



مدلسازی پخش جوئی در نیروگاه هسته‌ای بوشهر

مسعود فیضی نژاد^{۱*}، سیروس خاموشی^۲

۱- نیروگاه هسته‌ای بوشهر، دفتر مطالعات محیطی، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۱۱۱-۷۵۱۸۱، بوشهر - ایران

۲- شرکت فنی مهندسی ساخت ایران، صندوق پستی: ۳۴۵۵-۱۵۸۷۵، تهران - ایران

چکیده: مدل کامپیوتری "ADIM1.0" بر پایه توزیع گوسی، برای توصیف فرایندهای پخش جوئی، جابجایی آلاینده‌های رادیوآکتیو گازی و ذرات معلق در هوا برای نیروگاه هسته‌ای بوشهر طراحی و آماده‌سازی شده است. با این بسته نرم‌افزاری می‌توان غلظت و نرخ نهشت آلودگی‌های رها شده از دودکش واحد یکم نیروگاه را در حالت عادی کار آن و متناسب با شرایط جوئی، در نواحی مختلف محوطه نیروگاه حساب کرد. همچنین با داشتن داده‌های محیطی می‌توان با این نرم‌افزار، میزان انتقال رادیونوکلئیدها و مسیر آنها را در محیطهای گوناگون توأم با دُز مؤثر فردی و گروهی حساب و تعیین کرد. اعتبار کُد در برآورد الگوی اعتبار کد در برآورد الگوی پخش برای واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر توسط کارشناسان آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در مقایسه با کدهای دیگر آژانس که برای این اهداف تهیه شده مورد تأیید واقع گردیده است.

واژه‌های کلیدی: توابع گوسی، نیروگاههای هسته‌ای، بوشهر، برنامه نویسی، شبیه‌سازی کامپیوتری، دُزها، شبیه‌سازی، پخش جوئی

Atmospheric Dispersion Modeling in Bushehr Nuclear Power Plants

M. Feyzinezhad^{*1}, C. Khamooshy²

1- Environmental Researches of BNPP, AEO I, P.O. Box: 75181-111, Bushehr- Iran

2- Sakht Iran Engineering and Technical Co., P.O. Box: 15875-3455, Tehran-Iran

Abstract: A computer model, "ADIM 1.0" based on Gaussian distribution has been developed for description of atmospheric dispersion processes and diffusion of gaseous radioactive airborne pollutants of Bushehr Nuclear Power Plant. The code is capable of computing the concentration and deposition rate of airborne pollutants around the plant site, released from BNPP-1 stack during the normal operation and under different meteorological conditions. On the other hand, code is capable to determine the location for the maximum concentration value, and change evaluation in different states, for example: dry and wet deposition or inversion conditions. By the use of environmental data the code is also capable of computing the transfer of radionuclides through different media and pathways and provides assessment of individual and collective effective dose. The validity of this code was assessed and compared by the IAEA expert group and were found to be in excellent agreement with other codes developed for IAEA.

Keywords: Gaussian functions, nuclear power plants, Bushehr, programming, computerized simulation, doses, simulation, atmospheric dispersion

* e-mail: masoudfeizi@yahoo.com

۱- مقدمه

است که اولی براساس تابع انتقال گرادینانی مشتق از معادله تلاطم جرمی در یک جزء حجمی و دومی مبنی بر تئوری آماری تلاطم است که هر دو نتایج یکسانی را بدست می‌دهند. این تئوریها به تفصیل در کارهای Hanna-1982 و Slade-1968 و Pasquill-Gifford-1983 شرح داده شده‌اند [۱].

چون پخش پیچکی هر فرایند تلاطمی است، تئوری آماری تلاطم را می‌توان در پخش تلاطمی بکار برد. در این حالت فرایند تلاطمی را می‌توان بوسیله یک تابع توزیع گوسی، که دارای ویژگیهای آماری معینی است، توصیف کرد. با توجه به مطالب فوق، غلظت را می‌توان به صورت تابع زیر عرضه کرد.

$$\bar{C}(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} \exp\left[-0.5\left(\frac{(y-\bar{y})^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-\bar{z})^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \quad (1)$$

از طرف دیگر چنانکه می‌دانیم پخش یک ستون دود در اطراف محور مرکزی آن صورت می‌گیرد، بنابراین می‌توان نوشت $\bar{y}=0$ و $\bar{z}=H$ که در آن H ارتفاع مؤثر چشمه است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{C}(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} \exp\left[-0.5\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \quad (2)$$

