مجلة البحوث الأكاديمية

Journal homepage: www.lam.edu.ly

اختيار التقنية المناسبة لمعـــــــالجة النفايات الطبية الصلبة باستخدام عملية التحليـــل الهرمي (حالة دراسية بمدينة مصراتة)

نجاة عبد السلام شعبان **إبراهيم أحمد بادي**

الأكاديمية الليبية- مصراتة، ليبيا

الملخص

الكلمات المفتاحية: النفايات الطبية، تقنيات المعالجة، بيئة، التحليل الهرمي

بالرغم من أن النفايات الطبية تمثل جزءا بسيطاً من إجمالي نفايات المجتمع، إلا أنها ضارة بشكل خاص وتحتاج اهتماماً بالغاً لما يترتب عليها من خطورة نتيجة سوء الممارسات خاصة في البلدان النامية. ركزت عدد من الدراسات السابقة في ليبيا على ممارسات إدارة النفايات الطبية من أجل التعرف على الوضع القائم وإصلاحه وإدخال بعض الاقتراحات التي قد تكون مفيدة في معالجة النفايات الطبية والتخلص منها نهائياً بأقل الأضرار البيئية والصحية. هدفت هذه الدراسة إلى اختيار التقنية المناسبة لمعالجة النفايات الطبية الصلبة استناداً إلى خمس مجموعات من المعايير هي: المعايير الاقتصادية، والبيئية، والتقنية، والاجتماعية والإدارية، وذلك باستخدام عملية التحليل الهرمي. أظهرت النتائج أن الميكروويف اختير كأفضل تقنية لمعالجة النفايات الطبية الصلبة من بين عدة بدائل أخرى وهي الحرق، والتعقيم بالبخار، والدفن والتطهير الكيميائي. يمكن لهذه الدراسة أن تساعد مرافق الرعاية الصحية في اختيار نظام لمعالجة النفايات الطبية الصلبة يناسب احتياجاتهم على أفضل وجه، وعلى ضوء النتائج أوصت الدراسة بضرورة إعطاء الأولوية للتقنية التي حازت على أعلى ترتيب للارتقاء بمستوى إدارة النفايات الطبية الصلبة.

1. المقدمة

أصبحت مشكلة النفايات من المواضيع المهمة بالنسبة للدول المتقدمة والنامية على حد سواء لاسيما النفايات الطبية، ومع التطورات الحديثة في المجال الطبي رافق ذلك نفايات طبية مختلفة مثل الأدوات الحادة والأجزاء المبتورة، والأدوية منتهية الصلاحية، والمواد الكيميائية وغيرها، والتي تعد من أخطر أنواع النفايات، حيث ظهرت الحاجة إلى الاهتمام بمجال النفايات بشكلٍ عام ومحاولة ابتكار الحلول والطرق الآمنة للتخلص منها [1]. إن السبب الرئيس للاهتمام بموضوع النفايات الطبية هو المخاطر الحقيقية التي يمكن أن تلحق بالصحة العامة والبيئة المحيطة. ومع زيادة كمية النفايات الطبية لمرافق الرعاية الصحية، خاصة أثناء الوضع الحالي ومع تفشي جائحة كورونا والعدد الكبير من الإصابات على مستوى العالم، هذه الكميات من النفايات ينتج عنها مخاطر عديدة على صحة الإنسان والبيئة أصبح من المهم إيلاء الموضوع اهتماما أكبر.

النفايات بشكل عام هي أي مادة (صلبة أو سائلة أو غازية) ليس لها استخدام مباشر ويتم التخلص منها بشكل دائم. تعتبر النفايات خطرة إذا أظهرت أيًا من الخصائص مثل كونها قابلة للاشتعال، أو تفاعلية، أو قابلة للاستغلال، أو أكالة، أو مشعة، أو معدية، أو مزعجة، أو حساسة، أو متراكمة بيولوجيًا [2]، ويشمل مصطلح النفايات الطبية كل ما يتم إنشاؤه داخل مرافق الرعاية الصحية ومراكز إعادة التأهيل والمختبرات الطبية. [3]، وهي بقايا الأنشطة الطبية، إما أن تكون نفايات صلبة أو نفايات سائلة. النفايات الطبية الصلبة هي نفايات صلبة تحتوي على مواد خطرة وسامة مثل النفايات المعدية والنفايات التشريحية ونفايات الأدوات الحادة والنفايات الصيدلانية والنفايات السامة للخلايا والنفايات الكيميائية والنفايات المشعة ونفايات الحاويات المضغوطة والنفايات ذات المحتوى العالي من المعادن الثقيلة [4]، كما موضح في شكل (1). وتنشأ هذه النفايات عند تشخيص أو علاج أو تحصين البشر أو الحيوانات، أو في البحث، أو في إنتاج أو اختبار المواد البيولوجية [2]، وهي ناتجة عن المستشفيات والعيادات والمختبرات الطبية الحيوية وغيرها من المصادر المحددة المرتبطة برعاية صحة الإنسان أو الحيوان [5].

وفقًا لمنظمة الصحة العالمية حوالي 85% من النفايات الناتجة عن الرعاية الصحية نفايات غير خطرة أو نفايات شبيهة بالنفايات المنزلية، وتنتج هذه غالبا عن الوظائف الإدارية وأماكن تجهيز الطعام والنفايات الناتجة أثناء عمليات صيانة مباني الرعاية الصحية وغيرها، ويتم التخلص منها على أنها نفايات بلدية صلبة، وتعتبر نسبة ال 15% الباقية من النفايات الطبية خطرة، 10% معدية و5% غير معدية [6-8]. ومن المهم ملاحظة أنه إذا تم خلط هذين النوعين معًا، فإن النفايات بأكملها تصبح ضارة ويجب التعامل معها بحذر [9].

