مربع برای مدت‌زمان شش دقیقه مواجهه، اعلام نموده است [۳۱]. انجمن مهندسين برق<sup>۳</sup> نیز مقدار ده میلی وات بر سانتی‌متر مربع را به‌عنوان حداکثر مقدار مجاز مواجهه شغلی برای محدوده‌ی فرکانسی سه تا پانزده گیگاهرتز تعیین نموده است [۵۶]. یکی از اقدامات کنترلی پیشنهادی کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا نیز رعایت حدود حداکثر مجاز مواجهه می‌باشد. این کمیسیون توصیه می‌کند بایستی در ارزیابی موقعیت‌های شغلی کارکنان به مدت‌زمان مجاز مواجهه توجه نمود و از مقدار استاندارد آن که شش دقیقه است تخطی نکرد. این مدت‌زمان برای کارکنانی که از یک منطقه تحت مواجهه در حال عبور هستند قابل اجرا است. اما برای پرسنلی مانند تعمیرات و نگهداری که مدت‌زمان فعالیت آن‌ها طولانی‌تر است مناسب نیست. در چنین حالتی بایستی مدت‌زمان کار به بازه‌های زمانی کوچک‌تر تقسیم شود، به‌گونه‌ای که از حدود مجاز مواجهه تجاوز ننماید [۴۶].

محدودیت دسترسی<sup>۴</sup>؛ مواجهه شغلی کارکنان با میدان‌های رادیویی در محیط‌های کاری یا سایر محیط‌های کنترل شده، مشکلات متفاوتی را در مقایسه با مواجهه عموم مردم ایجاد می‌نماید. محدود کردن دسترسی به میدان‌های رادیویی با شدت بالا یکی از اقدامات کنترلی مدیریتی است که می‌تواند به‌عنوان یک

<sup>1</sup> - American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

<sup>2</sup> - Threshold Limited Values (TLVs)

<sup>3</sup> - Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

<sup>4</sup> - Access Restriction

<sup>5</sup> - Transient

آن‌ها و در نهایت ایجاد شوک یا سوختگی شود. در چنین مواقعی استفاده از موانع طبیعی مانند دیوارها ترجیح داده می‌شوند [۳۷].

کاهش خروجی/انرژی؛ کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا علاوه بر رعایت مدت‌زمان مجاز مواجهه، به اقدامات دیگری برای کنترل مواجهه شغلی با پرتوهای مایکروویو و رادیویی اشاره می‌کند که عبارتند از کاهش توان و خاموش کردن دستگاه در زمانی که شدت پرتوهای خروجی آن بالا است. شایان‌ذکر است تعویض یا تعمیر سیستم‌های فرستنده از جمله مواردی هستند که شدت پرتوهای رادیویی در آن‌ها بسیار افزایش می‌یابد. در توصیه‌های این کمیسیون آمده در محیط‌هایی که فرستنده‌های متعددی وجود دارند می‌توان کاهش توان یا حفاظ گذاری منابع رادیویی<sup>۲</sup> را انجام داد. این امر تا زمان صدور مجوزهای انجام کار می‌تواند یک اقدام حفاظتی بسیار مهم و تأثیرگذار باشد؛ به عبارت دیگر در چنین محیط‌هایی به دلیل وجود توان بالا، بایستی در ابتدا توان فرستنده را کاهش و سپس اقدامات لازم را جهت صدور مجوزهای کار انجام داد [۴۶].

همچنین این کمیسیون بیان می‌کند به دلیل اینکه توان موجود در کابین‌های تقویت‌کننده ولتاژ و جریان فرستنده‌های پرتوهای مایکروویو بسیار بالا است و می‌تواند خطر مرگ را به همراه داشته باشد، بایستی درهای کابین در هنگام روشن بودن فرستنده بسته باشد. شایان‌ذکر است در جاهایی که ایستگاه‌های فرستنده متعدد پرتوهای رادیویی با شدت بالا وجود دارد در زمانی که فرستنده در مدار استفاده نباشد و کاملاً خاموش شده باشد امکان مواجهه افراد با این دسته از پرتوها وجود دارد؛ بنابراین، این کمیسیون تأکید می‌کند اگر چندین فرستنده توان بالا در مجاورت یکدیگر قرار داشته باشند بایستی میزان مواجهه ارزیابی شود و در صورتی که تراز مواجهه از حدود مجاز افزایش یابد بایستی تعداد فرستنده‌ها را کاهش داد تا تراز انرژی به زیر حد استاندارد برسد. برای این کار می‌توان یک یا

