



مکان‌یابی ایستگاه‌های اندازه‌گیری یک سامانه‌ی هشدار آبی پرتوی

کمال مصطفی‌نژاد^۱، محمدرضا کاردان^۲، حسین آفریده^۳، میترا اطهری علاف^۱، اسد باباخانی^۲، ایوب

بنوشی^{۲*}

^۱ گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده‌ی مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، تهران، ایران.

^۲ پژوهشکده‌ی ری‌اکتور و ایمنی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، تهران، ایران.

^۳ دانشکده‌ی فیزیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، تهران، ایران.

* تهران، تهران، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده‌ی ری‌اکتور و ایمنی هسته‌ای،

صندوق پستی ۸۳۶ - ۱۴۳۹۵.

چکیده

در این مقاله، مکان‌های بهینه برای نصب ایستگاه‌های اندازه‌گیری یک سامانه‌ی هشدار آبی پرتوی برای ایران تعیین می‌شود. این مکان‌ها با توجه به نیروگاه‌های هسته‌ای داخلی و پیرامونی ایران، الگوی پراکندگی مواد پرتوزای خروجی از این نیروگاه‌ها، و توزیع جمعیتی و اقتصاد کشاورزی نقاط مختلف تعیین می‌شود. به این منظور، از مدل HYSPLIT برای پیش‌بینی الگوی پراکندگی مواد پرتوزا استفاده می‌شود. برای توزیع جمعیتی و اهمیت اقتصادی نقاط مختلف به آمارهای رسمی منتشر شده استناد می‌شود.

کلیدواژه: سامانه‌ی هشدار آبی، مدل HYSPLIT، ایران، پخش مواد پرتوزا.

Emplacement of a radiation early warning system stations

K. Mostafanejad¹, M. R. Kardan², H. Afarideh³, M. Athari¹, A. Babakhani², A. Banoushi^{2*}

¹ Nuclear Engineering Group, Science and Research Branch, Engineering Faculty, Islamic Azad University

² Nuclear Safety and Reactor Research School, Nuclear Science & Technology Research Institute

³ Department of Physics, Amirkabir University of Technology

Abstract. In this paper, optimal locations are set for installing measuring stations for an Iranian early radiation warning system. These locations are determined considering the nuclear power plants in Iran and in its peripheral regions, the pattern of radioactive discharges from these plants, and the demographic distribution and agricultural economy of different locations. For this purpose, the HYSPLIT model is used to predict the pattern of radioactive dispersion. Demographic distribution and economic significance of different area are extracted from official statistics.

Keywords: early warning system, HYSPLIT, distribution of radioactive materials, Iran.



۱- مقدمه

گرچه نیروگاه‌های هسته‌ای از جمله‌ی ایمن‌ترین تأسیسات هستند؛ عواقب وقوع سوانح نیروگاهی می‌تواند بسیار گسترده باشد. در صورتی که یک سانحه‌ی نیروگاهی موجب پخش مواد پرتوزا در فضا شود، شماری از این مواد که نیمه‌عمر واپاشی بالاتری دارند، مانند سزیم -۱۳۷ و ید -۱۳۱، می‌توانند توسط جریان‌های جوی تا صدها کیلومتر دورتر حمل شوند. بدین‌سان، در تدابیری که هر کشور برای مقابله با سوانح هسته‌ای می‌اندیشد باید احتمال وقوع آن‌ها در نیروگاه‌های بیرون از مرزهای خود را هم به حساب آورد.

یکی از مراحل مهم مقابله با سوانح پیش‌بینی و اطلاع به‌موقع از وقوع آن‌هاست. یکی از ابزارهای متداول برای این منظور، تدارک شبکه‌های پایش پرتوی است. از این‌روست، که بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته یا در حال توسعه، شبکه‌های پایشی فراهم کرده‌اند (برای نمونه، مرجع [۱] را بنگرید) و حتا شبکه‌های پایشی فراملی [۲] نیز ساخته شده است.

برای راه‌اندازی چنین شبکه‌ای، مطالعات گسترده‌ای لازم است. هدف از این مطالعات درنهایت تعیین به‌ترین مکان‌ها برای برپایی ایستگاه‌های پایش است. مکان بهینه‌ی ایستگاه‌ها را در درجه‌ی نخست مسیر پراکندگی آلودگی‌های پرتوزا تعیین می‌کند و سپس عواملی از قبیل جمعیت و اهمیت اقتصادی نقاط مختلف. این مقاله گزارش مطالعاتی است که برای تعیین مکان بهینه‌ی ایستگاه‌های اندازه‌گیری یک شبکه‌ی پایش ملی برای کشور ایران انجام شده است.

