جامعة السلطان قابوس
مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية

Sultan Qaboos University
Journal of Arts & Social Sciences

استخدام نظم المعلومات الجغرافية لاختيار أفضل مواقع الدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة المنورة

عهود عائض راجح الرحيلي

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية
جامعة الملك عبد العزيز
المملكة العربية السعودية جدة
dr_ohoOod@yahoo.com

تاريخ الاستلام: ٢٠١٥/١٢/٠٤
تاريخ القبول للنشر: ٢٠١٧/٠٤/١١

استخدام نظم المعلومات الجغرافية لإختيار أفضل مواقع الدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة المنورة

عهود عائض راجح الرحيلي

الملخص:

هدفت الدراسة الحالية إلى استخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية على أنها تقنية مساعدة، لاختيار مواقع مستقبلية جديدة، وتحديد مدى صلاحية أراضي المدينة المنورة لإقامة مدفن للنفايات الخطرة، وإنتاج خريطة رقمية لأفضل مواقع الدفن الآمن، اعتمادا على مجموعة من المعايير المطورة، بناء على مبادئ اتفاقية بازل العالمية الخاصة باختيار مدافن النفايات الخطرة، وتصميمها وتشغيلها بالمناطق شديدة الجفاف.

وباستخدام البيانات المتوفرة عن منطقة الدراسة، والتقنيات المساعدة من أدوات نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، تم اشتقاق المعايير المطلوبة، وتحويلها إلى خرائط تمثل أهم المعايير الجيولوجية، والجيمورفولوجية، والاجتماعية، والاقتصادية، والمعايير البيئية، ومعايير القبول الجماهيري التي تمت معالجتها باستخدام أدوات التحليل المكاني والإحصائي؛ لتصبح قاعدة معلومات رقمية أتاحت بناء نموذج كارتوغرافي للملاءمة، ولتحديد المواقع المثلى للدفن الآمن للنفايات الخطرة.

و توصلت الدراسة إلى أن ٢٪ فقط من أراضي المدينة المنورة تعد مثلى لإقامة مدافن مستقبلية للنفايات الخطرة حسب بنود بازل العالمية، ومن النموذج الكارتوغرافي استخلصت الدراسة ثلاثة مواقع صالحة لإقامة مدفن آمن وصحي للنفايات الخطرة، تُمكّن الجهات المسؤولة من صياغة ضوابط هندسية لها بما يؤهلها لعمليات الدفن دون الإضرار بالنواحي البيئية و الطبيعية و البشرية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، الدفن الآمن، النفايات الخطرة، النموذج الكارتوغرفي.

Use of geographic information systems to choose the safest burial sites of hazardous waste in Medinah ALMonawarah

Ohood ayid AL- Rehaily

Abstract:

This Study aims at utilizing GIS as a technique to assess the location of the burial-General, to choose the new sites and to determine the viability of the territory of the Medina to establish a landfill of hazardous wastes and to produce a digital map of the best and safe burial sites relying on a set of standards developed based on the principles of the Basel Convention's global select design and operation of landfills hazardous wastes, in the severe drought areas.

By using the available data of the study area and the technology tools of GIS and remote sensing, the required standards were set out. They were converted them into maps representing the most important criteria of geological and geomorphology, social, economic and environmental considerations and standards of public acceptance that have been processed using the tools of spatial analysis and statistical base. A digital database has hence become available allowing a cartography suitability model to be introduced, optimal locations for the safe landfill of hazardous wastes to be identified.

The study concluded that only 2% of the Medinah lands is optimal for future landfills of hazardous wastes according to standards of Basel World. By using Cartographic model, the study concluded that there are three sites suitable for safe landfill of hazardous wastes, enabling responsible bodies to formulate engineering guidelines that would allow the burial processes to take place without inflicting damages to environmental, natural or human resources in the area.

Keywords : cartographic model, GIS, hazardous waste, safe burial.

المقدمة:

لقد أدت زيادة سكان المدن، وارتفاع مستوى المعيشة، والتقدم الحضاري والتطور الصناعي والزراعي، وعدم اتباع الطرق الملائمة في جمع النفايات ونقلها ومعالجتها إلى ازدياد حجم النفايات غير العضوية وغير القابلة للتحلل أو إعادة الاستخدام، وبالتالي إدخال عناصر ملوثة للبيئة؛ لذا أصبحت إدارة النفايات من الأمور الحيوية للمحافظة على الصحة والسلامة العامة في جميع دول العالم.

و نظراً لتطور الأنشطة الصناعية فقد تضاعفت أضرارها والمشاكل الناجمة عنها، التي من أبرزها مشكلة النفايات الخطرة المصاحبة للنشاط الصناعي مما يستوجب عناية خاصة للتأكد من عزلها عن التجمعات البشرية بطرق تمنع تلويثها للبيئة. وقد صُنفت هذه النفايات في بعض الدول المتقدمة صناعياً ضمن فئة النفايات الخاصة Special Waste أو النفايات الخطرة Hazardous Waste التي تتطلب تعاملاً خاصاً، ومعالجة بيئية فائقة لتجنب مخاطر التلوث البيئي لاحتوائها على مواد سامة تهدد صحة الإنسان والبيئة إذا ما تسرب شيء منها؛ لذلك أعدت بعض هذه الدول المرافق الفنية والصحية المخصصة لنقل النفايات وتخزينها ومعالجتها وردمها؛ لتكون قادرة على استيعاب الزيادة في حجم النفايات في السنوات القادمة، إضافة إلى سعي العديد من الدول المتقدمة صناعياً لسنّ تنظيمات وتشريعات جدية تحكم النفايات الخطرة، وتضمن التخلص منها بطريقة سليمة بيئياً.

وفي هذا الإطار، عُقدت المؤتمرات، ووُقعت الاتفاقيات للحد من مخاطر النفايات الخاصة والخطرة، وحثت الدول العلماء والخبراء والسياسيين والفنيين لدراسة موضوعها، ووضع المقترحات اللازمة للتخلص منها، وقد تمخض عن تلك المؤتمرات استحداث اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة، والتخلص منها عبر الحدود، التي دخلت حيز التنفيذ في ١٩٩٢/٥/٥م وانضمت إليها المملكة العربية السعودية في٧ مارس ١٩٩٠م.

وعرفت اتفاقية بازل النفايات الخطرة بأنها "النفايات التي بحكم ظروف الاستخدام أو الكمية أو التركيز أو الخواص الذاتية الفيزيائية أو الكيمائية أو المعدية قد تتسبب في اعتلال الصحة، أو زيادة معدل الوفيات سواء للإنسان أو النبات أو الحيوان، وقد تؤثر سلباً على البيئة في حالة معالجتها أو تخزينها أو نقلها أو التخلص منها بشكل غير مناسب". (المركز الإقليمي، ٢٠٠٥: ١١)

ومع تعدد طرائق التخلص من النفايات إلا أن الخيار السائد عالمياً هو استخدام الطمر الآمن أو الصحي أو ما يعرف بمرادم النفايات أو المدافن؛ فقد بدأت المحاولات الأولى للتخلص الآمن من النفايات بإنشاء مواقع لدفن النفايات في القرن الخامس قبل الميلاد من قبل اليونانيين، فقد أصدر مجلس أثينا قوانين تخص جمع النفايات ونقلها إلى أماكن خارج المدينة بمسافة لا تقل عن ميل.

وتعد عملية اختيار موقع آمن لدفن النفايات بصفة عامة، والنفايات الخطرة بصفة خاصة أمراً في غاية التعقيد، ويخضع للعديد من المعايير، ويحتاج إلى دراسات متعمقة للخرائط والبيانات، كما أنه يتطلب تفعيل البرامج الحاسوبية المتخصصة؛ بغية التحكم في التنوع المعلوماتي والخرائطي النوعي أو الكمي.

ومن هذا المنطلق، يأتي استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) على أنها أداة مكانية تحليلية للتعامل مع المعلومات والبيانات الجغرافية، التي يحتاجها المخططون وصانعو القرار في المدن عند اختيار موقع صحي لدفن النفايات، مع الاستفادة من البيانات الرقمية للأقمار الصناعية ذات التمييز المكاني العالي، مما يجعلها مصدراً معلوماتياً ناجحاً في عمليات الرصد والمراقبة وتوقع التغير في مواقع الدفن الآمن.

