

انتخاب مکان مناسب برای محل دفع پسماندهای خطرناک در استان فارس با استفاده از ابزار GIS

ایوب کریمی جشنی^۱، ناصر طالب بیدختی^۲، عباس عبدالمالکی^۳

شیراز - دانشگاه شیراز - دانشکده مهندسی - بخش مهندسی راه و ساختمان - کدپستی ۷۱۳۴۵۱۱۵۶

تلفن: ۰۷۱۱) ۶۲۸۷۵۰۵ - فاکس: ۰۷۱۱) ۶۲۸۶۶۱۹

خلاصه

سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) از جمله روش های نوینی هستند که به عنوان یک ابزار قدرتمند برای انجام مطالعات مکانیابی با استفاده از داده های مکانی بکار می روند. در این پژوهش با فراهم نمودن لایه های اطلاعاتی موجود در استان فارس و رویهم گذاری لایه ها در محیط ArcView GIS و نیز اعمال معیارهای لازم، سایت های نامزد در سطح استان تعیین گردیدند. با انجام بازدیدهای میدانی و اولویت بندی با استفاده از روش وزن دهی، سایت های قادرآباد، هفت برم و کوهنجان به ترتیب اولویت به عنوان محل دفن این پسماندها در استان فارس معرفی شدند.

کلمات کلیدی: مکانیابی، پسماندهای خطرناک، GIS، محل دفن، استان فارس.

مقدمه:

به طور ساده پسماندهای خطرناک، زایداتی هستند که به علت ویژگی خاصشان (قابل احتراق، واکنش پذیر، خورنده و سمی بودن) توانایی ایجاد اثرات زیان آور بر سلامتی انسان و محیط زیست را داشته باشند. گسترش شهرها، صنعتی شدن جوامع و افزایش تنوع نیازهای انسانی موجب افزایش میزان مواد زائد تولیدی صنایع شده، تا جائیکه سلامت انسان و محیط زیست را با خطر جدی مواجه کرده است. پسماندهای خطرناک طی سالیان متمادی بدون توجه به اصول علمی و بدون در نظر گرفتن مبانی حفظ و حراست از محیط زیست و سلامت موجودات زنده، با بی توجهی هرچه تمام تر در محیط دفع می شده اند. سالانه صدها میلیون تن مواد زائد خطرناک در جهان تولید شده که در صورت عدم برخورد اصولی جهت دفع، اثرات تخریبی قابل توجهی در محیط وارد می سازند.

انتخاب سایت مناسب محل دفع یک گام مهم در برنامه مدیریت جامع مواد زائد خطرناک است. از دیدگاه مهندسی محیط زیست هدف اصلی از فرآیند مکانیابی این است که با بهترین استفاده از منابع موجود زمین، مطمئن شویم تجهیزات و امکانات جدید در سایت هایی واقع می شوند که به طور بالقوه ارجح هستند و از نظر مشخصه های طبیعی و کاربری زمین، حفاظت از سلامتی عموم و محیط زیست را در برابر مسائل مخرب محل دفع تضمین می کنند. اگر انتخاب سایت به طور صحیح صورت بگیرد، می تواند در کاهش هزینه های طراحی، ساخت و بهره برداری نیز مؤثر باشد، همانطور که اثرات زیست محیطی را به حداقل می رساند (McNally, 2002).

استان فارس در سمت جنوب و جنوب غرب کشور بین طولهای جغرافیایی ۳۶' و ۵۰' تا ۳۵' و ۵۵' شرقی و عرضهای جغرافیایی ۲۷' و ۴۰' تا ۳۱' شمالی قرار دارد و جزء مناطق نادر در سطح کشور است که میتوان در هر زمان شرایط چهار فصل سال را در آن مشاهده نمود و از این نظر میتوان استان فارس را "ایران کوچک" نامید. این استان با داشتن مساحتی بیش از ۱۲۴ هزار کیلومتر مربع، حدود ۷/۶ % مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. در سطح استان بیشترین درجه حرارت در نواحی جنوبی و در شهرستانهای لامرد و لارستان با بیش از ۴۵ درجه سانتیگراد و کمترین دما در نواحی شمالی استان در شهرستانهای اقلید و آباده با ۱۰- درجه سانتیگراد وجود دارد. از نظر میزان بارندگی سالیانه، مناطق شرقی آن دارای کمترین میزان (۲۵۰ - ۱۴۰ میلیمتر) و مناطق مرکزی و غربی دارای بیشترین میزان (۸۰۰ - ۴۰۰ میلیمتر) میباشد. از دریاچه ها و رودخانه های مهم استان میتوان به دریاچه های بختگان، پریشان، مهارلو، طشک و کافر و رودخانه های کرو سیوند، فهلیان، شاپور، قره آغاج، رودبال و مزایجان

