

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

بخش اتمسفری تشعشعات پرتوزای در سناریوی وقوع حادثه ای فرضی در راکتور تحقیقاتی تهران با استفاده از نرم افزار HYSPLIT

ولی، رضا؛ عادل‌خواه، محمد‌عماد^{۱*}؛ فقهی، سیدامیرحسین؛

^۱دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته ای

چکیده

هدف از این مطالعه، تعیین میزان غلظت و ته نشست هسته‌های پرتوزا در سناریوی وقوع حادثه می‌باشد. بنابراین فرض شد که وقوع زمین‌لرزه‌ای فرضی، باعث ذوب شدن بخشی از قلب راکتور تحقیقاتی ۵ مگاواتی استخری در تهران گردد. شبیه‌سازی‌ها در دوره‌ای ۷/۵ ساله انجام شده و با استفاده از چشمه‌های انتخاب شده از FSAR راکتور تحقیقاتی تهران و کد محیطی HYSPLIT، محاسبات مربوط به توزیع غلظت و ته نشست انجام شد. در محاسبات از داده‌های هواشناسی NOAA (GDAS) استفاده گردید. سپس دز معادل موثر کل (TEDE) سالانه محاسبه گردید. نتیجتاً در صورت وقوع حادثه احتمالی، میزان دز دریافتی کمتر از حد مجاز پذیرفته شده توسط کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تابش می‌باشد.

کلید واژه: پخش اتمسفری مواد رادیواکتیو، راکتور تحقیقاتی تهران، TEDE، نرم افزار HYSPLIT

مقدمه

راکتورهای هسته ای منابع خوبی برای تولید انرژی بوده و بطور کلی باعث ایجاد خطر نمی‌شوند. با این وجود یک حادثه راکتوری می‌تواند به یک فاجعه برای انسان‌ها و محیط منجر شود. یک حادثه راکتوری مهم منجر به تولید گرمای شدید و در نتیجه ذوب شدن سوخت هسته‌ای می‌گردد. به همین دلیل پس از شکسته شدن موانع مختلف میزان زیادی از مواد پرتوزا به محیط وارد می‌شوند. محاسبه دز دریافتی افراد ساکن از طریق مسیرهای مختلف دریافت دوز یکی از مستندات فنی تاسیسات هسته‌ای جهت اخذ پروانه از نظام ایمنی هسته‌ای می‌باشد. انوری و صفرزاده از مدل ابر گوسی برای تخمین سطح دز بعد از یک حادثه فرضی در حدود ۱۰۰ کیلومتر اطراف سایت استفاده کردند [1]. همچنین کار مشابهی توسط رضا و اقبال برای راکتور تحقیقاتی در پاکستان انجام شد [2].

روش کار

شهر تهران در دامنه جنوبی البرز مرکزی و در منطقه لرزه خیز البرز در میان گسل‌های لرزه زای بزرگی مانند مشا، گسل شمال تهران، ایوانکی و مجموعه گسلی جنوب تهران مشتمل بر گسل‌های شمال و جنوب ری و کهریزک واقع شده