یک ماه یا بیشتر نصب می‌گردند بایستی تمامی موانع مربوط به کنترل محیط‌های کاری محدود شده را داشته باشد. همچنین تمامی سیستم‌های دائمی قفل داخل نیز بر روی آن‌ها نصب شده باشند [۳۶]. قفل داخلی در واقع یک قطعه یا مجموعه‌ای از قطعات است که در صورت فعال شدن آن، ارسال موج از منابع رادیویی یا مایکروویو (مانند مگنترون در فرهای مایکروویو یا فرستنده‌های رادیویی) قطع می‌شود [۵۷].

در این راستا، اداره بهداشت محیط وزارت بهداشت کانادا در سندی با عنوان کد ایمنی شماره شش که به موضوع "حدود مواجهه/افراد با میدان‌های الکترومغناطیس در محدوده‌ی فرکانسی ده مگاهرتز تا سیصد گیگاهرتز" اختصاص داده و نسخه ویرایشی آن (99-EHD-237) در سال ۱۹۹۹ منتشر شده بر محدودیت دسترسی تأکید بسیار دارد. این اداره بیان می‌کند برای هر دستگاه و تجهیزاتی که نصب می‌شوند بایستی تا زمانی که تحت بهره‌برداری هستند تمامی علائم و موانعی که حدود و مرزهای مکان‌های ممنوعه را نشان می‌دهد نصب گردد. علاوه بر این بایستی تمامی سیستم‌های قفل داخلی به صورت ثابت و دائم بر روی تجهیزات نصب گردند تا از تابش‌های اتفاقی و ناخواسته به سایر مناطق جلوگیری نماید [۴۰]. اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا در برنامه حفاظتی نه‌گانه خود، محدودیت تردد در مناطق خطرناک را با استفاده از رویه قفل و برچسب‌زنی و نصب علائم هشداردهنده توصیه می‌کند. این اداره در اصل سوم برنامه حفاظتی خود بر لزوم شناسایی محوطه‌های خطرناک و کنترل آن‌ها تأکید می‌نماید [۳۹].

سازمان بین‌المللی کار اعلام می‌کند برای اطمینان از اینکه سایر افراد در خارج از مناطق خطر پرتوهای رادیویی باقی می‌مانند می‌توان از موانع فیزیکی نیز استفاده نمود. برای مؤثر بودن این موانع بایستی توجه شود که موانع به راحتی قابل حمل نبوده و از جنسی انتخاب شوند که هادی جریان الکتریکی نباشند. استفاده از مواد هادی الکتریسیته در موانع فیزیکی می‌تواند منجر به القاء جریان الکتریکی ناشی از منابع رادیویی بر

<sup>۱</sup> - Minimizing the RF Energy Leakage

<sup>۲</sup> - Radiofrequency Shielding

توصیه‌های فوق برای حفاظت شغلی کارکنان در برابر این پرتوها یاد نموده و استفاده کرده است [۴۰].