با توجه به اینکه بیشتر چشمه های آلودگی در نزدیکی سطح زمین قرار دارند می‌توان گفت که در اکثر الگوهای پایداری جوی ستون دود رها شده از چشمه به سطح زمین می‌رسد و این حالت باعث محدودیت پخش در سطح زمین خواهد شد. در حالت ایده‌آل، سطح زمین به عنوان یک سطح باز تابنده باعث بازگشت ستون دود به جو و افزایش غلظت در مجاورت سطح زمین می‌شود و این حالت با الگوی مدل گوسی که کاهش غلظت در لبه‌های ستون دود را پیش‌بینی می‌کند مغایرت دارد؛ برای رفع این مشکل فرض می‌شود که حالت انعکاس ستون دود از سطح زمین از یک چشمه مجازی که قرینه چشمه واقعی نسبت به سطح زمین است ناشی می‌شود با این تصحیح مدل پخش به صورت زیر درخواهد آمد [۲ و ۳] (شکل ۱).

$$\bar{C}(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} \exp\left[-0.5\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \left\{ \exp\left[-0.5\left(\frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2} + \frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \right\} \quad (3)$$

مدل گوسی پخش مواد آلاینده جوی، به عنوان مطمئن‌ترین و کاراترین روش در مطالعه روند پخش مواد از چشمه‌های گوناگون آلودگی با ابعاد فیزیکی مختلف مانند: چشمه‌های نقطه‌ای، خطی، سطحی و حجمی مطرح است. بدین سبب در اکثر مطالعات اولیه یا تفصیلی درباره نصب و تأسیس صنایعی که به نوعی با رهاسازی دراز مدت مواد آلاینده در جو برای کاهش آن روبرو هستند، به صورت یک روش علمی- عملی در ارزیابی های زیست محیطی به کار می‌رود. مزیت مدل گوسی، قابلیت انعطاف پذیری آن در عمل می‌باشد، بطوریکه باعث شده است این مدل در اکثر مطالعات زیست محیطی در نواحی صنعتی و نیروگاهی به کار رود. هرچند مدل‌های عددی اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، اما به علت پیچیده بودن و گران بودن این مدلها و اختلاف اندک دقت آنها با مدل گوسی، در بیشتر موارد ترجیح داده می‌شود از مدل پخش گوسی استفاده شود. در مطالعات محیطی نیروگاه هسته‌ای بوشهر نیز این مدل ضمن بسطدادگی برای برآورد الگوی پخش سالیانه و در نهایت محاسبات دُز سالیانه فردی و جمعی، مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور سه کد کامپیوتری به نامهای ADIM1.0 و ADIM2.0 و ADIM3.0 به ترتیب جهت بررسی الگوی پخش مواد و محاسبات دُز با روش غربالگری در شرایط کاری و عملیاتی عادی نیروگاه طراحی شده است. در این نوشتار کد ADIM1.0 مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مدل گوسی پخش

مدلهای پخش بر اصول زیراستوارند:

- هر مدل پخش به طور مستقیم متناسب با مقدار مواد رها شده از چشمه است.
- هر مدل پخش بطور معکوس متناسب با سرعت باد در محل چشمه است.
- شامل تابعی است که نشان‌دهنده درجه آمیختگی متناسب با شدت تلاطم در محیط می‌باشد.

بدیهی است که با هیچ مدل فیزیکی نمی‌توان به طور کامل فرایند پخش تلاطمی در جو را بدست آورد. به همین جهت دو نظریه اساسی درباره پخش پیچکی از مدل گوسی ارائه شده



که در آن: (N, NNE, NE, \dots, NNW) انجام می گیرد. چون الگوی پخش جوئی برای کل ۱۶ جهت بدست می آید، بنابراین، با در نظر گرفتن فراوانی جهت و سرعت باد برای هر منطقه معادله نهایی پخش در دراز مدت به صورت زیر خواهد بود [۴ تا ۷]:

$$\bar{C}_{LT}(x, i, j) = r \cdot Q \sum_k \frac{f(i, j, k)}{u(k)} \sum_{n=-1}^{n=+1} \exp\left(-\frac{(H_i + 2nL_i)^2}{2\sigma_{z_i}^2}\right) \quad (4)$$

$$r = \frac{0.16}{\sqrt{2\pi^3 \sigma_{z_i}^2 x}} \quad \text{که،}$$

و $C_{LT}(x, i, j)$ = غلظت آلاینده‌ها در دراز مدت در سطح زمین در طبقه پایداری i و منطقه j ، در فاصله x از چشمه برحسب kg/m^3 ، و یا Bq/m^3

Q = مقدار آلاینده رها شده از چشمه برحسب kg/s یا Bq/s

x = فاصله باد سو از چشمه برحسب (m)

σ_{z_i} = ضریب پخش ستون دود در راستای قائم در طبقه

پایداری i بر حسب (m)

$\frac{f(i, j, k)}{u(k)}$ = فاکتور جوئی در طبقه پایداری i و منطقه j و

ردیف سرعت k بر حسب مقدار درصد

H_i = ارتفاع مؤثر چشمه در طبقه پایداری i بر حسب (m)

