مکانیابی محل دفن زباله‌های جامد شهری به روش تحلیل فضایی معیارهای چندمتغیره

دکتر مجتبی قدیری معصوم
دانشیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

حسن کریم‌زاده
دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی
دانشگاه تهران

بهمن صحنه
دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی
دانشگاه تهران

چکیده

تحقیق حاضر روش فضایی با ترکیب روش‌های گوناگونی از علوم در زمینه‌های متفاوت مانند تحلیل معیارهای چندگانه سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل فضایی و آمار فضایی را توصیف و باهم مقایسه می‌کند. هدف نهایی این روش ارزیابی تناسب منطقه مورد مطالعه به منظور تعیین مکان بهینه جهت دفن زباله می‌باشد. در این زمینه اولین مرحله تشکیل ساختار سلسله مراتبی معیارهای چندگانه است. سپس استفاده از فرایند تحلیل فضایی برای ایجاد معیارهای ارزیابی است که این معیارها بر اساس قوانین یونان و اتحادیه اروپا بوده و همچنین بر اساس رهنمون‌های کاربردی و عملی بین‌المللی می‌باشد. اهمیت نسبی وزن معیارهای ارزیابی بر اساس ساختار سلسله مراتبی تعیین می‌گردد و با استفاده از مدل وزن‌دهی ساده، مکان‌های مناسب برای دفن زباله در منطقه مورد مطالعه تعیین می‌گردند. در نتیجه مکان‌های مناسب بر اساس رتبه ۰ تا ۱۰ اولویت‌بندی می‌گردد که به ترتیب از کمترین تا بهترین ناحیه می‌باشد. آخرین مرحله فرایند خوشه‌های فضایی است که به منظور نشان دادن مناسب ترین ناحیه شکل می‌گیرد. رتبه‌بندی اولیه اجازه انتخاب مکان‌های مناسب را برای دفن، از بین مکان‌ها می‌دهد. کاربرد و اجرای روش مورد نظر در جزیره لمنوس (۱) واقع در شمال دریای اژه یونان نشان داد که ۹/۳ درصد منطقه مورد مطالعه برای دفن با رتبه بالاتر از ۹ مناسب هستند.

واژه‌های کلیدی: مکانیابی، محل دفن زباله‌ها، تحلیل فضایی، معیارهای چندمتغیره، جزیره لمنوس، ساختار سلسله مراتبی

۱- مقدمه

سیستم مدیریت زباله‌های شهری (MSW)[۲] تکنیک‌های زیادی را برای مدیریت زباله‌های جامد از قبیل دفن، سوزاندن، رفتار بیولوژیکی بازیافت و... مورد استفاده قرار می‌دهد. اگرچه ترکیب تکنیک‌های مدیریتی بالا مفید هستند، با این حال سیاست‌های تصفیه و استفاده مجدد بازیافت بکار گرفته می‌شود. دفن بهداشتی برای سیستم مدیریت MSW کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. سیستم مدیریت MSW در یونان به صورت یکپارچه نمی‌باشد و در قوانین مصوب شهری در یونان نیاز به اجرای طرح استراتژیکی برای یکپارچگی مدیریت MSW در سطح بالای مدیریت برای ۱۵ سال بعدی می‌باشد. علیرغم شروع اجرای دستورالعمل اتحادیه اروپا طبق مصوبه 99/31/EC که نیاز به ساخت سایت‌هایی را برای همه اعضا ضروری می‌داند بیشتر از ۴۰۰ هزار سایت کنترل نشده در یونان وجود دارد و امروزه تنها حدود ۵۰ محل دفن بهداشتی زباله در حال اجرا و یا زیرسازی موجود می‌باشد (Mavropoulos, 2000).

انتخاب محل دفن زباله به علت این که ترکیبی از پارامترهای اجتماعی - محیطی و تکنیکی می‌باشد فرایند بسیار پیچیده‌ای دارد. فرایند مکان‌یابی در پی کمک به انتخاب نواحیی است که دارای کمترین خطر برای بهداشت عمومی بوده و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد (Bagchi, 1990; Noble, 1992; McBean et al., 1995). روش‌های گوناگونی را برای انتخاب محل دفن می‌توان در تحقیقات پیشین پیدا نمود.

(Halvadakis, 1993; Bonham - Carter, 1994; Ehler et al., 1995; Balis et al., 1998; Dorhofer and Siebert, 1998; Tagoub and Buyong, 1998; Herzog, 1999; Lukasheh et al., 2001; Kontos et al., 2003).

این تکنیک‌ها سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)[۳] را برای اجرای سناریوهای اولیه در منطقه مورد مطالعه به منظور انتخاب مناسب‌ترین محل مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند. علاوه بر این، این گونه تکنیک‌ها دووجهی هستند بدین معنی که در نتیجه نهایی، مکان‌های مناسب ونامناسب را به وضوح نشان می‌دهند. از دیگر تکنیک‌ها ترکیب تحلیل معیارهای چندگانه MCA و GIS می‌باشد.

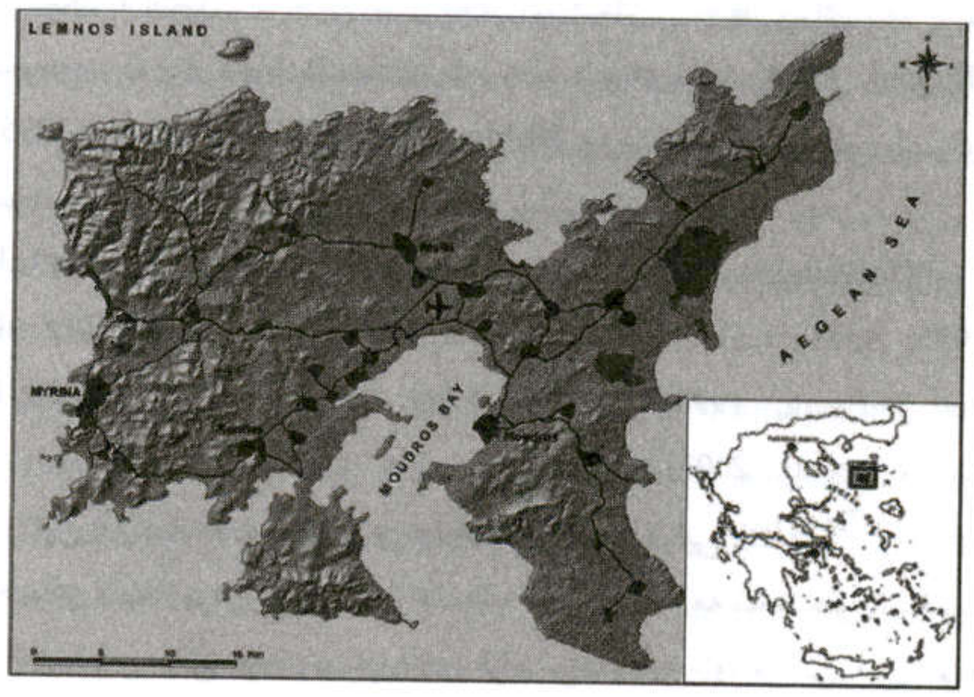
Minor and Jacobs, 1994; Kao and Kin, 1996; Siddiqui et al., 1996; Lin and Kao, 1998; Allen et al., 2002; Kontos and Halvadakis. 2002)

با استفاده از این تکنیک‌ها ارزیابی تناسب کل منطقه مورد مطالعه براساس شاخص‌های کاربردی برای رتبه‌بندی اولیه نواحی مناسب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مقاله حاضر در خصوص روش مکان‌یابی دفن زباله MSW با ترکیب GIS و MCA[۴] می‌باشد که در جزیره لمنوس یونان انجام شده است. روش ارائه شده تمام منطقه مورد مطالعه را در مقیاس ۰ تا ۱۰ ارزیابی می‌کند به گونه‌ای که عدد صفر رتبه مکان کاملاً نامناسب برای دفن زباله را نشان می‌دهد و عدد ۱۰ بهترین مکان برای دفن زباله است. در این روش معیارهای ارزیابی براساس شاخص‌های ملی و بین‌المللی در زمینه دفن زباله و قوانین اتحادیه‌های اروپایی (EU) تعیین گردیده‌اند. با مرور ادبیات مرتبط با مکان‌یابی دفن زباله، نوآوری‌هایی در معیارهای ارزیابی مشاهده می‌شود.

علاوه بر این بهره‌برداری از روش‌های آمار فضایی تصنعی، نوآوری دیگری در زمینه دفن زباله می‌باشد که نتایج تحلیلی مفیدی را ارائه می‌کند و ابزارهای تهیه شده به وسیله GIS و آمار فضایی دارای اهمیت فراوانی می‌باشد.

در بخش دوم مقاله اطلاعات خوبی درباره جزیره لمنوس ارائه شده است و در بخش سوم روش‌شناسی ساختار سلسله مراتبی معیارهای چندگانه شکل گرفته مطرح شده است. در بخش چهارم تصمیم‌گیری فضایی معیارهای ارزیابی مورد بهره‌برداری مدنظر قرار گرفته؛ در بخش پنجم کاربرد این روش نشان داده شده است و نهایتاً در بخش ششم تحلیل آماری به دست آمده از کاربرد روش پیشنهادی ارائه وشاخص‌هایی در مورد روش‌شناسی بحث مذکور ساخته شده است.



نگاره ۱ - محدوده جزیره لمنوس

۲- اطلاعات مربوط به منطقه مورد مطالعه

جزیره لمنوس در شمال شرقی دریای اژه در یونان جای گرفته، همچنان که در نگاره ۱ می‌توانید مشاهده کنید، این جزیره حدود ۴۸۰ کیلومترمربع وسعت داشته وحدود ۲۵۰۰۰ نفر جمعیت در آن برای سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شده است. تقریباً ۴۸ درصد (۲۳۰ کیلومترمربع) جزیره برای زمین‌های کشاورزی (عمدتاً تاکستان وزمین‌های غلات)، ۴۲ درصد (۲۰۰ کیلومترمربع) چراگاه و بقیه زمین‌های باقی مانده کاربری‌های گوناگونی از قبیل ساخت و سازها، جنگل‌های کاج، زمین‌های سنگی، باتلاق و غیره می‌باشد.

در یونان متوسط سرانه تولید زباله تقریباً یک کیلوگرم در روز می‌باشد. ترکیب زباله‌های جامد تا به امروز در جزیره لمنوس اندازه‌گیری نشده، اما مقدار زباله‌های قابل تخمیر ۳۵ درصد برآورد شده است که در زباله‌های یونان معمولاً اندازه‌گیری می‌شود *(Parisakis et al.,1991)*.

تقریباً ۳۵ سایت برای دفن کنترل نشده در سال ۱۹۸۸ در جزیره موجود بوده است در حالی که امروزه تنها ۲ سایت نیمه کنترل شده برای دفن وجود دارد. MSW زباله‌های جامد شهری در جزیره لمنوس شامل زباله‌های مسکونی و تجاری و زباله‌های تولید شده ناشی از فعالیت‌های توریستی مانند هتل‌ها، رستوران‌ها و غیره می‌باشد. MSW طرحی است برای دفع و دفن زباله‌های جامد بهداشتی که خطرناک نیستند. طبق دستورالعمل‌های مطرح شده در اتحادیه اروپا سیستم مدیریت زباله‌های جامد طرح‌ریزی شده برای ذخیره و انباشت متوسط میزان تولید MSW در سال برای ۲۰ سال بعدی تدارک دیده شده است (Balis et al., 1998) که این سایت باید حدود ۷۶۰۰۰ مترمربع بوده و ارتفاع آن ۱۰ متر وعمق ۲/۵ متر خاک کنده شود.

