Supreme National Defense University Quarterly of Defense Strategy

https://ds.sndu.ac.ir E-ISSN: 2980-8464

Vol. 24, No. 1, Issue. 93, Spring 2026 **Received:** 2025/09/27 **Accepted:** 2026/02/24

Research paper

Explaining Approaches to Radiological Incident Management: A Comparative Study of the United States, Japan, Canada, and Russia

Amin Esmaeili
Graduate in Command and Control, Khatam al-Anbiya Air Defense University, Tehran, Iran
Email: A.esmaeili@yahoo.com
Omid Jafari Zadeh
Assistant Professor, Department of Command and Control, Khatam al-Anbiya Air Defense University, Tehran, Iran
Email: Omid.jafarizade69@yahoo.com

Abstract

Radiological incidents are among the most complex and multidimensional crises in the field of risk management, requiring a comprehensive, integrated, and reliable system for prevention, preparedness, response, and recovery. Adopting a comparative approach, this article examines the policies, institutional structures, command and control systems, communication protocols, training practices, and technologies employed in four selected countries: the United States, Japan, Canada, and Russia. The study aims to extract lessons learned and propose a framework for strengthening Iran's radiological incident management system. The research employs a descriptive-analytical and comparative methodology. Data were collected from official reports, government documents, and international sources and were subsequently reviewed and assessed by an expert panel. The findings indicate that each country has adopted distinct approaches shaped by its governance structure and historical experience. These include an emphasis on command integration in the United States, institutional reforms and transparency in Japan, federal-provincial coordination in Canada, and the rapid mobilization of resources in the Russian Federation. Based on these findings, a set of institutional, operational, and technological measures is proposed to support the localization and improvement of Iran's radiological incident management system.

Keywords: Radiological Incidents, Crisis Management, Comparative Study, Nuclear Safety, Iran

فصلنامه راهبرد دفاعی

سال بیست و چهارم، شماره یکم (پیاپی ۹۳)، بهار ۱۴۰۵، صص.۲۷-۵۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵ ـ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵

مقاله پژوهشی

تبیین نحوه مواجهه با حوادث پرتُوی: مطالعه تطبیقی کشورهای ایالات‌متحده آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه

امین اسمعیلی
دانش‌آموخته رشته فرماندهی و کنترل، دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا (ص)، تهران، ایران
Email: A.esmaeili@yahoo.com

امید جعفری زاده
استادیار گروه فرماندهی و کنترل، دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا (ص)، تهران، ایران
Email: Omid.jafarizade69@yahoo.com

چکیده

حوادث پرتوی به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین و چندبُعدی‌ترین بحران‌ها در عرصه مدیریت مخاطرات، نیازمند یک سامانه جامع، یکپارچه و قابل اتکا برای پیشگیری، آمادگی، واکنش و بازگشت به وضعیت عادی است. این مقاله با رویکرد تطبیقی سیاست‌ها، ساختارهای نهادی، سامانه‌های فرماندهی و کنترل، پروتکل‌های ارتباطی، آموزش و فناوری‌های مورد استفاده در چهار کشور منتخب (ایالات‌متحده آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه) را بررسی می‌کند. هدف پژوهش استخراج درس‌آموخته‌ها و ارائه چهارچوبی پیشنهادی برای تقویت سامانه مدیریت حوادث پرتوی در ایران است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و تطبیقی است و داده‌ها از گزارش‌های رسمی، اسناد دولتی و منابع بین‌المللی گردآوری شده و در پنل خبرگی مورد بررسی و پایش قرار گرفته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد هر کشور براساس ساختار حکمرانی و تجربه تاریخی خود راهکارهای متفاوتی را اتخاذ کرده است؛ ازجمله تمرکز بر یکپارچه‌سازی فرماندهی در ایالات‌متحده آمریکا، اصلاحات نهادی و شفافیت در کشور ژاپن، هماهنگی فدرال-استانی در کشور کانادا و بسیج سریع منابع در فدراسیون روسیه. بر پایه نتایج، مجموعه‌ای از راهکارهای نهادی، عملیاتی و فناورانه برای بومی‌سازی و بهبود سامانه مدیریت حوادث پرتوی در ایران پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: حوادث پرتوی، مدیریت بحران، مطالعه تطبیقی، ایمنی هسته‌ای، ایران

صحت مطالب بر عهده نویسنده مقاله است و بیانگر دیدگاه دانشگاه عالی دفاع ملی نیست.

مقدمه

فناوری هسته‌ای در حوزه‌های گسترده‌ای نظیر تولید برق، پزشکی، پژوهش و صنعت کاربرد دارد. هم‌زمان با مزایای این فناوری، خطر بروز حوادث پرتوی نیز همواره وجود دارد که می‌تواند عواقب غیرقابل جبرانی برای سلامت عمومی، محیط‌زیست و زیرساخت‌های اجتماعی و اقتصادی به دنبال داشته باشد. حوادثی مانند چرنوبیل (۱۹۸۶) و فوکوشیما (۲۰۱۱) نشان داده‌اند که ضعف در آمادگی و مدیریت می‌تواند پیامدهای ملی و بین‌المللی به بار آورد. ازاین‌رو، توسعه و تقویت سامانه‌های مدیریت حوادث پرتوی یکی از اولویت‌های امنیتی و بهداشتی کشورها است.

ایالات‌متحده آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه به‌عنوان چهار کشور پیشرو در حوزه فناوری هسته‌ای، تجربه‌های ارزشمندی در مواجهه با حوادث پرتوی دارند. هر یک از این کشورها به‌دلیل ساختار سیاسی، اجتماعی و اقتصادی خاص خود، شیوه‌های متفاوتی در مواجهه با این نوع حوادث اتخاذ کرده‌اند. ایالات‌متحده آمریکا با بهره‌گیری از ساختار نهادی چندلایه و شبکه ارتباطی پیشرفته، ژاپن با تمرکز بر آموزش و فرهنگ‌سازی عمومی پس از تجربه فوکوشیما، کانادا با رویکرد جامعه‌محور و هماهنگی بین استانی و روسیه با تأکید بر فرماندهی متمرکز و فناوری‌های بومی، هر یک درس‌آموخته‌های ارزشمندی در این زمینه ارائه می‌دهند.

در ایران، با توجه به توسعه فناوری‌های هسته‌ای و بهره‌برداری از ظرفیت‌های صلح‌آمیز انرژی اتمی در بخش‌های مختلف ازجمله پزشکی، صنعت، کشاورزی و تولید انرژی، موضوع پدافند پرتوی و مدیریت بحران‌های ناشی از آن اهمیتی دوچندان دارد. بااین‌حال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که سامانه‌های موجود هنوز با چالش‌هایی در زمینهٔ ساختارهای نهادی و سازمانی، فرماندهی و کنترل یکپارچه، تدوین و اجرای پروتکل‌های ارتباطی استاندارد و آموزش و تمرین نیروهای انسانی مواجه هستند. از سوی دیگر، فقدان فناوری‌های پیشرفته و سامانه‌های نوین تشخیص و پایش می‌تواند توان کشور را در مواجهه سریع و مؤثر با بحران‌های پرتوی محدود سازد. ایران به‌دلیل موقعیت استراتژیک و همچنین ظرفیت‌های علمی و فنی خود، نیازمند بهره‌گیری از بهترین تجارب بین‌المللی در این حوزه است. تحلیل

تطبیقی تجربیات کشورهایی مانند آمریکا، کانادا و روسیه می‌تواند به شناسایی الگوهای موفق و ناکارآمدی‌های موجود کمک کند و در نهایت، مبنای طراحی سیاست‌های بومی و کارآمد قرار گیرد.

یکی از چالش‌های عمده در ایران، کمبود دانش و دستورالعمل‌های جامع و کاربردی برای مدیریت حوادث پرتوی است. علاوه بر این، ضعف در هماهنگی بین دستگاه‌های مختلف و نبود آموزش‌های عمومی و تخصصی کافی، ممکن است عواقب بحران‌های احتمالی را تشدید کند. مطالعه تطبیقی کشورهای پیشرو می‌تواند به شناسایی بهترین شیوه‌ها و سازوکارهای قابل اقتباس برای بومی‌سازی در ایران کمک کند.