۱- استاد یار بخش مهندسی راه و ساختمان دانشگاه شیراز. پست الکترونیکی: ajashni@yahoo.com. تلفن: ۰۹۱۷۳۰۰۷۹۰۱

۲- استاد بخش مهندسی راه و ساختمان دانشگاه شیراز. پست الکترونیکی: ntaleb2000@yahoo.com. تلفن: ۰۹۱۷۱۱۷۹۴۰۷

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست دانشگاه شیراز. پست الکترونیکی: aabdolmaleky@yahoo.com. تلفن: ۰۹۱۷۳۱۵۷۹۷۰

مهم استان میتوان از کوه سفید (ارتفاع ۳۹۴۳ متر) در جنوب اقلید، کوه رنج (ارتفاع ۳۷۱۸ متر) در شمال شرق سپیدان و کوه موسی خان (ارتفاع ۳۳۳۸ متر) در شمال غرب سعادت شهر نام برد.

بررسی های به عمل آمده در شهریورماه ۱۳۸۶ نشانگر آن است که پسماندهای خطرناک در استان فارس عمدتاً از بخشهای صنعت، کشاورزی و بیمارستانی نشأت می گیرد. میزان کل پسماند خطرناک صنعتی موجود در استان فارس بیش از ۱۱۰۰۰ تن در سال تخمین زده می شود. بیشترین میزان پسماند استان در شهرستانهای شیراز، زرقان و مرودشت تولید می شود، بطوریکه این سه شهر بیش از ۹۷ درصد پسماندهای تولیدی صنایع در استان فارس را به خود اختصاص داده اند.

روشهای مختلفی برای انتخاب سایت محل دفن پسماندهای خطرناک مورد استفاده قرار گرفته است. Jacobs و همکارانش در سال ۱۹۹۴ با در نظر گرفتن دو عامل هزینه و خطر یک مدل خطی جهت انتخاب همزمان سایت و مسیر برای پسماندهای خطرناک ارائه کردند. بدین ترتیب دو تابع هدف^۱ یکی برای مینیمم کردن هزینه و دیگری برای مینیمم کردن خطرات بیان می شود. با حل این معادلات راه حل بهینه به دست می آید. برای حل معادلات، فرمولاسیون برنامه ریزی خطی به وسیله XMP مورد استفاده قرار گرفت. Anjaneyulu در سال ۲۰۰۳ انتخاب محل های دفن پسماندهای خطرناک در هند را بر اساس پارامترهای مؤثر در ظرفیت جذب خاک انجام داد. او از پی-دی کلرو بنزن برای آزمایش جذب بر روی خاک های نواحی مختلف استفاده کرد و ظرفیت جذب آنها را به دست آورد. وی چنین نتیجه گرفت که هر چه مواد آلی خاک بیشتر باشد، ظرفیت جذب آن بیشتر است و سایت مورد نظر برای محل دفع پسماندهای خطرناک مناسب تر است. در سال ۱۹۹۹ Krishna و Babu بیان کردند که انتخاب سایت مناسب برای عملکرد مؤثر TSD^۲ یک عامل کلیدی در بحث مدیریت پسماندهای خطرناک است. آنها از شاخص های حساسیت سایت برای رتبه بندی سایت های موجود با توجه به ۳۴ پارامتر استفاده کردند. آنها برای پیش بینی دقیق شاخص های سایت (SSI^۳)، مدل BFMM^۴ را پیشنهاد کردند. در این روش به جای در نظر گرفتن چهار بازه برای تعیین شاخص حساسیت سایت، از آنالیز رگرسیون استفاده می شود. در سال ۲۰۰۱ Allen و همکاران انتخاب سایت محل دفع شهری در ایرلند را با استفاده از تکنولوژی GIS انجام دادند. در این روش، حذف مناطق نامناسب و وزن دهی نواحی باقیمانده را با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی انجام دادند.