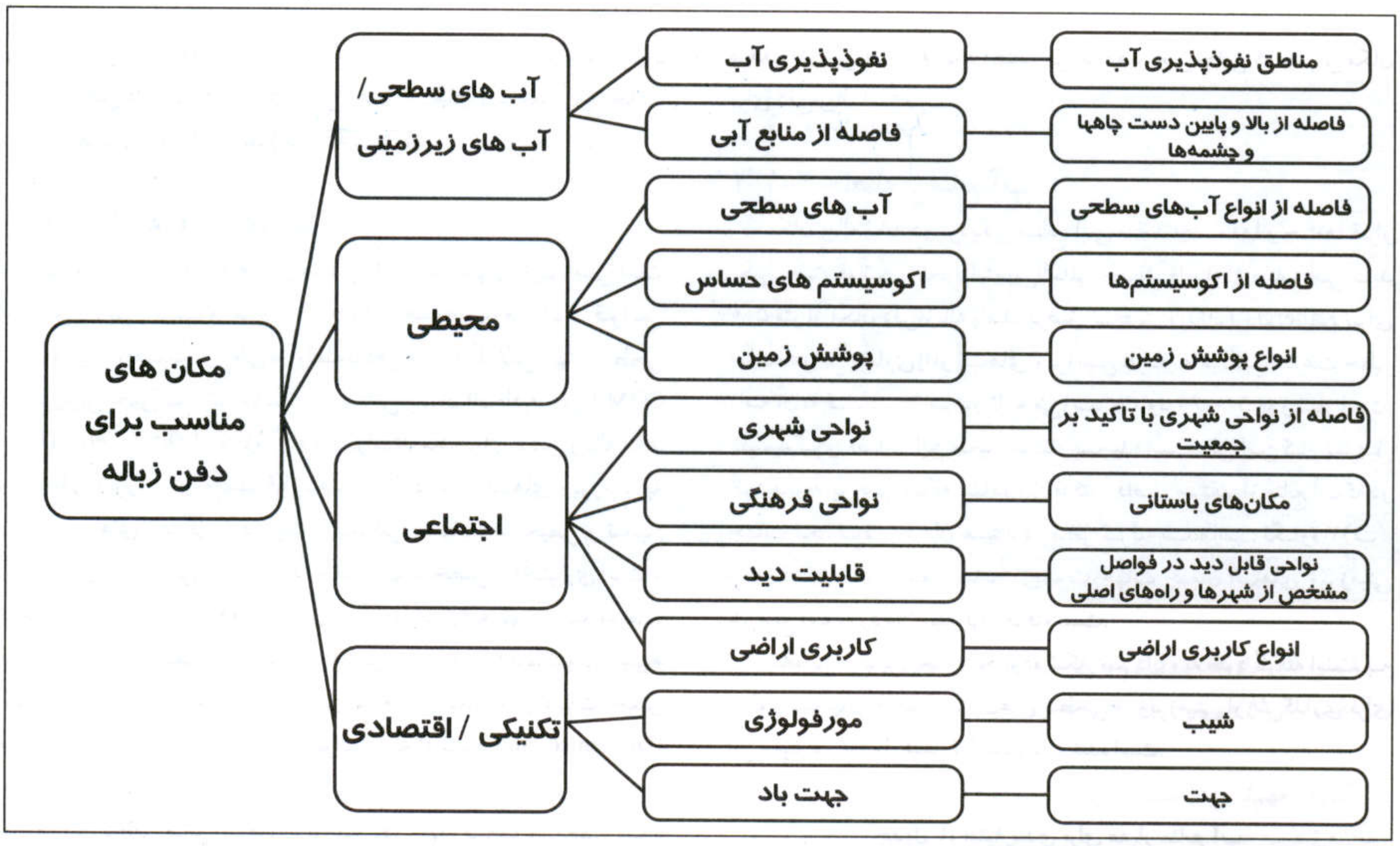
۳- روش مکان‌یابی

در یونان، مکان‌یابی دفن زباله به مانند سایر کاربری‌ها غیرقابل قبول ونامناسب (LULUs)[۵] به وسیله افرادی که تا حدودی در مورد منطقه آشنایی دارند مانند ادارات عمومی محلی، کشاورزان، صیادان، شکارچیان صورت می‌گیرد. مطالعات تکنیکی گاهاً به وسیله شوراها و انجمن‌های محیطی پیشنهاد داده می‌شود که بعدها باید اشتباهات آن نیز پوشش داده شوند.

در ۱۵ سال اخیر پیشرفت‌های تکنولوژیکی در علوم کامپیوتر GIS را در فرایند مکان‌یابی دفن زباله معرفی کرده است. GIS، ترکیبی از داده‌های فضایی (نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای) به صورت کمّی و کیفی، پایگاه داده‌های توصیفی می‌باشد.

روش مکان‌یابی در این تحقیق با بهره‌گیری از GIS در ایجاد پایگاه داده‌های رقومی در تحلیل فضایی مورد استفاده قرار گرفته است. نرم‌افزارهای GIS ابزارهای گوناگونی برای انجام فرایند تحلیل فضایی لازم دارند. برای انجام مقایسه معیارهای ارزیابی تحلیل معیارهای چندگانه و انجام فرایند تحلیل خوشه‌ای ابزارهای متفاوتی دارد. الگوریتم‌های گوناگونی در محیط نرم‌افزاری ویژوال بیسیک توسعه داده شده است که قابل اجرا در نرم‌افزارهای ARCGIS می‌باشد.

روش‌های تحلیل ارزیابی معیارهای چندگانه برای شاخص‌های مناسب، مشخصاً TOPSIS (Yoon ans Hwang, 1995) و برنامه‌های توافقی[۶] (Zeleny, 1982) پیشنهاد داده شدند. بنابراین در مقاله حاضر وزندهی افزونی ساده (SAW)[۷] روشی است که برای حل مشکل معیارهای چندگانه انتخاب شده است.



نگاره ۲ - ساختار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی محل دفن زباله

روش انتخاب محل زباله به کمک GIS در ترکیب با ابزارهای تحلیل فضایی تهیه شده به وسیله GIS با MCA برای ارزیابی در داخل منطقه براساس معیارهای ارزیابی (هیدرولوژیکی / ژئوهیدرولوژیکی، محیطی، اجتماعی، تکنیک اقتصادی) نشان داده است. روش کار شامل مراحل زیر می‌باشد:

الف - ایجاد پایگاه رقومی GIS شامل همه اطلاعات فضایی

ب - تعیین معیارها و زیرمعیارها و تشکیل ساختار سلسله مراتبی چندمعیاره

ج - تکمیل روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۸] برای محاسبه وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها

د - تکمیل روش وزندهی ساده SAW برای برآورد شاخص‌های پایداری

هـ - تکمیل و اجرای فرآیند فضایی برای نمایش مهمترین نواحی مناسب

متدولوژی مورداستفاده در این منطقه از نظر اهمیت در مقایسه با متدولوژی که به وسیله کانتوس و دیگران (۲۰۰۳) برای اولین بار در ناحیه انجام شده برابر است. بنابراین به لحاظ قانونی نواحی نامناسب از نظر شاخص تناسب اولیه پایین خواهد بود و این موارد از نظر بررسی و تحقیق در مراحل بعدی در فرایند مکان‌یابی استثنا خواهند شد و نتیجه نهایی این روش ارزیابی ناحیه براساس شاخص‌های متناسب خواهد بود. همانگونه که قبلاً اشاره شد مقیاس رتبه‌بندی بکار گرفته شده در این کار برای شاخص مناسب ۱۰-۰ است که به ترتیب از پایین به بالا از نظر تناسب اولویت‌بندی می‌شود. در مطالعه جزیره لمنوس شاخص تناسب با استفاده از روش وزندهی افزودنی ساده برآورد شده است (SAW). این روش به طور گسترده‌ای برای محاسبه ارزش‌های رتبه‌بندی نهایی در مسائل معیارهای چندگانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمول ریاضی این روش به وسیله یون و هوانگ (۱۹۹۵) بدین گونه توضیح داده شده است:

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} w_j v_{ij}$$ و

که در این فرمول V_i شاخص تناسب برای ناحیه i، w_j وزن نسبی معیار j، v_{ij} ارزش رتبه ناحیه i که در زیر معیار j قرار دارد، n تعداد کل معیارهای انتخاب شده می‌باشد.

۴- معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی در مقاله به چهار طبقه مهم که در نگاره (۲) نشان داده شده است یعنی آب‌های زیرزمینی و سطحی، محیط زیست و معیارهای اقتصادی، اجتماعی و تکنیکی تقسیم می‌گردد. مطابق نگاره ۲ ساختار سلسله مراتبی مسأله تصمیم شامل سه سطح می‌باشد. سطح اول هدف اصلی ونهایی سلسله تصمیم است. (زمین‌های مناسب برای دفن زباله)، سطح دوم معیارهای مورد استفاده در این کار و سطح سوم خصوصیات فضایی زیرمجموعه هر معیار می‌باشد.

۴-۱- معیارهای بررسی آبهای زیرزمینی و سطحی

آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله دفن زباله می‌تواند وابسته به

چندین عامل باشد. عواملی همچون نفوذ مایعات به لایه‌های زیرین مکان دفن، (تشکیل کارست، سنگ‌های رسی) عمق آب‌های زیرزمینی، نوع خاک، درجه مایعات و نوع دفن (بهداشتی و غیربهداشتی و کنترل شده) می‌باشد.

۴-۱-۱- نفوذپذیری آب

این معیار در تمام ناحیه و در مناطقی که دارای آبهای زیرزمینی است براساس ارزش هدایت و ضریب جریان آب طبقه‌بندی می‌شود. قوانین یونان و اروپا راهنمای ویژه‌ای در رابطه با دفن زباله و آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی تصویب نکرده است. براساس پیمان اتحادیه اروپا COM (96)-SYN 399/5.3.1997, (EU)، فرایند مکان‌یابی دفن زباله باید سفره‌های زیرزمینی را مدنظر قرار دهد و از آلوده شده آب‌های زیرزمینی به وسیله ابزارهای تکنیکی و فیزیکی جلوگیری نماید. تشخیص و تعیین سنگها برای نفوذپذیری آب عمدتاً به صورت شخصی و اختیاری است و براساس رتبه‌بندی Darcy's K برای سنگها و خاکها به طور وسیع استفاده می‌شود. بنابراین تصمیم برای طبقه‌بندی ناحیه مورد مطالعه در زمینه نفوذپذیری آب، با استفاده از طرح‌های طبقه‌بندی شده که در ادبیات تحقیق مذکور به کار رفته است می‌تواند ایجاد شود (Domenico and Schwartz,1990).

در این تحقیق منابع آب‌های زیرزمینی در چهار منطقه مشخص شده است. همچنانکه نگاره ۳(الف) نشان می‌دهد، براساس برآوردها و مشاهدات صورت گرفته به وسیله کارشناسان زمین‌شناسی (Balis et al., 1998) بالاترین لایه نفوذپذیری ($k \geq 10^{-5}$ m/s) نظیر تشکیلات کارستی وخاک‌های شنی) به عنوان نواحی نامناسب برای دفن زباله در نظر گرفته می‌شود ودارای ارزش کمتر از ۲ می‌باشد. نواحی که دارای آب شور است ارزش ۵ را به خود اختصاص داده‌اند.