وهناك تقسيم آخر للنفايات الطبية إلى ثلاث فئات كالتالي [10]:

- نفايات عامة شبيهة بالنفايات المنزلية وتشكل حوالي75 -90٪ من النفايات.
- نفايات خطرة بما في ذلك النفايات المعدية (باستثناء الأدوات الحادة والنفايات من المرضى المصابين بأمراض شديدة العدوى)، وكميات صغيرة من المواد الكيميائية والأدوية، والحاويات المضغوطة غير القابلة لإعادة التدوير.
- نفايات شديدة الخطورة مثل الأدوات الحادة، والنفايات غير الحادة شديدة العدوى، والبراز من مرضى الكوليرا، والسوائل الجسدية للمرضى المصابين بأمراض شديدة العدوى، وكميات كبيرة من الأدوية منتهية الصلاحية أو غير المرغوب فيها، والمواد الكيميائية الخطرة والنفايات المشعة، والنفايات السامة للجينات (التي تؤثر على التركيب الجيني للفرد).

دعت منظمة الصحة العالمية إلى أنه يجب التعامل مع النفايات الطبية على أنها نفايات خطرة [11]، ويكون التعامل معها بحذر خاصة أثناء تفشي جائحة فيروس كورونا، فقد زاد معدل إنتاج النفايات الطبية خلال هذه الجائحة بنحو 30٪، ومع تزايد استخدام معدات الحماية الشخصية من قبل العاملين في الرعاية الصحية زاد معدل إنتاج النفايات الطبية الناتجة من كل وحدة منشأة صحية بشكل غير مباشر. وتجدر الإشارة بأن محتوى النفايات الطبية المحتملة خلال جائحة كورونا هي النفايات المعدية ونفايات الأدوات الحادة والنفايات الكيميائية والنفايات الصيدلانية. من أمثلة النفايات الطبية التي تندرج تحت فئة النفايات المعدية هي نفايات معدات الحماية الشخصية التي يستخدمها العاملون في الرعاية الصحية لرعاية مرضى الكورونا، والمسحات المتبقية، ومخلفات الاختبار السريع، ونفايات الحقن، والقطن أو أنسجة من مرضى مصابين بفيروس كورونا [4].

ويمكن اعتبار أن كل النفايات الطبية خطرة ويمكن أن تتسبب الضرر للإنسان أو الحيوانات كما أنها تضر بالبيئة ما لم تتم إدارتها بالشكل المناسب، بسبب محتوياتها الشديدة السمية وخصائصها المعدية. قد تشمل المخاطر الصحية العدوى حيث يمكن أن تسبب أمراضًا مثل التيفوئيد والكوليرا والتهاب الكبد والإيدز عن طريق استخدام الحقن والإبر، الإصابات الناجمة عن الأدوات الحادة، التسمم بالنفايات الصيدلانية خاصة المضادات الحيوية والأدوية السامة للخلايا التي يتم إطلاقها في البيئة، ومخاطر النشاط الإشعاعي، والإضرار بالبيئة وإحداث التلوث كنمو ناقلات مثل الحشرات والقوارض والديدان بالإضافة إلى مناظرها السيئة في حال تراكمها وكذلك إحداث الروائح الكريهة. ونتيجة لإجراءات المعالجة غير المناسبة يتسبب ذلك في حدوث مخاطر تلوث المياه والهواء والتربة كإطلاق مواد مثل الزئبق والدوكسين؛ تلوث الهواء الناتج عن الجسيمات أثناء حرق النفايات والإصابات الحرارية التي تحدث بالتزامن مع الحرق المكشوف [7، 12].

عادة ما تولد أنشطة وخدمات الرعاية الصحية نفايات متنوعة ضخمة من مختلف الأنواع والأحجام والتي قد تكون خطرة ومُعدية [13]، ولفهم آلية توليد النفايات بطريقة أفضل ولتطوير نظام إدارة النفايات، من المهم تحديد الخصائص الإحصائية لمعدلات توليد النفايات المرصودة والتي ستكون مفيدة لتقييم أحجام معدات التخزين والجمع المطلوبة [12]، وذلك من أجل اختيار تقنيات معالجة النفايات المناسبة [14]. وتشير الدراسات الحديثة أن بعض البلدان مثل الصين زاد معدل إنتاج النفايات الطبية المعدية خلال جائحة كورونا بنسبة 600%، نتيجة الاستخدام المفرط لمعدات الحماية الشخصية بما في ذلك أقنعة الوجه، والقفازات اليدوية، والأحذية المطاطية والعباءات البيضاء، ومعقمات الأيدي والأشياء الأخرى المستخدمة طبياً مثل المحاقن، ومجموعات الاختبار، والأوعية البلاستيكية، والضمادات، والمناديل، إلخ [6].

أشارت الدراسة [15] إلى أن معدل توليد النفايات الطبية نتيجة مرض فيروس كورونا في مدينة ووهان مركز الجائحة، قد ارتفع من 0.6 كيلوجرام لكل سرير في اليوم إلى 2.5 كيلوجرام لكل سرير في اليوم. من المتوقع حدوث مثل هذه الزيادة، حيث أنه أثناء علاج الأمراض المعدية مثل فيروس كورونا المستجد، هناك زيادة في استخدام معدات الحماية الشخصية التي تعتبر عناصر يمكن التخلص منها ويجب التعامل معها على أنها نفايات معدية. هذه المعلومات تمكن المخططين في قطاع إدارة النفايات الصلبة من اتخاذ القرارات المناسبة [12].