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

است [3]. از آنجایی که در این مطالعه هسته‌های پرتوزایی با انتقال بلند برد مد نظر بودند، یکی از مدل‌های عددی ۳ بعدی یعنی مدل HYSPLIT مورد استفاده قرار گرفت. مدل HYSPLIT در آزمایشگاه تحقیقات هوایی سازمان ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده (NOAA) برای محاسبه مسیر حرکت بسته‌های هوا یا انتقال پراکندگی و ته‌نشست آلودگی‌ها توسط دراکسلر و هس در سال ۱۹۹۷ توسعه یافت [4,5]. ورودی‌های مورد نیاز برای محاسبات HYSPLIT شامل ویژگی‌های خاص آلاینده، پارامترهای انتشار، نواحی هواشناسی تقسیم‌بندی شده و تعریف‌گریدهای مربوط به خروجی می‌باشند. همچنین تغییر شکل میدان‌های باد، برش باد و پروفایل انتشار عمودی برای محاسبه آهنگ ته‌نشست مورد استفاده قرار می‌گیرند. داده‌های هواشناسی گریدبندی شده برای بازه‌های زمانی منظم مورد نیاز می‌باشند. در این روش فرآیندهای پهن رفت و پخش در قالب لاگرانژین، و محاسبه غلظت‌ها در قالب اولرین انجام می‌گیرد. در این مقاله میزان غلظت و ته‌نشست مواد را در طی وقوع حادثه‌ای فرضی تا فاصله چند ده کیلومتری مورد ارزیابی قرار دادیم. این کار با استفاده از مدل سه بعدی HYSPLIT برای ته‌نشست هسته‌های پرتوزا بر روی سطح زمین (ارتفاع صفر) و میزان غلظت در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین (که قد متوسط یک فرد می‌باشد) انجام پذیرفت. مدت زمان انتشار مواد در وقوع حادثه تنها ۱ ساعت پس از وقوع حادثه در نظر گرفته شد. برای انتخاب بدترین روز وقوع حادثه فرض شد که کل مواد داخل راکتور در اثر حادثه به محیط اطراف وارد شوند. برای محاسبه بدترین شرایط فرض شد که در صورت وقوع حادثه ۱۰ درصد از قلب راکتور ذوب گردد. در این صورت میزان فعالیت مواد پرتوزا به صورت جدول ۱ خواهد بود [6].

جدول ۱- آهنگ انتشار هسته‌های پرتوزا به محیط در سناریوی وقوع حادثه راکتور تهران [6]

عنصر پرتوزا	فعالیت قلب (10^5 Ci)	فعالیت محیط (Ci)	عنصر پرتوزا	فعالیت قلب (10^5 Ci)	فعالیت محیط (Ci)
Sr-89	۱/۹۱۰	۱/۴۳۳	Pr-144	۱/۱۶۰	۰/۸۷۰
Sr-90	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴	Nd-147	۰/۹۳۸	۰/۷۰۴
Sr-91	۲/۳۴۰	۱/۷۵۵	Pm-147	۰/۱۳۹	۰/۰۵۶
Y-90	۰/۰۴۶	۰/۰۳۵	Pm-148	۰/۱۹۱	۰/۱۴۳
Y-91	۲/۳۰۰	۱/۷۲۵	Pm-149	۰/۱۸۴	۰/۳۶۳
Y-91M	۱/۳۶۰	۱/۰۲۰	I-131	۱/۲۰۰	۲۴/۰
Zr-95	۲/۵۳۰	۱/۸۹۸	I-132	۱/۷۹۰	۳۵/۸
Zr-97	۲/۱۰۰	۱/۸۰۰	I-133	۲/۷۷۰	۵۵/۴
Nb-95	۲/۴۲۰	۱/۸۱۵	I-134	۳/۱۲۰	۶۲/۴
Nb-95M	۰/۰۱۸	۰/۰۱۴	I-135	۲/۵۸۰	۵۱/۶