معیارهای مکانیابی محل دفع پسماندهای خطرناک

یافتن مکان مناسب محل دفن پسماندهای خطرناک به شرایط طبیعی و قانونی هر منطقه بستگی دارد. مثلاً در کشورهایی مانند سوئد، فنلاند و آلمان مطالعات مکانیابی بدون توجه به لرزه خیزی و رعایت فاصله لازم از گسلها انجام می شود (La Grega و همکاران، ۲۰۰۲) در صورتیکه به علت لرزه خیز بودن کشور ما، رعایت حریم مناسب از گسلها ضروری به نظر می رسد.

در این تحقیق با استناد به معیارهای جهانی انتخاب محل های دفن پسماندهای خطرناک که از سوی سازمان های معتبری مانند WHO^۵، EPA، کنوانسیون بازل و سازمان محیط زیست کشورهای توسعه یافته مانند ژاپن، استرالیا، نیوزیلند و ... ارائه شده است و همچنین استفاده از نظرات کارشناسان آشنا با شرایط استان فارس، مجموعه ای از معیارها برای انتخاب محل دفن در استان فراهم گردید. این معیارها به دو دسته تقسیم شدند: دسته اول معیارهای ضروری (اولیه) که احتمال وقوع یا وجود آنها ناحیه مورد بررسی را از درجه اعتبار ساقط می نماید. مثلاً اگر سازند زمین شناسی منطقه ای نامناسب باشد، قطعاً از محدوده مطالعاتی فرآیند مکانیابی کنار گذاشته می شود. این معیارها برای اعمال در نرم افزار ArcView GIS 3.2a مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). دسته دوم پارامترهای ثانویه هستند که وجود یا فقدان و شدت یا ضعف آنها می تواند دارای تأثیر مثبت یا منفی شدید یا ضعیف در جریان تصمیم گیری برای انتخاب سایت نهایی باشد. به عنوان مثال میزان تبخیر زیاد یک پارامتر مناسب است و تبخیر کم منطقه یک عامل نامناسب است ولی نمی توان یک سایت مناسب را فقط به دلیل میزان تبخیر کم آن نامناسب دانست بلکه باید با اختصاص وزن به این پارامتر برای سایت های منتخب، میزان مناسب بودن آنها را سنجید. این پارامترها در روش وزن دهی برای اختصاص دادن نمره به سایت های منتخب به کار می روند.

¹ Objective Function

² Treatment, Storage and Disposal Facility

³ Site Sensitivity Indices

⁴ Best Fit Mathematical Model

⁵ United Nations Environmental Program

⁶ World Health Organization

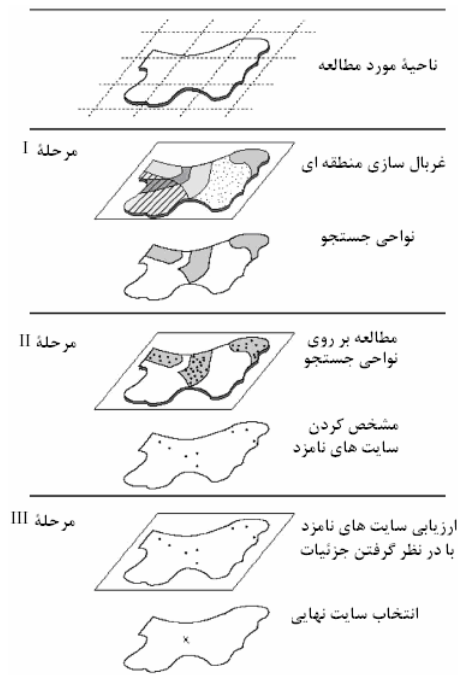
جدول ۱- معیارهای ضروری مکانیابی پسماندهای خطرناک در استان فارس برای اعمال در GIS