۲- روش کار

پژوهش انجام‌شده برای تعیین محل ایستگاه‌های پایش در سه مرحله انجام شده است.

- نخست، شناسایی نیروگاه‌هایی که می‌توانند موجب آلودگی فضای ایران شوند.
- دوم، پیش‌بینی مسیر خروجی مواد پرتوزای خروجی از این نیروگاه‌ها در صورت وقوع سانحه در آن‌ها.
- سوم، تعیین اهمیت مناطق مختلف کشور از نظر جمعیتی و اقتصاد کشاورزی.

شناسایی نیروگاه‌ها

نیروگاه‌های هسته‌ای‌یی که به‌القوه برای ایران خطرناک‌اند آن‌هایی هستند که در داخل کشور یا در کشورهای مجاور قرار دارند. این نیروگاه‌ها در جدول ۱ فهرست شده است. این فهرست نیروگاه‌های در حال ساخت را نیز شامل می‌شود.

جدول ۱- نیروگاه‌های واقع در همسایگی ایران [۲۰ تا ۵۰ درجه‌ی عرض شمالی (N) و ۲۵ تا ۷۵ درجه‌ی طول شرقی (E)].

نام نیروگاه	مختصات مکانی	نام نیروگاه	مختصات مکانی
-------------	--------------	-------------	--------------



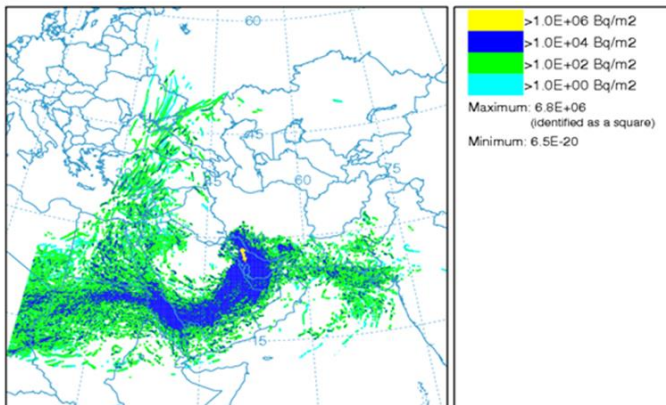
۷۱/۴۷ E و ۳۲/۳۹ N	Chasnupp (پاکستان)	۴۲/۳۷ E و ۴۷/۶۰ N	Rostov (روسیه)
۴۸/۳۸ E و ۳۰/۷۱ N	دارخوین (ایران)	۳۵/۰۹ E و ۴۲/۰۲ N	Sinop (ترکیه)
۵۰/۵۰ E و ۲۸/۸۳ N	بوشهر (ایران)	۴۴/۱۴ E و ۴۰/۱۸ N	Metsamor1 (ارمنستان)
۶۶/۷۹ E و ۲۴/۸۵ N	Kanupp (پاکستان)	۴۴/۱۴ E و ۴۰/۱۸ N	Metsamor2 (ارمنستان)
۵۲/۲۴ E و ۲۳/۹۷ N	Barakah (امارات متحده)	۳۳/۵۵ E و ۳۶/۱۶ N	Akkuyu (ترکیه)

