تقييم أهمية المعايير المحدِدة لاتخاذ قرار تحديد موقع لمكب النفايات البلدية الصلبة: حالة دراسية في ليبيا

مصطفى الهادي كريديش
الأكاديمية الليبية- مصراتة، قسم هندسة وعلوم البيئة، ليبيا

إبراهيم أحمد بادي
الأكاديمية الليبية- مصراتة، قسم الهندسة الميكانيكية والطاقات، ليبيا

الملخص— ***لازالت إدارة النفايات البلدية الصلبة في ليبيا تتم بشكل بدائي، سواء من حيث عمليات تجميع هذه النفايات أو في طرق التخلص منها. فعملية التجميع تتم في الغالب بشكل غير منتظم وباستخدام سيارات متهالكة، مع غياب آلية واضحة للتجميع، كما أن صناديق القمامة لاتتوفر إلا بشكل محدود جدا. أما على صعيد معالجة هذه النفايات فإنه يتم التخلص منها في مكبات نهائية غالبا يحرص أن تكون بعيدة بشكل كبير عن مراكز التجمعات السكانية. تهدف هذه الورقة لتحديد ووزن المعايير المساعدة في اتخاذ قرار تحديد الموقع المناسب لمكب النفايات البلدية الصلبة لمدينة مصراتة، وذلك من خلال الرجوع إلى الدراسات السابقة إضافة إلى التواصل مع اللجنة المشكلة لهذا الغرض بالمجلس البلدي للمدينة لغرض إنشاء مكب التخلص النهائي من النفايات. تمت مراجعة وتقييم هذه المعايير من قبل مجموعة خبراء قامت بتقييم ومنح أوزان لها، وذلك لغرض مقارنة كل معيار بغيره من المعايير باستخدام طريقة التناسق التام (Full Consistency Method (FUCOM. استخدمت في هذه الدراسة 7 معايير تشمل جوانب بيئية واقتصادية واجتماعية، والتي تعتبر ضرورية ومرافقة في اختيار موقع مناسب للمكب. وقد أظهرت النتائج أن معيار المياه السطحية هو الأهم عند اتخاذ هذا القرار، يليه معيار اتجاه الرياح، أما معيار سهولة الوصول إلى الموقع فقد كان هو المعيار الأقل أهمية.***

الكلمات الدالة— **اختيار المواقع، القرارات متعددة المعايير، النفايات الصلبة، نمذجة.**

1. المقدمة

تعتبر إدارة النفايات البلدية الصلبة من أهم التحديات التي تواجه المدن والمجالس البلدية خاصة في البلدان النامية، حيث أنها تتأثر بشكل كبير بثقافة الدول وظروفها الإقتصادية والإجتماعية، إضافة إلى أنها تشكل مشاكل بيئية وتقنية كبيرة. إن نجاح أي دولة في إدارة نفاياتها يعد مؤشراً جيداً على قدرة الجهات الحكومية المعنية وسكان هذه الدولة في العمل معاً من أجل الوصول إلى بيئة نظيفة. إن اتباع المنهجيات السليمة الخاصة بإدارة النفايات البلدية الصلبة التي تتم باستخدام طرق معالجة متطورة ومناسبة يخفف من تلوث البيئة وانبعاث الغازات الدفيئة. ويمتاز الاعتماد على طرق المعالجة الصحيحة بفوائد كثيرة منها تخفيف استعمال الموارد الطبيعية عبر إعادة استعمال وتدوير بعض النفايات كالورق والكرتون والبلاستيك والزجاج والمعادن وغيرها، إضافة إلى تقليص الحاجة إلى مساحات أوسع للمكبات أو لأماكن التجميع، وكذلك القضاء على تكاثر الحشرات والميكروبات المؤذية التي تتواجد وتتكاثر مع النفايات، كما أن لها دور كبير أيضا في تخفيض معدلات التلوث البيئي وانتشار الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان؛ الأمر الذي بدوره يعمل على تخفيض تلوث الهواء والروائح الكريهة حول المكبات وأماكن التجميع وكذلك التخفيف من حدة تغير المناخ [1].