وقد قدر إنتاج النفايات الصلبة سنويًا على مستوى العالم حوالي 1.47 مليار طن، بمعدل زيادة عامًا بعد عام، من بينها 5.9 مليون طن ناتجة عن النفايات الطبية [16]. ومع زيادة الحالات بشكل كبير، ستكون مراكز العلاج مثقلة بمثل هذه النفايات الطبية، وإذا لم يتم التخلص الآمن من نقطة التوليد إلى مرافق المعالجة والتخلص النهائي فقد يؤدي ذلك إلى حدوث عدوى بين عمال الصرف الصحي [17].

إدارة النفايات الخطرة هي الإجراءات والأنشطة التي تتضمن جمع ونقل وتخزين ومعالجة وكذلك التخلص من النفايات من نقطة الإنتاج وحتى التخلص النهائي منها في إطار تنظيمي قانوني [13]. وباعتبار أن النفايات الخطرة هي بقايا عمل و/ أو نشاط يحتوي على مواد خطرة وسامة، لذلك يجب إدارة هذه النفايات على وجه التحديد [4]، خاصة مع انتشار جائحة كورونا وما تسبب عنه من تزايد كمية النفايات الطبية كونها شديدة العدوى وملوثة. وإذا لم يتم إدارتها بشكل صحيح يمكن أن تؤدي إلى مشاكل بيئية وصحية وخيمة، حيث أصدرت منظمة الصحة العالمية تعليمات بضرورة اتباع الإرشادات المناسبة فيما يتعلق بتوليد النفايات الطبية والتخلص الآمن منها [17]. وتتمثل إدارة النفايات الطبية في فصل جميع النفايات عند نقطة الإنتاج ومعالجتها بشكل مناسب والتخلص منها بعناية [18]، وذلك بهدف منع اختلاطها. وهذا من شأنه تقليل التلوث البيئي، وتوفير تكاليف إدارة النفايات الطبية [4]. ويتم تمييز هذه النفايات بوضعها في حاويات منفصلة أو أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق مُرمَّزة بالألوان عليها علامة الخطر البيولوجي حتى لا تنتشر العدوى من خلالها [17، 19]، وإذا ما حدث خلط للنفايات العامة مع النفايات الخطرة، فيجب أن يعامل الخليط كنفايات طبية خطرة [20]. بعد ذلك تأتي عمليتا الجمع والتداول بهدف منع تكدس النفايات الطبية داخل الأقسام والحجرات، ويكون جمع النفايات يوميا أو بشكل متكرر حسب الحاجة ونقلها إلى موقع التخزين المركزي. ويجب التأكد من أن جميع الأكياس عليها بطاقة توضح مصدر هذه النفايات ويجب استبدال الحاويات أو الأكياس فورا بأخرى جديدة من نفس النوع [20]. ثم تنقل النفايات وتوضع في موقع تخزين داخل مؤسسة الرعاية الصحية وهو ما يسمى بالمأوى المؤقت، وهو مكان لتخزين النفايات الخطرة خلال فترة محددة [21]، على أن يكون بعيدًا عن المرضى وعامة الناس، ولا يمكن الوصول إليه من قبل الآفات الفقارية [22]، ويكون قريباً من موقع المؤسسة الصحية أو داخلها ويمكن الوصول إليه، والحد الأدنى للمسافة بين المواقع والمرافق العامة 50 مترا [4، 21]. وتعد كفاءة نقل النفايات الطبية من المستشفيات إلى محطات التخلص مسألة في غاية الأهمية خاصة مع تفاقم الوضع الحالي لانتشار فيروس كورونا حيث تعتبر النفايات الطبية الناتجة شديدة العدوى بالإضافة لزيادة حجم تلك النفايات في هذه الفترة [23].

تتحمل مؤسسات الرعاية الصحية (منتجو النفايات) مسؤولية النفايات المتولدة حتى التخلص النهائي منها [24]، حيث تنقل النفايات خارج المنشأة الصحية إلى مرافق المعالجة لحين معالجتها بالطرق المناسبة، ويجب تغليفها جيدا ووضع بطاقة توضح نوعها وتحديد المكان المتجهة إليه [20]. وإذا تم شحن النفايات الخطرة عبر حدود دولية للمعالجة، فيجب أن تمتثل للوائح الوطنية والاتفاقيات الدولية. يجب أن يرتدي موظفو النقل معدات الحماية الشخصية الكافية من القفازات والأحذية القوية والمغلقة والسترات والأقنعة [22]. تنقل النفايات الطبية لمحطات معالجتها، والمقصود بمعالجة النفايات الطبية هو تغيير طبيعة تكوينها البيولوجي أو الكيميائي لجعلها غير سامة أو غير معدية، ومن الضروري أن تكون جميع النفايات المعدية معالجة قبل التخلص النهائي منها لمنع انتشار العدوى. ينبغي النظر في عدة عوامل عند الاختيار بين طرق معالجة النفايات الطبية، ونظراً لاختلاف أنواعها فإنه لا توجد طريقة واحدة مثالية لمعالجتها كلها حيث يوجد هنالك العديد من البدائل لمعالجة النفايات الطبية الصلبة كل منه له ميزاته وعيوبه. أخيراً التخلص النهائي من النفايات الطبية، فعادة ما يكون هناك بقايا للنفايات الطبية بعد معالجتها بإحدى الطرق المناسبة، حيث يتم التخلص من المتبقيات بطرق ثلاثة وهي رمي الرماد المتبقي في مكبات صحية مخصصة، وسكب السوائل بعد أن يخفف تركيزها أو تتم معادلتها في المجاري الصحية، ودفن الأجزاء التشريحية وغيرها في أماكن مخصصة بعيدة عن المناطق العمرانية [25].