رعایت فاصله و کنترل مدت‌زمان مواجهه<sup>۲</sup> از دیدگاه سازمان بین‌المللی کار کنترل مدت‌زمان مواجهه و نیز کنترل فاصله بین منبع و اپراتور یکی دیگر از کنترل‌های مدیریتی مهم است که جهت حفاظت کارکنان در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو بکارگرفته می‌شود [۳۷]. در این راستا کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا به کارکنانی که در محدوده نزدیک به دکه‌های رادیویی AM یا در فاصله بسیار نزدیک به این آنتن‌ها کار می‌کنند، توصیه می‌کند که فاصله‌ایمن را رعایت کنند. این کمیسیون اعلام می‌کند حتی برای یک آنتن فرستنده با توان پنجاه کیلو وات، حفظ فاصله حدود ۱۵ سانتی‌متری کافی است تا مقدار مواجهه کارکنان از حداکثر مقدار مواجهه تجاوز ننماید؛ اما در مناطقی که چندین برج فرستنده وجود دارد بایستی این فاصله بیشتر از سی و پنج سانتی‌متر باشد. با این حال هنگامیکه عملیات کاری بر روی یک فرستنده یا مناطق مجاور آن انجام می‌شود حتماً بایستی مناطق امن کاری که کارگر می‌تواند برای یک دوره معین در آن به‌صورت ایمن کار کند، شناسایی شود. مدارهای تنظیم فرستنده‌های AM<sup>۳</sup> از قسمت‌هایی هستند که شدت میدان مغناطیسی بالایی دارند و بایستی رعایت فاصله (چند متر) اعمال گردد. افزایش فاصله از این قسمت با سرعت می‌تواند شدت میدان مغناطیسی را کاهش دهد. بر اساس نظر کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا بایستی مدارهای تنظیم را در مکان‌هایی قرار داد که به شدت، پتانسیل مواجهه را کاهش دهد. برای مثال جایگزین کردن مدارها به فاصله چند متر، می‌تواند حفاظت کافی را ایجاد نماید [۴۶].

همچنین اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا در اصل نهم برنامه حفاظتی خود در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو به کنترل زمان مواجهه و کنترل فاصله به‌عنوان یکی از اقدامات حفاظتی مؤثر اشاره می‌کند

چندین فرستنده را از مدار باز کرد یا در هر فرستنده‌ای که امکان‌پذیر بود مقدار انرژی پرتوهای خروجی را کاهش داد [۴۶]. سازمان بین‌المللی کار به انتخاب تجهیزات مناسب به‌عنوان اقدامی دیگر جهت کاهش خروج انرژی پرتوهای مایکروویو و رادیویی اشاره می‌کند. از نظر این سازمان می‌توان با انتخاب تجهیزاتی که توان تابشی کمتری دارند، مقدار مواجهه کارکنان را کاهش داد و تأکید دارد نصب تجهیزات و وسایل بایستی به‌گونه‌ای انجام شود که مواجهه افراد تا حد امکان و معقول کاهش یابد. این اصل در واقع به قانون ALARAP<sup>۱</sup> اشاره می‌کند [۳۶]. طبق این قانون سطح ریسک تا حدی که منطقی و قابل‌اجرا (عملی) است، کاهش می‌یابد [۵۸].

همچنین می‌توان از قطع یا کاهش توان تجهیزات در هنگام تعمیرات نیز به‌عنوان تکنیکی برای کاهش تراز انرژی خروجی و کنترل مواجهه پرسنل تعمیرات و نگهداری استفاده نمود [۳۶]. علاوه بر این ساده‌سازی فرایندهای کاری نیز از جمله اقدامات مؤثری است که می‌تواند به کاهش تراز انرژی و مقدار مواجهه بیانجامد. در این روش، مراحل عملیاتی موجود در فرایندهای کاری کاهش می‌یابد؛ به‌عبارت‌دیگر فرایندهای کاری پیچیده و طولانی به چندین فرایند کاری کوچک و ساده تقسیم می‌شوند [۴۷]. در راستای اجرای تکنیک کاهش انرژی خروجی، سازمان بین‌المللی کار توصیه می‌کند در محیط‌های کاری که امکان دارد جهت تابش آنتن به خارج از محوطه‌های کارگاهی هدایت شود تا تراز انرژی رسیده به کارکنان کاهش یابد. اگر این امر امکان‌پذیر نبوده، بایستی استانداردهای حدود مجاز مواجهه رعایت گردد. در صورت نیاز ممکن است برای پیشگیری از افزایش مواجهه کارکنان، از وسایل محدودکننده گردش آنتن یا کاهش توان پرتوهای رادیویی در محیط‌های کاری استفاده نمود [۳۶]. شایان‌ذکر است اداره بهداشت محیط وزارت بهداشت کانادا نیز در سند ایمنی که پیش‌از این گفته شد از