تعد حالة التحضر والهجرة من الريف إلى المدن الكبرى في الدول الأفريقية إحدى الظواهر التي تشهدها القارة في السنوات الأخيرة، والتي تملك أعلى نسبة نمو في المناطق الحضرية في العالم حيث يقدر هذا النمو بنحو 3.5 % سنوياً، كما أنها تشهد أيضاً نهضة صناعية وحضرية كبيرة وتحسناً في مستوى المعيشة في العقد الأخير. ساهمت كل هذه التطورات الاجتماعية والاقتصادية بشكل كبير في حدوث تحديات بيئية كبيرة ناتجة عن توليد كميات كبيرة من النفايات البلدية الصلبة [2]. وتختلف كمية النفايات المتولدة في أفريقيا من مكان إلى آخر لأسباب عديدة، منها الاختلاف في مستوى الدخل، والحالة الصحية، والظروف المناخية، والأنشطة الصناعية والتجارية، وكذلك عادات وتقاليد بعض المناطق خاصة في شمال أفريقيا [3]. وقد أظهرت العديد من الدراسات نتائج لنسب وأحجام النفايات المتولدة في أفريقيا، فعلى سبيل المثال ينتج الكينيون أقل كمية من النفايات الصلبة حيث يبلغ متوسط إنتاج الفرد حوالي 109.5 كجم سنوياً، ويقدر الإنتاج الإثيوبي بحوالي 109.8 كجم سنوياً، والإنتاج النيجالي 115.7 كجم سنوياً. وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذه المعدلات هي السائدة في الدول الأفريقية ذات الدخل المحدود وخاصة في المناطق النائية، بينما تزداد هذه المعدلات في الدول الأفضل دخلاً مثل دول الشمال الافريقي [2]. يمكن وصف إدارة النفايات البلدية الصلبة الحاليةً في أغلب دول أفريقيا خاصة في البلدان ذات الدخل المتدني بالتقليدية أو القديمة، نظراً لأنها تفتقر لتطبيق عمليات المعالجة المتطورة والمستخدمة في بلدان العالم المتقدمة، كما أنها تتبع ممارسات وأساليب خاطئة للتخلص من النفايات البلدية الصلبة، حيث أن عمليات التخلص تتم في مواقع لا تراعى فيها معايير الاختيار السليم لمواقع التخلص، إضافة إلى أن عمليات تشغيل هذه المواقع بدائية وسيئة للغاية [4].

وبالنظر إلى ليبيا، فإن النفايات البلدية الصلبة تعتبر من أهم أسباب التلوث البيئي في هذا البلد الذي لم يواكب التطور الكبير الحاصل في هذا الجانب، ويحتاج للكثير من الجهد لغرض تحقيق متطلبات نجاح عملية إدارة النفايات البلدية الصلبة. لقد أصبحت هذه المشكلة في كثير من الأحيان تشكل مصدر قلق وازعاج للمواطنين، كما تشكل عائقاً ينهك كاهل المجالس البلدية بالمدن الليبية. إن ليبيا التي تتميز باتساع مساحتها الجغرافية وانخفاض كثافتها السكانية مع دخل متوسط نسبيا لازالت تعالج ملف إدارة النفايات بشكل بدائي كما أغلب الدول الأفريقية، فبناءً على التقرير الذي أعده برنامج الأمم المتحدة للبيئة الذي ينص على أن الفرد العربي ينتج ما بين 0.5 – 1.75 كيلو جرام من النفايات في اليوم الواحد، فإن ليبيا تعتبر ذات إنتاج متوسط من النفايات البلدية الصلبة بمعدل 1.25 كيلو جرام لكل فرد يوميا [5]، ويقدر الإنتاج السنوي من النفايات البلدية الصلبة بحوالي 3.2 مليون طن سنوياً [6]. ولعل أحد أهم المشاكل التي يعاني منها ملف إدارة النفايات البلدية في الوقت الحالي هو اختيار المواقع النهائية المناسبة لمكبات النفايات البلدية الصلبة بحيث يراعي فيها كافة الشروط والمعايير البيئية والإقتصادية والجمالية والإجتماعية.

يعد الرمي العشوائي للقمامة ومقالب النفايات المفتوحة من أكبر المخاطر البيئية والصحية وأحد أهم أشكال استنزاف الموارد الطبيعية والإقتصادية في ليبيا. يقدر ما يتم رميه بشكل عشوائي ما نسبته 30 % من إجمالي النفايات البلدية الصلبة في ليبيا، حيث يتم رميها على جوانب الطرقات وعلى شواطئ البحر وبالقرب من التجمعات السكانية وعدم خضوعها لأي نوع من أنواع السيطرة والإدارة السليمة. بينما حوالي 67% من إجمالي النفايات المولدة يتم التخلص منها في مقالب مفتوحة خاضعة للسلطات المحلية بالمدن من خلال عمليات تشغيلية بدائية للغاية وذلك عن طريق دكها بواسطة جرافات، وتغطيتها بطبقة من الرمل أو بمخلفات البناء والتشييد كمحاولة لمنع تبعثرها وتعريتها بواسطة الرياح [6].

تعتبر عملية اختيار موقع مناسب لإنشاء مكب صحي للتخلص من النفايات البلدية الصلبة أمرا معقدا لاعتمادها على معايير متعددة، وفي كثير من الأحيان متضاربة. إن صعوبة هذه العملية تزداد في البلدان التي تفتقر لقواعد البيانات والمعلومات المتعلقة بالخطط المستقبلية التوسعية للمنشآت والمرافق الحيوية، والتوسع العمراني عموماً، والخرائط المكانية، ومعلومات حصر ومتابعة الموارد الطبيعية والحياة البرية. كما أن الوعي المجتمعي والمساهمة الشعبية في مساعدة الجهات المختصة في إنشاء مكبات صحية تلعب دورا مهما في إنجاح مثل هذه القرارات، بل إنها في كثير من الأحيان قد تشكل عائقا أمام عملية الاختيار المناسب. ومن الناحية الفنية فإن هذه العملية تعتبر مهمة معقدة وحساسة للغاية، لأنها تتطلب وضع منطقة جغرافية

استلمت الورقة بتاريخ 03 مارس 2020، وروجعت بتاريخ 15 أبريل 2020، وقبلت بتاريخ 16 أبريل 2020، ومتاحة على الانترنت بتاريخ 27 أبريل 2020

كاملة في الاعتبار بحيث تخضع فيها هذه المنطقة لعمليتين رئيسيتين هما استبعاد المواقع غير المناسبة، وذلك بناءً على مواصفات واشتراطات قانونية تخص كل دولة، تليها عملية مفاضلة بين المواقع غير المستبعدة وذلك من خلال تطبيق مجموعة من المعايير على هذه المواقع واختيار الأنسب بينها.