۱. کلیات

۱-۱. بیان مسئله

حوادث پرتُوی ازجمله تهدیدات پیچیده و چندبُعدی در عرصه مدیریت بحران به شمار می‌روند که پیامدهای آن‌ها نه‌تنها سلامت عمومی و محیط‌زیست، بلکه امنیت ملی، ثبات اجتماعی و توسعهٔ اقتصادی کشورها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تجربه‌های تاریخی همچون انفجار نیروگاه چرنوبیل در اتحاد جماهیر شوروی (۱۹۸۶) و حادثه نیروگاه فوکوشیما در ژاپن (۲۰۱۱) نشان داده است که وقوع چنین رخدادهایی می‌تواند به بروز بحران‌هایی در مقیاس ملی و بین‌المللی منجر شود و حتی سال‌ها پس از حادثه، اثرات زیان‌بار آن بر جوامع و محیط‌زیست باقی بماند. از این منظر، ضرورت طراحی و استقرار سامانه‌های جامع، یکپارچه و علمی برای مدیریت حوادث پرتوی بیش از پیش احساس می‌شود.

در ایران، توسعه فناوری هسته‌ای در سال‌های اخیر، همراه با کاربرد گسترده آن در حوزه‌های صنعت، پزشکی، کشاورزی و انرژی، نیازمند یک نگاه دقیق به موضوع مدیریت حوادث پرتوی است. درعینِ‌حال، حوادثی مانند زلزله یا دیگر بلایای طبیعی که احتمال آسیب به تأسیسات هسته‌ای را افزایش می‌دهند، ضرورت آمادگی در برابر چنین بحران‌هایی را دوچندان می‌کنند.

در سطح جهانی، بسیاری از کشورها به‌دلیل تجربیات تلخ گذشته، مانند حوادث چرنوبیل در روسیه یا فوکوشیما در ژاپن، سیاست‌ها و استراتژی‌های متنوعی برای پیشگیری و کاهش اثرات این حوادث تدوین کرده‌اند. بااین‌حال، تفاوت‌های قابل‌توجهی در زمینهٔ نحوه تدوین و اجرای این سیاست‌ها وجود دارد که ناشی از عوامل گوناگون فرهنگی، سیاسی، اقتصادی و حتی اقلیمی است.

ایران به‌دلیل موقعیت استراتژیک و همچنین ظرفیت‌های علمی و فنی خود، نیازمند بهره‌گیری از بهترین تجارب بین‌المللی در این حوزه است. تحلیل تطبیقی تجربیات کشورهایی مانند آمریکا، کانادا و روسیه می‌تواند به شناسایی الگوهای موفق و ناکارآمدی‌های موجود کمک کند و در نهایت، مبنای طراحی سیاست‌های بومی و کارآمد قرار گیرد.

مسئله اصلی این پژوهش آن است که سامانه مدیریت حوادث پرتوی ایران برای پاسخ‌گویی کارآمد به بحران‌های احتمالی، نیازمند بازنگری و تقویت در ابعاد مختلف مدیریتی، سازمانی، فناورانه و اجتماعی است. فقدان هماهنگی نهادی کافی، نبود پروتکل‌های ارتباطی مشترک میان دستگاه‌ها، محدودیت در برگزاری رزمایش‌های منظم و گسترده و کمبود تجهیزات نوین پایش و کنترل، همگی عواملی هستند که می‌توانند در زمان وقوع حادثه، کارایی سامانه مدیریت بحران را کاهش دهند.

ازاین‌رو، ضرورت دارد تا با بهره‌گیری از یافته‌های پژوهش‌های تطبیقی و انتقال تجربیات بین‌المللی، مجموعه‌ای از پیشنهادهای راهبردی و عملیاتی برای تقویت ساختار پدافند پرتوی ایران تدوین گردد. این امر نه‌تنها به ارتقای آمادگی ملی در برابر بحران‌های پرتوی کمک می‌کند، بلکه موجب افزایش اعتماد عمومی، کاهش پیامدهای انسانی و زیست‌محیطی و بهبود جایگاه کشور در عرصه بین‌المللی در حوزه ایمنی و امنیت هسته‌ای خواهد شد.

این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال است که چه درس‌هایی می‌توان از تجربیات کشورهای مذکور گرفت تا ایران بتواند سامانه‌ای جامع و یکپارچه برای مدیریت این‌گونه حوادث طراحی کند. در این راستا، شناخت نقاط قوت و ضعف سیاست‌های موجود در کشورهای پیشرفته، از طریق رویکرد تطبیقی، می‌تواند نقش کلیدی ایفا کند.

۱-۲. اهمیت و ضرورت تحقیق

پژوهش حاضر از چند جنبه حائز اهمیت راهبردی، علمی و کاربردی است. نخست، حوادث پرتوی ازجمله بحران‌هایی هستند که آثار آن‌ها محدود به مرزهای ملی نبوده و می‌توانند پیامدهای منطقه‌ای و حتی جهانی داشته باشند. تجربه‌هایی مانند فاجعه چرنوبیل در شوروی سابق و حادثه فوکوشیما در ژاپن نشان داده‌اند که مدیریت ناکارآمد یا ضعف در هماهنگی نهادی می‌تواند خساراتی جبران‌ناپذیر بر سلامت عمومی، محیط‌زیست و اقتصاد کشورها وارد سازد. ازاین‌رو، بررسی مدل‌های موفق و ناکام سایر کشورها برای کشورهایی همچون ایران که از ظرفیت‌های هسته‌ای برخوردار است، ضرورتی غیرقابل انکار محسوب می‌شود. دوم، اهمیت این پژوهش در فراهم‌سازی بستری علمی برای انتقال تجربه و درس‌آموخته‌ها نهفته است. تحلیل تطبیقی ساختارها و راهبردهای کشورهای پیشرو، امکان شناسایی نقاط قوتی همچون شبکه فرماندهی و کنترل یکپارچه، پروتکل‌های ارتباطی استاندارد، یا برنامه‌های آموزشی و رزمایش‌های مستمر را فراهم می‌کند و از سوی دیگر، نقاط ضعف احتمالی را آشکار می‌سازد تا از تکرار آن‌ها در کشور ما جلوگیری شود. سوم، این مطالعه اهمیت ویژه‌ای در حوزه سیاست‌گذاری و مدیریت ملی بحران دارد. یافته‌های پژوهش می‌توانند مبنای تصمیم‌گیری مدیران، قانون‌گذاران و نهادهای مسئول در جهت اصلاح ساختارهای نهادی، ارتقای هماهنگی بین‌بخشی و توسعه فناوری‌های بومی مقابله با بحران‌های پرتوی قرار گیرند. به‌ویژه در ایران که با توجه به توسعه فناوری هسته‌ای نیازمند سامانه‌ای کارآمد و منسجم برای مدیریت حوادث احتمالی است، بهره‌گیری از چنین تحلیل تطبیقی می‌تواند در افزایش تاب‌آوری ملی نقشی کلیدی ایفا کند. چهارم، اهمیت اجتماعی و انسانی این پژوهش در صیانت از جان انسان‌ها و محیط‌زیست جلوه‌گر می‌شود. هرچه کشورها در برابر بحران‌های پرتوی آماده‌تر باشند، توانایی آن‌ها برای کاهش پیامدهای انسانی و زیست‌محیطی افزایش خواهد یافت. از این منظر، پژوهش حاضر نه صرفاً یک مطالعه علمی، بلکه اقدامی در راستای حفاظت از امنیت انسانی و پایداری توسعه ملی تلقی می‌گردد. براین‌اساس، می‌توان گفت پژوهش حاضر با ترکیب ابعاد علمی، کاربردی، سیاستی و انسانی جایگاه ویژه‌ای در حوزه

مدیریت بحران پرتوی یافته و نتایج آن می‌تواند نقشه راهی برای ارتقای نظام پدافند پرتوی در ایران فراهم آورد.

۱-۳. سؤال اصلی تحقیق

چه مواردی از سیاست‌ها و اقدامات کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه در مواجهه با حوادث پرتوی را می‌توان برای طراحی الگوی مناسب در ایران آموخت؟

۱-۴. هدف اصلی تحقیق

بررسی تطبیقی سیاست‌ها و اقدامات کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه در مواجهه با حوادث پرتوی به‌منظور ارائه الگویی مناسب برای ایران.

