



ارایه برنامه کامپیوتری تجزیه و تحلیل پتانسیل پخش آلاینده ها در هوا با امکانات فارسی

مهندس رامین نبی زاده^۱ - دکتر منصور غیاث الدین^۲

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط - دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- مرکز تحقیقات نیرو (متن) - واحد محیط زیست

کلمات کلیدی: پتانسیل پخش آلاینده ها - آلودگی هوا - مدل گوس

چکیده:

آلاینده های خروجی از منابع آلوده کننده به مجرد خروج از منبع در محیط پخش می شوند. نحوه پخش این آلاینده ها و ویژگی های آن در ارزیابی تسهیلات مربوطه و اثرات آنها بر محیط بسیار حائز اهمیت است. در بسیاری از مطالعات نظیر مطالعات ارزیابی اثرات توسعه، تعیین مکان و نحوه استقرار صنایع و نیز تأثیر واحدهای صنعتی موجود بر محیط زیست اطلاعات کمی مربوط به پخش آلاینده ها در تصمیم گیری صحیح مورد نیاز است. یکی از مدل‌هایی که در بسیاری از کتب مرجع بدان اشاره می شود مدل گوس در تعیین پتانسیل پخش آلاینده ها است. کاربرد این مدل مستلزم دانش کافی و درک صحیح شرایط موجود است. در بسیاری از موارد لازم است محاسبات بارها تکرار شوند تا بتوان از آنها نتیجه مناسب گرفت. هدف این مقاله ارایه برنامه کامپیوتری مبتنی بر مدل گوس است. این برنامه توسط نگارنده مقاله طراحی و برنامه ریزی شده و قادر است کلیه محاسبات لازم را انجام دهد. برنامه کاملاً به زبان فارسی است و یک کارشناس با دانش عمومی از بحث آلودگی هوا می تواند با آن ارتباط برقرار نماید. ضمناً طراحی برنامه به گونه ای است که از آن می توان در جهت آموزش مدل گوس نیز استفاده به عمل آورد.

ارائه برنامه کامپیوتری تجزیه و تحلیل پتانسیل پخش آلاینده ها در هوا با امکانات فارسی

* رامین نبی زاده

(دانشجوی دکتری بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشکاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی تهران).

** دکتر منصور غیاث الدین

(استاد گروه مهندسی بهداشت محیط - دانشکده بهداشت دانشکاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی تهران).

خلاصه :

آلاینده های خروجی از منابع آلوده کننده به مجرد خروج از منبع در محیط پخش می شوند. نحوه پخش این آلاینده ها و ویژگی های آن در ارزیابی تسهیلات مربوطه و اثرات آنها بر محیط بسیار حائز اهمیت است. در بسیاری از مطالعات نظیر مطالعات ارزیابی اثرات توسعه، تعیین مکان و نحوه استقرار صنایع، و نیز تاثیر واحدهای صنعتی موجود بر محیط زیست اطلاعات کمی مربوط به پخش آلاینده ها در تصمیم گیری صحیح مورد نیاز است. یکی از مدل‌هایی که در بسیاری از کتب مرجع بدان اشاره می شود مدل گوس در تعیین پتانسیل پخش آلاینده ها است. کاربرد صحیح این مدل مستلزم دانش کافی و درک صحیح شرایط موجود است. در بسیاری از موارد لازم است محاسبات بارها تکرار شوند تا بتوان از آنها نتیجه مناسب گرفت. هدف این مقاله ارائه برنامه کامپیوتری مبتنی بر مدل گوس است. این برنامه توسط نگارنده مقاله طراحی و برنامه نویسی شده و قادر است کلیه محاسبات لازم را انجام دهد. برنامه کاملاً به زبان فارسی است و یک کارشناس با دانش عمومی از بحث آلودگی هوا می تواند با آن ارتباط برقرار نماید. ضمناً طراحی برنامه به گونه ای است که از آن می توان در جهت آموزش مدل گوس نیز استفاده به عمل آورد.