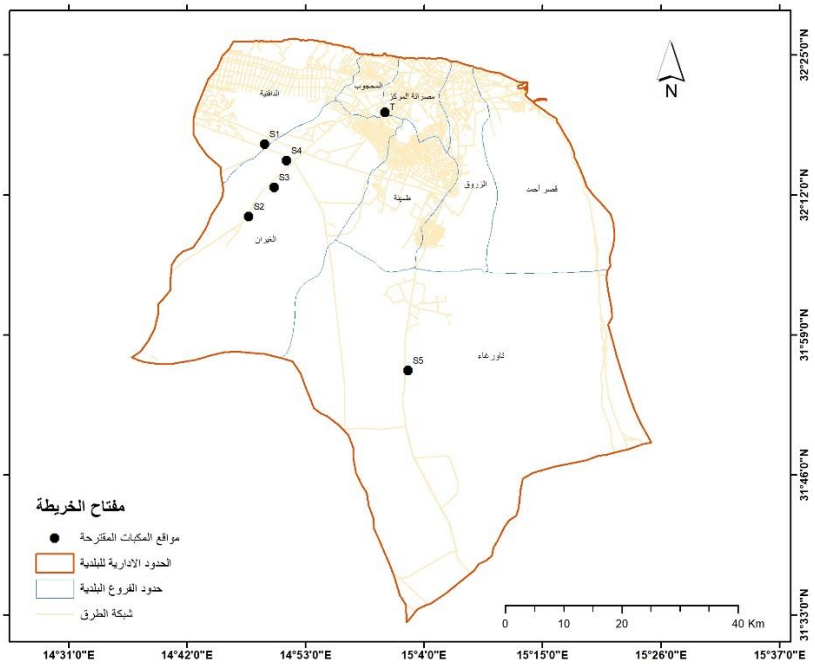
تعتبر عملية اختيار معايير المفاضلة التي تبنى عليها عملية الاختيار السليم للموقع المناسب هي العملية الأصعب والأكثر حساسية نظراً لتداخل وترابط هذه المعايير بعضها ببعض وتقارب أهميتها، كما أنها تحكمها عدة ضوابط أهمها طبيعة منطقة الدراسة والخصائص البيئية والجيولوجية وعوامل الطقس والمناخ المختلفة، وعوامل اقتصادية وأخرى جمالية، إضافة إلى معايير واعتبارات اجتماعية لا يمكن تجاهلها. إن هذه المعايير وكذلك أهميتها وتأثيرها على القرار تتأثر بالبيئة المحيطة، وبالتالي قد تختلف من دولة إلى أخرى ومن مكان إلى آخر. ولهذه الأسباب فإنه من الضروري أن تتم الاستعانة بمن لديه الخبرة والمعرفة الجيدة بمنطقة الدراسة لمراجعة هذه المعايير وذلك لضمان اختيار الأنسب من هذه المعايير. إن دراسة اختيار الموقع النهائي لمكب النفايات البلدية الصلبة تعتبر عملية مُهمة للغاية لضمان نجاح عملية التخلص النهائي من النفايات البلدية الصلبة باستخدام طريقة المكب، ولضمان هذه العملية يجب أن تكون معايير الاختيار قد تمت بعناية ومرجعية صحيحة. تهدف هذه الدراسة إلى اختيار المعايير التي تحدد عملية اختيار موقع مناسب لمكب النفايات البلدية الصلبة لمدينة مصراتة وكذلك تحديد أهمية هذه المعايير باستخدام طريقة التناسق التام. حسب علمنا فهذه هي الدراسة الأولى في هذا المجال في ليبيا، حيث تركزت الدراسات السابقة في مجال إدارة النفايات البلدية الصلبة في مجال الفرز والتصنيف في الغالب [5].

2. الوضع الحالي لإدارة النفايات البلدية الصلبة بمدينة مصراتة

تعتبر مدينة مصراتة الواقعة في شمال غرب ليبيا، ثالث أكبر مُدن ليبيا بعد مدينتي طرابلس وبنغازي من حيث عدد السكان الذي يقدر بحوالي 360 ألف نسمة [7]. تعاني مدينة مصراتة كبقية المدن الليبية من مشاكل في إدارة النفايات البلدية الصلبة متمثلة في العديد من التحديات المالية والإدارية والتشغيلية وقلة التشريعات التي تختص بهذا الجانب، بالإضافة إلى تدني الوعي المجتمعي بالمخاطر الكبيرة التي قد تنجم عن سوء إدارة النفايات، وعدم مشاركتهم المشاركة المثلى في منهجية الإدارة المتكاملة للنفايات، ولعله يأتي في مقدمتها عدم اتباعهم لأولى الخطوات ألا وهي الفرز من المصدر. ولكن يبقى الجانب الأهم في الوقت الحالي هو اختيار الموقع المناسب لمكب النفايات البلدية الصلبة للمدينة.