۱-۵. روش‌شناسی تحقیق

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی است و در گام اول داده‌ها از منابع و مستندات دارای اعتبار شامل گزارش‌های رسمی دولت‌ها، پایگاه‌های سازمانی، اسناد «آژانس بین‌المللی انرژی اتمی»[1] (IAEA) و مقالات پژوهشی جمع‌آوری شدند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعه اسناد و نتایج حاصل از جلسات خبرگان و صاحب‌نظران، تحلیل به‌صورت نظام‌مند و مقایسه‌ای انجام شد تا مؤلفه‌های کلیدی سامانه‌های مدیریت حادثه براساس پنل خبرگی به‌منظور تبیین اهداف تعیین‌شده استخراج شوند. سپس در گام دوم با برگزاری پنل‌های مجدد خبرگی معیارهای تحلیل شامل ساختار نهادی، مدل فرماندهی و کنترل، پروتکل‌های ارتباطی، ظرفیت‌های پزشکی و آموزشی و فناوری‌های پایش احصا و پیشنهادی‌هایی برای بهره‌برداری در سامانه‌های پایش و مواجهه با حوادث پرتوی در ایران ارائه گردید. جامعه خبرگی در این تحقیق شامل اساتید دانشگاهی و کارشناسان خبره و

1. International Atomic Energy Agency (IAEA)

فرماندهان و مسئولان ارشد سازمان پدافند غیرعامل و سازمان انرژی اتمی به تعداد ۸ نفر که از روش نمونه‌گیری هدفمند تا حد تحصیل اشباع نظری در نظر گرفته شد.

۲. ادبیات و مبانی نظری تحقیق

۲-۱. نهادها و سازمان‌های مسئول در پدافند پرتوی ایالات‌متحده آمریکا

ساختار سیاسی و اجرایی ایالات‌متحده بر پایه اصل فدرالیسم شکل گرفته است؛ به این معنا که قدرت اجرایی، قانون‌گذاری و عملیات اجرایی در میان سطوح مختلف حکومت یعنی دولت فدرال، ایالت‌ها و حکومت‌های محلی تقسیم شده است. در زمینهٔ پدافند پرتوی نیز این ساختار فدرالی نقش اساسی دارد، چراکه تهدیدات پرتوی می‌توانند در هر نقطه‌ای از کشور بروز کنند و مقابله با آن‌ها مستلزم واکنش هماهنگ میان سطوح مختلف حاکمیتی است.

در این میان، دولت فدرال نقش راهبردی، سیاست‌گذاری و پشتیبانی را برعهده دارد؛ ایالت‌ها مسئول تدوین برنامه‌های عملیاتی محلی و بسیج منابع منطقه‌ای هستند؛ و حکومت‌های محلی، خط مقدم واکنش اولیه، پناه‌گیری، تخلیه، امداد و اطلاع‌رسانی عمومی محسوب می‌شوند. این ساختار سه‌سطحی، اگرچه پیچیده به نظر می‌رسد، اما با بهره‌گیری از مکانیسم‌های هماهنگ‌کننده مانند سامانه مدیریت ملی حوادث[1] (NIMS) و چهارچوب پاسخ ملی[2] (NRF)، توانسته است مدلی نسبتاً منسجم برای مدیریت تهدیدات پرتوی ایجاد کند.

در ایالات‌متحده، دولت فدرال نقش محوری در طراحی سیاست‌ها، تأمین منابع، پشتیبانی تخصصی و هماهنگی راهبردی در زمینهٔ پدافند پرتوی دارد. وظایف در سطح فدرال، به‌گونه‌ای تخصصی میان چندین نهاد تقسیم شده و هر نهاد در چهارچوب مأموریت سازمانی خود، ایفای نقش می‌کند (FEMA National radiological emergency response structure, 2023:6-10).

1. National Incident Management System (NIMS)
2. National Response Framework (NRF)

۲-۱-۱. «آژانس فدرال مدیریت اضطراری»[1] (FEMA)

نقش‌ها:

- ❖ هماهنگ‌کننده ملی پاسخ به حوادث پرتوی، در چهارچوب پاسخ ملی (NRF)
- ❖ مسئول اجرای «برنامه آمادگی اضطراری پرتوی»[2] (REPP) برای مناطق اطراف نیروگاه‌های هسته‌ای
- ❖ سازمان‌دهنده تمرین‌های مشترک بین ایالتی و فدرال
- ❖ فعال‌سازی و مدیریت «مرکز هماهنگی پاسخ ملی»[3] (NRCC) در زمان بحران
- ❖ زیرساخت‌های کلیدی
- ❖ «سامانه هشدار اضطراری»[4] (EAS) برای اطلاع‌رسانی عمومی
- ❖ «سامانه یکپارچه هشدار و اعلامیه عمومی»[5] (IPAWS)
- ❖ پلتفرم‌های آموزش آنلاین مانند سازمان مدیریت اضطراری فدرال

سازمان مدیریت اضطراری فدرال (FEMA) در صحنه‌های بحران پرتوی، نقش فرماندهی راهبردی در سطح فدرال ایفا می‌کند.

۲-۱-۲. «وزارت امنیت داخلی»[6] (DHS)

وزارت امنیت داخلی (DHS) به‌عنوان سازمان مادر بسیاری از نهادهای بحران‌محور، نقشی چندوجهی در پدافند پرتوی دارد:

وظایف اصلی:

- ❖ سیاست‌گذاری کلان در حوزه تهدیدات «شیمیایی، زیستی، پرتوی و هسته‌ای»[7] (CBRN) ازجمله پرتوی

1. Federal Emergency Management Agency (FEMA)
2. Radiological Emergency Preparedness Program (REPP)
3. National Response Coordination Center (NRCC)
4. Emergency Alert System (EAS)
5. Integrated Public Alert and Warning System (IPAWS)
6. Department of Homeland Security (DHS)
7. Chemical, Biological, Radiological, Nuclear (CBRN)

- توسعه فناوری‌های تشخیص، شبیه‌سازی و حفاظت شهری
- مدیریت پروژه‌های مانند دفتر تشخیص هسته‌ای داخلی[1] (DNDO) وزارت امنیت داخلی (DHS) برای پیشگیری از حمله دستگاه پخش‌کننده مواد پرتوزا[2] (RDD)

۲-۱-۳. «کمیسیون تنظیم مقررات هسته‌ای»[3] (NRC)

کمیسیون تنظیم مقررات هسته‌ای (NRC) مسئول تنظیم مقررات، صدور مجوز و نظارت بر تمام فعالیت‌های صلح‌آمیز هسته‌ای است. نقش کمیسیون تنظیم مقررات هسته‌ای (NRC) در پدافند پرتوی از جنبه پیشگیری، ایمنی و الزامات عملیاتی حائز اهمیت است (International Atomic Energy Agency, 2007).

مأموریت‌ها:

- صدور مجوز فعالیت برای نیروگاه‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های حمل مواد پرتوزا

۲-۱-۴. «وزارت انرژی»[4] (DOE)

وزارت انرژی (DOE) مسئول راهبری بخش انرژی هسته‌ای کشور است، ولی نقش کلیدی آن در پدافند پرتوی در حوزه پاسخ اضطراری فنی و تضمین امنیت منابع رادیولوژیک تعریف شده است.

زیرمجموعه‌های مهم:

- «سازمان ملی امنیت هسته‌ای»[5] (NNSA): بازوی اجرایی وزارت انرژی (DOE) در مسائل امنیت هسته‌ای

1. Domestic Nuclear Detection Office (DNDO)
2. Radiological Dispersal Device (RDD)
3. Nuclear Regulatory Commission
4. Department of Energy (DOE)
5. National Nuclear Security Administration (NNSA)

- «تیم‌های ارزیابی پرتوی»[1] (RAP): تیم‌های پاسخ اضطراری فنی مستقر در سراسر کشور
- سامانه پایش هوایی[2] (AMS): ناوگان هوایی برای شناسایی و نقشه‌برداری پرتوی

۲-۱-۵. وزارت دفاع[3] (DoD)

نقش وزارت دفاع بیشتر در سناریوهای پرتوی ناشی از حمله خارجی، جنگ هسته‌ای یا عملیات خرابکارانه بزرگ‌مقیاس تعریف می‌شود.