ونظراً للأهمية التي احتلها موضوع اختيار الموقع الأمثل لمدافن النفايات سواء على مستوى الدولة أو المنطقة أو المحافظة، ظهرت مجموعة من الدراسات والأبحاث التي حاولت اختيار مواقع مثلى لمدافن النفايات وفق اشتراطات ومعايير خاصة سواء محلية أو وطنية أو حتى عالمية، مختلفةً في مناهجها وطرق معالجتها للموضوع، كما أبرز عدد كبير جداً من الدراسات دور تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، فعلى سبيل المثال: دراسة القرني وعلي (١٩٩٧م) الهادفة إلى رسم مواقع دفن النفايات وتوضيحها على الخرائط، فقد استخدم الباحثان بيانات الاستشعار عن بعد، بجمع أربع مرئيات فضائية للقمر الصناعي الفرنسي "سبوت"، تغطي في مجموعها مدينة الرياض بدقة مكانية (٢٠متر). وخلصت الدراسة إلى أن مرئيات اللاقط الفرنسي مصدر دقيق وذو فاعلية عالية عند استخدامها في متابعة التغير الحاصل في مواقع النفايات، ودرس علي وآخرون (٢٠٠٧م) في إطار النهج نفسه مدينة الرياض لرسم خرائط لمواقع التخلص من النفايات باستخدام صورة رادار رقمية F2 Mode SAR Imagery ملتقطة بواسطة القمر الصناعي الكندي Radarsat بدقة إيضاحية (٨،٥ متر) تغطي مدينة الرياض، واختبار مدى فاعلية هذا النوع من صور الاستشعار عن بعد لتحديد مواقع التخلص من النفايات، كما طبق كبارة (١٩٩٩م) نظم المعلومات الجغرافية بغرض تحديد وتقييم أفضل المواقع لردم النفايات البلدية في مدينة جدة، واستخدم الباحث بعضاً من المعايير الافتراضية، في حين استخدمت دراسة (akarkazi, 2001) طريقة المنطق المبهم ، في حين كانت دراسة كل من:

(Nathawat, 2003) ,(Bowles, 2003) ,(Palanivel. Ramasamy, 2003)

من الدراسات الهادفة إلى بناء نظام معلومات جغرافي للتخلص من النفايات الصناعية والمنزلية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، اعتمادا على متغيرات التركيب الجيولوجي وعمق المياه الجوفية، ومناطق الكثافة، ومعالجتها باستخدام وظيفة buffer المتوافرة في برنامج GIS لاستخراج المواقع المثلى لدفن النفايات عن طريق عملية الجمع combined والتراكب أو التطابق، وانتهت الدراسة بتحديد المواقع المثلى للتخلص من النفايات.

وتكمن أهمية هذه الدراسة في إنتاج خريطة رقمية للمدينة المنورة توضح أفضل المواقع للدفن الآمن للنفايات الخطرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، يمكن الرجوع إليها من قبل المسؤولين وصانعي القرار في المدينة المنورة.

مشكلة الدراسة وأهدافها:

تتحدد مشكلة الدراسة في الاختيار غير الصحيح لمنطقة حمراء الأسد لإقامة مرمى ومدفن للنفايات باختلاف أنواعها وطبيعة مكوناتها، التي كانت شبه خالية من السكان والمساكن آنذاك. وبسبب تزايد السكان في المدينة المنورة وما يرتبط بذلك من تنامي حجم النفايات، إضافة إلى تغير استعمالات الأرض بها، جعل المدفن الحالي مجاوراً للكتلة العمرانية ومحاطاً بالأحياء السكنية؛ لذا فقد هدفت هذه الدراسة إلى:

١- بناء نموذج كارتوغرافي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ومعايير اتفاقية بازل لتحديد المواقع المناسبة للدفن الآمن للنفايات الخطرة.

٢-إنتاج خريطة رقمية للمدينة المنورة توضح أفضل مواقع الدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة المنورة.

٣- معرفة مدى توفر الأراضي الصالحة لإنشاء مدافن جديدة في المدينة المنورة لسنوات القادمة.

منطقة الدراسة:

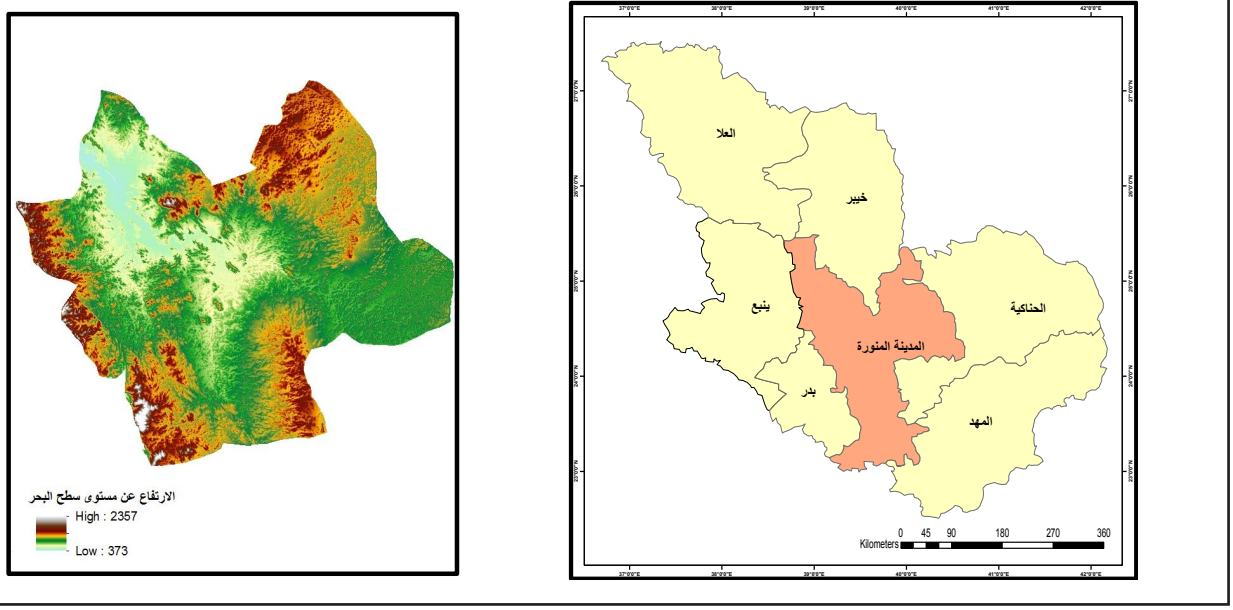
تحظى المدينة المنورة بمكانة عظيمة عند المسلمين، كونها يثرب وطيبة وطابة التي استقبلت الرسول الكريم محمد بن عبد الله صلى الله عليه وسلم وأصحابه المهاجرين، وللمدينة المنورة موقع فريد يلقي بتأثيراته على المفردات الجغرافية للمكان، من حيث امتدادها فلكياً بين خطي عرض ٢٤ و ٢٥ شمالاً، و خطي طول ٣٩ و ٤٠ ٣٠ شرقاً، بشكل يجعلها تتوسط العالم الإسلامي أولاً، والإقليم الغربي من المملكة العربية السعودية ثانياً (الرويثي وخوجلي، ١٩٩٨: ١١).

ومن الناحية الإدارية تأخذ منطقة المدينة المنورة شكلاً شريطياً طولياً بارتفاع يتراوح مابين ٦٠٠ إلى ٦٤٠ متر تقريباً فوق مستوى سطح البحر، وتتوسط المدينة المنورة محافظاتها الست، وهي: محافظة خيبر والعلا شمالا، ومحافظة المهد في الركن الجنوبي الغربي، ومحافظة الحناكية شرقاً، ومحافظة ينبع وبدر غرباً شكل رقم (١).

وتقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من الدرع العربي، وتتميز بانتشار الصخور البازلتية ذات اللون القاتم، والمتكونة نتيجة اندفاع الحمم البركانية من باطن الأرض إلى السطح، التي يطلق عليها محلياً بالحرات، ومن أهمها حرة واقم (الحرة الشرقية) من الشرق، وحرة الوبرة (الحرة الغربية) من الغرب التي تمتد حتى تصل إلى شرق جبل عير، وهي أقل وعورةً من حرة واقم، وتربط بين الحرتين السابقتين الحرة الجنوبية بامتداد جنوب المدينة المنورة؛ وبذلك تحيط الحرات البركانية بأرض المدينة المنورة من كل الاتجاهات، عدا الجهة الشمالية الغربية والجهة الجنوبية الغربية (الهلال، ٢٠٠٦: ١٣٧). وتقع المدينة المنورة في قلب منطقة حوضية نتجت عن التصريف المائي والتعرية لوادي (العقيق- الحمض) قبل آخر المسكوبات البركانية الحديثة في المنطقة وبعدها، كما يتكون حوض المدينة من اجتماع خمسة أحواض فرعية متمثلة في حوض قاع الحماط في أقصى الجنوب، وحوض وادي العقيق وبطحان إلى الشمال من حوض قاع الحماط، وحوض واديي قناة والنقمي شمال المدينة المنورة، وحوض واديي ملال وبواط في القطاع الغربي من حوض المدينة المنورة، وفي الركن الشمالي يوجد حوض وادي الفرشة أو ما يعرف بوادي التمة (الشريف، ١٩٩٨: ٣٢-٤٣)، إضافة إلى وادي رنوناء، مذينيب، ومهزوز التي تنبع من الحرتين الشرقية والجنوبية أو من الجبال المحيطة بهما، وتلتقي جميعها في وادي بطحان في جنوب المدينة الذي يخترقها من جنوبها إلى شمالها، وتمتد سهول المدينة المنورة في بطون تلك الأودية وضفافها بشكل طولي أو عرضي.