2. الدراسات السابقة:

أكد سوالم وآخرون في دراستهم عن وصف الممارسات الحالية لإدارة النفايات الطبية المتعلقة بالتوليد والفصل والتخزين والنقل والتخلص في ليبيا، أن المستشفيات التي شملتها الدراسة ليس لديها دلائل إرشادية للجمع والتصنيف، ولا توجد طرق مناسبة للتخزين والتخلص من

شكل (1): أنواع النفايات الطبية

النفايات الناتجة حيث يتم التخلص منها في الغالب مع النفايات البلدية وجميعها تقريبا تمارس إدارة سيئة للنفايات. وفي العادة يتم إسناد التعامل مع النفايات إلى عمال غير مؤهلين جيدًا يؤدون جميع الأنشطة دون حماية وتدريب وتوجيه مناسبين [26]. وفي دراسة مشابهة وصفت الوضع الحالي فيما يتعلق بإدارة النفايات في مستشفيات المنطقة الشمالية الشرقية الليبية أظهرت نتائج مشابهة للدراسة السابقة متمثلة في سوء ممارسات إدارة النفايات الطبية [27]. سلطت دراسة ليلى وآخرون (2019) الضوء على ممارسات الجمع والتخلص وتحديد أنواع وتصنيف النفايات الطبية في مصراته. أفادت النتائج أن إدارة النفايات الطبية تفتقر للاهتمام الكافي، بالإضافة إلى عدم وجود محارق خاصة بل يتم حرقها في أماكن مفتوحة وفي أغلب الأحيان يتم خلطها مع النفايات البلدية. تم إسناد التعامل مع النفايات الطبية إلى عمال الرعاية الصحية الذين يؤدون جميع الأنشطة دون تدريب مناسب وبدون حماية كافية. وكان الأسلوب الشائع لنقل النفايات الطبية إلى حاويات التخزين باليد [28]. كما تم تحليل معدل الزيادة في توليد النفايات الطبية ومعالجتها في الوضع الراهن لانتشار جائحة كورونا في تايوان، وأظهرت النتائج بأنه لم يكن تأثير جائحة كورونا على توليد النفايات الطبية في تايوان كبيرًا في النصف الأول من عام 2020، وفيما يتعلق بطرق معالجة النفايات الحالية فقد اعتمدت بشكل أساسي على المعالجة الحرارية وإعادة التدوير [29]. فيما يخص الدراسات التي أجريت لتقييم بدائل معالجة النفايات الطبية، قام علي وآخرون (2016) بتقييم تقنيات التخلص من النفايات الطبية تضمنت دفن النفايات والحرق والتسميد وطرق إعادة تدوير المواد، وتم التقييم بناءً على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. تبين أن الدفن والحرق هما أسوأ بدائل التخلص النهائي، بينما التقنيات المعتدة على (التسميد، الترميد، وإعادة تدوير المواد) كأفضل حل من بين التقنيات التي تم تقييمها [30]. درس بادي وآخرون (2019)، تقييم بدائل معالجة نفايات الرعاية الصحية في ليبيا بالاعتماد على نموذج اتخاذ قرار قائم على النموذج الرمادي، وتم إجراء مقارنات بين أربع تقنيات مستخدمة في معالجة النفايات، وفقًا لخمسة معايير. أظهرت النتائج أن الميكروويف هو أنسب تقنية لمعالجة النفايات الطبية، يليه التعقيم بالبخار، بينما يأتي الطمر في نهاية الخيارات [31]. وفي دراسة مشابهة ل Thakur وآخرون (2017)، تم اختيار استراتيجية التخلص من نفايات الرعاية الصحية باستخدام نموذج التحليل الهرمي القائم على النظرية الرمادية في مدينة أوتارانتشال بولاية الهند الشمالية، حيث استخدمت ست معايير للتقييم وهي الخبرة، الاعتماد المفرط، والنقل والمخاطر المرتبطة به، والقواعد والقوانين، والعوامل البيئية، والعوامل الاقتصادية. حصل الخيار الاستراتيجي الاستعانة بمصادر خارجية على مؤشر استحسان أعلى من المعالجة الداخلية [32].

