فصلنامه انسان و محیط زیست ، پاییز ۸۹

جایگاه تحلیل نرم افزاری در ممیزی انرژی در بخش ساختمان

مجید عباسپور[۱]

مجتبی رضائیان باجگیران[۲]

M.Rezaeian@gmail.com

چکیده

رشد روز افزون مصرف انرژی در سال های اخیر از یک جهت نشان دهنده رشد اقتصادی و به گردش افتادن چرخ های صنعت و به دنبال آن انتقال کالاهای صنعتی به نقاط مختلف و در نتیجه شکوفایی اقتصادی می باشد و از جهت دیگر شاید به علت بهای ارزان انرژی در کشور صاحبان صنایع و مصرف کنندگان در پی صرفه جویی در استفاده از این نعمت خدادادی نباشند که این امر موجب وضع قوانین خاصی در این زمینه گردید. در این میان ممیزی انرژی ابزار کارآمدی است که می تواند دست اندرکاران را برای برنامه ریزی های مورد نظر یاری نماید. حال مسئله مهمی که در این مبحث به آن پرداخته شده است مربوط به جایگاه تحلیل نرم افزاری در ممیزی انرژی در بخش ساختمان و لزوم نیاز به نرم افزار می باشد. در انتها نیز به معرفی چند بسته نرم افزاری که می تواند در این فرآیند مورد استفاده قرار گیرد و مزایا و معایب آن ها می پردازیم.

واژه های کلیدی: ممیزی انرژی، نرم افزار، ساختمان

۱- استاد دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی

زمینه و هدف

مصرف انرژی در چند دهه اخیر به طور سرسام آوری افزایش یافته است. این افزایش از یکطرف نشان دهنده رشد اقتصادی و به گردش افتادن بیشتر چرخ های صنعت و در پی آن جابه جا شدن کالاهای صنعتی به نقاط مختلف می باشد. از طرف دیگر شاید به دلیل قیمت ارزان انرژی، صاحبان صنایع و مصرف کنندگان خصوصی کشور در پی صرفه جویی و استفاده منطقی از این نعمت خدادادی نبوده اند. استفاده منطقی از انرژی در رئوس اصلی کار کشورهای فاقد انرژی فسیلی قرار گرفت و بر آن شدند که در مراکز اصلی مصرف انرژی، یعنی بخش صنعت و ساختمان، مسئله بهینه کردن مصرف انرژی را جدی بگیرند. بدین ترتیب این مسئله مطرح شد و چندین سال است که کشورهایی مانند آلمان، سوید، ایتالیا، انگلیس و ... قوانین خاصی در امر ساختمان سازی و به کار بردن عایق های حرارتی، روش گرمایش و سرمایش و ساختار کلی ساختمان در جهت بهینه کردن مصرف انرژی در آن تدوین نموده اند که لازم الاجرا می باشد. اجرای این موارد نتایج جالبی به دنبال داشته است به طوری که موفق شده اند با به کارگیری این قوانین تا حدود ۳۰٪ در مصرف انرژی صرفه جویی نمایند (۱) .

با این که کشور ما از صادرکنندگان انرژی فسیلی به کشورهای مختلف است. هنوز ارزش واقعی آن از مصرف کنندگان وصول نمی شود. لذا مصرف کنندگان در پی صرفه جویی و یا استفاده منطقی از آن نیستند. جهت جلوگیری از روند مصرف بی رویه انرژی در کشور از طرف مقامات ایران باید اقدامات اساسی به صورت قوانین همگانی صورت بگیرد. یکی از اقدامات، کنترل ساختار صنایع و ساختمان های جدید مسکونی می باشد که باید تحت شرایط معینی که در آن کاهش مصرف انرژی مدنظر باشد، صورت بگیرد (۲) .

در مورد ساختمان های فعلی که در حـــال استفاده می باشد و از نظر مصرف انرژی در وضعیت خوبی قرار ندارند، باید تعمیرات اساسی در آن ها انجام شده و یا اصولی در آن ها پیاده شود که از نظر مصرف انرژی منطقی گردند.

ممیزی انرژی چیست؟

امروزه به کارگیری منطقی انرژی در محیط های صنعتی، تجاری و ساختمانی هم در سطوح منطقه ای و هم در سطح ملی (خرد و کلان) به عنوان یک ضرورت مورد توجه کارشناسان و دست اندرکاران قرارگرفته است. در این راستا برنامه ریزی های متعددی در زمینه صرفه جویی و به کارگیری منطقی انرژی در بسیاری از کشورها در دست اقدام است. این برنامه ریزی ها برپایه ساختارهای درست قانونی و علمی استوار بوده و عمدتاً شامل موارد زیر هستند:

۱. برنامه های ممیزی و صرفه جویی انرژی
۲. راه کارهای مالی، فنی و سازمانی مورد نیاز برای بالا بردن بهره وری در بخش انرژی
۳. توسعه آموزش برنامه های صرفه جویی و به کارگیری منطقی انرژی (۲)

از میان موارد فوق ممیزی انرژی (Energy Audit) ابزار کارآمدی است که می تواند دست اندرکاران را برای برنامه ریزی های مورد نظر یاری بخشد. ممیزی انرژی مجموعه اقداماتی است که جهت شناسایی، چگونگی، مقادیر و موقعیت های مصرف انرژی در یک واحد مصرف کننده انرژی و یا در طول یک فعالیت و فرآیند خاصی، انجام و در طی آن فرصت ها و امکانات صرفه جویی انرژی مشخص شده و ارزیابی می گردد. ممیزی انرژی به طور دقیق بالانس انرژی در جریان و انرژی خروجی از واحد مصرف کننده است. اما چون بیشتر پروژه های ممیزی انرژی در صنعت انجام شده تعریف دیگری نیز می توان ارایه نمود ممیزی انرژی مجموعه اقداماتی است که برای بررسی و شناسایی چگونگی و مقادیر مصرف انرژی در یک فرایند تولیدی انجام می شود. از پیام های اجرایی یک برنامه ممیزی انرژی در یک واحد صنعتی می توان به ایجاد یک بینش درست از بخش های اساسی به کار گیرنده انرژی برای مدیریت آن واحد صنعتی و در سطح بالاتر برای برنامه ریزان کشور اشاره نمود. از سوی دیگر کاربرد چندگانه ممیزی انرژی، به کارگیری آن را در بخش

های غیرصنعتی مانند ساختمان های اداری و خانگی نیز امکان پذیر کرده است(۵-۳).

ضرورت استفاده از نرم افزار

نیاز سازمان ها و شرکت های مربوط به بخش انرژی و همچنین نیاز جامعه مهندسین به وجود یک نرم افزار در بخش انرژی به دلایل زیر مشهود می باشد:

۱. از چندین سال پیش نیاز به یک نرم افزار جامع و فراگیر در سازمان ها و شرکت های مربوط به بخش انرژی (از جمله سازمان مسکن و شهر سازی و سازمان بهینه سازی مصرف سوخت و غیره ...) مشهود بوده است به طوری که همیشه جهت یکپارچگی محاسبات و ارایه دفترچه های محاسباتی در پروژه های بزرگ تر از ۲۰۰۰ متر مربع را مشروط به ارایه محاسبات نرم افزاری کرده بود (همانند رعایت آیین نامه ۲۸۰۰ در محاسبات سازه ای ساختمان ها) که البته نبود نرم افزاری معتبر این امکان را فـــراهم نمی کرد .

۲. نیاز مهندسین طراح در کشور به طوری است که گاهی در بعضی از استان ها گروه متخصصان رشته تاسیسات سازمان های نظام مهندسین با تشکیل گروه کاری خواسته اند اقدام به طراحی نرم افزار مشابه نمایند یا به خرید نرم افزار از کشورهای خارجی روی آورند ولی به دلایل بسیار متعدد این طریق امکان پذیر نبوده و نیاز به نرم افزار همچنان در جامعه مشهود است و مهندسین جهت محاسبات (خصوصاً بارهای سرمایش) از شیت فرم های دستی برای این منظور استفاده می نمایند که به محاسبات سر انگشتی اطلاق می گردد.

۳. خارج شدن از متدهای محاسبات دستی (سر انگشتی) و یکپارچگی محاسبات در کل کشور این امکان را برای جامعه مهندسین خصوصاً بخش تاسیسات فراهم می سازد که دانش فنی در به کار گیری مصالح مطلوب و استفاده از سایه بان ها و بررسی بهینه سازی مصرف انرژی و بالا بردن فرهنگ استفاده از فن آوری های جدید نرم افزاری و ..... در ساختمان بالا رود.

۴. در نتیجه یکپارچگی محاسبات و کنترل های مربوطه از طرف کارفرماها و کارشناسان بسیار راحت و دقیق می باشد و در نتیجه بررسی اصلا حات مورد نیاز چه از باب اشکالات محاسباتی و چه از باب رعایت بخشنامه ها (مقررات ملی و صرفه جویی انرژی) راحت و دقیق می باشد (۶) .

نرم افزارهای موجود در بخش ممیزی انرژی

این نرم افزارها را به دو دسته کلی نرم افزارهای داخلی و خارجی تقسیم می کنیم که در ادامه آورده شده اند و در مورد هر کدام توضیحی آورده شده است که شامل قابلیت ها، نقاط ضعف و نقاط قوت هر نرم افزار می باشد.

نرم افزارهای خارجی

DOE-2

تخصیص انرژی در ساختمان و ابزار تحلیل هزینه

DOE-2 یک نرم افزار رایج و پذیرفته شده در تحلیل انرژی ساختمان می باشد که می تواند انرژی و هزینه مورد نیاز در انواع ساختمان ها را پیش بینی کند. DOE-2 با استفاده از شرحی از نقشه ساختمان، ساختـار آن، نـــوع کاربری، سیستم های تهویه و امکانات رفاهی خواسته شده به وسیله کاربر، به موازات شرایط آب و هوایی، یک شبیه سازی ساعت به ساعت از ساختمان انجام می دهد و در انتها گزارش سودمندی از روند کار ارایه می دهد.

بیست و پنج سال سابقه اثبات شده از توسعه و پشتیبانی

بیش از دو دهه است که DOE-2 در حال توسعه و پشتیبانی می باشد و همین امر منجر به تولید یک محصول قدرتمند و توانایی در این زمینه شده است در تمام طول عمر این نرم افزار چندین نسخه از DOE-2 توسعه داده شده

است که پیشنهاد می شود از جدیدترین و قوی ترین نسخه آن یعنی DOE-2.2 استفاده شود(۷) .

ENERGY-10

یک ابزار قدرتمند شبیه سازی انرژی برای ساختمان ها

ENERGY-10 یک ابزار نرم افزاری می باشد که به معماران، برج سازان و مهندسین کمک می کند تا به سرعت بیشترین بازده هزینه و اقدامات ذخیره انرژی را برای به کارگیری در طراحی یک ساختمان با مصرف انرژی کم تعیین کنند. بخش شبیه سازی نرم افزار برای تحلیل ساختمان های مسکونی و تجاری کوچک که به وسیله یک یا دو ناحیه حرارتی مشخص می باشند مناسب می باشد.(به طور کلی کمتر از $1000ft^2$) ENERGY-10 می تواند تحلیل جامعی از ساختمان انجام دهد، همچنین ذخیره انرژی و سرمایه را به وسیله به کارگیری یکی از استراتژی های پر بازده انرژی از قبیل استفاده از روشنایی روز، گرمای منفعل خورشید، سیستم های روشنایی و پنجره هائی باکارایی بالا ارزیابی می کند. استفاده از این نرم افزار در فازهای ذکر شده می تواند به ذخیره انرژی از ۴۰٪ تا ۷۰٪ بدون کوچک ترین افزایش در هزینه ساختمان منجر شود. مرکز کتابخانه های ملی انرژی های تجدید پذیر (NREL)[1] برای ساختمان ها و سیستم های حرارتی بیان می کند، ENERGY-10 می تواند یک تخمین اولیه از کارائی انرژی در کمتر از ۲۰ دقیقه به وسیله وارد کردن یک سری از پارامترهای ابتدایی از قبیل موقعیت جغرافیایی ساختمان، حجم کل ساختمان، سیستم تهویه مطبوع و اطلاعات آب و هوایی ثبت شده در نزدیک ترین سایت به ساختمان ارایه کند.

سرعت، کاربری آسان، دقت، تولید اتوماتیک و خودکار موارد اساسی و ابتدایی و بازده انرژی به صورت دوره ای و متناوب برای ساختمان، کاربرد خودکار ویژگی های بازده انرژی و ارایه نتایج آن، افزودن اثرات استفاده از روشنایی روز با شبیه سازی حرارتی از جمله مزایای این نرم افزار می باشد.

اما محدود بودن نرم افزار به ساختمان های کوچک و سیستم های تهویه مطبوع رایج در این ساختمان ها از جمله نقاط ضعف آن می باشد(۱۰- ۸).

CARRIER

رایج ترین نرم افزار خارجی مورد استفاده در داخل کشور این نرم افزار می باشد که دارای قابلیت هـــای زیـــر می باشد:

- کاربری آسان و قابل انتقال
- واحد های تهویه مطبوع هوای سرد شده
- واحد های تهویه مطبوع آب سرد شده
- واحد های نهایی شامل واحد های فن کویل، مدول رفتار هوا، سقف های خنک شده
- سیستم های انتشار هوا
- چیلر های پمپ حرارتی
- سیستم های کنترل
- واحد های کنترل بسته تهویه مطبوع

این نرم افزار به طور کلی بار حرارتی ساختمان را محاسبه می کند و در آن هیچ بحثی در مورد تحلیل اقتصادی، بهینه سازی مصرف و ارایه راهکارهای بهینه سازی نمی شود (۱۱) .

BizEE

نرم افزار ممیزی انرژی

شامل دو بسته نرم افزاری ممیزی انرژی می باشد: **BizEE Benchmark** و **BizEE pro**.

BizEE Benchmark که برای ممیزی انرژی سریع استفاده می شود این نرم افزار فقط به اطلاعات اساسی از بازده انرژی نیاز دارد به شرط آن که اطلاعات مصرف انرژی در گذشته در دسترس باشد که نهایتا منجر به تهیه یک گزارش نسبتاً جامع و فراگیر در چند دقیقه می شود.

1-National Renewable Energy Laboratory's

نکته حایز اهمیت در مورد این نرم افزار در کاهش چشم گیر زمان در مشخص کردن مصرف انرژی تجاری و پتانسیل ذخیره انرژی می باشد.

این نرم افزار با استفاده از تحلیل اطلاعات مصرف انرژی در گذشته می تواند یک گزارش مفید و آموزنده برای ارایه در تجارت و کسب و کار ارایه کند.

BizEE pro برای به دست آوردن تخصصی بازده انرژی طراحی شده است. این نرم افزار برای جزئیات بیشتر و انعطاف پذیرتر قابل استفاده می باشد. این نرم افزار به متخصصان در محاسبه پتانسیل ذخیره انرژی و اقداماتی که برای تخصیص انرژی لازم است کمک می کند.

هدف اولیه این نرم افزار کمک کردن به متخصصان در ارزیابی و ارایه اقدامات بازده انرژی می باشد.

مزیت نهائی BizEE pro در این است که متخصصان می توانند به کمک آن ممیزی انرژی را با سرعت بیشتر و دقت بالاتری انجام دهند (۱۲) .