يقدر الإنتاج اليومي للمدينة من النفايات البلدية الصلبة بحوالي 450 طن، أي ما يعادل 1.25 كيلو جرام للفرد الواحد يومياً [8]، حوالي 60 طن من كمية النفايات العضوية الصلبة التي تولدها المدينة كانت تنقل يومياً إلى مصنع السماد العضوي بالمدينة الذي يعمل بكفاءة منخفضة في الوقت الحالي، وبقية الكمية كانت تجمع وتنقل إلى عدد 3 مكبات مرحلية مفتوحة وغير مسيجة وبالقرب من تجمعات سكانية مكتظة بالسكان الأمر الذي أدى إلى إغلاق هذه المكبات بناءً على مطالبة الأهالي والضغط على الشركة العامة لخدمات النظافة باعتبارها الجهة الحكومية التي تدير هذا الموضوع. حالياً لم يتبقى إلا مكب مرحلي واحد يقع في منطقة الغيران، وموقعه يبعد عن مركز المدينة حوالي 8 كيلو متر، وهو مجاور لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي ومصنع السماد العضوي.

تعتبر الشركة العامة لخدمات النظافة هذا الموقع خياراً جيداً في الوقت الحالي باعتباره موجوداً ضمن رقعة جغرافية تحتوي على مواقع مماثلة، بالإضافة إلى احتوائه على سياج يحجبه عن المارة. ولكن هذا الموقع يواجه العديد من الصعوبات أبرزها ضغوطات السكان المجاورين المتزايدة خصوصاً في فصل الصيف نتيجة للروائح الكريهة التي تنبعث منه، وكذلك انتشار الحشرات والبعوض وغيرها من ناقلات الأمراض، كما أن هذا الموقع يواجه مشاكل تشغيلية عديدة أهمها السعة المحدودة التي لا تستوعب كمية النفايات التي يتم توليدها يومياً، وهذا الأمر يشكل عائقاً أخر في برنامج إدارة النفايات الصلبة حيث يحصل تراكم للنفايات الصلبة أمام المنازل و المنشآت بالمدينة مما يُجبر السكان على رمي نفاياتهم بشكل عشوائي على جوانب الطرقات وعلى شاطئ البحر وفي المناطق الفضاء. وتعتبر هذه الحالة هي العامل الرئيسي في نشوء تجمعات للقمامة غير خاضعة لأي سيطرة، وجعلها عرضة دائمة للحرائق وما ينتج عنها من مشاكل وآثار بيئية وصحية وجمالية سلبية، ويوضح الشكل (1) المكب الحالي إضافة إلى المواقع المقترحة كمكب بديل.

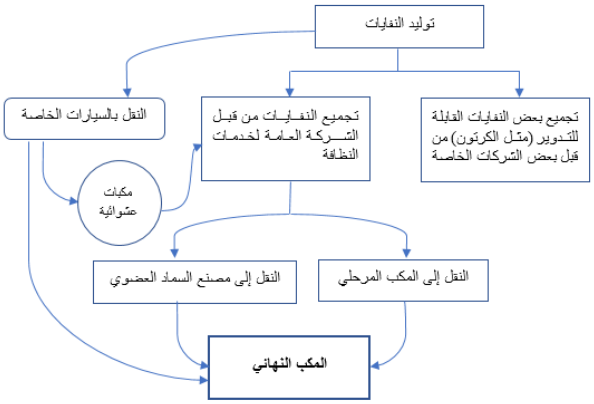


شكل (1): المكب الحالي والبدائل المقترحة

منذ منتصف شهر أغسطس سنة 2017 ميلادي يتم نقل النفايات البلدية الصلبة بواسطة شركة نقل مساندة خاصة الملكية، من المكب المرحلي بالغيران إلى المكب النهائي. هذا التعاقد جاء كنتيجة لبعد المكب النهائي الحالي، ولضعف الإمكانيات المالية للشركة العامة لخدمات النظافة التي أصبحت تعاني مؤخراً من أعطال كبيرة في أسطول شاحنات التجميع والنقل الخاص بها. يقع المكب النهائي الحالي شرق مدينة مصراتة ويبعد مسافة تزيد عن 60 كيلو متر من مركز المدينة، ويعتبر هذا الموقع هو المكب الوحيد الذي تعتمد عليه شركة الخدمات العامة للنظافة مصراتة في التخلص من كافة المخلفات الصلبة التي تولدها المدينة يومياً، إضافة إلى كونه مكانا للتخلص من النفايات الطبية [9]، كذلك فإن هذا الموقع يتم استغلاله من قبل المواطنين وشاحنات النقل الخاصة في التخلص من كافة المخلفات الصلبة بما فيها مخلفات البناء والهدم، وهذه العمليات تتم بشكل عشوائي مما أدى إلى اتساع الرقعة الجغرافية لموقع المكب والزحف على المعالم الطوبوغرافية للمنطقة والسبخة الملحية القريبة من هذا الموقع، كما أن