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

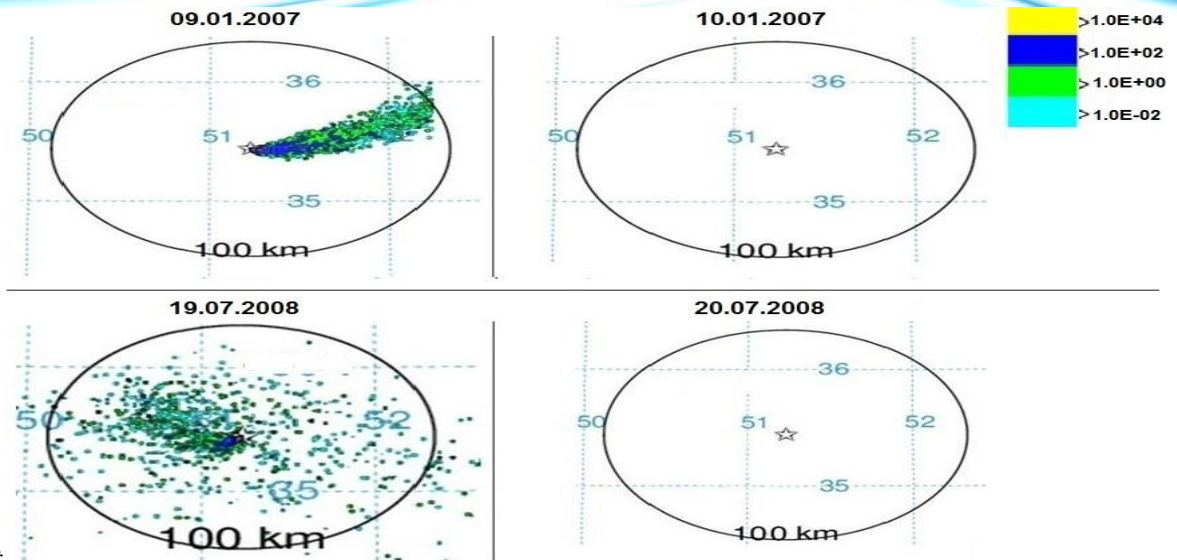
۲۱۷/۰	۰/۲۱۷	Kr-83M	۱/۸۰۸	۲/۴۱۰	Nb-97
۵۱۰/۰	۰/۵۱۰	Kr-85M	۱/۷۰۳	۲/۲۷۰	Nb-97M
۱۰۳۰/۰	۱/۰۳۰	Kr-87	۱/۸۵۳	۲/۴۷۰	Mo-99
۱۴۵۰/۰	۱/۱۵۰	Kr-88	۱/۶۲۰	۲/۱۶۰	Tc-99M
۱۳/۰	۰/۰۱۳	Xe-131M	۱/۰۱۳	۱/۳۵۰	Ru-103
۲۸۶۰/۰	۲/۸۹۰	Xe-133M	۰/۰۵۶	۰/۰۷۴	Sb-127
۶۲/۰	۰/۰۸۲	Xe-133	۱/۹۷۳	۲/۶۳۰	La-140
۷۶۳/۰	۰/۷۶۳	Xe-135	۱/۸۱۵	۲/۱۲۰	Ce-141
۴۷۴/۰	۰/۰۷۴	Xe-135M	۱/۸۰۰	۲/۱۰۰	Ce-143
۲۴۶۰/۰	۲/۴۶۰	Xe-137	۰/۸۶۳	۱/۱۵۰	Ce-144
۲۵۴۰/۰	۲/۵۴۰	Xe-138	۱/۷۵۵	۲/۳۴۰	Pr-143

برای تعیین دوره شبیه‌سازی، با فرض انتشار استرانسیم ۹۰ (به دلیل نیمه عمر بالا) از راکتور پس از وقوع حادثه به مدت ۱ ساعت و با انتخاب روز ۲۰۱۰/۱۱/۱ به عنوان نمونه و انتخاب دیگر پارامترهای لازم اجرایی از مدل به مدت ۷ روز گرفته شد. چون این اجرا برای برآورد طول دوره شبیه‌سازی در نظر گرفته شد، استفاده از یک عنصر کافی بود. بنابراین روزهای ۲۰۱۰/۱۱/۵ و ۲۰۰۹/۵/۲۰۰۸، ۱۵/۷/۲۰۰۷، ۱۹/۱/۹ غلظت را داشتیم انتخاب شدند.