AUDIT

این نرم افزار به طور ماهیانه و سالیانه هزینه های سرمایش و گرمایش را برای ساختمان های تجاری کوچک و مسکونی محاسبه می کند. در واقع هر نوعی از سیستم های سرمایش و گرمایش از قبیل اواپراتور، پمپ های حرارتی منبع هوا، پمپ های حرارتی منبع آب و همه انواع سوخت های فسیلی مورد استفاده در بویلرها و کوره ها می توانند به کمک AUDIT شبیه سازی می شوند.

AUDIT به طور ماهیانه اطلاعات آب و هوایی و ساعات پر بار سرمایش و گرمایش را در محاسبات خود استفاده می کند. اطلاعات آب و هوایی صدها شهر در AUDIT تعبیه شده است که البته می توان به راحتی اطلاعات جدیدی به آن افزود. به موازات محاسبات هزینه های انرژی، AUDIT یک تحلیل اقتصادی که به شما این امکان را می دهد تا انواع سیستم ها و هزینه های آن ها را در دوره های مختلف داده شده مقایسه کنید انجام می دهد.

این نرم افزار کم ترین اطلاعات ورودی را برای به دست آوردن هزینه های عملیاتی تهویه مطبوع نیاز دارد. در ضمن ابزاری برای نشان دادن مزایای تجهیزات با بازده بالا جهت فروش در مقیاس های زیاد می باشد (۸) .

Rhvac

بارگذاری برودتی و حرارتی را برای ساختمان های مسکونی محاسبه می کند.

این نرم افزار به سرعت و با دقت خاصی زمان اوج بارگذاری حرارتی و برودتی را در ساختمان های مسکونی و تجاری کوچک مطابق با نسخه هشتم ACCA Manual J محاسبه می کند. ضرایب انتقال حرارت (HTM) [1] برای تمامی دیوارها، پنجره ها، درها و سقف ها به شکل لیست شده در Manual J ذخیره شده اند و به طور خودکار هر کجا که نیاز باشد به کار برده می شود. همچنین مقادیر HTM مستقیما از Manual J گرفته می شوند، در ضمن گزینه ای نیز وجود دارد که کابر می تواند خود نیز این مقادیر را وارد کند.

اطلاعات آب و هوایی برای بیش از ۱۵۰۰ شهر در نرم افزار وجود دارد و در ضمن می توان اطلاعات آب و هوایی شهر دیگری را نیز به مجموعه اضافه کرد. سایر ویژگی های برجسته نرم افزار شامل سایه زنی شیشه در سطح خارجی، تهویه مطبوع، بارگذاری های پنهان گوناگون، اطلاعات پیش فرض برای اتاق ها، چرخش اتوماتیک کامل ساختمـان و غیـــره ... می شود.

قابلیت متفاوت این نرم افزار در مورد سیستم لوله کشی می باشد از قبیل سناریو های مختلف در مورد نوع سیستم لوله کشی، مکان لوله کشی، عایق کاری، دما و غیره ... می باشد (۱۳) .

1-Heat Transfer Multipliers

نرم افزارهای داخلی

نرم افزار چک لیست انرژی مبحث نوزدهم

کلیات مربوط به مقررات ملی ساختمان مبحث نوزدهم

این فصل از مقررات ملی ساختمان ضوابط طرح، محاسبه و اجرای عایق کاری حرارتی سیستم های تاسیساتی گرمائی، سرمائی، تهویه، تهویه مطبوع، تامین آب گرم مصرفی و روشنایی الکتریکی در ساختمان ها را تعیین می کند و شامل دو روش کارکردی(الف) و روش تجویزی(ب) است.

در روش الف ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان محاسبه گردیده، با ضریب انتقال حرارت مرجع مربوط به طراحی مورد نظر مقایسه می شود. همچنین، اصول کلی ضروری در مورد سیستم های طراحی شده، جهت به حداقل رسانیدن مصرف بیان می گردد.

در روش ب، راه حل های فنی مختلف برای تعیین طراحی قسمت های مختلف تشکیل دهنده پوسته خارجی ساختمان ارایه می گردد.

این روش فقط در موارد زیر قابل اعمال است:

خانه های ویلائی و واحد های واقع در آپارتمان های مسکونی با مجموع زیر بنای کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع

تمام ساختمان های گروه ۳ از نظر میزان صرفه جوئی در مصرف انرژی در بخش های بعدی این مبحث ضوابط مربوط به طراحی سیستم های تاسیساتی گرمایی، سرمایی، تهویه، تهویه مطبوع، تامین آب گرم مصرفی و روشنایی الکتریکی ارایه شده است.

این نرم افزار برای بررسی و تحلیل مقررات مربوط به مبحث نوزدهم انرژی ساختمان به سفارش سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور تهیه شده است.

این نرم افزار با استفاده از اطلاعات ساده و ابتدایی در مورد ساختمان مربوطه به محاسبه بار حرارتی و ضرایب انتقال حرارت در ساختمان مورد نظر می پردازد و در نهایت مقادیر به دست آمده را با مقادیر مرجع مقایسه کرده و جوابی به صورت "پاسخگو می باشد یا نمی باشد" می دهد.

از طرف دیگر در این نرم افزار مقایسه ای در مورد تاسیسات ساختمان، سیستم های روشنایی، تهویه مطبوع و غیره ... انجام نمی گیرد. در ضمن هیچ راهکاری برای بهبود مصرف انرژی ارایه نمی گردد و از نظر اقتصادی و زمان بازگشت سرمایه تحلیل نمی شود (۱۴) .

تابش

این نرم افزار با حمایت سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور و برای استفاده محققان، متخصصان و مهندسین به منظور اجرایی نمودن مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان تهیه و در اختیار کاربران و طراحان قرار گرفته است.

این نرم افزار دارای قابلیت های متفاوتی می باشد که به ترتیب زیر ارایه می گردد:

- محاسبات بارهای سرمایش و گرمایش یک پروژه در تمامی ساعات روز و تعیین ساعت پیک بار پروژه و تک تک اتاق ها
- تمامی منوها و جداول دو زبانه (فارسی و انگلیسی) می باشند.
- قابلیت بررسی تاثیر عایق کاری در بار حرارتی وبرودتی ساختمان جهت کاهش پرت انرژی .
- قابلیت بررسی استفاده از پنجره ها و شیشه های دوجداره.
- قابلیت بررسی جهت گیری ساختمان نسبت به محورهای جغرافیایی جهت کاهش پرت انرژی
- قابلیت بررسی تاثیر سایه بان ها جهت کاهش پرت انرژی.
- قابلیت محاسبه میزان مصرف انرژی سالانه یک پروژه .
- ارایه چک لیست صرفه جویی درمصرف انرژی (مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان) با روش کارکردی و قیاس ضریب انتقال حرارت طرح و مرجع ساختمان به صورت هوشمند.

- قابلیت محاسبه آب گرم مصرفی یک پروژه
- تمامی جداول و ضرایب مطابق آخرین استانداردهای ارایه شده سازمان مسکن و شهرسازی تهیه و تنظیم شده است.
- استفاده از پایگاه داده های جامع و کامل در منو های مربوطه برای راهنمای کاربر به طوری که نیاز به منابع طراحی نداشته و اکثراً قابل افزایش توسط کاربر می باشند .
- ارایه بیش از ۲۵۰ نوع تجهیزات داخلی متفرقه در کاربری های مختلف .
- دسته بندی حدود ۳۰۰ نوع مصالح مورد استفاده در ساختمان با ساده ترین روش جهت شبیه سازی جداره های مورد نظر و نیز با قابلیت افزایش توسط کاربر و محاسبات لازمه جهت تعیین وزن واحد سطح، اینرسی و قابلیت هدایت حرارتی یک جداره در و ضعیت های مختلف به صورت کاملاً هوشمند.
- انتخاب چراغ های مورد مصرف در تمامی حالات نصب با انتخاب ساعات مورد مصرف در یک شبانه روز
- ایجاد یک (اتاق، واحد، طبقه، پروژه) مشابه از قسمت های محاسبه شده با استفاده از ویژگی های چرخش یا تقارن نسبت به محورهای جغرافیایی.
- نامحدود بودن این نرم افزار در نوع کاربری ساختمان (برج، هتل، سوله، سالن پذیرایی، کارخانه، موتور خانه، ورزشگاه، بیمارستان و ....).
- تعیین فیلم هوا برای جداره های مختلف به صورت کاملاً هوشمند
- محاسبه دقیق جدول سایکرومتریک و اعمال آن در محاسبات بار ها.
- استفاده از اکثر شهرها با تمامی مشخصات لازمه و نیز با قابلیت افزودن شهرهای جدید.
- استفاده از تصویر سه بعدی سایه بان های پنجره های مورد محاسبه با قابلیت بررسی در ساعات روز و در تمامی عرض های جغرافیایی .

این نرم افزار دارای قابلیت های خوبی در زمینه ممیزی انرژی می باشد ولی در زمینه تحلیل و توجیهات اقتصادی و همچنین در ارایه راهکارهای بهبود و بهینه سازی مصرف انرژی امکانی ایجاد نشده است (۱۵) .

نما

نرم افزار ممیزی انرژی

با استفاده از این نرم افزار می توان با اطمینان و دقت بیشتر عملکرد انرژی را ارزیابی نمود و راهکارهای صرفه جویی انرژی در ساختمان را با توجه به فرصت های موجود و نتایج اجرای هر راهکار را پیش از اجرای واقعی آن مشاهده کرد. ویژگی های اصلی این نرم افزار عبارتند از:

۱. محاسبه و تعیین مصرف انرژی سیستم های ساختمان شامل سیستم های زیر:
   - پوسته خارجی ساختمان
   - سیستم گرمایش فضا
   - سیستم سرمایش فضا
   - سیستم روشنایی
   - سیستم آب گرم مصرفی (DHW)
   - تجهیزات سرمایش مواد غذائی
   - لوازم برقی خانگی
۲. استفاده از بانک اطلاعاتی پارامترهای هواشناسی، مصالح ساختمانی، تجهیزات گرمایش و سرمایش، آب گرم کن ها، تجهیزات روشنایی، تجهیزات گرمایش و سرمایش مواد غذایی لوازم خانگی و حامل های انرژی برای محاسبات نرم افزار
۳. تعیین انطباق یا عدم انطباق ساختمان در دست مطالعه از نظر مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان

۴. انجام محاسبات با کم ترین داده های ورودی توسط کاربر و استفاده بیشتر از مقادیر پیش فرض داده های بانک اطلاعاتی و صورتحساب مصرف حامل های انرژی به منظور تسریع و تسهیل کار با نرم افزار
۵. ارایه راهکار های صرفه جویی انرژی برای هر یک از سیستم های مصرف کننده انرژی
۶. تحلیل اقتصادی راهکارهای انتخاب شده توسط کاربرشامل هزینه سرمایه گذاری، میزان صرفه جویی انرژی سالانه، دوره بازگشت سرمایه
۷. نمایش و چاپ نتایج به صورت گزارش های خروجی استاندارد (۱۶) .

بهسازان

نرم افزار بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان می باشد. این نرم افزار به سفارش وزارت نیرو- معاونت امور انرژی- دفتر بهینه سازی مصرف انرژی توسط پژوهشگاه نیرو گروه انرژی و مدیریت مصرف تهیه شده است.

این نرم افزار ابزاری برای بررسی و بهینه سازی مصرف انرژی و تحلیل صرفه جویی انرژی در ساختمان های مسکونی ساخته شده و ساخته نشده در شهرهای ایران با توجه به مشخصات ساختمان، شرایط اقلیمی محل، عملکرد تجهیزات و نتایج تحلیل اقتصادی.

این نرم افزار دارای قابلیت های زیر می باشد:

- مدل سازی معماری ساختمان
- در نظر گرفتن جهت و موقعیت ساختمان
- تعریف و تغییر تیپ های اجزای ساختمان
- انجام محاسبات بارهای گرمایشی و سرمایشی
- انجام محاسبات آب گرم مصرفی
- انجام محاسبات روشنایی
- تعیین سیستم گرمایش و سرمایش بهینه
- نمایش و مقایسه نتایج محاسبات
- چاپ گزارش های جدولی و نموداری
- ارزیابی فرصت های صرفه جویی انرژی و ارایه نتایج
- تغییر قیمت مصالح، تجهیزات و حامل های انرژی (۱۷) .

بهسات

نرم افزار بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های تجاری می باشد. این نرم افزار به سفارش وزارت نیرو- معاونت امور انرژی- دفتر بهینه سازی مصرف توسط پژوهشگاه نیرو- پژوهشکده انرژی و محیط زیست تهیه شده است.

این نرم افزار ابزاری برای بررسی و بهینه سازی مصرف انرژی و تحلیل صرفه جویی انرژی در ساختمان های تجاری ساخته شده و ساخته نشده در شهرهای ایران می باشد. این نرم افزار دارای قابلیت های زیر می باشد:

- مدل سازی معماری ساختمان
- ارزیابی سازگاری ساختمان با مقررات ملی کشور
- محاسبه پارامترهای هواشناسی ساعتی برای ۴۰۰ شهر مختلف کشور
- انجام محاسبات بارهای سرمایشی برای ۷ ماه سال
- انجام محاسبات بارهای گرمایشی
- انجام محاسبات انرژی مصرفی دوره سرمایش
- انجام محاسبات انرژی مصرفی دوره گرمایش
- انجام محاسبات انرژی مصرفی تجهیزات داخلی و روشنایی در طول سال
- اعمال اثر پروفیل های زمانی کارکرد افراد تجهیزات و روشنایی
- انجام محاسبات آب سرد و گرم مصرفی
- انجام محاسبات روشنایی
- تعیین ظرفیت سیستم های تهویه مطبوع
- تعیین سیستم های گرمایش و سرمایش بهینه
- اعمال فرصت های صرفه جویی انرژی و ارزیابی نتایج

- چاپ کلیه گزارش ها در قالب جداول و نمودارها
- امکان بروز رسانی قیمت ها و ضرایب توسط کاربر (۱۸).

بحث، نتیجه گیری و پیشنهاد

۱. در موردنرم افزارهای خارجی اطلاعات جامع و کاملی موجود نمی باشد. بنابراین برای تجزیه و تحلیل و بررسی کامل قابلیت ها و نقاط ضعف و نقاط قوت آن ها احتیاج به اصل نرم افزار و اطلاعات کامل تری در مورد خود نرم افزار و حتی پروژه هایی که به وسیله آن ها انجام شده است می باشد.

۲. مشکلی که در مورد استفاده از نرم افزارهای خارجی وجود دارد در کاربرد آن ها در ایران می باشد زیرا همان طور که می دانیم یکی از نکات مهم در ممیزی انرژی یک ساختمان در مورد موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی محل ساختمان می باشد. در تمامی این نرم افزارها اطلاعات آب و هوایی و شرایط جغرافیایی بسیاری از شهرهای دنیا موجود می باشد ولی در مورد شهرهای ایران چیزی آورده نشده است، البته در نرم افزار CARRIER فقط شهر تهران موجود می باشد که این به تنهایی کفایت نمی کند، به عنوان مثال در نرم افزار بهسات علاوه بر این که اکثر شهرهای ایران موجود می باشد خود تهران نیز به پانزده ناحیه تقسیم شده است، اما در اکثر این نرم افزارها بخشی نیز برای وارد کردن اطلاعات مربوط به شهر جدید تعبیه شده است که می توان با وارد کردن این اطلاعات روند ممیزی انرژی را دنبال کرد.