نقش‌های اصلی:

- حفاظت از پایگاه‌های نظامی در برابر تهدیدات پرتوی
- پشتیبانی لجستیکی و امنیتی در بحران‌های گسترده
- مشارکت گارد ملی در عملیات تخلیه، پناه‌گیری، حفاظت از زیرساخت‌ها و کنترل صحنه (Nuclear Regulatory Commission, 2020:11-16)

یگان‌های تخصصی:

- تیم‌های شیمیایی، زیستی، پرتوی و هسته‌ای: واحدهای عملیاتی ویژه برای پاسخ به تهدیدات شیمیایی، زیستی، پرتوی و هسته‌ای
- تیم‌های پشتیبانی غیرنظامی[4] (CST): یگان‌های گارد ملی مستقر در تمام ایالات

۲-۱-۶. وزارت بهداشت و خدمات انسانی[5] (HHS)

وزارت بهداشت و خدمات انسانی (HHS) در خط مقدم پاسخ درمانی و سلامت عمومی در بحران پرتوی است. برنامه‌ها و سامانه‌های آن شامل موارد زیر می‌شود:

1. Radiological Assistance Program (RAP)
2. Aerial Measuring System (AMS)
3. Department of Defense
4. Civil Support Teams (CST)
5. Department of Health and Human Services (HHS)

برنامه‌های کلیدی:

- راهنمای «مدیریت پزشکی فوریت‌های پرتوی»[1] (REMM): مرجع تخصصی برای پاسخ‌های بالینی به مواجهه پرتوی
- «ذخایر ملی دارویی»[2] (SNS): ذخایر ملی دارویی، ازجمله پتاسیم یدید (KI)
- «دفتر معاون وزیر برای آمادگی و پاسخ»[3] (ASPR): هماهنگ‌کننده پاسخ سلامت در سطح ملی (Emergency preparedness & response, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2020: 47-50)

۲-۲. چهارچوب کلی پدافند پرتوی در روسیه

پدافند پرتوی در فدراسیون روسیه یکی از جامع‌ترین، نظامی‌ترین و چندلایه‌ترین سیستم‌های ایمنی پرتوی در جهان محسوب می‌شود که ترکیبی از ظرفیت‌های علمی، نظامی، فنی و امنیتی را در یک نظام هماهنگ ملی سازمان‌دهی کرده است. ساختار این نظام از دوران اتحاد جماهیر شوروی شکل گرفت و پس از فروپاشی شوروی نیز با اصلاحات گسترده همچنان حفظ و گسترش یافته است.

پدافند پرتوی روسیه اساساً بخشی از زیرساخت وسیع‌تر «دفاع در برابر تهدیدات ناشی از شرایط اضطراری» تلقی می‌شود که در اسناد ملی روسیه تحت عنوان «سامانه یکپارچه دولتی برای پیشگیری و مقابله با شرایط اضطراری»[4] (RSChS) سازمان‌دهی شده است. سامانه یکپارچه دولتی برای پیشگیری و مقابله با شرایط اضطراری ستون مرکزی تمامی فعالیت‌های مقابله با حوادث پرتوی، شیمیایی، زیستی و فناورانه در سراسر فدراسیون روسیه به شمار می‌آید (EMERCOM of Russia, 2019:22-30).

در این سامانه، پدافند پرتوی به‌عنوان یکی از زیرسامانه‌های تخصصی سامانه یکپارچه ایمنی ملی و واکنش اضطراری فدراسیون روسیه شناخته می‌شود و تحت نظارت مستقیم

1. Radiation Emergency Medical Management System (REMM)
2. Strategic National Stockpile (SNS)
3. Office of the Assistant Secretary for Preparedness and Response (ASPR)
4. Unified State System for Emergency Prevention and Elimination (RSChS)

«وزارت حوادث اضطراری روسیه»[1] (EMERCOM) قرار دارد. وزارت حوادث اضطراری روسیه به‌عنوان فرمانده کل عملیات واکنش اضطراری ملی، تمامی نهادهای نظامی، غیرنظامی، علمی، امنیتی و صنعتی درگیر در حوادث پرتوی را هماهنگ می‌کند. این وزارتخانه، محور تصمیم‌گیری کلان، مدیریت عملیات میدانی، بسیج منابع و هدایت ارتباطات ملی در شرایط اضطراری پرتوی است.

«سازمان نظارت صنعتی و هسته‌ای»[2] در بعد علمی و نظارتی، مسئول استانداردسازی ایمنی هسته‌ای، تدوین دستورالعمل‌های ایمنی پرتوی و نظارت بر عملکرد تمامی تأسیسات هسته‌ای و پرتوزا در کشور است. این نهاد به‌همراه «مرکز علمی ایمنی هسته‌ای کورچاتوف»[3] زیرساخت علمی-فنی تصمیم‌سازی ملی در حوزه حوادث پرتوی را تأمین می‌کنند.

پدافند پرتوی در روسیه ارتباط عمیقی با ساختارهای نظامی دارد. نیروهای دفاعی فدراسیون روسیه از طریق «نیروهای نظامی ویژه دفاع پرتوی، شیمیایی و زیستی»[4] به‌عنوان بازوی عملیاتی تخصصی نظامی وارد صحنه می‌شوند. این نیروها مجهز به پیشرفته‌ترین سامانه‌های شناسایی، نمونه‌برداری، پاک‌سازی میدانی و درمان پزشکی پرتوی در سطح نظامی جهان هستند و در تمام رزمایش‌ها و عملیات اضطراری پرتوی حضوری کلیدی دارند (Nuclear and radiation safety, Rosatom, 2024).

در کنار وزارت حوادث اضطراری روسیه و آژانس نظارت بر انرژی هسته‌ای فدرال روسیه، شرکت دولتی انرژی اتمی روسیه «روس اتم»[5] که هم مجری توسعه صنعت هسته‌ای غیرنظامی کشور است و هم اپراتور اصلی تأسیسات نیروگاهی محسوب می‌شود، در پدافند پرتوی نقش محوری دارد. این سازمان علاوه بر مدیریت مستقیم تأسیسات هسته‌ای، تیم‌های واکنش اضطراری خود را در هر نیروگاه هسته‌ای مستقر نموده که در صورت وقوع حادثه، بلافاصله عملیات مهار اولیه بحران را آغاز می‌کنند.

1. Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation
2. Rostechnadzor
3. Kurchatov Institute
4. RKhBZ Troops
5. Rosatom

در سطح پزشکی پرتوی، شبکه بیمارستان‌های تخصصی درمان پرتوی، مراکز ملی دزیمتری پزشکی، مراکز درمان و کلینیک‌های تخصصی مسکو و سن‌پترزبورگ به‌همراه ظرفیت میدانی بیمارستان‌های نظامی وزارت دفاع، هسته درمان پرتوی کشور را شکل می‌دهند. مدیریت درمان اضطراری پرتوی در سطح ملی با مشارکت وزارت بهداشت روسیه، «مرکز علمی پزشکی پرتوی برنازیان»[1] و تیم‌های پزشکی نظامی سازمان‌دِهی می‌شود (NTI, 2025:22-30).

شبکه اخطار زودهنگام پرتوی روسیه شامل مجموعه‌ای از ایستگاه‌های پایش بلادرنگ دز پرتوی محیطی، «سامانه‌های تشخیص انفجارهای هسته‌ای»[2] (NTM) و شبکه‌های اختصاصی پایش نیروگاهی تحت نظارت مستقیم آژانس نظارت بر انرژی هسته‌ای فدرال روسیه و شرکت دولتی انرژی اتمی روسیه روس اتم فعالیت می‌کند. این شبکه به‌همراه سامانه اخطار جمعیتی و سامانه ارتباط اضطراری حکومتی در سطح ملی قابلیت صدور سریع هشدارهای اضطراری را دارا است (National Crisis Management Centre of EMERCOM of Russia, 2021:7-14).

۲-۳. جایگاه پدافند پرتوی در سیاست امنیت ملی کانادا

ازآنجاکه کانادا براساس ساختار حکومتی فدرال اداره می‌شود، مدیریت حوادث پرتوی نیز تابع همین نظام تقسیم وظایف چندلایه‌ای است. به بیان دقیق‌تر:

- دولت فدرال مسئول سیاست‌گذاری کلان، هدایت ملی، تأمین امکانات راهبردی و هماهنگی با مراجع بین‌المللی است؛
- دولت‌های استانی و منطقه‌ای مسئول اجرای عملیاتی، تخلیه اضطراری، اطلاع‌رسانی میدانی و امدادرسانی فوری هستند؛
- شهرداری‌ها مسئول مدیریت محلی پناهگاه‌ها، آمادگی جوامع محلی و ارتباط مردمی در مواقع اضطراری خواهند بود.

1. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center
2. Nuclear Test Monitoring (NTM)

این ساختار فرماندهی و کنترل چندلایه‌ای فدرال–استانی–شهرداری، ستون فقرات سامانه فرماندهی و کنترل اضطراری پرتوی در کانادا را شکل می‌دهد که مزایا و چالش‌های خاص خود را در هماهنگی عملیاتی به‌همراه دارد (AECL, 2024:10-13).