پیش‌بینی مسیر خروج مواد پرتوزا از نیروگاه‌ها

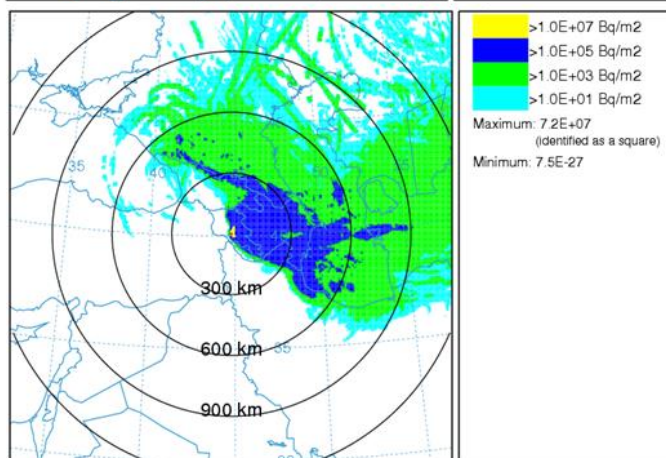
برای تعیین مسیر پراکندگی آلاینده‌های جوی، مدل‌هایی تهیه شده، و در دسترس قرار گرفته است [۳]. از این میان، مدلی به نام HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) هست که برای پرواز بلندبرد ذرات پرتوزا مناسب است. این مدل قادر است با استفاده از داده‌های هواشناسی‌ای نظیر فشار، شدت و جهت باد، دما، و ... الگوی پراکندگی مواد پرتوزای خروجی از یک نیروگاه هسته‌ای سانحه‌دیده را پیش‌بینی کند.

ما از این مدل برای تعیین الگوی پخش مواد پرتوزای ناشی از وقوع سانحه در ده نیروگاه جدول ۱ استفاده کردیم. جزئیات شبیه‌سازی‌ها در جای دیگری گزارش شده است [۴]. برخی از نتایج این شبیه‌سازی‌ها در شکل ۱ آمده است. کمیت موردعلاقه‌ی ما در این شبیه‌سازی‌ها تراکم فعالیت در سطح زمین است که برحسب Bq/m^2 بیان می‌شود.

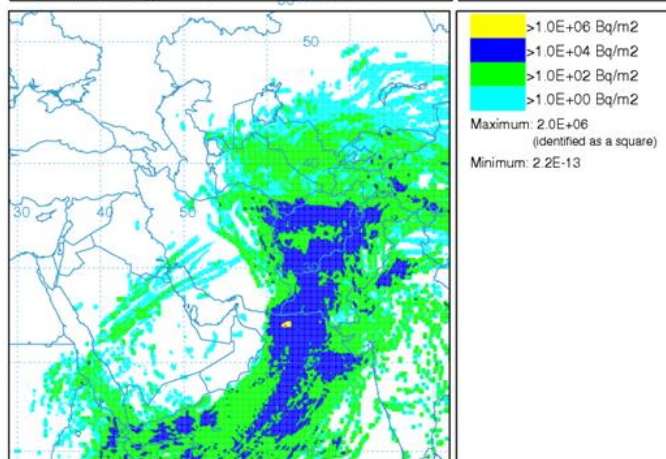
معیار برگزیده‌شده برای تعیین محل ایستگاه‌ها میانگین تراکم فعالیت ناشی از وقوع سانحه در همه‌ی این نیروگاه‌هاست. به عبارت دیگر، احتمال وقوع سانحه در همه‌ی این نیروگاه‌ها برابر، و تنها فاصله و قدرت نیروگاه وجه تمایز بین آن‌ها فرض شد. شکل ۲ میانگین فعالیت رسیده به نقاط مختلف کشور، در صورت وقوع سانحه در این نیروگاه‌هاست، که با فرض گفته‌شده و با استفاده از مدل HYSPLIT به دست آمده است.



نیروگاه بوشهر
(2009: 30 Sep– 22 Jan)

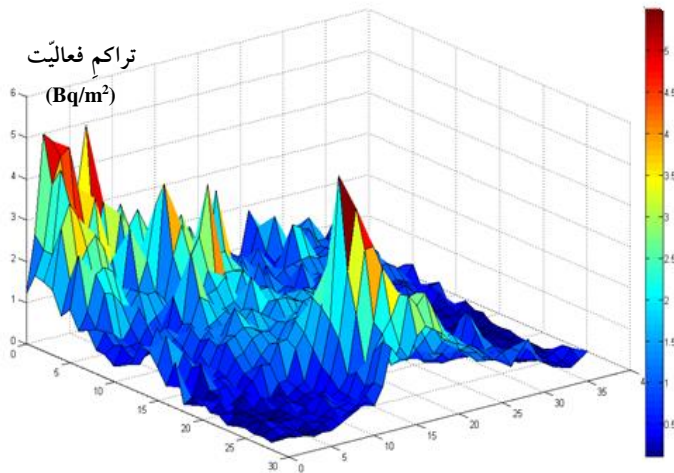


نیروگاه ارمنستان
(2010: 1 Jan– 30 Jan)



نیروگاه‌های پاکستان
(2010: 1 Jan– 30 Jan)