۳. نکته بعدی در مورد قابلیت اطمینان و درصد خطای مربوط به نرم افزارها می باشد، نرم افزار های خارجی به مراتب قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به نمونه های داخلی دارند، میان نرم افزار های خارجی نرم افزارهایی به بیش از دو دهه تحقیق و توسعه در آن به یک نمونه جامع، کامل و دقیق رست یافته اند که درصد خطای بسیار کم و قابلیت اطمینان بالایی دارند، همچنین پروژه هایی که با آن ها انجام شده و رقابت موجود عوامل دیگر در بهبود و رشد سریع و اعتبار آن ها می باشد، ولی نرم افزارهای داخلی با سابقه اجرایی کم و تجربه اندک در این مبحث و این که تا به حال نمونه ای از پروژه های ممیزی انرژی به کمک آن ها انجام نگردیده است دارای درصد خطای بالایی می باشند، بنابراین می توانیم با تحلیل نرم افزاری یک پروژه و مقایسه آن با نتایج به دست آمده از تحلیل دستی و استفاده از رابطه زیر برای آن ها ضریب اطمینان به دست آورد.

$$\text{درصد خطا} = \frac{\left|V_r - V_S\right|}{V_r} \times 100$$

۴. نکته نهایی در موردتمامی این نرم افزارها این می باشد که در هیچ کدام از آن ها به بحث هزینه های خارجی (External costs) پرداخته نشده است.

منابع

۱. باقری، «انجام ممیزی انرژی اولین قدم برای بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع کشور»، سال ۱۳۸۱.

۲. سازمان بهینه سازی مصرف سوخت
www.ifco.com

۳. علی سوفسطائی، فتوحی، « ارزیابی پتانسیل صرفه جوئی مصرف انرژی در یک ساختمان اداری» چهارمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، ۱۳۸۴، تهران-ایران .

۴. ریما فیاض، امیر عشیری (مترجم)، بهروز محمدکاری (مترجم)، فرامرز صدر (مترجم) ، «ممیزی انرژی ساختمان های موجود و راهکارهای کاهش مصرف انرژی» نشر وزارت

مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۱۳۸۳.

۵. اصغر حاج سقطی، «بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان» اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، ۱۳۸۱، تهران-ایران .

۶. سعید امیری، محمد نقاش زادگان، «ساخت نرم افزار کامپیوتری Iran Tahvieh برای محاسبه بار حرارتی و برودتی با توجه به خصوصیات اقلیمی ایران» سازمان بهینه سازی مصرف سوخت .

7. http://www.doe2.com/
8. http://www.eere.energy.gov/
9. http://www.nrel.gov/about.html
10. http://www.sbicouncil.org/about.htm
۱۱. CARRIER SOFTWARE
12. http://www.energyauditsoftware.com
13. http://www.elitesoft.com/

۱۴. نرم افزار چک لیست انرژی مبحث نوزدهم

۱۵. نرم افزار تابش

۱۶. نرم افزار نما

۱۷. نرم افزار بهسازان

۱۸. نرم افزار بهسات

فصلنامه انسان و محیط زیست، پاییز۸۹

مقایسه قوانین و مقررات مربوط به آلودگی صوتی در ایران و چند کشور آسیایی

فرهاد دبیری[۱]
پروین نصیری[۲]
نوشین آهنربای[۳]

چکیده

به طور کلی منابع تولید کننده آلودگی صوتی به ویژه در شهرها شامل صدای ناشی از فعالیت های صنعتی، ماشین آلات و تجهیزات ساختمان سازی، وسایل نقلیه موتوری و ترافیک شامل خودروها و موتور سیکلت ها، قطارهای زیر زمینی و رو زمینی، هواپیماها، کشتی ها و قایق های موتوری و نیز صدای ناشی از فعالیت های اجتماعی است.

در برخی کشورهای آسیایی ماند چین و ترکیه و غیره تدابیر قانونی برای کنترل و رفع آلودگی صوتی صورت گرفته است و بررسی تطبیقی و مقایسه حقوقی قوانین و مقررات مربوط به آلودگی صوتی در ایران با چند کشور آسیایی می تواند زمینه مناسبی برای یافتن کاستی ها و مشکلات موجود برای کنترل آلودگی صوتی در ایران و کلان شهر تهران باشد. این مقاله با هدف شناسایی این کاستی ها از طریق بررسی وضعیت حقوقی آلودگی صوتی در ایران و مقایسه آن با چند کشور آسیایی دنیا انجام شده است.

واژه های کلیدی: آلودگی صوتی، قوانین و مقررات، وضعیت حقوقی

۱- استادیار د گروه حقوق محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.
۲- استاد گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران .
۳- کارشناس ارشد حقوق محیط زیست- دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

گر چه سر و صدا همیشه مسئله مهمی برای بشر بوده است با این وجود مشکلات ناشی از سر و صدا در گذشته قابل مقایسه با جامعه مدرن نمی باشد. تعداد زیادی از ماشین ها به طور منظم از شهرها و حتی در نواحی روستایی عبور و مرور می کنند، کامیون ها با بار سنگین با موتورهای دیزلی که صدای موتور و لوله اگزوز آن ها به خوبی کنترل نشده اند در شهرها و آزاد راه ها روز و شب در حال تردد می باشند، صدای ناشی از هواپیماها، قطارها، صنایع و ساختمان سازی و فعالیت های اجتماعی نیز به صدای محیط اضافه شده اند. مقررات مربوط به آلودگی صوتی، شامل قوانین یا دستورالعمل‌هایی است که در زمینه انتشار سر و صدا، در سطوح ملی، ایالتی یا استانی و شهرها تصویب شده است، از آن جا که به نظر می رسد قوانین و مقررات ایران در قبال انتظاراتی که در شرایط فعلی وجود دارد باکاستی ها و مشکلاتی مواجه است این تحقیق با هدف شناسایی وضعیت موجود نواقص حقوقی به منظور کنترل آلودگی صوتی در تهران بزرگ از طریق بررسی و مطالعات تطبیقی وضعیت حقوقی آلودگی صوتی در ایران و چند کشور آسیایی دیگر انجام شده است.

الف: بیان وضعیت موجود در قوانین

۱- قوانین و مقررات مربوط به آلودگی صوتی در ایران

در قوانین و مقررات ایران، مسئله آلودگی صوتی در قانون حفاظت و بهسازی مصوب ۱۳۵۳ و ماده ۱۰۴ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی وفرهنگی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۱۳۷۹ که مطابق ماده ۷۱ قانون برنامه چهارم توسعه برای سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ نیز تنفیذ گردید به صورت ضمنی، در ماده ۲۷ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴، آئین نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی مصوب ۱۳۷۸ و ماده ۸ و جدول ۵ آئین نامه اجرایی بند (ج) ماده ۱۰۴ قانون برنامه سوم توسعه مصوب ۱۳۷۹ صراحتاً مسئله آلودگی صوتی مورد توجه قرار گرفته است.

همچنین مصوبه شورای عالی محیط زیست شماره ۲۳۶ راجع به حد مجاز آلودگی صدا در هوای آزاد ایران مصوب ۱۳۸۱ و مصوبه پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت صنایع و معادن در ارتباط با تعیین حد مجاز آلودگی صوتی در خودروهای تولید داخل مورخ ۱۳۸۴ در خصوص آلودگی صوتی تدوین گردیده است.

علاوه بر این در قانون شهرداری ها مصوب ۱۳۳۴(بند۲۰- اصلاحی)، قانون راجع به مجازات حمل چاقو و انواع سلاح سرد و اخلال در نظم و امنیت و آسایش عمومی ۳۶/۰۳/۲۸ (ماده۲)، آئین نامه راهنمایی و رانندگی ۱۸/۰۷/۱۱، اصلاح آئین نامه امور خلافی ۲۴/۰۰/۰۰ ، آئین نامه راجع به نصب و استفاده از بلندگو ۳۹/۰۷/۰۴ و اصلاح آئین نامه راهنمایی و رانندگی ۴۷/۰۲/۱۸ نیز مسئله آلودگی صوتی مورد توجه قرار گرفته که قابل استناد نمی باشد (۱و۳) .

از این میان آئین نامه اجرایی جلوگیری از آلودگی صوتی مشتمل بر ۱۳ ماده و ۶ تبصره مشخص ترین قاعده حقوقی کشورمان در زمینه جلوگیری از آلودگی صوتی می باشد.

در ماده ۱ این آئین نامه به تعاریف پرداخته شده و در بند ۴ آن برای نخستین بار واژه (دسی بل dB) عنوان شده است. در ماده ۳ مسئولیت شناسایی منابع آلوده کننده به عهده سازمان محیط زیست گذاشته شده و اقدامات سازمان در این خصوص ذکر گردیده است.

در ماده ۴ وظیفه سازمان محیط زیست در قبال آلودگی کارخانجات و عاملان این آلودگی عنوان شده در خصوص بازرسی در جهت اجرای وظایف قانونی سازمان و اطمینان از رعایت مفاد احکام ماده ۵ صحبت شده و درتبصره این ماده جریمه و مجازات ناشی از عدم همکاری عاملین آلودگی با سازمان به استناد ماده ۳۰ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا ذکر شده است.

از ماده ۶ تا ۸ در خصوص قوانین مرتبط به منابع آلاینده متحرک (وسایل نقلیه) صحبت شـــده و در مـــاده ۷ به مجازات های ناشی از عدم رعایت حدمجاز آلودگی صوتی به استناد ماده ۳۲ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا اشاره شده و در ماده ۸ وظیفه تولیدکنندگان، سازندگان و واردکنندگان وسایل نقلیه موتوری و قطعات آن ها توضیح داده شده و تکمیل کننده ماده قانونی قبل است.

در ماده ۹ با وجود این که در ماده ۶ تا ۸ تمام وسایل نقلیه موتوری ذکر شده اند قانون گذار مجبور شده در این ماده قائل به تفکیک شده و در خصوص هواپیماها و تردد آن ها در آسمان ایران یا فرودگاه های آن را ملزم به رعایت ضوابط و استانداردهای سازمان هوانوردی بین المللی ICAO نماید و رسیدگی به شکایات آن و نظارت بر اجرای این ماده را به عهده ICAO بگذارد. در ماده ۱۰ در خصوص لزوم انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی برای محل فرودگاه ها و وسایل نقلیه موتوری سنگین صحبت شده و انجام این ارزیابی براساس الگوی مصوب شواریعالی حفاظت محیط زیست و تایید سازمان برای استقرار در محل مناسب از جهت رعایت حدمجاز آلودگی صوتی می باشد.

در ماده ۱۱ و ۱۳ قانون گذار به صورت جزیی تر در خصوص استقرار و فعالیت واحدهای آلاینده صوتی صحبت کرده و به مجازات های مقرر در ماده ۳۲ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا را در صورت عدم رعایت حدمجاز آلودگی صوتی اشاره شده است.

۲- قوانین و مقررات مربوط به آلودگی صوتی در کشور ترکیه

قانون خاص در این کشور درخصوص آلودگی صوتی مشتمل بر ۳۴ ماده بوده که در آن قانون گذار به صورت مفصل و مجزا در خصوص هریک از منابع آلاینده مقررات مربوط به آن را ذکر نموده است و سپس در قالب ۷جدول و یک ضمیمه استاندارد های مربوط به آلودگی صوتی در منابع مختلف ذکر شده است.

بخش اول این قوانین شامل مقررات عمومی است که در آن هدف، حیطه مشمول و تعاریف و مبانی قانونی و... تعریف شده اند و تعاریف به صورت تخصصی و مفصل توضیح داده شده است و سپس عملکرد، اختیار و مسئولیت اجرای این قانون ذکر گردیده است.

در بخش دوم منابع سر و صدا به صورت تقسیم بندی شده شامل قوانین بزرگراه ها، خودرو های بزرگراهی، ماشین آلات صنعتی، راه سازی و ساختمان سازی و هواپیما و خط آهن ذکر شده است.

در بخش سوم قانون گـــذار قوانیـــن حاکم بر محل های سکونتی، ساختمان سازی و مواد را توضیح داده و در بخش چهارم قوانین مربوط به دیگر ممنوعیت های سر و صدا مانند اخذ مجوز برای بازگشایی مجدد صنایع پر سر و صدا، تمهیدات لازم را برای کنترل سر و صدا ایجاد شده در زمان های ساخت و ساز و صدای موسیقی و . . . به صورت جزیی ذکر شده و در بخش پنجم مقررات متفرقه مانند موارد خاص، بازرسی ها و مجازات های تخطی از مواد این قانون عنوان شده است .

در مجموع قوانین کشور ترکیه تقریباً قوانین کاملی بوده که در آن با ذکر جزییات منابع مختلف سر و صدا تقسیم بندی گردیـــده و قوانین مرتبط به هریک از آن ها و مجازات های تخطی از آن ها را توضیح داده شده است.(۷)

۳- قوانین و مقررات مربوط به آلودگی صوتی در کشور چین

قانون مربوط به آلودگی صوتی در کشور چین مشتمل بر ۶۴ ماده است که در ۸ فصل گنجانده شده است. بخش اول در خصوص مقررات عمومی است. بخش دوم مربوط به پیشگیری و کنترل آلودگی صوتی محیطی و نظارت برآن است. بخش سوم مربوط به پیشگیری و کنترل آلودگی صوتی صنعتی بوده و بخش چهارم درخصوص پیشگیری و کنترل آلودگی صوتی ساختمانی است. در بخش پنجم مواد قانونی در خصوص پیشگیری و کنترل آلودگی صوتی ناشی از ترافیک ذکر شده و در بخش ششم آلودگی صوتی ناشی از فعالیت های اجتماعی مورد توجه قرار گرفته است. بخش

هفتم شامل تمهیدات و جرائم قانونی مربوط به این مقررات ذکر شده و در فصل هشتم مفاد تکمیلی مورد توجه قرار گرفته است. قوانین کشور چین در خصوص آلودگی صوتی، قوانین کاملی بوده که با ذکر جزییات اکثر منابع آلاینده ثابت و متحرک را در برگرفته و جرائم ناشی از تخطی از این موارد قانونی را نیز ذکر نموده است. (۸)

۴- قوانین و مقررات مرتبط به آلودگی صوتی در کشور ژاپن

درکشور ژاپن از سال ۱۹۸۳ که حدود ۳۲/۷٪ شکایات و دعاوی مربوط به مشکلات ناشی از آلودگی صوتی بود، قوانین نسبتاً کاملی درخصوص هریک از منابع آلاینده صوتی تدوین گردید و قوانین موجود مورد بازنگری قرار گرفت.

در ژاپن بیشترین آلودگی صوتی مربوط به صدای ناشی از صنایع می باشد و پس ازآن صدای ناشی از وسایل نقلیه به عنوان یک مسئله ملی پس از دهه ۶۰ مورد توجه قرار گرفت.

در حال حاضر صدای ناشی از ترافیک تحت کنترل قوانین ترافیک جاده ای و استاندارد های ایمنی وسایل نقلیه جاده ای و حمل و نقل و صدای ناشی از کارخانه ها و کارگاه های ساختمانی نیز تحت کنترل قوانین جاری قراردارند.

