بررسی اثرات پخش و دز حاصل از تشعشعات پرتوزای ^{137}Cs و ^{131}I ناشی از حادثه‌ی فرضی در نیروگاه هسته‌ای متسامور ارمنستان

میرزایی‌نیا، مهدیه*- شجاعی، محمدرضا- ابراهیمی بسابی، احسان

دانشکده‌ی فیزیک و مهندسی هسته‌ای ، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود

چکیده:

از مهم‌ترین نکات در نیروگاه‌های هسته‌ای پخش مواد رادیواکتیو در زمان حادثه می‌باشد. در این راستا در صورت بروز حادثه، پیش‌بینی چگونگی پخش مواد رادیواکتیو در ساعات ابتدایی حادثه می‌تواند اثرات مخرب حوادث هسته‌ای را کاهش دهد. در این پژوهش با استفاده از کد HYSPLIT پراکندگی جوی و دز مربوط به ^{137}Cs و ^{131}I ناشی از حادثه‌ی LOCA در نیروگاه متسامور ارمنستان در بازه زمانی (۱۵ روزه) برای ٤ فصل و در سال‌های مختلف، مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهند، بروز حادثه در این بازه‌ی زمانی منطقه‌ی وسیعی از نیمه‌ی شمالی کشور را تحت تأثیر پراکندگی جوی رادیونوکلئیدهای ناشی از حادثه در نیروگاه متسامور قرار خواهد داد. هرچند بیشینه‌ی دز کمتر از حد موجود در پرتوکل ICRP 103 است.

کلمات کلیدی: *حادثه‌ی هسته‌ای، نیروگاه هسته‌ای متسامور، پراکندگی جوی، HYSPLIT*

Assessment of Dispersion and Dose of ^{137}Cs and ^{131}I Radiation from Armenian Metsamor Nuclear Power Plant Under a Hypothetical Accident

Mirzai niya, Mahdiye; Shojaei, Mohammad Reza; Ebrahimi basabi, Ehsan

Affiliation: Shahrood University of Technology & Faculty of Physics and Nuclear Engineering

Abstract:

Dispersion of radioactive materials released into the environment, can be a result of nuclear power plants accidents. In this case, forecasting of radionuclides atmospheric dispersion in the early hours, can reduce the effects of nuclear accidents. In this paper, dose equivalent and dispersion of Armenian Metsamor nuclear power plant under a LOCA accident is studied using hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory (HYSPLIT) model. Simulations are investigated for radioactive nuclei's Cesium-137 and Iodine-131 during the period the 15-day in 19/10/2005, 26/09/2005, 30/4/2007 and 04/1/2010. The results show that if a LOCA accident occur in MNPP, the northern part of Iran will be affected by atmospheric dispersion of nuclear pollutants, however the maximum amount of dose is underestimated relative to ICRP Publication 103.

Key words: Hypothetical Accident, MNPP, Atmospheric Dispersion, HYSPLIT

مقدمه :