وتعد المدينة المنورة إحدى مناطق النطاق المداري الجاف، فهي ذات صيف حار، إذ يصل متوسط درجة الحرارة العظمى إلى (٤٢،٧مْ)، ومتوسط الحرارة الصغرى إلى (٢٨،٧٦مْ)، و يتأرجح شتاء المدينة

شكل (١) موقع منطقة الدراسة يمين الشكل وأهم أشكال التضاريس لمنطقة الدراسة يسار الشكل



المنورة بين البرودة الشديدة والدفء، بمتوسط حرارة عظمى يصل إلى (٢٥،٢٢مْ) وحرارة صغرى (١٢،٧مْ) في معظم الأيام، في حين تعتدل الأجواء بها في الخريف والربيع، وتتراوح المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة بين (١٧،٦ مْ) لأبرد شهور السنة (يناير) و (٣٦،٥٥مْ) لأشدها حرارة (أغسطس)، وبصفة عامة تميل المدينة المنورة مثلها مثل أجزاء الصحاري الجافة ومعظم مناطق المملكة العربية السعودية إلى الجفاف وقلة الأمطار وتذبذبها، فقد وصل المعدل السنوي للأمطار التي رصدتها محطة المدينة المنورة في الفترة مابين (١٩٧٠م- ٢٠٠٨م) إلى (٥٨،٤ ملم).

منهجية البحث:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التقني المعاصر فمشاكل النظام البيئي مكونة من عدد متداخل ومتفاعل من المتغيرات؛ لذلك استعانت هذه الدراسة ببيانات الأقمار الصناعية أو ما يسمى بالاستشعار عن بعد Remote Sensing وبتقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS، بغرض بناء نموذج كارتوغرافي لتحديد المواقع المثلى لدفن النفايات الخطرة في المدينة المنورة، اعتمادا على معايير اتفاقية بازل، وقد صُممت هذه المعايير على أساس مقررات اتفاقية بازل، ومعايير البنك الدولي، ووكالة حماية البيئة الأمريكية، وتوجيهات الاتحاد الأوربي فيما يخص النفايات. وترتكز المنهجية التطبيقية في هذا البحث على العديد من الخطوات، التي من الممكن استعراض أهمها على النحو الآتي:

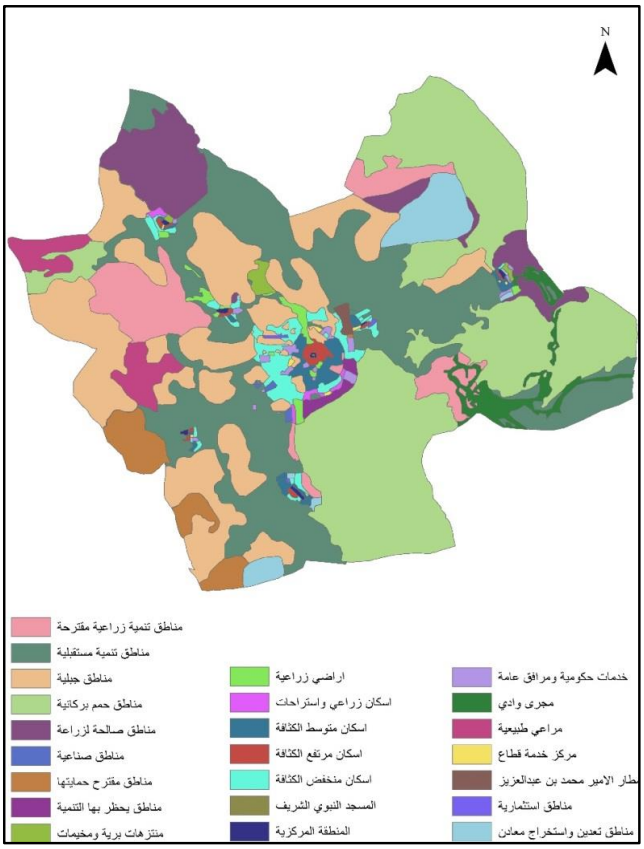
تحديد المعايير وصياغتها:

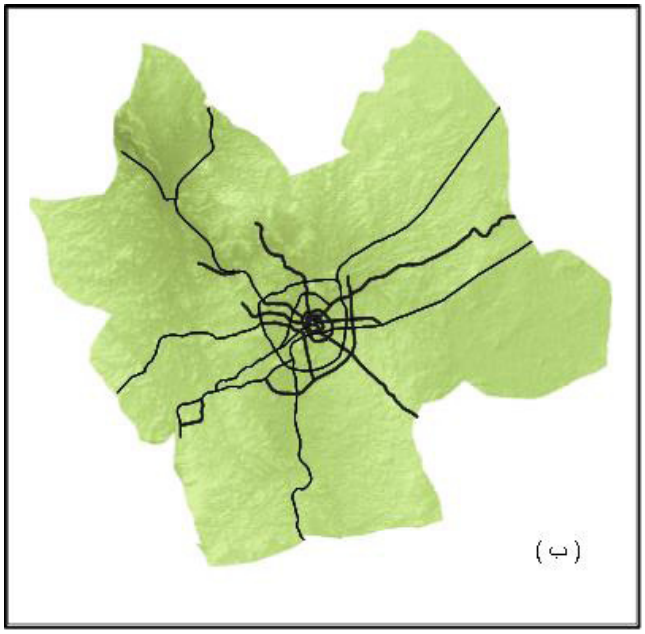
وتتمثل في مراجعة وانتقاء معايير واشتراطات المركز الإقليمي للتدريب ونقل التكنولوجيا للدول العربية بالقاهرة BCRC-Cairo الممول من قبل سكرتارية اتفاقية بازل الدولية للتحكم في نقل النفايات والمخلفات الخطرة عبر الحدود، فقد أصدر المركز مجموعة من الأدلة الإرشادية لاختيار مدافن المخلفات الخطرة أو النفايات الصلبة بالمناطق شديدة الجفاف وتصميمها وتشغيلها، وقد أعدت بهدف الترويج للممارسات والإدارة البيئية السليمة للمخلفات الخطرة والعامة في المنطقة العربية، وقد تم التركيز على العديد من العوامل عند اختيار أفضل المواقع لدفن النفايات الخطرة والمتمثلة في:

- المعايير الاجتماعية والاقتصادية:

فإيجاد أفضل المواقع يتطلب النظر في خصائص منطقة جغرافية كاملة، واستبعاد المواقع غير المناسبة وفق أسس محددة، ثم إجراء مفاضلة بين المواقع المتبقية بناءً على مميزات كل منها وتحديد المواقع الأكثر ملاءمة، وتتطلب عملية استبعاد المواقع غير المناسبة المعرفة الكافية بالمنطقة والدراسة المكثفة لخرائط منطقة البحث والأنظمة واللوائح الخاصة باستخدامات الأرض، إذ يتم استبعاد المناطق التي لا تتفق مع استخدامات الأراضي المحيطة، فكلما قلت الأهمية الاقتصادية للموقع زادت صلاحيته لتطوير مدفن النفايات، شكل رقم (٢). كما يجب توفير الأمان وتقليل الاصطدام

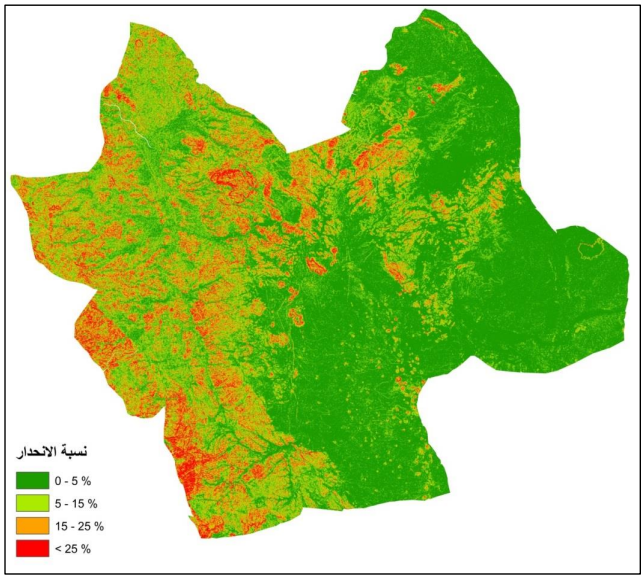
شكل (٢): (أ) استخدامات الأرض، (ب) الطرق الرئيسية والسريعة



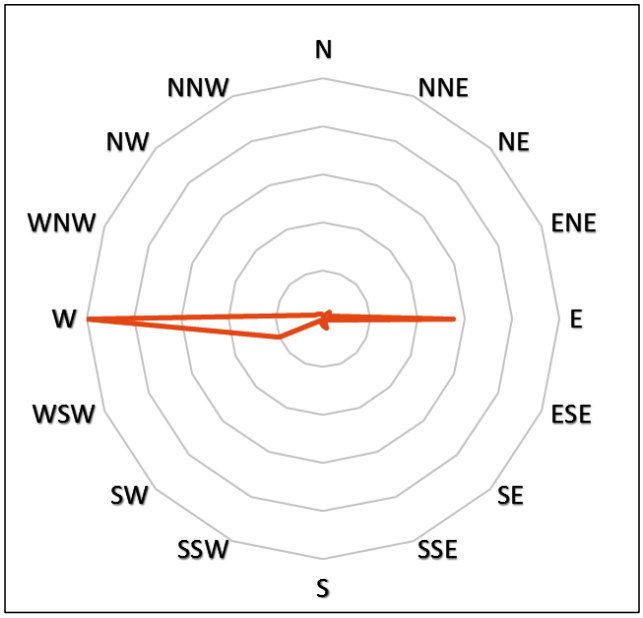


العشوائي للطيور بالطائرات خلال إقلاعها أو هبوطها في المطارات لأدنى حد ممكن؛ لذلك يجب أن يكون مدفن النفايات بعيدا عن المطارات، والعمل على التقليل إلى الحد الأدنى من الآثار البصرية المصاحبة للمدفن على الطرق السريعة أو الرئيسية المتاخمة، كما ينبغي ألا تكون هناك مشاريع تنمية سكنية سواء قائمة أو قيد التخطيط بالقرب من موقع منشأة التخلص من النفايات، حفاظاً على صحة السكان والمكونات البيئية والمرافق الحيوية التي من شأنها خدمة المنطقة.