مقدمه

به مجرد تخلیه آلاینده ها اعم از ذرات و گازها در جو، عوامل متعددی بر آن تاثیر گذاشته و در نتیجه غلظت و موقعیت آنها در جو را تحت تاثیر قرار می دهد. پخش آلاینده ها در جو می تواند تحت تاثیر عواملی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آلاینده، شرایط هواشناسی منطقه، موقعیت قرار گرفتن دودکش نسبت به جریان باد، و وضعیت عوارض سطح زمین قرار گیرد. از آنجا که جو امکان پخش و ترقیق آلاینده ها را فراهم می سازد، لذا لازم است با استفاده از مدل‌های ریاضی چگونگی پخش آلاینده ها را شبیه سازی کرد. مدل گوس یکی از مدل‌هایی است که در این رابطه مورد استفاده قرار می گیرد. در عمل استفاده از این مدل جهت پاسخگویی به یکی از سوالات زیر است.

۱- غلظت آلاینده ها با توجه به شرایط مشخص منبع انتشار و وضعیت هواشناسی در نقاط پایین دست جریان باد

چيست ؟

۲- حداکثر غلظت آلاینده ها با در نظر گرفتن شرایط موجود چه میزان است ؟ و این مقدار حداکثر در چه فاصله ای از محل تخلیه در جو رخ می دهد ؟

۳- در صورتی که چند منبع وجود داشته باشد ، آنگاه غلظت آلاینده ها در نقاط مورد نظر چگونه خواهد بود؟

استفاده از نمودارها در تحلیل مدل گوس دشوار و پرخطا است . بدین لحاظ باید از معادلات در قالب یک برنامه کامپیوتری که شامل برنامه های فرعی جهت انجام سعی و خطا است ، استفاده کرد. برنامه کامپیوتری که در این مقاله معرفی شده و توسط مولف مقاله طراحی و تنظیم گردیده قادر به انجام محاسبات مذکور در مدل گوس است . اهداف ارائه این نرم افزار را می توان به صورت زیر بیان کرد.

۱- آموزش کارآمدتر مدل گوس و امکانات کاربری آن در تجزیه و تحلیل پتانسیل پخش آلاینده ها برای تامین این هدف برنامه به گونه ای طراحی شده که در وارد کردن داده ها فرد با پارامترهای مدل به طور دقیق تر آشنا خواهد شد. فارسی بودن محیط و گزارشهای برنامه در جهت تحقق این منظور می باشد.

۲- استفاده از مدل در پژوهش و تجزیه و تحلیل داده های موجود

روش کار

الف - فرمولاسیون مدل و روابط مورد استفاده در برنامه

اولین مرحله مشخص کردن روابطی است که عملاً در تهیه برنامه مورد استفاده قرار گرفته است. مدل گوس در کلی ترین شکل به صورت زیر به کار گرفته شده است .

$$C(x, y, z) = Q / 2\pi u \sigma_y \sigma_z [\exp^{-y^2/2\sigma_y^2}] \{ \exp[-(z-H)^2 / 2\sigma_z^2] + \exp[-(z+H)^2 / 2\sigma_z^2] \} \quad (1)$$

[1-6-7-9]

$C(x, y, z)$ = غلظت آلاینده در نقطه ای به مختصات (x, y, z) بر حسب میکروگرم بر متر مکعب

Q = جریان جرمی آلاینده تخلیه شده به جو بر حسب گرم بر ثانیه

u = سرعت باد در ارتفاع دودکش یا منبع انتشار بر حسب متر بر ثانیه

σ_y = انحراف معیار پخش در جهت محور عرض بر حسب متر

σ_z = انحراف معیار پخش در جهت محور ارتفاع بر حسب متر

H = ارتفاع موثر (مجموع ارتفاع فیزیکی دودکش و خیزش ستون دود) بر حسب متر

جهت تعیین خیزش ستون دود در حالت های مختلف از روابط زیر استفاده شده است

حالت اول: اختلاف نمای گاز خروجی از دودکش و هوای محیط کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد است.

$$\Delta h = 1.5(V_g/u)D \quad (۷)$$

[۱]

Δh = خیزش ستون دود بر حسب متر

V_g = سرعت گاز خروجی از دودکش بر حسب متر بر ثانیه

u = سرعت باد در ارتفاع دودکش بر حسب متر بر ثانیه

D = قطر دهانه دودکش بر حسب متر

حالت دوم: شرایط جوی پایدار یا نزدیک به خنثی

$$\Delta h = 2.27(F/us)^{1/3} \quad (۸)$$

[۱]

F و S به ترتیب پارامترهای شناوری و پایداری هستند که از روابط زیر محاسبه می شوند.

