استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد الموقع الأمثل لدفن النفايات الصلبة بمدينة بنغازي

د. ريم علي محمود الزردومي
كلية الصحة العامة/ جامعة بنغازي

المقدمة.

تشكل النفايات عبئا كبيرا على البيئات الحضرية، حيث أدت الزيادة في عدد السكان، والتوسع في المناطق السكنية وامتداداتها، وارتفاع مستويات المعيشة، والنمو الاقتصادي، وتطوير الصناعات، ومحدودية إمكانية متابعة النفايات من حيث حجمها ونقلها والتخلص منها إلى ارتفاع حجم النفايات والمشكلات المصاحبة لها، وتعتبر إدارة النفايات من أكبر التحديات التي تواجه البلديات في مختلف مدن العالم، ذلك لأن سوء إدارة النفايات يؤدى إلى أخطار كبيرة على البيئة والسكان. ويعد نجاح المدينة في إدارة هذه النفايات مؤشرا جيدا على قدرة المؤسسات والمنظمات في العمل معا من أجل سلامة البيئة الحضرية. وتعاني مدينة بنغازي في الآونة الأخيرة من اشد الظواهر خطورة وأكثرها انتشارا؛ وهي ارتفاع معدلات انتشار النفايات بشكل عام والنفايات الصلبة المنزلية بشكل خاص وتزايدها بشكل مطرد مما يجعل لها آثارا جمة على المدينة وسكانها.

ولذلك تعد عملية اختيار موقع لإنشاء مدفن صحي ومثالي ليس بالعملية السهلة، فإيجاد أفضل المواقع يتطلب وضع منطقة جغرافية كاملة في الاعتبار والمعايير واستبعاد المواقع غير المناسبة وفق أسس محددة، ثم إجراء مفاضلة بين المواقع المتبقية بناء على مميزات كل منها وتحديد المواقع الأكثر ملائمة[1].

أسئلة البحث:

1- هل مواقع مكبات النفايات الحالية مناسبة وتم اختيارها وتجهيزها وفق معايير صحيحة؟

2- هل هناك أسس ومعايير لاختيار المواقع المناسبة لمكبات النفايات؟

3- كيف يمكن استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحديد الأماكن المناسبة والأمنه للمكبات وفق معايير وشروط عالمية؟ .

4- ماهي المواقع المثلي في المدينة لإنشاء مكبات جديدة حسب معايير اتفاقية بازل؟

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها من الدراسات القليلة حول مواقع مكبات النفايات في مدينة بنغازي والأولى في استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبيانات الأقمار الصناعية لاختيار أفضل المواقع لإنشاء مكبات وفق شروط ومعايير صحية في المدينة تخدم المواطنيين والمسئولين على حد سواء، بالإضافة الحاجة الى تقويم مدفن النفايات الحالي وتأثيره على السكان والبيئة.

أهداف البحث: يهدف موضوع الدراسة إلى الآتي:

1- استخدام نظم المعلومات الجغرافية كتقنية مساعدة في تقييم مواقع مكبات النفايات الصلبة في مدينة بنغازي.

2- انتاج خريطة رقمية لأفضل المواقع الصالحة لإقامة مكبات نفايات صحية بناء على مجموعة من الشروط والمعايير.

3- تحديد مدى ملائمة الموقع الحالي لدفن النفايات وفق اتفاقية بازل.

4- معرفة مدى توفر أراضي صالحة لإنشاء مكبات جديدة عليها.

5- المساهمة في تقديم مجموعة من التوصيات قد تفيد مخططي مواقع المكبات.

مصادر وطرق إعداد البيانات وتحليلها كميا:

تضمنت مرحلة جمع البيانات الظاهرة المراد دراستها من مصادر متنوعة، سواء بواسطة المجهود الشخصي للباحثة، أو عن طريق البيانات المنشورة رسميا. ومن أهم المصادر التي اعتمدت عليها الباحثة:

(أ) مصادر ثانوية "غير مباشرة":

والتي شملت حصر مكتبي للمراجع المختلفة متمثلة في الكتب، والدوريات، والرسائل العلمية، والإحصائيات الحكومية المختلفة، ومخططات المدينة.

(ب) مصادر رئيسة "مباشرة" (الدراسة الميدانية): وتمثلت في الآتي:

1- المقابلات: حيث أعتمد على المقابلات مع المسئولين في الهيئة العامة للبيئة والجهات المسئولة عن النظافة (التشاركيات) من أجل الحصول على معلومات أو التحقق من مدى

مصداقية معلومات أخرى.

2- لملاحظة العلمية: تم استخدام الملاحظة العلمية الدقيقة من قبل الباحثة لمكبات النفايات والأوضاع التي تمر بها هذه المكبات.

3- الزيارة الاستطلاعية: تطلب موضوع الدراسة إجراء عدة زيارات استطلاعية عامة للإلمام بموضوع الدراسة وتضمنت تلك الزيارات التقاط الصور الفوتوغرافية المتعلقة بموضوع الدراسة.

منطقة الدراسة:

تقع مدينة بنغازي عند تقاطع خط طول َ5، ْ20 شرقاً مع خط عرض َ7 ،ْ32 شمالاً، ووقوعها على ساحل البحر المتوسط جعل المدينة تتمتع بمناخ متوسطي الذي يتميز بصيفه الحار نوعا ما وشتائه المعتدل الذي ساعد على الاستقرار البشرى بها، بالإضافة إلى هبوب الرياح المحملة بالأتربة والغبار (رياح القبلي).

وتعتبر مدينة بنغازي ثاني المدن الليبية بعد مدينة طرابلس، وتعد المدينة الأولى في المنطقة الشرقية من ليبيا باعتبارها المركز الحضري الرئيس بها في المنطقة الشرقية، وإشرافها على ساحل البحر المتوسط من الناحية الشرقية لليبيا بساحل يبلغ طوله 18 كم تقريبا كما أنها تقع على بعد 1050 كم تقريبا شرقي مدينة طرابلس و500 كم غرب مدينة طبرق.

ويمثل موقع مدينة بنغازي نقطة على منتصف الثنية تقريبا بين تجويف خليج سرت غربا، والقوس الناتئ للجبل الأخضر شرقا؛ فهي تقع على رأس متقدم من البحر، وتشغل مساحة تقدر بحوالي 100 كم^2 طبقا لمخططها الذي توضحه خرائط البلدية[2]. شكل(1).

أنواع المكبات[3]:

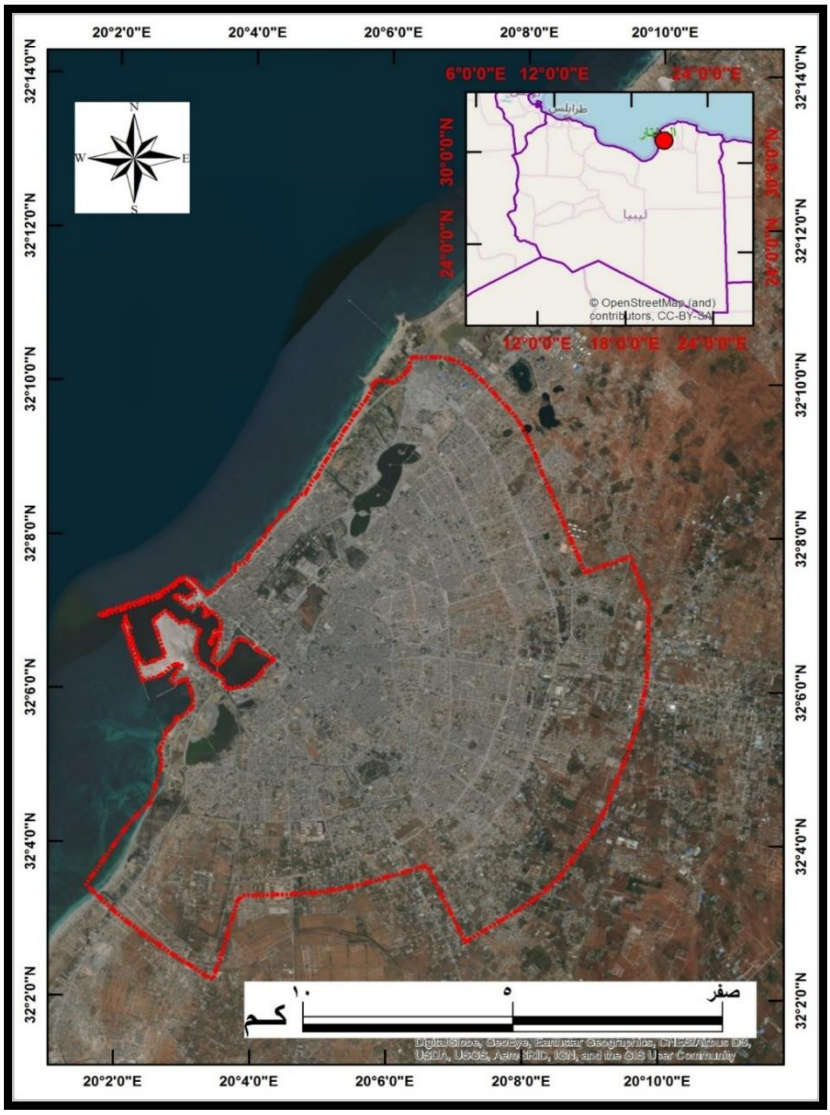
تختلف أنواع المكبات بحسب السياسة التي تتخذها الدولة في التعامل أو التخلص مع هذه النفايات وتشمل:

أ- المكب المفتوح: عبارة عن أرض مفتوحة يتم إلقاء المخلفات فيها عشوائيا وتنتشر فيها الحشرات والقوارض والحيوانات الضآلة وتنبعث منها روائح منفرة ويؤدي هبوب الرياح إلى تطاير بعض محتويات تشتغل منه النيران بصورة دائمة، وهذا النوع من المدافن لا ينصح باستمراره، ويجب تطويره ليصبح أكثر أمنا من الناحية الصحية والبيئية.

ب- المكب المراقب: عبارة عن أرض تم اختيارها وفقا لأقل الشروط والمعايير الفنية، ويتم

بناء سور حولها ومراقبة عملية وضع المخلفات اليومية، مما يساهم في عدم نشوب الحرائق داخل المكب، وبعد امتلائه يتم تغطيته بطريقة تمنع تجمع المياه بداخله.

شكل (1) الموقع الجغرافي والحدود الإدارية لمدينة بنغازي.



المصدر: الرسم من اعداد الباحثة اعتمادا على برنامج Google earth، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

ج- المكب المجهز هندسيا: عبارة عن مكب تم اختيار موقعه وفقا لبعض المعايير والشروط الفنية وتم تخطيطه هندسيا وتجهيزه ليصبح أكثر ملائمة لاستيعاب المخلفات.

د- المكب الصحي (الطمر الصحي): عبارة عن مكب تم اختيار موقعة طبقا لأعلى المعايير والشروط الفنية والبيئية ويتم إدارته بكفاءة وتقنيات عالية.

برك تجمع العصارة:

تعرف العصارة بأنها ذلك السائل الأسود/البني الغامق المركز جداً بالملوثات الذي يرشح من المخلفات الصلبة في حال وصول محتواها المائي بقيمة أعلى من قدرتها على الاحتفاظ بالماء، والمحتوي المائي للنفايات يزداد نتيجة وصول الماء إليها إما عن طريق المطر أو الجريان السطحي بالإضافة إلى الرطوبة الموجودة أصلا في النفايات الصلبة المنزلية.

وتمتاز العصارة برائحتها القوية جدا وأن التعرض لها لفترة قصيرة قد سبب الصداع وتحتوي العصارة على العديد من الملوثات الكيماوية والبيولوجية والتي تنتج من تحلل وذوبان وتفاعل بعض المواد المتواجدة في النفايات الصلبة.

وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على تركيز الملوثات في العصارة:

1- عمر مكب النفايات.

2 - كمية المطر السنوي ودرجة الحرارة.

3 - مكونات النفايات الصلبة ونشاط البكتريا.

4 - درجة ضغط النفايات الصلبة في المكب.

وهناك مجموعة من الوسائل التي يمكن إتباعها للتقليل من تأثير العصارة على المياه الجوفية ومنها:

1- منع دخول مياه الأمطار إلى المكب وذلك بتغطيته بغطاء مناسب.

2- إنشاء نظام جمع وتصريف ومعالجة للعصارة في المكب.

3- عدم إلقاء النفايات الخطرة في مكبات النفايات المنزلية.

المكب العمومي بمدينة بنغازي:

يقع المكب بمنطقة قنفودة غرب مدينة بنغازي على بعد 12 كيلومتر من وسط المدينة عند تقاطع دائرة عرض 32^{o} درجة شمالاً، وخط طول 20^{o} درجة شرقاً، حيث يبلغ مساحة

المكب حوالي 32 هكتار، ويبعد عن شاطئ البحر 2 كيلومتر. شكل (2)

ويتم التخلص من النفايات بهذا المكب عن طريق تفريغ حمولة سيارات النفايات في المكب والتي يتم دفعها بواسطة بلدوزر ثم تقوم سيارات قلابة بتوريد كميات من التراب لغرض الردم والتسوية وهو ما يعرف بطريقة " الطمر".

شكل(2) موقع التخلص النهائي من النفايات الصلبة المنزلية بمنطقة قنفودة في مدينة بنغازي

المصدر: الرسم من اعداد الباحثة، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

ملحقات المكب:

يضم المكب ميزان الكتروني لوزن القمامة، ومكاتب إدارية، وغرفة حراسة، وورشة لتصليح الآليات، وخزانات لتعبئة المياه يتم تعبئتها بالسيارات لعدم وجود الماء في المكب، ومطبخ.

عيوب المكب:

تتلخص عيـوب المكب في أن عملية التخلص من النفايـات تتم بشكل عشـوائي لا

يراعي فيها البعد البيئي والمحافظة على البيئة وإتباع الأسلوب العلمي الأمثل في الردم الصحي، كما هو واضح صورة (1)

صورة (1) الطريقة العشوائية للتخلص من النفايات بالمكب العمومي.

المصدر: سامر سعد الفائدي، دراسة في مدينة بنغازي للتخلص من النفايات الصلبة، المكتب الاستشاري الهندسي للشعبية بنغازي، ص 207.

وبطبيعة الحال ونتيجة للطريقة العشوائية المتبعة في الردم بالاضافة إلى عدم توفر الامكانيات والصيانة اللازمة فان ذلك يؤدي إلى جملة من المخاطر البيئية والتي أهمها:

– ترك النفايات بدون ردم الامر الذي يؤدي إلى انتشار الروائح الكريهة واشتعال الحرائق وانبعاث الدخان في الهواء الجوي بالمناطق المحيطة بالمكب، كما هو واضح صورة (2).

هذا بالاضافة لجعل المكب مأوى للكلاب المهملة وأرض خصبة لتكاثر الحشرات والقوارض مما جعلها وسيلة لانتشار بعض الامراض والاوبئة.

– احتواء النفايات المنزلية على عصارة وهي مادة سامة جدا بها ملوثات مختلفة تتسبب في تلويث المياه الجوفية بالمنطقة او الشاطئ المجاور للمرمى نظرا لعدم وجود وسائل الحماية الازم اتباعها عند اقامة هذا المكب .

– نظرا لعدم ادارة النفايات بالشكل العلمي الجيد فانه لايتم فصل النفايات الصناعية الخطرة أو النفايات السامة والطبية الملوثة والأدوية المنتهية الصلاحية، والتي يتعامل معها بشكل عشوائي في أغلب الأحيان، حيث لا تتوفر أي معالجات خاصة لها. ولهذا فان المخاطر البيئية والصحية كبيرة وتأثيرها على البيئة وخاصة المياه الجوفية قد يصعب معالجتها.

– كما يعاني المكب من النقص الشديد للآليات والمعدات الأخرى اللازمة للعمل وما تعانيه من أعطال بشكل مستمر بالإضافة إلى نقص مادة التراب اللازمة لعملية التغطية اليومية.

– الطريقة العشوائية التي نفذ بها هذا المكب تسئ للمظهر الجمالي للمنطقة التي يقع بها.

صورة (2) اشتعال الحرائق بالمكب وانبعاث الدخان في الهواء الجوي.

المصدر: سامر سعد الفائدي، مصدر سبق ذكره، ص 208.