أما Voudrias (2016) فقد قام في دراسته لاختيار التقنية المناسبة لمعالجة النفايات الطبية المعدية باستخدام عملية التحليل الهرمي، وأخذ في الاعتبار أربعة معايير رئيسية: وهي المعايير الاجتماعية والتقنية والاقتصادية والبيئية، وأظهرت النتائج أن التطهير بالبخار اختير كأفضل تقنية معالجة من بين الأخريات المستعملة وهي الحرق، التطهير بالميكروويف، التطهير الكيميائي باستعمال الهيبوكلوريد الصوديوم و البلمرة العكسية باستخدام الموجات الدقيقة [33]. وتوصلت دراسة Xiao (2018)، في مدينة شنغهاي في الصين إلى أن التعقيم بالبخار كتقنية مثالية للتعامل مع نفايات الرعاية الصحية حيث تتميز بملوثات وبقايا أقل وغير خطرة عند مقارنته بمجموعة بدائل أخرى بالاعتماد على عدة معايير [34]. وقام Aung وآخرون (2019)، بتحليل أنظمة إدارة النفايات الطبية في مينامار وتم استعمال تقنيات اتخاذ القرارات المتعددة المعايير لتقييم معايير إدارة النفايات، وأظهرت النتائج بأن من أكثر التقنيات المستخدمة لمعالجة النفايات الطبية هي الرمي والحرق، ووجد أيضا قلة الجدية فيما يخص تخزين ونقل النفايات داخل وخارج الموقع خصوصا في المستشفيات الحكومية، بينما نسبة وعي الموظفين كان عالياً جداً فيما يخص المخاطر والمعالجة الآمنة للنفايات [35]. وفي دراسة حديثة قام بها Manupati وآخرون (2021)، عن اختيار أفضل تقنيات التخلص من نفايات الرعاية الصحية أثناء انتشار جائحة كورونا، باستخدام نماذج اتخاذ قرار متعددة المعايير، أشارت النتائج إلى أن الحرق هو أفضل تقنية للتخلص من النفايات من بين البدائل المتاحة [36]. وأجري Belhadi وآخرون (2020) دراسة عن استراتيجية إدارة النفايات المعدية أثناء جائحة كورونا في أفريقيا باستخدام إطار متكامل لصنع القرار لاختيار التقنيات المستدامة. أظهرت النتائج أن الجمع بين أسلوب الحرق والتطهير الكيميائي باستخدام الكلور، والأشعة فوق البنفسجية هي أكثر التقنيات استدامة لإدارة معالجة النفايات الطبية المعدية في الوضع الحالي [37].

بمراجعة الدراسات السابقة، وبالرغم من تقديم مجموعة متنوعة من الدراسات حول تقييم التعامل مع النفايات الطبية الصلبة فإن الدراسات المحلية تفتقر إلى دراسات تتعلق بتقييم تقنيات المعالجة المناسبة لمرافق الرعاية الصحية في ليبيا. ومن ثم، فإن الدراسة الحالية تستهدف اختيار تقنيات معالجة النفايات الطبية الصلبة الأنسب في ليبيا.

3. عملية التحليل الهرمي

عملية التحليل الهرمي طريقة اكتشفها وطورها البروفيسور توماس ساعاتي وهو عالم متخصص في العلوم الرياضية. كان الدافع وراء محاولة توماس ساعاتي لتطوير وسيلة بسيطة لمساعدة الناس العاديين في اتخاذ القرارات المعقدة و كانت النتيجة أسلوب التحليل الهرمي [38].

ينطوي صنع القرار على معايير وبدائل للاختيار بينها، وعادة ما يكون للمعايير أولويات مختلفة، والبدائل بدورها تتفاوت من حيث تحقيقها لكل من المعايير التي نرغب توفرها في القرار الأمثل. مما يتطلب منا نوعا من التنازلات في اختيارنا لأحد البدائل المتاحة. و حتى تكون تلك التنازلات منطقية و بحد أدني نحن بحاجة إلى وسيلة قياس، و القياس يحتاج إلى فهم جيد لأساليب القياس و وحدات القياس المختلفة. تقوم عملية التحليل الهرمي بوصف شامل للمشكلة وهو ما يعرف بالهدف [39]. فعملية التحليل الهرمي هي إحدى الأساليب المعتمدة في اتخاذ القرارات متعددة المعايير، حيث تعتمد على توظيف الأساليب الكمية في عملية اتخاذ القرار الخاص بانتقاء البديل المناسب من بين مجموعة من البدائل وفق معايير متعددة، فقد أثبتت النظرية نجاحها وكفاءتها العالية في حل المشاكل المعقدة، وأجريت العديد من الدراسات باستخدام هذه النظرية على مستوى العالم لمعالجة قضايا المفاضلة والاختيار بين مجموعة من البدائل [40].

وهي منهج لتنظيم المعلومات و الأحكام (وجهات النظر) المستخدمة في صناعة القرار متعدد و متباين المعايير الكمية والنوعية حيث يتيح لمتخذ القرار التعبير عن أولوياته الشخصية وأحكامه الموضوعية من مختلف أوجه المشكلة والتي يتطلب حلها قرارا يحقق عدة أهداف قد تكون متباينة فيما بينها. يقوم الأسلوب في أبسط صوره على تحليل المشكلة إلى جزئياتها وتكوين شكل يعكس تأثير المعايير المطلوب توفرها في العمل على بعضها البعض، ثم إجراء المقارنات الثنائية بين عناصر كل مجموعة أو مستوى من مستويات النموذج بالنسبة لعنصر في المستوى الأعلى. تتضمن المقارنة الثنائية أولوية (أو هيمنة) عنصر على آخر بتحديد تأثيره على العناصر الأخرى وفق نظام قيمي محدد والموضح في جدول (1) [41]، وتستخدم الخبرة الشخصية لإعطاء الأحكام في المقارنات بين المعايير النوعية و الكمية على حد سواء و يمكن استخدام المعلومات الفعلية في حال توفرها لقياس المعايير الكمية. تدمج الأحكام مع بعضها في حالة اشتراك عدة أفراد في اتخاذ القرار كما يمكن ان تعطى أحكامهم أوزانا حسب أهمية كل مشارك. أما مخرجات عملية التحليل الهرمي فتكون ترتيب البدائل التي تعكس أولويات متخذ القرار التي عبر عنها من خلال المقارنات الثنائية المكونة لعناصر المشكلة [42].