استفاده از سلاح‌های هسته‌ای و یا از کنترل خارج شدن تأسیسات هسته‌ای می‌تواند به یک حادثه هسته‌ای منجر شود. بر این اساس آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) حادثه‌ی هسته‌ای را به صورت یک اتفاق که مقدار قابل توجهی ماده پرتوزا به محیط‌زیست و تأسیسات هسته‌ای آزاد می‌کند، تعریف می‌کند. اهمیت حوادث هسته‌ای توسط IAEA در قالبِ مقیاس جهانی حادثه‌ی هسته‌ای INES[1] از صفر برای یک رویداد بدون اهمیت ایمنی تا ۷ برای یک "حادثه‌ی بزرگ" مانند چرنوبیل طبقه‌بندی می‌شود. در این طبقه‌بندی حوادث از نظر اثر بر مردم و محیط‌زیست، موانع رادیولوژیکی و کنترل و دفاع در عمق مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ۲ حادثه که در بالاترین سطح INES، سطح ۷، طبقه‌بندی می شوند عبارتند از، حوادث چرنوبیل و فوکوشیما؛ و مجموعاً ۲۰ حادثه در سطح ٤ و یا بالاتر طبقه‌بندی شده‌اند [۱، ۲]. با توجه به تعداد قابل توجه حوادث هسته‌ای سطح ٤ و بالاتر در گذشته و همچنین استفاده‌ی روزافزون ایران و کشورهای همسایه از انرژی هسته‌ای، بررسی این گونه حوادث در جهان و بخصوص در کشورهای هم مرز برای ما دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. با توجه به این نکته که نیروگاه متسامور ارمنستان دارای ساخت قدیمی است، از لحاظ فنی دارای نواقصی است، همچنین زلزله خیز بودن منطقه‌ی احداث نیروگاه متسامور منجر به نگرانی‌هایی در رابطه با احتمال وقوع حادثه برای نیروگاه متسامور در مجامع علمی و بین‌المللی خصوصاً از سوی کشورهایی مانند آذربایجان، روسیه و اتحادیه‌ی اروپا شده است. در این راستا پیش بینی نحوه توزیع پخش مواد پرتوزا در صورت بروز حادثه اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در این پژوهش، تحلیل و ارزیابی نتایج حاصل از نحوه‌ی پخش تشعشعات مواد پرتوزای نیروگاه هسته‌ای ارمنستان در بازه‌های زمانی کوتاه مدت با استفاده از کد HYSPLIT[2] مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش کار :

اولین و مهمترین راه پخش مواد رادیواکتیو در حالت عادی و یا حادثه جو زمین است، لذا پیش‌بینی نحوه‌ی پخش این ایزوتوپ‌ها ضروری است. با استفاده از مطالعات صورت گرفته از رسوب ذرات و اثرات باقی‌مانده‌ی حاصل از آزمایشات هسته‌ای، برنامه‌های مدل‌سازی ذرات پرتوزای مختلفی توسعه‌داده شده‌است. مدل‌های مدرن، که از مهمترین آنها می‌توان به مدل‌های عددی لاگرانژی و اویلری اشاره کرد، قادر به استفاده از اطلاعات آب‌وهوایی در زمان واقعی هستند، اما در روش انتقال با هم تفاوت دارند [۳]. براساس این مدل‌ها، کدهای فراوانی توسعه داده شده‌اند. یکی از پرکاربردترین آن‌ها که از دو رویکرد لاگرانژی و اویلری برای محاسبات مسیر و غلظت آلاینده‌ها استفاده می‌کند، کد HYSPLIT می‌باشد. این کد دارای کاربردهای فراوانی است که از آن جمله می‌توان به مدل مسیر بکوارد[3] و تعیین منبع آلودگی، و همچنین شبیه‌سازی

[1] International Nuclear Event Scale
[2] HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory
[3] Backward