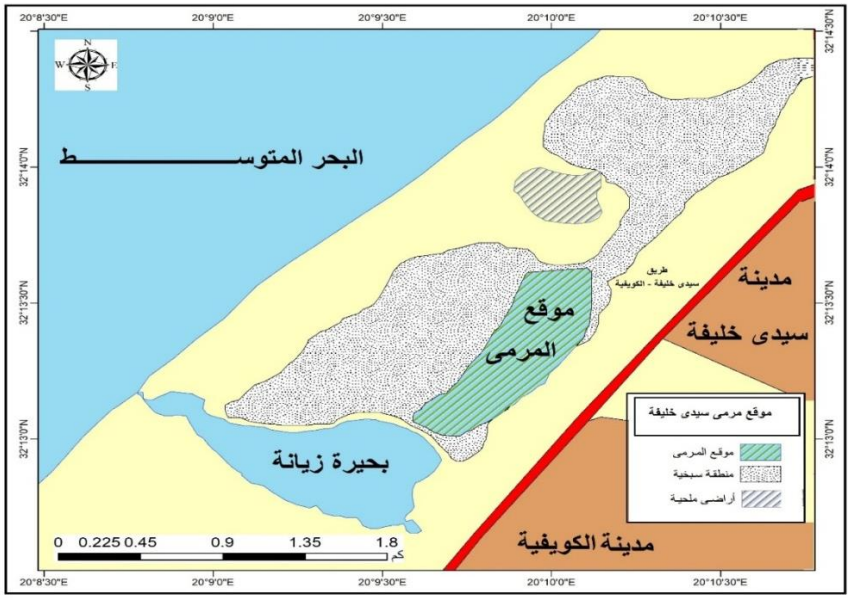
وبسبب وقوع المكب الرئيسي لمدينة بنغازي نتيجة الحرب في منطقة اشتباكات في السابق بمنطقة قنفودة (2015– 2016م)، فقد تم استغلال قطعة ارض سبخية غير مسيجة في منطقة سيدي خليفة كمكب مؤقت، حيث تقوم سيارات التجميع بنقل المخلفات مباشرة إلى المكب، والذي يفتقر إلى ابسط المعايير والاشتراطات البيئية بالاضافة إلى عدم وجود نقاط تجميع. صورة (3)

صورة (3) مكب سيدي خليفة.

المصدر: الدراسة الميدانية لعام 2016م.

تم العمل بمرمى سيدي خليفة تحت اشراف المجلس البلدي بنغازي، وتقوم الشركة العامة للخدمات والنظافة بعملية تجميع المخلفات بواسطة سيارات نقل 6 متر/ مكعب من داخل الشوارع والميادين وتفريغ الحمولة مباشرة إلى مرمى سيدي خليفة بدون وجود أي محطات للتجميع (محطة انتقالية)، مما يصعب على السيارة القيام بأكثر من نقلتين بإجمالي (12 متر/ مكعب)، وهي كمية صغيرة وكذلك استهلاك للسيارات. وقد تم توزيع 600 صندوق جمع المخلفات سعة 1.1 متر/ مكعب في بعض الشوارع الرئيسية، يتم تفريغها بواسطة ضواغط حمولة 16 متر/ مكعب، ويتم نقلها وتفريغها في مرمى سيدي خليفة. شكل (3).

شكل (3) موقع مكب سيدي خليفة.



المصدر: الرسم من اعداد الباحثة، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

عيوب مكب سيدي خليفة:

- يتم تكديس المخلفات بدون ردم (المكبات المفتوحة).
- يعتبر مكب غير ملائم نظراً لقربه من البحر والحي السكني ومحادي للطريق الساحلي وقريب من مستشفي الأمراض الصدرية ومؤسسة الاصلاح والتأهيل .
- إشعال النيران في المخلفات من قبل العمالة الوافدة للحصول على المعادن والنحاس.
- إضافة الى وجود العديد من الأنشطة الصناعية مما ساهم في تلوث البيئة وانتشار الروائح الكريهة والقوارض والذباب والبعوض وإلحاق الضرر بالمواطنين[4].

معايير تصميم مكبات جديدة[5]:

تعد عملية اختيار موقع لإنشاء مدفن صحي ومثالي ليست بالعملية السهلة، فإيجاد أفضل المواقع يتطلب وضع منطقة جغرافية كاملة في الاعتبار والمعايير واستبعاد المواقع غير المناسبة وفق أسس محددة، ثم إجراء مفاضلة بين المواقع المتبقية بناء على مميزات كل منها وتحديد المواقع الأكثر ملائمة

وتتطلب عملية استبعاد المواقع غير المناسبة المعرفة الكافية بالمنطقة والدراسة المكثفة لخرائط منطقة الدراسة والأنظمة واللوائح الخاصة باستخدامات الأرض، شكل (4)، حيث يجب استبعاد المناطق التي لا تتفق مع استخدامات الأراضي المحيطة، فكلما قلت الأهمية الاقتصادية للموقع زادت صلاحيته لتطوير مدفن النفايات، فالأرض البور والمناطق الملحية تعد مواقع ممتازة بينما المواقع كثيفة الزراعة والخضرة فتعد مواقع سيئة. كما ينبغي أن يحيط بالمدفن منطقة عازلة من الأرض غير مستخدمة في حدود 50 متر وبحد أدنى 15 متر تخصص للحواجز الشجرية الطبيعية أو المجملة[6].

والطريقة الصحيحة في العمل بمكب النفايات هي:

1- إعداد حفرة وتجهيزها بطبقة غير منفذة للماء (غالبا من نوع خاص من البلاستيك) أو الإسمنت لحماية المياه الجوفية من رشح عصارة النفايات الصلبة.

2- تجهيز القاعدة بشبكة لتصريف عصارة النفايات الصلبة وشبكة لجمع غاز الميثان الناتج عن تحلل المواد الصلبة العضوية.

3- توزيع النفايات على قاعدة الحفرة وترص بشكل خاص من المدخل.

4- بعد الانتهاء من عملية رص النفايات، تضغط عندما يصل ارتفاعها من 30-40 سم.

5- يتم وضع طبقة من نفايات الإنشاءات أو تربة بسمك نحو 30 سم فوقها.

6- على هذه الطبقة توضع طبقة ثانية من النفايات تعالج بنفس الطريقة وهكذا، ويمكن ملاحظة شكل (5) الذي يوضح مقطع في مكب نفايات نموذجي بكامل التفاصيل.

وفي حالة **إنشاء مكبات جديدة** يجب الالتزام بمعايير التصميم التالية:

1- يكـــون موقع المكب بعيداً عن التجمعات السكانـية والتجاريـة بمسافة لا تقل عن 200متر.

2- يجب أن تبطن أرضية وجوانب المكب بطبقات عازلة من مادة polyethylene، وهي طبقة مادة عازلة وغير منفذة للماء، أو أي مواد مشابهه لحماية المياه الجوفية.

3- وضع نظام لجمع وتصريف ومعالجة العصارة الناشئة من المكب الناتجة عن تحلل المواد العضوية.

4- إنشاء نظام لجمع الغازات المنبعثة من تحلل المواد العضوية.

5- يجب أن يكون في عكس اتجاه الرياح السائدة في المنطقة.

6- الموقع يكون منسجما مع استخدامات الأرض الحالية والمستقبلة في المنطقة.

7- ألا يقترب بأي موارد طبيعية هامة.

8- لا يتسبب في تلوث أي مصدر للمياه.

9- أن يكون الوصول للمكب سهلا في جميع فصول السنة.

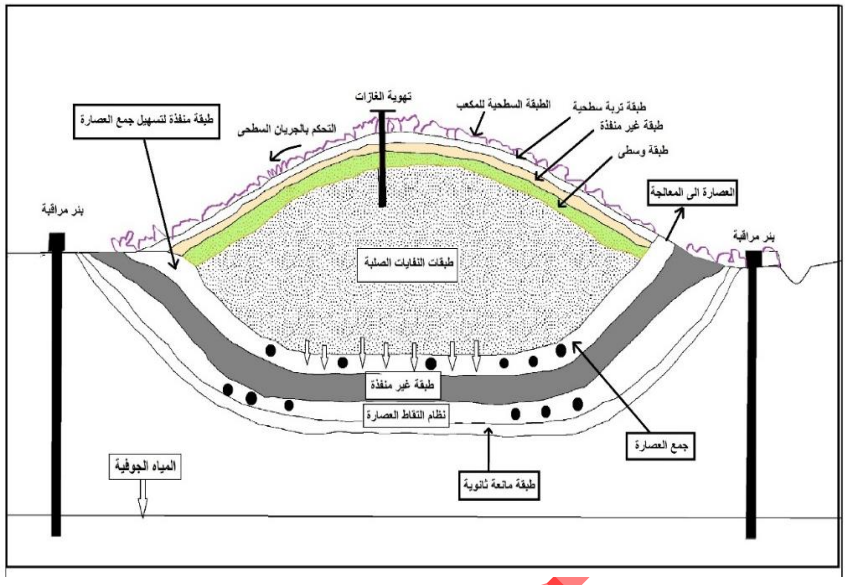
10- تتوفر به التربة الكافية لتغطية النفايات.

11- منع دخول مياه الأمطار إلى المكب وذلك بتغطيته بغطاء مناسب.