نوع عارضه	مشخصه	معیار
عارضه های نقطه ای	مراکز شهرستان و مراکز بخش	محل دفن باید خارج از فاصله شعاعی ۴ کیلومتر از مراکز شهرستان و بخش واقع شود.
	مراکز دهستان	فاصله سایت مناسب از مراکز دهستان ۳ کیلومتر منظور می گردد.
	روستاها	فاصله سایت مناسب از روستاها ۲ کیلومتر منظور می گردد.
	سدها و تأسیسات آبی	فاصله شعاعی سدها و تأسیسات آبی از سایت مناسب حداقل باید ۱ کیلومتر باشد. تأسیسات آبی شامل بندها و سدهای در دست ساخت است.
	ایستگاه های هواشناسی و هیدرومتری	حداقل فاصله تا این ایستگاه ها ۱ کیلومتر است.
عارضه های خطی	جاده های اصلی و رودخانه های دائمی	فاصله سایت مناسب از هر طرف جاده های اصلی و رودخانه های دائمی حداقل ۱ کیلومتر در نظر گرفته شود.
	جاده های فرعی و رودخانه های فصلی	فاصله سایت مناسب از هر طرف جاده های فرعی و رودخانه های فصلی حداقل ۵۰۰ متر در نظر گرفته شود.
عارضه های چند ضلعی	زمین شناسی	سازندهای پایده، گورپی، رازک، گنبدهای نمکی، میشان، ساچون و مارن سازندهایی هستند که به علت نفوذ پذیری کم، مناسب محل دفن می باشند.
	درصد تاج پوششی جنگلها	نواحی دارای تاج پوششی ۲۵ تا ۷۵ درصد نامناسب در نظر گرفته شد.
	شیب	مناطق با شیب کمتر از ۱ درصد و بیشتر از ۱۵ درصد نامناسب هستند.
	مناطق حفاظت شده و دریاچه ها	محل دفن باید خارج از حریم ۲ کیلومتری مناطق حفاظت شده و دریاچه ها در نظر گرفته شود.

روش کار:

برای یافتن مکان بهینه به منظور دفن پسماندهای خطرناک در استان فارس از تکنیک رویهم گذاری^۱ لایه های اطلاعاتی در محیط GIS استفاده شده است. این روش همانطور که در شکل ۱ به صورت شماتیک نشان داده شده است، شامل سه مرحله است. از آنجائیکه طبق ضوابط انتخاب سایت، طول مسیر حمل پسماندها از مراکز عمده تولید آنها در استان (شیراز، زرقان و مرودشت) تا سایت انتخابی نباید بیش از ۱۵۰ کیلومتر باشد، بنابراین منطقه مورد مطالعه (استان فارس) از نظر وسعت به ناحیه کوچکتری تبدیل شد و غربال سازی منطقه ای در مرحله اول صورت گرفت. در مرحله ۲، با استفاده از تحلیل نرم افزار ArcView GIS 3.2a مناطق نامناسب طبق آنچه که در ادامه خواهد آمد، حذف شدند. نرم افزار ArcView با نسخه های متعدد و رو به تکامل آن به عنوان نخستین ابزار آنالیز GIS و ارائه و نمایش نقشه ها در جهان معرفی شده است. این نرم افزار که از قابلیت بسیار بالایی جهت استفاده در تحلیل های GIS برخوردار است، متداولترین نرم افزار GIS در کامپیوترهای شخصی است که روز به روز استفاده از آن در جهان بیشتر می شود. در مرحله ۳ برای ارزیابی و اولویت بندی سایت های نامزد، از روش وزن دهی استفاده شد. برای فراهم نمودن اطلاعات این مرحله، مطالعات صحرایی و بازدیدهای میدانی انجام گرفت.

¹ Overlaying



شکل ۱- روند مرحله ای انتخاب سایت (Cetin و Yesilnacar، 2005)

اولین و مهمترین گام فرآیند مکانیابی، جمع آوری اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل است. برای حذف مقدماتی مکان های نامناسب نیاز به لایه های اطلاعاتی عارضه های مختلف در سطح استان است. لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در مرحله اول از این پژوهش شامل عارضه های نقطه ای^۱، خطی^۲ و چندضلعی^۳ هستند. عارضه های نقطه ای عبارتند از مراکز شهرستان، مراکز دهستان، مراکز بخش، روستاها، سدها، تأسیسات آبی (بندها یا سدهای در دست ساخت می باشد)، ایستگاههای هیدرومتری و ایستگاههای هواشناسی. عارضه های خطی شامل راهها (اصلی و فرعی) و رودخانه ها (دائمی و فصلی) می باشند. لایه های توپوگرافی (شیب)، زمین شناسی، پراکندگی و درصد تاج پوششی جنگل ها، مناطق حفاظت شده و دریاچه ها لایه هایی هستند که عارضه های چند ضلعی را در بر می گیرند. لایه های اطلاعاتی مورد نیاز از مرکز تحقیقات محیط زیست و توسعه پایدار دانشگاه شیراز در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ گردآوری شده اند.