L_i = ارتفاع لایه آمیختگی یا ارتفاع قاعده وارونگی در طبقه

پایداری i بر حسب (m)

و در نهایت، معادله ضریب پخش با واحد $\frac{s}{m^3}$ در دراز مدت به

صورت زیر خواهد بود:

$$DF(x, i, j) = r \cdot \sum_k \frac{f(i, j, k)}{u(k)} \sum_{n=-1}^{n=+1} \exp\left(-\frac{(H_i + 2nL_i)^2}{2\sigma_{z_i}^2}\right) \quad (5)$$

این معادله اساس کد ADIM1.0 را تشکیل می دهد و با این کد می توان کلیه پارامترهای معادله را ارزیابی کرد و اقلام زیادی را برای ارزیابی های گوناگون در اختیار کاربر قرار داد. در ادامه مشخصات هواشناسی نیروگاه بوشهر و پارامترهای مربوط به طراحی دودکش واحد یکم این نیروگاه برای پخش رادیونوکلیدها در جو که مورد نیاز این کد می باشد بیان شده است.

$\bar{C}(x, y, z)$ = غلظت آلاینده در نقطه ای به مختصات (x, y, z)

برحسب kg/m^3 یا Bq/m^3

Q = نرخ رهاسازی آلاینده از چشمه آلودگی برحسب kg/s یا

Bq/s

$\sigma_{y,z}$ = ضرایب پخش ستون دود در جهات افقی و عمودی

برحسب (m)

\bar{u} = سرعت میانگین باد در محل رهاسازی آلاینده برحسب

(m/s)

y = فاصله جانبی نقطه نمونه برداری از محور مرکزی ستون دود

برحسب (m)

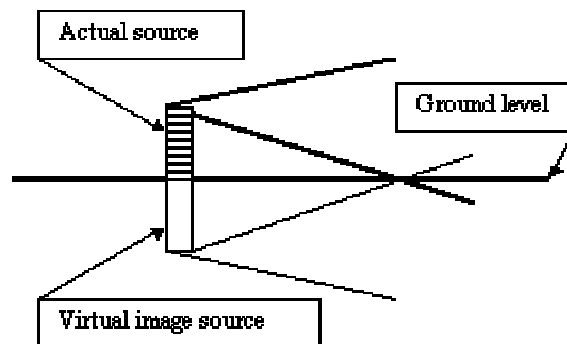
z = فاصله نقطه نمونه برداری از محور مرکزی ستون دود برحسب

(m)

H = ارتفاع فیزیکی دودکش برحسب (m)

۳- الگوی پخش در دوره دراز مدت

با توجه به اینکه رهاسازی مواد آلاینده در جو از واحدهای صنعتی بطور پیوسته و در دوره دراز مدت صورت می گیرد بنابراین، مسأله برآورد الگوی پخش و محاسبه غلظت عناصر آلاینده بسیار مهم است؛ از طرفی پخش دراز مدت در واقع پخش در تمام جهات جغرافیایی برای دوره ای طولانی، مثلاً فصلی، سالیانه و غیره صورت می گیرد؛ بنابراین، در محاسبات پخش دراز مدت از داده های آماری «گلباد» که شامل فراوانی، جهت و سرعت باد در رده های مختلف پایداری جوئی است استفاده می شود و معمولاً محاسبات در ۱۶ جهت و به صورت



شکل ۱- برخورد ستون دود با سطح زمین و تصور چشمه مجازی

جدول ۱- پارامترهای فیزیکی دودکش واحد یکم نیروگاه

واحد	مقدار	علامت	پارامترهای دودکش
m	۱۰۰	h	ارتفاع
m	۴	d_s	قطر خارجی
m	۳،۴۵	d_e	قطر داخلی
m/s	۶،۳۵	w	سرعت خروجی گاز
K	۳۰۰	T_s	دمای خروجی گاز
K	۳۰۰	T_a	دمای محیط در ارتفاع رها سازی
Cal/s	۰	Q	گرمای خروجی

جدول ۲ نتایج مربوط به فراوانی جهت وزش باد در پایداریهای مختلف جوی و شکل ۲ نمودار توزیع جهت‌های میدان باد را نشان می‌دهد. بطوریکه مشاهده می‌شود، توزیع جهت وزش باد در منطقه، گرایش به جهت‌های شمال (N)، شمال غربی (NW) و به شمال از شمال غربی (NNW) دارد و با الگوی کلی میدان باد در بوشهر، که به آن اشاره شد تطبیق می‌کند. جدولهای ۲ و ۳ مشتمل بر محاسبات فاکتور جوی مورد نیاز در محاسبات پخش است که در معادله ۵ اشاره شده است، نمودار این محاسبات در شکل ۳ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که توزیع جهت میدان باد مربوط به جهت‌های N - NNW و NW است و مؤید صحیح بودن محاسبات انجام شده به وسیله کُد مورد نظر می‌باشد. لازم به ذکر است که در شکل‌های ۲ و ۳، یک توزیع ثانویه مربوط به جهت‌های جنوبی منطقه نیز وجود دارد و ایجاد گردشهای محلی میدان باد را که در واقع همان نسیم دریا - خشکی است، نشان می‌دهد و محاسبه سرعت و فراوانی باد در جهات و در الگوهای پایداری مختلف، این مطلب را تأیید می‌کند.