عمليات تشغيل المكب التي تقوم بها شركة الخدمات العامة للنظافة بواسطة مجموعة من العاملين وبعدد قليل من المعدات هي عمليات تقليدية وبدائية وتتم من خلال تفريغ حمولات شاحنات النقل وفي أحسن الأحوال يتم دكها بجرافات وتغطيتها بطبقات من مخلفات البناء والهدم. تعتبر العمليات المتبعة حالياً بدائية، حيث أنها تسبب وبشكل بالغ الخطورة في الإضرار بالعناصر البيئية الرئيسية وقد تساهم في نشوء الأمراض والأوبئة، كما أنها تقضي على فرص الفرز وإعادة التدوير وغيرها من العمليات السليمة والتي يتم اتباعها في المكبات، ولعل قلة إمكانات الشركة العامة للخدمات وضعف الوعي العام ساهما بجزء كبير في هذا الوضع القائم. هناك العديد من المشاكل التي برزت مؤخراً تتعلق بهذا المكب، وأولها وجوده بالقرب من منطقة سكانية أصبحت في حالة انزعاج وشكاوى متواصلة نتيجة للآثار السلبية الناتجة عن هذا الموقع، كما أن هذا الموقع تعتبره الشركة العامة لخدمات النظافة يشكل عبئاً مالياً يكلف الشركة أرقاماً مالية كبيرة تتعلق بعمليات النقل، بالإضافة إلى أن بُعده عن أماكن توليد النفايات يتسبب في هدر الكثير من الوقت الأمر الذي يعرقل عملية إدارة النفايات وما ينتج عنها من مشاكل بيئية وصحية وجمالية.

ويمكن تلخيص الخطوات المتبعة حالياً لإدارة النفايات البلدية الصلبة في مدينة مصراتة من خلال الشكل التوضيحي (2).



شكل (2) دورة حياة النفايات البلدية الصلبة الحالية بمدينة مصراتة

3. طريقة FUCOM:

لقد أصبحت تطبيقات القرارات المتعددة المعايير تتزايد يوما بعد يوم، وتتعدد مجالاتها مثل التطبيقات في المجال اللوجستي، وإدارة المشاريع، والتصنيع، وإدارة المخلفات الصلبة، والجودة، وغيرها من التطبيقات [10-17]. لقد جاء تطوير طريقة FUCOM والتي تعتمد على طريقة المقارنة الزوجية والتحقق من صحة النتائج من خلال الانحراف عن أقصى ثبات [18]. بالمقارنة مع طريقة التحليل المتعدد المعايير Analytic Hierarchy Process AHP، فإن طريقة FUCOM تستلزم عددا أقل من المقارنات الزوجية للمعايير، كما أنها أيضا توفر القدرة على التحقق من النتائج من خلال تحديد الانحراف عن أقصى ثبات للمقارنة (DMC) Deviation from Maximum Consistency. علاوة على ذلك، فإنها تتغلب على مشكلة التكرار في المقارنات الزوجية للمعايير التي تحدث في بعض النماذج الذاتية لتحديد أوزان المعايير. تم تطبيق FUCOM في العديد من مشاكل صنع القرار مثل إدارة الإنتاج [19] ، وترتيب شركات الطيران [20] ، وقياسات جودة الخدمة [21] ، ترتيب الطلب على خدمات النقل [22]، وجودة خدمة النقل بالسكك الحديدية [23]، و اختيار المورد [25,24].

افترض أن أوزان المعاملات التي يتطلب قياسها هي $wj, j = 1,2, \ldots, n$، فإنه يمكن تطبيق الخورزمية كما موضح بالخطوات التالية:

الخطوة الأولى: ترتيب المعايير تنازليا.

الخطوة الثانية: حساب مقدار الأهمية النسبية لتقييم المعايير.

الخطوة الثالثة: حساب محدد نموذج الأمثلة غير الخطية.

نسبة معاملات الوزن للمعايير تساوي الأهمية النسبية بين المعايير المرصودة

$w_k / w_{k+1} = \varphi_{k/(k+1)}$.

استيفاء قيم معاملات الوزن لحالة العبور الرياضي

$$\varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} = \varphi_{k/(k+2)}$$

الخطوة الرابعة: حل النموذج الرياضي

$$\min \chi$$

$$s.t.$$

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+1)}} - \varphi_{k/(k+1)} \right| \le \chi, \ \forall j$$

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+2)}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \right| \le \chi, \ \forall j$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, \ \forall j$$

$$w_j \ge 0, \ \forall j$$

الخطوة الخامسة: حساب القيمة النهائية للمعايير من العلاقة

$$\left(w_1, w_2, \ldots, w_n\right)^T$$

4. الحالة الدراسية

لقد أصبحت الحاجة لتوفير مكان جديد كمكب نهائي للنفايات البلدية الصلبة أمرا ملحاً. من هنا جاءت فكرة هذه الدراسة والتي تهدف إلى تحديد أهم المعايير التي يمكن استخدامها لغرض اتخاذ القرار، وكذلك تحديد أهمية كل معيار من هذه المعايير. لقد تم تحديد مجموعة من المعايير بناءً على الدراسات السابقة [26-29]، إضافة إلى النقاشات التي تمت مع أعضاء اللجنة المشكلة لغرض تحديد موقع جديد لمكب النفايات الصلبة بالمدينة، وهذه المعايير هي:

C1: اتجاه الرياح
C2: تكلفة الأرض
C3: مستوى المياه السطحية
C4: سعة الموقع
C5: قبول الناس
C6: المسافة إلى مناطق تجميع النفايات
C7: سهولة الوصول للموقع

حيث يمثل كل من المعيارين 2، 6 معايير تكلفة.

