Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۱، شمارهٔ ۳، تابستان ۱۳۹۲

مدیریت سوانح هسته‌ای از دیدگاه حفاظت پرتوی

مریم موسوی* و مسعود وهابی‌مقدم

گروه فیزیک، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران.

* گیلان، رشت، دانشگاه گیلان، کد پستی: ۴۱۹۳۸-۳۳۶۹۷

پست الکترونیکی: maryammousavi.2008@gmail.com

چکیده

کاربرد انرژی هسته‌ای به‌منظور تولید برق در بهره‌برداری عادی و در مقام مقایسه، گزینهٔ مطلوبی در سبد انرژی بسیاری از کشورها به‌شمار می‌رود؛ اما در عین حال، پتانسیل آسیب‌رسانی به مردم و محیط زیست را به هنگام بروز سوانح، هر چند با احتمال اندک، نظیر سایر دستاوردهای فناوری بشر در بر دارد. برنامه‌ریزی موارد اضطرار برای مقابله با این رویدادها، با احتمال هر چند اندک، و ایجاد آمادگی‌های لازم در پرسنل بهره‌بردار، گروه‌های نجات و جوامع پیرامونی اجتناب‌ناپذیر است. محور اصلیِ مقابله را بهینه‌سازی حفاظت پرتوی، همراه با اعمال برخی محدودیت‌های دُزِ فردی بر مبنای ترازهای مرجع تشکیل می‌دهد. در این راستا، مسیرهای پرتوگیری، جوامع در معرض پرتوگیری و ویژگی‌های پرتودهی مورد بررسی واقع می‌شود. در مرحلهٔ نخست، ارزیابی اولیه از وسعتِ سانحه و تلاش در مهار آن در اولویت قرار دارد. انجام پرتوپایی از جنبه‌های مختلف و برآورد میزان پرتوگیری در داخل و خارج تأسیسات به همراه تعیین نوع و میزان مواد پرتوزای آزاد شده نیز در این مرحله صورت می‌گیرد و براساس آن، مدیریت عملیات و تقسیم وظایف با توجه به میزان دُزِ محتمل و در نظر داشتن ترازهای دُزِ مرجع اِعمال می‌شود. در پیِ آن، برآورد چگونگی پخش مواد پرتوزا از مسیرهای مطرح و به موازات آن، مراقبت در اجرای برنامه از پیش تدوین شدهٔ اضطرار بر مبنای مسئولیت‌های تعریف‌شده انجام می‌پذیرد. طیِ این مراحل، مراقبت در چگونگی انعکاسِ رویدادها به جامعه، تبیین ریسک و توجه به تأثیر آن بر افکار عمومی، حائز اهمیّت فراوان است. مراحلِ بعدیِ این مدیریت، برنامه‌ریزی برای اقدامات میان‌مدّت و درازمدّت، بر حسب مورد، و بررسی اقداماتِ لازم برای خروج از وضعیّتِ بحران و ارزیابی استراتژی‌های بازگشت به وضعیّتِ عادی را شامل می‌شود.

کلیدواژگان: بحران هسته‌ای، مدیریت رادیولوژیکی، برنامه اضطرار، ارزیابی دُز.

۱. مقدمه

کاربرد انرژی هسته ای به‌منظور تولید برق در بهره برداری عادی و در مقام مقایسه، گزینهٔ مطلوبی در سبد انرژی بسیاری از کشورها به‌شمار می‌رود؛ اما در عین حال، پتانسیل آسیب‌رسانی به مردم و محیط زیست را به هنگام بروز سوانح، هر چند با احتمال اندک، نظیر سایر دستاوردهای فناوری بشر در بر دارد. بررسی واقع‌بینانهٔ علل بروز این سوانح و عواقب آن علاوه بر آنکه نقشی اساسی در بهبود جنبه های ایمنی طراحی و اصلاح شیوه‌های بهره‌برداری راکتورها ایفا می کند، می تواند در ارتقای سطح آگاهی عمومی و به تبع آن، در اتخاذ استراتژی مناسب تأمین انرژی، که در جوامع مردم‌سالار غالباً متأثر از ملاحظات سیاسی متّکی بر گرایش افکار عمومی‌است، مؤثر واقع شود. اگرچه در فرایند طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای، با بهره‌گیری از پیشرفته‌ترین فناوری‌ها، تلاش فراوانی در جهت حصول اطمینان از ایمنی این تأسیسات و کمینه‌سازی احتمال بروز سوانح تأثیرگذار بر جامعه و محیط زیست صورت می‌پذیرد، برنامه ریزی موارد اضطرار برای مقابله با این رویدادها، با احتمال هر چند اندک، و ایجاد آمادگی های لازم در پرسنل بهره‌بردار، گروه‌های نجات و جوامع پیرامونی اجتناب‌ناپذیر است. پس از سال ۱۹۸۶ و در پی سوانح نیروگاه‌های هسته‌ای تری مایل