جدول (1): مقياس الأهمية النسبية

الوزن بالقياس الرقمي	التفسير بالقياس اللفظي
1	تساوي الأهمية
3	أحد المعيارين أهم بدرجة متوسطة من المعيار الآخر
5	أحد المعيارين أهم بدرجة قوية من المعيار الآخر
7	أحد المعيارين أهم بدرجة عالية جدً من المعيار الآخر
9	أحد المعيارين أهم بدرجة قصوى عن الآخر
2، 4، 6، 8	قيم وسطية تستخدم بين الأوزان السابقة عند المقارنة الرقمية

4. الحالة الدراسية

تهدف هذه الدراسة إلى اختيار الطريقة المناسبة لمعالجة النفايات الطبية الصلبة باستخدام عملية التحليل الهرمي، لذلك تم في البداية تحديد أهم المعايير المؤثرة في الاختيار ومن ثم بناء نموذج الاختبار العام.

1.4 معايير الاختيار:

بناءً على الدراسات السابقة كما في دراسة [18، 34، 43-46] تم اختيار المعايير الرئيسية المتمثلة في المعيار الاقتصادي والبيئي والتقني والاجتماعي والإداري، ولغرض إجراء تحليل تفصيلي؛ تم تحديد معايير فرعية لكل معيار رئيسي. تم وضع قائمة مبدئية لهذه المعايير كخطوة أولى لغرض تحديد مدى ملاءمة المعايير الفرعية التي اختيرت من الدراسات السابقة وعرضها على عدد من الخبراء في مجال معالجة النفايات الطبية وعددهم أربعة محكمين من أعضاء هيئة التدريس في الجامعات الليبية ذوي الخبرة الواسعة في هذا المجال. وفي ضوء آراء المحكمين تم تعديل بعض فقرات القائمة من حيث الحذف والإضافة والتعديل لتستقر في صورتها النهائية كما هو موضح في الجدول (2).

2.4 بناء نموذج التحليل الهرمي الخاص بالدراسة:

تم بناء هرم المشكلة، الشكل (2)، والذي بدأ بتحديد الهدف وهو اختيار التقنية المناسبة لمعالجة النفايات الطبية الصلبة، وتحديد المعايير الرئيسية وهي المعيار الاقتصادي، المعيار البيئي، المعيار التقني، المعيار الاجتماعي والمعيار الإداري، وكذلك المعايير الفرعية المعتمدة بناءً على نتائج قائمة تحديد المعايير التي تم عرضها على المحكمين، وانتهاءً بالبدائل المتوفرة وهي الحرق، التعقيم بالبخار، الميكروويف، الدفن والتطهير الكيميائي، ويوضح الجدول (3) وصف بدائل المعالجة.

وتم إعداد جداول المقارنة الزوجية للمعايير بناءً على عملية التحليل الهرمي والحصول على أوزان المعايير النسبية باستخدام النموذج المبني بطريقة التحليل الهرمي، وأخيراً الحصول على النموذج العام للاختيار.

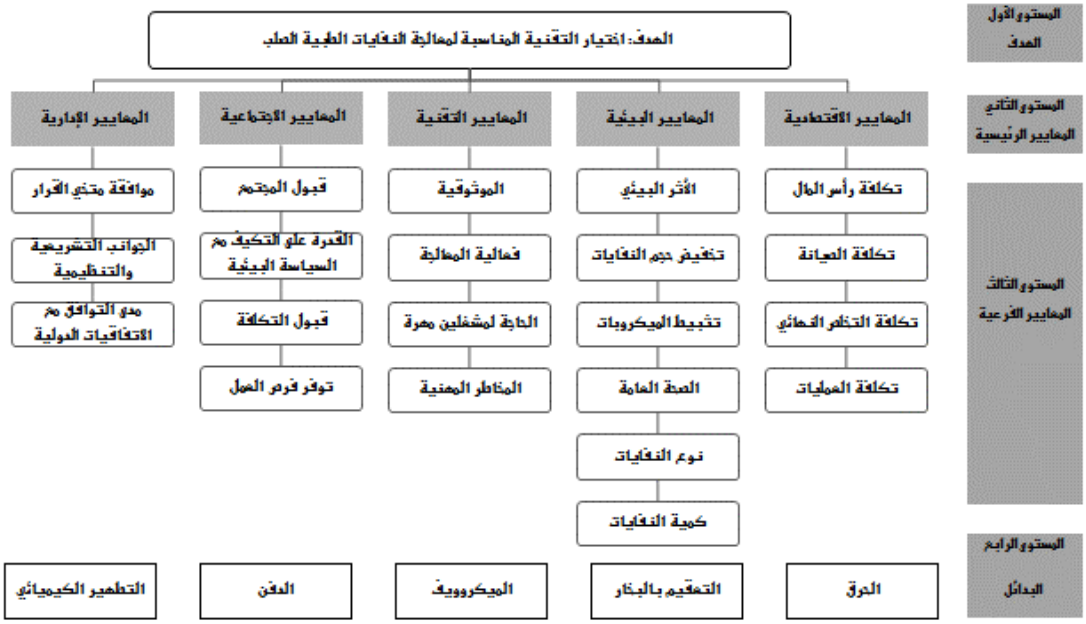
جرت عملية التحليل الهرمي عبر عدد من الخبراء المحكمين تم اختيارهم لغرض إجراء المقارنات الزوجية للمعايير تم إعدادها بأسلوب التحليل الهرمي من أجل إجراء العمليات الحسابية و حساب الأهمية النسبية للمعايير للتوصل إلى النموذج العام للاختيار وتحديد أفضل تقنية معالجة والتي تحصل على أعلى تقييم.