شكل (4) استخدامات الأراضي في مدينة بنغازي.

المصدر: الرسم من اعداد الباحثة، مشروع الجيل الثالث للمخططات 2000-2025م، (إقليم بنغازي التخطيطي، حاضرة بنغازي)، تقرير مخطط حاضرة بنغازي، مصدر سبق ذكره، ص 9، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

شكل (5) قطاع تخطيطي في مكب نفايات صحي.



المصدر: عاطف جابر، محمود أبو جزر، مكبات النفايات الصلبة في قطاع غزة، سلطة جودة البيئة، 2007م، ص 13.

12- وضع نظام لمكافحة الحريق في حالات الطوارئ.

13- التأكد أن المكب ينشأ على منطقة جغرافية خالية من العيوب وبعيدا عن المصادر المائية والمناطق الحساسة بيئيا.

14- وضع خطة لإغلاق المكب بعد انتهاء صلاحيته المفروضة وإعادة تأهيله.

ويجب أن يتضمن الموقع البنية التحتية للمنشآت والمعدات والمتمثلة في: بوابة حراسة، وسياج أو سور محيط بالمكب، وميزان لتوزين النفايات، ومكبس نفايات صلبة قدرة 20 – 40 طن، وورشة إصلاح المعدات والأدوات.

المناهج المتبعة والأساليب والأدوات المستخدمة:

1- المناهج:

أ- المنهج الوصفي: وذلك بوصف مواقع مكبات النفايات في المدينة ومدى ملاءمتها لإلقاء النفايات.

ب– المنهج التحليلي: وذلك بتحليل العلاقة بين مواقع النفايات ونوعية التربة والمياه والسكان وغيرها من العوامل وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

2– الأساليب:

الأسلوب الكارتوجرافي: تم اختيار المواقع الأنسب لمكبات النفايات في مدينة بنغازي، بناء على كلا من تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من خلال تحديد وإنتاج خريطة رقمية لأفضل مواقع الدفن الآمن باستخدام أدوات التحليل المكاني والإحصائي اعتمادا على قاعدة معلومات جغرافية رقمية، التي مكنت من بناء نموذج كارتوجرافي للملاءمة Cartographic Model for Suitability بهدف تحديد المواقع المثلى لمكبات النفايات، اعتمادا على مجموعة من المعايير التي صممت على أساس مقررات اتفاقية بازل[7] ومعايير البنك الدولي ووكالة حماية البيئة الأمريكية وتوجيهات الاتحاد الأوربي فيما يخص النفايات. وتبنى النماذج عن طريق مخطط تدفقي يتم تصميمه باستخدام نافذة الأدوات Model Builder ببرنامج Arc GIS 10.3 ، ثم تم إضافة الأدوات من برنامج Tool Box Arc ، وتنفيذ ذلك النموذج أوتوماتيكيا عن طريق تحديد الطبقات التي تحتاجها عملية التنفيذ ومسار إخراج النواتج، أو عن طريق تنفيذ خطواته تباعاً.

ويعرف النموذج الكارتوجرافي بأنه: "عبارة عن مجموعة من الخرائط على هيئة طبقات Layers تشترك فيما بينها في إطار كارتوجرافي واحد يعتمد على المرجعية المكانية المعروفة بالإحداثيات"،[8] ولذلك فعملية تحديد أفضل المواقع لمكبات النفايات تحتاج إلى عدد كبير من الطبقات، وهذه الطبقات تحتاج إلى العديد من العمليات التحليلية لاستخراج أفضل المواقع.

ويتكون النموذج من ثلاث عناصر أساسية وهي: العناصر Elements تمثل البيانات Data والأدوات Tools والروابط Connectors والتي تربط بين البيانات والأدوات، وتحدد مسار إجراء عملية المعالجة، وأخيرا الرمز النصي الذي يعرف مدخلات ومخرجات عمليات المعالجة. ويمكن أن يتكون النموذج من عملية معالجة واحدة، ويصبح في هذه الحالة نموذجاً بسيطا Simple Model أو يتكون من عدة نماذج (عمليات معالجة Geo-processing)، ليصبح في هذه الحالة نموذجاً مركباً، وترتكز المنهجية

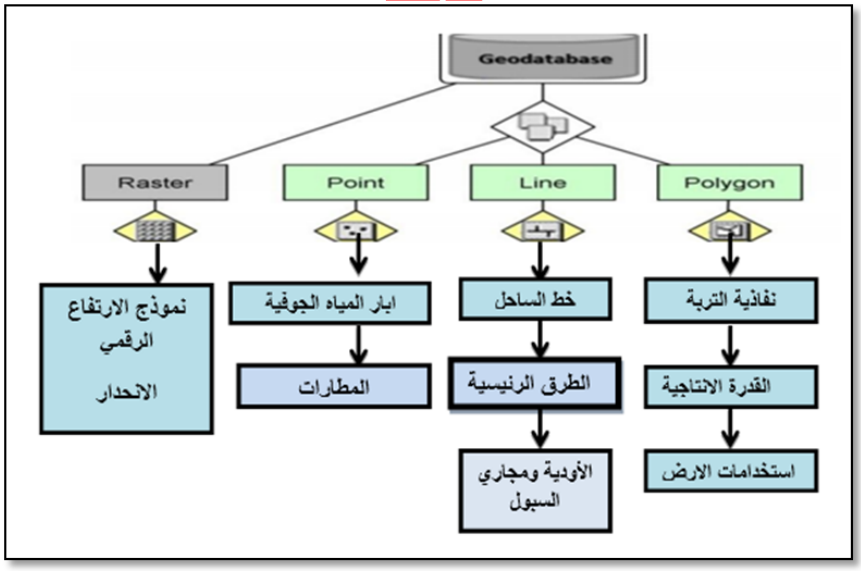
التطبيقية في هذا البحث على العديد من الخطوات وذلك على النحو الآتي:

1- إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية: Create Geo-Database

يعد إنشاء قاعدة البيانات من أكثر المراحل التي تتطلب دقة في العمل حيث أنها أساس عمل نظم المعلومات الجغرافية، كما توفر للمستخدم خدمات إدارة البيانات الجغرافية الموجودة بها من: تعديل – إضافة – حذف – حفظ – نسخ... إلخ. وتضم البيانات عن مختلف الظاهرات والخصائص الطبيعية والبشرية لمنطقة الدراسة في صورة بيانات مكانية Spatial Data ، والتي يقصد بها مجموعة الخرائط التي تم رسمها على هيئة البيانات الاتجاهية، Vector Data ومجموعة البيانات ذات الهيئة الصورية Raster Data .

واعتمدت الدراسة الحالية على عدد من الخرائط المتنوعة المواضيع والمصادر المأخوذة عنها، وقد تم بواسطتها بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية حديثة، وشملت الخرائط: خريطة رقمية لتصنيف التربة، وخريطة استعمالات الأرض، وخريطة الطرق السريعة، وخريطة الأودية بمدينة بنغازي. شكل (6).

شكل (6) الطبقات المكونة لقاعدة البيانات الجغرافية الخاصة بالنموذج.



2– تحديد وصياغة المعايير:

تتمثل في اختيار أربعة عشر معياراً من أصل ثمانية وعشرين معياراً، بما يتناسب ومنطقة الدراسة، وما توفر للباحثة من الخرائط والمعلومات وفقا لمعايير 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(9)، 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:

أ– المعايير البيئية:

وتتضمن مجموعة من المعايير التي يوضحها جدول (1) أهم المعايير التي تم الأخذ بها لتحديد أفضل المواقع لدفن النفايات الصلبة، وقد تم اختيار هذه المعايير من جملة قائمة معايير اتفاقية بازل بما يتناسب مع طبيعة منطقة الدراسة على النحو التالي:

المياه الجوفية:

أن المياه أحد أهم عناصر البيئة والمتأثر الأول بالتلوث ونشاط الإنسان بمختلف أشكاله، حيث 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 (200متر) على أنها أعلى مسافة مثلى لحماية مكامن المياه وكإجراء وقائي، وقد اقترحت اتفاقية بازل إجراء وقائيا يتمثل في مسافة (25كيلومتر) ليكون حدا مثاليا بين محيط مكب النفايات وأقرب بئر ماء جوفي مستخدم لأغراض الإمداد بالشرب أو الري أو استعمال للماشية العامة أو الخاصة، كما يوصى باستبعاد أي أرض تقع في حدود (500متر) من خط المجرى المائي من كلا الجانبين أو أي موقع لتجمع مياه الأمطار.