جداولی به عنوان حد مجاز صدای حاصل از صنایع ویژه، ساختمان سازی و وسایل نقلیه درقوانین این کشور موجود است. مقامات مسئول اجرا و نظارت این قوانین و جرائم ناشی از تخطی از مقررات دراین قوانین دیده می شود. با توجه به شکایات مردم نسبت به آلودگی صوتی دراین کشور و پرداخت غرامت های زیاد دولتی به آزاردیدگان آلودگی صوتی، لزوم تدوین قوانین جامع دراین کشور از چند دهه پیش مورد توجه قرار گرفته است (۴).

۵- قوانین و مقررات مربوط به آلودگی صوتی در کشور هند

درخصوص قوانین مربوط به آلودگی صوتی در این کشور نکته قابل توجه این است که پیش نویس این قوانین یکسال قبل از انتشار در روزنامه رسمی طبق اخطاریه وزارت محیط زیست و جنگلبانی هندوستان منتشر گردید و از تمام افرادی که تحت تاثیر این قوانین قرار می گرفتند دعوت شد تا قبل از انقضای دوره ۶۰ روزه از تاریخ انتشار اخطاریه در روزنامه رسمی اعتراضات و پیشنهادات خود را ارایه دهند بنابراین اعتراضات و پیشنهادات دریافتی مربوط به این پیش نویس قوانین به موقع و مطابق موازین قانونی توسط دولت مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. سپس در سال ۲۰۰۰ قانون آلودگی صوتی (مقررات کنترل) منتشر و لازم الاجرا گردید.

در این قانون که دارای ۸ ماده بوده پس از کلیات آن در ماده ۱، به تاریخ انتشار و تعاریف آن در ماده ۲ اشاره شده است سپس درماده ۳ استانداردهای کیفیت هوای محیط مربوط به سر و صدا برای نواحی و مناطق مختلف توضیح داده شده و در ماده ۴ قانون گذار به مسئولیت در قبال اجرای استانداری های کنترل آلودگی صوتی پرداخته است. ماده ۵ درخصوص محدودیت های مرتبط به بلندگوها در اماکن عمومی است و ماده ۶ درخصوص عواقب نقص قوانین در نواحی و مناطق حساس به صدا می باشد. ماده ۷ نحوه ارایه شکایت به مقامات مسئول را توضیح داده و در ماده ۸ به حدود اختیارات برای جلوگیری از تداوم صدای موسیقی یا سر و صدا و غیره اشاره شده است.

دراین قانون در خصوص صدای ناشی از صنایع، ساختمان سازی و وسایل نقلیه و . . . به صورت اختصاصی توضیحاتی ارایه نگردیده ولی مطابق استاندارد ارایه شده در ماده ۳ تمام منابع مختلف ایجاد کننده سر و صدا ملزم به رعایت آن هستند. (۵و۶)

در جدول زیر خلاصه ای از موضوعات مطروحه در قوانین و مقررات کشورهای مورد مطالعه ذکر گردیده است.

ب- بحث و مطالعه تطبیقی بین قوانین و مقررات اشاره شده

جدول ۱- موضوعات مطروحه در قوانین و مقررات ایران و چند کشور آسیایی

ردیف	موضوع مطروحه در قوانین و مقررات	ایران	ترکیه	چین	ژاپن	هند
۱	آلودگی صوتی ناشی از تجهیزات، ماشین آلات صنعتی،راه سازی، ساختمان سازی	_	*	*	*	_
۲	آلودگی صوتی ناشی از تراز صدای ساختمان سازی	_	*	*	*	_
۳	آلودگی صوتی ناشی از خودروهای بزرگراهی	*	*	*	*	_
۴	صدای خودروهای درحال تردد در محل های عمومی	*	*	*	*	_
۵	استفاده از بوق و دیگر اجزای تولید کننده صدا	_	*	*	*	_
۶	تراز صدای داخلی خودروها	_	*	_	_	_
۷	آلودگی صوتی ناشی از سرو صدای هواپیما	*	*	*	*	_
۸	سرو صدای قطارهای درون شهری و برون شهری و زیر زمینی	_	*	*	_	_
۹	سرو صدا در محل کارخانه ها	*	*	*	*	_
۱۰	بازرسی از وضعیت صدا در محل کارخانه ها	*	*	*	*	_
۱۱	تعهد کارفرما به استفاده از وسایل محافظت شنوایی	_	*	_	_	_
۱۲	آلودگی صوتی ناشی از ساختمان سازی و مواد	_	*	*	*	_
۱۳	حدود صدای ترافیک در مناطق مسکونی	_	*	*	*	_
۱۴	استفاده از هرگونه مواد آتش زا، ترقه و .. در محل های عمومی راه ها و مناطق مسکونی	_	*	_	_	*
۱۵	آلودگی صوتی در فضای داخلی ساختمان های مسکونی	_	*	*	_	_
۱۶	پروژه های معماری با توجه به مناطق حساس به صدا و منابع صدای داخل ساختمان	_	*	*	_	_
۱۷	استفاده از ابزار موسیقی با ارتعاش خارج از محدوده بی خطر برای انسان و ساختمان	_	*	*	_	*
۱۸	استفاده از هرگونه تبلیغ با صدای بلند یا بلندگو در مناطق مسکونی، تجاری در خارج از فضاها و زمان های معین	_	*	*	_	*
۱۹	سطوح صدای موسیقی تقویت شده الکترونیکی در محل های عمومی	_	*	_	_	*

* حکم این موضوع به صورت صریح در قوانین کشور مورد نظر دیده شده است.

_ حکم این موضوع در مواد قانونی کشور مورد نظروجود نداشت یا یافت نشود

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود ترکیه و چین دارای قوانین مفصلی در خصوص آلودگی صوتی بوده که تمام منابع آلاینده صوتی را در این کشورها پوشش می دهد ولی موضوعات مطرح شده در قوانین و مقررات ایران تمام منابع آلاینده را پوشش نداده و در آئین نامه نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی نیز تنها مقرراتی در خصوص آلودگی صوتی ناشی از صنایع و وسایل نقلیه موتوری به صورت کلی مطرح گردیده و در خصوص صدای ناشی از فعالیت های اجتماعی، ساختمان سازی، و ترافیک هوایی و دریایی قوانین و مقرراتی وجود ندارد همچنین در خصوص مجازات های ناشی از تخطی از این مقررات نیز به قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا استناد گردیده است، همچنین در ماده ۸ آئین نامه اجرایی بند (ج) ماده ۱۰۴ قانون برنامه سوم توسعه نحوه محاسبه جریمه آلودگی صوتی تعیین شده در صورتی که برای بسیاری از منابع آلاینده در کشور استانداردی تدوین نشده که افزایش از آن حد استاندارد مبنای محاسبه جریمه باشد.

هرچند تاکنون ۲ استاندارد شامل حد مجاز صدا در هوای آزاد ایران و حدمجاز آلودگی صوتی در خودروهای تولیدداخل است به ترتیب در سال های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ تصویب گردیده است ولی در خصوص دیگر منابع آلاینده صوتی مانند صدای ناشی از فعالیت های ساختمان سازی و شهرسازی، صنایع و غیره استانداردی تدوین و لازم الاجرا نشده است.

ج- جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به بررسی ها و تحلیل های انجام شده، قوانین و مقررات ایران باکاستی ها و مشکلاتی مواجه است و قوانین و مقررات موجود در خصوص آلودگی صوتی در کشور از کفایت لازم برخوردار نبوده و تجدید نظر در آن و برطرف نمودن مشکلات آن ضروری به نظر می رسد بعضی از نواقص موجود در قوانین و مقررات ایران شامل موارد زیر می باشد:

- عدم وجود قانون خاص با ضمانت اجرایی کافی
- عدم وجود مطالعات مربوط به آلودگی صوتی در شهرهای کشور
- عدم تدوین و تصویب استانداردهای مربوط به آلودگی صوتی ناشی از منابع مختلف ثابت و متحرک توسط مراجع ذی صلاح
- عدم الزام رعایت تمهیدات کنترل صدا در زمان ساخت و ساز راه های درون شهری و بزرگراه ها و عملیات تخریب ساختمان ها در مناطق مسکونی مانند استفاده از سدهای اکوستیکی و اصلاح نفوذ پذیری ساختمان ها در برابر اصوات، اجرا ضوابط کنترل صدا در ساختمان ها، هنگام ساخت، الزام استفاده از مواد اکوستیکی در ساختمان های نوساز یا در تعمیرات ساختمان های قدیمی ساز جهت کنترل صدای داخلی و خارجی منازل. (عدم الزام در رعایت مباحث مقررات ملی ساختمان)
- عدم الزام در اطلاع رسانی و فرهنگ سازی عموم مردم از صدمات ناشی از آلودگی صوتی

در نتیجه لازم است یک چهارچوب قانونی جامع تر به عنوان پیش نویس قانون نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی که در بر گیرنده آلودگی صوتی ناشی از تمام منابع آلاینده ثابت و متحرک و شامل فصول زیر:

۱. مقررات عمومی (اهداف، مبانی حقوقی، تعاریف، حیطه شمول، عملکرد، اختیار و مسئولیت)
۲. آلودگی صوتی ناشی از ساختمان سازی،راه سازی و شهر سازی
۳. آلودگی صوتی ناشی از ترافیک (زمینی، هوایی، دریایی و ریلی)
۴. آلودگی صوتی ناشی از صنایع
۵. آلودگی صوتی ناشی از فعالیت های اجتماعی

باشد و به عنوان یک قانون مستقل پاسخگوی نیازهای جامعه در جهت پایش، کاهش و کنترل آلودگی صوتی با ضمانت اجرایی کافی باشد تدوین، تصویب و به مورد اجرا گذاشته شود.

منابع

۱. دفتر حقوقی و امور مجلس، سال ۱۳۸۳، مجموعه قوانین و مقررات محیط زیست، جلد اول، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست

۲. ضوابط و استانداردهای محیط زیست، سال ۱۳۷۸، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست

۳. مکرم، علی، سال ۱۳۸۶، بانک اطلاعات قوانین کشور

۴. نصیری، پروین، سال ۱۳۷۴، طرح جامع کاهش آلودگی صوتی

5. Ministry of Environment and Forests Notification, 2001, Pollution Control Acts, Rules and Notifications issued there under. India; Central Pollution Control Boara, CPCB, P 148-172.
6. Prasad Tripathy.D, 2000, Noise Pollution, New Delhi: Corporation.
7. Saclogiu, Trans. Ginger Taylor, 1990, Regulations Related to the Turkish Environment Law. Turkish: under Matbaa printing.
8. Law of the People's Republic of China on Prevention and Control of Pollution From Environmental Noise /china.org

فصلنامه انسان و محیط زیست، پاییز۸۹

ارزیابی توان اکولوژیک حوضه آبخیز زاخرد جهت توسعه اکوتوریسم با استفاده از GIS

سولماز دشتی[۱]

Solmazdashti@yahoo.com

سید مسعود منوری[۲]

سید محمود شریعت[۳]

غلامرضا سبزقبائی[٤]

چکیده

ارزیابی توان اکولوژیک به عنوان پایه ای برای تصمیم گیری و برنامه ریزی استفاده از سرزمین در تمامی نقاط جهان به کار گرفته می شود.این امر به دلیل ضرورت انتخاب عملکرد و مکان های بهینه آن در برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست برای دست یابی به توسعه پایدار اتفاق می افتد.

در این تحقیق ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه آبخیز زاخرد با وسعتی معادل۸۲/۲۳ کیلومتر مربع که در قسمت شمال غرب شهرستان شیراز و شرق شهرستان کازرون در استان فارس واقع گردیده است صورت پذیرفت.

در ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه زاخرد از روش مک هارگ (Mc Harg)، استفاده شده است. پیرو ارزیابی توان سرزمین نوعی مدل لازم خواهد بود که در این مطالعه از مدل اکولوژیکی مخدوم و به منظور ارتقاء مدیریت کنونی سرزمین برای تعیین کاربری اکوتوریسم منطقه از ابزار توانمند و دقیق GIS استفاده شده است .در قالب این مطالعات، ابتدا منابع اکولوژیکی (فیزیکی و بیولوژیکی) منطقه شناسایی گردید. داده های رقومی و به همراه دیگر داده های توصیفی برای ایجاد پایگاه داده ها، به سامانه Arcview داده شد. سپس با تلفیق و رویهم گذاری لایه های اطلاعاتی، در سامانه مذکور نقشه یگان های اکولوژیکی منطقه به همراه جدول ویژگی های واحد، ایجاد و نسبت به ارزیابی توان منطقه اقدام و مناطق مستعد برای توسعه اکوتوریسم مشخص گردید. نتیجه بررسی نشان می دهد که با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای اکولوژیکی ۰/۹۴ ٪ اراضی با مساحتی کمتراز یک کیلومتر مربع برای تفرج متمرکز و ۲۴ ٪ اراضی با مساحتی معادل ۱۹/۷۲ کیلومتر مربع جهت تفرج گسترده مناسب می باشند.

واژه های کلیدی: ارزیابی توان اکولوژیک، حوضه زاخرد، اکوتوریسم، GIS

---

۱ - کارشناسی ارشد علوم محیط زیست _ ارزیابی و آمایش سرزمین دانشگاه آزاد اسلامی ،واحد علوم و تحقیقات اهواز.

۲ - استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۳ - استاد دانشکده بهداشت ،دانشگاه علوم پزشکی تهران.

۴ - مدرس دانشگاه آزاد اسلامی اهواز ،دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

مقدمه

به موازات پیشرفت های علمی و تخصصی، توجه به مسایل محیط زیستی جهت ممانعت از زوال و به خطر افتادن منابع و منافع زیست محیطی انسان ها، از نیمه دوم سده بیستم به عنوان یکی از اولویت های دست یابی به توسعه پایدار مدنظر مجامع علمی و اجرایی واقع شد. از این بین تحقیقات زیست محیطی برای درک بهتر پتانسیل منطقه در جهت توسعه و ساماندهی کاربری های حاضر و برنامه ریزی توسعه آتی منطقه یکی از مهم ترین چارچوب های توجه به مسایل زیست محیطی محسوب می شود (۱) .

ارزیابی توان اکولوژیک فرآیندی است که تلاش دارد از طریق تنظیم رابطه انسان با طبیعت، توسعه ای در خور و هماهنگ با طبیعت را فراهم سازد. در واقع این ارزیابی گامی مؤثر در جهت به دست آوردن برنامه ای برای توسعه پایدار اطلاق می شود، چرا که با شناسایی و ارزیابی خصوصیات اکولوژیک در هر منطقه برنامه های توسعه ای می توانند همگام با طبیعت برنامه ریزی شوند و طبیعت خود استعدادهای سرزمین را برای توسعه مشخص می کند. لذا ارزیابی توان اکولوژیک به عنوان پایه و اساس آمایش سرزمین و یا طرح ریزی محیط زیستی برای کشورهایی که در صدد دست یابی به توسعه پایدار همراه با حفظ منافع نسل های آتی می باشند، اجتناب ناپذیر خواهد بود (۲).

ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین برای این منظور انجام می گیرد که حداکثر یگانگی و سازگاری کاربری با توان بالقوه سرزمین در یک گستره مشخص(که معمولاًیک حوضه آبریز یا آبخیز در نظر گرفته می شود) نمایان گردد به عبارت دیگر، برای ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین، باید « نیازهای کاربری مورد نظر» و «کیفیت زمین» مورد مطالعه و مقایسه قرار گیرند(۳).