دومین پارامتر جوی مهم در محاسبات پخش، برآورد ارتفاع لایه آمیخته در طبقه‌های پایداری مختلف است. این مقادیر با توجه به داده‌های حاصله از منابع مطالعاتی در جدول ۴ مندرج است.

۴- اجرای مدل در برآورد الگوی پخش جوی واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر

ویژگیهای مورد نیاز برای اجرای مدل به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- پارامترهای فیزیکی دودکش واحد یکم نیروگاه
- مشخصات اقلیمی و هواشناسی محل نیروگاه
- انتخاب فاصله‌ها برای محاسبه ضریب پخش

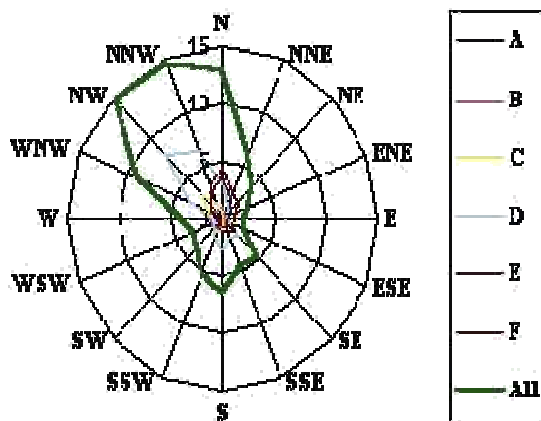
۴-۱ پارامترهای فیزیکی دودکش واحد یکم نیروگاه

واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر دارای یک دودکش به ارتفاع ۱۰۰ متر برای رهاسازی رادیونوکلیدها به جو است. پارامترهای این دودکش در جدول ۱ مندرج است.

۴-۲ مشخصات اقلیمی و هواشناسی محل نیروگاه (سایت)

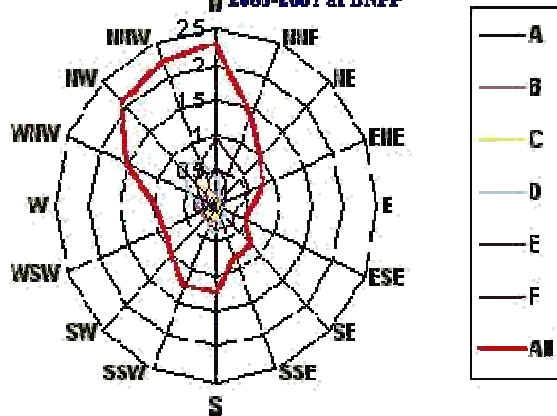
سایت بوشهر در ردیف سایتهای ساحلی بوده و از لحاظ شرایط پایداری جوی در گروه مناطق خنثی محسوب می‌شود؛ به عبارت دیگر در طبقه D از طبقه‌های پایداری جوی پاسکویل-گیفورد (Pasquill-Gifford) قرار می‌گیرد. ویژگی مهم نواحی ساحلی وجود سیستم‌های نسیم دریا - خشکی است که باعث ایجاد گردشهای محلی میدان باد در منطقه می‌شود. با این توضیح، دو رژیم اصلی میدان باد ممکن است الگوی پخش مواد را در منطقه تحت تأثیر قرار دهد: ۱- رژیم سالیانه باد در بوشهر و نیروگاه آن که مربوط به شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه بوده و رژیم باد شمال غربی دارد که با افزایش ارتفاع از سطح زمین به باد معرف شمال در منطقه تبدیل می‌شود. ۲- وجود گردشهای محلی میدان باد که مربوط به سیستم نسیم دریا - خشکی بوده و کمابیش در طول سال قابل مشاهده است. داده‌های هواشناسی مورد نیاز در تهیه گلباد سالیانه ارتفاع دودکش (۱۰۰ متر) در سایت بوشهر، از اطلاعات ایستگاه هواشناسی سایت استخراج و تهیه شده است. دکل نیروگاه دارای ارتفاع ۱۰۰ متر است و پارامترهای جوی، از جمله دما، سرعت و جهت باد را در چهار تراز ۱۰، ۴۵، ۸۰ و ۱۰۰ متری اندازه‌گیری کرده و در آرایشهای متنی قابل پردازش ذخیره می‌نماید. داده‌های آماری جمع‌آوری شده برای تهیه گلباد در دوره ۲۰۰۱-۲۰۰۲ میلادی ثبت و پردازش شده‌اند.