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

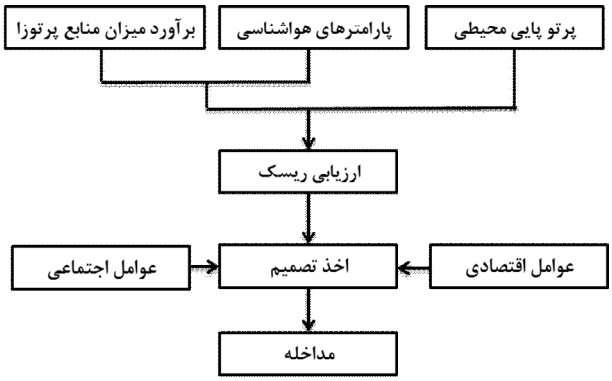
آیلند[1] و چرنوبیل[2]، سازندگان و بهره‌برداران نیروگاه‌ها ملزم به داشتن برنامهٔ مقابله با شرایط اضطراری درون‌جایگاهی و برون‌جایگاهی شدند و با بروز سانحهٔ اخیر در فوکوشیما[3] در سال ۲۰۱۱، تأکید سازمان‌های بین‌المللی و ملی بر این امر فزونی یافته است [۱-۷]. حالت اضطرار هسته ای در تأسیسات مختلف چرخهٔ سوخت ممکن است به‌دلیل شکست حفاظ‌های متعدد شامل سیستم‌ها، تجهیزات و خطاهای انسانی رخ دهد [۸]. آغاز کنش‌های رویارویی بلافاصله پس از رویداد سانحه به‌منظور کاهش پرتوگیری جامعه، حائز اهمیت فراوان است. اقدام به‌موقع و براساس برنامهٔ از پیش تدوین شدهٔ مواجهه با اضطرار هسته‌ای، می‌تواند به کاهش آسیب‌های احتمالی و پرهیز از آسیب‌های قطعی ناشی از پرتوگیری منجر شود. کاربرد کنش‌های رویارویی با توجه به شدت حادثه، میزان نهِشت مواد پرتوزا و سطح آلودگی اندازه‌گیری‌شده یا مورد انتظار محصولات غذایی در نظر گرفته می‌شود [۹]. پیگیری‌های مداوم جهت برنامه‌ریزی برای تأمین سلامت عمومی، درک و ارزیابی بهتر عوامل اثرگذار، پیش‌بینی نتایج سوانح آینده و تضمین اقدامات مناسب جهت حفاظت در برابر اشعه ضروری است [۱۰].

۲. واکنش اضطراری

ازآنجاکه دستیابی به ایمنی صددرصد ممکن نیست، در کنار اقدامات پیشگیرانه، باید طرحی برای مقابله با حوادث پیش‌بینی نشده و یا وضعیت‌های اضطراری وجود داشته باشد. واکنش اضطراری برون‌جایگاهی با هدف انتخاب بهترین اقدام حفاظتی به‌منظور کاهش عواقب انتشار مواد پرتوزا برای عموم افراد و محیط زیست است. مطابق نمودار شکل ۱ ارزیابی خطر ناشی از پرتوگیری براساس شناخت منابع پرتوزا، شرایط هواشناسی و داده‌های حاصل از پرتوپایی محیط زیست برآورد می‌شود. نتیجهٔ این ارزیابی فنی یکی از ورودی‌های فرایند تصمیم‌گیری است.

1. Three Mile Island
2. Chernobyl
3. Fukushima

اتخاذ تصمیم با در نظر گرفتن سایر ورودی‌ها که شامل عوامل اجتماعی و اقتصادی است، انجام می‌پذیرد [۹].



شکل ۱: روند شکل‌گیری پاسخ اضطراری

برای اجرای برنامه‌های بازسازی دو روش مرتبط و مکمل هم باید در نظر گرفته شود:

- اقدامات متمرکز ارگان‌های مسئول کشوری، ازجمله تدوین و تصویب قوانین و آئین‌نامه‌ها، تعیین معیارهای ارزیابی وضعیت رادیولوژیکی و استراتژی مداخله، تخصیص منابع ملی و فراهم‌سازی زمینهٔ همکاری‌های بین‌المللی؛
- دخالت مستقیم مردم در سطح محلی با هدف درگیری ذی‌نفعان در فرایند بازسازی و تبدیل معیارهای رادیولوژیکی به رهنمود های اعمال و رفتار روزمره [۱۱].

مراقبت در چگونگی انعکاس رویدادها به جامعه، تبیین ریسک و توجه به تأثیر آن بر افکار عمومی، طی فرایند رویارویی با پیامدهای سانحه، حائز اهمیت فراوان است.