به این ترتیب با اعمال این معیارها بر لایه های اطلاعاتی مربوطه در محیط ArcView GIS ver. 3.2a، مکان های مناسب از حیث هر لایه اطلاعاتی مشخص شدند. با رویهم گذاری این لایه ها، سطح مشترک آنها که همان مناطق مناسب اولیه در استان است، تعیین گردیدند. این مناطق در شکل ۲ نشان داده شده اند. از آنجائیکه وسعت استان فارس زیاد است، برای وضوح بهتر شکل تنها بخشی از استان که در محدوده ۱۵۰ کیلومتری از مراکز عمده تولید کننده این پسماندها یعنی شهرهای شیراز، مرودشت و زرقان واقع است، نشان داده شده است.

¹ Point Features

² Line Features

³ Polygon Features

جدول ۲- وزن دهی سایت های منتخب

شماره	پارامتر تصمیم گیری	وزن پارامتر	ارزیابی نسبی					
			سایت ۳ (کوهنجان)		سایت ۲ (هفت برم)		سایت ۱ (قادر آباد)	
			مقدار نسبی	نمره معیار	مقدار نسبی	نمره معیار	مقدار نسبی	نمره معیار
مطالعات مقدماتی								
۱	بارندگی	۵	۴	۲۰	۲	۱۰	۴	۲۰
۲	فاصله تا زهکش ها	۳	۳	۹	۲	۶	۵	۱۵
۳	فاصله تا چاه ها	۸	۴	۳۲	۶	۴۸	۴	۳۲
۴	خطر نسبی زلزله	۵	۳	۱۵	۳	۱۵	۴	۲۰
۵	فاصله تا مناطق مسکونی	۵	۵	۲۵	۵	۲۵	۵	۲۵
۶	فاصله تا فرودگاه ها	۴	۶	۲۴	۶	۲۴	۶	۲۴
۷	فاصله تا مناطق حفاظت شده	۶	۶	۳۶	۶	۳۶	۶	۳۶
۸	فاصله تا مناطق تاریخی و باستانی	۶	۶	۳۶	۶	۳۶	۶	۳۶
۹	فاصله از مراکز تولید پسماندها	۷	۳	۲۱	۴	۲۸	۲	۱۴
۱۰	سهولت انتقال پسماندها به خاطر وجود راه آهن، بزرگراه و ...	۵	۲	۱۰	۳	۱۵	۵	۲۵
۱۱	فاصله تا خطوط تأمین نیرو	۲	۵	۱۰	۶	۱۲	۶	۱۲
۱۲	شیب	۴	۴	۱۶	۴	۱۶	۳	۱۲
۱۳	پایداری سطح زمین در اثر عوامل طبیعی	۳	۳	۹	۳	۹	۴	۱۲
۱۴	احتمال سیل/ نزدیکی به مسیل	۳	۵	۱۵	۶	۱۸	۶	۱۸
۱۵	هوازدهی	۲	۳	۶	۳	۶	۳	۶
۱۶	عمق آب زیرزمینی	۶	۱	۶	۱	۶	۱	۶
۱۷	فاصله تا سنگ بستر	۴	۶	۲۴	۶	۲۴	۶	۲۴
۱۸	نوع ماده پوشاننده محل دفن	۴	۵	۲۰	۶	۲۴	۶	۲۴
۱۹	نشست زمین	۳	۴	۱۲	۴	۱۲	۴	۱۲
۲۰	سرعت و جهت باد	۲	۶	۱۲	۶	۱۲	۶	۱۲
جزئیات مطالعات صحرایی								
۲۱	فاصله از گسل ها و درزه ها	۳	۵	۱۵	۵	۱۵	۶	۱۸
۲۲	ضخامت خاک	۴	۳	۱۲	۴	۱۶	۴	۱۶
۲۳	خواص مهندسی خاک	۴	۵	۲۰	۵	۲۰	۵	۲۰
۲۴	نفوذپذیری	۶	۵	۳۰	۵	۳۰	۴	۲۴
۲۵	تخلخل مؤثر	۴	۶	۲۴	۶	۲۴	۵	۲۰
۲۶	ساختار زمین شناسی	۵	۶	۳۰	۶	۳۰	۶	۳۰
۲۷	میزان تیخیر (mm/year)	۴	۶	۲۴	۶	۲۴	۵	۲۰
۲۸	پیشچیدگی هیدرولوژیکی	۳	۶	۱۸	۶	۱۸	۶	۱۸
۲۹	کنترل گرادیان آب	۲	۳	۶	۱	۲	۵	۱۰
۳۰	درجه سهولت پایش	۲	۶	۱۲	۶	۱۲	۶	۱۲
۳۱	درجه سهولت بازسازی و احیای مجدد	۲	۳	۶	۳	۶	۳	۶
۳۲	گرادیان هیدرولوژیکی	۴	۴	۱۶	۳	۱۲	۴	۱۶
Total		۱۳۰		۵۷۱		۵۹۱		۵۹۵