امروزه طبیعت گردی به صورت یکی از مهم ترین فعالیت های اقتصادی، تفریحی، فرهنگی و سیاسی درآمده است، اگر بر پایه تدابیر و قوانین و بر مبنای برنامه ریزی و آمایش عقلایی استوار نباشد می تواند به صورت یکی از عوامل مخرب طبیعت و چشم اندازهای زیبای جغرافیایی درآید و به این وسیله ضایعاتی جبران ناپذیر بر جوامع انسانی وارد می کند .اثرات منفی جهانگردی می تواند بر سواحل دریا و کناره رود باشد، آلودگی جنگل ها و پارک ها و دشت ها و آلودگی جوی و صوتی را نیزبه دنبال داشته باشد(۴).

توسعه صنعت گردشگری در کشوربه عنوان یکی از ابعاد توسعه مطرح شـــده است. برای حفاظت محیط زیست نیاز به ایجـــاد تعادل بین گردشـــگری و منـــاطق طبیعی می باشد(۵).

سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS با توانایی که در پیوند بین خصوصیات محیطی و علوم رایانه ای دارند، ارزیابی دقیق منابع اکولوژیک را در جزئی ترین سطوح، با حجم و پیچیدگی بسیار زیاد امکان پذیر می نماید. این ابزار با قدرت تلفیق اطلاعات مختلف و ایجاد نقشه هایی که نمایانگر فصل مشترک چند شرط مختلف هستند، قابلیت زیادی را در برنامه ریزی و ارزیابی فراهم می گرداند. همچنین بسیاری از مشکلات و عدم کارآمدی های کارکرد دستی را برطرف می سازند. لذا با توجه به این خصوصیات، GIS را می توان وسیله ای بسیار کارآمد در علوم محیط زیستی و منابع طبیعی دانست که در ایران درخور استفاده وکاربری بیشتر و شایسته تر می باشد (۶).

مواد و روش ها

ارزیابی از روش های کارآمد در تحقیقات علمی به ویژه در زمینه محیط زیست است. مهم ترین کار در ارزیابی کمک به معیارهای علمی و منطقی برای ارزیابی کیفیات موضوع یا زمینه مورد تحقیق است(۷).

برای ارزیابی تـوان اکولوژیـک حوضـه آبخیـز زاخـرد از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است، اسـاس کار بر پایـه روش روی هـم گـذاری مـک هـارگ جهـت تلفیـق اطلاعات اکولوژیک به وسیله GIS می باشد. روش مـک هـارگ را می توان تجزیه و تحلیل محیط زیست با تشـخیص عوامـل و پدیده های تشکیل دهنـده آن، تهیـه نقشـه از آن هـا، تلفیـــق

نقشه های مربوطه و وزن دهی به واحدهای بـه دسـت آمـده در نقشه، با توجه به معیارهـای مشـخص شـده بـرای هـر کـاربری دانست (۸).

در بررسی حاضر، فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک بـه شـرح زیـر انجام شد:

الف)شناسایی منابع مطالعاتی:

منابع مورد نیاز بـرای ارزیـابی تـوان اکولوژیـک شـامل منابع فیزیکی و بیولوژیکی می باشند که با هم منابع اکولوژیـک را تشـکیل مـی دهنـد. شناسـایی پارامترهـا از میـان منـابع اکولوژیکی در نظرگرفته شده است (جدول ۱).

جدول ۱- فهرست داده های اکولوژیکی

منابع اکولوژیکی
شکل زمین (ارتفاع از سطح دریا،در صد شیب،جهت شیب)
شبکه هیدروگرافی
منابع اراضی وخاکشناسی:
(تیپ ها و واحدهای اراضی ،ویژگی های واحد های اراضی)
زمین ساخت و زمین شناسی :
(واحد های زمین شناسی، حساسیت سازند ها به فرسایش،
پهنه بندی خطر نسبی زمین لرزه «تکتونیک منطقه»)
پوشش گیاهی (تیپ و تراکم پوشش گیاهی)
اقلیم
منابع آب(آب سطحی ، آب زیرزمینی)
زیستگاه و پراکنش حیات وحش

ب) تهیه نقشه های منابع اکولوژیک به وسیله GIS

پـس از شناسـایی منـابع اکولوژیـک، نقشـه پـردازی اطلاعات توسط GIS صورت گرفـت.گـام اولیـه بـرای تهیـه نقشه ها، ورود اطلاعات خصوصیات اکولوژیک است. داده هـایی که باید در یک سیستم وارد گردند دو نوع هستند۱) داده هـای مکانی و۲) داده های توصـیفی(غیرمکـانی). دراین مقالـه بـرای ایجاد نقشه ها از دو روش ثبت توسـط صـفحه کلیـد و رقـومی کردن digitizing برای ورود داده ها استفاده گردید(۹).

در ثبت توسط صفحه کلیـد ثبـت دسـتی داده هـا در یک ترمینال رایانه ای صورت گرفـت. بـرای رقـومی کـردن، نقشه های تهیه شده به صورت پلات کاغذی به اسکنر داده شده که پس از طی مراحلی در نرم افزارهای Auto cad ، دیجیتالی گردید و به صورت فایل در اختیار برنامه نرم افزاری Arcview قرارگرفت. در رقـومی کـردن دسـتی(Manual digitizing)، نقشه بر روی یک میز رقومی ساز چسبانده شده و از یک وسیله به نام اشـاره گـر pointing بـرای ترسـیم عـوارض نقشـه هـا استفاده گردید.

در این مراحل نقشه های شکل زمین (ارتفاع، در صـد شیب و جهت شیب)، خاک شناسی، پوشـش گیـاهی، زیسـتگاه حیات وحش، زمین شناسی و تکتونیک در محـیط نـرم افـزاری تهیه گردید.

ج) جمع بندی

جهت ارزیابی تـوان اکولوژیـک بایـد اطلاعـات منـابع اکولوژیک حوضه با هم تلفیق گردند.به همین دلیـل لایـه هـای

اطلاعاتی (نقشه ها) به ترتیب زیر و با دستور Overlay تلفیق شده و در نتیجه نقشه ای که بیانگر تمامی خصوصیات لایه های تلفیق شده است به دست آمد.

۱. تلفیق نقشه طبقات ارتفاعی با نقشه در صد شیب (ایجاد نقشه مقدماتی شکل زمین)
۲. تلفیق نقشه مقدماتی شکل زمین با نقشه جهت شیب (ایجاد نقشه شکل زمین)
۳. تلفیق نقشه شکل زمین با نقشه تیپ خاک (ایجاد نقشه واحد های محیط زیستی پایه یک)
۴. تلفیق نقشه واحد های محیط زیستی پایه یک با نقشه تیپ های گیاهی (ایجاد نقشه واحد های محیط زیستی پایه دو)
۵. تلفیق نقشه واحد های محیط زیستی پایه دو با نقشه تراکم پوشش گیاهی (ایجاد نقشه نهایی واحد های محیط زیستی)
۶. تکمیل جدول واحد های محیط زیستی با اطلاعات مربوط به زمین شناسی،زلزله خیزی ، اقلیم، شبکه هیدروگرافی.

د)کد گذاری واحد های محیط زیستی

از فرمول دو ترکیبی مخدوم ،۱۳۸۰ برای کدگذاری یگان های محیط زیستی استفاده شد تا از این طریق نوع ترکیب منابع معلوم گردد. این فرمول عبارت است از :

$$E=j(I-1)+ji$$

E : کد یا شماره واحد ترکیب شده

j : تعداد کل طبقات نقشه زیرین

I : شماره طبقه نقشه رویی

ji : شماره طبقه نقشه زیرین

ه)ارزیابی توان محیط برای اکوتوریسم

ارزیابی توان محیط زیست برای هر کاربری از مقایسه موجودی منطقه مورد بررسی (ویژگی های یگان های محیط زیستی) با مدل اکولوژیکی آن کاربری به عمل می آید. مدل های اکولوژیکی که برای کاربری متعدد در شرایط ایران ساخته شده اند برای هر کاربری ویژگی های جداگانه ای دارند، هرچند در هسته مدل به همدیگر شبیه اند (۱۰).

تمامی پارامترها در مدل اکولوژیکی هموزن نیستند. اولویت بر حسب اهمیت به ترتیب عبارت است از:۱)شیب ۲)سنگ و خاک ۳) جهت جغرافیایی ۴) آب ۵) گیاه ۶) اقلیم و آب و هوا . این قاعده بدان معنی می باشد که اگر شیب واحد محیط زیستی برای تفرج مناسب نبوده از مقایسه سایر پارامترها خودداری کرده و اصولاً ارزیابی متوقف می گردد (۳).

نتایج

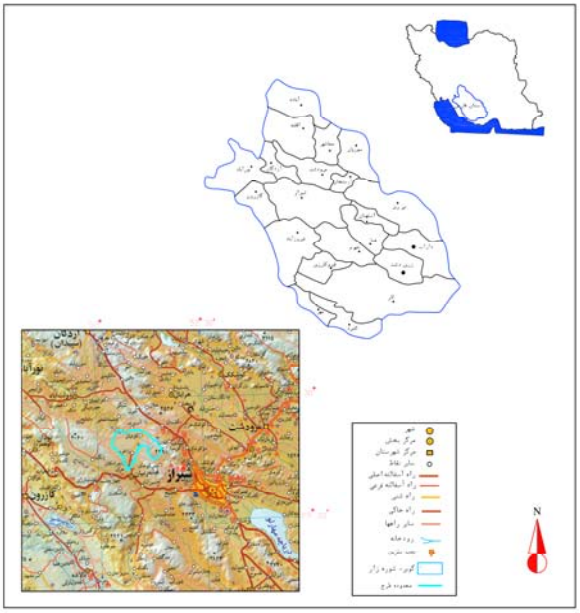
شناسایی منابع یکی از ارکان اساسی ارزیابی توان سرزمین است و بر اساس توان منطقه می توان کاربری های ممکن و مطلوب را مشخص نمود.بررسی وضع موجود محیط قبل از هر ارزیابی توان صورت خواهدگرفت و سپس براساس توان منطقه، می توان کاربری های موجود و مطلوب را مشخص نمود.

محدوده مورد مطالعه به عنوان حوضه آبخیز زاخرد با وسعتی معادل ۸۲/۲۳ کیلومتر مربع در قسمت شمال غرب شهرستان شیراز و شرق شهرستان کازرون بین عرض های جغرافیایی" ۲۱ '۴۱ ^{o} ۲۹ تا " ۲۸ '۴۸ ^{o} ۲۹ و طول های جغرافیایی " ۴۹ '۵ ^{o} ۵۲ تا" ۲ '۱۵ ^{o} ۵۲ در استان فارس واقع گردیده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

حداقل ارتفاع و حداکثر ارتفاع در حوضه به ترتیب ۱۹۸۰ و ۲۶۰۰ متر و شیب غالب آن ۰-۲ در صد می باشد. این منطقه دارای زمستان های سرد و تابستان های نسبتاً ملایم است و تیپ نیمه مرطوب سرد برای آن پذیرفته می شود.

گسترهٔ مورد مطالعه از لحاظ زمین‌شناسی در زون چین‌خوردهٔ زاگرس جای دارد و سازندهای گچساران(GS) با ۴۷/۷٪، آغاجاری (M) با ۵/۳۳٪ از گروه فارس، سازند کنگلومرایی بختیاری(BK) ۷/۵٪ و رسوبات آبرفتی (Q) با۳۹/۴٪ تمامی منطقهٔ مزبور را پوشانده‌اند. این منطقه شامل

دشت های بین کوهستانی کوچک بوده و بلندی‌های پیرامون آن به صورت سیمای کوهستانی است. عمدهٔ تپه‌های موجود در منطقه کم ارتفاع بوده و فرسایش زیادی را متحمل شده اند. به طور کلی منطقهٔ مورد مطالعه دارای سیمایی تپه ماهوری می باشد. همچنین حوضه زاخرد دارای ۵ تیپ اصلی اراضی شامل تیپ کوهستان، تپه، فلات ها و تراس های فوقانی، واریزه‌های سنگریزه‌دار بادبزنی شکل دشت های دامنه‌ای است. در جدول ۲ خصوصیات اجزاء واحد اراضی ذکر شده است. از لحاظ پوشش گیاهی، منطقه دارای ۹ تیپ مرتعی بوده و فاقد جنگل می باشد. بیشترین سطح منطقه را اراضی زراعی و تخریبی زراعی تشکیل می‌دهند و مراتع ۱۴/۵٪ ازآن را در بر می‌گیرند. از بین تیپ های گیاهی در حوضه علف ها[1] با ۴۹٪ تراکم بیشترین سطح مراتع را به خود اختصاص داده اند (۱۱).



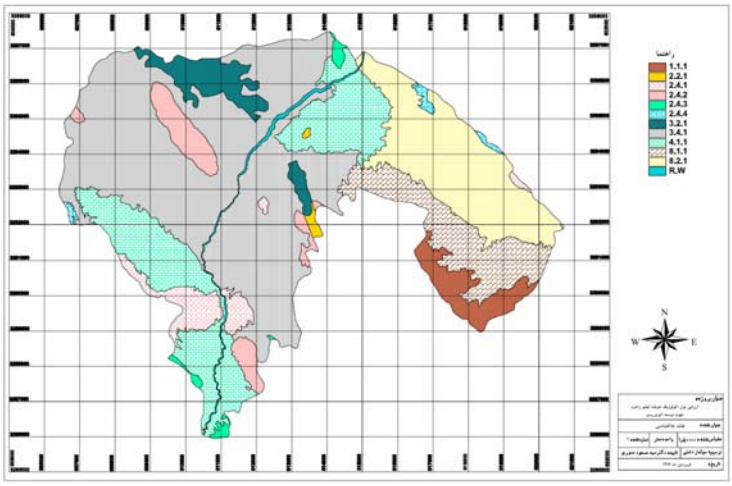
شکل۱- موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

از گونه های غالب پستانداران می توان به خرگوش،گرگ، روباه معمولی ،کفتار، روباه شنی،گربه وحشی، سمور،گراز، خارپشت ، موش خانگی اشاره نمود. سنقر سفید، سارگپه معمولی، دلیجه،کبک، تیهو، دیدومک، خروس کولی، کاکایی سرسیاه، کبوتر چاهی، فاخته، زاغی، چکاوک کاکلی، چکاوک کوچک، گنجشک خانگی، گنجشک سینه سیاه وگنجشک خاکی گونه های غالب پرنده در حوضه می باشند.