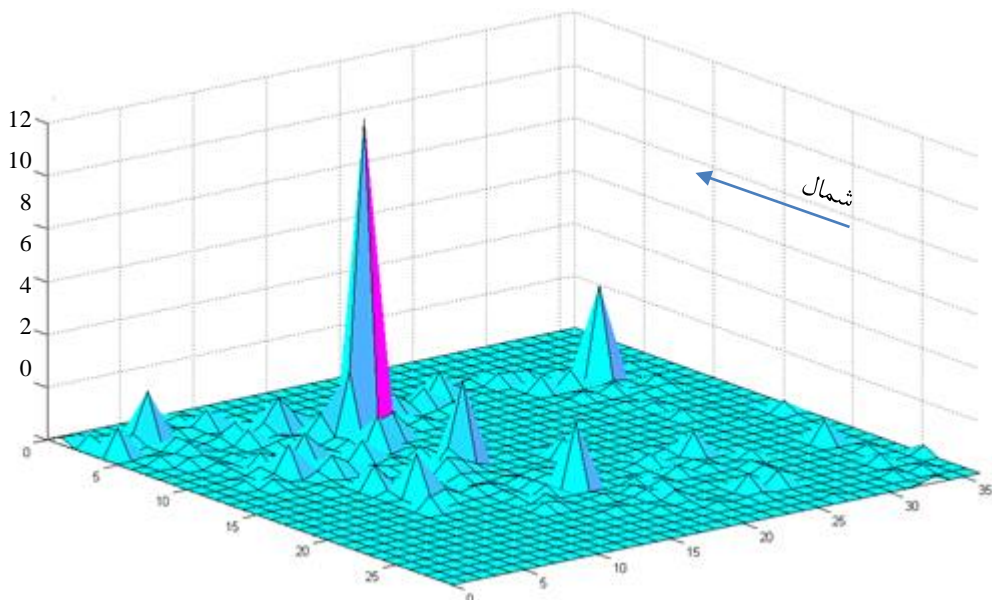
شکل ۱. تراکم سطحی ^{137}Cs ناشی از یک سانحه‌ی نوعی در چند نیروگاه جدول ۱.



شکل ۲. میانگین تراکم مواد پرتوزای ناشی از وقوع سانحه در نیروگاه‌های جدول ۱.