لایه‌های کم تا متوسط نفوذپذیری یعنی ($10^{-5} > k > 10^{-7}$ m/s) مانند آهک، زغال‌سنگ، افیولیت، گرانیت) ارزش ۸ را می‌گیرد. سرانجام لایه‌های با نفوذپذیری کم ($k \leq 10^{-7}$ m/s) مانند خاکهای رسی، سنگ‌ها و سنگ صدف) ارزش ۱۰ را به خود اختصاص می‌دهد یعنی جایی که بهترین مکان برای دفن زباله است.

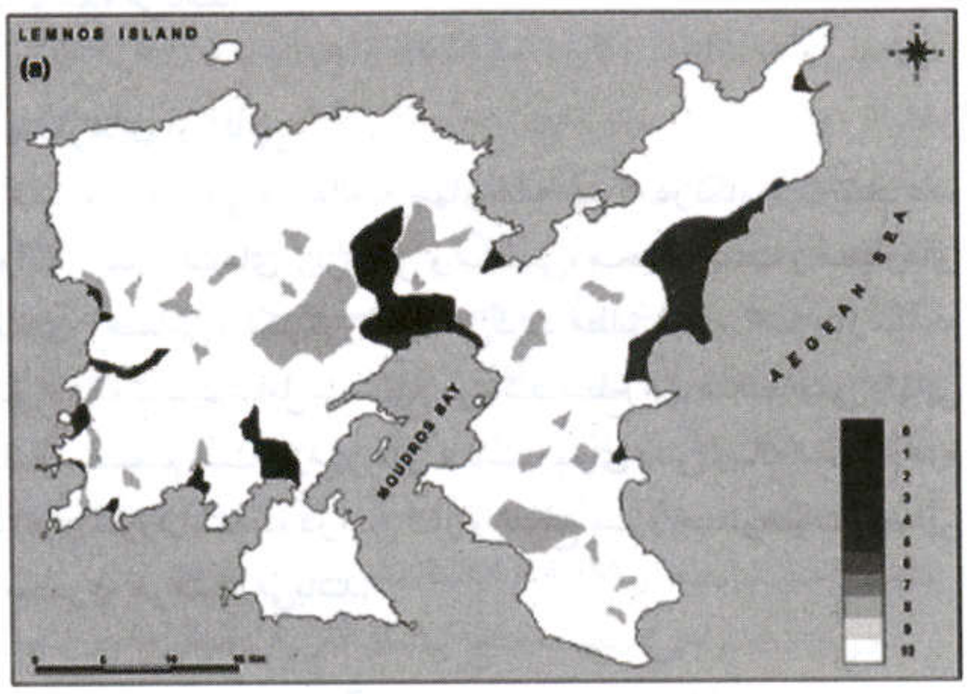
۴-۱-۲- فاصله از منابع آب

مکان زباله نباید در نزدیکی منابع آبی مانند چشمه‌ها و چاه‌ها قرار بگیرد. طبق قوانین و تجربیات بین‌المللی حداقل فاصله از منابع آبی باید ۵۰۰ متر از مکان دفن زباله باشد. برطبق تحقیق Kallergis (2001) برای حذف عوامل بیماری‌زا از آب‌های زیرزمینی آلوده که میانگین سرعت خطی دامنه آن به کمتر از ۱۰ متر در ثانیه می‌رسد حدود ۶۰ - ۵۰ روز نیاز است. تصمیم‌گیری فضایی این معیار بسیار پیچیده است ولی این کار تسهیل گردیده، به این صورت که تنها در این فاکتور فاصله مستقیم از منابع آب که در جهات مختلف در جریان هستند در نظر گرفته شده است نگاره ۳(ب). محدوده مشخص شده براساس آزیموت جهات جریان آب‌های زیرزمینی هر منبع آب مورد ملاحظه قرار گرفته است.

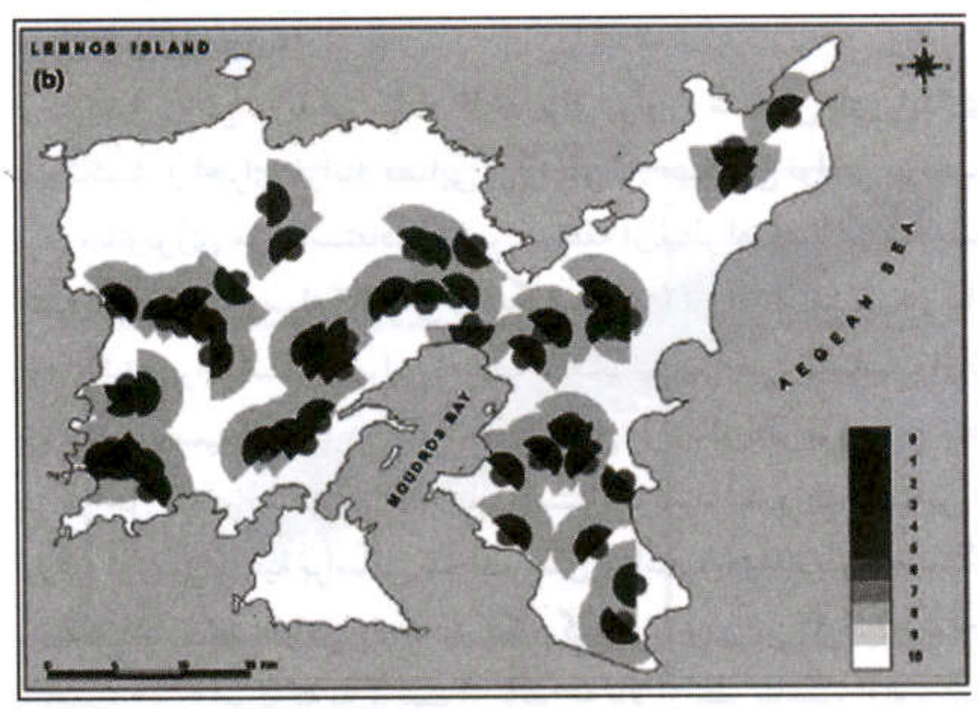
بنابراین آخرین بخش محدوده شکل نیم دایره به خود گرفته است. به منظور تشخیص فاصله جریان‌های سطحی و زیرزمینی ارزش‌گذاری برای این معیار در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: امتیازبندی برای معیار منابع آب

امتیاز	فاصله از منابع آب
۱۰	فاصله >۲۰۰۰ متر از بالادست رود و فاصله >۵۰۰ متر از پایین دست رودخانه
۸	فاصله ۱۰۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر بالادست
۶	فاصله <۵۰۰ متر از پایین دست
۴	فاصله از ۵۰۰ متر تا ۱۰۰۰ متر بالادست
۲	فاصله از ۲۰۰ متر تا ۵۰۰ متر بالادست
۰	فاصله <۲۰۰ متر از بالادست



نگاره ۳ - (الف) معیار نفوذپذیری آب



نگاره ۳ - (ب) معیار منابع آب

۴-۲- معیار محیط

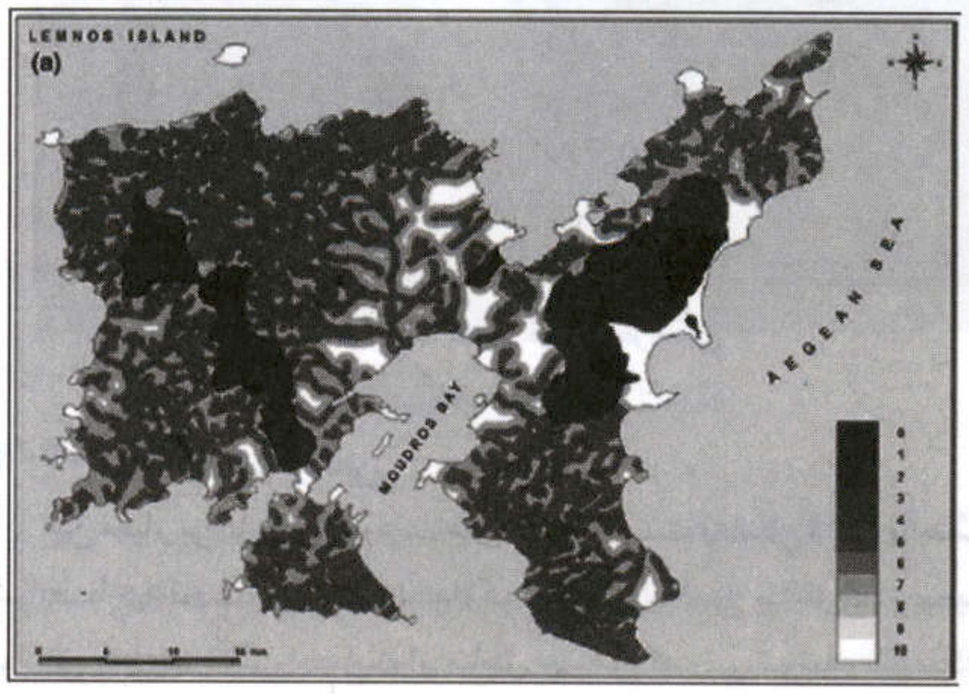
معیار محیطی از سه زیرمعیار یا زیرمجموعه اکوسیستم حساس، آب‌های سطحی و پوشش زمین تشکیل شده است که در نگاره شماره (۳-۴) تا (۱-۴) نشان داده شده است.

۴-۲-۱- آب‌های سطحی

برطبق قوانین یونان و اتحادیه اروپا پیشنهاد دفن زباله‌های جامد در هر منبع آبی مانند دریا، دریاچه و رودخانه منع شده است. دریاچه‌ها و رودخانه‌ها با جریان‌های آب دائمی در جزیره لمنوس وجود ندارد. از این رو این معیار برای سایر منابع آبی مانند مرداب‌ها، باتلاق‌ها، سدها و ذخایر آبی نیز مدنظر قرار گرفته شده است. به علاوه اندازه حوضه‌های آبخیز توده‌های آبی نیز مورد ملاحظه قرار گرفته است لذا مکان‌های حوضه آبخیز باید دارای اهمیت کمتر بوده یا نمره پایین‌تری دریافت نمایند. زیرا در این مکان‌ها هزینه ساخت سیستم زهکشی در اطراف مکان دفن ضروری‌تر است. نتیجه فضایی این معیار در نگاره شماره (۱-۴) و رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارها در جدول شماره (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲: ارزش‌گذاری برای شاخص آب‌های سطحی

امتیاز	فاصله از توده‌های آبی
۱۰	فاصله > ۵۰۰ متر از نهر، خارج از توده آبهای سطحی و خارج از حوضه هیدرولوژیکی توده‌های آبی
۷	فاصله ۲۰۰ متر تا ۵۰۰ متر ازنهر
۵	فاصله <۲۰۰ متر از نهر
۳	داخل حوضه هیدرولوژیکی توده آب‌های سطحی
۰	داخل توده آب‌های سطحی