3.4 نتائج المقارنات الزوجية للمعايير:

بعد إعداد الشكل العام للنموذج وإدخال بيانات المقارنات الزوجية المبنية بطريقة التحليل الهرمي والتي قامت لجنة الخبراء بتعبأتها، فإنه قد تم الحصول على النتائج التالية:

1.3.4 نتائج المقارنات الزوجية للمعايير الرئيسية:

من الشكل (3) يتضح بأن المعيار الرئيسي الذي حاز على أعلى أهمية بين معايير الاختيار الرئيسية الأخرى هو المعيار البيئي وذلك بحصوله على نسبة 64.4% من الإجمالي الكلي لدرجات معايير الاختيار، ويمكن ارجاع ارتفاع هذه النسبة لمدى الأهمية الفعلية للمعيار البيئي في كونه المسؤول عن المخاطر الصحية والبيئية المترتبة على النفايات الطبية في حال إهمال هذا المعيار. وحصل المعيار الإداري على أقل نسبة



شكل 2: هرم المشكلة

كما أن نسبة الثبات والتوافق في هذه المقارنة كانت 8% وهذه النسبة مسموح بها وفق نظرية التحليل الهرمي.

2.3.4 *المقارنات الزوجية للمعايير الفرعية:*

يوضح هذا الجزء المقارنات الزوجية المتحصل عليها للمعايير الفرعية، كما هو موضح في الجدول (4).

3.3.4 *المقارنات الزوجية للبدائل قيد الدراسة مع المعايير الفرعية:*

بعد إدخال قيم التفضيل إلى البرنامج للمقارنة بين البدائل بالنسبة للمعايير؛ تم الحصول على النتائج في الجدول (5).

4.3.4 *الترتيب النهائي للبدائل:*

يتضح من الشكل (3) بأن تقنية معالجة النفايات الطبية الصلبة التي حازت على أعلى أهمية من بين تقنيات المعالجة الأخرى هي الميكروويف وذلك بحصوله على نسبة 28.2%، ويرجع ذلك لكونه أقل تأثير بيئي ويعتبر تكنولوجيا مقبولة يسهل فهمها واستخدامها.

يأتي في المرتبة الثانية التعقيم بالبخار بنسبة 23.3% لكونه تكنولوجيا شبيهة لحد ما بالميكروويف من حيث المزايا ولاستخدامات، يليها في الترتيب الحرق بنسبة 20.7%، ويرجع ذلك إلى سهولة استخدامه على نطاق واسع لأنواع النفايات الطبية، كما ويأتي في الترتيب الرابع الدفن بنسبة 14.7%. كما حل في المرتبة الأخيرة التطهير الكيميائي بنسبة 13.1%. ونسبة الثبات والتوافق في نموذج الاختبار العام كانت 7%.

5.3.4 *تحليل الحساسية:*

إن صانع القرار قد يكون مهتم جداً بمعرفة النتائج المترتبة على التغيير في الأوزان بعد أن يحصل على النتائج الأولى لنموذجه، ومن أجل معرفة تأثير تغيير أوزان المعايير وأهميتها على القرار المتحصل عليه يقوم بإجراء اختبار الحساسية، وهو فحص أولويات البدائل عند حدوث تغيير في أوزان أو أولويات المعايير الرئيسية، بمعنى آخر هل يتأثر ترتيب البدائل عند تغيير الأهمية النسبية لأحد المعايير الرئيسية.

جميع هذه الاختبارات تجيب على التساؤل السابق بحيث تبين التغير الحاصل على البدائل في حال تغيرت الأهمية النسبية للمعايير الرئيسية، وهي في دراستنا هذه المعيار الاقتصادي، البيئي، التقني، الاجتماعي والمعيار الإداري.

قياس التغيير الحاصل على ترتيب البدائل باستخدام تحليل حساسية الأداء:

عند تغيير أوزان أهمية المعايير الرئيسية (الجدول 6) لوحظ تغيير في تراتيب البدائل وفقاً لتغير معيار رئيسي في كل مرة (الجدول 7).

يتضح التغيير الذي طرأ على ترتيب البدائل عندما تم تغيير الأهمية النسبية للمعايير الرئيسية برفع أهميتها النسبية لتصبح تقريبا مساوية جميعا عند نسبة 25% مع خفض نسبة المعيار الاقتصادي للصفر ورفع باقي المعايير، وكانت النتيجة كما هو موضح في الجدول (7) السيناريو الأول عندما تم تخفيض نسبة المعيار الاقتصادي للصفر؛ بقى الميكروويف محافظاً على الترتيب الأول كأفضل بديل بينما ارتفع ترتيب تقنية الحرق للمركز الثاني بدلا من التعقيم بالبخار الذي تراجع للمركز الثالث فيما بقي الدفن والتطهير الكيميائي في المراكز الرابع والخامس على التوالي كما كانت في السابق قبل التغير.

ولوحظ أن التغيير الذي طرأ على الأهمية النسبية للمعايير الرئيسية أثر وبشكل مباشر على ترتيب البدائل على الرغم من بقاء تقنية الميكروويف محافظة على الصدار ة وبقاء تقنيتي الدفن والتطهير الكيميائي في المراكز الأخيرة.