پراکندگی، ترابرد و رسوب آلودگی‌ها و مواد خطرناک مانند رادیونوکلئیدها اشاره کرد [٤]. ورودی‌های کد HYSPLIT شامل پارامترهای گوناگونی از جمله فایل‌های هواشناسی، مشخصات آلاینده‌ها و تعریف شبکه‌ی خروجی است. داده‌های ورودی مورد استفاده در این پژوهش مربوط به حادثه‌ی LOCA در نیروگاه هسته‌ای ارمنستان می‌باشد. نیروگاه هسته‌ای ارمنستان واقع در متسامور، در ١٦ کیلومتری مرز شرقی ترکیه و تقریباً در ۸۰ کیلومتری ایران، ۱۱۰ کیلومتری گرجستان و ۱۲۰ کیلومتری آذربایجان واقع شده است. نیروگاه متسامور شامل دو واحد قدرت با رآکتورهای WWER-440/270 است. واحد ۱ در تاریخ ۲۲ دسامبر ۱۹۷٦ و واحد ۲ در تاریخ ۵ ژانویه ۱۹۸۰ به بهره برداری رسید. در سال ۱۹۸۹ شوروی تصمیم گرفت که نیروگاه ارمنستان را خاموش کند. واحد ۱ در ۲۵ فوریه ۱۹۸۹ و واحد ۲ در ۱۸ مارس ۱۹۸۹ تعطیل شدند. پس از سقوط اتحاد شوروی، حوادث بعد منجر به بحران شدید انرژی در ارمنستان شد. در تاریخ ۷ آوریل ۱۹۹۳، دولت ارمنستان تصمیم به راه اندازی مجدد واحد ۲ گرفت. در ۵ نوامبر ۱۹۹۵، واحد دوم نیروگاه ارمنستان مجدداً شروع به کار کرد [۵]. شبیه سازی‌ها در یک دوره‌ی ۱۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۰) و با انتخاب سرعت باد غالب شهرستان جلفا واقع در آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس شبیه سازی برای ٤ تاریخ ۲۰۱۰/۱/٤، ۲۰۰۷/٤/۳۰، ۲۰۰۵/۸/۲٦ و ۲۰۰۵/۱۱/۱۹ انجام شد. فایل‌های REANALYSIS ۲/۵ درجه به عنوان ورودی هواشناسی کد مورد استفاده قرار گرفتند. میزان غلظت ^{137}Cs در ارتفاع‌های صفر و ۱۰ متری از سطح زمین انتخاب شدند و در نهایت آهنگ انتشار ید و سزیم طی حادثه بر اساس پژوهش ناگی و همکاران در رابطه با حادثه‌ی LOCA در جدول ۱ لحاظ شده است [٦]. مدت زمان این انتشار تا یک ساعت پس از وقوع حادثه می‌باشد.

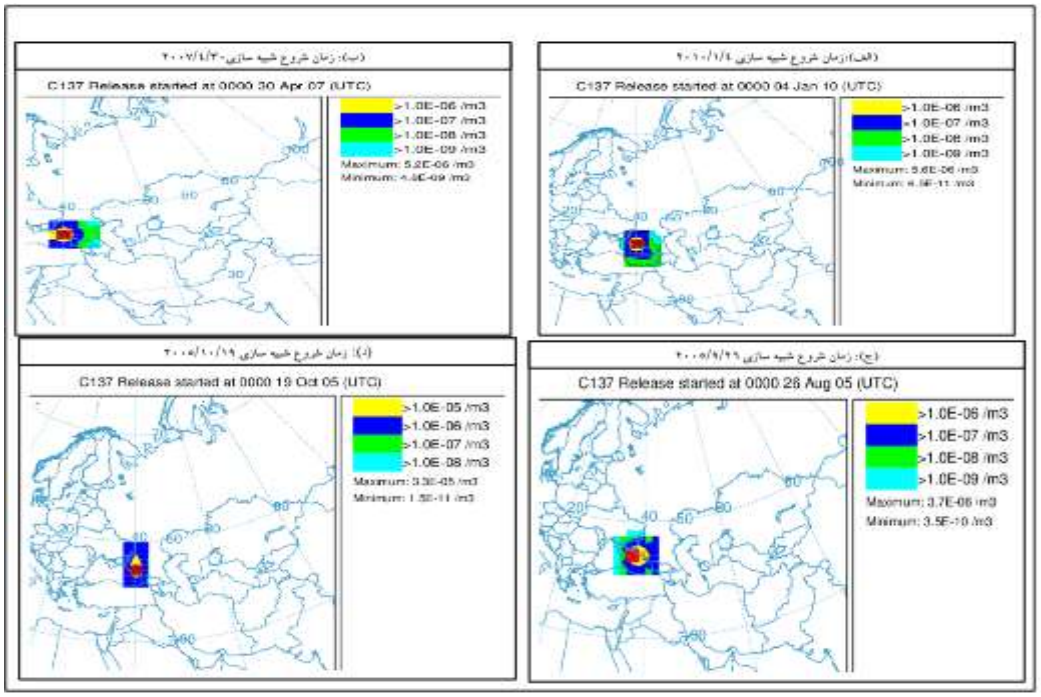
جدول شماره (۱): آهنگ انتشار هسته‌های پرتوزا در حادثه‌ی LOCA در رآکتور WWER-440 [٤]