نتیجه گیری

با توجه به مجموع نمرات سایت های قادرآباد، هفت برم و کوهنجان مشخص می شود که سایت قادر آباد با ۵۹۵ نمره از موقعیت مناسب تری به منظور محل دفن پسماندهای خطرناک برخوردار است و سایت های هفت برم با ۵۹۱ و کوهنجان با ۵۷۱ نمره در اولویت های بعدی قرار دارند. در استفاده از روش وزن دهی می بایست تمامی اطلاعات سایت های منتخب بر اساس اطلاعات نقشه ها، بازدیدهای صحرایی و آزمایش های مورد نیاز (مثلاً آزمایش نفوذپذیری خاک) جمع آوری گردد که این امر می تواند باعث بروز مشکلاتی در این روش شود. امروزه با پیشرفت سیستم های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، صرفه جویی قابل توجهی در وقت و هزینه برای انجام پروژه های مکانیابی صورت گرفته است. نکته ای که در اینجا باید به آن اشاره کرد این است که تنها نمی توان برای انتخاب سایت بهینه به ابزار مدرن امروزه اعتماد کرد و حتماً باید بازدیدهای صحرایی صورت گیرد تا از صحت و سقم نتایج در این سیستم ها مطمئن شویم. عوامل مختلفی مانند دقت نقشه ها، دخالت های انسان زاد در محیط طبیعی، دقت کاربران و ... می توانند باعث ایجاد تناقض بین نتایج سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بازدیدهای صحرایی شوند. در این تحقیق با اینکه اکثر سایت هایی که نرم افزار معرفی می کرد مناسب بود، با این وجود برخی سایت ها یا راههای دسترسی صعب العبوری داشتند یا شیب آنها چیزی بیش از آنچه بود که ابزار GIS

معرفی می کرد. از نظر زمین شناسی نیز ممکن است سازندهای رخنمون یافته به علت فرسایش چیزی غیر از آن باشد که در زمان تهیه نقشه ها بوده است. بنابراین از این امکانات می توان در جهت مطالعات و تجزیه و تحلیل مقدماتی استفاده کرد و گزینش نهایی را با انجام بازدید های میدانی انجام داد که همین امر می تواند تا حد بسیار بالایی باعث کاهش هزینه ها و تسریع در انجام پروژه مکانیابی گردد.

مراجع

1. McNally, L. (2002) Protection of Water Resources in Landfill Siting in Vietnam. *A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master of Engineering: Graduate Department of Civil Engineering: University of Toronto.*
2. Jacobs, T.L. and Warmerdam, J. M. (1994) Simultaneous Routing and siting for hazardous waste operation. *Journal of Urban Planning and Development, Vol. 120, No. 3, pp. 115-121.*
3. Ramakrishna, V. and Babu, B.V. (1999) Site selection criteria for hazardous waste Treatment, Storage and Disposal Facility. *Proceedings of Samrat Ashok Technological Institute (Engineering College), Vidisha, India, pp. D2-8-D2-15.*
4. Allen, A., Cummins, V., O'Donnell, V., Donnelly, J. and Koukoulas, S. (2001) *A New Approach to Landfill Site Selection in Ireland using GIS Technology.* Coastal Resources Centre, Environment Research Institute, University College Cork, Ireland.
5. Zareen Khan, Y. A. (2003) Selection of hazardous waste dumpsites based on parameters effecting soil adsorption capacity. *Journal of Environmental Geology, Vol. 43, pp. 986-990.*
6. La Grega M.D., Buckingham P.L., and Evans J.C. (2002) Hazardous Waste Management. *McGraw-Hill, Inc. New Yourk.*
7. Yesilnacar, M.I. and Cetin, H. (2005) Site selection for hazardous wastes: A case study from the GAP area, Turkey. *Journal of Engineering Geology, Vol. 81, pp. 371-388.*