Annual joint frequency distribution (%) of wind direction at stability classes for 2000-2001 at BNPP



شکل ۲- نمودار توزیع سالیانه فراوانی میدان باد در جهت‌های مختلف (%) و در طبقه‌های پایداری مختلف

Annual distribution of weather factor (%) ($wf=Du$) at each stability class and wind direction at release height for 2000-2001 at BNPP



شکل ۳- نمودار توزیع سالیانه فاکتور جوی (%) در جهت‌ها و طبقه‌های پایداری مختلف

جدول ۳- مقادیر ارتفاع لایه آمیخته در طبقه‌های پایداری مختلف

مقادیر ارتفاع لایه آمیخته	طبقه پایداری
۱۶۰۰ متر	A
۱۰۰۰ متر	B
۷۰۰ متر	C
۵۰۰ متر	D
۳۰۰ متر	E
۲۰۰ متر	F

جدول ۲- توزیع سالیانه مقدار درصد فراوانی میدان باد در جهت‌ها و طبقه‌های پایداری مختلف

Direction	A	B	C	D	E	F	All
N	0.2	0.85	0.55	3.14	3.77	4.42	12.93
NNE	0.06	0.36	0.23	1.23	1.93	2.47	6.28
NE	0.06	0.1	0.09	0.71	0.93	2.03	3.92
ENE	0.04	0.1	0.04	0.38	0.55	1.52	2.63
E	0.02	0.12	0.04	0.42	0.47	1.04	2.11
ESE	0.05	0.09	0.08	0.68	0.36	0.96	2.22
SE	0.07	0.17	0.09	2	0.72	1.5	4.55
SSE	0.06	0.34	0.25	1.83	0.8	1.29	4.57
S	0.07	0.82	1.02	2.86	0.7	1.08	5.53
SSW	0.11	0.93	1.28	1.83	0.38	0.69	5.22
SW	0.09	1.02	1.02	0.86	0.19	0.45	3.63
WSW	0.04	0.98	0.67	0.66	0.28	0.49	3.12
W	0.04	1.28	0.89	1.03	0.51	0.41	4.16
WNW	0.09	1.09	1.72	3.71	1.28	0.92	8.81
NW	0.11	0.83	2.66	7.87	1.71	1.5	14.68
NNW	0.09	0.85	1.46	6.48	2.61	3.18	14.67

جدول ۳- توزیع سالیانه فاکتور جوی (%) در جهت‌ها و طبقه‌های پایداری در ارتفاع رهاسازی

Direction	A	B	C	D	E	F	All
N	0.0743	0.204	0.0942	0.401	0.543	0.967	2.2835
NNE	0.0341	0.088	0.0444	0.173	0.379	0.684	1.4025
NE	0.0316	0.0295	0.0163	0.0939	0.181	0.636	0.9883
ENE	0.0208	0.0322	0.00675	0.0509	0.124	0.551	0.78565
E	0.01	0.0377	0.016	0.0661	0.0797	0.359	0.5685
ESE	0.0143	0.0269	0.0156	0.0704	0.0674	0.291	0.4856
SE	0.0261	0.0497	0.028	0.188	0.091	0.382	0.7648
SSE	0.04	0.0934	0.043	0.196	0.0959	0.339	0.8073
S	0.0264	0.215	0.183	0.375	0.111	0.32	1.2304
SSW	0.039	0.247	0.244	0.341	0.0833	0.286	1.2403
SW	0.0435	0.264	0.194	0.172	0.0642	0.218	0.9557
WSW	0.016	0.255	0.132	0.135	0.08	0.226	0.844
W	0.0142	0.329	0.176	0.166	0.0851	0.161	0.9313
WNW	0.0383	0.274	0.282	0.434	0.163	0.288	1.4793
NW	0.0385	0.2	0.409	0.793	0.207	0.404	2.0515
NNW	0.0381	0.211	0.228	0.692	0.368	0.661	2.1981

جدول ۵ مندرج است. به طوری که در جدول مشخص است، بیشترین مقدار پخش در ستون SE با مقدار $6.80E-08$ بوده و در فاصله ۱۰۵۴ متری از چشمه بوده است که از الگوی جهت میدان باد پیش گفته پیروی می‌کنند. اثر مربوط به سیستم نسیم دریا - خشکی در ستون NNE و با مقدار $5.46E-08$ نمایان است، این بیشینه در فاصله ۷۸۸ متری از دودکش حاصل شده است. برای تحلیل و بررسی بهتر، به وسیله کُد می‌توان یک فایل برای ترسیم کنتوری الگوی پخش ایجاد کرد و کاربر با فراخوانی این فایل در نرم افزار *surfer*، قادر خواهد بود الگوی کنتوری پخش در منطقه را مشاهده کند. در مورد سایت بوشهر، الگوی کنتوری با توجه به داده‌های موجود تا شعاع ۱۰ کیلومتری ترسیم و در شکل ۴ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود بیشترین مسیر پخش دود در جهت وزش باد در منطقه و در نواحی SE - SSE و S می‌باشد. در این شکل الگوی مربوط به سیستم نسیم دریا - خشکی نیز به خوبی قابل مشاهده بوده و پخش در نواحی NNE و NE و N را نشان می‌دهد.