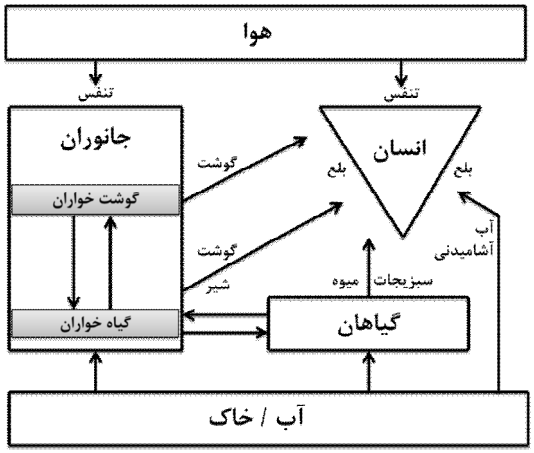
۳. ویژگی‌های نهِشت و مسیرهای پرتوگیری

الگوی نهِشت به میزان پرتوزایی و انرژی ذرات رها شده و شرایط آب و هوایی در لحظهٔ رهاسازی، به‌ویژه جهت وزش باد و بارشی که احیاناً در مسیر عبور آلاینده‌ها رخ می‌دهد، وابسته

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

است. در درازمدت ریزش‌های جوّی اجازهٔ نفوذ مواد پرتوزای نهِشت یافته به داخل خاک و انتقال از طریق مسیر آب یا از طریق تعلیق مجدد، در محیط را می‌دهد [۳، ۱۲]. موقعیت جغرافیایی راکتور، چگونگی انتشار، رفتار هسته‌های پرتوزا در محیط و شیوهٔ جابجایی آن‌ها، توزیع جمعیت، محصولات غذایی و عادات مصرف عواملی هستند که در محاسبهٔ دُز تاثیر می‌گذارند [۱۳،۱۰].

تحرک هسته های پرتوزا در اکوسیستم تنها وابسته به عنصر معینی نبوده و تابعی از ترکیب شیمیایی و دینامیک زیستی موجودات زنده نیز است که به بررسی زنجیرهٔ غذایی می‌انجامد. علاوه بر این، تأثیرات اقلیمی ناشی از دینامیک هواشناسی را نیز باید در این زمینه متذکر شد. به‌منظور برآورد پیشگویانه یا بازنگرانه عواقب رهایی مادهٔ پرتوزا به محیط، مدل‌های اکولوژیکی متعددی با هدف بررسی کمی انتقال و پخش هسته‌های پرتوزا در زنجیرهٔ غذایی به انسان و متعاقب آن، توزیع بین اندام‌های گوناگون کالبد آدمی توسعه یافته است. بسیاری از این مدل ها در گزارش‌های کمیسیون علمی آثار تابش‌های اتمی‌سازمان ملل متحد[1]، گزارش‌های ایمنی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی[2]، کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه[3] و کمیسیون ملی حفاظت در برابر اشعهٔ آمریکا[4] مرور شده است. برخی از این مدل‌ها، پخش هسته‌های پرتوزا از مکان رهایی را در بر گرفته؛ درحالی‌که تعدادی دیگر ترجیحاً به انتقال از طریق زنجیره غذایی می‌پردازند. بررسی دقیق مسیرهای پرتوگیری در روند ارزیابی دُز فردی و جمعی امری اجتناب‌ناپذیر است [۱۲–۱٤]. مسیرهای پرتوگیری انسان از طریق هوا، آب، خاک و سایر عوامل واسطه‌ای، به‌صورت نمادین در شکل ۲ انعکاس یافته است.



شکل ۲: مسیرهای پرتوگیری انسان

مناطق خاصی ازجمله مراتع کوهستانی، جنگل‌ها و مناطق مرتفع می‌توانند توان نگهداری طولانی‌تری در خاک نسبت به مناطق کشاورزی داشته باشند. در همین راستا، میزان زیادی از انتقال هسته‌های پرتوزا به غذاهای خاص نظیر توت‌ها و قارچ‌ها در جنگل‌ها مشاهده شده است [۳،۱۲].

مواد پرتوزای منتشر شده در آب‌های سطحی (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مصب‌ها و دریاها) توسط جریان آب انتقال می‌یابند و توسط فرایندهای پخش رقیق می‌شوند و به‌وسیلهٔ جریان متلاطم پراکنده می‌شوند. در طول مسیر بخشی از آلودگی آب می‌تواند از طریق تثبیت روی مواد جامد معلق و جذب سطحی در رسوبات بستر حذف شود. تثبیت بر روی فاز جامد منجر به کاهش غلظت هسته‌های پرتوزا در فاز آب و قابلیت دسترسی برای موجودات زنده می‌شود. پرتوگیری مستقیم انسان از محیط آبی توسط مصرف آب آشامیدنی و آبزیانی همچون ماهی، میگو و صدف و نیز فعالیت‌های سرگرم‌کننده و ورزشی نظیر ماهی‌گیری و شنا می‌باشد. استفاده از آب رودخانه به‌منظور آبیاری و آب‌دهی دام و استفاده از جلبک‌ها یا لایروبی لجن به‌منظور اصلاح خاک می‌تواند مواد پرتوزا را از آبزیان به سیستم‌های خاکی انتقال دهد و یک مسیر پرتوگیری ثانویه از طریق مصرف محصولات کشاورزی تولید کند [۹،۱۳].