ب– المعايير الجيولوجية والجيوموفولوجية:

تمنع التربة الجيدة انبعاث الروائح من المدفن وتقلل من تعرية النفايات المدفونة وبعثرتها بفعل الرياح. إن المواقع المناسبة لإنشاء مكب 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. أم بالنسبة للانحدار فيجب أن تنحدر منطقة مكعب النفايات انحدارا طفيفا 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 25% ويعد الميل أقل من 5 % مناسبا لإنشاء منشأة مستدامة لموقع دفن النفايات الصحي والآمن.

ج – المعايير المناخية:

إن حماية المناطق المأهولة بالسكان من أي آثار غير مرغوبة لمكب النفايات هي الغاية التي ينشدها المخططون والقائمون بمهام اختيار مواقع المدافن والمرادم وتصميمها؛ فقد أثبتت الأبحاث العلمية أن موقع ردم النفايات يتصاعد منه غالبا 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، مشكلا بذلك معياراً عالميا ومطلباً جماهيريا تجب مراعاته والأخذ به للقبول بإقامة منشأة مستدامة لمدفن النفايات. بالإضافة إلى درجات الحرارة وتساقط الامطار.

د – المعايير الاجتماعية والاقتصادية:

يتطلب تحديد أفضل المواقع النظر في خصائص منطقة جغرافية كاملة، واستبعاد المواقع غير المناسبة وفق أسس محددة، ثم إجراء مفاضلة بين المواقع المتبقية بناء على مميزات كل منها وتحديد المواقع الأكثر ملاءمة، وتتطلب عملية استبعاد المواقع غير المناسبة المعرفة الكافية باستخدامات الأرض، إذ يتم استبعاد المناطق التي لا تتفق مع استخدامات الأراضي المحيطة،

فكلما قلت الأهمية الاقتصادية للموقع زادت صلاحيته لتطوير مدفن النفايات كما 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، حفاظا على صحة السكان والمكونات البيئية والمرافق الحيوية التي من شأنها خدمة المنطقة.

وتتطلب عملية استبعاد المواقع غير المناسبة المعرفة الكافية بالمنطقة والدراسة المكثفة لخرائط منطقة الدراسة والأنظمة واللوائح الخاصة باستخدامات الأرض، حيث يجب استبعاد المناطق التي لا تتفق مع استخدامات الأراضي المحيطة، فكلما قلت الأهمية الاقتصادية للموقع زادت صلاحيته لتطوير مدفن النفايات، فالأرض البور والمناطق الملحية تعد مواقع ممتازة بينما المواقع كثيفة الزراعة والخضرة فتعد مواقع سيئة. كما ينبغي أن يحيط بالمدفن منطقة عازلة من الأرض غير مستخدمة في حدود 50 متر وبحد أدنى 15 متر تخصص للحواجز الشجرية الطبيعية أو المجملة[10].

3– معالجة المعايير:

يعتمد أسلوب النمذجة الكارتوجرافية على بعض وظائف وأدوات التحليل المكاني Spatial Analysis في برنامج Arc-GIS 10.3، وتشمل عمليات المعالجة في تلك الخطوة ما يلي:

أ– تحديد/ قياس الاتجاه الاقليدسي Euclidean Direction:

هي أداة تم استخدامها لتحديد اتجاهات الرياح على المناطق المأهولة في مدينة بنغازي تمهيدا لاختيار المناطق التي تقع في متصرفها، التي تكون أكثر ملاءمة لدفن النفايات.

ب– تحديد/قياس المسافة المعيارية Euclidean Distance أو نطاقات البعد المتساوي:

هي أداة تحديد المسافات من خلال حساب المسافة انطلاقا من مركز كل خلية إلى مراكز الخلايا المجاورة لها .قد قامت تلك الأداة بعمل نطاقات حول معايير النموذج، أُعطي كل نطاق قيمة رقمية تعبر عن مدى ملائمة النطاق لدفن النفايات، وذلك بالنسبة لمعايير البعـد الإيجابي مثل البعـد عن المناطـق السكنية، كالبعد عن المطارات – ابار المياه الجوفية –

الطرق الرئيسة– المناطق السكنية. شكل (7) و (8).

ج – تحويل البيانات من الهيئة الاتجاهية إلى الهيئة الصورية Pasteurization.

اعتمد بناء النموذج على تحويل بيانات الطبقات من هيئة البيانات الاتجاهية لهيئة البيانات الصورية من خلال الأداة Raster Analysis حيث يتم تمثيل الظاهرات في صورة خلايا Pixels، كل خلية تسجل قيمة تعبر عن ظاهرة معينة.

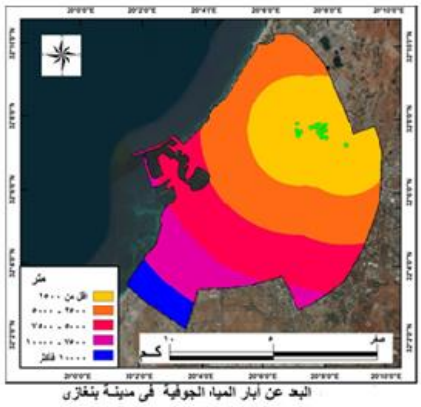
جدول (1) المعايير التي تمثل مدخلات النموذج الكارتوجرافي المقترح ووزنها النسبي

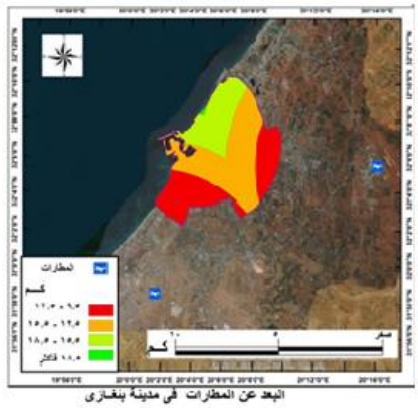
المعيار	المعيار الفرعي	المقياس	الوزن النسبي%
المعايير الاجتماعية والاقتصادية	المسافة بين المدفن والمطارات	يتم استبعاد أي موقع يبعد أقل من 9.5 كم من حدود مطار عام من عملية موقع المنشأة	3
	المسافة بين المدفن والطرق السريعة الأساسية	مسافة لا تقل عن 500 متر	3
	التنظيم العقاري المحلي واستخدام الأرض (إنتاجية الأرض)	الأراضي البور والمناطق الملحية تعد ممتازة لموقع الدفن بينما مواقع كثيفة الزراعة والخضرة تعتبر مواقع سيئة	3
	البعد عن المناطق السكنية	يبعد عن المشاريع السكنية القائمة أو قيد التخطيط في حدود 500 متر من موقع التخلص من النفايات	21
	البعد عن مصدر توليد النفايات	أقل من 3 كم تعد مثالية و50 كم كحد أقصى	2
الاعتبارات البيئية	الآبار المنتجة	أن تكون المسافة بين مدفن النفايات وأقرب بئر مياه 25كم	7
	المسافة الفاصلة عن الأودية ومجاري السيول	مسافة لا تقل عن 500 متر	11
	عمق المياه الجوفية	أكثر من 200 متر	16
الجيولوجية والجيومورفولوجية	النسبة المئوية للانحدار	5 % يعد انحدار مثالي	5
	التربة	أن تكون التربة ذات نفاذية منخفضة	18
المعايير المناخية	الرياح السائدة	تفضل المناطق التي يمكن فيها حجب المكبات عن الرؤيا بالنسبة للمناطق المأهولة	2
	كمية الأمطار الساقطة	تفضل المناطق الأقل مط رًا؛ للتقليل من عصارة المكبات إلى أقصى حد.	2
	درجة الحرارة	تفضل المناطق الأعلى حرارة مما يترتب عليه زيادة معدلات التبخر للعصارة السوداء	2
	المسافة عن خط ساحل البحر المتوسط	الابتعاد قدر الإمكان عن التجمعات السكانية، واتجاه الرياح، والأمطار الأكثر غزارة	5

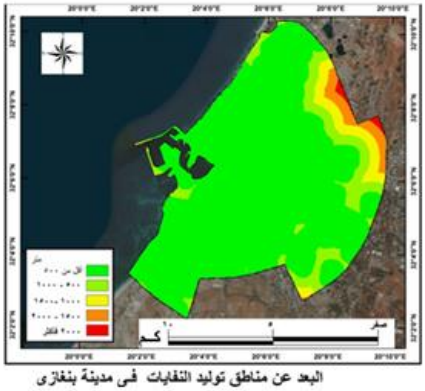
المصدر: اعداد البحثة بناء على معايير المركز الإقليمي واتفاقية بازل لتحديد انسب مواقع دفن النفايات.