سیاست امنیت ملی کانادا براساس «مفهوم تاب‌آوری ملی»[1] شکل گرفته است که محورهای اصلی آن عبارت‌اند از:

- ❖ پیشگیری از بحران؛
- ❖ آمادگی برای انواع تهدیدات؛
- ❖ پاسخ مؤثر به حوادث؛
- ❖ بازتوانی و بازیابی سریع پس از بحران (Emergency preparedness and response, Canadian Nuclear Safety Commission, 2014:30-38).

۲-۴. جایگاه پدافند پرتوی در ژاپن

ژاپن در زمره معدود کشورهایی قرار دارد که تهدیدات پرتوی را نه صرفاً به‌عنوان یک احتمال، بلکه به‌عنوان یک واقعیت تاریخی تجربه کرده است. انفجار بمب‌های اتمی در هیروشیما و ناکازاکی در سال ۱۹۴۵ و فاجعه نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما در سال ۲۰۱۱ ژاپن را به کشوری بدل کرده است که موضوع مدیریت بحران پرتوی، بخش لاینفک امنیت ملی و بهداشت عمومی آن محسوب می‌شود.

به علاوه، قرار گرفتن این کشور در کمربند زلزله و در معرض بلایای طبیعی نظیر سونامی، بر ضرورت داشتن سیستم‌های فرماندهی و کنترل چندلایه، چندعاملی و یکپارچه در مدیریت بحران پرتوی افزوده است (Regulatory requirements and emergency preparedness for nuclear safety in Japan, Nuclear Regulation Authority, 2023:16-17).

مدیریت بحران پرتوی در ژاپن از ویژگی‌های ذیل برخوردار است:

1. National Resilience

- «سامانه فرماندهی چندسطحی»[1]: دولت مرکزی، استان‌ها و شهرداری‌ها به‌صورت شبکه‌ای و هماهنگ عمل می‌کنند.
- «تمرکز بالا بر هماهنگی بین دستگاهی»[2]: نهادهای متعددی همچون دفتر کابینه، «سازمان تنظیم مقررات هسته‌ای»[3] (NRA)، وزارت بهداشت، وزارت دفاع و ... مشارکت مستقیم دارند.
- تکیه بر داده‌های بلادرنگ پایش محیطی: «سامانه پیش‌بینی انتشار آلودگی»[4] (SPEEDI) و «سامانه هشدار عمومی»[5] (J-Alert) نقش محوری دارند.
- آمادگی برای تصمیم‌گیری اضطراری در بالاترین سطح کابینه: نخست‌وزیر در مواقع اضطراری کنترل مستقیم فرماندهی را بر عهده می‌گیرد.
- ادغام پدافند پرتوی در نظام جامع مدیریت بحران کشور: که شامل زلزله، سونامی، سیل و حوادث شیمیایی و زیستی نیز می‌شود.

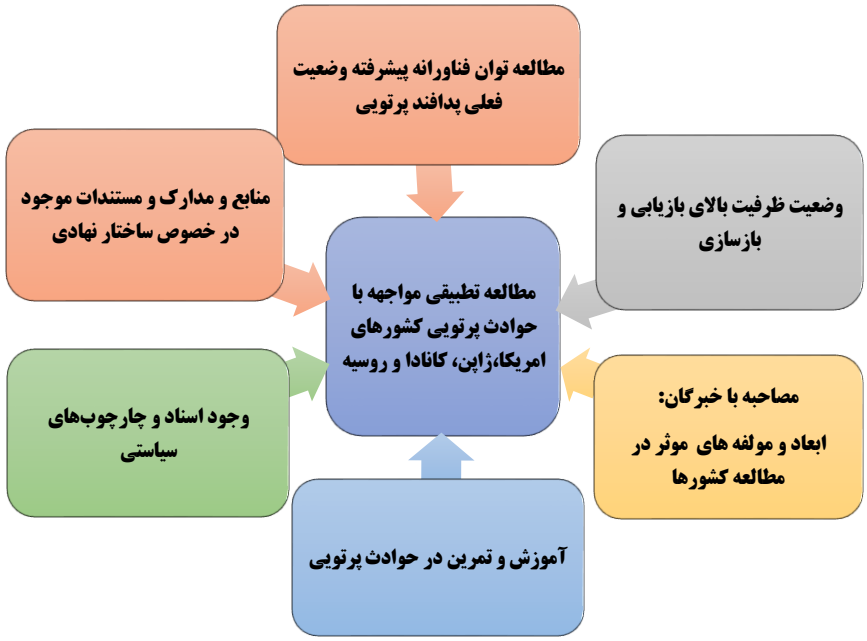
۲-۵. چهارچوب نظری تحقیق

با استفاده منابع و اسناد موجود در این تحقیق، چهارچوب نظری زیر که محدود و معین‌کننده موضوع است، به شرح زیر احصا گردید:

- منابع و مدارک و مستندات موجود درخصوص ساختار نهادی مواجهه با حوادث پرتوی کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه؛
- مستندات وجود اسناد و چهارچوب‌های سیاستی کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه؛
- مطالعه توان فناورانه پیشرفته وضعیت فعلی پدافند پرتوی کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه؛
- مطالعه اسناد و منابع موجود درخصوص آموزش و تمرین در حوادث پرتوی؛

1. Multi-Tiered C2
2. Inter-Agency Coordination
3. Nuclear Regulation Authority (NRA)
4. System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information (SPEEDI)
5. Japan Alert System (J-Alert)

❖ وضعیت ظرفیت بالای بازیابی و بازسازی کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه.



۳. یافته‌های تحقیق و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها

۳-۱. تحلیل تطبیقی کشورها

برابر پنل‌های خبرگی معیارهای تحلیل ساختار نهادی، مدل فرماندهی و کنترل، پروتکل‌های ارتباطی، ظرفیت‌های پزشکی و آموزشی و فناوری‌های پایش در کشورهای مدنظر بررسی و موارد زیر احصا گردید:

۳-۱-۱. روسیه

الف. ساختارهای نهادی و تنظیم‌گری

حاکمیت پرتوی در روسیه مبتنی بر یک ساختار متمرکز اما چندبازیگری است که شامل نهادهای تنظیم‌گر، عملیاتی، تحقیقاتی و درمانی می‌شود. در رأس این ساختار، وزارت

حوادث اضطراری روسیه مسئول هماهنگی میان نهادهای فدرال، منطقه‌ای و محلی و همچنین مدیریت ملی شرایط اضطراری پرتوی است. این وزارتخانه در سیاست‌گذاری، آمادگی و مدیریت بحران نقش فرماندهی کلان ایفا می‌کند (EMERCOM of Russia country report, 2019).

نظارت و کنترل بر فعالیت‌های هسته‌ای به‌صورت تخصصی در اختیار سازمان نظارت صنعتی و هسته‌ای قرار دارد که استانداردهای ایمنی، مقررات پرتوی و مجوزهای فعالیت نیروگاه‌ها و سایر تأسیسات پرتوزا را صادر می‌کند. این نهاد همچنین تیم‌هایی برای بازرسی میدانی و ارزیابی سطح ایمنی در شرایط پیش و پس از حادثه دارد که برای کاهش خطای انسانی و اطمینان از اجرای صحیح دستورالعمل‌ها برخی از فرایندها را دیجیتالی کرده است.

در کنار نهادهای نظارتی، سازمان انرژی اتمی روسیه نیز وجود دارد که مالک و بهره‌بردار اصلی نیروگاه‌های هسته‌ای است و مسئولیت مستقیم آموزش کارکنان، توسعه فناوری‌های ایمنی و ایجاد دستورالعمل‌های صنعتی در حوادث پرتوی را برعهده دارد.

این ساختار نشان می‌دهد که روسیه ترکیبی از تمرکز ملی، تخصص فنی و رویکرد امنیت ملی را در تنظیم‌گری پرتوی به‌کار گرفته است که آن را در میان الگوهای جهانی متمایز می‌سازد (Nuclear and radiation safety, Rosatom, 2024:44-49).

ب. سامانه‌های فرماندهی و کنترل و پروتکل‌های پاسخ

مدیریت پاسخ در روسیه وابسته به یک سامانه فرماندهی ملی منسجم است که در آن مرکز ملی مدیریت بحران وزارت حوادث اضطراری روسیه وظیفه هماهنگی فوری میان نیروهای محلی، استانی و ملی را برعهده دارد. این مرکز قادر است در لحظات اولیه بحران، ساختار فرماندهی یکپارچه را ایجاد کند و با اعزام نیروهای تخصصی، عملیات را راهبری کند.