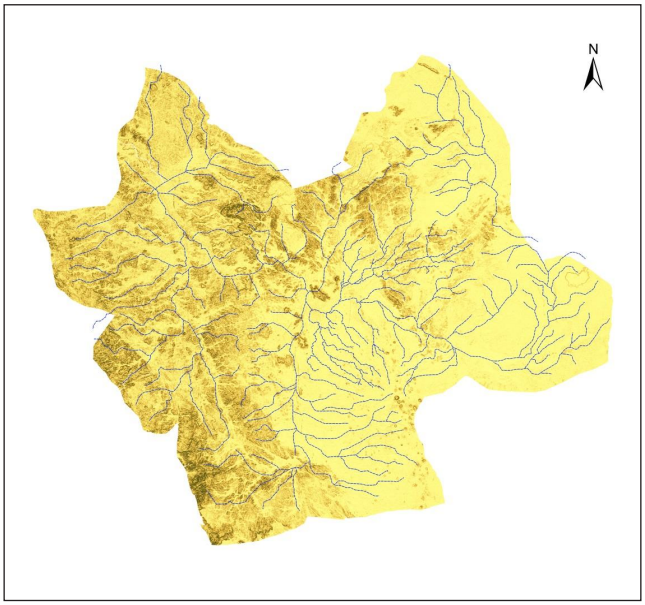
شكل (٣) النسبة المئوية للانحدار في منطقة الدراسة

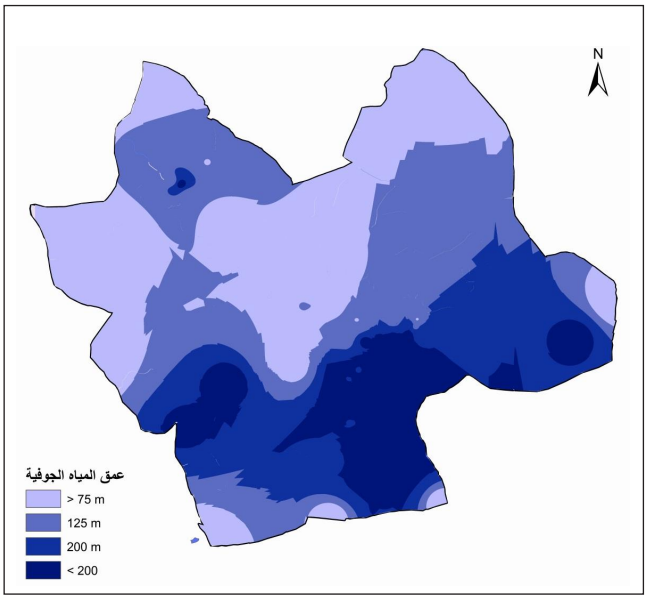


شكل (٥) اتجاه الرياح السائدة



شكل (٤): (أ) مجاري الأودية، (ب) عمق المياه الجوفية





- المعايير الجيولوجية والجيمورفولوجية:

للتربة دور مهم في عمليات تشغيل المدفن وتطويره فهي مادة التغطية اليومية للنفايات، فلا بد من توفير كميات من الأتربة تفي باحتياجات الدفن خلال العمر الافتراضي للمرمى، وهذا الشرط على ما يبدو متوفر في المدن السعودية، كما أن التربة الجيدة تمنع انبعاث الروائح من المدفن وتقلل من تعرية النفايات المدفونة وبعثرتها بفعل الرياح.

إن المواقع المناسبة لإنشاء مدفن آمن للنفايات هي تلك التي تكون تربتها ذات نفاذية بطيئة ومسامات ضعيفة، مثل التربة الطينية والجيرية، مما يقلل من تسرب سوائل المدفن (العصارة أو الترشيح) إلى المياه الجوفية وانتشار الغازات في المناطق المجاورة. ومن مبدأ انعدام الأثر على المكونات البيئية فإنه يفضل بشكل عام أن تكون مواقع دفن النفايات محدبة نسبة لما يحيط بها، أو تنحدر انحداراً طفيفاً لا يعيق إجراءات الصرف الطبيعي لمياه الأمطار، ولا يشكل صعوبة في عمليات الإنشاء والتشغيل، أو يتسبب في تسرب رشيح النفايات لمجامع تكوينات المياه الجوفية التي تغذي المنطقة؛ وعليه يمكن استبعاد الأراضي ذات الانحدار الذي يتجاوز ٢٥٪ ويعد الميل أقل من ٥٪ مناسباً لإنشاء منشأة مستدامة لموقع دفن النفايات الصحي والآمن شكل رقم (٣) .

المعايير البيئية:

وبما أن المياه أحد أهم عناصر البيئة والمتأثر الأول بالتلوث ونشاط الإنسان بمختلف أشكاله، وفي سبيل المحافظة عليها وصونها، يجب وضع آبار رصد للمياه الجوفية خارج محيط المدفن في أماكن وأعماق تكفي لتقييم ما إذا كان السائل المترشح ينتقل من أرض المدفن إلى الوحدة العليا للمياه الجوفية. وشددت اتفاقية بازل على أن يكون أعلى مستوى للمياه الجوفية على مدى عشر سنوات أسفل قاعدة المدفن (٢٠٠ متر) على أنها أعلى مسافة مثلى لحماية مكامن المياه الجوفية.

جدول (١) معايير اتفاقية بازل للتحكم في نقل النفايات الخطرة ومعالجتها. المصدر: إعداد الباحثة بناء على معايير المركز الإقليمي

المعيار	المعيار الفرعي	المقياس
المعايير الاجتماعية والاقتصادية	المسافة بين المدفن والمطارات	يتم استبعاد أي موقع يبعد أقل من ٩,٥كم من حدود مطار عام من عملية موقع المنشأة
	المسافة بين المدافن والطرق السريعة الأساسية	مسافة لا تقل عن ٥٠٠متر
	التنظيم العقاري المحلي واستخدام الأرض	الأراضي البور والمناطق الملحية تعد ممتازة لموقع الدفن بينما المواقع كثيفة الزراعة والخضرة تعد مواقع سيئة
	البعد عن المناطق السكنية	يبعد عن المشاريع السكنية قائمة أو قيد التخطيط في حدود ٥٠٠ متر من موقع التخلص من النفايات
	البعد عن مصدر توليد النفايات	>٣كم تعد مثالية و الحد الأقصى ٥٠كم
المعايير البيئية	الآبار المنتجة	أن تكون المسافة بين مدفن النفايات وأقرب بئر مياه ٢٥كم
	المسافة الفاصلة عن الأودية ومجاري السيول	مسافة لا تقل عن ٥٠٠متر
	عمق المياه الجوفية	< ٢٠٠متر
معايير القبول الجماهيري	اتجاه الرياح السائدة	لابد أن يتم اختيار الموقع في الاتجاه المعاكس لهبوب الرياح نسبة إلى المناطق المأهولة
المعايير الجيولوجية والجيومورفولوجية	النسبة المئوية للانحدار	٥٪ يعد انحدارا مثالي
	التربة	أن تكون التربة ذات نفاذية منخفضة

وكإجراء وقائي، وقد اقترحت اتفاقية بازل إجراء وقائيا يتمثل في مسافة (٢٥كيلومتر) ليكون حدا مثاليا بين محيط مدفن النفايات وأقرب بئر ماء جوفي مستخدم لأغراض الإمداد بالشرب أو الري أو استعمال للماشية العامة أو الخاصة، كما يُوصى باستبعاد أي أرض تقع في حدود (٥٠٠ متر) من خط المجرى المائي من كلا الجانبين أو أي موقع لتجمع مياه الأمطار شكل رقم (٤).