<sup>۲</sup> -Distance and Exposure Time

<sup>۳</sup> - Tuning circuits for AM broadcast antennas

<sup>۱</sup> - As Low As Reasonably Practicable

برابر پرتوهای غیر یونسازمانند پرتوهای رادیویی و مایکروویو فعالیت دارند. همچنین یافته‌های این مطالعه نشان داد اقدامات مدیریتی پیشنهادی از سوی سازمان‌های مورد نظر متنوع بوده و در پانزده گروه مختلف ارائه شده که شامل بازرسی، پایش پزشکی، مشارکت کارکنان، دستورالعمل ایمن کار، پیروی از استانداردها، نگهداری و تعمیرات، قفل و برجسب‌زنی، علائم ایمنی و هشداردهنده‌ها، پایش محیطی، مسئولیت کارفرمایان، رعایت حدود مجاز مواجهه، محدودیت دسترسی، کاهش خروجی انرژی، رعایت فاصله و آموزش می‌باشد. در این میان برخی از سازمان‌ها در حوزه‌های محدودی به ارائه راهکار پرداخته‌اند مانند IEEE و ACGIH که صرفاً رعایت حدود مجاز مواجهه را پیشنهاد نموده و برخی دیگر از نهادها مانند سازمان بین‌المللی کار و اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا بیش از سایر نهادها به ارائه کنترل‌های مدیریتی متنوع پرداخته‌اند به گونه‌ای که این دو سازمان تقریباً در تمامی اقدامات مدیریتی ارائه شده در این مطالعه، پیشنهادات و توصیه‌های متعددی داشته‌اند (جدول شماره یک). در این میان سازمان بین‌المللی کار، با پیشنهاد چهارده راهکار کنترلی، مفصل‌ترین و متنوع‌ترین اقدامات مدیریتی را ارائه نموده بود. بررسی سازمان‌ها و کنترل‌های مدیریتی ارائه شده در این مطالعه نشان می‌دهد برخی از اقدامات کنترلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند به گونه‌ای که مورد توجه بیشتر سازمان‌های فعال در زمینه حفاظت شغلی در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو بوده است. رعایت حدود مجاز مواجهه (توصیه شده از سوی پنج نهاد)، نگهداری و تعمیرات (توصیه شده از سوی چهار نهاد) و محدودیت دسترسی (توصیه شده از سوی چهار نهاد) از جمله پر استنادترین کنترل‌های مدیریتی بودند که مورد توجه بیشتر سازمان‌های فعال قرار گرفته بودند (جدول شماره یک). بررسی متون داخلی نشان داد سند "ضوابط کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو" که توسط سازمان انرژی اتمی ایران در سال ۱۳۸۷ منتشر شد نشان می‌دهد در این سند بر اجرای بیش از ده نوع

[۳۹].

سازمان بین‌المللی کار نیز بیان می‌کند کنترل‌های اداری و یا موانع فیزیکی که به حداکثر رساندن فاصله بین منبع تولیدکننده امواج و اپراتور می‌انجامد می‌تواند در کاهش مواجهه مؤثر باشد. بسیاری از این تکنیکها می‌توانند بدون کاهش کیفیت محصول یا خدمات مورد نظر بکار گرفته شوند [۳۷].

آموزش؛ بسیاری از مراجع بین‌المللی از جمله اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا و سازمان بین‌المللی کار به استفاده از دستورالعمل‌ها، راهنماها و استانداردها جهت کنترل مواجهه شغلی با پرتوهای رادیویی و مایکروویو تأکید دارند و از این امر به عنوان یک عامل مهم و تأثیرگذار در آموزش کارکنان یاد می‌کنند [۳۱-۳۳]. بنابر اعلام سازمان بین‌المللی کار، آموزش بهداشت به تمام کارکنان و سرپرستان و اطمینان از اینکه آنان به درک خطرات در مورد مواجهه شغلی با پرتوهای رادیویی رسیده‌اند یکی از اقدامات مدیریتی مؤثر جهت کاهش مواجهه شغلی آنان می‌باشد [۳۷]. بر اساس نظر این سازمان، مواجهه با مقادیر بیش از اندازه با پرتوهای رادیویی ممکن است برای تعمیرکاران در هنگام تعمیر موجرها یا کابل‌های تغذیه آنتن اتفاق افتد. این سازمان توصیه می‌کند در این خصوص به کارکنان مربوطه آگاهی‌های کافی داده و احتیاط‌های لازم نیز در نظر گرفته شود [۳۶]. همچنین اداره ایمنی و بهداشت کار آمریکا نیز در اصل پنجم برنامه حفاظتی نه‌گانه خود، بر ارائه آموزش‌های ایمنی و بهداشت درباره پرتوهای رادیویی به منظور اطمینان از اینکه تمامی کارکنان از خطرات این پرتوها آگاهی دارند تأکید می‌کند [۳۹].

### نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد نهادهای ملی و بین‌المللی متعددی مانند ILO، OSHA، FCC، IEEE، EPA، ACGIH، ICNIRP و اداره بهداشت محیط و وزارت بهداشت کانادا در زمینه حفاظت شغلی در

<sup>1</sup> -Training

## تقدیر و تشکر

بدین وسیله از همکاری و مساعدت جناب آقای جلال حسنی دوآبی که ما را در به ثمر رسیدن این مطالعه یاری نمودند، کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

## منابع

1. Cember. H, Johnson TE. Introduction to Health Physics. FOURTH ed. New York, NY: McGraw-Hill Publishing Company; 2009.
2. Kitchen R. RF and Microwave Radiation Safety Handbook. Second ed. Oxford, UK: newnes; 2001.
3. Zaroushani V, Khavanin A, Mortazavi SB. Nonthermal Effects of Radar Exposure on Human: A Review Article. Iran J Health Safe Enviro. 2014;1(1):43-52 [Persian].
4. Hierarchy of Controls: Centers for Disease Control and Prevention; 2016. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>.
5. Hazard Control: canadian centre for occupational health and safety (ccohs); 2017. Available from: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard\\_control.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_control.html).
6. Oroumei A, Tavanai H, Morshed M. Radiofrequency Shielding by Polypyrrole-Coated Nano and Regular Fibrous Mats. J Electro Mat. 2011;40(11):2256-63.
7. Koppel T, Ahonen M. The Shielding of Inbound Radiofrequency Electromagnetic Fields at Workplaces. Safe Technogen Enviro. 2014:29-37.
8. Koppel T, Ahonen M, Vilcane I, editors. Reducing exposure to radiofrequency electromagnetic fields from wireless networking with laptop computers. Scientific Conference on Economics and Entrepreneurship (SCEE'2014), 2015/02/01/22: 17: 22; 2014.
9. Vremera E, David V, Sfartz E, editors. Measurements in the Radiofrequency Range on Absorbing and Shielding Materials. Proceedings of the 15th IMEKO TC 4 International Symposium on Novelties in Electrical Measurements and Instrumentation; 2007.
10. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J. Effect of radiofrequency (RF) shielding in a silicon-photomultiplier PET/MRI system. J Nucle Med. 2012;53(supplement 1):2391.
11. Bogush V, Borbot'ko T, Kolbun N, Lynkov L, editors. Novel composite shielding materials for

از اقدامات مدیریتی کنترلی که توسط سازمان‌های بین‌المللی مرجع توصیه شده، تأکید گردیده که شامل رعایت حدود پرتوگیری پرتوکاران و عموم مردم، تعیین وظایف و مسئولیت‌ها (شامل وظایف دارنده پروانه، مسئول فیزیک بهداشت، شخص مسئول و کارکنان)، پایش‌های محیطی (اندازه‌گیری میدان‌های رادیویی و مایکروویو)، نصب علائم هشدار و خطر (در نواحی مختلف و روی دستگاه)، رعایت مقررات مربوط به استقرار و نصب تجهیزات، بازرسی از مراکز کار با منابع پرتوهای رادیویی و مایکروویو، کاهش خروجی انرژی (در مقررات مربوط به رادار و سیستم‌های ارتباطی و مخابراتی) نگهداری و تعمیر (در مقررات مربوط به فرهای مایکروویو)، محدودیت دسترسی، کنترل مدت‌زمان مواجهه و پیروی از استانداردها و مقررات می‌باشد؛ بنابراین می‌توان با در نظر گرفتن ضوابط مربوط به پایش پزشکی، مشارکت کارکنان، دستورالعمل ایمن کار، قفل و برچسب‌زنی و آموزش این سند ملی را به یکی از کاملترین مراجع جهت حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو تبدیل نمود.