1- Grass

جدول ۲- خصوصیات اجزاء واحد اراضی حوضه زاخرد

تیپ	فیزیوگرافی	اجزاءواحد اراضی	بافت خاک	عمق خاک	ساختمان خاک
کوهستان	کوه	۱. ۱. ۱	لومی_ رسی	کم عمق	دانه بندی متوسط تا ضعیف، تحول نیافته
تپه	تپه	۱. ۲. ۲	رسی	خیلی کم عمق تا کم عمق	دانه بندی متوسط ، تحول نیافته
تپه	تپه	۱. ۴. ۲	رسی سیلتی	خیلی کم عمق	دانه بندی متوسط ، تحول نیافته
تپه	تپه	۲. ۴. ۲	رسی سیلتی	خیلی کم عمق	دانه بندی متوسط ، تحول نیافته
تپه	تپه	۳. ۴. ۲	رسی سیلتی	خیلی کم عمق	دانه بندی متوسط ، تحول نیافته
تپه	تپه	۴. ۴. ۲	رسی سیلتی	خیلی کم عمق	دانه بندی متوسط ، تحول نیافته
فلات ها و تراس های فوقانی	تپه ماهوری	۱. ۲. ۳	لومی_ رسی	نیمه عمیق	دانه بندی خوب، تحول یافته
فلات ها و تراس های فوقانی	تپه ماهوری	۱. ۴. ۳	رسی	نیمه عمیق تا عمیق	دانه بندی خوب، تحول یافته
واریزه های سنگریزه دار بادبزنی شکل	فن	۱. ۱. ۸	لومی_ رسی	کم عمق تا نیمه عمیق	دانه بندی متوسط ، نیمه تحول نیافته
واریزه های سنگریزه دار بادبزنی شکل	فن	۱. ۲. ۸	رسی	کم عمق تا نیمه عمیق	دانه بندی خوب، تحول یافته
دشت های دامنه ای	دشت مسطح	۱. ۱. ۴	رسی	عمیق	دانه بندی خوب، تحول یافته

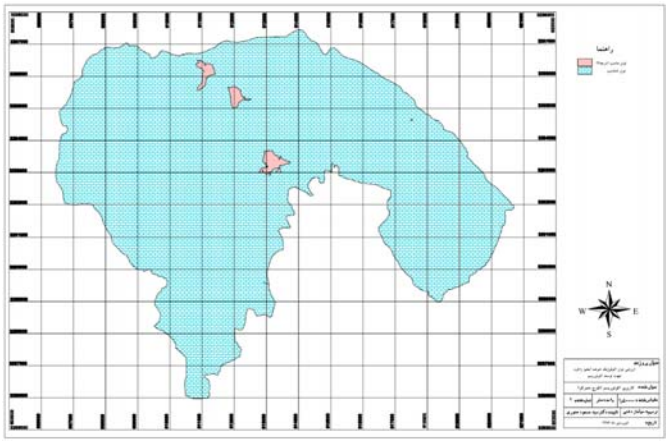


نقشه ۱- خاکشناسی حوضه آبخیز

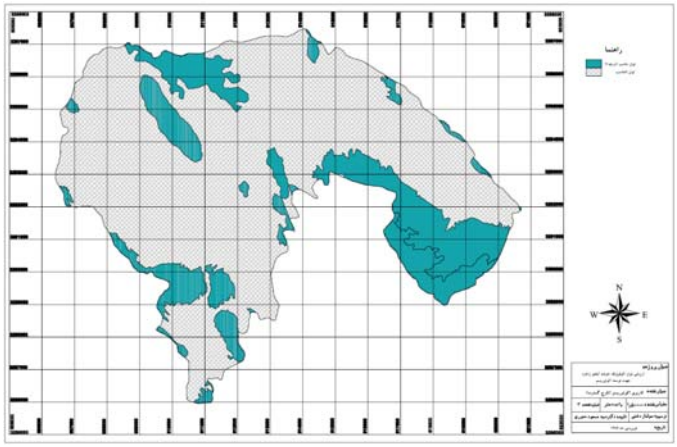
بحث و نتیجه گیری

از ۷۵ یگان محیط زیستی ایجاد شده در منطقه مساحتی معادل ۰/۷۷۳ (Km^2) توان مناسب (درجه ۲) و مساحتی معادل ۸۱/۴۵۷ (Km^2) توان نامناسب جهت تفرج متمرکز را بخود اختصاص داده اند. سطح بیشتر حوضه توسط

خاک رس کم عمق پوشیده شده است و به همین علت منطقه برای تفرج متمرکز نامناسب می باشد. پارامتر خاک برای تفرج گسترده چندان اهمیتی ندارد و مناطق مناسب جهت تفرج گسترده (درجه۱) ۱۹/۷۲۲ (Km^2) و مناطق نامساعد با مساحتی معادل ۶۲/۵۰۸ (Km^2) می باشد. توان کابری اکوتوریسم در نقشه های ۲ و ۳ ارایه شده است.



نقشه۲- توان کاربری اکوتوریسم(تفرج متمرکز)



نقشه۳- توان کاربری اکوتوریسم(تفرج گسترده)

منابع

۱. میراب زاده، پ.، ۱۳۷۵، ارزیابی پیامدهای زیست محیطی توریسم، محیط زیست. جلد۸. شماره۲. ص۴۴ تا ۵۰ .

۲. رادکلیفت، م.، مترجم نیّر،ح.، ۱۳۷۳. توسعه پایدار، مرکز مطالعات برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی، وزارت کشاورزی، ص۱۳۵.

۳. مخدوم،م.،۱۳۸۰.، شالوده آمایش سرزمین، چاپ چهارم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ص۱۶، ۱۲۳، ۱۸۹- ۲۰۷.

۴. محلاتی، ص.، ۱۳۷۸.، پیامد های منفی جهانگردی بر محیط زیست طبیعی و راه های مبارزه با آن. محیط زیست، شماره ۲۷، ص۶۸ تا۷۳.

۵. تقوایی،م.، رمضانی، ع.،۱۳۸۱، ویژگی های گردشگری کوهستانی و جایگاه آن در استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه محیط زیست، شماره ۳۷، ص۲۰ تا ۲۷.

۶. احتشامی، م. و همکاران. ۱۳۷۸، ارزیابی توان اکولوژیکی به منظور تعیین زیستگاه های کلان در حوضه های آبریز میناب، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۳، ص۵۳-۶۲ .

۷. مختاری، س.، ۱۳۸۴. بررس روند تخریب تالاب هورالعظیم با رهیافت ساختار اکولوژی سیمای سرزمین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.

8. Mc Harg, I.L.1969.Design with Nature.Doubleday/Natural History Press,New York.pp 35-53,115-121,196-197

۹. مدیری، م .۱۳۷۷.، کارتوگرافی مدرن.، انتشارات سازمان جغرافیایی ارتش. ص ۳۲۰، ۳۱۹، ۲۷۶ و ۳۳۲.

۱۰. مخدوم، م.۱۳۷۰.، ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه گیلان و مازندران برای توسعه شهری، صنعتی و روستایی و توریسم، محیط شناسی، شماره ۱۶، ص۸۱-۹۲ .

۱۱. مهندسین مشاور پورآب.،۱۳۸۳، مطالعات تفضیلی اجرایی زیرحوضه زاخرد شهرستان شیراز، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، مدیریت آبخیزداری .

فصلنامه انسان و محیط زیست، پاییز۸۹

تعیین حسّاسیّت نرم افزار ModFlow نسبت به شاخص پخش (Kd)

محمّد نیکخواه منفرد[۱]
m.nickhah@gmail.com
محمّدرضا صبور[۲]

چکیده

یکی از عوامل مهمّی که بتازگی در مباحث ژئوتکنیک زیست‌محیطی بدان توجّه زیادی شده است، شاخص ضریب پخش (Distribution Coefficient-Kd) است. دامنه‌ی این شاخص به اندازه‌ای است که می‌تواند مقادیر «صفر» تا «هزار» و حتّی بیشتر را به خود اختصاص دهد. این دامنه‌ی گسترده در بحث مدل سازی و استفاده از مدل‌های رایانه‌ای جهت شبیه‌سازی حرکت و پراکنش آلاینده‌ها در خاک، نقشی مهم خواهد داشت. نرم‌افزار MODFLOW یکی از نرم‌افزارهای بسیار مناسب در زمینه‌ی شبیه‌سازی حرکت و جابه‌جایی آلاینده‌ها در خاک و آب های زیرزمینی است که با توجّه به خواصّ خاک و آلاینده و پارامترهای خاک و منطقه، مدلی از پراکنش آلاینده‌ها در خاک به دست می‌دهد. با توجّه به نیاز این نرم‌افزار به شاخص پخش، توانایی نرم‌افزار برای محاسبه‌ی این شاخص به روش‌های مختلف و گستره‌ی وسیع ضریب پخش، بسیار مهم است که بدانیم حسّاسیت نرم‌افزار نسبت به این ضریب چه مقدار است و روش‌های مختلف محاسبه‌ی مقدار این شاخص -که سه روش آن در MODFLOW قابل استفاده است- در نتایج مدل سازی چقدر می‌توانند اثر بگذارند و این نتایج را با خطا مواجه سازند. این پژوهش برای خاک منطقه‌ی شهر ری و با آلاینده‌ی MTBE در آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی اجرا و آزمایش های مربوطه (آزمایش های خاک، آزمایش جذب، آزمایش GC)، همگی طبق استاندارد ASTM انجام شده است و در نهایت مشخّص شد که حسّاسیّت نرم‌افزار MODFLOW نسبت به مقدار و روش محاسبه‌ی شاخص Kd ناچیز می‌باشد و این مدل در شرایطی که مقدار Kd دقیقاً مشخّص نیست، بسیار مناسب است.

واژه های کلیدی: مدل سازی وشبیه‌سازی، ژئوتکنیک زیست‌محیطی، ضریب پخش، ModFlow، آب های زیرزمینی

۱-کارشناس ارشد عمران-محیط زیست
۲- دکترای ژئوتکنیک زیست‌محیطی، عضو هیأت علمی دانشکده‌ی عمران دانشگاه خواجه نصیرالدّین طوسی

مقدمه

امروزه یکی از نگرانی‌های جدّی اندیشمندان، عدم هم‌خوانی نیازهای انسان کنونی، با منابع موجود زمین است؛ از جمله‌ی این منابع و یکی از مهم ترین لوازم حفظ یکپارچگی محیط زیست، منابع آب های شیرین است. یکی دیگر از منابع بسیار مهم، خاک می‌باشد که افزون بر این که به عنوان بستر اصلی رشد گیاهان و از عناصر مهم محیط زیست دارای اهمّیتی بالاست، یکی از محیط‌های اصلی جابه‌جایی آب نیز بشمار می‌رود. آلوده شدن خاک می‌تواند باعث ورود آلاینده‌ها به چرخه‌ی غذایی موجودات زنده و در نهایت ایجاد معضل برای انسان‌ها شود. در کنار این، آلاینده‌های خطرناک با عبور از محیط متخلخل خاک به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی راه یافته، آن ها را آلوده می‌کنند و آگاهی از نحوه‌ی پراکنش این آلاینده‌ها در محیط و مدل سازی آن، می‌تواند نقشی اساسی در پیش‌بینی شرایط محیط زیست و در صورت نیاز، پاکسازی آن ایفا کند.

ضرورت و فرضیات تحقیق

از جمله فعّالیّت‌های صنعتی مهم -که از نظر تولید آلاینده‌های گوناگون زیست‌محیطی در صدر سایر فعّالیّت‌ها قرار دارد- می‌توان به فعّالیّت‌های صنایع نفت و گاز و پتروشیمی اشاره کرد. فرآورده‌ها، محصولات فرعی، موادّ زاید و پساب‌هایی تولیدی در واحدهای این صنایع از مهم ترین منابع آلاینده‌ی محیط زیست و بویژه منابع آب به شمار می‌رود؛ ایران نیز به عنوان یک کشور نفت‌خیز، همواره با مشکلات زیست‌محیطی ناشی از فعّالیّت‌های این صنعت دست‌وپنجه نرم کرده است.

برای نمونه منطقه‌ی پالایشگاه تهران (شهر ری) و جایگاه‌ها و انباره‌های اطراف آن و نیز شرکت‌هایی چون شرکت لوله‌های نفت، شرکت نفت بهران، کارخانه‌ی سولفور سدیم و...، از قدیمی‌ترین و معروفترین مناطق صنعت نفت به شمار می‌رود که به خاطر مرکزیّت، نزدیکی به پایتخت و فاصله‌ی کم با زمین‌های مسکونی و کشاورزی (باقرشهر و اسماعیل‌آباد) و معضلات زیست‌محیطی متعدّد ناشی از آن، همواره مورد توجّه بوده است؛ تا آن جا که طیّ مطالعاتی که در سال ۱۳۸۳ توسّط شرکت ژاپنی «ایده میتسو» انجام گرفت، از نفوذ یک میلیون و ۴۴۰هزار متر مکعّب موادّ نفتی دارای MTBE به عمق متوسّط ۱/۵ تا ۷ متر بر روی سفره‌ی آب‌های زیرزمینی تنها در محوّطه‌ی پالایشگاه تهران طیّ سال های گذشته پرده برداشته شد(۱).

در این شرایط، آگاهی از میزان نفوذ و نشت آلاینده‌ها به داخل خاک و امکان پیش‌بینی حرکت و جابه‌جایی آلاینده‌ها به طریق علمی از اهمیّتی به سزا برخوردار خواهد بود و یکی از روش‌های دست‌یابی به این پیش‌بینی، مدل سازی است. تنظیم و واسنجی[1] و حسّاسیّت‌سنجی یک مدل و بهینه‌سازی آن برای منطقه‌ی مورد نظر در مواجهه با نفوذ آلاینده‌های مختلف، کاربردی بسیار مهم در تخمین میزان آلودگی در محیط‌های سطحی و زیرسطحی و منابع آب و نیز تعیین جهت و عمق پراکنش آلاینده‌ها خواهد داشت.

با توجّه به این مهم، خاک پالایشگاه تهران (به خاطر مشکلات زیست‌محیطی متعدّد منطقه) و آلاینده‌ی MTBE (به خاطر فراوانی و خطراتی که برای محیط و سلامت افراد دارد.) جهت انجام یک موردپژوهی انتخاب و به وسیله‌ی آن، نرم‌افزار MODFLOW برای ضریب پخش[2] تحلیل حسّاسیّت شد.

انتخاب شاخص ضریب پخش (Kd) بر این مبنا صورت گرفت که دامنه‌ی مقادیر این ضریب، بسیار وسیع است (۲) و تا کنون روش‌های مختلفی برای به دست آوردن و تخمین این ضریب، پیشنهاد شده که در هر یک مقداری متفاوت حاصل می‌شود (۳) و از آن جا که از سویی مقدار این ضریب با فرآیندهای تأخیر[3] از جمله جذب[4]، رابطه‌ای تنگاتنگ دارد و از دیگر سو، نرم‌افزارهای مدل سازی، نیازمند این ضریب به عنوان مقدار ورودی هستند، تخمین دقیق و نزدیک به واقعیّت Kd، از ملزومات یک مدل سازی دقیق و کارآ می‌باشد.

1-Calibration
2-Distribution Coefficient
3-Retardation
4-Sorption

نرم‌افزار MODFLOW نیز از جمله مدل‌های بسیار کارآمد در شبیه‌سازی شرایط آب های زیرزمینی و خاک است. این نرم‌افزار قادر به شبیه‌سازی بر مبنای روش‌های مختلف ریاضی است و نیز می‌تواند ضریب پخش را به سه روش گوناگون، محاسبه کرده، از نتایج آن در مدل سازی بهره ببرد و به همین دلیل، بین نرم‌افزارهای موجود، این مدل برای موردپژوهشی انتخاب شد.