$$F = gV_g(D/2)^2[(T_g - T_a)/T_a] \quad (۹)$$

[۱]

F = پارامتر شناوری

T_g = نمای گاز خروجی از دودکش بر حسب کلون

T_a = نمای محیط بر حسب کلون

$$s = (g/T_a)[(dT/dz) + (dT/dz)_a] \quad (۱۰)$$

[۱]

g = شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه

(dT/dz) = گرادیان عمودی دما

$(dT/dz)_a$ = گرادیان عمودی دما در حالت بی درو

حالت سوم: شرایط جوی ناپایدار یا خنثی

$$Dh = 150(F/u^3) \quad (۱۱)$$

[۱]

حالت چهارم: حالت پایدار با شرایط آرام

$$\Delta h = (5 F^{1/4} / S^{3/8}) \quad (۷)$$

[۱]

به منظور تعیین حالات مختلف پایداری هوا با استفاده از پارامترهای سرعت باد و شدت تابش خورشید بر طبق جدول زیر عمل شده است.

جدول (۱) - حالات مختلف پایداری با توجه به سرعت باد و میزان تابش خورشید. [۱-۹]

شب پوشش ابر		روز تابش خورشید			سرعت باد در ارتفاع ده متری (متر بر ثانیه)
اغلب صاف	اغلب ابری	ضعیف	متوسط	شدید	
F	E	B	A-B	A	کمتر از ۲
F	E	C	B	A-B	۲-۳
E	D	C	B-C	B	۳-۵
D	D	D	C-D	C	۵-۶
D	D	D	D	C	بیشتر از ۶

جهت تعیین انحراف معیار در عرض و ارتفاع از روابط ۸ و ۹ و ضرایب مندرج در جدول ۲ استفاده شده است. باید توجه داشت که در روابط زیر $b = 0.894$ خواهد بود. [۹]

$$\delta_x = a x^b \quad (۸)$$

$$\delta_z = c x^d + f \quad (۹)$$

جدول (۲) - ضرایب روابط ۸ و ۹ با توجه به فاصله افقی از منبع انتشار [۹]

فاصله افقی (x) بیشتر از یک کیلومتر			فاصله افقی (x) کمتر از یک کیلومتر				حالات پایداری
f	d	c	f	d	c	a	
-۹/۶	۲/۰۹۲	۵۹/۷	۹/۲۷	۱/۹۳۱	۳۴/۰۸	۲۱۳	A
۲/۰	۱/۰۹۸	۱۰۸/۲	۳/۳	۱/۱۳۹	۱۰۶/۶	۱۵۶	B
۰	۰/۹۱۱	۶۱/۰	۰	۰/۹۱۱	۶۱/۰	۱۰۲	C
-۱۳/۰	۰/۵۱۶	۳۴/۵	-۱/۷	۰/۷۲۵	۳۳/۲	۶۸	D
-۳۳/۰	۰/۳۰۵	۵۵/۰	-۱/۳	۰/۶۷۸	۲۲/۸	۵۰/۵	E
-۲۸/۶	۰/۱۸۰	۶۲/۶	-۰/۳۵	۰/۷۴۰	۱۲/۳۵	۳۳	F

در ضمن برای تعیین مقدار حداکثر غلظت از رابطه ۱۰ و ضرایب مندرج در جدول ۳ استفاده شده است.

$$(Cu / Q)_{\max} = \exp[a + b(\ln H) + c(\ln H)^2 + d(\ln H)^3] \quad (10)$$

[9]

جدول (۳)- ضرایب رابطه ۱۰ [9]

ضرایب				حالات پایداری
d	c	b	a	
.	۰/۱۲۶۱	-۲/۷۱۵۳	-۱/۰۵۶۳	A
.	۰/۰۳۸۹	-۲/۱۹۱۲	-۱/۸۰۶۰	B
.	.	-۱/۹۹۸۰	-۱/۹۷۳۸	C
.	-۰/۰۹۳۴	-۱/۵۶۱۰	-۲/۵۳۰۲	D
-۰/۰۳۴۳	۰/۲۱۸۱	-۲/۵۹۱۰	-۱/۳۴۹۶	E
-۰/۰۷۶۵	۰/۴۹۷۷	-۳/۲۲۵۲	-۱/۰۴۸۸	F

ب- نرم افزارهای مورد استفاده

این برنامه کامپیوتری با استفاده از برنامه فاکس پرو نگارش ۲/۵ تهیه شده است. در ضمن برای ایجاد قابلیت‌های کار فارسی از نرم افزار فارس پرو استفاده گردیده است. بدین منظور هنگام کار با برنامه قفل سخت افزاری برنامه فارس پرو باید نصب شده باشد.