نتیجه گیری

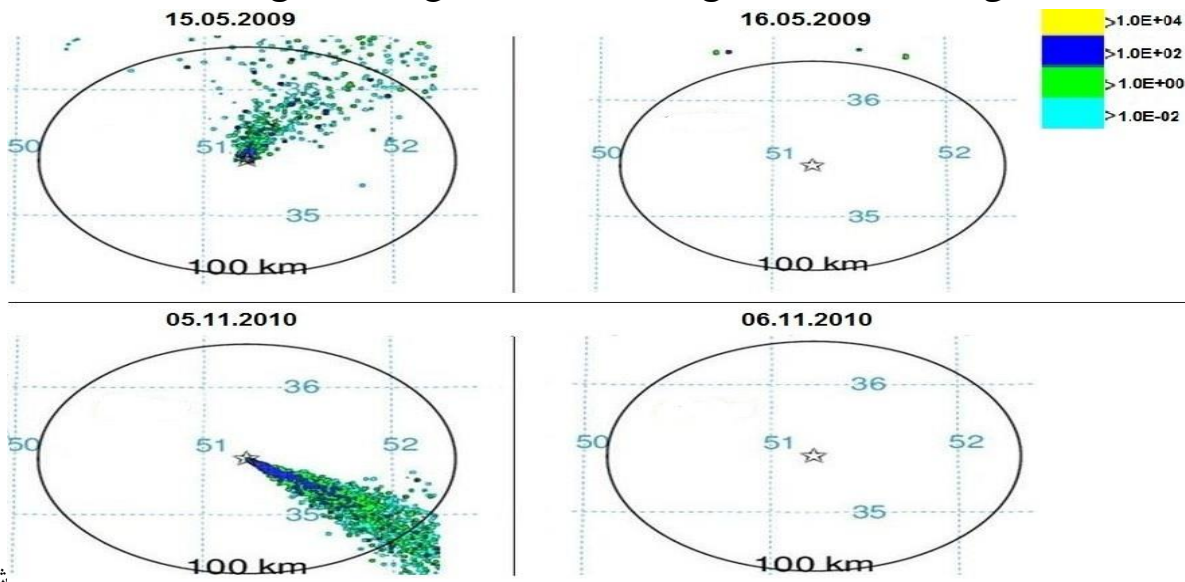
برنامه برای هر یک از چهار روز منتخب با در نظر گرفتن ۴۳ هسته پرتوزا اجرا گردید. شکل‌های ۱ و ۲ بترتیب نحوه توزیع غلظت و چگونگی پراکندگی مواد پرتوزا را تا یک روز پس از حادثه در تاریخ ۲۰۰۷/۱/۹ و ۲۰۰۸/۷/۱۹ و ۲۰۰۹/۵/۱۵ نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل ۱ معلوم است توده پرتوزا از روز دوم به بعد از استان تهران خارج می‌گردد. پس در فصل زمستان در صورت وقوع حادثه به احتمال بسیار زیاد نواحی شرقی استان تهران که شامل شهرهایی مانند دماوند و فیروزکوه می‌باشند تحت تأثیر هسته‌های پرتوزا قرار می‌گیرند و باید اقدامات حفاظتی در این نواحی صورت گیرد.

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل

۱- نحوه توزیع غلظت مواد رادیواکتیو خارج شده از استک در زمان وقوع حادثه در تاریخ ۲۰۰۸/۷/۱۹ و ۲۰۰۷/۱/۹



شکل

۲- نحوه توزیع غلظت مواد رادیواکتیو خارج شده از استک در زمان وقوع حادثه در تاریخ ۲۰۱۰/۱۱/۵ و ۲۰۰۹/۵/۱۵

در تاریخ ۲۰۰۹/۵/۱۵ در روز اول توده پرتوزا در جهت شمال و تا حدودی شمال شرقی و کمی شمال غربی پراکنده شده و در روز دوم توده به صورت تقریباً کامل از ناحیه مورد نظر خارج می گردند. در این دو روز منطقه وسیعی از استان تهران به آلاینده ها آلوده می گردند. ته نشست کل تا فاصله ۱ کیلومتری از راکتور در حدود 5×10^5 بکرل بر مترمربع و در