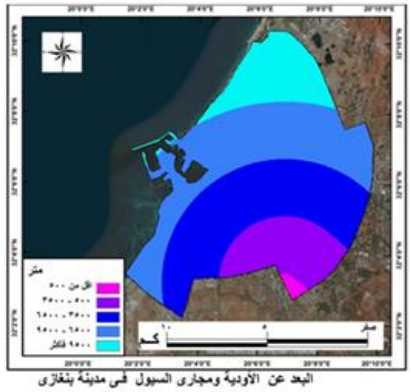
شكل (7) تطبيق أهم المعايير على مدينة بنغازي.

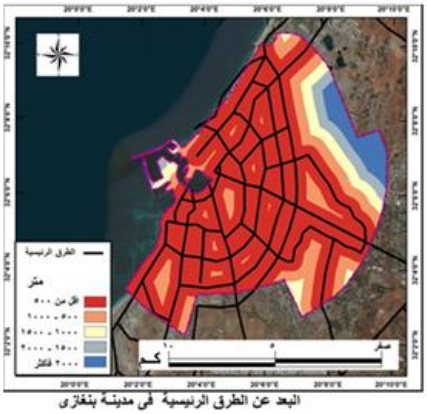
(البعد: عن الطرق الرئيسة – عن المطارات – عن آبار المياه الجوفية – عن المناطق السكنية – عن الأودية – عن مناطق توليد النفايات)

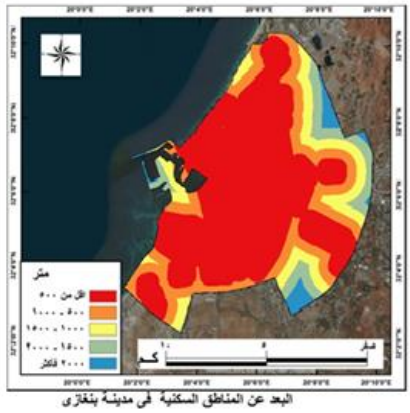

البعد عن آبار المياه الجوفية في مدينة بنغازي


البعد عن المطارات في مدينة بنغازي


البعد عن مناطق توليد النفايات في مدينة بنغازي

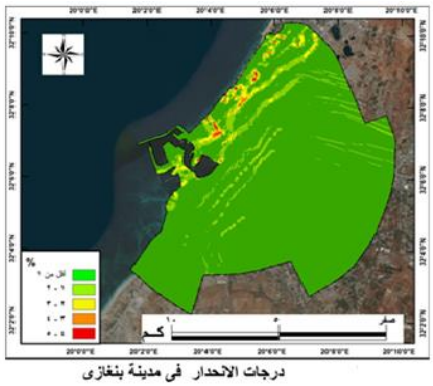

البعد عن الأودية ومجاري السيول في مدينة بنغازي


البعد عن الطرق الرئيسية في مدينة بنغازي

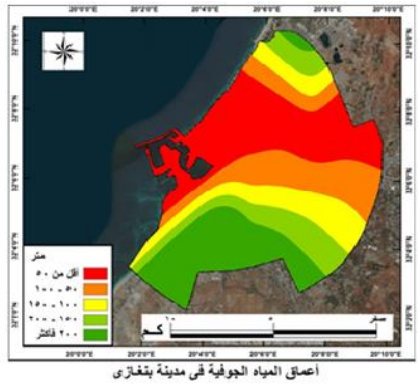

البعد عن المناطق السكنية في مدينة بنغازي

شكل (8) تطبيق أهم المعايير على مدينة بنغازي.

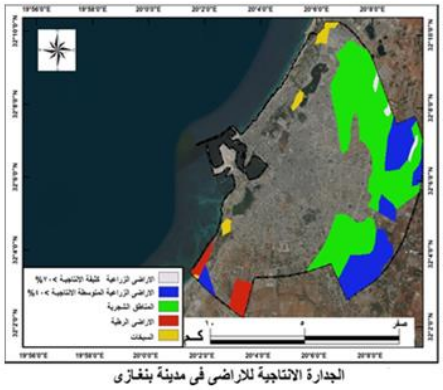
(هبوب الرياح – أعماق المياه الجوفية – درجات الانحدار – تساقط الأمطار – درجات الحرارة – إنتاجية الأرض)



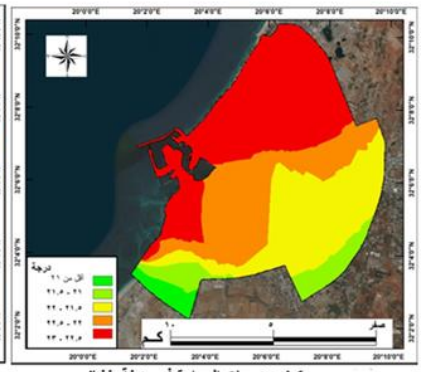
درجات الانحدار في مدينة بنغازي



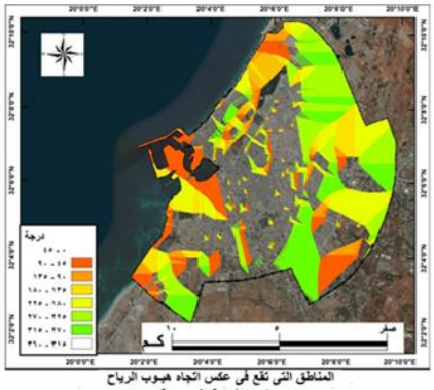
اعماق المياه الجوفية في مدينة بنغازي



الجدارة الانتاجية للاراضي في مدينة بنغازي



توزيع درجات الحرارة في مدينة بنغازي



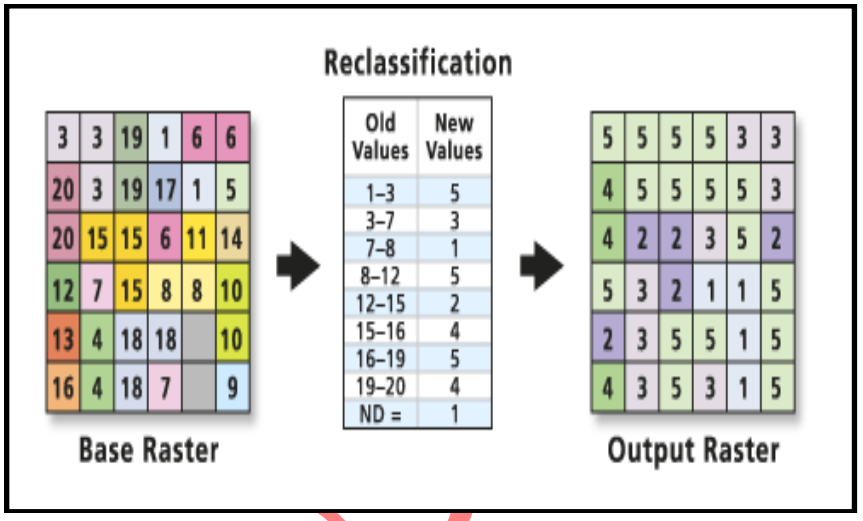
المناطق التي تقع في عكس اتجاه هبوب الرياح على المناطق المأهولة في مدينة بنغازي

توزيع تساقط الامطار في مدينة بنغازي

د – عملية إعادة التصنيف: Reclassification

تفيد تلك الخطوة في تحديد النطاقات المكانية لعمل النموذج، وتحديدها بفئات من (1-5) لتوحيد المقياس Standardization حيث يتم إعادة تصنيف المعايير لذلك المقياس، وإعطاء الخلايا الأكثر ملائمة القيمة 5 والأقل ملائمة القيمة 1 أو العكس، مراعاةً للبعد الإيجابي أو السلبي. شكل (9).

شكل (9) كيفية تصنيف البيانات الصورية المستخدمة في النموذج.