ساختار و قابلیت‌های برنامه

برنامه با استفاده از نرم افزار فاکس پرو نوشته شده و کاملاً به زبان فارسی است. برنامه شامل قسمت‌های زیر بوده و یک فرد با دانش عمومی آلودگی هوا و داده های مورد نیاز مدل گوس می تواند به سادگی با آن ارتباط برقرار کرده و محاسبات مربوطه را انجام دهد. در طراحی برنامه هدف تامین نیازهای محاسباتی یک کارشناس در زمینه تجزیه و تحلیل انتشار آلاینده ها در محیط بوده است. برای فارسی کردن از سیستم نرم افزاری فارس پرو استفاده گردیده است. برنامه از قسمت‌های زیر تشکیل شده که ذیلاً به توضیح هر یک از آنها خواهیم پرداخت.

اطلاعات پایه	اطلاعات جاری	گزارشها	تسهیلات
آلاینده ها	شرایط جوی	تجزیه و تحلیل انتشار آلاینده ها	بازسازی ایندکس
منابع آلاینده	انتشار آلاینده ها	محاسبه مقادیر حداکثر انتشار	خروج
	نقاط سنجش	محاسبه تاثیر منابع متعدد بر نقاط	

اطلاعات پایه

• **آلاینده ها:** در این قسمت فرد امکان ثبت آلاینده ها را خواهد داشت. هر آلاینده با یک کد معرفی شده و نام آن ثبت خواهد شد. در پنجره ایجاد شده در این قسمت امکان اضافه کردن، اصلاح کردن، حذف کردن، و جستجو کردن پیش بینی شده است.

• **منابع آلاینده:** در این قسمت می توان منابع آلاینده را ثبت کرد. برای تعداد منابع آلاینده محدودیتی وجود ندارد. اطلاعات هر منبع آلاینده با یک کد منحصر، عنوان منبع آلاینده، ارتفاع فیزیکی دودکش، و قطر دهانه خروجی دودکش ثبت خواهد شد. ایندکس بر هر یک از فیلدهای کد، عنوان، ارتفاع فیزیکی و قطر دهانه دودکش وجود دارد. امکانات در نظر گرفته شده در پنجره مربوط به منابع آلاینده عبارتند از: اضافه کردن رکورد جدید، اصلاح رکوردهای قبلی، حذف و جستجو. در این قسمت کاربرد باید منابع آلاینده هوا را ثبت کند.

اطلاعات جاری

• **شرایط جوی:** در قسمت شرایط جوی با وارد کردن کد، عنوان منبع آلاینده جستجو خواهد شد. تاریخ و زمان را نیز می توان در این قسمت ثبت کرد. اطلاعاتی نظیر درجه حرارت هوا، درجه حرارت گاز خروجی از دودکش، سرعت گاز خروجی، سرعت باد در خروجی منبع، ارتفاع اختلاط و گرادیان عمودی نما ثبت می شود. به علاوه برای ثبت حالت پایداری دو روش مستقیم و غیر مستقیم در نظر گرفته شده است. در روش مستقیم هر یک از حالت‌های پایداری A-F مستقیماً تایپ خواهند شد. اگر حالت پایداری مشخص نباشد، با تعیین وضعیت تابش و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری سیستم به طور خودکار آن را تعیین خواهد کرد. ورودی داده ها در کمال سهولت و بدون نیاز به تایپ کردن و با استفاده از امکانات ورودی ها خاص به سادگی ممکن است. امکانات لازم جهت ویرایش رکوردهای مربوطه نیز وجود دارد.

• **انتشار آلاینده ها:** در این قسمت وضعیت انتشار آلاینده های خروجی از هر منبع ثبت خواهد شد. ابتدا کد منبع به سیستم داده می شود، سپس سیستم عنوان را جستجو کرده و درج می کند. همچنین کد آلاینده به سیستم داده خواهد شد و سیستم عنوان آلاینده را درج خواهد کرد. با ثبت تاریخ و زمان و میزان فلوی جرمی آلاینده رکورد مربوطه ثبت خواهد شد. کلیه امکانات جستجو و ویرایش نیز فراهم است.