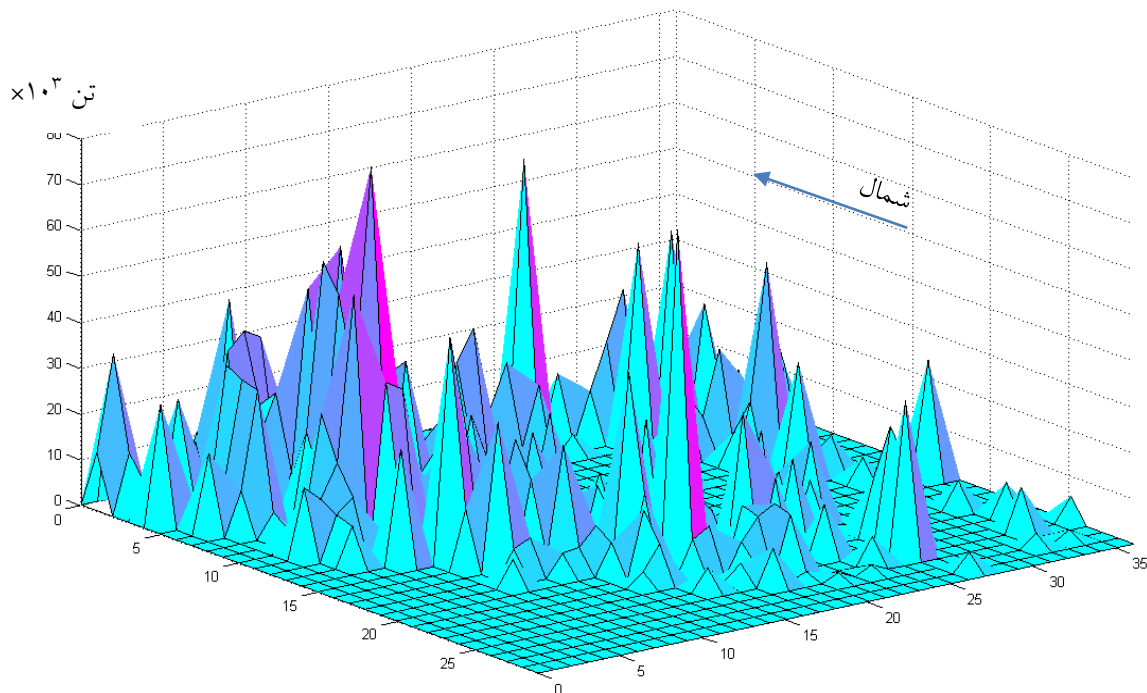
اهمیت جمعیتی و اقتصادی مناطق مختلف

تراکم فعالیت، گرچه مهم‌ترین عامل در تعیین محل ایستگاه‌های یک سامانه‌ی پایش مواد پرتوزا است، تنها عامل به حساب نمی‌آید. دست‌کم دو عامل دیگر نیز در این رابطه اهمیت دارند که عبارت‌اند از پراکندگی جمعیت و اهمیت مناطق از دیدگاه کشاورزی. تصور کنید که احتمال آلودگی مناطق کویر مرکزی ایران که نه مسکونی هستند و نه مناسب برای کشاورزی، بیش‌ترین آلودگی را از وقوع سانحه در نیروگاه‌ها متحمل شوند. حتا در این صورت نیز پایش پرتوی این مناطق نمی‌تواند برای ما اولویت داشته باشد. این اولویت‌بندی از آن جهت مهم است که تعداد ایستگاه‌هایی که می‌تواند برپا شود نامحدود نیست و به‌ویژه بودجه‌ی اختصاص داده‌شده به این پروژه‌ها محدود است.



شکل ۳. پراکندگی جمعیت در هر یک از پیکسل‌ها. این جمعیت بر اساس آمارهای رسمی منتشر شده توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵ ه. تهیه شده است [۵].

شکل‌های ۳ و ۴، به ترتیب، پراکندگی جمعیتی ایران و اهمیت اقتصادی مناطق مختلف را که بر اساس آمارهای رسمی به دست آمده است نشان می‌دهند.



شکل ۴. مقدار محصولات زراعی برداشت شده از هر پیکسل در سال ۱۳۸۵ بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی [۶].

تعیین محل ایستگاه‌ها

در این پژوهش، محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری یک سامانه‌ی پایش پرتوی بر اساس اطلاعات شکل‌های ۲ و ۳ تعیین شد. برای به حساب آوردن اثر سه عامل تراکم آلودگی محتمل، جمعیت، و اقتصاد کشاورزی؛ از آنجا که اهمیت آن‌ها یکسان نیست، به ترتیب، ضرایب وزنی‌ای برابر با $1/2$ ، 1 ، و $0/8$ در نظر گرفته شد. تعداد ایستگاه‌ها با توجه به بودجه‌ی موجود ۶۰ عدد در نظر گرفته شد. با این اوصاف، ۶۰ مکان بهینه برای نصب ایستگاه‌ها به دست آمد که در شکل ۴ نشان داده شده‌اند.

اطلاعات شکل ۴ برای تعیین محل ایستگاه‌های سامانه‌ی هشدار آبی‌ای که هم‌اکنون در کشور فعال است به کار گرفته شده است.