۳- روش انجام کار

۳-۱- آزمایش های خاک

پس از تهیّه‌ی مقادیری از خاک منطقه‌ی شهر ری، مطابق استاندارد ASTM آزمایش های مقدّماتی خاک بر روی آن انجام شد که طبق این آزمایش‌ها، نوع این خاک از جنس رس با درصد ماسه‌ی ۱.۳۳٪ تعیین گشت. چگالی خاک مورد نظر نیز برابر $۲.۸۸ \frac{gr}{cm^3}$ به دست آمد؛ سپس برای تعیین ضریب جذب، برای چهار نمونه‌ی مختلف، بر اساس استاندارد ASTM D4646-03، آزمایش جذب انجام شد. بدین منظور، ۴ نمونه خاک با درصد وزنی مختلف به مدّت ۲۴ ساعت در معرض تماس با محلول MTBE و آب، با غلظت‌های گوناگون قرار گرفت و پس از آن فاز محلول از فاز جامد جدا شده، به وسیله‌ی آزمایش GC[1]، مقدار غلظت MTBE در آن مشخّص گردید. از آن جا که به دلیل کوتاه بودن مدّت آزمایش، امکان زوال رادیواکتیو و یا تجزیه‌ی مولکولی توسّط میکروارگانیسم‌ها وجود نداشته است و نیز به خاطر رعایت شرایط آزمایشگاهی، میزان تبخیر، تقریباً صفر بوده است، می‌توان گفت که تفاوت غلظت اوّلیّه و غلظت محلول پس از ۲۴ ساعت، ناشی از جذب MTBE توسّط خاک می‌باشد و بدین ترتیب، ضریب جذب را محاسبه کرد.

مقادیر اوّلیّه و نتایج آزمایش جذب در «جدول ۱» دیده می‌شود.

1-Gas Chromatography

۳-۲- محاسبه‌ی ضریب پخش با مدل‌های ایزوترم جذب

با توجّه به اعداد به‌دست‌آمده، می‌توان مقدار ثابت جذب خطّی (Kd) را یافت. برای محاسبه‌ی این ضریب، راه‌های مختلفی پیشنهاد شده است که با توجّه به شرایط آزمایش جذب در این پژوهش، بهترین روش برای محاسبه‌ی آن، به کار گیری مدل‌های ایزوترم جذب است.

نظر به اهمّیّت ضریب جذب در جابه‌جایی آلاینده‌ها و خودپالایی خاک، تا کنون پژوهش‌های بسیاری جهت دست‌یابی به روش‌های مناسب تعیین ضریب جذب، صورت گرفته است. یکی از روش‌هایی که امروزه در جهان بسیار مورد توجّه قرار گرفته، روش «ایزوترم جذب»[2] است. در این روش شاخص‌های مؤثّر بر یک فرآیند جذب ثابت نگه داشته می‌شود و تنها اثر غلظت آلاینده بر جذب را بررسی می‌کنند(۳).

اگر غلظت آلاینده‌ای که با خاک در تماس است، به طور یکنواخت بیشتر شود، کلّ سطح خاک از آلاینده اشباع می‌گردد و دیگر با افزایش غلظت آلاینده، جذب نخواهیم داشت و رابطه‌ی بین جذب سطحی و غلظت آلاینده، خطّی نخواهد ماند.

مدل‌های ایزوترم برای توضیح این شرایط تعریف شده‌اند. وقتی که میزان آلاینده‌ی موجود، برای ایجاد جذب خطّی کافی است، مدل‌های ایزوترم قابل استفاده‌اند. ۴ مدل ایزوترم جذب به‌کاررفته در این تحقیق، برای محاسبه‌ی ضریب پخش، عبارت‌اند از مدل خطّی[3]، مدل لانگ‌مایر[4] و مدل فرندلیخ[5] (۳)

۳-۲-۱- مدل خطّی

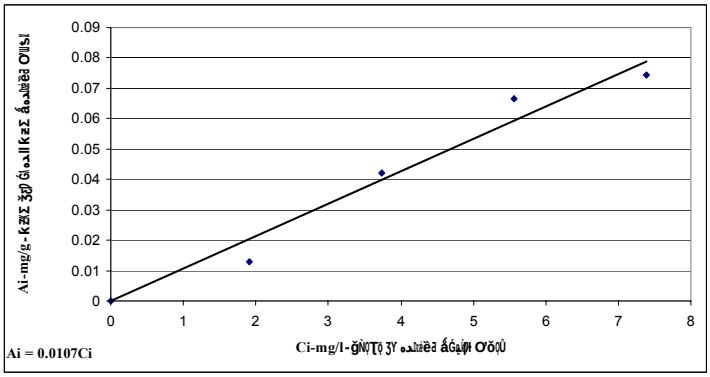
ساده‌ترین و متداولترین راه تعیین ضریب Kd ، استفاده از نمودار خطّی است. طبق تعریف، Kd عبارت است از نسبت مادّه‌ی جذب‌شده در واحد وزن جاذب به غلظت اوّلیه‌ی آن در محلول. بنابراین اگر در یک دستگاه مختصّات، محور افقی نشان‌دهنده‌ی مقدار غلظت اوّلیّه‌ی محلول و محور عمودی

2-Isotherm Adsorption Models
3-Linear Model
4- Langmuir Model
5- Freundlich Model

نشان‌دهنده‌ی مادّه‌ی جـذب‌شـده در واحـد وزن جـاذب باشـد، شیب خطّ رسم‌شده، معرّف Kd خواهد بود(۳).

جدول ۱- نتایج آزمایش جذب خطّی برای تعیین غلظت MTBE جذب‌شده توسّط خاک پالایشگاه تهران

شماره‌ی نمونه	جرم خاک جاذب (gr)	حجم خاک جاذب (ml)	حجم فاز مایع محلول (ml)	غلظت اولیه‌ی MTBE در آب (mg/l)	غلظت تصحیح‌شده‌ی MTBE در آب (mg/l)	جرم MTBE در نمونه (mg)	نتیجه‌ی آزمایش GC (mg/l) غلظت MTBE در آب طبق	تفاضل غلظت اولیه و ثانویه‌ی MTBE (mg/l)	جرم MTBE جذب‌شده (mg)	غلظت MTBE در واحد جرم خاک (mg/g)	درصد جرمی جذب MTBE توسّط خاک (٪)
۱	۸	۲.۷۷۸	۲۴۷.۲۲۲	۵.۴۰۹	۱.۹۱۸	۰.۴۷۴	۱.۵	۰.۴۱۸	۰.۱۰۳	۰.۰۱۳۰	۲۱.۳
۲	۱۲	۴.۱۶۷	۲۴۵.۸۳۳	۷.۲۱۲	۳.۷۴۱	۰.۹۲۰	۱.۶۸	۲.۰۶۰۵	۰.۵۰۷	۰.۰۴۲۲	۵۵.۰۸۶
۳	۱۶	۵.۵۵۶	۲۴۴.۴۴۴	۹.۰۱۵	۵.۵۶۳	۱.۳۶۰	۱.۲۱	۴.۳۵۳	۱.۰۶۴	۰.۰۶۷	۷۸.۲۴۹
۴	۲۰	۶.۹۴۴	۲۴۳.۰۵۵۶	۱۰.۸۱۸	۷.۳۸۶	۱.۷۹۵	۱.۲۷	۶.۱۱۶	۱.۴۸۶	۰.۰۷۴۳	۸۲.۸۰۴
میانگین											۵۹.۴۸۳



شکل۱- نمودار تعیین ضریب جذب به روش ایزوترم خطّی

با رسم نمودار در «شکل ۲» به خطّی با (رابطه‌ی ۱) مـی‌رسـیم که طبق آن، Kd برابر $\frac{lit}{gr}$ ۰/۰۱۰۷ به دست خواهد آمد.

$$A_i = 0.0107C_i$$ (رابطه‌ی ۱)

۳-۲-۲- مدل لانگ‌مایر

مدل لانگ‌مایر برای توصیف جذب مولکول‌های گاز بـر سطوح جامد همگن پیشنهاد شد.

این مدل این گونه نشان داده می‌شود:

$$A_i = \frac{K_L.A_m.C_i}{1+K_L.C_i}$$ (رابطه‌ی ۲)

که در آن:

A_i: مقدار آلاینده‌ی جذب‌شده در واحد جرم جامد

K_L: ثابت جذب لانگ‌مایر مربوط به انرژی جذب

A_m: بیشترین ظرفیّت جذب جامد

C_i: غلظت آلاینده در محلول

اگر K_L را با $\frac{1}{B}$ جایگزین کنیم، پـس از سـاده‌سـازی رابطـه

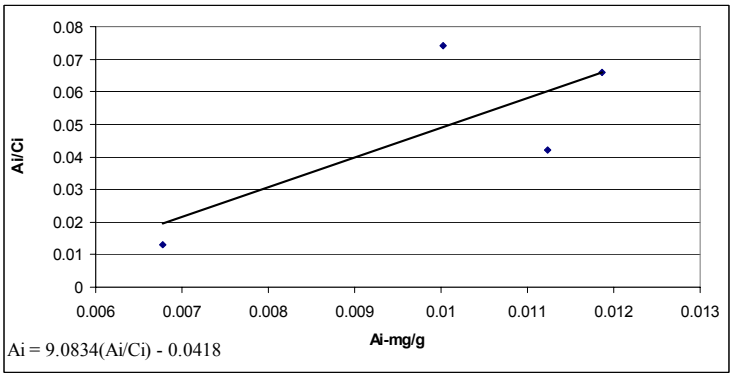
خواهیم داشت:

$$A_i = -B(\frac{A_i}{C_i}) + A_m$$ (رابطه‌ی ۳)

اگر A_i را بر محور عمودی و $\frac{A_i}{C_i}$ را بر محور افقی یک دستگاه مختصّات نشان دهیم، شیب $-B$ و عرض از مبدأ A_m به دست خواهد آمد.

با توجّه به نتایج حاصل از آزمایش جذب و با رسم نمودار، مقادیر A_m و $-B$، به ترتیب برابر ۹/۰۸۳۴ و ۰/۰۴۱۸- حاصل می‌شود.

با به‌کارگیری شاخص‌های به‌دست‌آمده در مدل و در نظر گرفتن (رابطه‌ی ۲)، نرم‌افزار می‌تواند با محاسبه‌ی مشتق‌های جزیی در هر نقطه، Kd را محاسبه کرده، از آن در مدل سازی بهره ببرد.



نمودار۲- نمودار تعیین شاخص‌های روش روش لانگ‌مایر

۳-۲-۲- مدل فرندلیخ

مدل ایزوترم فرندلیخ بدین صورت تعریف شده است

$$A_i = K_F.C_i^N$$ (رابطه‌ی ۴)

که در آن:

A_i: مقدار آلاینده‌ی جذب‌شده در واحد جرم جامد

C_i: غلظت آلاینده در محلول

K_F: ثابت جذب فرندلیخ

N: ثابت

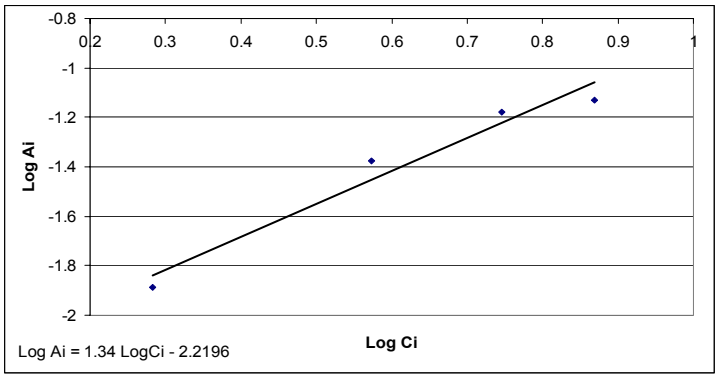
با لگاریتم گرفتن از رابطه‌ی مدل فرندلیخ به رابطه‌ی خطّی ذیل می‌رسیم:

$$LogA_i = LogK_F + N.LogC_i$$ (رابطه‌ی ۵)

اگر $LogA_i$ را در محور عمودی و $LogC_i$ را بر محور افقی یک دستگاه مختصّات ترسیم کنیم و خطّی از نقاط به دست آمده برازش دهیم، شیب N و عرض از مبدأ $LogK_F$ به دست خواهد آمد. اگر در (رابطه‌ی ۴)، داشته باشیم $N=1$، آن گاه طبق تعریف ضریب جذب، K_F برابر با K_d خواهد بود.

در شرایط مشابه، معمولاً مدل فرندلیخ بر مدل لانگ‌مایر برتری دارد و استفاده از آن توصیه می‌شود(۳).

با توجّه به نتایج حاصل از آزمایش جذب و با رسم نمودار، مقادیر K_F و N، به ترتیب برابر ۰/۰۰۶ و ۱/۳۴ حاصل می‌شود.



نمودار ۳- نمودار تعیین شاخص‌های روش فرندلیخ

با به کار گیری شاخص‌های به‌دست‌آمده در مدل و در نظر گرفتن (رابطه‌ی ۴)، نرم‌افزار می‌تواند با محاسبه‌ی مشتق‌های جزیی در هر نقطه، Kd را محاسبه کرده، از آن در مدل سازی بهره ببرد.

۳-۳- آزمایش انتشار روی ستون خاک

برای بررسی حسّاسیّت نرم‌افزار MODFLOW نسبت به تغییرات و روش محاسبه‌ی شاخص ضریب پخش، این مدل توسّط مقایسه‌ی نتایج مدل سازی عبور آلاینده از یک ستون خاک با مقادیر تجربی آن وارسی[1] می‌شود.

بدین منظور، با توجّه به نیازها و الزامات این پروژه، ستون‌هایی طرّاحی و از جنس پلکسی‌گلاس[2]، ساخته شد.

برای این که بتوان متغیّرهای دیگر آزمایش را تا حدّ توان حذف کرد و تنها به بررسی جذب پرداخت، ارتفاع مفید ستون‌های طرح‌شده، $۳۰۰\ mm$ و قطر مفید داخل آن، $۴۰\ mm$ در نظر گرفته شد تا بتوان جریان عبوری آلاینده در خاک را یک‌بعدی فرض کرد (۴). درپوش این ستون‌ها نیز به طور سرپیچ‌دار ساخته شد تا از نفوذ هوا یا خروج فاز مایع و گاز آلاینده به بهترین نحو، جلوگیری شود و سرپیچ‌ها هم به کاغذ فیلتر مجهّز شد. از آن جا که ممکن است مقاومت شیمیایی پلکسی‌گلاس در برابر MTBE کم باشد، داخل ستون‌های خاک با ورق آلومینیومی[3] پوشانده شد تا از هرگونه تماس، جلوگیری شود.

1-Verification
2-Plexiglass
3-Foil

شکل۴- ستون‌های آزمایش پراکنش آلاینده در خاک

خاک منطقه‌ی شهر ری در ارتفاع‌های مختلف، با رطوبت ۸۰٪ رطوبت بهینه در لوله‌ها کوبیده شد و تحت عبور MTBE با تراز m ۱/۳ قرار گرفت.

پس از ۲۰ روز، از انتهای ستون خاک، نمونه‌هایی برای تعیین غلظت MTBE به آزمایشگاه کروماتوگرافی گازی فرستاده شد و نتایج ذیل حاصل گشت:

جدول۲- نتایج آزمایش GC برای ستون‌های خاک

شماره‌ی ستون	ارتفاع خاک در ستون (cm)	غلظت MTBE در محلول ورودی (mg/l)	غلظت MTBE در محلول خروجی (mg/l)
۱	۱۵	۶	۰.۹۶
۲	۱۰	۶	۱.۲۳

که این نتایج برای مقایسه با نتایج مدل سازی و تعیین دقّت مدل به کار خواهد رفت.