۳-۴ انتخاب فواصل برای محاسبه فاکتور پخش

انتخاب فواصل برای انجام محاسبات به وسیله کُد به دو صورت امکانپذیر است:

الف- فواصل بطور خودکار در مقیاس لگاریتمی به وسیله کُد معین شوند. این روش برای یافتن بیشینه مقدار پخش و فاصله آن از چشمه مناسب است.

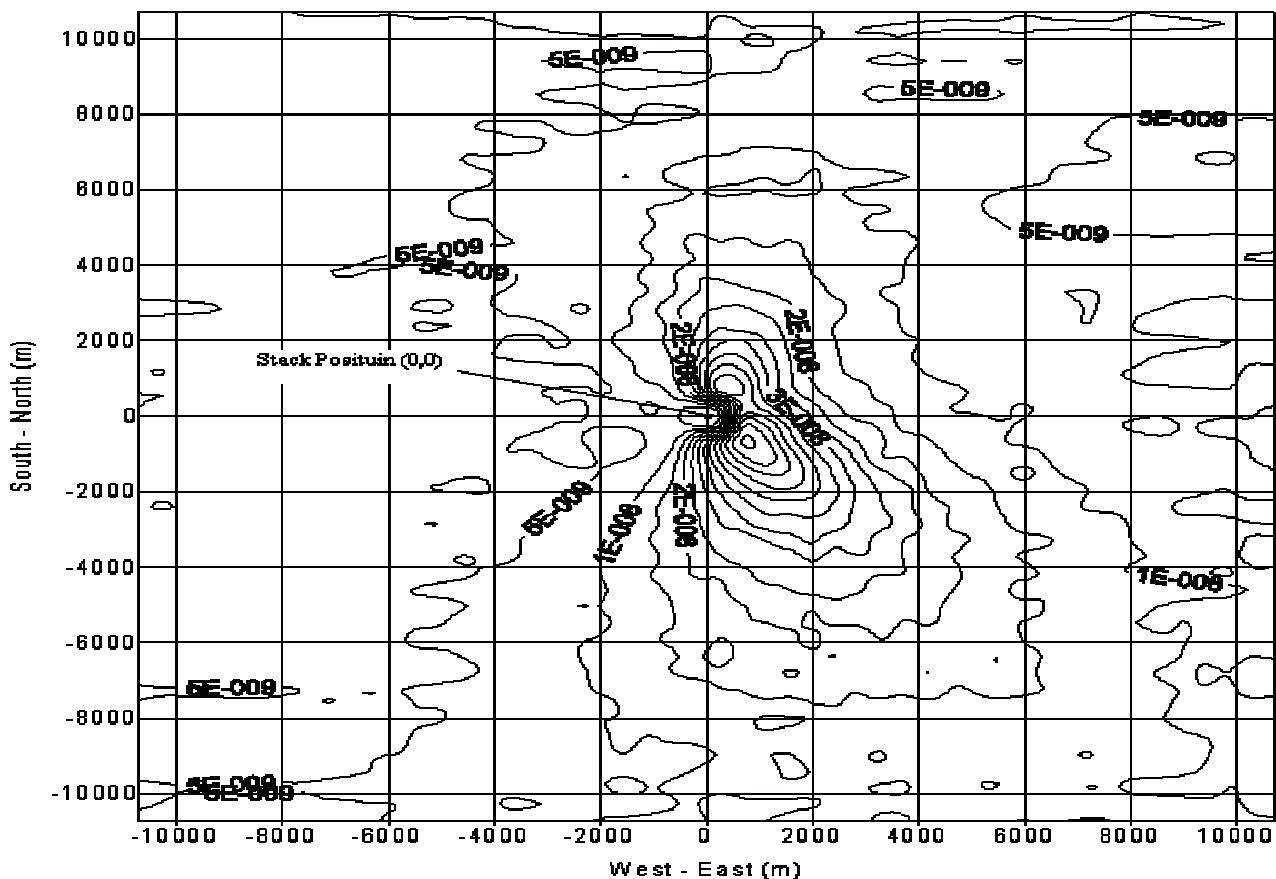
ب- فواصل به صورت دستی و دلخواه و با توجه به محل نمونه‌برداری‌های احتمالی توسط کاربر به هنگام اجرای کُد تعیین شوند.