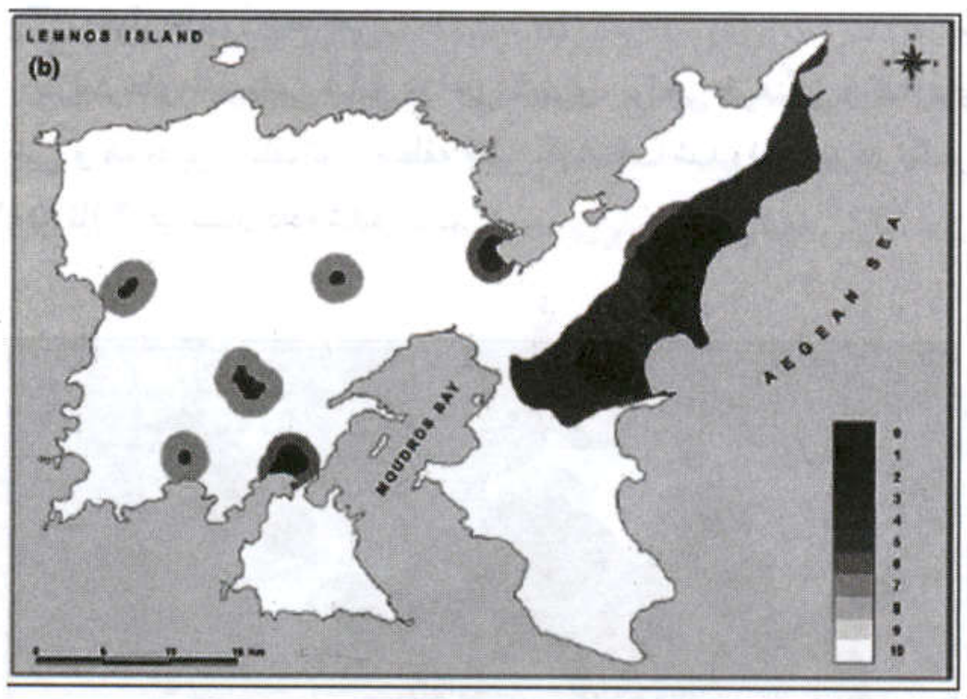
نگاره (۱-۴): معیار آب‌های سطحی

۴-۲-۲- اکوسیستم‌های حساس

اهمیت این معیار به دلیل پتانسیل اکوسیستم‌های حساس نسبت به فرسایش و آلودگی می‌باشد. برطبق قانون یونان، زباله‌های جامد نباید در محیط طبیعی و یا در یک ناحیه زیبا و بومی دفع گردد. اکوسیستم‌های حساس در شبکه طبیعی ۲۰۰۰ اروپا[۹] مشخص گردیده است. در مطالعه جزیره لمنوس مناطق طبیعی، زمین‌های باتلاقی سفره‌های آبی دست‌ساز انسان (سدها و مخازن آبی) به عنوان اکوسیستم حساس شناخته شده و نتیجه فضایی زیرمعیارهای این بخش در نگاره (۲-۴) نشان داده شده است. رتبه آنها نیز در جدول شماره (۳) آمده است.

جدول ۳: ارزش‌گذاری برای شاخص اکوسیستم‌های حساس

امتیاز	فاصله از توده‌های آبی
۱۰	فاصله > ۱۰۰۰ متر از توده آب‌های سطحی، خارج از محدوده‌های تعیین شده در پیمان‌نامه (NATURA) ۲۰۰۰
۷	فاصله ۲۰۰ متر تا ۱۰۰۰ متر از سدها و ذخایر آبی
۶	فاصله ۵۰۰ متر تا باتلاق‌ها
۴	داخل محدوده‌های پیمان‌نامه (NATURA)۲۰۰۰
۳	فاصله حاز ۲۰۰ متر از سدها و ذخایر آبی
۲	فاصله حاز ۵۰۰ متر از باتلاق‌ها
۰	داخل توده آبهای سطحی

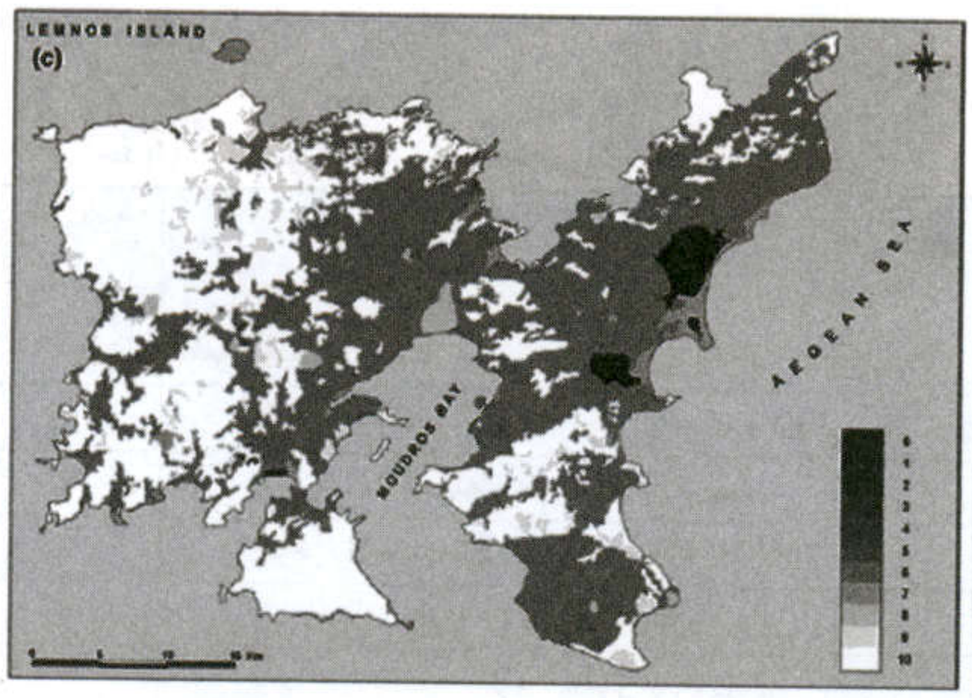


نگاره (۲-۴): معیار اکوسیستم‌های حساس

۴-۲-۳- پوشش زمین

این معیار براساس محدودیت‌های قانونی نیست بلکه براساس منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ارزیابی اهمیت انواع گیاهان براساس واحدهای اکولوژیکی که جنگل‌زدایی شده و باعث شکل‌گیری طبیعی این پراکندگی فضایی گردیده است، می‌باشد. توزیع فضایی نوع پوشش زمین در نگاره شماره (۳-۴) نشان داده شده است. زمین‌های باتلاقی در این تحقیق به طور کلی نامناسب بوده، بنابراین ارزش این معیار در این نواحی صفر می‌باشد. نواحی با جنگل‌های مخروطیان (Pinus Brutia) و درختان دارای خزان (Quercion ilicis, Oleo ceratonion) به عنوان جاهایی که ارجحیت

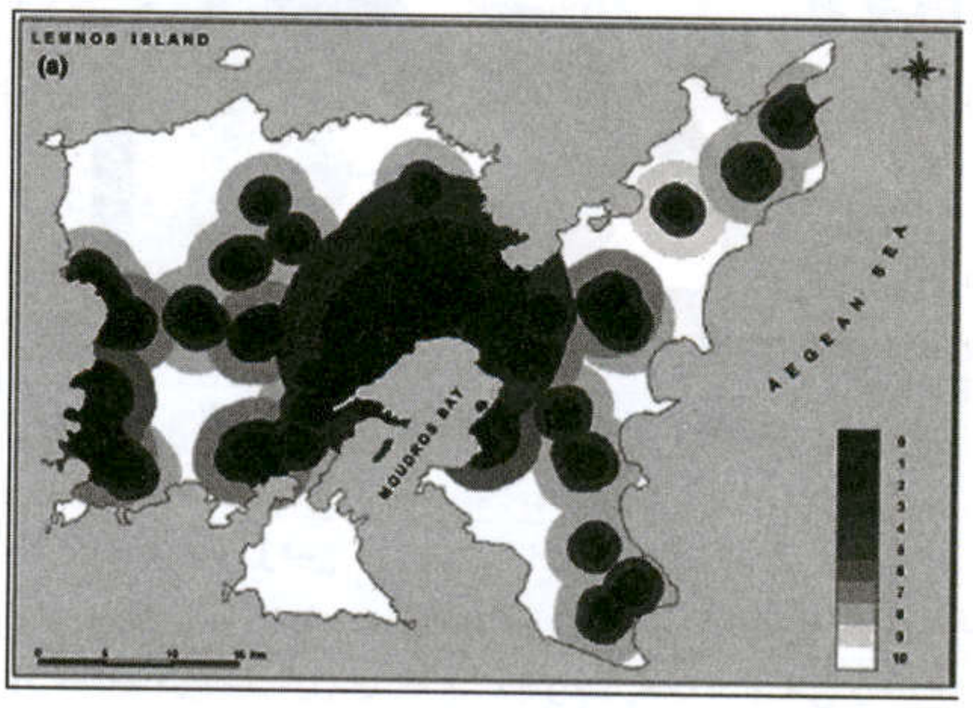
ندارد، به ترتیب دارای ارزش ۳ و ۵ می‌باشد. زمین‌های زیرکشت و زمین‌های سنگی به عنوان مکان‌های مناسب در نظر گرفته شده‌اند و ارزش متوسط ۶ و ۷ به ترتیب به خود اختصاص داده‌اند. سرانجام زمین‌های غیرقابل کشت و مراتع چراگاه‌ها (Sacropoterium spinosum) به عنوان بهترین مکان برای دفع زباله بوده و رتبه ۹ و ۱۰ را به ترتیب برای خود گرفته‌اند.



نگاره (۳-۴) معیار فاصله از پوشش زمین

۴-۳- معیارهای اجتماعی

پارامترهای اجتماعی شامل نواحی شهری، نواحی فرهنگی و کاربری اراضی و همچنین چشم‌انداز منطقه معین، انتخاب شده است و در نگاره (۱-۵) تا (۴-۵) نشان داده شده است.



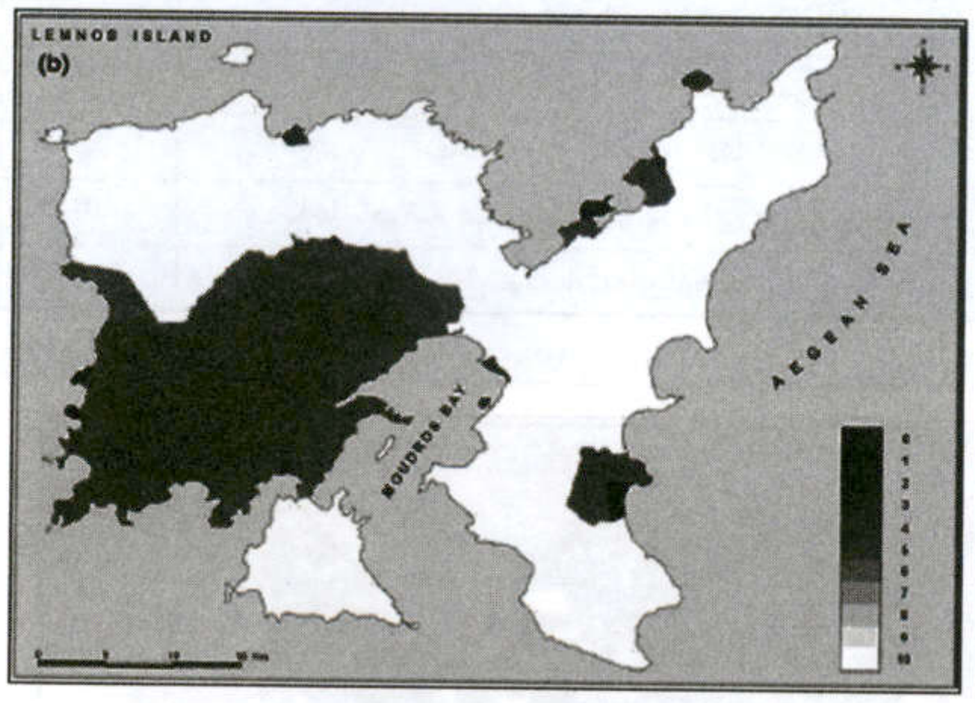
نگاره (۱-۵): معیار نواحی شهری

۴-۳-۱- نواحی شهری

براساس قوانین یونان ودستورالعمل اتحادیه اروپا، خالی کردن مواد جامد شهری در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از نواحی شهری غیرمجاز است. به علاوه دستورالعمل سازمان ملل برای این کار فاصله حداقل ۳۰۰۰ متر از فرودگاه می‌باشد. فاصله مستقیم از سایت مورد بررسی از نواحی شهری و جمعیت هر شهر و محاسبه زیرمعیارهای آن در جدول (۴) نشان داده شده است. به علاوه فاصله مستقیم از فرودگاه نیز مدنظر قرار گرفته و نتیجه فضایی زیرمعیارها در نگاره (۱-۵) به تصویر کشیده شده است.