داده‌های جمعیت‌شناسی یک منطقه برای تعیین مدت زمان قرار گرفتن افراد در معرض پرتوگیری خارجی یا داخلی، از

1. UNSCEAR
2. IAEA
3. ICRP
4. NCRP

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

طریق استنشاق و مصرف مواد غذایی ضـرورت دارد [۱۵،۱۶]. گسترهٔ پرتوگیری‌های فردی می‌توانـد تحـت تـأثیر بسـیاری از عوامل جداگانه شامل محل سکونت یا اشتغال، حرفه یا شغل و درنتیجه زمان سپری‌شده و کار انجام‌گرفتـه در منـاطق خـاص، تحت تأثیر آلودگی و نیز عادات فردی، به‌ویژه رژیم غذایی هر فرد (که می‌تواند وابسته به شرایط اقتصادی و اجتماعی او باشد) قرار گیرد. تجربه نشان داده که استفاده از میانگین فـردی بـرای مدیریت پرتوگیری در یک محیط آلوده مناسب نیست. تفـاوت زیادی بین روستاها یا مراکز جمعیتی مجاور، خانوارهـای یـک روستا و حتی درون یک خانواده با توجه به رژیم غذایی، عادات زندگی و شغل آن‌ها وجود دارد [۳،۱۲].

در پی آلودگی محیط زیست به مواد پرتوزا مسیرهای متعدد پرتوگیری مطرح است: پرتـوگیری خـارجی ناشـی از حضـور هسته‌های پرتوزا در جو یا نهِشت آن‌ها بر سـطوح خشـکی یـا آب‌های سطحی و پرتوگیری داخلی از طریق مصرف یا استنشاق مواد آلوده، همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است.

٤. هسته‌های پرتوزای مطرح

اگرچه بسیاری از انواع مختلف مواد پرتوزا می‌توانند پس از یک اورژانس هسته‌ای بزرگ انتشار یابند، طول عمر برخی از آن‌ها بسیار کوتاه بوده و برخی دیگر غیرقابل انتقال به مواد غذایی هستند. ویژه هسته‌های تولیدشده در تـأسیسات هسته‌ای که برای زنجیره غذایی می‌تواند قابل توجه باشد عبارت‌اند از: ^{3}H، ^{14}C، ^{99}Tc، ^{35}S، ^{60}Co ، ^{89}Sr ، ^{90}Sr، ^{103}Ru ، ^{106}Ru، ^{131}I ، ^{129}I، ^{235}U ، ^{238}Pu، ^{239}Pu ، ^{240}Pu، ^{134}Cs ، ^{137}Cs ، ^{103}Ce ، ^{192}Ir و ^{241}Am. هنگامی که مقدار زیادی از این ایزوتوپ‌های پرتوزا به محیط زیست انتشار می‌یابند، توسط نهِشت بر روی سطح مواد غذایی مانند میوه‌ها و سبزیجات و خوراک دام یا از طریق آب باران یا برف آلوده می‌توانند مواد غذایی را تحت تأثیر قرار دهند. سبزیجات و گیاهان به‌خصوص آن‌هایی که مساحت برگی زیاد دارند، در مرحلهٔ اولیه پس از سانحه تحت تأثیر قرار می‌گیرند. به‌علت انتقال سریع ید و انتقال نسبتاً سریع سزیم به علوفهٔ دام‌ها، شیر نیز در فاز اولیه آلوده می‌شود [۱۷،۱۸].

ویژه هسته‌هایی که بیشترین نگرانی در مورد انتقال احتمالی به مواد غذایی در مورد آن‌ها وجود دارد، عبارت‌اند از:

^{131}I: با نیمه‌عمر فیزیکی ۸ روز و امکان انتقال سریع به شیر از طریق علوفهٔ آلوده و فراجذبی تیروئید در پی تنفس هوای آلوده و بلع مایعات و غذای آلوده [۱۰،۱۹]؛

^{137}Cs: با نیمه‌عمر فیزیکی ۳۰/۲ سال، نیمه‌عمر بیولوژیکی نسبتاً کوتاه و امکان انتقال از طریق شیر، گوشت و سبزیجات غده‌ای و فراجذبی تقریباً یکنواخت در بافت نرم؛ ایزوتوپ دیگر سزیم (^{134}Cs) با نیمه‌عمر فیزیکی ۲/۱ سال و سایر ویژگی‌های مشابه نیز در این رابطه مطرح است [۱۰،۱۷]؛

^{90}Sr: با نیمه‌عمر فیزیکی ۲۸/۸ سال، نیمه‌عمر بیولوژیکی نسبتاً بلند و امکان انتقال عمدتاً از طریق شیر و فراجذبی در استخوان؛ ایزوتوپ دیگر استرانسیوم (^{89}Sr) با نیمه‌عمر فیزیکی ۵۰/۵ روز و سایر ویژگی‌های مشابه نیز در این رابطه مطرح است [۱۳،۱۷]؛

^{239}Pu: با نیمه‌عمر فیزیکی ۲٤۱۱۰ سال، نیمه‌عمر بیولوژیکی نسبتاً بلند، عدم تحرک زیاد در محیط زیست و فراجذبی در استخوان و کبد؛ ایزوتوپ‌های دیگر پلوتونیوم، ^{238}Pu و ^{240}Pu، به‌ترتیب با نیمه‌عمرهای فیزیکی ۸۷/۷ سال و ٦٥٦۰ سال و سایر ویژگی‌های مشابه نیز در این رابطه مطرح‌اند [۱۰،۲۰].