- معايير القبول الجماهيري:

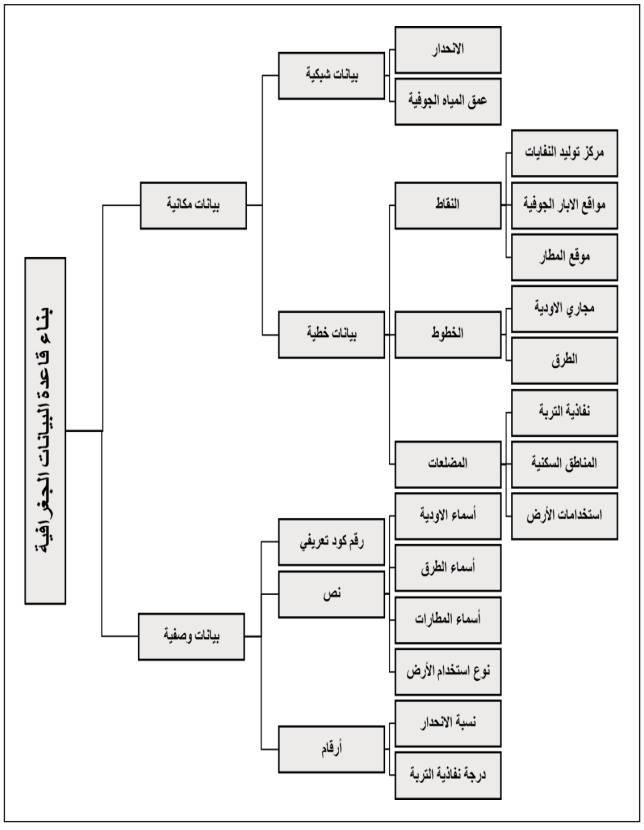
إن حماية المناطق المأهولة والسكان من أي آثار غير مرغوبة لمدفن النفايات هي الغاية التي ينشدها المخططون والقائمون بمهام اختيار مواقع المدافن والمـرادم وتصميمها؛ فقد أثبتت الأبحاث العلمية أن موقع ردم النفايات يتصاعد منه غالباً مجموعة من الغازات الضارة بصحة الإنسان، وأن التعرض لهذه الملوثات وبتركيز أعلى من المعدلات المسموح بها و لفترات زمنية طويلة أو قصيرة قد يزيد من احتمالات الإصابة بالأمراض الخطرة؛ لذلك من الضروري اختيار موقع دفن النفايات، على أن توضع في اتجاه معاكس لهبوب الرياح نسبة للمناطق المأهولة بالسكان، مشكلاً بذلك معياراً عالمياً ومطلباً جماهيرياً تجب مراعاته والأخذ به للقبول بإقامة منشأة مستدامة لمدفن النفايات، شكل رقم (٥).

ويوضح جدول رقم (١) أهم المعايير التي تم الأخذ بها لتحديد أفضل المواقع لدفن النفايات الخطرة، وقد تم اختيار هذه المعايير من جملة قائمة معايير اتفاقية بازل بما يتناسب مع طبيعية منطقة الدراسة وأهداف هذا البحث.

-جمع بيانات المعايير وبناء قاعدة البيانات الجغرافية:

اعتمدت الدراسة الحالية على عدد من الخرائط المتنوعة المواضيع والمصادر المأخوذة عنها، وقد تم بواسطتها بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية حديثة، شكل رقم (٦) وشملت الخرائط: خريطة رقمية لتصنيف التربة لمنطقة المدينة المنورة من هيئة المساحة

شكل (٦) بناء قاعدة البيانات الجغرافية



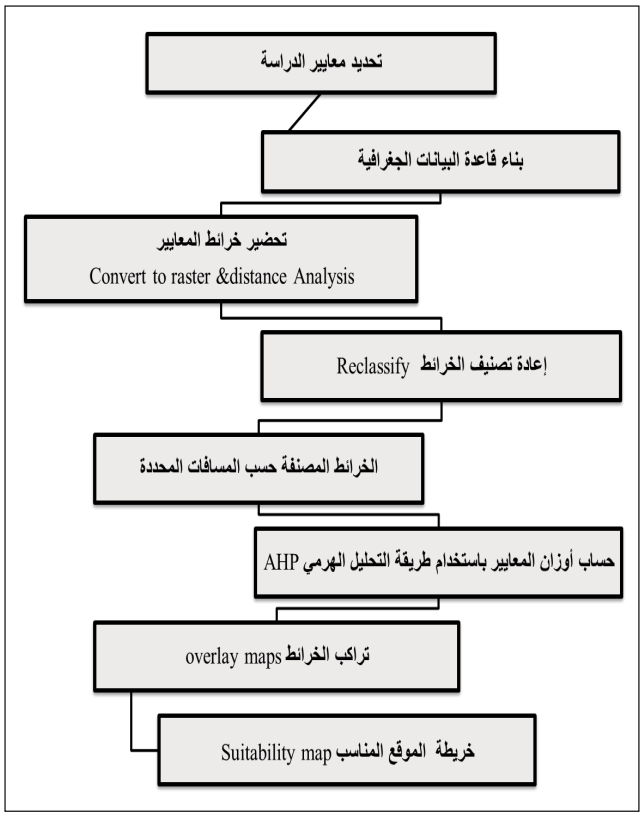
الجيولوجية، وخريطة استعمالات الأرض المقترحة بالنطاق الإشـرافي لحاضرة المدينة الكبرى الصادرة عن إدارة التنمية الإقليمية بأمانة المدينة المنورة، وخريطة الطرق السريعة من خرائط الفارسي للمدينة المنورة، وخرائط المخطط الإقليمي للمدينة الصادرة عن أمانة المدينة المنورة، وخريطة أحياء وبلديات المدينة المنورة الصادرة عن إدارة التنمية الإقليمية بأمانة المدينة المنورة، وخريطة جيولوجية للمدينة المنورة من هيئة المساحة الجيولوجية لوحة ٢٤د، وخريطة مسميات الأوديـة بالمدينة

المنورة الصادرة عن أمانة المدينة المنورة، إضافة لاشتقاق العديد من الخرائط باستخدام أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst، ثم تم تحضير وتجهيز وتحديد جميع الخرائط المتعلقة بمعايير الدراسة وقيودها، بالاستعانة بالبرامج المناسبة. ويوضح شكل رقم (٧) المسار المنهجي المتبع لتحديد أفضل مواقع دفن النفايات الخطرة في المدينة المنورة.

- حساب أوزان المعايير:

تؤدي تقنية نظم المعلومات الجغرافية دوراً كبيراً في تحديد المواقع المثلى لدفن النفايات لما تتمتع به من النظرة الشمولية الواسعة، وقدرتها على الربط بين جميع العوامل والمتغيرات المؤثرة في تحديد هذه المواقع التي تتنوع في طبيعتها من معايير جيولوجية وجيمورفولوجية ومعايير اجتماعية واقتصادية وبيئية والقبول الجماهيري، والاختلاف في شدة تأثيرها وتأثرها ودرجة ضررها

شكل (٧) المسار المنهجي لتحديد أفضل مواقع دفن النفايات الخطرة



جدول (٢) مقاييس الأهمية النسبية وفقاً لتصنيف توماس سآتي.
المصدر: شياد ومحمد، ٣

الوزن بالقياس الرقمي	التفسير بالقياس اللفظي	الوزن بالقياس الرقمي	التفسير بالقياس اللفظي
١	تساوي الأهمية	٧	أحد المعيارين أهم بدرجة عالية جداً من المعيار الآخر
٣	أحد المعيارين أهم بدرجة متوسطة من الآخر	٩	أحد المعيارين أهم بدرجة قصوى
٥	أحد المعيارين أهم بدرجة قوية من الآخر	٨، ٦، ٤، ٢	قيم وسطية تستخدم بين الأوزان السابقة عند المقارنة الرقمية

من مجاورة مدفن النفايات، وما قد ينتج عنه من انعكاسات. فما يمكن تعويض قصوره بالتصميم والعمل الهندسي يعد أقل أهمية من معيار قد يسبب التجاوز عن تحقيقه طبيعياً وبدرجة عالية من المثالية ضرراً على صحة البشر وعناصر الحياة الأساسية ولو بنسبة ضئيلة، خاصة وأن اتفاقية بازل تؤكد على أنه يجب أن يكون أثر موقع مدفن النفايات الخطرة على المكونات البيئية معدوماً.

لذلك فإن نظم المعلومات الجغرافية قد زودت بمرونة مفاضلة المتغيرات وإعطاء أحد المعايير المؤثرة وزناً ونسبة أكبر من باقي المتغيرات، ومن هذا المنطلق لجأت الدراسة إلى استخدام القيم الموزونة Weight بإعطاء العناصر المؤثرة في نجاح منشأة الدفن وزناً أكبر من العناصر الأخرى، وقد تم تحديد أوزان المعايير والأهمية النسبية لكل منها بناء على تجارب الدراسات والأبحاث السابقة، إضافة إلى رؤية الباحثة بعد دراسة أوضاع منطقة الدراسة والدروس المستفادة من موقع الدفن الحالي وقد استخدمت الدراسة عملية التحليل الهرمي Analytic Hierarchy Process AHP وهي واحدة من مجموعة أدوات تساعد في صناعة القرار المتعدد المعايير، وهي نظرية رياضية للقياس طورها العالم توماس سآتي (Guttmam & Hlee, 1955: 4) وبها يتم تحديد أهمية كل معيار بالنسبة للآخر، إذ يتم وضع قيمة موزونة لكل معيار مقابل بقية المعايير بالنسبة للهدف في المستوى الأعلى (Kontos, 2005: 11) ويُعبر عن القيم التي تستخدم لمقياس الوزن بعبارات مفاضلة بين المعايير، وقد وضع هذه العبارات أيضاً توماس سآتي، جدول رقم (٢).