۳-۴- مدل کردن ستون خاک با MODFLOW

با توجّه به «آزمایش انتشار روی ستون خاک»، در این تحقیق سعی شد شرایطی مشابه توسّط نرم‌افزار MODFLOW شبیه‌سازی شود. بدین منظور در نرم‌افزار، یک سلّول مکعّبی‌شکل به طول و عرض m ۰/۱ در m ۰/۱ در سه لایه طرّاحی و شبکه‌بندی شد. کاربرد شبکه‌ها[1] در اجرای روش تفاضل محدود است و ابعاد آن مطابق حسّاسیّت نرم‌افزار نسبت به $\frac{\Delta T}{\Delta X}$، برای یک دوره‌ی ۳۰روزه، mm ۲۵ در نظر گرفته شد. برای شبیه‌سازی تراز محلول ثابت بالای ستون خاک، فرض شد که لایه‌ی بالایی مدل دارای تراز ثابت m ۱/۳ می‌باشد. عمق لایه‌ی میانی نیز به اندازه‌ی عمق خاک کوبیده‌شده در ستون تعیین شد.

از آن جا که جریان در ستون خاک یک‌بعدی فرض شده است، ضریب هدایت هیدرولیکی در راستای طولی و عرضی صفر فرض شد تا حرکت محلول، تنها در عمق شبیه‌سازی شود؛ هم‌چنین یک گمانه‌ی مشاهده نیز در میان مدل جایگذاری شد تا مقادیر مشاهده‌شده با مقادیر محاسبه‌شده توسّط نرم‌افزار، مقایسه شود.

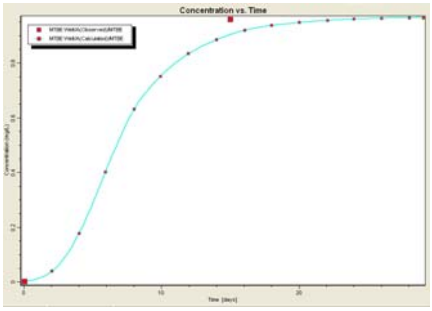
پس از طرح مدل، نرم‌افزار برای دو ستون با مقادیر خاک متفاوت و با در نظر گرفتن هر سه روش تخمین ضریب جذب مورد پشتیبانی MODFLOW، (جذب خطّی، لانگ‌مایر و فرندلیخ)، اجرا شد.

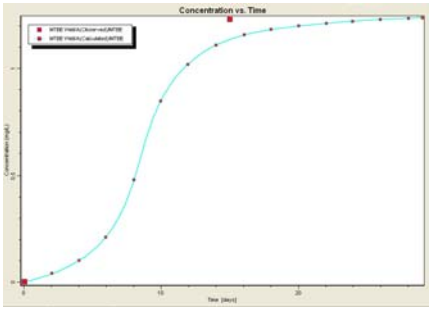
برای هر روش، نمودار تغییرات غلظت انتهای لایه‌ی دوم (انتهای ستون خاک) بر حسب زمان (روز)

1- Grid

آمده است و پس از آن جدولی ارایه شده که مقادیر نمودار را با مقادیر واقعی برگرفته از آزمایش GC بر روی نمونه‌ی استخراج‌شده از انتهای ستون خاک پس از ۱۵ روز، مقایسه می‌کند.

۳-۴-۱- روش ایزوترم خطّی



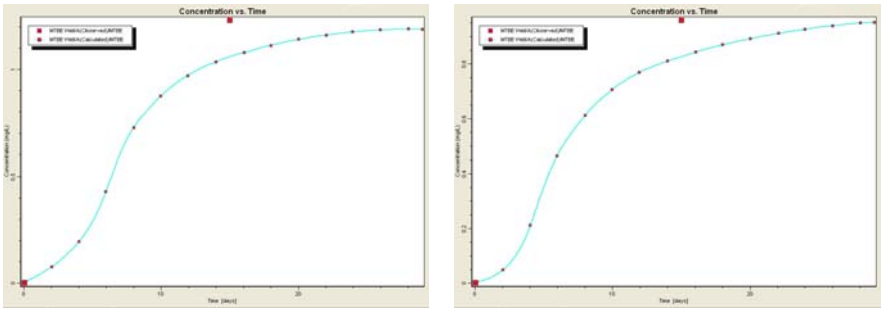


شکل ۵ و ۶- نمودار تغییرات غلظت MTBE به روش ایزوترم خطّی بر حسب زمان در انتهای نمونه‌های ۱ و ۲

جدول ۳- مقایسه‌ی غلظت MTBE مشاهده‌شده با غلظت محاسبه‌شده به روش ایزوترم خطّی

Well Name		Observation Time (day)	Observed MTBE Conc. (mg/l)	Calculated MTBE Conc. (mg/l)
نمونه‌ی ۱	A	۰	۰.۰۰	۰.۰۰
	A	۲	-	۰.۰۴
	A	۴	-	۰.۱۷
	A	۶	-	۰.۴۰
	A	۸	-	۰.۶۳
	A	۱۰	-	۰.۷۵
	A	۱۲	-	۰.۸۴
	A	۱۴		۰.۸۹
	A	۱۵	۰.۹۶	۰.۹۱
	درصد اختلاف			٪۵.۲۱
نمونه‌ی ۲	A	۰	۰.۰۰	۰.۰۰
	A	۲	-	۰.۰۵
	A	۴	-	۰.۱۰۰
	A	۶	-	۰.۲۱
	A	۸	-	۰.۴۹
	A	۱۰	-	۰.۸۵
	A	۱۲	-	۱.۰۱
	A	۱۴		۱.۱۱
	A	۱۵	۱.۲۳	۱.۱۲
	درصد اختلاف			٪۸.۹۴

۳-۴-۲- روش لانگ‌مایر

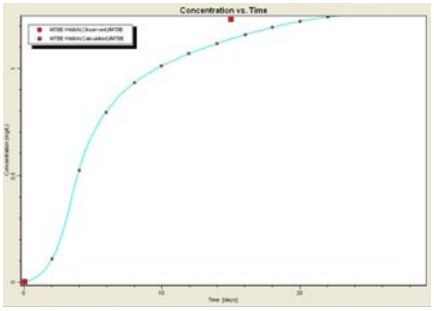


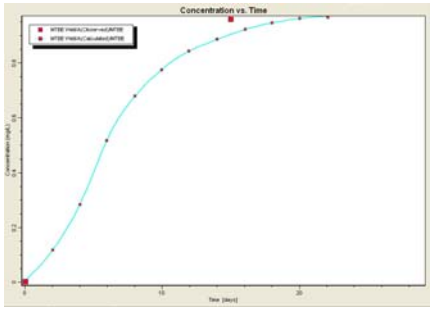
شکل ۷ و ۸- نمودار تغییرات غلظت MTBE به روش لانگ‌مایر بر حسب زمان در انتهای نمونه‌های ۱ و ۲

Ɛǽĸǫ Ūlǐè p ƿʒ Ǵı ɒɑllǴɯsĸƮǫ Ơŏǫŭ ĸı ɒɑllɒɑǵĸ∓ǫ MTBE Ơŏǫŭ ǻǴȿǽĸἐǫ -ħ ğƿɒƩ

Well Name		Observation Time (day)	Observed MTBE Conc. (mg/l)	Calculated MTBE Conc. (mg/l)
ĥ ǻǵɯǹǰɯ	A	۰	۰.۰۰	۰.۰۰
	A	۲	-	۰.۰۵
	A	۴	-	۰.۲۱
	A	۶	-	۰.۴۶
	A	۸	-	۰.۶۱
	A	۱۰	-	۰.۷۱
	A	۱۲	-	۰.۷۷
	A	۱۴		۰.۸۱
	A	۱۵	۰.۹۶	۰.۸۳
	ŮÊɋƲɪ ɔDžƵʏ			%ĥĦ.Ĩħ
ĥ ǻǵɯǹǰɯ	A	۰	۰.۰۰	۰.۰۰
	A	۲	-	۰.۰۸
	A	۴	-	۰.۲
	A	۶	-	۰.۴۳
	A	۸	-	۰.۷۲
	A	۱۰	-	۰.۸۸
	A	۱۲	-	۰.۹۷
	A	۱۴		۱.۴
	A	۱۵	۱.۲۳	۱.۰۶
	ŮÊɋƲɪ ɔDžƵʏ			%ĥĦ.īĥ

۳-۴-۲- روش فرندلیخ





ĥ ƿ Ĥ åĸģĠ‴ŃŽ‴ åĸĦʊǾ‴ ȝϒ ŽĶǫɛ ŧ ŝ f ƐƖ ʊɇ̨ٳɛə ƿ ƿȝ ĠƖ MTBE ƠŏǫŮ ΘŧƐɇɇů̈ʊ ȝŧϒŃŽ‴ -Ĥģ ƿ Ĭ ǨƧII

ʊɇ̨ٳɛə ƿ ƿȝ ĠƖ ɒɜllĠ‴ƽĶƮǫ ƠŏǫŮ Ķ‌ ɒɜllɒɜģĸ‡ǫ MTBE ƠŏǫŮ åĠŝ⁂ĸÆǫ - Ĩ ğƿɜƩ

Well Name		Observation Time (day)	Observed MTBE Conc. (mg/l)	Calculated MTBE Conc. (mg/l)
A		۰	۰.۰۰	۰.۰۰
ĥ ģĠ‴ŃŽ‴	A	۲	-	۰.۱۱
	A	۴	-	۰.۲۸
	A	۶	-	۰.۵۲
	A	۸	-	۰.۶۷
	A	۱۰	-	۰.۷۸
	A	۱۲	-	۰.۸۴
	A	۱۴		۰.۸۸
	A	۱۵	۰.۹۶	۰.۹۱
	ŮÊǫƲĦ ɜĎžȝϒ			%Ĩ.ĥĤ
ĥ ģĠ‴ŃŽ‴	A	۰	۰.۰۰	۰.۰۰
	A	۲	-	۰.۱۱
	A	۴	-	۰.۵۲
	A	۶	-	۰.۷۹
	A	۸	-	۰.۹۲
	A	۱۰	-	۱.۰۱
	A	۱۲	-	۱.۰۳
	A	۱۴		۱.۱۱
	A	۱۵	۱.۲۳	۱.۱۲
	ŮÊǫƲĦ ɜĎžȝϒ			%ī.Ĭħ

۴- نتیجه‌گیری

همان گونه که در نمودارهای خروجی نرم‌افزار MODFLOW دیده می‌شود، از آن جا که مدّتی طول می‌کشد تا MTBE با سازوکارهای مختلف پخش انتهای نمونه‌ی خاک برسد، در چند روز نخست، غلظت آلاینده در انتهای نمونه باید صفر باشد که این امر در نمودار خروجی مدل دیده می‌شود که با واقعیّت مطابق است؛ هم‌چنین با گذشت چند روز، میزان جذب و عبور آلاینده به تعادل می‌رسد که در این زمان، نمودار به مقداری ثابت میل می‌کند؛ از آن جا که سطح خاک مورد نظر پس مدّتی از آلاینده اشباع می‌شود، دیگر قدرت جذب نخواهد داشت و محلول آلاینده و آب، با غلظتی ثابت از آن می‌گذرند که این مسأله در نمودار، به صورت دوباره صعودی شدن (پس از این که نمودار به عددی ثابت میل کرد) دیده خواهد شد.

ŭɛĸs ğɑɑ̨ þ l ǽĸǫɛd ƨǽĸǫ ÅǤȿǽĸÆę̨ - ĩ ğþɑƩ

درصد اختلاف	غلظت مدل سازی (mg/l)	غلظت آزمایشگاهی (mg/l)	شماره‌ی نمونه	روش تخمین Kd
٪۵.۲۱	۰.۹۱	۰.۹۶	۱	**ایزوترم خطّی**
٪۸.۹۴	۱.۱۲	۱.۲۳	۲	
۱۳.۵۴	۰.۸۳	۰.۹۶	۱	**لانگ‌مایر**
۱۳.۸۲	۱.۰۶	۱.۲۳	۲	
٪۵.۲۱	۰.۹۱	۰.۹۶	۱	**فرندلیخ**
٪۸.۹۴	۱.۱۲	۱.۲۳	۲	

بخش خطّی نمودار، بیانگر مدّت زمانی است که طول می‌کشد عبور آلاینده و جذب آن به تعادل برسد و آلاینده با نرخی ثابت جذب خاک شود.

خلاصه‌ی نتایج آزمایش و نتایج به‌دست‌آمده از مدل سازی، در (جدول ۶) دیده می‌شود.

همان گونه که مشاهده می‌شود، نتایج مدل سازی به دست آمده به روش ایزوترم خطّی و روش فرندلیخ، با دقّت بالایی به هم نزدیک‌اند و تفاوت مقادیر آزمایشگاهی و مدل سازی نیز چشمگیر نیست؛ نتایج مدل سازی به روش لانگ‌مایر نیز -گرچه با مقادیر دو روش دیگر متفاوت است- اختلاف چشمگیری با نتایج آزمایشگاهی ندارد.

بنابراین، با توّجه به نتایج حاصله، می‌توان استفاده از هر سه روش را توصیه کرد که با در نظر گرفتن درصد خطای کمتر روش ایزوترم خطّی، سهولت به کار گیری و شهودی بودن و قابل درک بودن آن، به کار گیری این روش بیش از دو روش دیگر قابل توصیه است و با استفاده از این روش و مقایسه‌ی نتایج مدل و آزمایش، به مدلی واسنجی‌شده دست می‌یابیم که برای شبیه‌سازی حرکت آب های زیرزمینی آلوده در خاک مناسب است.

بدین ترتیب با توجّه به اختلاف ناچیز مقادیر حاصل از روش‌های مختلف با هم و نیز با مقادیر واقعی آزمایشگاهی، حساسیّت MODFLOW نسبت به روش‌های محاسبه‌ی Kd، در محدوده‌ای قابل قبول است و تغییر Kd و روش‌های مختلف محاسبه‌ی آن، اثر چندانی بر نتایج حاصل از به کار گیری این مدل نخواهد داشت.

پس با توجّه به آن چه گفته شد، با توجّه به حسّاسیّت کم این نرم‌افزار به ضریب پخش و روش محاسبه‌ی آن، در شرایطی که مقدار Kd دقیقاً مشخّص نیست می‌توان بدون نگرانی از خطای حاصل از تقریب و

تخمین این شاخص، از MODFLOW جهت مدل سازی بهره برد.

منابع

1. http://www.hamshahrionline.ir/News/?id=41720

۲. ابوالفضل‌زاده، عماد و گیتی‌پور، سعید؛ ۱۳۸۶؛ «بررسی میزان جذب و نشت MTBE در خاک های رسی معمولی و اصلاح‌شده»؛ پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد؛ دانشکده‌ی محیط زیست دانشگاه تهران

3. EPA; Office of Radiation and Indoor Air; August 1999; "UNDERSTANDING VARIATION IN PARTITION COEFFICIENT, Kd, VALUES"; EPA 402-R-99-004A
4. C. W. Fetter; 1998; "Contaminant Hydrogeology"; 2nd Edition; Prentice Hall; ISBN: 0-13-512157-5