۵. کاربرد اصول حفاظت پرتوی

در شرایط بحران هسته‌ای، اِعمال اصول اساسی حفاظت پرتوی معطوف به توجیه‌پذیری اجرای استراتژی حفاظت، بهینه‌سـازی حفاظت حاصل از این استراتژی و تعیین سطوح مرجع می‌گردد. ازآنجاکه در وضعیت اضـطرار، شـرایط پرتـوگیری نمـی‌توانـد پیش‌بینی شود، درنتیجه برای محـدودکردن دُز فـردی در طـول بهینه‌سازی *سطوح مرجع* جایگزین *محدودیت دُز* در موقعیت‌هـای برنامه‌ریزی شده پرتوگیری می‌شود [۳].

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

۵-۱. توجیه‌پذیری استراتژی حفاظت

در شرایطی که امکان پرتوگیری وجود دارد، استراتژی‌های حفاظت که به‌منظور کاهش پرتوگیری‌های فردی انجام می‌شود، باید به اندازهٔ کافی برای فرد و جامعه مفید باشد. با توجه به اصل توجیه‌پذیری، جبران آسیب ناشی از آن سوانح کلان، به مراتب فراتر از محدودهٔ حفاظت رادیولوژیکی می‌رود و استراتژی حفاظت شامل مسائل اقتصادی، سیاسی، زیست‌محیطی، پیامدهای اجتماعی و روانی نیز می‌شود. معیارهای اجتماعی و سیاسی در کاهش و محدودسازی پرتوگیری افرادی که در مناطق آلوده زندگی می‌کنند، اثرگذار است. باید ملاحظات مختلفی برای دو دسته وسیع از اقدامات حفاظتی در نظر گرفت: دسته‌ای که توسط مقامات، کارشناسان و متخصصان اجرا می‌شود و دستهٔ دیگر که به‌طور مستقیم به‌وسیلهٔ افرادی که تحت تأثیر قرار گرفته‌اند، به‌عنوان اقدامات حفاظتی *خود-یاوری* صورت می‌گیرد که نتیجهٔ آن کاهش دُز آینده‌نگر است. در این صورت، باید ساکنان به‌درستی مورد اطلاع‌رسانی واقع شده و آموزش‌های مرتبط (برای کاربرد ابزار و تجهیزات ارائه شده توسط مقامات) به‌منظور گرفتن تصمیمات آگاهانه در رابطه با حفاظت فردی داده شود. باید میان تمایل به بهبود شرایط از یک طرف و بار ناشی از اجرای عملیات حفاظتی از طرف دیگر، تعادل برقرار شود [۳].

۵-۲. بهینه‌سازی استراتژی حفاظت

بهینه‌سازی استراتژی حفاظت به‌منظور حصول اطمینان از انتخاب بهترین استراتژی تحت شرایط غالب است و شامل اصل ALARA [1] به مفهوم *کم در حد معقول و دست‌یافتنی* با توجه به عوامل اقتصادی و اجتماعی است. فرایند بهینه‌سازی در مورد جمعیتی که در یک منطقه آلوده خواهند ماند، با چالش‌های خاصی ازجمله به توازن رساندن نیاز به حفاظت افراد در مقابل توزیع مواد پرتوزا و نیاز به اقتصاد محلی برای زیستن و ادغام در بازار جهانی، در نظر گرفتن حقوق و نفع صاحبان سهام در سطح ملی و نیز طراحی توصیه‌های بین‌المللی (برای مثال در تجارت مواد غذایی) روبه‌رو است [۱۳،۳].

در مراحل متفاوت یک سانحه، مسیرهای پرتوگیری ممکن است تغییر کند و داده‌های نظارتی متفاوتی به‌منظور تصمیم‌گیری در مورد اقدامات حفاظتی لازم باشد [۱۷،۱۶]. با در نظر گرفتن اینکه مسیر بلع، مسیر غالب منجر به پرتوگیری است، استراتژی بهینه باید براساس کنترل این مسیر در گروه‌ها باشد. به‌دلیل اینکه هدف نهایی رسیدن سطح پرتوگیری ساکنان به میزان قابل مقایسه با کسانی است که در شرایط عادی زندگی می‌کنند، فرایند بهینه‌سازی استراتژی نه فقط برای زمان قرار گرفتن در شرایط اضطراری پرتوگیری، بلکه برای افرادی که در درازمدت در معرض پرتو هستند، هم مثبت است؛ درحالی‌که در ابتدا ممکن است پرتوگیری نسبتاً زیاد بوده و اولویت به کاهش بالاترین سطح پرتوگیری معطوف شود، در ادامه نیاز است که تلاش مداوم برای کاهش پرتوگیری با زمان صورت گیرد. به این منظور، مقامات مسئول باید به‌طور مداوم، اثربخشی استراتژی حفاظت در محل را ارزیابی کنند و در سطح محلی یا فردی دستورالعمل‌های مؤثرتر و پشتیبانی در مورد چگونگی پیشبرد بهبود وضعیت را ارائه دهند [۱۶،۳].

۵-۳. سطوح مرجع

سطوح مرجع در پایان وضعیت اورژانس پرتوگیری تنظیم می‌شوند؛ یعنی در طول انتقال بین مراحل میانی (در صورت وجود) و مراحل پایانی یک سانحهٔ هسته‌ای زمانی که تصمیم گرفته شد که به مردم اجازهٔ زندگی در یک منطقهٔ آلوده داده شود و باید ترجیحاً در محدودهٔ توصیه‌شده توسط نهادهای مسئول ملی و بین‌المللی (ازجمله ICRP) باشد [۳].