وبناء على عملية (AHP) خرجت الدراسة بأوزان متغيرات الدراسة وفق الأهمية النسبية لكل منها، جدول رقم (٣)، والسبب في اعتماد هذه المنهج لتحديد الأوزان لما تميز به من قدرة عالية في عقد المقارنات وتحكيم الصفات الملموسة والمجردة على حد سواء وقابليتها للتفاعل الجيد مع المشكلات البسيطة والمعقدة (kordi, 2008: 9)، كما أن لمصفوفتها نسبة للثبات يستدل بها على صحة الأحكام وعدم تناقضها، وقد وصلت نسبة ثبات مصفوفة الدراسة (٠،٠٩) تقريباً مما يعني أن أحكامها تتصف بالثبات؛ لأن أي مصفوفة مكونة من عشرة معايير يجب ألا تزيد نسبة ثباتها عن (٠،١٠) (الغامدي، ٢٠٠٧: ٥).

- بناء النموذج:

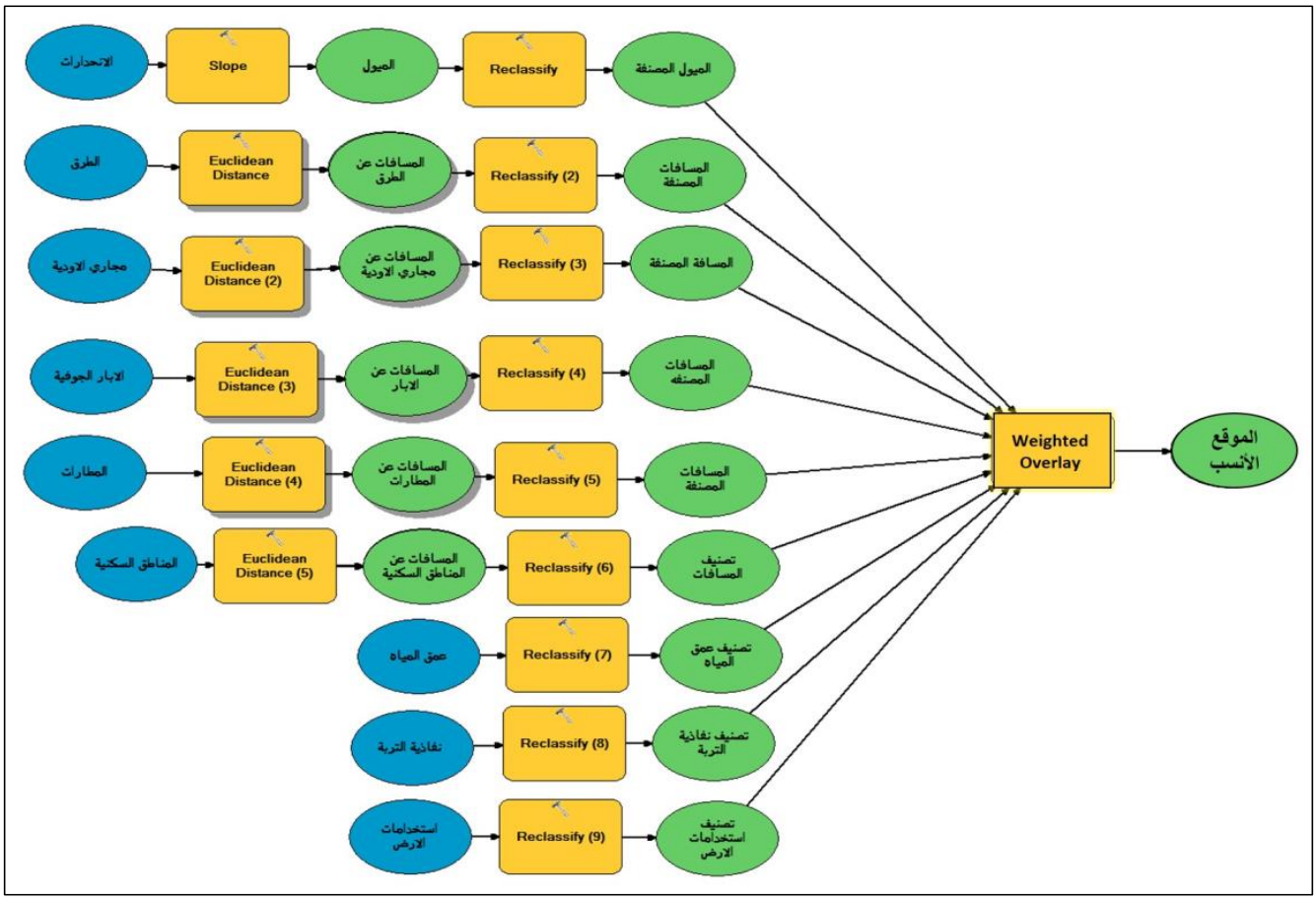
وتُعرف Tomlin النموذج الكارتوغرافي Cartographic Model بأنه عبارة عن مجموعة من الخرائط على هيئة طبقات تشترك فيما بينها في إطار كارتوغرافي واحد يعتمد على المرجعية المكانية المعروفة بالإحداثيات، كما يمكن أن يحتوي على بيانات Attribute Data تحدد المساحة والموقع الجغرافي، وبيانات أخرى تتعلق بالخصائص التصنيفية لإقليم الدراسة التي تغطيها (عزيز، ٢٠٠١: ٦) ويعد النموذج الكارتوغرافي الأكثر شيوعاً واستخداماً بين طبقة الجغرافيين لإجراء التحليل لتفضيلهم للمنتج الخرائطي، وتم بناء نموذج الدراسة وفق معايير واشتراطات المركز الإقليمي

جدول (٣) أوزان المعايير باستخدم Analytic Hierarchy Process (AHP)

المعيار	المناطق السكنية	النفاذية	عمق المياه الجوفية	الأودية	الآبار	استخدامات الأرض	الانحدار	الطرق	المطار	التولد	الوزن
المناطق السكنية	١	٣	٥	٢	٢	٢	٣	٧	٥	٧	٠,٢٢
النفاذية	٠,٣٣٣	١	٣	٥	٢	٥	٣	٧	٧	٧	٠,١٨
عمق المياه الجوفية	٠,٢	٠,٣٣٣	١	٥	٢	٥	٥	٧	٧	٧	٠,١٦
الأودية	٠,٥	٠,٢	٠,٢	١	٣	٢	٣	٥	٥	٥	٠,١١
الآبار	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٣٣٣	١	٥	٥	٧	٧	٧	٠,١٢
استخدامات الأرض	٠,٥	٠,٢	٠,٢	٠,٥	٠,٢	١	٣	٥	٥	٣	٠,٠٧
الانحدار	٠,٣٣٣	٠,٥	٠,٢	٠,٣٣٣	٠,٢	٠,٣٣٣	١	٧	٧	٧	٠,٠٧
الطرق	٠,١٤٣	٠,١٤٣	٠,١٤٣	٠,٢	٠,١٤٣	٠,٢	٠,١٤٣	١	٣	٣	٠,٠٣
المطار	٠,٢	٠,١٤٣	٠,١٤٣	٠,٢	٠,١٤٣	٠,٢	٠,١٤٣	٠,٣٣٣	١	٣	٠,٠٢
التولد	٠,١٤٣	٠,١٤٣	٠,١٤٣	٠,٢	٠,١٤٣	٠,٣٣٣	٠,١٤٣	٠,٣٣٣	٠,٣٣٣	١	٠,٠٢

المصدر: الباحثة بناء على نتائج تحليل (AHP)

شكل (٨) نموذج تحديد أفضل المواقع للدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة



للتدريب ونقل التكنولوجيا بالقاهرة، اعتمادا على بنود اتفاقية بازل ومبادئها.

وذلك باختيار أحد عشر معياراً من أصل ثمانية وعشرين معيارا، وفق ما يتناسب ومنطقة الدراسة، وما توفر للباحثة الخرائط والمعلومات، المشتملة على الفروع الأربعة الرئيسية، ومن الخرائط الخاصة بكل موضوع تم اشتقاق خرائط تحقق قياسات ومسافات ونسب معايير اتفاقية بازل. ويوضح الشكل رقم (٧) النموذج الذي تم بناؤه باستخدام برنامج Arc GIS ١٠ لتحديد أفضل المواقع للدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة المنورة باستخدام Model Builder. الذي يتميز بتبسيط المشاكل الجغرافية المعقدة، وتداخل بياناتها المكانية والوصفية مع إمكانية دمج وظائف التحليل المكاني مع أساليب أخرى.

النتائج:

من إجراء أسلوب التطابق التراكمي لجميع خرائط معايير الدراسة، أنتجت لنا طبقة جديدة تحدد المواقع المثلى لدفن النفايات الخطرة في المدينة المنورة. شكل رقم (٨). وقد خلصت مرحلة التحليل المكاني لمنطقة الدراسة أن الأراضي غير الملائمة لإقامة مدفن صحي تشكل ما نسبته ٦٪ من مساحة المدينة المنورة وهي تخالف جميع معايير الموقع الأمثل للمدفن الصحي كما تراه اتفاقية بازل. وتتركز هذه المواقع في أقصى شمال المدينة المنورة وغربها، ويلاحظ تزايد درجة الملاءمة وصلاحية الأراضي لدفن النفايات الخطرة كلما اتجهنا نحو أطراف المدينة المنورة لتصل درجة الملاءمة في أقصى الجنوب الغربي من المدينة إلى درجة المثالية الموقعية وتحقيقها لأقصى ما يمكن تحقيقه من درجات وفق ما توافر من إجراءات بازل في منطقة الدراسة. ومع أن هذه الأراضي محدودة، فهي لم تتجاوز ٢٪ بمساحة ٢٧٠،٤٥ كم٢ من مساحة المدينة، جدول رقم (٤)، إلا أنها تدلل على إمكانية تحديد الموقع المثالي الذي قد يصعب إيجاده بالطرق اليدوية التقليدية، وعلى إمكانية صياغته جغرافياً، وإثباته في الخريطة بإحداثياته المكانية، بشكل يعزز من قدرة نظم المعلومات الجغرافية، على أنها أداة تحليله وتقنية ذات فعالية للمسؤولين عن الإدارة البيئية والموارد الطبيعية.