۴-۳-۲- نواحی فرهنگی

این معیار بحث بسیار مهمی در فرایند مکان‌یابی با توجه به پیشینه بسیار غنی فرهنگی و تاریخی کشور یونان می‌باشد. طبق قانون یونان در نواحی باستانی به هیچ وجه اجازه دفن زباله داده نشده است. حمایت‌های ویژه از میراث فرهنگ ملی شامل مکان‌های باستانی، تاریخی می‌باشد که در نگاره (۲-۵) نشان داده شده است. محدودیت‌های سختی برای هر نوع ساخت و ساز در نزدیکی و مجاورت مکان‌های باستانی وجود دارد (منطقه A) لذا این نواحی به عنوان غیرقابل قبول برای مکان‌یابی جهت دفن زباله بوده و نمره صفر گرفته است. تحت شرایط مشخص شده، ساخت و ساز می‌تواند در نواحی دور از نواحی باستانی که این نواحی پست بوده و دیده نمی‌شود صورت گیرد. بنابراین نمره متوسط ۵ به این نواحی داده شده است. نواحی بیرون از مرز نواحی باستانی که دارای دیوار و حصارهای ساخته نشده نیست دارای بالاترین ارزش از نظر دفن زباله می‌باشد و ارزش ۱۰ به خود گرفته است. یعنی هر چه از این نواحی دور می‌شویم به ارزش آن افزوده می‌شود.

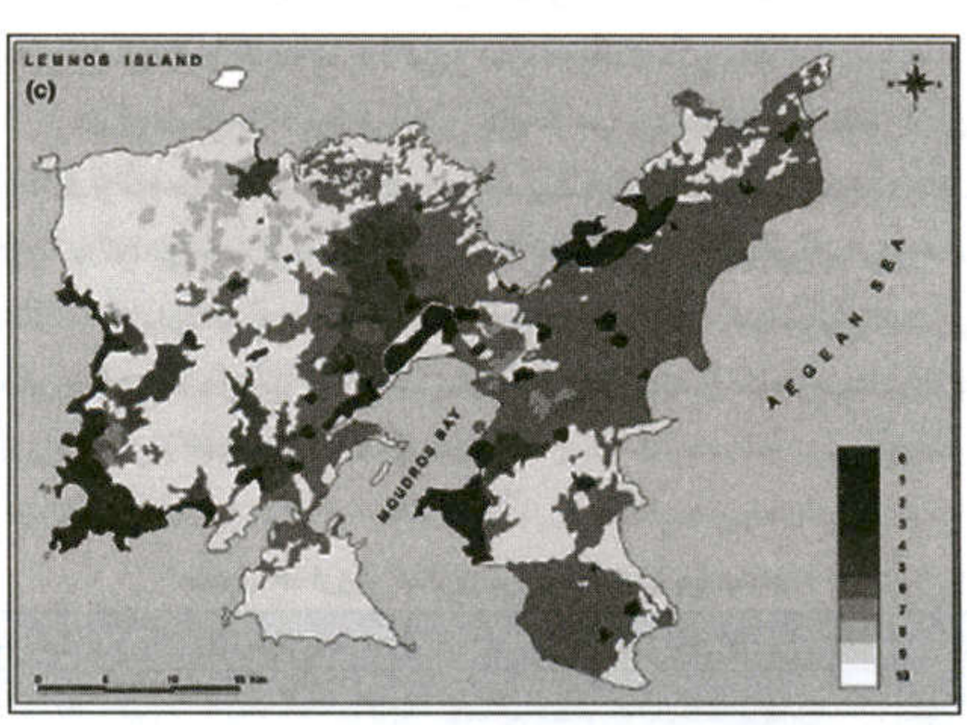


نگاره (۲-۵): معیار نواحی فرهنگی

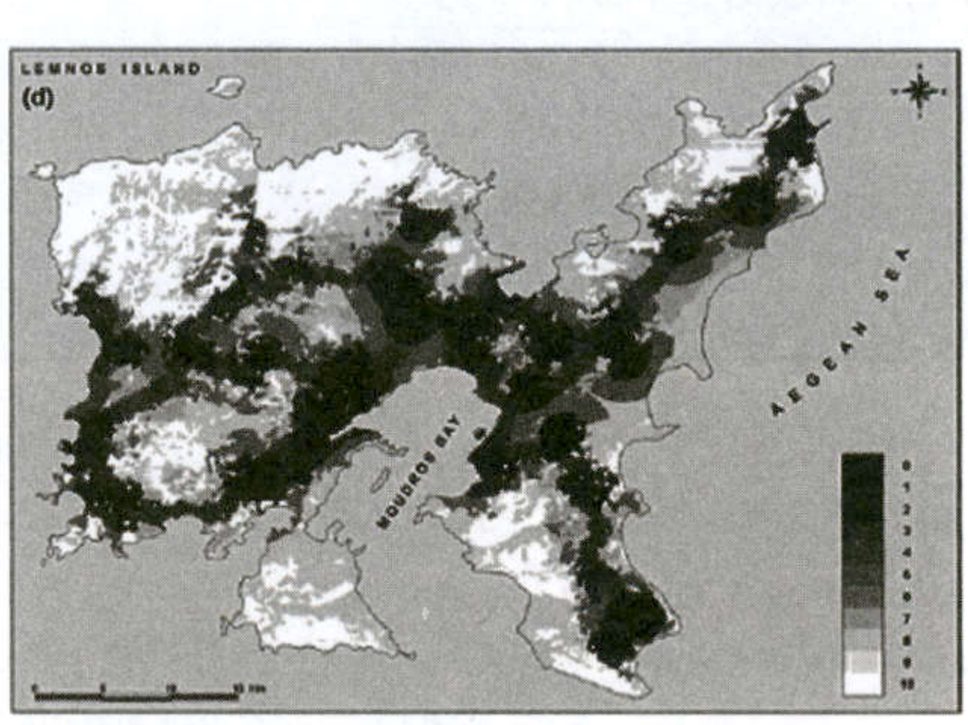
۴-۳-۳- کاربری اراضی

این معیار براساس محدودیت‌های قانونی نیست وممکن است براساس شرایط ناحیه تحت مطالعه باشد. ملاک کاربری اراضی متفاوت از معیار پوشش زمین به منظور حمایت از مناطق حساس که زیر توسعه اقتصادی قرار گرفته و ممکن است تحت تأثیر نزدیکی به مکان دفن زباله قرار گیرند، می‌باشد. نواحی شهری و فرودگاه به عنوان مکان‌های نامناسب برای دفن زباله بوده بنابراین نمره صفر برای آنها لحاظ شده و نواحی توریستی دارای ارزش پایین نمرهٔ ۲ به خود گرفته است (به خاطر فعالیت‌های اقتصادی که در

این نواحی وجود دارد). زمین‌های آبی دارای نمره پایین ۴ به علت ارزش بالای زمین‌های کشاورزی این مناطق می‌باشد. براساس طرح‌های آبیاری، زمین‌های کشاورزی و مناطق صنعتی به ترتیب، نمره ۵ و ۶ و ۷ را به خود اختصاص داده‌اند. در نهایت مهمترین ناحیه مناسب برای دفن، زمین‌های کشاورزی دارای پتانسیل و مراتع به ترتیب با درجات ۸ و ۹ در نظر گرفته شده است. نمایش این معیارها در نگاره (۳-۵) به تصویر کشیده شده است.



نگاره (۳-۵): معیار کاربری اراضی



نگاره (۴-۵): معیار قابلیت دید

۴-۳-۴- قابلیت دید

معیار دید دارای هیچ قید و بند و محدودیت قانونی نیست. این معیار هدفش بیشتر براساس حمایت از زیبایی نواحی دارای سکنه به منظور جلوگیری از مخالفت‌های عموم از دیده شدن محل دفن زباله می‌باشد (NIMBY syndrome). این معیار براساس فاصله شعاعی از نواحی شهری و راه‌های مهم (بزرگراه‌ها و راه‌های شهری) می‌باشد. بنابراین بیشترین فاصله از نواحی شهری و راه‌ها مکان‌های مناسبی جهت دفن زباله از لحاظ این معیار می‌باشد. قابل ذکر است که فاصله مستقیم تنها پارامتر مورد استفاده در این ملاک نیست به خاطر این که نواحی نزدیک به مراکز شهری یا راه‌ها به دلیل سطح توپوگرافی می‌توانند قابل دید نباشد. نتیجه فضایی تحلیل دید در نگاره شماره (۴-۵) نشان داده شده است. ویژگی‌های فضایی و رتبه‌بندی معیارها در جدول ۵ نشان داده شده است.

۴-۴- معیارهای تکنیکی

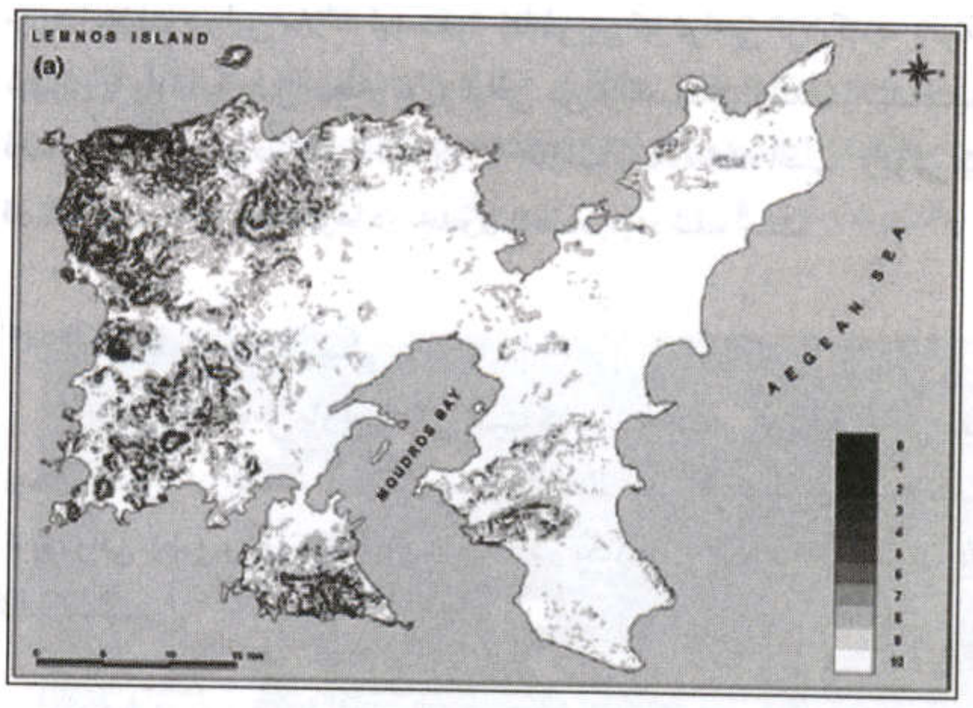
این معیارها شامل پارامترهایی است که در ساخت و اجرای محل دفن زباله تأثیرگذار هستند و زیر معیارهای مشخص شده در روش حاضر، توپوگرافی زمین و جهت باد می‌باشد که در نگاره (۱-۶) و (۲-۶) نشان داده شده است.