به این منظور، بعد از مشخص‌شدن موقعیت اورژانس و اِعمال مداخلهٔ لازم، برای تعیین ضرورت مداخله‌های بلندمدت در مورد مواد غذایی، بایستی برنامه‌های نمونه‌برداری تداوم یابد. لازم است موجودی مواد پرتوزای مطرح در سبزیجات، دیگر

1. As Low As Reasonably Achievable

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

محصولات محلی، ذخایر آب آشامیدنی، و شیر به‌منظور تطبیق با ترازهای مداخله، بررسی شده باشند. حدود و ماهیت این‌چنین برنامه‌های نمونه‌برداری وابسته به حد و مقیاس رهاسازی، نوع فعالیت‌های کشاورزی و توزیع جمعیت است [۲۰]. علاوه بر این، به محض اینکه رهاسازی و ریزش پرتوزای مربوط به آن خاتمه یافت، خوراک دام‌ها و طیور باید در مدت یک دورهٔ کوتاهِ زمانی سنجش شود. سنجش‌های گیاهان بعد از اتمام نهِشت، اطلاعات باارزشی برای ارزیابی میزان پرتوزایی در این محصولات در هنگام برداشت می‌دهد [۲۱]. به‌طور کلی، کاهش پرتوگیری فراتر از سطح مرجع به تراز بهینه‌سازی شده در اولویت قرار می‌گیرد. با این حال، برای حصول اطمینان از تأمین حفاظت بهینه‌سازی شده، پرتوگیری‌های کمتر از سطح مرجع را نیز نباید نادیده گرفت. به‌عبارت دیگر، کاهش پرتوگیری به ترازی کمتر از سطح مرجع، شرط کافی برای قطع اقدامات حفاظتی تا زمانی که امکان کاهش بیشتر پرتوگیری مطابق با فرایند بهینه سازی وجود دارد، به‌شمار نمی‌رود [۳].

بررسی نقدگونهٔ مزایا و معایب کاربرد کنش‌های رویارویی و نتایج حاصل از آن، با در نظر گرفتن جوانب گوناگون این امر در مدیریت بحران، تحت عنوان ارزیابی استراتژی صورت می‌پذیرد. ارزیابی سیستمی شاخص‌های قابل سنجش شامل چهار مرحله است: مرحلهٔ اول، توصیف محیط آلوده شده و برآورد میزان مواد پرتوزای رهاشده؛ مرحلهٔ دوم، محاسبهٔ تغییرات زمانی دُز افراد در صورت عدم کاربرد کنش‌های رویارویی با ارزیابی مسیرهای پرتوگیری شامل برآورد میزان آلودگی خاک و مواد غذایی؛ مرحلهٔ سوم، ارزیابی شیوه‌های میسّر جهت کنش‌های رویارویی؛ و مرحله نهایی، شامل ارزیابی میزان کاهش دُز و آثار مرتبط با کاربرد کنش‌های رویارویی و استراتژی‌های برگزیده [۱۷].

۶. کنش‌های رویارویی

۶-۱. مرحلهٔ کوتاه‌مدت

مدت زمان پاسخ کوتاه‌مدت بستگی به ویژه‌هسته‌های نهِشت‌یافته با نیمه‌عمر کوتاه (معمولاً ^{131}I با نیمه‌عمر ۸ روز) دارد. باید اقدام فوری برای متوقف‌کردن مصرف شیر محلی تا زمانی که سطوح ^{131}I پایدار شود، صورت گیرد. کنش‌های رویارویی فاز کوتاه‌مدت عبارت‌اند از: معرفی سطوح مرجع موقت بلافاصله برای ^{131}I و در اسرع وقت برای سزیم و استرانسیم پرتوزا؛ جلوگیری از برداشت، انتقال و توزیع محصولات کشاورزی آلوده در سطوح غیر قابل قبول؛ شناسایی منابع جایگزین از مواد غذایی در دسترس از طریق تجارت داخلی و بین‌المللی؛ پیش‌بینی میزان آلودگی طی رشد محصولات زراعی در اسرع وقت؛ شناسایی و بهره‌وری از پتانسیل‌های علمی برای کمک به تصمیم‌گیری؛ حفظ برنامهٔ فشردهٔ نظارت، ارزیابی دُز و مقابله؛ تهیهٔ نقشه‌های دقیق و جامع از آلودگی محیط زیست و نواحی کشت ترجیحاً شامل اطلاعات دورهٔ پیش از نهِشت؛ کاهش زمان اقامت افراد در نواحی آلوده و مقابله با تشکیل گرد و غبار به‌منظور پرهیز از آلودگی‌های ثانویه [۲۲،۳]. رفع آلودگی منطقه (شامل ساختمان‌ها و مسیرها)، احیای خاک و پسماندارای متعاقب آن، بسته به مورد، در این مرحله آغاز و در مرحلهٔ میان‌مدت تداوم می‌یابد.