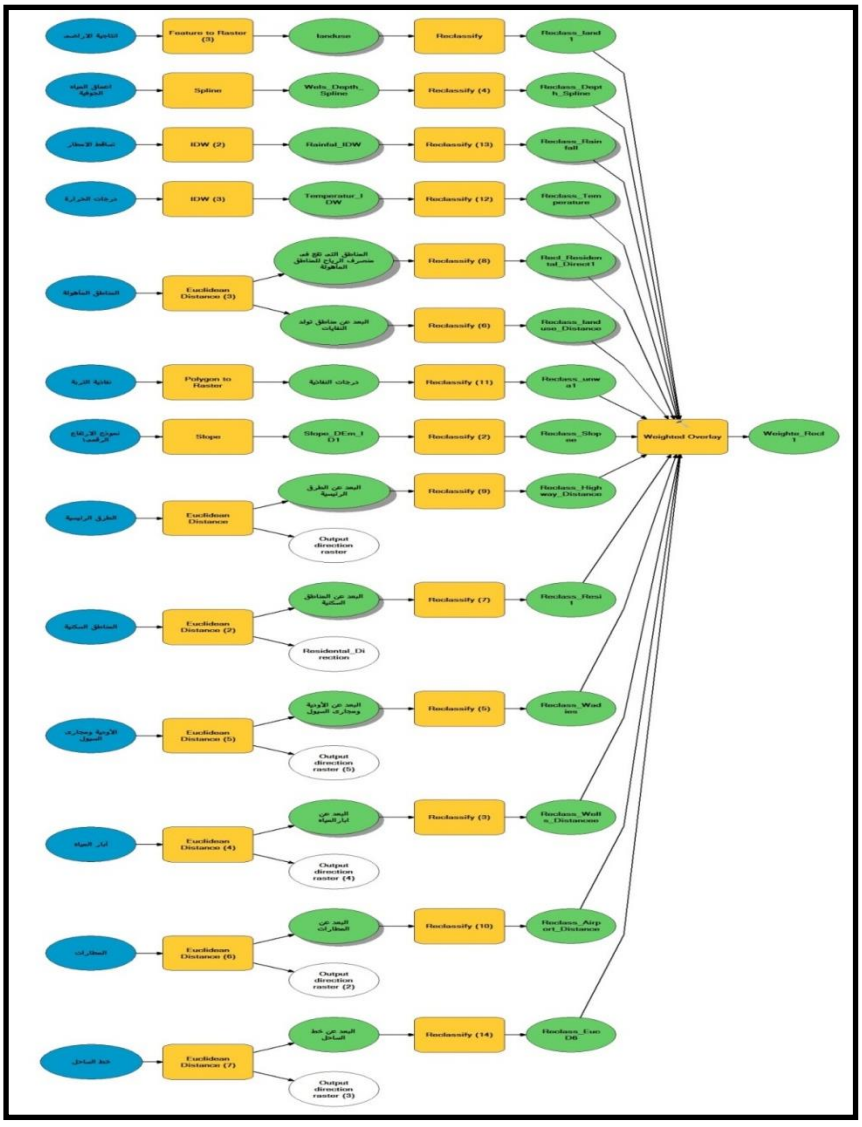


4- بناء النموذج الهيكلي للنموذج الكارتوجرافي: Model Builder

بعد تحديد المعايير وأصنافها ودرجة أهميتها وأوزانها، تم بناء النموذج الكارتوجرافي في بيئة Arc GIS من خلال النموذج الهيكلي Model Builder، والذي يعتمد على أساس تبسيط المشاكل المعقدة والتداخل في البيانات وعلاقاتها المكانية والوصفية، لذلك يتم صياغة هذا النموذج من خلال التخطيط البياني لمراحل العمل Flowchart، وهذا التخطيط يعتمد في مجلة على مراحل ووظائف التحليل المكاني، مع إضافة أساليب أخرى وتبسيط المشكلة الى مشاكل فرعية، كما انه يوضح عملية التحليل بالتفصيل[11]. شكل (10).

شكل (10) النموذج الهيكلي Model Builder

لاختيار أنسب المواقع لإنشاء مدفن للنفايات في مدينة بنغازي.



المصدر: من اعداد الباحثة في برنامج ArcGIS Desktop 10.3.

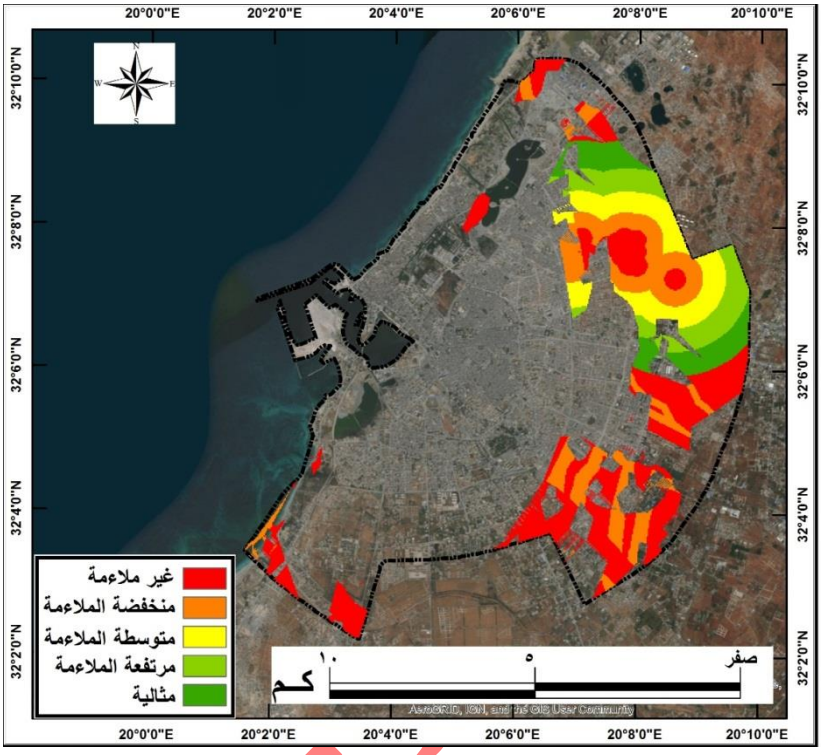
5– وزن المعايير:

تتمتع تقنية نظم المعلومات الجغرافية من خلال دورها في تحديد أنسب المواقع بنظرة شمولية واسعة، والقدرة على الربط بين جميع العوامل والمتغيرات (المعايير) المؤثرة في تحديد هذه المواقع التي تتنوع في طبيعتها .حيث زودت برامج نظم المعلومات الجغرافية بمرونة للمفاضلة بين تلك المعايير، وإعطاء أحدها وزناً ونسبة أكبر من باقي المعايير تبعاً لأهميتها، ومن هذا المنطلق لجأ النموذج لعملية التطابق الموزون Weighted Overlay.وهناك العديد من المناهج المختلفة والمتبعة لتخصيص أوزان لتلك المعايير وفق أهميتها، منها على سبيل المثال أسلوب الترتيب Ranking Method وهو أبسط طرق وأساليب الترجيح، وأكثرها اتباعاً لتقييم أهمية الأوزان، بالرغم من افتقاده للأساس النظري، حيث يعتمد على رؤية الباحثين، وصانعي القرار في تحديد أفضلية معيار على آخر وهو الأسلوب الذي تم اتباعه لوزن معايير النموذج المستخدم في الدراسة.

6– تطبيق النموذج، وعرض النتائج:

عبارة عن إجراء يتم فيه جمع الطبقات التي تم إعدادها في الخطوة السابقة بعد تحديد مدى أهميتها، ومن ثم وزنها .ويتم إجراء عملية التطابق الموزون بين جميع المعايير الخاضعة لعملية التقييم في الدراسة لتنتج طبقة جديدة تحدد الموقع الأنسب في صورة خريطة توضح مدى ملائمة صلاحية الأراضي Suitability Map لدفن النفايات في سيناريوهات مختلفة. شكل (11).

شكل (11) درجات الملائمة المقترحة في تحديد أنسب المواقع لدفن النفايات في مدينة بنغازي