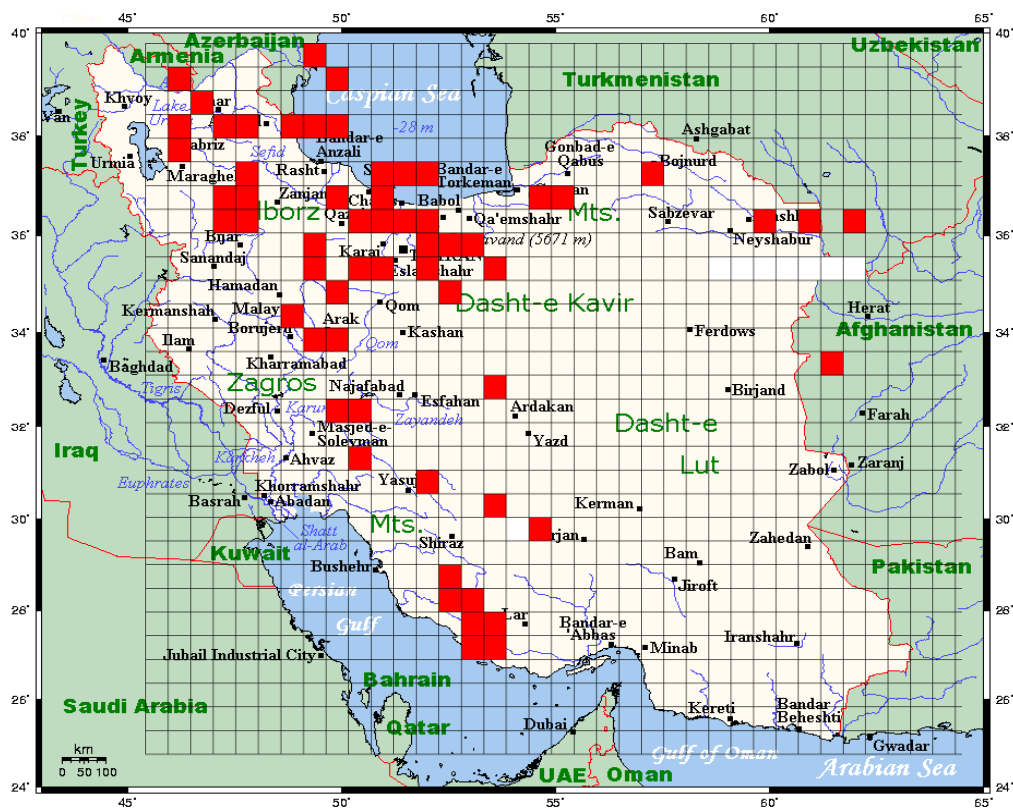
۳- نتیجه‌گیری

محدودیت‌های اقتصادی باعث می‌شود که نتوان ایستگاه‌های یک سامانه‌ی پایش آلودگی‌های پرتوزا را با توزیع مکانی یکنواخت در سراسر کشور برپا کرد. بدین‌سان، لازم است که محل ایستگاه‌ها با توجه به عواملی



منطقی تعیین شود. تراکم فعالیت، جمعیت، و اقتصاد کشاورزی سه عامل اصلی برای تعیین محل ایستگاه‌ها به حساب می‌آید.

در این پژوهش، یا استفاده از مدل HYSPLIT، محل‌های بهینه‌ی ۶۰ ایستگاه اندازه‌گیری تابش برای پایش آلودگی‌های هوا برد ناشی از وقوع سانحه در ده نیروگاه محدوده‌ی کشور ایران تعیین شد. بیش‌ترین ایستگاه‌ها باید در مناطق شمال غرب ایران؛ که از جمعیت بالایی دارند، حاصل‌خیزند، و از نیروگاه ارنستان اثر می‌پذیرند؛ نصب شوند.



شکل ۵ - محل بهینه‌ی استقرار ایستگاه‌های پایش آبی مواد پرتوزا. بهینه‌سازی باتوجه به سه عامل تراکم فعالیت، جمعیت و اقتصاد کشاورزی انجام شده است.

مراجع

- [1] Charles P. Deurwaarder, Klaas Hoozeboom, and Siebren T. Van Tuinen, The national radioactivity monitoring network of the Netherlands, NUKLEONIKA, 46(4): 131-135, 2001.
- [2] Devell L., and Lauritzan B., Radiological emergency monitoring systems in the Nordic and Baltic sea countries, NKS-28, Danka Services International, DSI, 2001.
- [3] National Institute of Water and Atmospheric Research, Aurora Pacific Limited and Earth Tech Incorporated for the Ministry for the Environment, Good practice guide for atmospheric dispersion modeling, Wellington, N.Z. ministry for the Environment, 2004.



- [۴] کمال مصطفی‌نژاد، محمدرضا کاردان، حسین آفریده، میترا اطهری علاف، اسد باباخانی، و ایوب بنوشی، الگوهای پراکندگی مواد پرتوزای رهاشده در اثر وقوع سوانح در نیروگاه‌های هسته‌ای اطراف ایران، مجله‌ی سنجش و ایمنی پرتو، آماده‌ی چاپ.
- [۵] مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵، دفتر اطلاع‌رسانی و پایگاه اطلاعات آماری، ۱۳۸۷.
- [۶] مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی کل کشور، روابط عمومی و هم‌کاری‌های بین‌المللی مرکز آمار ایران، تهران - ایران، ۱۳۹۳.