بیست و دومین کنفرانس هسته‌ای ایران

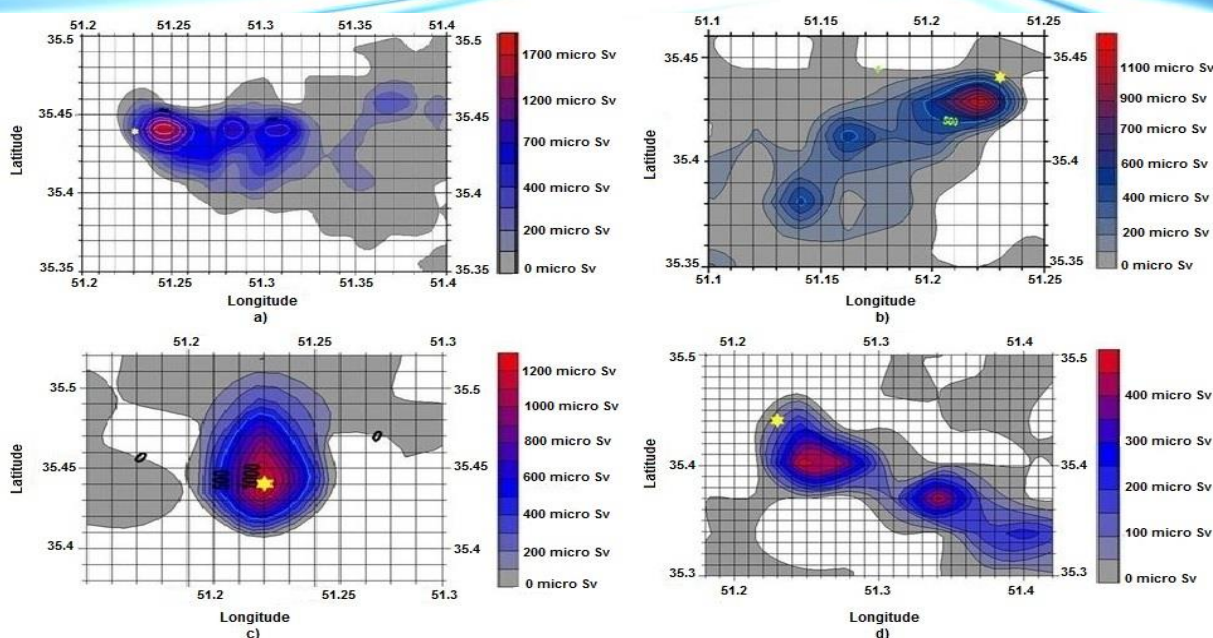
۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

فاصله حدوداً ۵۰ کیلومتری از آن ۲/۸۸ بکرل بر مترمربع می‌باشد. در این حادثه شهرستان شمیرانات تحت تأثیر آلاینده‌ها قرار می‌گیرد. در فصل پائیز (در تاریخ ۲۰۱۰/۱۱/۵) در صورت وقوع حادثه با احتمال زیادی هسته‌های پرتوزا به سمت جنوب شرقی استان تهران حرکت کرده و پس از گذشت یک روز وارد دشت کویر و در حدود بسیار کم سمنان و قم می‌شوند. در مقایسه با سایر روزهایی که در فصول مختلف در بخش‌های قبل مورد بررسی قرار گرفت این روز شرایط مساعدتری را دارا می‌باشد. این برتری به این دلیل می‌باشد که ناحیه جنوب شرقی استان تهران به کویر ختم شده و در مناطق کویری، جمعیت قابل ملاحظه‌ای از مردم زندگی نمی‌کنند. در مورد ته نشست مواد نیز جنوب شرق استان به شدت توسط آلاینده‌ها آلوده می‌گردند. توزیع هسته‌های پرتوزا در سناریوی در نظر گرفته شده در این مطالعه، به شدت به شرایط آب و هوایی حاکم در محل راکتور و همچنین شرایط آب و هوایی منطقه وابسته است.