يوضح الجدول (1) القيم المتحصل عليها لتصنيف المعايير وذلك باستخدام مقياس من 1 إلى 9.

الجدول (1): ترتيب المعايير

Criteria	C_3	C_1	C_5	C_2	C_4	C_6	C_7
$\varpi_{C_{j(k)}}$	1.0	2.0	2.5	4.0	6.0	7.0	7.5

يتم حل النموذج الرياضي مع الأخذ في الاعتبار تحقق الشروط:

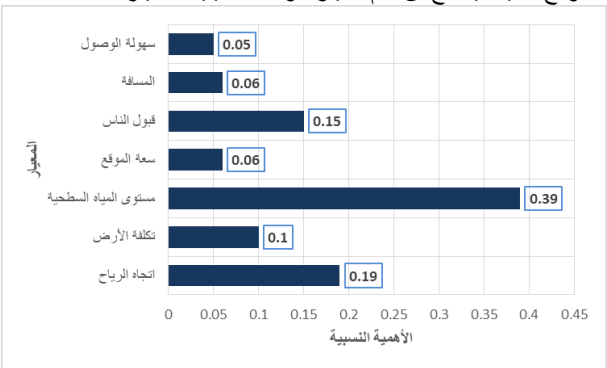
$$\frac{w_3}{w_1} = 2.0, \frac{w_1}{w_5} = 1.25, \frac{w_5}{w_2} = 1.6, \frac{w_2}{w_4} = 1.5, \frac{w_4}{w_6} = 1.17, \frac{w_6}{w_7} = 1.07$$

$$\min \chi$$

$$s.t \begin{cases} \left|\frac{\omega_3}{\omega_1} - 2{,}0\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_1}{\omega_5} - 1{,}25\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_5}{\omega_2} - 1{,}6\right| \le \chi \\ , \left|\frac{\omega_2}{\omega_4} - 1{,}5\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_4}{\omega_6} - 1.17\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_6}{\omega_7} - 1{,}07\right| \le \chi \\ \left|\frac{\omega_3}{\omega_5} - 2{,}5\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_1}{\omega_2} - 2{,}0\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_5}{\omega_4} - 2{,}4\right| \le \chi \\ \left|\frac{\omega_2}{\omega_6} - 1{,}75\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_4}{\omega_7} - 1{,}25\right| \le \chi, \\ \sum_{j=1}^{5} \omega_j = 1, \omega_j \ge 0, \forall j \end{cases}$$

من خلال حل هذا النموذج ، يتم الحصول على القيم النهائية لمعاملات الوزن و DFC للنتائج $\chi = 0.00$. تم حل النموذج باستخدام نموذج اكسل

MS excel. ويوضح الشكل (3) النتائج التي تم الحصول عليها من النموذج، حيث يتضح أن أهم معيار هو C3 ، يليه المعيار C1.



الشكل (3): أوزان المعايير المتحصل عليها

5. مناقشة وتفسير النتائج:

يمكن تفسير نتائج هذه الدراسة والموضحة بالشكل (3) من خلال الرجوع لعدة أمور أهمها الأوضاع الحالية للعناصر البيئية الرئيسية في منطقة الدراسة وتأتي في مقدمتها المياه الجوفية القريبة من السطح والمشار إليها في هذه الدراسة بـالمعيار C3. وبالنظر للمواقع المقترحة من قبل المجلس البلدي نجد أنها تمثل المصدر الوحيد للمياه التي يستخدمها أهالي المناطق المجاورة في عمليات الاستهلاك المنزلي العادية وسقاية الأشجار والحيوانات. إن تلوث المياه الذي أصبحت تعاني منه المدينة مؤخرا نتيجة لسوء تصريف مياه الصرف الصحي أعطى هذا المعيار الأهمية الأكبر لتبلغ 0.38، وذلك لتفادي تضرر هذا المصدر من المياه بالعصارة التي عادة ما تتسرب إلى المياه القريبة من السطح نتيجة لسوء عمليات تشغيل مكبات النفايات. كما يمكن تفسير أهمية معيار اتجاه الرياح والتي بلغت 0.18 بأن أحد أهم المشاكل المتعلقة بالمكب النهائي الحالي هو حركة الرياح التي تنقل الروائح الكريهة المنبعثة من الموقع إلى السكان المجاورين وهذا المعيار يعتبر مهم للغاية لأنه يشكل مصدر ازعاج كبير ويعمل على نقل الحشرات كالبعوض والذباب إلى المناطق القريبة والمأهولة بالسكان وما قد ينتج عنها من انتشار للأوبئة والأمراض.

عادة ما يعتبر قبول الناس لهذه المواقع من أكثر المعايير الاجتماعية تعقيداً، وغالباً ما يمثل تحدياً كبيراً أمام الجهات المعنية باتخاذ قرار إنشاء مكبات النفايات البلدية الصلبة، ولهذا نجد أن هذا المعيار قد نال أهمية كبيرة مقارنة ببعض المعايير الأخرى حيث بلغت أهميته 0.15 وهذه القيمة تعطي مؤشراً واضحاً أن معايير اتخاذ القرار هي معايير معقدة تحكمها في كثير من الأحيان محددات ناتجة عن رفض شعبي لمثل هذه المواقع الخدمية والهامة.