در پروتکل‌های عملیاتی روسیه، پنج مرحله کلیدی وجود دارد: ۱. شناسایی و اعلام هشدار؛ ۲. تعیین سطح اضطراری و خط فرماندهی؛ ۳. تعیین محدوده‌های عملیاتی و کنترل دسترسی؛ ۴. اقدامات حفاظتی برای مردم شامل پناه‌گیری یا تخلیه؛ ۵. پاک‌سازی محیط و تداوم مراقبت درمانی. روسیه با اتکا به رزمایش‌های سالانه، این مراحل را به‌روز نگه می‌دارد.

در صورت تهدیدات عمدی یا نظامی، نیروهای شیمیایی، زیستی، پرتوی و هسته‌ای وزارت دفاع وارد عمل می‌شوند. این واحدها علاوه بر تجهیزات پیشرفته شناسایی و رفع آلودگی، دارای سامانه‌های کنترل صحنه عملیات در شرایط جنگی و محیط‌های با سطح بالای تشعشعات هستند. این امر روسیه را نسبت به بسیاری از کشورها در واکنش به سناریوهای پُرخطر، چابک‌تر و آماده‌تر کرده است.

روسیه همچنین یک سامانه ارتباطات بحران عمومی دارد که با انتشار پیام‌های فوری و توصیه‌های حفاظتی به مردم کمک می‌کند. نقش رسانه‌های دولتی در جلوگیری از فرار اطلاعاتی و کنترل هراس اجتماعی یک بخش ساختاریافته از پاسخ اضطراری روسیه محسوب می‌شود (Peer appraisal: Murmansk region (Russian Federation), IAEA, 2007).

ج. فناوری‌ها و ظرفیت‌های پایش و درمانی

روسیه دارای شبکه ملی پایش محیطی بلادرنگ است که شامل ایستگاه‌های ثابت و سیار پرتوی، سنجش از دور و پهپادهای مجهز به دوزسنج‌های هوشمند است. داده‌های جمع‌آوری‌شده به‌صورت خودکار در سامانه‌های «مرکز ملی مدیریت بحران و مؤسسه ایمنی هسته‌ای آکادمی علوم روسیه»[1] (IBRAE) تحلیل می‌شوند تا تصمیمات عملیاتی فوراً اتخاذ گردند.

مدل روسیه به‌عنوان یک الگوی امنیت‌محور در مدیریت حوادث پرتوی شناخته می‌شود. وجود ساختارهای قوی فرماندهی ملی، ظرفیت عملیاتی نظامی و توان فناوری متوسط رو به بالا موجب شده این کشور در سناریوهای بحرانی واکنش نسبی خوبی داشته باشد. بااین‌حال، ارتقای زیرساخت درمانی و افزایش اعتماد جامعه جهانی به شفافیت اطلاعات پرتوی همچنان از چالش‌های مهم محسوب می‌شود (Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, 2025).

1. Institute for Nuclear Safety of the Russian Academy of Sciences (IBRAE)

۳-۱-۲. کانادا

الف. ساختارهای نهادی و تنظیم‌گری

مدیریت پرتوی در کانادا مبتنی بر نظام فدرال است و هر استان مسئول طراحی و اجرای برنامه‌های اضطراری در حوزه تشعشعات است. در سطح ملی، وزارت امنیت عمومی مسئول هماهنگی میان نهادهای فدرال، استانی و محلی بوده و رویکرد یکپارچه‌ای برای سیاست‌گذاری و مدیریت بحران‌های پرتوی اتخاذ می‌کند (All-hazards national emergency management strategy for Canada, 2024:7-9).

نهاد کلیدی نظارت فنی در کشور، «کمیسیون امنیت هسته‌ای کانادا»[1] (CNSC) است که چهارچوب تنظیم‌گری هسته‌ای، صدور مجوز برای تأسیسات پرتوزا، استانداردهای ایمنی و نظارت بر اجرای برنامه‌های اضطراری را برعهده دارد. کمیسیون امنیت هسته‌ای کانادا ملزم است کلیه نیروگاه‌های هسته‌ای و مراکز پرتوی را در چهارچوب ضوابط برنامه‌های آمادگی اضطراری ملزم به تمرین‌های دوره‌ای و اعلام نتایج شفاف نماید (Public Safety Canada, 2024).

در سطح سلامت و نظارت پرتوی پزشکی، وزارت بهداشت کانادا مسئول تدوین دستورالعمل‌های حفاظت پرتوی برای کارکنان و جمعیت عمومی، استانداردهای آزمایش مواد غذایی پس از حوادث پرتوی و ارزیابی اثرات پرتوهای یون‌ساز بر سلامت است. این وزارتخانه همچنین در کمیته‌های ملی نظیر کمیته حفاظت در برابر تشعشعات فدرال–استانی–منطقه‌ای مشارکت دارد (Health Canada, 2023).

این ساختار مبتنی بر تفویض اختیار به استان‌ها و تکلیف نظارت فدرال سبب شده تا کانادا در حوزه آمادگی و مقاومت پرتوی از انسجام اجرایی قابل قبولی برخوردار باشد، هرچند تفاوت سطح توانمندی استان‌ها همچنان یکی از چالش‌های مهم قلمداد می‌شود.

1. Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)

ب. سامانه‌های فرماندهی و کنترل و پروتکل‌های پاسخ

پاسخ ملی به حوادث پرتوی در کانادا تحت چهارچوب «طرح واکنش اضطراری هسته‌ای فدرال»[1] (FNERP) و با الگوی «سامانه فرماندهی حادثه»[2] (ICS) انجام می‌شود. این ساختار وظایف هر بازیگر را به‌صورت دقیق تعریف کرده و شرایط هماهنگی میان سازمان‌های امدادی و تخصصی را تقویت می‌کند.

در صورت بروز حادثه در یک نیروگاه هسته‌ای، ابتدا فرماندهی در اختیار استان مربوطه قرار می‌گیرد؛ اما در سطح اضطراری بالا، دولت فدرال وارد میدان شده و ساختار فرماندهی مشترک شکل می‌گیرد. برای نمونه، در کنار نیروهای استانی، سازمان‌هایی چون کمیسیون امنیت هسته‌ای، وزارت بهداشت، اداره محیط‌زیست و تغییرات اقلیمی و پلیس سلطنتی کانادا در عملیات مشارکت مستقیم دارند (کمیسیون امنیت هسته‌ای کانادا، ۲۰۲۴).

پروتکل‌های پاسخ اضطراری شامل مراحل تشخیص سریع، اطلاع‌رسانی عمومی، مدیریت تخلیه و پناه‌گیری، پایش دوزهای دریافت‌شده مردم و پاک‌سازی منطقه است. در این فرایند، ارتباطات بحران با ابزارهایی مانند سامانه «هشدار عمومی»[3] نقش مهمی در جلوگیری از انتشار اطلاعات غلط و هدایت رفتاری جامعه دارد (Health Canada, 2023).

ج. فناوری‌ها و ظرفیت‌های پایش و درمانی

کانادا دارای سامانه‌های پیشرفته پایش پرتوی است که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها «شبکه پایش پرتوی کانادا»[4] (CRMN) است که داده‌های پرتوزایی محیطی را به‌صورت مستمر جمع‌آوری و تحلیل می‌کند. این شبکه در هماهنگی با آزمایشگاه‌های وزارت بهداشت و مراکز استان‌ها فعالیت دارد (Health Canada, 2023).

رویکرد کانادا در مدیریت حوادث پرتوی مبتنی بر تعادل میان تمرکز فدرال و اختیار استانی است. این کشور ضمن برخورداری از استانداردهای نظارتی سختگیرانه، فناوری پایش

1. Federal Nuclear Emergency Response Plan (FNERP)
2. Incident Command System (ICS)
3. Alert Ready
4. Canadian Radiological Monitoring Network (CRMN)

پیشرفته و توان درمانی سازمان‌یافته، همچنان با چالش‌هایی چون نابرابری منطقه‌ای و ضرورت به‌روزرسانی فناوری‌ها مواجه است (Radiological protection responsibilities and emergency health response, 2023:22-29).