شایان ذکر است تنوع و قابلیت کاربری کنترل‌های مدیریتی ارائه شده در این مطالعه به‌گونه‌ای است که نه تنها می‌توان از آن‌ها در محیط‌های کاری متفاوت استفاده نمود بلکه برای کنترل بسیاری از عوامل زیان آور محیط کار نیز قابل اجرا می‌باشند. از این رو پیشنهاد می‌گردد از نتایج این مطالعه در سیاست‌گذاری‌های سلامت در حوزه بهداشت و ایمنی پرتوها و نیز به‌عنوان یک راهنمای آموزشی ساده برای آشنایی مدیران و کارشناسان ایمنی، بهداشت و محیط زیست با کنترل‌های مدیریتی متداول که مورد سفارش سازمان‌های بین‌المللی می‌باشد، استفاده شود. همچنین توصیه می‌شود در مطالعات آتی، تأثیر به‌کارگیری راهکارهای مدیریتی دیگری مانند استفاده از رژیم‌های غذایی ویژه (مانند استفاده از آنتی‌اکسیدانها) و ورزش جهت معرفی به سازمان‌های بین‌المللی مورد بررسی قرار گیرد.

shielding in X band frequency rang. J Health Safe Work. 2017;6(4):1-16 [Persian].

24. Hui S, Jianping W, Xiaona C, Yanzhen W, editors. Research on electromagnetic shielding clothing. Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference (CSQRWC), 2011: IEEE.

25. Jian L, Xiao-bo D, Ling X, Qing-jun D. Research and Test of Shielding Efficiency on Electromagnetic Shielding Clothing (II). Electron Qual. 2011;1:026.

26. Li K-j, Wang X-c. Discussion on development of the electromagnetic shielding clothing. J Text Res. 2005;26(4):148.

27. Jian L, Xiao-bo D, Ling X, Qing-jun D. Research and Test of Shielding Efficiency on Electromagnetic Shielding Clothing (II). Electron Qual. 2012;1(04):026

28. Wang X, Liu Z. Shielding efficiency mathematics model on the electromagnetic shielding clothing. J Text Res. 2008;29(2):73.

29. Haoran W, Xiaofei W, Hao M, editors. Study on electromagnetic protective clothing structure for shielding effectiveness. Electronic Measurement & Instruments (ICEMI), 2015 12th IEEE International Conference on: IEEE.

30. Wang X, Rong X, Zheng Q, Sun R, Chen Y, Liu Z, editors. Shielding Effectiveness Fitting of Local Electromagnetic Shielding Clothing Based on Human Figure. PIERS Proceedings; 2014.

31. RF & Microwave Safety Program. Cornell University; 2009.

32. Radiofrequency and Microwave Radiation in the Workplace. Radiation Protection Service of the Occupational Health and Safety Branch, Ministry of Labour; 2009.

33. Ahlbom A, Bergqvist U, Bernhardt J, Cesarini J, Grandolfo M, Hietanen M, et al. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physic. 1998;74(4):494-521.

34. Bernhardt J, Matthes R. Recent and Future Activities of the ICNIRP. Radia Protec Dosim. 1997;72(3-4):167-76.

35. General approach to protection against non-ionizing radiation protection. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2002.

36. Protection of Workers against Radio-Frequency and Microwave Radiation: A Technical Review. International Labour Organisation (ILO) 1986.

37. Safety in the use of radiofrequency dielectric

suppression of microwave radiation. Microwaves, Radar & Wireless Communications, 2006 MIKON 2006 International Conference on; 2006: IEEE.

12. Keping S. Laboratory research on shielding effect of a novel conductive cloth to microwave radiation. J Electrostat. 1998;44 125-9.

13. Cao XG, Ren H, Zhang HY. Preparation and microwave shielding property of silver-coated carbonyl iron powder. J Alloy Comp. 2015;631:133-7.