در تهیه الگوی پخش برای واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر و مکان یابی بیشینه پخش، از حالت الف استفاده شده است.

۵- محاسبه فاکتور پخش و الگوی سالیانه پخش جوئی واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر

با توجه به داده‌های گردآوری شده مربوط به گلباد منطقه و همچنین پارامترهای مربوط به دودکش واحد یکم نیروگاه، فاکتور پخش در منطقه تا شعاع ۱۰ کیلومتری محاسبه شده و در

The Geographical distribution of X/Q (s/m³) within 10km of stack-1 at BNPP



شکل ۴- الگوی سالیانه فاکتور پخش تا شعاع ۱۰ کیلومتری واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر



جدول ۵- محاسبات فاکتور پخش (s/m^3) تا شعاع ۱۰ کیلومتری واحد یکم نیروگاه هسته‌ای بوشهر

X(m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
104	2.21E-15	3.27E-15	3.65E-15	1.34E-15	1.19E-15	3.21E-15	3.22E-15	3.20E-15
138	3.78E-12	5.58E-12	6.22E-12	2.29E-12	2.03E-12	5.48E-12	5.50E-12	5.46E-12
185	2.25E-10	3.32E-10	3.70E-10	1.37E-10	1.22E-10	3.27E-10	3.28E-10	3.25E-10
247	1.90E-09	2.72E-09	3.02E-09	1.30E-09	1.27E-09	2.71E-09	2.63E-09	2.62E-09
330	8.25E-09	1.08E-08	1.17E-08	7.48E-09	8.71E-09	1.12E-08	9.78E-09	9.92E-09
441	2.24E-08	2.75E-08	2.93E-08	2.31E-08	2.87E-08	2.97E-08	2.49E-08	2.46E-08
590	3.76E-08	4.56E-08	4.67E-08	3.89E-08	4.95E-08	5.02E-08	4.56E-08	4.06E-08
788	4.48E-08	5.46E-08	5.32E-08	4.42E-08	5.68E-08	6.10E-08	6.19E-08	4.99E-08
1054	4.39E-08	5.29E-08	4.86E-08	3.97E-08	5.12E-08	5.99E-08	6.80E-08	5.20E-08
1408	3.90E-08	4.56E-08	3.90E-08	3.14E-08	4.05E-08	5.26E-08	6.62E-08	5.05E-08
1882	3.30E-08	3.69E-08	2.93E-08	2.34E-08	3.01E-08	4.35E-08	5.98E-08	4.69E-08
2515	2.68E-08	2.87E-08	2.13E-08	1.70E-08	2.17E-08	3.47E-08	5.06E-08	4.14E-08
3361	2.09E-08	2.16E-08	1.51E-08	1.22E-08	1.54E-08	2.67E-08	4.05E-08	3.47E-08
4492	1.57E-08	1.58E-08	1.06E-08	8.72E-09	1.09E-08	1.99E-08	3.10E-08	2.77E-08
6003	1.16E-08	1.14E-08	7.47E-09	6.23E-09	7.65E-09	1.46E-08	2.29E-08	2.13E-08
8022	8.44E-09	8.16E-09	5.34E-09	4.54E-09	5.49E-09	1.06E-08	1.66E-08	1.61E-08
10721	6.15E-09	5.88E-09	3.87E-09	3.36E-09	3.99E-09	7.68E-09	1.20E-08	1.20E-08
X(m)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
104	6.23E-15	2.86E-15	2.65E-15	1.75E-15	8.38E-16	1.20E-15	2.19E-15	3.35E-15
138	1.06E-11	4.88E-12	4.52E-12	2.98E-12	1.43E-12	2.04E-12	3.74E-12	5.72E-12
185	6.32E-10	2.90E-10	2.68E-10	1.77E-10	8.51E-11	1.21E-10	2.22E-10	3.40E-10
247	4.87E-09	2.23E-09	2.00E-09	1.34E-09	6.67E-10	9.22E-10	1.69E-09	2.60E-09
330	1.51E-08	6.82E-09	5.27E-09	3.73E-09	2.24E-09	2.66E-09	4.87E-09	7.80E-09
441	2.99E-08	1.33E-08	8.23E-09	6.37E-09	4.83E-09	4.80E-09	8.82E-09	1.48E-08
590	4.10E-08	1.81E-08	9.44E-09	7.67E-09	6.91E-09	6.25E-09	1.15E-08	1.97E-08
788	4.27E-08	1.89E-08	8.94E-09	7.19E-09	7.33E-09	6.44E-09	1.20E-08	2.03E-08
1054	3.89E-08	1.73E-08	7.87E-09	5.98E-09	6.69E-09	5.95E-09	1.16E-08	1.84E-08
1408	3.44E-08	1.53E-08	7.07E-09	4.94E-09	5.88E-09	5.41E-09	1.13E-08	1.62E-08
1882	3.07E-08	1.40E-08	6.65E-09	4.33E-09	5.18E-09	4.92E-09	1.09E-08	1.42E-08
2515	2.77E-08	1.32E-08	6.42E-09	4.04E-09	4.59E-09	4.43E-09	9.91E-09	1.21E-08
3361	2.44E-08	1.22E-08	6.05E-09	3.78E-09	3.98E-09	3.85E-09	8.51E-09	9.94E-09
4492	2.06E-08	1.08E-08	5.40E-09	3.40E-09	3.34E-09	3.21E-09	6.92E-09	7.84E-09
6003	1.68E-08	9.16E-09	4.65E-09	2.99E-09	2.75E-09	2.61E-09	5.43E-09	6.03E-09
8022	1.34E-08	7.53E-09	3.93E-09	2.60E-09	2.25E-09	2.10E-09	4.21E-09	4.60E-09
10721	1.05E-08	6.07E-09	3.27E-09	2.23E-09	1.84E-09	1.69E-09	3.23E-09	3.49E-09