۳-۱-۳. ژاپن

الف. ساختارهای نهادی و تنظیم‌گری

ژاپن دارای یک نظام نظارتی متمرکز در حوزه ایمنی هسته‌ای است که پس از حادثه نیروگاه فوکوشیما (۲۰۱۱) دچار تحول اساسی شد. نهاد اصلی تنظیم‌گری، سازمان «تنظیم مقررات هسته‌ای»[1] (NRA) است که به‌صورت مستقل از دولت مرکزی و صنایع هسته‌ای فعالیت می‌کند و نظارت بر ایمنی، صدور مجوز و آمادگی اضطراری تأسیسات هسته‌ای را برعهده دارد (Public risk communication and nuclear emergency lessons from Japan, 2022:9-16).

وزارت اقتصاد، تجارت و صنعت ژاپن در حوزه راهبری سیاست انرژی هسته‌ای و پشتیبانی صنعت نقش دارد، درحالی‌که وزارت محیط‌زیست و وزارت بهداشت نیز در مدیریت اثرات زیست‌محیطی و پزشکی حوادث پرتوی مسئولیت دارند. تقسیم کار نهادی میان این دستگاه‌ها در قالب «قانون اساسی مدیریت بحران» تنظیم شده که پایه اصلی حکمرانی بحران هسته‌ای در ژاپن محسوب می‌شود (Basic Act on Disaster Management and nuclear emergency coordination systems, 2023:40-43).

بازنگری‌های انجام‌شده پس از فوکوشیما منجر به تقویت استقلال تنظیم‌گری و ارتقای استانداردهای حفاظتی شد و امروز ژاپن یکی از سخت‌گیرانه‌ترین رژیم‌های نظارتی پرتوی جهان را دنبال می‌کند.

ب. سامانه‌های فرماندهی و کنترل و پروتکل‌های پاسخ

ژاپن برای فرماندهی بحران پرتوی از «سامانه پشتیبانی واکنش اضطراری»[2] (ERSS) و چهارچوب فرماندهی چندسطحی قانون مدیریت بحران استفاده می‌کند که قابلیت

1. Nuclear Regulation Authority (NRA)
2. Emergency Response Support System (ERSS)

یکپارچه‌سازی تصمیم‌گیری میان دولت مرکزی، استان‌ها و شهرداری‌ها را دارد (Cabinet Office of Japan, 2023).

ج. فناوری‌ها و ظرفیت‌های پایش و درمانی

ژاپن از فناوری‌های پیشرفته پایش پرتوی بهره می‌برد که مهم‌ترین آن‌ها سامانه پیش‌بینی انتشار آلودگی است. این سامانه قادر به مدل‌سازی انتشار پرتوی در هوا و آب بوده و اطلاعات سریع برای اجرای اقدامات حفاظتی ارائه می‌کند.

علاوه بر سامانه پیش‌بینی انتشار آلودگی، شبکه‌های پایش محیطی محلی با استفاده از حسگرهای پرتوی و داده‌برداری از مواد غذایی و منابع آب به‌طور شبانه‌روزی فعالیت دارند. این داده‌ها در تصمیم‌گیری درباره پاک‌سازی و بازگشت ساکنان مناطق آسیب‌دیده پس از حادثه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Radiological emergency preparedness review, International Atomic Energy Agency, 2022:26-30).

۳-۱-۴. ایالات‌متحده آمریکا

الف. ساختارهای نهادی و تنظیم‌گری

حاکمیت و تنظیم‌گری حوادث پرتوی در ایالات‌متحده بر پایه یک معماری نهادی فدرالی و میان‌نهادی استوار است که نقش‌های مشخص و تفکیک‌شده‌ای را بین نهادهای تخصصی و مدیریتی توزیع می‌کند؛ در این چهارچوب، آژانس مدیریت اضطراری فدرال به‌عنوان هماهنگ‌کننده ملی آمادگی و پاسخ عمل می‌کند و مأموریت‌های تنظیم‌گری فنی و ایمنی بر عهده کمیسیون تنظیم هسته‌ای است که استانداردها، مجوزها و بازرسی‌های عملیاتی نیروگاه‌ها و دیگر تأسیسات پرتوزا را تعیین و پایش می‌نماید. این تقسیم کار نهادی، امکان تمرکز بر تخصص فنی و هم‌زمان حفظ هماهنگی عملیاتی را فراهم می‌سازد.

ساختار نهادی آمریکا همچنین بر الگوی «فدرالیسم مشارکتی» استوار است؛ به این معنا که نهادهای ایالتی و محلی مسئول اجرای اولیه و مستقیم واکنش‌اند اما در حوادثی که فراتر از ظرفیت محلی است، نهادهای فدرال منابع، تخصص و پشتیبانی را فراهم می‌آورند. این

رویکرد مزایایی ازجمله انطباق برنامه‌ها با شرایط محلی و بسیج سریع منابع محلی را فراهم می‌کند؛ اما چالش‌هایی نیز مانند هماهنگی بین‌نهادی و یکپارچه‌سازی اطلاعات را می‌طلبد که مستمراً از طریق تمرین‌ها و بازنگری‌های قانونی مورد توجه قرار می‌گیرد (Radiological Emergency Response Plan, EPA, 2025).

ب. سامانه‌های فرماندهی و کنترل و پروتکل‌های پاسخ

سامانه فرماندهی و کنترل ایالات‌متحده در مواجهه با حوادث پرتوی بر پایه چهارچوب‌های مانند سامانه فرماندهی حادثه (ICS) و سامانه مدیریت ملی حوادث (NIMS) طراحی شده است؛ این چهارچوب‌ها با الزام نهادها به پذیرش یک زبان مشترک فرماندهی و سازوکار یکپارچه، امکان هماهنگی مؤثر میان بازیگران مختلف از دستگاه‌های فدرال تا شهرداری‌ها را در سطوح عملیاتی فراهم می‌کنند. چنین استانداردسازی فرماندهی، موجب کاهش سردرگمی تصمیمی و افزایش شفافیت نقش‌ها در لحظات بحرانی می‌شود (Radiation Emergencies and Preparedness, U.S. Environmental Protection Agency, 2025: 32-35).

پروتکل‌های عملیاتی در ایالات‌متحده ساختاری سلسله‌مراتبی اما مقیاس‌پذیر دارند: تشخیص و هشدار اولیه، کنترل صحنه و تعیین محدوده حفاظتی، اقدامات حفاظتی جمعیتی شامل پناه‌گیری یا تخلیه، پایش و ارزیابی پرتوزایی، پاک‌سازی و نهایتاً خدمات درمانی و پایش سلامت بلندمدت. این توالی عملیاتی با استفاده از ابزارهای اطلاعاتی مانند «پلتفرم فرماندهی دیجیتال و مدیریت عملیات اضطراری»[1]، بستر ملی «تبادل داده‌های پرتوی»[2] و «سامانه‌های تحلیل و مدل‌سازی ابر پرتوی»[3] (NARAC) و قابلیت پیش‌بینی و ارزیابی خطر[4] (HPAC) پشتیبانی می‌شود تا تصمیم‌گیری‌های میدانی بر مبنای تصویر عملیاتی مشترک انجام شود.

1. WebEOC
2. RadResponder
3. National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC)
4. Hazard Prediction and Assessment Capability (HPAC)

ج. فناوری‌ها و ظرفیت‌های پایش و درمانی

ایالات‌متحده در حوزه پایش پرتوزایی از شبکه‌های حسگری ملی، سامانه‌های مدل‌سازی انتشار و ظرفیت‌های تحلیل داده پیشرفته بهره می‌برد؛ شبکه «رادنت»[1] و سامانه‌های سیار و پوشیدنی داده‌های پرتوزایی محیطی را جمع‌آوری و آن‌ها را برای تحلیل در مراکز فنی مانند سامانه‌های تحلیل و مدل‌سازی ابر پرتوی و «مرکز مدیریت داده‌های پرتوی»[2] (FRMAC) ارسال می‌کنند؛ این زنجیره اطلاعاتی امکان ارائه هشدارهای سریع و نقشه‌های تابش را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌آورد.

مدل آمریکایی مواجهه با حوادث پرتوی ترکیبی از چهارچوب نهادی فدرال–ایالتی، ساختار فرماندهی استانداردشده (سامانه فرماندهی حادثه (ICS) و سامانه مدیریت ملی حوادث (NIMS)) و توان فناوری–درمانی بالا است (Hazardous response capabilities, Federal Emergency Management Agency, 2023).