إن الموقع الأكثر ملاءمة لدفن النفايات هو المكان الذي تحقق فيه أغلب العوامل الأساسية الجيولوجية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية والفنية الأخرى، وتعد عملية اختيار الموقع الأمثل من بين المواقع المرشحة من الأمور الصعبة؛ وذلك لتفاوت الميزات التي تتمتع بها هذه المواقع، فلابد أن يتخذ القرار بناء على الخبرة التجريبية والنظرة الواعية للماضي والحاضر والمستقبل والبحث الشامل ليكون القرار محققاً للغاية والهدف بقدر الإمكان.

وعادة ما يختار أفضل موقع من ناحية العوامل الكمية لاعتمادها أرقاماً واقعية يُعتد بمصداقيتها في عمليات الترشيح والترجيح

جدول (٤) مساحة الأراضي/كم٢ حسب صلاحيتها لدفن النفايات الخطرة.

صلاحية الأراضي لدفن النفايات الخطرة	المساحة كم٢	النسبة المئوية ٪
أراض غير ملائمة	٦٥٥,٦٧٥٣	٦٪
أراض منخفضة الملاءمة	٣٨٤٧,٥٤١	٣٣٪
أراض متوسطة الملاءمة	٥١٠٦,١٦٨	٤٣٪
أراض ملائمة	١٩١٠,٦٨٩	١٦٪
أراض مثالية	٢٧٠,٣٦١	٢٪
المجموع	١١٧٩٠,١١كم٢	١٠٠٪

المصدر: إحصاء الباحثة بناء على نتائج التحليل المكاني

جدول رقم (٥) القيم المحددة لدرجة الملاءمة

النطاق المحدد	درجة الملاءمة	حالة النطاق	مجموع الدرجات	النسبة المئوية٪	حالة الموقع
خارج النطاق الثالث	٧	مرتفع	٥٧,٧٦ _ ٧٧	٧٥٪ _ ١٠٠٪	مرتفع الملاءمة
النطاق الثالث	٥	متوسط	٣٨,٦ - ٥٧,٧٥	٥٠٪ _ ٧٥٪	متوسط الملاءمة
النطاق الثاني	٣	منخفض	١٩,٢٦_ ٣٨,٥	٢٥٪ _ ٥٠٪	منخفض الملاءمة
النطاق الأول	١	غير ملائم	١١_١٩,٢٥	١٤٪ _ ٢٥ ٪	غير ملائم

بين المواقع، وقد سمحت المنهجية المتبعة واستخدام أدوات التحليل المكاني بتحديد عدد من المواقع المثلى المقترحة لدفن النفايات الخطرة، التي حُددت برسم ثلاث دوائر متركزة متباينة الأقطار، تنطلق من مركز تولد النفايات في المنطقة ابتداءً من الدائرة المركزية التي يبلغ نصف قطرها ٣كم ثم الدائرة الثانية حتى الدائرة الثالثة التي يبلغ نصف قطرها ٥٠كم، وتمثل أقصى بعد يمكن أن تسمح به إجراءات بازل عن مركز توليد النفايات، وعليه تم الحصول على ستة مواقع، وبإعادة تصنيفها بناء على ما أحرزه كل موقع من درجات تم استبعاد ثلاثة مواقع، وكانت النتيجة الحصول على ثلاثة مواقع يمكن اقتراحها أنها مواقع مثلى لدفن نفايات المدينة المنورة شكل رقم (٩).

ومع أن نموذج الملاءمة الكارتوغرافي اقترح المواقع المثلى لدفن النفايات الخطرة، إلا أن تلك المواقع تتفاوت في درجة تحقيقها لبنود بازل، التي تخص تقسيم الدراسة الحالية، ومنها: ملاءمة المعايير لمستويات متدرجة ابتداءً من أسفل سلم التصنيف بدرجة (١) غير ملائم، و ينتهي صعوداً بدرجة (٧) ملاءمة مرتفعة؛ أي تراوحت القيم الناتجة بين ١١ و ٧٧، ذلك أن أعلى قيمة يعني أعلى ملاءمة، والأدنى قيمة أقل ملاءمة، مع تفاوت درجات الملاءمة فيما بينهما جدول رقم (٥)، مما يستوجب معه تحديد درجة تحقيق كل موقع لإجراءات بازل حسب درجاتها المتفاوتة، وترشيح أفضل المواقع الثلاث بناء على أعلى مجموع، جدول رقم (٦).

مناقشة النتائج:

استطاعت الدراسة اقتراح عدد من المواقع الجديدة لدفن النفايات الخطرة بالمدينة المنورة، بأخذ العديد من العوامل الجيمورفولوجية والجيولوجية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية ومعايير القبول الجماهيري، ومعالجة جميع تلك المعايير، وربطها وتحليلها بطرق تقنية متقدمة ممثلة في نظم المعلومات الجغرافية وتحليل المرئيات الفضائية، مما يدل على القدرة العالية لهذه التقنيات، وإزالة الصعوبة التي لازمت الدراسات الجغرافية المتعلقة بعملية اختيار المواقع المثلى لدفن النفايات لفترات طويلة، كما استطاعت أن تُخرج المواقع المثلى لدفن النفايات في صورة خرائط ترسم المدينة المنورة بصورة رقمية تُسهل من عملية التعديل، و تُمكّن من استيعاب أي إضافات أو تغيرات طارئة على البيانات أو منطقة الدراسة.

ويعد أقصى الجنوب الغربي أكثر جهات المدينة المنورة تحقيقاً لمعايير بازل الدولية مقارنة بالجهات الأخرى، فهي بصفة عامة تخلو تقريباً من وجود للحرات البركانية، وتقل بها آبار المياه المنتجة والمستغلة لأغراض الشرب والزراعة، إضافة إلى ابتعادها عن المناطق السكنية القائمة أو قيد التخطيط بمسافات مناسبة لحماية السكان والنواحي البيئية، كما أن أصعب المعايير تحقيقاً في منطقة الدراسة وفق اشتراطات بازل هي العوامل الجيولوجية، خاصة ما يتعلق بنفاذية التربة التي لم يحقق فيها أي من المواقع المقترحة الدرجة المثالية نتيجة لمحدودية التربات بطيئة النفاذية التي لم تتجاوز نسبة ٣٪ من مساحة المدينة، كما أن هذه العوامل لم

جدول (٦) أفضلية مواقع دفن النفايات المقترحة للمدينة المنورة حسب درجة الملاءمة

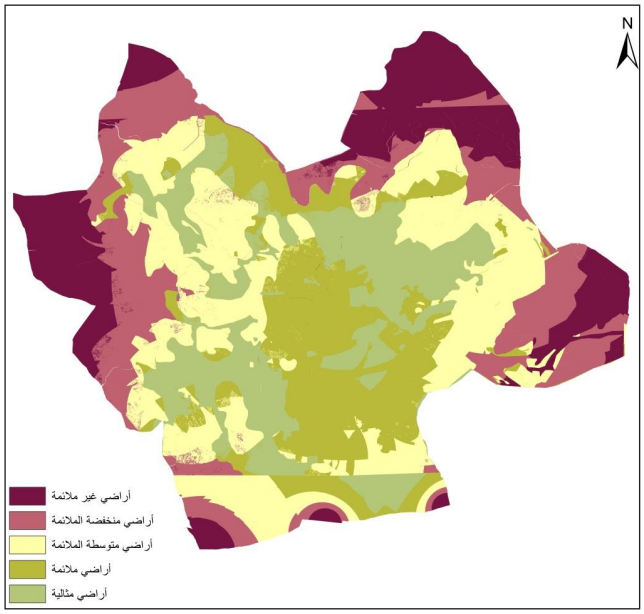
	المعيار	الموقع الأول	الموقع الثاني	الموقع الثالث
المعايير الاجتماعية و الاقتصادية	المساحة	٢م٣٠٢٤١٧,٧٥	٢م٦٦٤٨٢,٢٢	٢م١٤٩٨٧,٦٥
	البعد عن المطارات	٧	٧	٧
	البعد عن الطرق السريعة	٧	٧	٧
	استخدام الأرض	٧	٧	٧
	البعد عن المناطق السكنية	٧	٧	٧
	البعد عن مصدر توليد النفايات	٣	٣	١
المعايير البيئية	البعد عن الأبار المنتجة	٣	١	١
	البعد عن الأودية	٧	٧	٧
	عمق المياه الجوفية	٧	٧	٧
معايير القبول الجماهيري	اتجاه الرياح السائدة	٧	٧	٧
المعايير الجيولوجية	نفاذية التربة	٣	٣	٣
	درجة الانحدار	٥	٥	٥
سهولة الوصول	-	مقبول	مقبول	مقبول
	المجموع	٦٣	٦١	٥٩
	النسبة المئوية	٨٢٪	٧٩٪	٧٦٪

تحقق أدنى درجات الملاءمة الموقعية بالنسبة للإجراءات الأخرى لبازل، مما يجعل التصميم الهندسي عملا لا بد منه عند تشغيل هذه المواقع وتوفير درجة عالية من العازل الصناعي تعويضاً لقصور العازل الطبيعي، في حين حققت هذه المواقع درجات عالية في المثالية الموقعية بالنسبة للمعايير الاقتصادية والاجتماعية باستثناء البعد عن مصدر توليد النفايات الذي لم يتجاوز في جميع المواقع درجة المقبول.