۶- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به صنعتی شدن جوامع بشری بدیهی است که شناخت آلاینده‌ها، نحوه گسترش و کنترل و کاستن آنها به منظور حفاظت بیشتر از محیط زیست، به عنوان مهمترین عامل در ادامه حیات بشری، از اهمیت غیر قابل انکاری برخوردار است. در این راستا تعیین الگوهای مناسبی برای پخش مواد آلاینده در محیطهای صنعتی به ویژه نیروگاهی به منظور یافتن محل مناسب برای نصب تأسیسات و همچنین یافتن محل حدوث و جهت انتشار حداکثر غلظت آلاینده ها و یا حداکثر دُز ناشی از پخش رادیونوکلئیدها در جو بسیار حیاتی است. بطوریکه با چنین ارزیابی‌هایی می‌توان هزینه‌های طراحی را به حداقل رسانده، نحوه رهاسازی آلاینده‌ها و مقدار آنها را برای کاهش هرچه بیشتر آلودگی محیط زیست بدست آورد. کُد ADIM1.0 براساس

مدلهای توزیع گوسی، به منظور نیل به چنین هدفی برای تهیه کدهای استاندارد در زمینه کنترل آلودگی، به ویژه در نیروگاههای اتمی تهیه شده است. لازم به ذکر است که این کُد به همراه دو کُد دیگر به نامهای ADIM2.0 و ADIM3.0 که به منظور محاسبات دُز فردی و جمعی در موارد رهاسازی در جو و تخلیه مایعات تهیه شده است مورد تأیید کارشناسان آژانس بین المللی انرژی اتمی قرار گرفته است. با توجه به سیاست هسته‌ای ایران در مورد ایجاد نیروگاه‌های اتمی برای تولید برق، با تهیه کدهای کامپیوتری برای گزارشهای مهم زیست محیطی بر طبق استانداردهای آژانس بین المللی انرژی اتمی، می‌توان راه را برای نهادینه کردن استانداردهای طراحی و ساخت نیروگاه در ایران، هموار ساخت و در تبیین چنین استانداردهای بین المللی سهمی را به خود اختصاص داد.

در جو با محاسبات مشابه انجام شده توسط کارشناسان آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) مقایسه و محاسبات از دقت بسیار خوبی برخوردار می‌باشد. همچنین گزارش محیطی نیروگاه بوشهر مورد تأیید کارشناسان آژانس واقع گردیده است [۸].

۷- اعتبار بخشی محاسبات

لازم به ذکر است که محاسبات انجام شده توسط این کد جهت تهیه الگوی پخش مواد آلاینده در نیروگاه هسته‌ای بوشهر و محاسبات دُز فردی و جمعی ناشی از رهاسازی رادیونوکلئیدها

References:

1. K.B. Schnelle and D.R. Dey, "Atmospheric - Hill, 6.17-12.8 (2000). dispersion modeling compliance guide," school of engineering Vanderbilt university Nashville, Tennessee, McGraw
2. US-EPA, "Workbook of atmospheric dispersion," Triangle Park, N.C, 10-35 (1972).
3. D.H. Slade, "Meteorology and atomic energy," U.S. Atomic Energy Commission, TID-24190, clearinghouse for federal scientific and technical information, national bureau of standards, U.S.department of commerce, 250-300 (1968).
4. NRPB-R198, "Modeling wet deposition from a short release," (1986).
5. IAEA-No.50-SG-S3, "Atmospheric dispersion in nuclear power plant siting," (1980).
6. NRPB-R91, "A model for short and medium range dispersion of radionuclides released to the atmosphere," (1979).
7. EUR-15760, "Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment," 12-35 (1995).
8. NPPD, Sakht-Iran Engineering and Technical Co, "BNPP-1 Environmental Report," (2002).