عنصر پرتوزا	فعالیت قلب(KBq)	آهنگ انتشار عنصر پرتوزا (Bq/S)
^{137}Cs	$۱/٦۸\times۱۰^{۸}$	$٤/۲۸\times۱۰^{۷}$
^{131}I	$۲/۵۷\times۱۰^{۷}$	$٦/۵٦\times۱۰^{٦}$

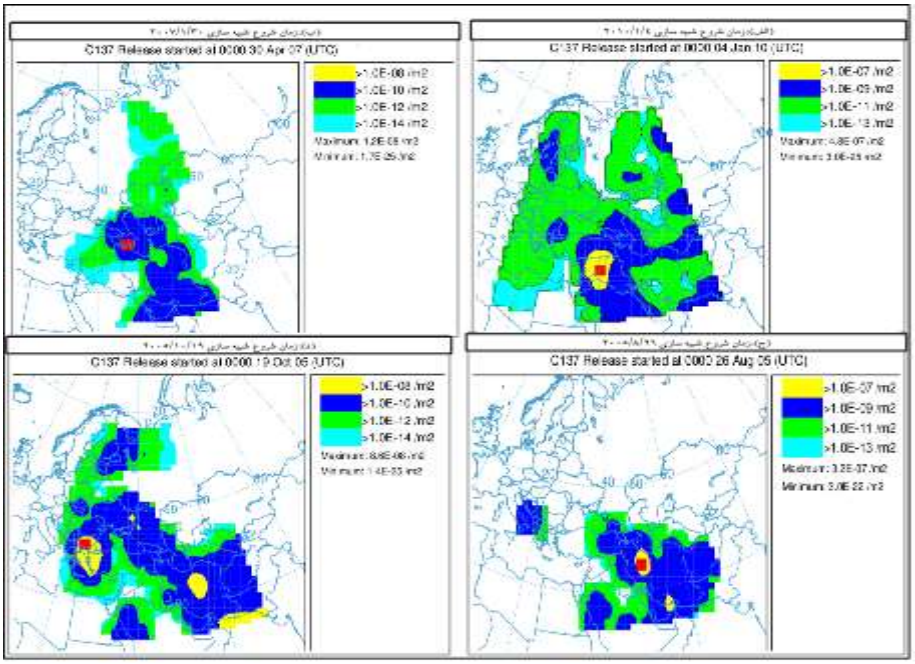
نتایج :

به دلیل نزدیک بودن ایستگاه هواشناسی جلفا به مرز ارمنستان و نیروگاه متسامور از اطلاعات تاریخی هواشناسی این ایستگاه استفاده شد [۷]. یک دوره‌ی ۱۰ ساله از اطلاعات سرعت و جهت باد غالب منطقه مطالعه گردید و روزهای ۲۰۱۰/۱/٤، ۲۰۰۷/٤/۳۰، ۲۰۰۵/۹/۲٦ و ۲۰۰۵/۱۰/۱۹ بر اساس سرعت باد غالب به عنوان نماینده-هایی از چهار فصل مختلف سال در این دوره‌ی ۱۰ ساله انتخاب شد. در ابتدا شبیه سازی پراکندگی ناشی از ^{137}Cs برای دوره‌های ۱۵ روزه با زمان‌های شروع شبیه سازی ۲۰۱۰/۱/٤، ۲۰۰۷/٤/۳۰، ۲۰۰۵/۹/۲٦ و