۴-۴-۱- مورفولوژی

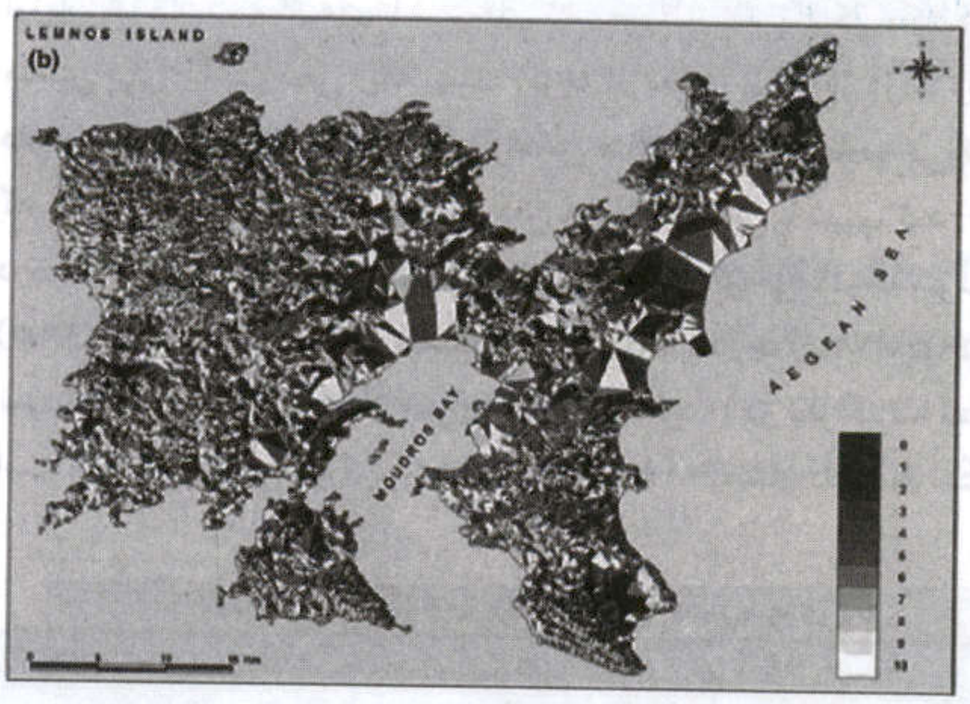
مورفولوژی زمین یکی از پارامترهای اصلی برای ساخت مکان دفن می‌باشد. در روش پیشنهاد شده، مورفولوژی زمین براساس درجه شیب ارزیابی شده است. مکان‌های با شیب‌های تند معمولاً از نظر تکنیکی مکان‌های مناسبی برای ساخت محل زباله نیست اگرچه در بعضی مواقع در دره‌ها زباله دفن می‌شود. رتبه‌بندی در این معیار براساس صافی و همواری ناحیه می‌باشد که بالاترین ارزش برای ساخت محل دفن می‌باشد. نواحی با شیب تند (۴۵ درجه <) نمره ۱، نواحی با درجه (۴۵ - ۲۶.۵) نمره ۲ و نواحی با درجه متوسط (۲۶.۵ - ۱۸.۵) نمره ۴ نواحی مناسب شامل دشت‌ها با درجه (۱۸.۵ - ۹.۵) با نمره ۸ و نواحی با شیب کاملاً هموار (۹.۵ >) با نمره ۱۰ در نظر گرفته شده است و نمایش فضایی مورفولوژی زمین در نگاره (۱-۶) نشان داده شده است.

جدول ۴: ارزش‌گذاری برای شاخص نواحی‌شهری

امتیاز	فاصله از نواحی شهری - فرودگاه
۱۰	فاصله >۲۰۰۰ متر از نواحی شهری بدون توجه به جمعیت و فاصله > ۵۰۰۰ متر از فرودگاه
۹	فاصله ۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ متر از نواحی شهری با < ۵۰سکنه
۸	فاصله ۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ متر از نواحی شهری با ۵۰ -۵۰۰ سکنه
۷	فاصله ۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ متر از نواحی شهری با ۵۰۰ -۱۰۰۰ سکنه
۶	فاصله ۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ متر ازنواحی شهری > ۱۰۰۰سکنه
۵	فاصله ۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر از نواحی شهری < ۵۰ سکنه
۴	فاصله ۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر از نواحی شهری با ۵۰ - ۵۰۰ سکنه و فاصله ۳۰۰۰ - ۵۰۰۰ متر از فرودگاه
۳	فاصله ۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر ازنواحی شهری با ۵۰۰ -۱۰۰۰ سکنه
۲	فاصله ۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر از نواحی شهری با > ۱۰۰۰ سکنه و فاصله ۱۰۰۰ - ۳۰۰۰ متر از فرودگاه
۱	فاصله < ۵۰۰ متر از نواحی شهری بدون توجه به جمعیت و فاصله < ۱۰۰۰ متر از فرودگاه
۰	داخل نواحی شهری و فرودگاه



نگاره (۱-۶): معیار مورفولوژی



نگاره ۲-۶ معیار جهت باد

جدول ۵: ارزش‌گذاری شاخص قابلیت دید

امتیاز	مناطق دارای دید
۱۰	مناطق غیرقابل مشاهده از مکان ناظر به دلیل سطح توپوگرافیکی
۸	مناطق قابل مشاهده و دید در فاصله >۲۰۰۰ متر از نواحی شهری
۷	مناطق قابل مشاهده و دید در فاصله ۵۰۰-۲۰۰۰ متر از راه‌های‌اصلی
۵	مناطق قابل مشاهده و دید از فاصله ۱۰۰۰-۲۰۰۰ مترازنواحی‌شهری
۳	مناطق قابل مشاهده و دید از فاصله < ۵۰۰ متر از راه‌های اصلی
۲	مناطق قابل مشاهده و دید از فاصله ۵۰۰-۱۰۰۰ متر از نواحی شهری
۱	مناطق قابل مشاهده و دید از فاصله < ۵۰۰ متر از نواحی شهری

۴-۴-۲- جهت باد

این معیار براساس محدودیت‌های قانونی تعیین نشده اما براساس این واقعیت است که مکان دفن زباله نباید در معرض باد باشد. مورفولوژی مکان وجهات غالب باد در جزیره لمنوس در طول توسعه ملاک‌های ویژه در نظر گرفته شده است. جهات جغرافیایی و مورفولوژیکی براساس درجات قطعات آزیموت توضیح داده شده است که در آن باد غالب به صورت درصد در ستون دوم جدول (۶) نشان داده است. درصد غالب باد براساس داده‌های سازمان هواشناسی ملی ثبت شده است و مقادیر آن براساس میانگین سالیانه می‌باشد که در آن ۱۰/۶ درصد باد آرام تلقی می‌شود. بادهای غربی و جنوب غربی پایین‌ترین فراوانی باد در جزیره لمنوس می‌باشد. بنابراین نواحی که در این جهات قرار گرفته‌اند بالاترین نمره دریافت نموده‌اند.

از سوی دیگر بالاترین فراوانی باد درجزیره بادهای شمال شرقی می‌باشد و نواحی واقع شده در این جهت، پایین‌ترین نمره را دریافت کرده‌اند. نواحی هموار به علت این که این نواحی در معرض باد در همه جهات قرار دارد نمره صفر را به خود اختصاص داده‌اند. نمایش فضایی معیار جهات باد در نگاره (۲-۶) نشان داده شده است و تمام زیرمعیارها در جدول شماره (۶) نشان داده شده است.

جدول ۶: ارزش‌گذاری برای شاخص جهت باد

امتیاز	فراوانی باد	جهت جغرافیایی
۹	۶/۶	جنوب شرقی (۱۵۷،۵ - ۱۱۲،۵ درجه)
۹	۶/۶	غرب (۲۹۲،۵ - ۲۴۷،۵ درجه)
۸	۸/۶	جنوب غربی (۲۴۷،۵ - ۲۰۲،۵ درجه)
۶	۹/۴	شمال (۳۶۰-۳۳۷،۵ درجه و۲۲،۵-۰درجه)
۵	۱۰/۶	جنوب (۲۰۲،۵ - ۱۵۷،۵ درجه)
۵	۱۰/۶	شمال غربی (۳۳۷،۵ - ۲۹۲،۵ درجه)
۴	۱۲/۶	غرب (۱۱۲،۵ - ۶۷،۵ درجه)
۱	۲۴/۶	شمال شرقی (۶۷،۵ - ۲۲،۵ درجه)
۰	-	نواحی در معرض باد از هر جهت(نواحی‌هموار)

۵- ارزیابی تناسب زمین

قدم بعدی متدولوژی استفاده و ترکیب معیارهای ارزیابی به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای مکان‌یابی دفن می‌باشد. در تحقیق حاضر روش وزندهی افزودنی ساده SAW برای محاسبه شاخص‌های تناسب مورد استفاده وبهره‌برداری قرار گرفته است.

طبق فرمول (۱) به منظور شاخص‌های تناسب (V_i) و ارزش‌های درجه‌بندی (v_{ij}) و وزن اهمیت نسبی (w_j) هر معیار نیاز هست. ارزیابی معیارها مطابق با رتبه‌بندی آنها شرح داده می‌شود همراه با وزن‌های نسبی که با کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی برآورد می‌گردد.

۵-۱- تحلیل فرایند سلسله‌ای

فرایند تحلیل سلسله‌ای (AHP) روشی برای تصمیم‌گیری است که دارای مقبولیت زیادی بوده واز آن در تعیین اهمیت نسبی معیارها در مسائل تصمیم‌گیری ویژه استفاده می‌گردد.