• **نقاط سنجش:** در این قسمت پنجره ای گشوده شده و کاربرد با وجود امکانات ویرایشی می تواند به مدیریت داده های مربوطه در این قسمت بپردازد. هدف این قسمت ثبت اطلاعات مربوط به نقاطی است که از هر یک از منابع آلاینده تعریف شده تاثیر می پذیرند. با ورود کد منبع آلاینده، عنوان جستجو و درج خواهد شد. به نقاط مورد نظر کد اختصاص داده و فاصله افقی، فاصله عرضی، و فاصله عمودی آنها از منبع انتشار ثبت خواهد شد. بدیهی است در قسمتهای بعدی می توان تاثیرات حاصل از انتشار را بر نقطه ثبت شده بررسی کرد.

گزارشها

سه گزارش تخصصی در این قسمت در نظر گرفته شده است که فرد پس از ثبت داده های لازم در قسمت اطلاعات پایه و جاری می تواند محاسبات خود را در اینجا در چهارچوب گزارشهایی دریافت کند. این گزارشها نیلا مورد بحث واقع شده اند.

• **تجزیه و تحلیل انتشار آلاینده ها:** در این قسمت اثر یک یا چند منشا آلاینده را می توان در شرایط جوی خاص یا در مجموعه ای از شرایط جوی انتخابی، بر نقطه یا نقاط سنجش مختلف تعیین کرد. نتیجه گزارش به صورت اسنادی است که برای هر منبع و هر یک از شرایط جوی و هر نقطه تنظیم خواهد شد. پارامترهای انحراف معیار در جهت عرضی و عمودی توسط سیستم محاسبه می شود.

• **محاسبه مقادیر حداکثر انتشار:** در این قسمت مقادیر حداکثر غلظت آلاینده منتشره و فاصله رخداد آن از هر منبع در شرایط جوی خاص یا مجموعه ای از شرایط جوی ارائه می گردد.

• **محاسبه تاثیر منابع متعدد بر نقاط:** در این قسمت می توان اثر چند منبع انتشار آلودگی را بر یک نقطه خاص تعیین کرد. بدیهی است که باید اطلاعات و مختصات هر منبع در ارتباط با نقطه مزبور قبلا در قسمت ثبت نقاط سنجش وارد شده باشد.

نمونه هایی از گزارشهای تولید شده توسط برنامه در صفحات بعدی قابل ملاحظه می باشد.

گزارش تجزیه و تحلیل انتشار الاینده‌ها

کد منبع : ۱۰۰۰
 عنوان : پالایشگاه (کوره سوزاندن مواد زاید فرایند)
 ارتفاع فیزیکی : ۵۵/۰۰ متر قطر دهانه منبع : ۱/۵۰ متر

کد الاینده خروجی : ۱۰۰ عنوان : دی اکسید گوگرد
 فلوی جرمی : ۱۶۰/۰۰ (گرم بر ثانیه)
 تاریخ ثبت : ۲۸ / ۹ / ۷۵ زمان ثبت : ۲۱:۳۳:۴۵

درجه حرارت هوا: ۱۰/۰۰ (سانتیگراد) سرعت باد: ۴/۰۰ (متر بر ثانیه)
 درجه حرارت گاز خروجی : ۱۰۰/۰۰ (سانتیگراد)
 سرعت گاز خروجی : ۱۲/۰۰ (متر بر ثانیه) ارتفاع اختلاط: ۵۰۰/۰۰ (متر)
 گرادیان عمودی دما : ۱/۰۰- (درجه در ۱۰۰ متر)
 تاریخ ثبت : ۲۸ / ۹ / ۷۵ زمان ثبت : ۲۱:۲۰:۱۷ وضعیت پایداری هوا : B

نقطه تحت تاثیر : S۱۰۰۰
 مختصات (متر) : $x=1000/00$ $y=1000$ $z=10/00$
 انحراف معیار در جهت y : ۱۵۶/۰۰ متر
 انحراف معیار در جهت z : ۱۱۰/۲۰ متر
 فاصله شروع تاثیر وارونگی (متر): ۱۶۰۶/۱۰
 خیزش ستون دود : ۴۹/۳۳ متر ارتفاع موخر : ۱۰۴/۳۳ متر
 غلظت الاینده : ۲۸۵/۰۹ میکرو گرم بر متر مکعب