14. Singh B, Saket D, Singh A, Pati S, Gupta T, Singh V, et al. Microwave shielding properties of Co/Ni attached to single walled carbon nanotubes. J Mat Chem A. 2015;3(25):13203-9.

15. Klein CA. Microwave shielding effectiveness of EC-coated dielectric slabs. IEEE Transac Microw Theo Techniq. 1990;38(3):321-4.

16. Annadurai P, Mallick AK, Tripathy DK. Studies on microwave shielding materials based on ferrite and carbon blackfilled EPDM rubber in the X-band frequency. J Appl Polym Sci. 2002;83(1):145-50.

17. Xu H, Anlage SM, Hu L, Gruner G. Microwave shielding of transparent and conducting single-walled carbon nanotube films. Appl Physic Let. 2007;90(18):183119.

18. Zaroushani V, Khavanin A, Jonidi Jafari A, Mortazavi SB. A New Microwave Shield Preparation for Super High Frequency Range: Occupational Approach to Radiation Protection. J Res Health Sci. 2016;4(16):206-11 [Persian].

19. Zaroushani v, Khavanin A, Mortazavi S, Jonidi Jafari A, Moeini M, Javadzadeh M. The Role of a New Electromagnetic Shielding in Reducing the Microwave Radiation) A Case Study for the X-Band Frequencies). Iran Occup Health J. 2015;12(5):90-9 [Persian].

20. Zaroushani V, Khavanin A, Mortazavi SB. An attenuation Layer for Electromagnetic Shielding in X- Band Frequency. Iran J Health Safe Enviro. 2015;2(2):264-9 [Persian].

21. Zaroushani V, Khavanin A, Mortazavi SB, Jnonidi Jafari A. Improvement of electromagnetic shielding effectiveness for radar frequencies using dispersion factor. Iran Occup Health J. 2016;13(1):1-10 [Persian].

22. Zaroushani V, Khavanin A, Mortazavi SB, Jonidi Jafari A. Efficacy of Net Epoxy Resin for Electromagnetic Shielding in X-Band Frequency Range. Health Scope. 2016;5(3):1-7 [Persian].

23. Zaroushani. V, Khavanin. A, Jafari. AJ, Mortazavi. SB, Khajenasiri. F. Investigation of factors influencing the efficacy of electromagnetic





- Damnjanovi I, Đinđić B, Radović J. Radiofrequency and microwave radiation health effects and occupational exposure. *Acta Med Medianae*. 2011;50(4):74-8.
51. Elder JA, Czerki PA, Stuchly K, Mild KH, Sheppard AR. Radiofrequency radiation. *Nonionizing Radiation Protection* 1989.
52. Ganatra V, Yadav K, Senjaliya C, Bhatt M, Nakum S. Health Hazards Due to Electromagnetic Radiation in The Workplace. *International Journal for Innovative Res Sci Technol*. 2015;1(8):138-45.
53. Hansson Mild K, Alanko T, Decat G, Falsaperla R, Gryz K, Hietanen M, et al. Exposure of workers to electromagnetic fields. A review of open questions on exposure assessment techniques. *Int J Occup Safe Ergonom*. 2009;15(1):3-33.
54. Vecchia P, Matthes R, Ziegelberger G, Lin J, Saunders R, Swerdlow A. Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*. 2009.
55. General approach to protection against non-ionizing radiation. *Health Physics: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* .2002. p. 540-8.
56. Gandhi OP. Electromagnetic Fields: Human Safety Issues. *Annu Rev Biomed Eng*. 2002;4:211-34.
57. Labor standards with radiofrequency and microwave radiations. In: system Ins, editor. Tehran: Atomic Energy Organization of Iran; 2008 [persian].
58. ALARP "at a glance" Health and Safety Executive. Available from: <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarplance.htm>.
- heaters and sealers: A practical guide Geneva: International Labour Office; 1998.
38. Radiofrequency (RF) Sealers and Heaters. The National Institute for Occupational Safety and Health; 1979.
39. Curtis RA. Elements of a Comprehensive RF Protection Program: Role of RF Measurements. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA)* 1999.
40. Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz. In: *Environmental Health Directorate HPB*, editor. 99-EHD-237 ed: authority of the Minister of Health ;1999.
41. Electromagnetic fields and public health: Microwave ovens: World Health Organization; 2005.
42. Breckenkamp J, Berg G, Blettner M. Biological effects on human health due to radiofrequency/microwave exposure: A synopsis of cohort studies. *Rad Environ Biophys*. 2003;42(3):141-54.
43. Kubacki R, editor Biological interaction of pulse-modulated electromagnetic fields and protection of humans from exposure to fields emitted from radars. 2008: IEEE.
44. Cleary S, Pasternack B, Beebe G. Cataract incidence in radar workers. *Arch Environ Health*. 1965;11(2):179.
45. Wikipedia, the free encyclopedia. Standard operating procedure. Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_operating\\_pcedure](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_operating_pcedure).
46. Fields RE. Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields. *OET Bull*. 1997;65:10.
47. OSHA 29 CFR 1910.147 - Control of Hazardous Energy: occupational safety and health administration; 1910. Available from: [https://www.osha.gov/OshDoc/data\\_General\\_Facts/factsheet-lockout-tagout.pdf](https://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/factsheet-lockout-tagout.pdf).
48. Ashyap I, Yahya A. A multi-band integrated electromagnetic field detection system: Universiti Tun Hussein Onn Malaysia; 2014.
49. Casas AC, Fernández FS, Bueloha MdC, Gayá RP, Artero CC. General public and workers exposure to high-frequency electric fields in spanish hospitals. *Med Segur Trab (Internet)* 2013;59(230):15-25.
50. Đinđić N, Jovanovi J, Veličković V,