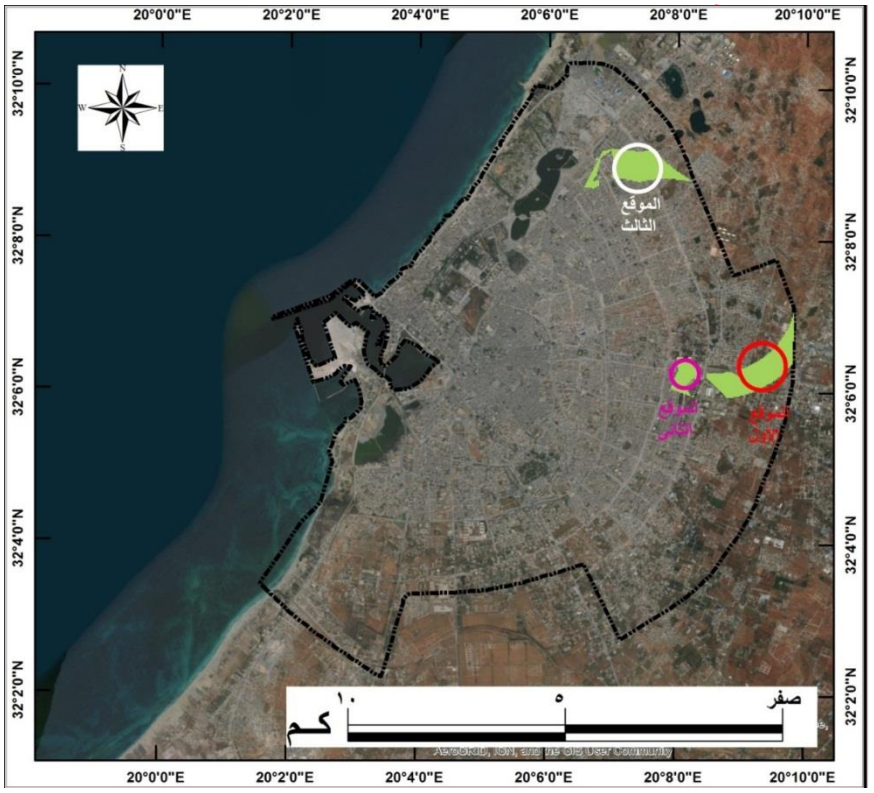


ولقد خلص النموذج بعد اجراء عمليات التحليل والنمذجة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية إلى استنباط خريطة المواقع الملائمة لإقامة مكبات النفايات في بنغازي، حيث يمثل الرقم (1) أفضل المناطق ملائمة "المثالية"، بينما يمثل الرقم (3) المناطق غير الملائمة، وتتراوح درجات الملائمة فيما بينهما، ويتضح أن المواقع المثالية المقترحة لإقامة مدافن للنفايات في مدينة بنغازي تتركز في ثلاث مواقع رئيسة، تقع في شمال وشرق المدينة، أولهما تصل مساحته الى نحو 1.38 مليون متر مربع ويعد هذا الموقع هو الأكثر تحقيقا لمعايير النموذج بنسبة تصل الى نحو 94.9%، يليه الموقع الثاني الذى حقق نسبة توافق تصل الى نحو 93.3 % وتبلغ مساحته نحو 363 ألف متر مربع، ثم أخيرا الموقع الثالث بنسبة توافق 89.9% وبمساحة تقدر بنحو 1.16مليون متر مربع. جدول (2) شكل (12).

جدول (2) المواقع المثلى لإقامة مدافن للنفايات في مدينة بنغازي بعد تطبيق النموذج المقترح

م	الموقع	المساحة (م^2)	نسبة التوافق %
1	الموقع الأول	1385485.1	94.9
2	الموقع الثاني	363200.1	93.3
3	الموقع الثالث	1165550.5	89.9

شكل (12) أنسب المواقع المقترحة لدفن النفايات في مدينة بنغازي.



التوصيات:

1- استرجاع المفروزات القيمة (إعادة الاستخدام – التدوير).

2- انشاء مكب صحي وفق الاسس والاشتراطات البيئية.

3- قفل آمن لمكب سيدي خليفة لما يسببه من أضرار صحية وبيئية.

4- تأهيل المكب العمومي بمنطقة قنفودة وفق الشروط المفروضة لتأمين المكب.

5- متابعة وتحديث وإعادة تأهيل نظام إدارة البيئة في جميع القطاعات.

6- إنشاء عدد من مصانع السماد وفق تقنية تتلاءم والبيئة المحلية.

7- التشجيع على إنشاء مجتمع قائم على التدوير.

8- تطبيق مبدأ استرجاع الطاقة والإنتاج النظيف.

9- رفع مستوى الوعي البيئي في التعامل مع المخلفات الصلبة.

مسحوب

الهوامش والتعليقات:

1- ريم خالد الآغا، تقييم إدارة النفايات الصلبة في محافظة خان يونس، دراسة في جغرافية البيئة، رسالة ماجستير (غير منشورة)، غزة: الجامعة الإسلامية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، 2013م، ص 103.

2- أكرم حسين الحلاق، النمو الحضري وأثرة على استهلاك المياه بمدينة بنغازي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قار يونس، بنغازي، 1992م، ص 28 .

3- ريم خالد الآغا، مرجع سبق ذكره، ص 98.

4- الهيئة العامة للبيئة، تقرير عن الوضع البيئي الراهن لمدينة بنغازي، أهم المشاكل البيئية التي تواجه مدينة بنغازي، (التشخيص والحلول)، 2017م، ص 3 .

5- ريم خالد الآغا، مرجع سبق ذكره، 103 .

6- عهود بنت عائض بن راجح الرحيلي، استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب مواقع دفن النفايات بالمدينة المنورة، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة أم القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا، 2010م، ص ص 59 – 62 .

7- اتفاقية بازل هي معاهدة دولية تم تصميمها للحد من تحركات النفايات الخطرة بين الدول، ولتقليل سمية النفايات المتولدة لضمان الإدارة السليمة بيئيا .

8- محمد الخزامي عزيز، النمذجة الكارتوجرافية الآلية لتطوير النمو العمراني في الكويت، سلسلة الرسائل جغرافية 257، الكويت، جامعة الكويت، قسم الجغرافيا، 2001م، ص 79.

9- أحمد غضيبة، ضرغام شتيه، اختيار أفضل المواقع لمكبات النفايات في الضفة الغربية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، الجامعة الأردنية، قسم الجغرافيا، ص7

10- عهود بنت عائض بن راجح الرحيلي، مرجع سبق ذكره، ص ص 59 ، 62 .

11- أحمد غضيبة، ضرغام شتيه، مرجع سبق ذكره، ص 17 .

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر والمراجع باللغة العربية:

1- أحمد حسن شكري، **مواقع مكبات النفايات الصلبة في قطاع غزة، دراسة في الجغرافية البيئية**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، الجامعة الإسلامية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، غزة، 2016م.

2- أحمد غضيبة، ضرغام شتيه، **اختيار أفضل المواقع لمكبات النفايات في الضفة الغربية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية**، الجامعة الأردنية، قسم الجغرافيا.

3- أكرم حسين الحلاق، **النمو الحضري وأثرة على استهلاك المياه بمدينة بنغازي**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي، 1992م.

4- الهيئة العامة للبيئة، **تقرير عن الوضع البيئي الراهن لمدينة بنغازي، أهم المشاكل البيئية التي تواجه مدينة بنغازي (التشخيص والحلول)**، 2017م.

5- ريم خالد الآغا، **تقييم إدارة النفايات الصلبة في محافظة خان يونس، دراسة في جغرافية البيئة**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، الجامعة الإسلامية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، غزة، 2013م.

6- سامر سعد الفائدي، **دراسة في مدينة بنغازي للتخلص من النفايات الصلبة**، المكتب الاستشاري الهندسي للشعبية بنغازي، (د ، ت).

7- عبد الله شرف الغامدي، بدرية الفرهود، **أداة ويب معتمدة على عملية التحليل الهرمي للحصول على معجم عربي موحد لتقنية المعلومات**، الندوة الأولى عن الحاسب واللغة العربية، بتاريخ 2-1428/11/10هـ، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية وجمعية الحاسبات السعودية، الرياض، 2007م.

8- عهود عائض بن راجح الرحيلي، **استخدام نظم المعلومات الجغرافية لاختيار أفضل مواقع الدفن الآمن للنفايات الخطرة في المدينة المنورة**، جامعة الملك قابوس، مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية، 2017م.

9- عاطف جابر، محمود أبو جزر، **مكبات النفايات الصلبة في قطاع غزة**، سلطة جودة البيئة، 2007م.

10- عهود بنت عائض بن راجح الرحيلي، **استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب مواقع دفن النفايات بالمدينة المنورة**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة أم القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا، 2010م.

11- محمد الخزامي عزيز، **النمذجة الكارتوجرافية الآلية لتطوير النمو العمراني في الكويت**، سلسلة الرسائل جغرافية 257، الكويت، جامعة الكويت، قسم الجغرافيا، 2001م.

12- مشروع الجيل الثالث للمخططات 2000- 2025م، **اقليم بنغازي التخطيطي ــ حاضرة بنغازي**، تقرير مخطط حاضرة بنغازي، العمارة هيئة الاستشارية الهندسية.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1. Floyd Zimmerman, 1122, Site Analysis. American Institute of Architects.
2. Gutmam, D & H.lee, A, 1955, Utlizing aGeographic informaton system in Gonjuncton with the Analytcal Hierarchy process to perform a water Reclamation plant site suitability Analysis, esri.

3- Kontos, D, & Komilis, D & Halvadakis, C, 2005, Sitting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis ethodology. www.aseanenvionment.info,/Abstract, /41011952pdf.