روش استفاده شده برای محاسبه دز برگرفته از روش پذیرفته شده توسط FGR 12 و ICRP 25 با در نظر گرفتن ضرایب تبدیل دز می‌باشد. دز TEDE سالانه ناشی از شرایط حادثه برای یک دوره ۱ ساله در نظر گرفته شده است. در این محاسبات، پرتوگیری خارجی ناشی از غوطه وری در هوای آلوده، پرتوگیری خارجی ناشی از مواد پرتوزای ته نشست شده بر روی سطح زمین و پرتوگیری ناشی از استنشاق هوای آلوده مورد محاسبه قرار گرفت [7,8]. برای رسم شکل توزیع دز در فاصله حدود ۵۰ کیلومتر اطراف راکتور تهران از نرم افزار Surfer 8 استفاده گردید. نحوه توزیع دز معادل موثر در سناریوی وقوع حادثه در راکتور در بدترین روزها در شکل ۳ آورده شده است. بر طبق شکل ۳a، بیشترین مقدار دز در فاصله ۱ تا ۲ کیلومتری از راکتور و برابر با ۱۷۰۰ میکروسیورت مشاهده می‌شود. این مقدار بیشینه تقریباً سه برابر دز دریافتی در حالت عادی می‌باشد. با توجه به شکل ۳b، بیشترین میزان دز در حدود ۱۱۰۰ میکروسیورت و در جنوب غرب راکتور در فاصله ۱/۵ کیلومتری از آن می‌باشد. در روز ۲۰۰۹/۵/۱۵ هیچ خطری شهرهای پرجمعیت استان تهران که در فواصل نسبتاً دوری از راکتور قرار دارند را تهدید نمی‌کند. بیشترین میزان TEDE در اطراف راکتور در حدود ۱۲۰۰ میکروسیورت می‌باشد. نهایتاً با توجه به شکل ۳d، دزی در حدود ۴۵۰ میکروسیورت را در فاصله ۱۳/۵ کیلومتری از راکتور شاهد می‌باشیم.

بطور کلی پیش بینی واقعی شرایط پس از حادثه، قبل از اتفاق افتادن آن امری غیرواقعی به نظر می‌رسد که این امر به ثابت نبودن شرایط آب و هوایی در روز وقوع حادثه بر می‌گردد. در صورت وقوع حادثه‌ی فرض شده، هر چند میزان دز دریافتی سالانه بیشتر از سناریوی عملکرد عادی می‌باشد، اما باز هم مقادیر دز در حالت حادثه کمتر از حد مجاز دز برای افراد جامعه بدست آمد. تمامی شهرهای پرجمعیت استان تهران در شرایط حادثه در نظر گرفته شده در مطالعه، از نظر پرتوگیری مجاز در حاشیه امنیت می‌باشند.

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل ۳- نحوه توزیع دز معادل موثر در سناریوی وقوع حادثه در روزهای (a) ۲۰۰۷/۱/۹ (b) ۲۰۰۸/۷/۱۹ (c) ۲۰۰۹/۵/۱۵ (d) ۲۰۱۰/۱۱/۵

مراجع

- [1] Anvari, Akbar, Safarzadeh, Laleh, 2012. Assessment of the total effective dose equivalent for accidental release from the Tehran research reactor. *Annals of Nuclear Energy* 50, 251–255.
- [2] Raza, S., Iqbal, M., 2005. Atmospheric dispersion modeling for an accidental release from the Pakistan Research Reactor-1 (PARR-1). *Annals of Nuclear Energy* 32, 1157–1166.
- [3] Arian. M., Bagha. N., Active Tectonics of Tehran Area, Iran, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2012.
- [4] Roland R. Draxler, G.D. Hess, DESCRIPTION OF THE HYSPLIT_4 MODELING SYSTEM, NOAA Technical Memorandum ERL ARL-224, Air Resources Laboratory Silver Spring, Maryland, December 1997, Revised: 2004, January.
- [5] Draxler, R., An Overview of the HYSPLIT Modeling System for Trajectory and Dispersion Applications, Available: <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>
- [6] AEOI, Safety Analysis Report for the Tehran Research Reactor (LEU), Tehran, Iran, 2001.
- [7] International Commission on Radiological Protection. ICRP Report of the task group on reference man. ICRP Publication 23 (Oxford: Pergamon Press) (1975).
- [8] International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-733, The Utilization of Real Time Models as a Decision Aid Following a Large Release of Radionuclides into the Atmosphere, 1994.