جدول ۷: ماتریس مقایسه زوجی و وزن اهمیت نسبی شاخص‌های ارزیابی

معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	اولویت
۱	۱	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۲	۵	۳	۷	۵	۲	۲	۰/۱۲۶۶
۲	۲	۱	۱	۲	۰/۳	۷	۵	۹	۷	۳	۳	۰/۲۰۷۴
۳	۲	۱	۱	۲	۰/۳	۷	۵	۹	۷	۳	۳	۰/۲۰۷۴
۴	۱	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۲	۵	۳	۷	۵	۲	۲	۰/۱۲۶۶
۵	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۳	۲	۵	۳	۱	۱	۰/۰۷۳۱
۶	۰/۲	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۰/۳۳۳	۲	۱	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۲۵۲
۷	۰/۳۳۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳۳	۰/۵	۳	۱	۳	۳	۰/۵	۰/۵	۰/۰۴۵۹
۸	۰/۱۴۳	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۵	۰/۳۳۳	۱	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۰۱۶۳
۹	۰/۲	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۰/۳۳۳	۲	۱	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۲۵۲
۱۰	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۳	۲	۵	۳	۱	۱	۰/۰۷۳۱
۱۱	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۳	۲	۵	۳	۱	۱	۰/۰۷۳۱

λ_{max} = 11.14, CI=0.0141, RI_{11}=1.52 and CR=0.0093 $\pi\pi$ 0.1.

شماره معیارهای تصمیم‌گیری: (۱)نواحی شهری، (۲)نفوذپذیری آب، (۳)منابع آب، (۴)آب‌های سطحی، (۵)اکوسیستم‌های حساس، (۶)پوشش گیاهی، (۷)مورفولوژی، (۸)قابلیت دید، (۹)جهت باد، (۱۰)کاربری اراضی و (۱۱)نواحی فرهنگی

یکی از مهم‌ترین وحساس‌ترین قسمت‌های هر مسأله در معیارهای چندگانه تخمین صحیح مقادیر داده‌ها می‌باشد. با این که اطلاعات کیفی در مورد اهمیت معیارها را می‌توان به دست آورد اما تبدیل آن به مقادیر کمی دارای مشکلاتی هست.

روش AHP به وسیله ساعتی (۱۹۸۰) پیشنهاد شده که رویکردی مؤثر برای کشف وزن و اهمیت نسبی معیارها می‌باشد. AHP براساس مقایسه دو زوجی است که برای تعیین اهمیت نسبی هر معیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقایسه زوجی معیارها به صورت همزمان با استفاده از مقیاس زبانی تصمیم‌گیران می‌تواند کمیت عقیده خود را در مورد اهمیت معیارها بیان کند.

ماتریس مقایسه زوجی (PCM)[۱۰] به وسیله تصمیم‌گیر با توجه به مرحله پیشین باید به صورت زیر شکل گیرد، $a_{ij} = 1/a_{ji}$ and $a_{ii} = 1$. قدم بعدی وزن و محاسبه اهمیت نسبی معیارها، اجرای مقایسه معیارهای قبلی ساعتی (۱۹۸۰) پیشنهاد کرد که تخمین PCM با استفاده از میانگین هندسی هر ردیف از PCM (با ضریب عناصر هر ردیف و سپس تقسیم آن بر تعداد معیارها). این روش به عنوان روش چند حزبی AHP (Saaty and Millet, 2000) شناخته شده و در این کار از آن استفاده شده است. محاسبه میانگین هندسی سپس نرمالیزه شده و وزن‌های نسبی از آن استخراج گردیده است.

روش AHP به شما اجازه می‌دهد که ناسازگاری مقایسه زوجی را به طور مستقیم محاسبه کنید. اگر ماتریس PCM کاملاً سازگار باشد در آن صورت $a_{ij} = a_{ik} * a_{kj}$ برای همه ترکیبات و زوج‌ها در PCM امکان‌پذیر است. به ندرت PCM دارای سازگاری کامل می‌باشد. روش AHP دارای یک شاخص است که نسبت سازگاری نامیده می‌شود. (CR)[۱۱] که همه سازگاری‌های PCM را نشان می‌دهد، طبق نظر ساعتی (۱۹۸۰) نسبت سازگاری باید کمتر از ۱۰٪ باشد که در ماتریکس وجود دارد.

۵-۲- کاربرد روش AHP

مقایسه زوجی که در این تحقیق از آن استفاده شده است کاملاً منطقی است که براساس مروری بر کارهای انجام شده در رابطه با مکان‌یابی دفن زباله می‌باشد.

(Siddiqui et al., 1996; Mandylas et al., 1998; Balis et al., 1998; Kontos and Halvadakis, 2002; Kontos et al., 2003)

بنابراین زمانی که معیارها با هم دیگر مقایسه می‌شوند می‌تواند قضاوت متفاوتی در مورد اهمیت نسبی معیارهای بالا باشد. فرایند تصمیم‌گیری معیارهای چندگانه موضوعی است که وابستگی زیاد به تصمیم‌گیر دارد. در یک مسأله پیچیده همچون مکان‌یابی دفن زباله کاملاً منطقی است که اشخاص با نظرات متفاوتی درگیر باشند.

PCM ایجاد شده توسط نویسنده در جدول شماره ۷ نشان داده شده است و اولویت‌های برداری همه معیارها (وزن‌های اهمیت نسبی) در ستون آخر همین جدول ارائه شده است. به علاوه پارامترهای AHP در جدول نشان داده شده است که نشان دهنده قضاوت منطقی و قابل اثبات می‌باشد.

۵-۳- محاسبه شاخص‌های تناسب

آخرین مرحله در روش ارائه شده کاربرد روش وزندهی ساده (SAW) است که در رابطه (۱) توضیح داده شده است. معیارهای ارزیابی نشان داده شده در نگاره‌های (۶-۳) به فرمت رستری در محیط GIS با اندازه سلول ۱۰۰ مترمربع می‌باشد. فرمت داده‌های رقومی زمانی که اتصال و محاسبه

فضایی پیچیده است نسبت به داده‌های رستری که از نظر زمانی فرایند کمتری در تحلیل فضایی می‌گیرد، بسیار سودمند می‌باشد. معیارهای ارزیابی ترکیب شده به صورت شبکه‌ای[۱۲] که در آن درجات محاسبه شده از تمام معیارها جداگانه، ارزشگذاری شده است و درجه‌بندی تمام معیارهای ارزیابی براساس ویژگی‌های توصیفی آنها صورت گرفته است.

۶- نتایج و پیشنهادات

تناسب زمین در جزیره لمنوس برای مکان دفن زباله براساس شاخص‌های تناسب محاسبه گردیده است که در نگاره شماره ۷ نشان داده شده است.

به منظور محاسبه شاخص‌های تناسب اراضی، معیارهای ارزیابی در نگاره‌های ۳ تا ۶ همراه با وزن اهمیت نسبی آن‌ها در جدول شماره ۷ ستون آخر نشان داده شده است.

روش وزندهی ساده به عنوان روشی مناسب جهت حل مسأله معیارهای چندگانه برای مکان‌یابی دفن زباله انتخاب گردیده است، همچنان که نگاره شماره ۷ نشان می‌دهد. با افزایش رتبه تناسب زمین شاخص‌های مناسب نیز افزایش می‌یابد. نواحی با شاخص‌های تناسب از صفر تا چهار به طور معمول می‌تواند به عنوان مکان‌های نامناسب جهت دفن مورد ملاحظه قرار گیرد و مکان‌های با درجه ۱۰ تا ۹ به عنوان بهترین مکان برای دفن زباله می‌باشد.

به منظور مشاهده نواحی با تناسب بالا برای دفن زباله فرایند خوشه‌ای روش تحلیل آمار فضایی مورد استفاده قرار گرفته است و همبستگی جهانی معین شده‌ای با استفاده از شاخص‌های / Moran's (Goodchild, 1986) and Geary's C. برای تعیین همبستگی محلی از شاخص آماری G استفاده شده است.

(Getis and Ord, 1992; Ord and Getis, 1995).

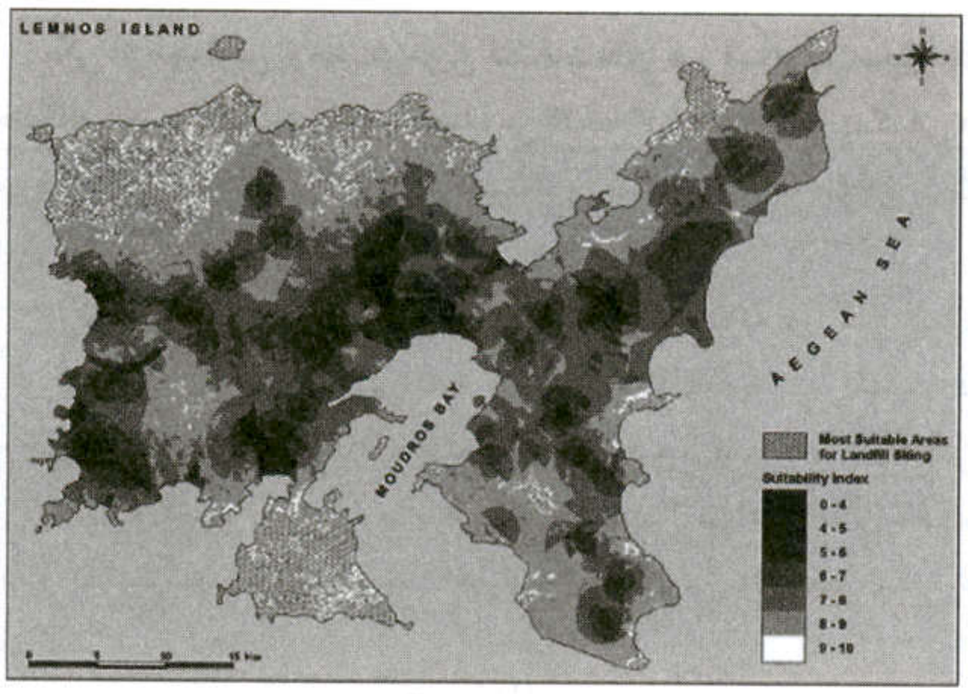
و LISA (Anselin. 1995) نیز از این روش استفاده شده است. نقشه نهایی به نظر می‌رسد که همبستگی زیادی با شاخص‌های جهانی Moran's I=0.9518, و Geary's C=0.0458، دارد در حالی که پراکندگی شاخص Moran's در نگاره ۸ نشان داده شده است و روش آماری G به عنوان روش مناسب برای تعیین همبستگی محلی به موجب تشخیص دقیق همبستگی بین نواحی با ارزش‌های بالا و پایین انتخاب گردید. همبستگی انتخاب شده نواحی بین ارزش بالا و پایین طبق گفته Getis و Ord در سال (۱۹۹۲) نواحی با ارزش بالا شاخص G همبستگی شدیدی با ارزش بالای شاخص‌های تناسب دارد. در نگاره ۷ نواحی مشخص شده به عنوان بهترین مکان برای دفن زباله کاملاً برجسته شده است دارای ۱۰٪ بالاترین ارزش G آماری است با استفاده از آستانه ۱۰٪ بالا ۲۹۴ ناحیه مجزا در ارتباط با شاخص‌های تناسب از 8.585 تا 9.764 مشخص می‌گردد.

در نهایت نواحی متناسب منتج شده از کاربرد حداقل معیار فضایی در (۷۶۰۰۰ مترمربع یا ۸ پیکسل) است. در استفاده از حداقل معیار فضایی، ۴۹ ناحیه پراکنده (حدود ۹/۳٪ جزیره) باقی مانده در شاخص‌های تناسب دامنه ۹/۰۵۸ تا ۹/۶۴۲ می‌باشد.