وبالنظر لنتائج معياري التكلفة المتمثلان في تكلفة الأرض والمسافة من نقاط التجميع نجد أنهما بلغا أهمية قدرها 0.16، وهذه القيمة تشير إلى ضرورة النظر إلى تكلفة شراء الموقع وكذلك تكاليف النقل حيث أن بُعد المسافة من نقاط التوليد يعتبر من مؤشرات سوء اختيار الموقع، كما هو الحال في الموقع الحالي للمدينة الذي يبعد مسافة تزيد عن 60 كيلو متراً من مركز المدينة، مما يسبب في تكاليف نقل كبيرة وإهدار الكثير من الوقت وما ينتج عنه من تراكم للنفايات داخل المدينة. تعتبر مكبات النفايات البلدية الصلبة من المشاريع الاستراتيجية التي يجب أن تكون مساحتها ذات سعة تستوعب النفايات المولدة لسنوات تصل لثلاثة عقود، لذلك فإن هذا المعيار يجب أن يؤخذ في الحسبان، وبلغت أهميته 0.06، وهذه القيمة تعتبر قليلة نسبياً ولكن يمكن تفسيرها عن طريق مراجعة المواصفات الفنية المتعلقة بالمواقع المقترحة وتحديداً المساحة حيث تبلغ أقل مساحة في هذه المواقع الـ 50 هكتار وهذه المساحة تتماشى مع القانون والمواصفات الليبية المتعلقة بإنشاء المكبات الصحية للنفايات. كما أن سهولة الوصول إلى مواقع التخلص من النفايات من محددات الاختيار أيضا التي ينظر لها عند عمليات المفاضلة ما بين المواقع المتوفرة والمقترحة لإنشاء مكب صحي نظراً لما يشكله هذا المعيار من أهمية كبيرة توفر الكثير من الوقت والجهد وتقلل الاعطال الخاصة بآليات النقل، وهذا المعيار كانت له أقل أهمية وبلغت 0.05.

6. الخلاصة:

تعتبر عملية تحديد المعايير الخاصة باختيار أنسب موقع مكب للتخلص من النفايات البلدية الصلبة عملية معقدة وصعبة تحكمها محددات عديدة بعضها بيئي وبعضها اقتصادي وأخرى اجتماعية وجمالية، وإن تقدير أهمية كل هذه المعايير هو أمر مهم للغاية، وراجع بالدرجة الأولى لطبيعة منطقة الدراسة. لقد خلصت نتائج هذه الدراسة إلى أن الأولوية في معايير الاختيار هي للمعايير البيئية والتي كان في مقدمتها مستوى المياه السطحية بأهمية بلغت الـ 0.38 كما بلغ معيار اتجاه الرياح أهمية عالية وقدرها 0.18، وجاء المعيار الاجتماعي والمتمثل في قبول الناس في المرتبة الثالثة من حيث الأهمية حيث بلغت أهميته 0.15، وأخيراً بلغت أهمية المعايير الاقتصادية الإجمالية 0.27، وهذه الأهمية تعد في مجملها كبيرة ولكن بالنظر لها بشكل دقيق نجد أنها مقسمة إلى أربعة معايير متمثلة في تكلفة الأرض والمسافة وسعة الموقع وسهولة الوصول مما يقلل من أهمية كل معيار بشكل منفصل. يمكن لهذه الدراسة أن تكون مساعدة لمتخذي القرار حول تحديد المكان الأنسب للمكبات النهائية للنفايات البلدية.

References

[1]. Demirbas, A. (2011). Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes. Energy Conversion and Management, 52(2), pp 1280-1287.

[2]. Samwine, T., Wu, P., Xu, L., Shen, Y., Appiah, E., & Yaoqi, W. (2017). Challenges and prospects of solid waste management in Ghana. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, 5(4), pp. 96-102.

[3]. Kabera, T., Wilson, D. C., & Nishimwe, H. (2019). Benchmarking performance of solid waste management and recycling systems in East Africa: Comparing Kigali Rwanda with other major cities. Waste Management & Research, 37(1_suppl), pp. 58-72.

[4]. Erasu, D., Feye, T., Kiros, A., & Balew, A. (2018). Municipal solid waste generation and disposal in Robe town, Ethiopia. Journal of the Air & Waste Management Association, 68(12), pp. 1391-1397.

[5]. Badi, I., A. Abdulshahed, A. Shetwan, and W. Eltayeb, (2019). Evaluation of solid waste treatment methods in Libya by using the analytic hierarchy process. Decision Making: Applications in Management and Engineering, vol. 2, pp. 19-35.

[6]. Hamad, T. A., Agll, A. A., Hamad, Y. M., & Sheffield, J. W. (2014). Solid waste as renewable source of energy: current and future possibility in Libya. Case studies in thermal Engineering, 4, pp. 144-152.

[7]. Sawalem, M., Badi, I., & Aljamel, S. (2015). Evaluation of Solid Wastes for Utilisation in Biogas Plant in Libya–a Case Study. International journal of engineering sciences & research technology, 4(11), pp 577-583.