۶-۲. مرحلهٔ میان‌مدت

اگر مشکل در مناطق آسیب‌دیده تداوم داشته باشد، باید اقدامات متقابل برای کاهش آلودگی زنجیرهٔ مواد غذایی با در نظر گرفتن سطوح مداخله صورت گیرد. مشکل اصلی در این رابطه، ناشی از آلودگی هسته‌های پرتوزا با عمر طولانی، به‌ویژه ^{137}Cs و ^{90}Sr (هر دو با نیمه‌عمرهای قریب ۳۰ سال) است. میزان این آلودگی توسط بررسی‌های رادیولوژیکی در مرحلهٔ کوتاه‌مدت شناخته شده؛ اما پاسخ مناسب در این مرحله، نیازمند رویکردی گسترده‌تر و منظم‌تر نسبت به اقدام کوتاه‌مدت دارد؛ از این رو، بررسی و در صورت لزوم، تجدید نظر در کنش‌های رویارویی در حال انجام مطرح است. اهمّ این اقدامات که بخشی نیز با هدف آماده‌سازی برای برنامه‌های طولانی‌مدت صورت می‌پذیرد، عبارت‌اند از: بررسی و احیاناً تجدید نظر در سطوح مداخله برای مواد غذایی؛ نظارت و کنترل توزیع مواد غذایی

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018

برای اطمینان‌بخشی به عموم مردم و ارزیابی اثربخشی کنش‌های رویارویی؛ حصول اطمینان از کاربرد مؤثرترین کنش‌های رویارویی توسط کشاورزان؛ توسعهٔ بانک‌های اطلاعاتی به‌منظور تسهیل تصمیم‌گیری‌های آینده، ازجمله نقشه‌های آلودگی مزارع؛ فراهم‌آوردن زمینهٔ پیش‌بینی بلندمدت رادیولوژیکی (ازجمله آلودگی‌های محیط زیست و محصولات کشاورزی و میزان دُز جمعی)؛ تداوم مطالعات علمی و فنی مورد نیاز برای اجرای کنش‌های رویارویی در آینده؛ آماده‌سازی برنامه‌های بلندمدت براساس سطوح مداخله و کنش‌های رویارویی صورت‌گرفته و در دست انجام؛ تدوین برنامه‌های آموزشی برای متخصصان و عموم مردم (استفاده از مزارع مدل و پروژه‌های نمایشی جهت آموزش تکنیک‌های کنش رویارویی به کشاورزان و انعکاس آثار آن به عموم مردم)؛ و تدوین برنامهٔ تحقیق و توسعه به‌منظور بهبود کنش‌های رویارویی [۲۲،۳].

٦-۳. مرحلهٔ درازمدت

در این مرحله، آلودگی پرتوی ناشی از هسته‌های پرتوزا با عمر طولانی مطرح بوده و آلودگی مواد غذایی عمدتاً از طریق جذب مواد پرتوزا توسط ریشهٔ گیاهان صورت می‌گیرد. کنش‌های رویارویی کشاورزی در این مرحله، با دسترسی به مواد غذایی غیر آلودهٔ تأمین شده از خارج از منطقهٔ بحران مؤثر واقع می‌شود. ازجملهٔ این اقدامات، کاربری زمین برای کشت محصولات غیر غذایی است که ممکن است برای چندین سال پس از مرحلهٔ واکنش اضطراری ادامه یابد [۲۲].

کاهش آلودگی رادیولوژیکی محیط زیست با گذشت زمان به‌علت فروپاشی هسته‌های پرتوزای موجود، اثر فرایندهای فیزیکی و شیمیایی در توزیع مواد پرتوزا در محیط زیست و تأثیر فعالیت‌های انسانی در تمرکز یا رقت آلاینده‌های پرتوزا، اجرای گام‌به‌گام استراتژی حفاظت در ابعاد بلندمدت را می‌طلبد. این روند با بهبود وضعیت عمدتاً به کاهش تدریجی سطوح مرجع می‌انجامد [۳].

۷. ارزیابی دُز و تعیین وضعیت

شرایط پرتوگیری حاکم پس از اتمام عملیات حفاظتی در طول مراحل اولیه یا میانی یک سانحهٔ هسته‌ای، به‌طور کلی، شامل طیف بسیار گسترده‌ای از پرتوگیری‌های فردی و دُزهای پیش‌بینی‌شدهٔ آتی است. به‌منظور کنترل پرتوگیری در درازمدت، تمایز میزان پرتوگیری گروه‌های مختلف جمعیتی در مناطق آلوده ضرورت دارد. به‌طور کلی، گروه‌های نمونه جمعیت عبارت‌اند از: جمعیت روستایی شامل کشاورزان و خانواده‌های آنان که در مناطق آلوده اقامت دارند یا کار می‌کنند و بیشتر غذایشان از تولیدات گیاهی و دامی محلی است؛ جمعیت شهری ساکن در مناطق آلوده که ممکن است مواد غذایی آن‌ها از خارج این نواحی تأمین گردد و گروه‌های مختلف کارگران در معرض پرتو براساس فعالیت حرفه‌ایشان نظیر جنگل‌بانان و کارگران کارخانجات چوب‌بری در یک ناحیهٔ جنگلی تحت تأثیر قرار گرفته. اعضای این گروه‌ها ممکن است در زمین‌های آلوده اقامت داشته باشند یا فقط در طول ساعات کار آنجا باشند که در حالت دوم، احتمال تأمین غذای آن‌ها از مناطق غیر آلوده وجود دارد. اگر ناحیه دارای جاذبه برای گردشگری باشد، ممکن است نیاز باشد که ساکنان موقت نیز در نظر گرفته شوند [۱۲].