۲۰۰۵/۱۰/۱۹ صورت گرفت، نتایج این شبیه سازی شامل ۳۰ تصویر برای هر دوره‌ی شبیه سازی است. در شکل ۱ و ۲ به ترتیب غلظت ^{137}Cs را در جو و در سطح زمین برای ٤ دوره‌ی شبیه سازی در فصول مختلف سال به عنوان نمونه‌ای از این شبیه سازی قابل مشاهده است. رنگ‌های موجود در اشکال ۱ و ۲ نشان دهنده‌ی غلظت ^{137}Cs می‌باشند. رنگ قرمز و فیروزه‌ای به ترتیب نماینده‌ی مقادیر بیشینه و کمینه‌ی کونتور رنگ هستند. مسیر حرکت توده‌ی ^{137}Cs در جو و سطح زمین برای تمام روزهای این ٤ دوره مقایسه گردید و بر این اساس، روز ۲۰۱۰/۱/٤ به عنوان زمان شروع شبیه سازی محاسبات دز پرتوزای ^{137}Cs و ^{131}I انتخاب گردید. لذا برنامه برای شبیه سازی دز، طی ۱۵ روز پس از وقوع حادثه برای دو عنصر پرتوزای ^{137}Cs و ^{131}I به ترتیب با نیمه عمرهای ۳۰ سال و ۸,۰٤ روز اجرا گردید. در این شبیه سازی دز بر اساس ضرایب تبدیل دز موجود در راهنمای استفاده از کد انجام شد. مقدار دز سطحی تا شعاع ۲۱۰۰ کیلومتری در دوره‌ی ۱۵ روزه پس از وقوع حادثه از روز ۲۰۱۰/۱/٤ در شکل ۳ نشان داده شده است.هدف از شبیه سازی دز بررسی مناطق درگیر کشور در صورت بروز حادثه در نیروگاه ارمنستان بود، حادثه به صورت کنترل شده در نظر گرفته شده است و همچنین به دلیل وسعت زیاد منطقه‌ی مورد بررسی تعداد گام‌های مکانی در فرآیند شبیه سازی به حداقل رسیده است که این امر موجب کاهش مقادیر دز شبیه سازی شده است.

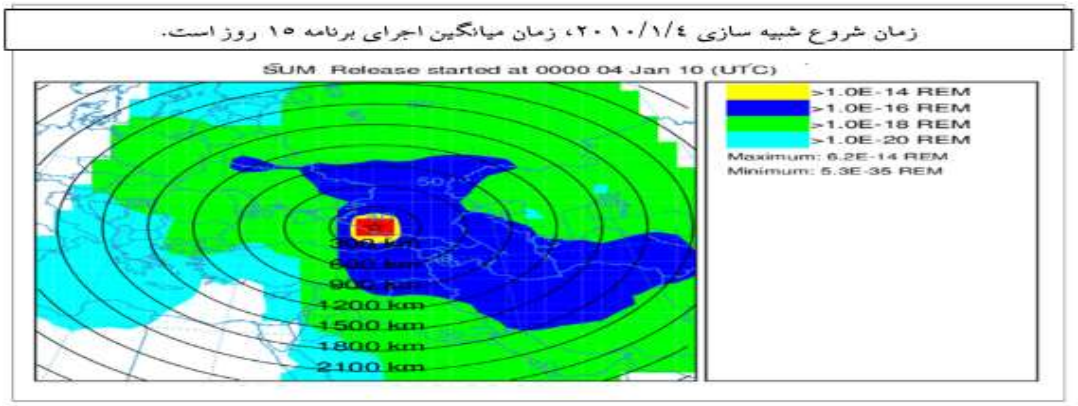


شکل (۱): غلظت ^{137}Cs در جو زمین در اولین روز بازه‌ی شبیه سازی۱۵ روزه، کونتور رنگ‌ها نمایش دهنده‌ی تغییرات غلظت در جو است.



شکل (2): غلظت ^{137}Cs در سطح زمین در چهاردهمین روز بازه‌ی شبیه سازی ۱۵ روزه، کونتور رنگ‌ها نمایش دهنده‌ی تغییرات غلظت در سطح زمین است.