[8]. Badi, I., Ž. Stević, and S. Sremac, (2019). An Integrated Fuzzy Model for Solid Waste Management in Libya. in Sustainability Modeling in Engineering: A multi-criteria perspectives, ed: World Scientific. pp. 117-143.

[9]. Badi, I., A. Shetwan, and A. Hemeda. (2019). A grey-based assessment model to evaluate health-care waste treatment alternatives in Libya. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, vol. 2, pp. 92-106.

[10]. Moslem, Sarbast, and Szabolcs Duleba. (2018). Application of AHP for evaluating passenger demand for public transport improvements in Mersin, Turkey. Pollack Periodica, 13.2. pp. 67-76.

[11]. Kiracı, K., & Bakır, M. (2018). Using the Multi Criteria Decision Making Methods in Aircraft Selection Problems and an Application. Journal of Transportation and Logistics, 3(1), 13-24.

[12]. Bakır, M., Akan, Ş., & Durmaz, E. (2019). Exploring service quality of low-cost airlines in Europe: An integrated MCDM approach. Economics and Business Review, 5(2), 109-130.
[13]. Farooq, D., & Moslem, S. (2020). Evaluation and Ranking of Driver Behavior Factors Related to Road Safety by Applying Analytic Network Process. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 48(2), 189-195.
[14]. Moslem, Sarbast, and Szabolcs Duleba. (2019). Sustainable Urban Transport Development by Applying a Fuzzy-AHP Model: A Case Study from Mersin, Turkey. Urban Science 3, no. 2, 55.
[15]. Mardani, Abbas, Ahmad Jusoh, Khalil Nor, Zainab Khalifah, Norhayati Zakwan, and Alireza Valipour. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications–a review of the literature from 2000 to 2014. Economic Research-Ekonomska Istraživanja 28, no. 1. Pp. 516-571.
[16]. Radović, D., Stević, Ž., Pamučar, D., Zavadskas, E. K., Badi, I., Antuchevičiene, J., & Turskis, Z. (2018). Measuring performance in transportation companies in developing countries: a novel rough ARAS model. Symmetry, 10(10), 434.
[17]. Aljamel, S. A., Badi, I. A., & Shetwan, A. G. (2017). Using analytical hierarchy process to select the best power generation technology in Libya. The international journal of engineering and information technology, 3(2), 159-163.
[18]. D. Pamučar, Ž. Stević, and S. Sremac. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: Full consistency method (fucom), Symmetry, vol. 10, p. 393.
[19]. Erceg, Ž., Starčević, V., Pamučar, D., Mitrović, G., Stević, Ž., & Žikić, S. (2019). A New Model for Stock Management in Order to Rationalize Costs: ABC-FUCOM-Interval Rough CoCoSo Model. Symmetry, 11(12), 1527.
[20]. Badi, I., and A. Abdulshahed. (2019). Ranking the Libyan airlines by using full consistency method (FUCOM) and analytical hierarchy process (AHP). Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, vol. 2, pp. 1-14.
[21]. O. Prentkovskis, Ž. Erceg, Ž. Stević, I. Tanackov, M. Vasiljević, and M. Gavranović. (2018). A new methodology for improving service quality measurement: Delphi-FUCOM-SERVQUAL model. Symmetry, vol. 10, p. 757.
[22]. Pamucar, D., Deveci, M., Canıtez, F., & Bozanic, D. (2020). A fuzzy Full Consistency Method-Dombi-Bonferroni model for prioritizing transportation demand management measures. Applied Soft Computing, 87, 105952.
[23]. D. Đorđević, G. Stojić, Ž. Stević, D. Pamučar, A. Vulević, and V. Mišić. (2019). A New Model for Defining the Criteria of Service Quality in Rail Transport: The Full Consistency Method Based on a Rough Power Heronian Aggregator. Symmetry, vol. 11, p. 992.
[24]. E. Durmić. (2019). Evaluation of criteria for sustainable supplier selection using FUCOM method. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, vol. 2, pp. 91-107.
[25]. Stević, Ž., Durmić, E., Gajić, M., Pamučar, D., & Puška, A. (2019). A Novel Multi-Criteria Decision-Making Model: Interval Rough SAW Method for Sustainable Supplier Selection. Information, 10(10), 292.
[26]. Beskese, A., Demir, H. H., Ozcan, H. K., & Okten, H. E. (2015). Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. Environmental Earth Sciences, 73(7), 3513-3521.
[27]. Isalou, A. A., Zamani, V., Shahmoradi, B., & Alizadeh, H. (2013). Landfill site selection using integrated fuzzy logic and analytic network process (F-ANP). Environmental Earth Sciences, 68(6), 1745-1755.
[28]. Yazdani, M., Tavana, M., Pamučar, D., & Chatterjee, P. (2020). A Rough Based Multi-Criteria Evaluation Method for Healthcare Waste Disposal Location Decisions. Computers & Industrial Engineering, 106394.
[29]. Nazari, A., Salarirad, M. M., & Bazzazi, A. A. (2012). Landfill site selection by decision-making tools based on fuzzy multi-attribute decision-making method. Environmental Earth Sciences, 65(6), 1631-1642.