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به هدف اصلی پژوهش که بررسی تطبیقی سیاست‌ها و اقدامات کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و روسیه در مواجهه با حوادث پرتوی به‌منظور ارائه الگویی مناسب برای ایران است، می‌توان پاسخ داد که مدیریت حوادث پرتوی نیازمند رویکردی چندبُعدی است که در آن ساختار نهادی، فرماندهی و کنترل، پروتکل‌های ارتباطی، توانمندی‌های پزشکی و فناوری‌های پایش به‌طور هماهنگ عمل می‌کنند. مطالعه تطبیقی کشورها نشان می‌دهد ترکیب عناصر موفق هر نظام می‌تواند مبنای طراحی الگوی مناسب برای ایران باشد. بنابراین الگوی ترکیبی پیشنهادی برای ایران به شرح ذیل احصا گردید:

۱. حکمرانی و نهادها

- ❖ تنظیم‌گر مستقل ایمنی–پرتوی (الهام از کمیسیون تنظیم مقررات هسته‌ای آمریکا، کمیسیون ایمنی هسته‌ای کانادا و سازمان تنظیم مقررات هسته‌ای ژاپن)؛

1. RadNet
2. Federal Radiological Monitoring and Assessment Center (FRMAC)

- «ستاد ملی پاسخ پرتوی» با اختیارات عملیاتی (الهام از ژاپن) و اتصال به «مراکز عملیات اضطراری»[1] (EOC) (الهام از کانادا)؛
- تفاهم‌نامه‌های الزام‌آور بین دستگاهی با تعریف «مالک فرایند» برای هر مأموریت (پایش، پزشکی، اطلاع‌رسانی، لجستیک).

۲. فرماندهی و کنترل

- پیاده‌سازی سامانه فرماندهی حادثه بومی (الهام از آمریکا) از طریق فرماندهی مشترک در رخدادهای چندسازمانی؛
- «سطح‌بندی اضطرار با سطوح اضطرار»[2] (EAL) و بسته‌های از پیش‌نوشته‌شده تصمیم؛
- گردان‌های واکنش سریع پرتوی (روسیه) برای استقرار میدانی و پشتیبانی مناطق.

۳. پایش و ارزیابی پرتوی

- شبکه ملی حسگرها (ثابت–سیار–هوایی) با همراهی مرکز ملی ارزیابی پرتوی (الگو گرفته از مرکز مدیریت داده‌های پرتوی)؛
- ادغام مدل‌سازی جوّی با داده میدانی؛ دستورالعمل کنترل کیفیت و کالیبراسیون دوره‌ای (QA/QC).

۴. هشدار و ارتباطات

- پیاده‌سازی پروتکل هشدار مشترک ایران (CAP-IR) و اتصال به پیامک پخش سلولی، رادیو–تلویزیون، بلندگوهای شهری (کانادا–ژاپن–آمریکا).
- قالب پیام‌های آماده برای هر سطح اضطرار؛ اتاق خبر مشترک و «یک‌صدای اطلاع‌رسانی».

1. Emergency Operations Centers (EOCs)
2. Emergency Action Levels (EAL)

۵. پاسخ پزشکی و حمایتی

- ❖ شبکه بیمارستان‌های معین پرتوی (کانادا–آمریکا) با تجهیز ذخایر لجستیکی قرصید پایدار و «تجهیزات حفاظت فردی»[1] (PPE) در انبارهای منطقه‌ای؛
- ❖ دستورالعمل‌های بالینی استاندارد، تیم‌های دِکانتَمینیشن بیمارستانی و سامانه ارجاع بین‌استانی.

۶. آموزش، رزمایش و بهبود مستمر

- ❖ چرخه تمرین (تمام‌عیار ← کاربردی ← رومیزی)[2] با «گزارش بعد از عمل» و «برنامه اصلاحات» الزام‌آور (ژاپن–آمریکا).
- ❖ آموزش عمومی برای خانواده‌ها و مدارس در شعاع‌های پیرامون تأسیسات (ژاپن–کانادا).

۷. داده، فناوری و امنیت

- ❖ ایجاد پلتفرم ملی داده بحران پرتوی با رابط برنامه‌نویسی کاربردی امن، ثبت رخداد، کنترل دسترسی، نسخه پشتیبان آفلاین و انجام آزمون نفوذ دوره‌ای برای ارزیابی امنیت سایبری.
- ❖ حمایت از پژوهش و توسعه داخلی برای تولید دوزیمترهای بومی، پهپادهای پایش پرتوی و ربات‌های دِکانتَمینیشن.

۸. همکاری‌های فرامرزی و بین‌المللی

- ❖ انعقاد توافق‌های تبادل فوری داده و کمک متقابل با کشورهای همسایه و بهره‌گیری فعال از ظرفیت‌های آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و شبکه‌های آموزشی مشترک در سطح منطقه‌ای و جهانی.

1. Personal Protective Equipment (PPE)
2. Tabletop → Functional → Full-scale

۴-۱. پیشنهادهای پژوهش

۱. با توجه به وجود قرارگاه شیمیایی، زیستی و ... در سازمان پدافند غیرعامل کشور نسبت به تحقیقات مجزا در مطالعات تطبیقی در قرارگاه‌های پیش‌گفته انجام شود.

۲. نتایج تحقیق در قالب طرحی اجرایی درخصوص تکمیل مستندات فرماندهی و کنترل پدافند پرتوی کشور مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

References

EMERCOM of Russia. (2019). EMERCOM of Russia country report. Asian Disaster Reduction Center. https://www.adrc.asia/countryreport/RUS/RUSeng98/index.pdf

Institute of Nuclear Safety (IBRAE RAN). (n.d.). Technical Crisis Centre. https://en.ibrae.ac.ru/contents/89/

International Atomic Energy Agency. (2007). Peer appraisal: Murmansk region (Russian Federation). https://www.iaea.org/.../eprev-murmansk-region-russia-261007.pdf

National Crisis Management Centre of EMERCOM of Russia. (n.d.). About NTsUKS. https://tadviser.com/...

Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine. (n.d.). https://en.mchs.gov.ru/...

NTI. (2025). Russia – WMD capabilities overview. [https://www.nti.org/countries/russia/](https://www.nti.org/countries/russia)

Rostekhnadzor. (2025). Overview and regulations. https://en.gosnadzor.ru/activity/

Rosatom. (2024). Nuclear and radiation safety. https://www.rosatom.ru/en

Federal Emergency Management Agency. (2023). National radiological emergency response structure. / https://www.fema.gov/emergency-managers/practitioners/hazardous-response-capabilities/radiological? "Radiological Emergency Preparedness"

https://www.ecfr.gov/current/title-44/chapter-I/subchapter-F/part-351? "44 CFR Part 351 -- Radiological Emergency Planning and ..."

U.S. Nuclear Regulatory Commission. (n.d.). Emergency preparedness & response. https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part050/part050-0047? "§ 50.47 Emergency plans. | Nuclear Regulatory Commission"

U.S. Environmental Protection Agency. (2025, October 7). RadNet: Near-real-time air monitoring results. https://www.epa.gov/radtown/radiation-emergencies-and-preparedness? "Radiation Emergencies and Preparedness | US EPA"

https://www.epa.gov/system/files/documents/2025-03/rerp-1-00_508.pdf? "Radiological Emergency Response Plan"

U.S. Department of Health and Human Services. (n.d.). Radiation Emergency Medical Management: Key guidance documents / https://www.fda.gov/emergency-preparedness-and-response/mcm-issues/radiological-and-nuclear-emergency-preparedness? "Radiological and Nuclear Emergency Preparedness"

AECL. (2024). Emergency preparedness and response in Canada. https://www.aecl.ca/

Canadian Nuclear Safety Commission. (2024). Emergency preparedness and response. https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/

Federal Nuclear Emergency Response Plan. (2024). Overview of roles and responsibilities. Public Safety Canada. https://www.publicsafety.gc.ca/

Health Canada. (2023). Radiological protection responsibilities and emergency health response. https://www.canada.ca/

Public Safety Canada. (2024). All-hazards national emergency management strategy for Canada. https://www.publicsafety.gc.ca/

Cabinet Office of Japan. (2023). Basic Act on Disaster Management and nuclear emergency coordination systems. https://www.cao.go.jp/

IAEA. (2022). Radiological emergency preparedness review: Japan. International Atomic Energy Agency. https://www.iaea.org/

Japan National Security Council. (2023). Strategic emergency command structure for nuclear incidents. Government of Japan.

MHLW. (2023). Medical response to radiological hazards in Japan. Ministry of Health, Labour and Welfare. https://www.mhlw.go.jp/

Nuclear Regulation Authority. (2023). Regulatory requirements and emergency preparedness for nuclear safety in Japan. https://www.nra.go.jp/

UNDRR. (2022). Public risk communication and nuclear emergency lessons from Japan. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.