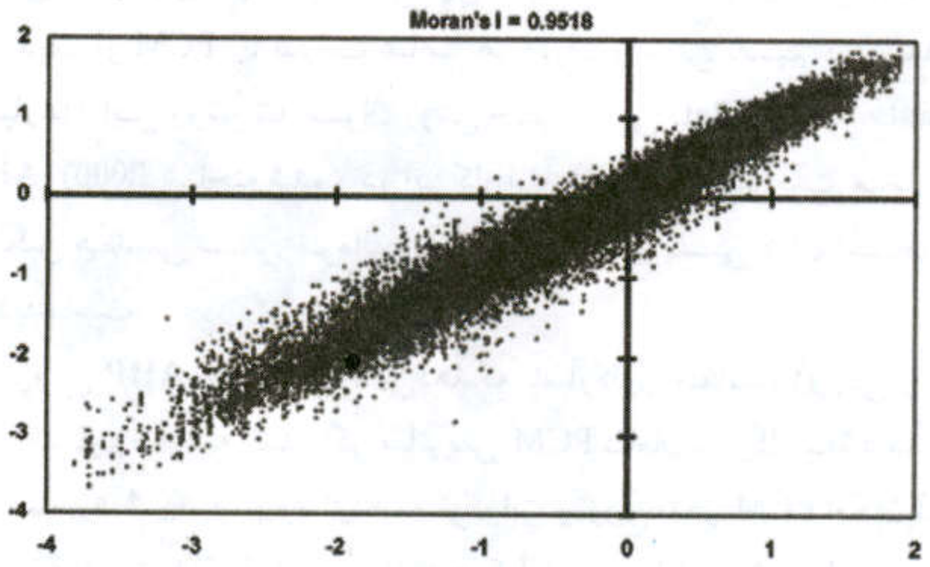
نتیجه فرایند تحلیل خوشه‌ای بسیار جالب می‌باشد که نشان می‌دهد روش ارائه شده، توانایی نشان دادن نواحی مناسب برای دفن را داراست و در ضمن رتبه‌بندی اولیه را نیز از نواحی مناسب به ما می‌دهد. قدم آخر در فرایند مکان‌یابی، ارزیابی ویژگی‌های محلی این نواحی بعد از مشاهده میدانی است که به منظور تشخیص تنوع تناسب‌شان بوده و برای پیدا کردن مکان‌هایی که از لحاظ تناسب دارای پتانسیل هستند.

چندین مسأله می‌تواند در این روش اجرا گردد مانند ترکیب کاربرد روش‌های تحلیل معیارهای چند متغیره مانند (Yoon and Hwang, 1995) TOPSIS، برنامه توافق[۱۳] (Zeleny, 1982) و غیره. به علاوه تئوری منطق فازی (Zadeh, 1965) در تعیین فضایی معیارهای مختلف ارزیابی می‌تواند بسیار مفید باشد و آخرین مرحله تصمیم با توجه به مکان بهینه براساس تمایلات اجتماعی و سیاسی می‌باشد.

بنابراین یک سیستم پشتیبانی تصمیم فضایی یکپارچه، اساس روش این تحقیق بوده که توضیح داده شد و می‌تواند بسیار مفید در تصمیم نهایی باشد.



نگاره ۷: زمین مناسب برای دفن زباله



نگاره ۸: نمودار پراکندگی Moran's

۷- نتایج

روش توضیح داده شده در این مقاله روش رویکردی بسیار مناسب در فرایند مکان‌یابی دفن زباله می‌باشد. این روش توانایی ترکیب ارزیابی متد MCA و ابزار تحلیلی GIS را دارد. تحلیل معیار چند متغیره برای ایجاد مسأله مکان‌یابی جهت ساختار سلسله مراتبی سه سطحی قرار گرفت. مشخصاً هدف کلی (تناسب) معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی و ویژگی‌های تحلیلی مورد استفاده قرار گرفت. روش AHP برای استخراج وزن نسبی معیارها برای ارزیابی و روش SAW برای محاسبه شاخص‌های تناسب به منظور حل مسأله مکان‌یابی دفن زباله به کار گرفته شد. GIS نیز برای تعیین فضایی معیارهای ارزیابی و ایجاد نقشه‌های زمین مناسب مورد بهره‌برداری قرار گرفت. به علاوه GIS برای اجرای آمار فضایی و فرایند تحلیل خوشه‌ای به منظور مشخص نمودن نواحی بسیار مناسب برای مکان دفن هم مورد استفاده قرار گرفت.

معیارهای ارزیابی با توجه به قوانین کشور یونان و اتحادیه اروپایی شکل گرفته است. بنابراین روش مکان‌یابی به کمک GIS به کار گرفته شده قابلیت انعطاف‌پذیری بیشتری برای تعیین معیارهای مرتبط را داراست. لذا این مسأله به راحتی قابل گسترش به وسیله سایر پارامترها می‌باشد. در حال حاضر یکپارچگی سیستم پشتیبانی تصمیم فضایی هوشمند (SDSS)[۱۴] در مرحله تحقیق و توسعه می‌باشد. SDSS برای ارائه خدمات مفید به عنوان ابزاری سودمند برای تصمیم‌سازان در زمینه هر نوع مکان‌یابی حتی در کاربری زمین‌های نامناسب محلی نیز سودمند می‌باشد (LULUs). سرانجام این نکته باید مورد ملاحظه قرار گیرد که روش به کار گرفته شده در این تحقیق، ابزاری است برای کمک به تصمیم‌گیران و تصمیم‌سازان، نه این که خود به عنوان تصمیم باشد. تصمیم نهایی جایی که باید محل دفن باشد بیشتر از آن که یک تصمیم سیاسی و یک تصمیم علمی باشد وابسته به افکار عمومی می‌باشد.

منابع

1- Allen, A., Brito, G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donelly, J., Fernades, C., Koukoulas, S., O-Donell, V., Robalo, C., Vendas, D., 2002. Procedure for the location of landfill sites using a GIS model. In: 9th Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment, Durban, South Africa, p. 100.

2- Anselin, L., 1995. Local Indicators of Spatial Association - LISA. Geographical Analysis 27 (2), 93-115.

3- Bagchi, A., 1990. Design, Construction and Monitoring of Sanitary Landfill. Wiley, New York, USA.

4- Balis, M., Mandylas, Ch., Kontos, Th., Akriotis, D., Halvadakis, C.P., 1998. Investigation of suitable areas for the construction of sanitary landfill in Lemnos. Technical Report, Part I, University of the Aegean, Department of Environmental Studies, Waste Management Laboratory / Region of the North Aegean, Mytilene, Lesvos, Greece (in Greek).

5- Bonham - Carter, G.F., 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists. Pergamon (Elsevier Science Ltd.), USA.

6- Domenico, P.A., Schwartz, F.W., 1990. Physical and Chemical Hydrogeology. Wiley, New York, USA.

7- Dorhofer, G., Siebert, H., 1998. The search for landfill sites - requirements and implementation in Lower Saxony, Germany. Environmental Geology 35 (1), 55-65.

8- Ehler, G., Cowen, D., Mackey, H., 1995. Design and implementation of a spatial decision support system for site selection. In: Proceedings of ESRI International User Conference, Palm Springs. CA, USA, p.100.

9- European Council Directive 1999/31/EC, Document L 182, 1999. Sanitary Landfilling of Solid Wastes.

10- Getis, A., Ord, J.K., 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. Geographical Analysis 24 (3). 189-206.

11- Goodchild, M.F., 1986. Spatial Autocorrelation. GeoBooks, Norwich, UK.

12- Halvadakis, C.P., 1993. Municipal solid waste landfill siting in Greece - the case of the greater hania region, Greece, Ekistics 358-359, 45-52.

13- Herzog, M., 1999. Suitability analysis decision support systm for landfill siting (and other purposes). In: Proceedings of the ESRI International User Conference , San Diego, CA, USA.

14- Kallergis, G., 2001, Second ed. Applied Hydrogeology, Vol. 2 Technical Chamber of Greece, Athens, Greece (in Greek).

15- Kao, J.J., Lin, H.Y., 1996. Multifactor spatial analysis for landfill siting. Journal of Environmental Engineering 122 (10), 902-908.

16- Kontos, Th.D., Halvadakis, C.P., 2002. Development of a Geographic Information System (GIS) for land evaluation for landfill siting: The Case of Lemnos Island. In: 7th National Conference of Hellenic Cartographic Society, Mytilene, Lesvos, Greece (in Greek).

17- Kontos, Th.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., 2003. Siting MSW Landfills in Lesvos Island with a GIS-based methodology. Waste Management and Research 21 (3), 262-277.

18- Lin, H., Kao, J., 1998. Enhanced spatial model for landfill siting analysis. Journal of Environmental Engineering 125 (9), 845-851.

19- Lukasheh, A.F., Droste, R.L., Warith, M.A., 2001. Review of Expert System (ES), Geographical Information System (GIS), Decision Support System (DSS) and their application in landfill

design and management. Waste Management and Research 15, 4.

20- Mandylas, Ch., Balis, M., Kontos, Th.D., Akriotis, D., Halvadakis, C.P., 1998. Investigation and evaluation of sites for the construction of a central sanitary landfill in Lesvos. Technical Report, Part I, Universtity of the Aegean, Department of Environmental Studies, Waste Management Laboratory / Region of the North Aegean, Mytilene. Lesvos, Greece (in Greek).

21- Mavropoulos, A., 2000. Large steps forward. ISWA Times 3, 20-23.

22- McBean, E.,Rovers, F., Farquhar, G., 1995. Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice - Hall PTR, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

23- Minor, D., Jacobs, T., 1994. Optimal land allocation for solid and hazardous waste landfill siting. Journal of Environmental engineering 120 (5), 1095-1108.

24- Noble, G., 1992. Siting Landfills and Other LULU-s. Technomic Publishing Co, Lancaster, PA.

25- Ord, J.K., Getis, A., 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. Geographical Analysis 27 (4), 286 - 306.

26- Parisakis, G., Skordilis, A., Andrianopoulos, A., Lolos, T., Andrianopoulos, I., Tsompanidis, C., Lolos, G., 1991. Qualitative and quantitative analysis of MSW in the island of Kos. Technical Report, National Technical University of Athens, Laboratory of Inorganic and Analytical chemistry (in Greek).

27- Saaty, T., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, USA.

28- Saaty, T., Millet, I., 2000. On the relativity of relative measures - accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. European Journal of Operational Research 121, 205-212.

29- siddiqui, M., Everett, J., Vieux, B., 1996. Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. Jornal of Environmental Engineering 122 (6), 515-523.

30- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering principles and Management Issues. McGraw-Hill, New York, USA.

31- Yagoub, M., Buyong, T., 1998. GIS application for dumping site selection. In: Proceedings of the ESRI International User Conference, San Diego, CA, USA, p.107.

32- Yoon, K., Hwang, C.L., 1995. Multiple Attribute Decision Making: an Introduction. Sage Publications Inc, London, UK.

33- Zeleny, M., 1982. Multiple Criteria Decision Making. McGraw-Hill, New York, USA.

34- Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy Sets. Information and Control 8, 338-353.

پی نوشت

1) Lemnos
2) Municipal Solid Waste
3) Geography Information System
4) Multiple Criteria Analysis
5) Locally unacceptable Land uses
6) Compromise Programming
7) Sample Additive Weight
8) Analytic Hierarchy Process
9) European Biotopes Network NATURA 2000
10) Pairwise Comparison Matrix
11) Consistency Ratio
12) Grid
13) Compromise Programming
14) Spatial Decision Support System