عدم قطعیت در محاسبات دز در نزدیکی نیروگاه یعنی ناحیه‌ی قرمز رنگ در شکل ۳ زیاد است با دور شدن از این ناحیه به تدریج مقدار دز کاهش می‌یابد. بخش وسیعی از کشور ایران در ناحیه‌ای آبی رنگ قرار دارد که دارای مقدار ۱×۱۰^{-۱۶} (REM) است. شبیه سازی نشان می‌دهد، بروز حادثه در این بازه‌ی زمانی منطقه‌ی وسیعی از نیمه‌ی شمالی کشور را تحت تأثیر پراکندگی جوی رادیونوکلئیدهای ناشی از حادثه در نیروگاه متسامور قرار خواهد داد. بیشینه‌ی دز بسیار کوچک‌تر از حد موجود در پروتکل ICRP 103 (۱ میلی سیورت) است.



شکل (3): شبیه سازی دز در سطح زمین برای دو عنصر پرتوزای ^{137}Cs و ^{131}I در ۱۵ روز متوالی از تاریخ ۲۰۱۰/۱/٤ با شعاع ۲۱۰۰ کیلومتر، کونتور رنگ‌ها نمایش دهنده‌ی تغییرات دز در سطح زمین است.

بحث ونتیجه گیری :

با وجود این که حداکثر دز حاصل شده از این شبیه سازی بسیار کمتر از حدود تعیین شده در پروتکل ICRP 103 (۱ میلی سیورت) است، ممکن است با در نظر گرفتن مقادیر مربوط به یک حادثه‌ی کنترل نشده به عنوان ورودی کد مقادیر دز بیشتری نسبت به این شبیه سازی حاصل شود.

در مورد یک حادثه‌ی تابشی، مهم‌ترین امر، ارزیابی خطر و فرآیند تصمیم‌گیری با تمرکز بر حفاظت از مردم است. این مهم بدون داشتن اطلاعات دقیق و قابل اطمینان از نحوه‌ی پخش مواد رادیواکتیو در زمان حادثه امکان‌پذیر نیست. واضح است که پیش بینی کامل دز ناشی از پراکندگی جوی بر اثر حادثه‌ی احتمالی غیر ممکن است، با این وجود نتایج حاصل از این پیش بینی‌ها می‌تواند در تصمیم گیری‌ها و تدوین برنامه‌های ایمنی راه گشا باشد. به طور مثال برای توزیع قرص ید به دلیل جذب سریع ید رادیواکتیو، نیاز به ناحیه بندی مناطق قبل از شروع حادثه داریم و یا به طور کلی برای اقدام به تخلیه‌ی احتمالی مناطق، نیاز به تعیین ناحیه‌های پرخطر قبل از وقوع حادثه وجود دارد. در غیر این صورت در زمان وقوع حوادث جدی امکان دریافت دز بالا از سوی افراد می‌باشد.

مراجع :

[1] Vitázková J., Cazzoli E., *"Common Risk Target for Severe Accidents of Nuclear Power Plants Based on IAEA INES Scale"* Nuclear Engineering and Design 262 106– 125, (2013).
[2] IAEA., *"INES The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual"*, (Vienna IAEA) 206, 1-5, (2013).
[3] Leelo"Ssy. A., Et Al., *"Dispersion Modeling of Air Pollutants In The Atmosphere: A Review"* Cent. Eur. J. Geosci 6(3), 257-278 (2014).
[4] Stein A. F., Draxler R. R., Et Al., *"NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System"* Bulletin of American Meteorological Society 96, 2059-2077, (2015).
[5] Altikat A., Et Al., *"New Chernobyl? Metsamor Nuclear Power Plant"* Digital Proceeding of ICOCEE – CAPPADOCIA, TURKEY 126, 31–62, (2015).
[6] Nagy A., Deme S. & Hozer Z., "*Activity Emission Model for VVER 440/213 Reactor LOCA*", Annals Of Nuclear Energy 62 ,413–420 (2013).
[7] http://www.irimo.ir

.