پرتوگیری ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده وابسته به نقش غالب تولیدات محلی یا وحشی (ازجمله توت‌ها و قارچ‌ها) در رژیم غذایی است. بیست سال پس از سانحهٔ چرنوبیل، میانگین درون جذب روزانه ^{137}Cs در افراد بالغ بر اثر مصرف قارچ‌ها و توت‌های وحشی در مناطق آلودهٔ اطراف چرنوبیل 10-20 Bq بوده که در مورد برخی افراد ناآگاه یا افرادی با عادات غذایی خاص به چند صد بکرل نیز می‌رسیده است [۳].

در نهایت، با توجه به تجارب کسب شده در مدیریت بحران‌های هسته‌ای تری مایل ایلند، چرنوبیل و فوکوشیما، و بررسی‌های صورت گرفته در پی این سوانح، بایستی بر اهمیت نقش سامان‌دهی مرکز فرماندهی مقابله با اورژانس هسته‌ای و مراکز مراقبت‌های پزشکی در شرایط اورژانس پرتوی، بهبود

عملیات پایش پرتو در سطح کشور و سیستم جامع پیش‌بینی اطلاعات دُز محیطی در شرایط اورژانس و تنظیم چارچوب مشخص تبادل اطلاعات با خارج از کشور و دریافت به‌موقع کمک از نهادهای بین‌المللی، به هنگام ضرورت تأکید کرد.

۸. مراجع

[1] US NRC, *Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century*, Washington, D.C., United States Nuclear Regulatory Commission, 2011.

[2] ICRP-2009a, *Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations*, ICRP Publication, 109. Ann. ICRP 39(1), 2009.

[3] ICRP-2009b, *Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or Radiation Emergency*, ICRP Publication, 111. Ann. ICRP 39(3), 2009.

[4] ICRP-2007, *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication, 103. Ann. ICRP 37(2-4), 2007.

[5] ICRP-2011, *ICRP Comments on Fukushima Nuclear Power Plant Accident*, ICRP ref: 4847-5603-4313, 2011.

[6] Walker, J.S., *Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective*, Berkeley, CA, University of California Press, 2004.

[7] Ingram, W.S., *The Chernobyl Nuclear Disaster*, New York, NY, Facts On File, 2005.

[8] NDMA-2009, *Management of Nuclear and Radiological Emergencies*, New Delhi, India, National Disaster Management Authority, 2009.

[9] EU-2002, *A European Manual for 'Off-site Emergency Planning and Response to Nuclear Accidents'*, SCK.CEN, Belgium, Belgian Nuclear Research Center, 2012.

[10] UNSCEAR-2000, *Sources and Effects of Ionizing Radiation: Annex C, Exposures to the Public from Man-made Sources of Radiation*, New York, NY, United Nation Publication, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000.

[11] Schneider, T., *Rehabilitation of Living Conditions in Contaminated Territories: The ETHOS Approach*, IRPA-10, May 18, 2000, Hiroshima, Japan, 2000.

[12] Cooper, J.R. *et al.*, *Radioactive Release in the Environment: Impact and Assessment*, Chichester, England, Wiley, 2003.

[13] Pöschl, M. & Nollet, L.M.L., *Radionuclide Concentrations in Food and the Environment,* London, Taylor & Francis, 2007.

[14] Tykva, R. & Berg, D., *Man-made and Natural Radioactivity in the Environment,* Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic, 2004.

[15] Badie, R. *et al.*, D., *Evaluation of Post-Accidental Rehabilitation Strategies,* IRPA-10, May 18, 2000, Hiroshima, Japan, 2000.

[16] Nord-33, *Food Safety after Nuclear Accidents: A Nordic Model for National Response,* Stockholm, Sweden, Nordic Council of Ministers, 1992.

[17] INFOSAN-2011, *Nuclear accidents and radioactive contamination of foods,* WHO & FAO joint report, 2011.

[18] Faw, R.E. & Shultis, J.K., *Radiological Assessment: Sources and Exposures,* Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1993.

[19] Choppin, G. *et al.*, *Radiochemistry and Nuclear Chemistry (3rd ed.),* Woburn, MA, Butterworth-Heinemann, 2002.

[20] Byrnes, M.E., *Sampling and Surveying Radiological Environments,* Washington, D.C., Lewis Publishers, 2001.

[21] IAEA-2005, *Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection*, RS-G-1.8, Vienna, International Atomic Energy Agency, 2005.

[22] FAO/IAEA, *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*, GS-R-2, Vienna, FAO /IAEA /ILO/ OECD(NEA)/ OCHA/ PAHO/ WHO, 2002.

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 23:17 +0430 on Sunday August 5th 2018