## A review on administrative controls to radiofrequency and microwave radiation based on recommendations of international organizations

Ali Khavanin<sup>1</sup>, Ahmad Jonidi Jafari<sup>2</sup>, Saeid Ahmadi<sup>3</sup>, Vida Zaroushani\*<sup>4</sup>

Received: 2017/09/02

Revised: 2018/05/09

Accepted: 2018/06/13

### Abstract

**Background and aims:** Radio frequency and microwaves radiations are a part of non-ionizing electromagnetic radiation that have various applications in different work environments. Administrative measures reduce the occupational exposure with low cost and acceptable performance. This study using narrative review was conducted to investigate the recommended administrative controls that published by international organizations in order to control the occupational exposure to Radio Frequency and microwave radiations.

**Methods:** Firstly, the international reference organizations were determined in relation to the research topic. Then, based on the PICO principle, related keywords designed. Then, all documents as a Government Document, Legal Rule or Regulation, Publication, Standard, Report, Guideline, Manual, were reviewed in English language without time limit. In addition, the search was conducted on two external databases (BING and GOOGLE). Then, the process of reviewing, screening and eliminating repeated, unrelated, and unusable resources was carried out. After preparation of the full text, the process of translation and extraction of related information conducted based on the organizations and administrative measures. In this study, experimental research, descriptive studies, analytical studies, Meta-analyzes, and systematic reviews, did not entry. Also, documents with incomplete and obscure information were also not used.

**Results:** The results of this study showed that there are several international organizations that work up in field of occupational exposure control to radiofrequency and microwave radiation. extracted administrative measures are diverse and including the inspection, medical monitoring, employee participation, safe/standard operating procedure, compliance with standards, preventive maintenance, lock out/ tag out, safety signs and warnings, workplace monitoring, Responsibility of the employer, exposure limit, access restrictions, reducing output energy, training and distance .

**Conclusion:** Meanwhile, exposure limits, maintenance process and access restrictions were the most recommended administrative controls. Among the international organization, the International Labor Organization (ILO) presented the most diverse and comprehensive administrative controls. It is suggested that the results of this study be used in health and safety radiation policies and as a simple guide to introduction on recommended administrative measures for managers and occupational and environmental health experts.

**Keywords:** Administrative control, Non-Ionizing radiation, Radiofrequency, Microwave, International organization.

1. Associate Professor, Department of Occupational Health engineering, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Occupational Health engineering, Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran.
4. (**Corresponding author**) Assistant Professor Department of Occupational Health engineering, Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran, & Social Determinants of Health Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran. V.Zaroushani@qums.ac.ir