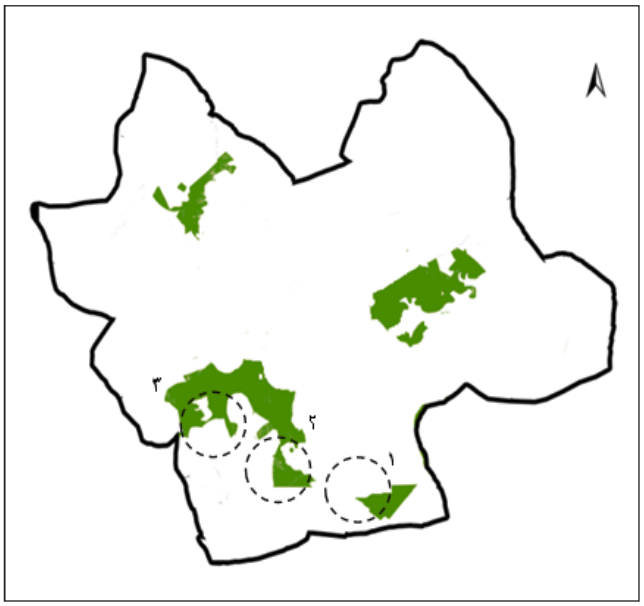
إلا أن الباحثة ترى إمكانية الرضا بهذه الدرجة، وتجاوز العائد المادي في سبيل تحقيق معايير أكثر أهمية وتأثيراً، خاصة وأن تكلفة استعادة صحة البشر والبيئة إلى حالتها الأصلية سوف تكون مرتفعة جداً، ويمكن أن تستغرق سنوات كثيرة لكي تكتمل إذا ما تم تشغيل منشأة الدفن بمسافة مثالية أقل من ٣كيلومتر حسب اشتراطات بازل، وهي مسافة قريبة جداً من النطاق السكني، إذ لم تتوفر أي منطقة ملائمة خالية من العمران ومرافق خدمة الإنسان عند هذه المسافات في المدينة المنورة.

كما يجب التنبيه إلى ضرورة أنه وقبل البدء في تطوير المواقع المقترحة للدفن الصحي ينبغي على الجهات المعنية بمنطقة الدراسة القيام بعمليات تقييم الآثار البيئية المحتملة للمدفن الجديد بالتوازي مع الفحص المفصل للموقع؛ للتعرف على مختلف الطرق التي يمكن لمدفن النفايات المقترح أن يؤثر بها على بيئته مستقبلياً، وضمان إمكانية استبعاد أو الحد من الآثار السلبية التي يتم التعرف عليها وتعويضها بواسطة التصميم والعمل الهندسي الملائم، وفي هذا المجال ينصح بعض المختصين أن تسبق خطوات تقييم التأثير البيئية دراسة للحال الراهنة للموقع المقترح قبل

شكل (٨) خريطة الملاءمة المقترحة لمدافن النفايات الخطرة في المدينة المنورة.



شكل (٩) المواقع المقترحة لدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة المنورة



التغيير أو ما يسمى بدراسة البيئة كما هي قبل التغيير ويطلق عليها Environmental Inventory لتقدم على أنها إطار لقياس التغيرات البيئية المؤقتة والدائمة أثناء تشغيل المشروع وبعده.

الخاتمة:

و أخيراً حققت تقنية نظم المعلومات الجغرافية تطوراً كبيراً ترافق مع الحاجة المتزايدة والملحة للإدارة السليمة للنفايات باستخدام هذه التقنيات الحاسوبية، فقد استطاعت الدراسة الحالية اختبار هذه التقنية على أنها نظام لدعم القرار وصناعته عبر استخدام العديد من طرق التحليل المكاني التي ساعدت في عملية اختيار عدد من المواقع المرشحة للتطوير أنها مدفن صحي للنفايات الخطرة، إذ تعد عملية الدفن من أفضل طرق التخلص من النفايات سواء من

الناحية الاقتصادية والبيئية، كما شكلت تقنية الاستشعار عن بعد تكاملاً تقنياً معاصراً مع برامج نظم المعلومات الجغرافية لدراسة متغيرات الدراسة الطبيعية و البشرية ونمذجتها، وتوفير قاعدة معلومات واسعة وجيدة لمنطقة الدراسة من الممكن تحديثها والاستعانة بها في دراسات جغرافية أخرى.

المراجع:

الرويثي، محمد، خوجلي، مصطفي، ١٩٩٨، المدينة المنورة البيئة والإنسان، الطبعة الأولى، نادي المدينة المنورة الأدبي، دارة الواحة العربية، المدينة المنورة.

الشريف، عبد الرحمن صادق، ١٩٩٨، التضاريس، بحث مشارك في كتاب المدينة المنورة البيئة والإنسان، الطبعة الأولى، نادي المدينة المنورة الأدبي، دارة الواحة العربية، المدينة المنورة.

عزيز، محمد الخزامي، ٢٠٠١، النمذجة الكارتوجرافية الآلية لتطور النمو العمراني في الكويت، رسائل جغرافية (٢٥٧) الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.

الغامدي، عبد الله شرف؛ الفرهود، بدرية، ٢٠٠٧، أداة ويب معتمدة على عملية التحليل الهرمي للحصول على معجم عربي موحد لتقنية المعلومات، الندوة الأولى عن الحاسب واللغة العربية، بتاريخ (٢٩/١٠-٢/١١/١٤٢٨هـ) مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية وجمعية الحاسبات السعودية، الرياض.

كبارة، فوزي سعيد، ١٩٩٩، اختيار أفضل المواقع لردم النفايات البلدية باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، دراسة افتراضية على مدينة جدة، مجلة العواصم والمدن الإسلامية، ١٤٢٠هـ.

محمد، عبادي؛ شياد، فيصل، ٢٠٠٩، استخدام أسلوب التحليل الهرمي لاختيار المواقع المثلى للتموين، الملتقى الدولي حول صنع القرار في المؤسسة الإقتصادية، بتاريخ (١٤-١٥أبريل/٢٠٠٩م) جامعة المسلية، الجزائر.

المركز الإقليمي للتدريب ونقل التكنولوجيا للدول العربية، ٢٠٠٥، مشروع إعداد مجموعة من الوسائل لاختيار وتصميم وتشغيل مدافن المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف، القاهرة.

المركز الإقليمي للتدريب ونقل التكنولوجيا للدول العربية، ٢٠٠٥، ملحق المصطلحات الفنية الواردة بوثائق الأدلة الإرشادية للتخلص بالدفن من المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف، القاهرة.

الهلال، محمد الأحمد، ٢٠٠٦، تقرير عن جيولوجية المدينة المنورة ضمن حدود النطاق العمراني، مجلة مركز بحوث ودراسات المدينة المنورة، العدد السابع عشر.

المراجع الأجنبية:

Ali ,A, & Ibrahim,A, 2007, Mapping Waste-Disposal sites in Riyadh Using Radarsat Imagery، sudan Engineering Society Journal، Volume 53.

Algarni, D ,& Ali, A, 1997, Mapping Waste –disposal sites Using Spot Remote sensor Data، Riyadh Case، King Saud University Journal of Earth Sciences، Volume 10.

Bowles, G, 2003, Fusion Of Remote Sensing Data And GIS Technology To Map Buried Waste Sites، ddc.elib.com.tw:8080/edissstat/customPDFList?CusNO.

Guttmam, D & H.lee, A, 1955, Utilizing aGeographic information system in Gonjunction with the Analytical Hierarchy process to perform a water Reclamation plant site suitability Analysis، esri.

Karkazi, A, Hatzichristos, T, Mavropoulos, A, Emmanouilidou, B, 2001, LANDFILL SITING USING GIS AND FUZZY LOGIC . www.epem.gr/pdfs/2001_2.pdf.

Kontos, D, & Komilis, D & Halvadakis, C, 2005, Siting MSW landfills With a spatial multiple criteria analysis methodology.www.aseanenvionment.info,/Abstract ,/41011952pdf.

Kordi, M, 2008, Comparison of fuzzy and crisp analytic hierarchy process (AHP) methods for spatial multicriteria decision analysis in GIS, master ,University of Gavle.

Nathawat, M, 2003, Selection of potential waste disposal sites around Ranchi urban complex using remote sensing and GIS techniques, urban planning, Map Asia Conference.

Palanivel, K, & Ramasamy, S, 2003, GIS Based Solutions for Waste Disposals, http://www.gisdevelopment.net/application/miscellaneous/ misc03