" گزارش محاسبات حداکثر غلظت و فاصله رخداد "

کد منبع : ۱۰۰۱
 عنوان : پالایشگاه (کوره سوخت در تولید انرژی)
 ارتفاع فیزیکی : ۱۰۰/۰۰ متر قطر دهانه منبع : ۲/۰۰ متر

درجه حرارت هوا: ۱۰/۰۰ (سانتیگراد) سرعت باد: ۴/۰۰ (متر بر ثانیه)
 درجه حرارت گاز خروجی : ۹۰/۰۰ (سانتیگراد)
 سرعت گاز خروجی : ۱۳/۰۰ (متر بر ثانیه) ارتفاع اختلاط: ۵۰۰/۰۰ (متر)
 گرادیان عمودی دما : ۱/۰۰- (درجه در ۱۰۰ متر)
 تاریخ ثبت : ۲۸ / ۹ / ۷۵ زمان ثبت : ۲۱:۲۲:۱۸ وضعیت پایداری هوا : B
 خیزش ستون دود: ۸۴/۴۵ (متر) ارتفاع موخر: ۱۸۴/۵ (متر)

عنوان الاینده خروجی	فلوی جرمی (gr/Sec)	غلظت حداکثر (Mi-gr/M ³)	فاصله رخداد (متر)
دی اکسید گوگرد	۱۴۰۰/۰۰	۱۷۹۷/۳۳	۱۱۶۹/۰۰

" گزارش تاخیر منابع الاینده مختلف "

نقطه مورد بررسی : S1۰۰۰

درجه حرارت هوا: ۱۰/۰۰ (سانتیگراد) سرعت باد: ۴/۰۰ (متر بر ثانیه)
 درجه حرارت گاز خروجی: ۱۰۰/۰۰ (سانتیگراد)
 سرعت گاز خروجی: ۱۲/۰۰ (متر بر ثانیه) ارتفاع اختلاط: ۵۰۰/۰۰ (متر)
 گرادیان عمودی دما: ۱/۰۰- (درجه در ۱۰۰ متر)
 تاریخ ثبت: ۲۸/۹/۷۵ زمان ثبت: ۱۷:۲۰:۲۱ وضعیت پایداری: B

الاینده خروجی: دی اکسید گوگرد

منابع الاینده : غلظت
 (مترمکعب/میکروگرم)

پالایفکاه (کوره سوزاندن مواد زاید فرایند) ۳۸۵/۰۹
 پالایفکاه (کوره سوخت در تولید انرژی) ۲۶۷/۶۰
 نیروگاه ۹۳۹/۳۲
 پتروشیمی (کوره سوزاندن لجنهای API) ۲۱۶/۹۱
 پتروشیمی (دودکش اصلی) ۲۰۷/۱۸
 جمع کل : ۲۵۱۶/۱۰

الاینده خروجی: دی اکسید ازت

منابع الاینده : غلظت
 (مترمکعب/میکروگرم)

نیروگاه ۱۷۰۷/۸۵
 جمع کل : ۱۷۰۷/۸۵

منابع

- ۱- غیاث الدین ، منصور ، آلودگی هوا ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۶۸.
- ۲- نبی زاده ، رامین ، جوانب کاربری زیاله سوزها ، سازمان حفاظت محیط زیست ، ۱۳۷۶.
- 3- Brunner,C.R, "Hazardous Air Emmissions from Incineration" , Second Edition , Chapman & Hall, 1985, USA.
- 4-Jones, E. , " Foxpro 2 the Complete Reference" First Edition, McGraw-Hill,1992, USA.
- 5-Kalman, David M., " Foxpro 2.0 Developer's Handbook" First Edition, Bantam Books,1992,USA.
- 6- Masters, G. , " Introduction to Environmental Engineering and Science" , 1991, Prentice-Hall,USA.
- 7- Peavy,H., " Environmental Engineering" , McGraw-Hill,1986, USA.
- 8- Vesilind, P., " Environmental Engineering" ,Second Edition, Butterworth,1988,USA.
- 9-Wark,K. & C.F. Warner, " Air Pollution : it's origin and control", Second Edition, Harper, 1981.