جدول 2: وصف المعايير الفرعية

المعايير الاقتصادية

- تكلفة رأس المال: تكاليف اقتناء المعدات ومواقع التركيب ومتطلبات البنية التحتية من الهياكل والمرافق المادية والتنظيمية الأساسية (مثل المباني، وإمدادات الطاقة) اللازمة لتشغيل بديل معين لمعالجة النفايات الطبية.
- تكلفة التشغيل والصيانة: تكاليف الموظفين ومدخلات التشغيل وصيانة المرافق والمعدات.
- تكلفة التخلص النهائي: تكلفة الجمع والنقل والتخلص الآمن والسليم للبيئة.
- تكلفة العمليات: تكلفة استهلاك المياه والطاقة والأراضي أثناء معالجة النفايات الطبية

المعايير البيئية

- الأثر البيئي: عدد ونوعية تصريفات الملوثات، كمية الانبعاثات السامة المرتبطة بكل بديل وتأثيرها على البيئة.
- تخفيض حجم النفايات: تقليل الحجم والوزن.
- تثبيط الميكروبات: تقليل مخاطر العدوى.
- الصحة العامة: الآثار الصحية الخطيرة على الأشخاص في المحيط المباشر للعملية والنظم البيئية القريبة من النبات والحيوان.
- نوع النفايات: مدى ملائمة التقنية لأنواع النفايات الطبية المختلفة.
- كمية النفايات: كمية النفايات التي يمكن معالجتها بواسطة كل بديل معالجة في دورة معينة، محتوى المادة العضوية، ومحتوى الرطوبة التي تستطيع التقنية استحمالها

المعايير التقنية:

- الموثوقية درجة الاعتماد على التقنية بالتشغيل بدون خطأ أو عطل خلال مدة من الزمن وتحت شروط معينة على المدى الطويل.
- فعالية وكفاءة المعالجة قدرة نظام المعالجة ومدى مساهمته في معالجة كمية النفايات خلال دورة معينة على المدى الطويل للوصول لهدف القضاء على الميكروبات، أو تحطيم المواد الكيماوية بشكل تام.
- الحاجة إلى مشغلين مهرة المهارة والمعرفة والكفاءة المطلوبة من قبل فنيين مؤهلين على درجة عالية لتشغيل عمليات المعالجة وتحقيق المخرجات المرجوة.
- المخاطر المهنية متطلبات إجراءات سلامة شاملة للعاملين من المخاطر المرتبطة بتشغيل تقنية المعالجة.

المعايير الاجتماعية:

- قبول المجتمع: قبول التقنيات.
- القدرة على التكيف مع السياسة البيئية: الوعي البيئي.
- قبول التكلفة: قبول التكاليف البيئية المترتبة عند استخدام التقنية.
- توفير فرص العمل: عدد الوظائف التي تم إنشاؤها لتشغيل معدات المعالجة

المعايير الإدارية:

- موافقة متخذي القرار: مدى الدعم والمعرفة بالتقنيات.
- الجوانب التشريعية والتنظيمية الضوابط القانونية التي تغطي الإدارة الآمنة للنفايات الطبية، والخطط والدلائل الإرشادية الفنية لتركيب المعدات اللازمة للمعالجة.
- مدى التوافق مع الاتفاقيات الدولية المبادئ والتوصيات الدولية التي تم الاتفاق عليها والتي تحكم الصحة العامة أو الإدارة الآمنة للنفايات الطبية الخطرة

جدول 3: وصف بدائل المعالجة

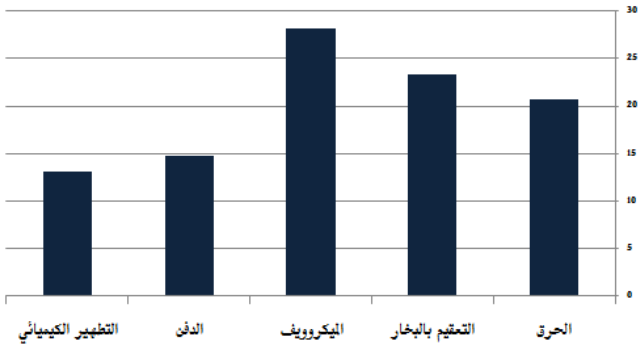
التقنية	وصفها
الحرق	حرق النفايات عند درجة حرارة عالية بحيث تتحول إلى رماد وهذا يؤدي إلى تخفيض حجمها. وهو مناسب لتحطيم النفايات الصيدلانية و الكيميائية بشكل كامل، من أهم هذه المزايا تكلفتها المالية بسيطة وتقليص حجم النفايات المتبقية إلى 10%، وعدم الاحتياج لفرز النفايات لمخاطر الصحية والبيئية أهم عيوب هذه التقنية.
التعقيم بالبخار	تطهير حراري بالبخار ويستخدم لتعقيم الأدوات الطبية التي يعاد استخدامها. وهذه الطريقة تسمح بمعالجة كميات محدودة من النفايات، ولذلك تستخدم عادة للنفايات شديدة العدوى فقط مثل المستنبتات الميكروبية أو الأدوات الحادة سهولة فهم التكنولوجيا وتكاليفها المنخفضة أهم ما يميز هذه التقنية
الميكروويف	يتم استخدام الموجات الكهرومغناطيسية لتسخين النفايات ويؤدي البخار الناتج من الرطوبة في النفايات إلى تدمير الكائنات الممرضة وهو تقنية صديقة للبيئة، حيث انبعاثات الهواء ضئيلة، وقد تكون هذه التقنية منافسة اقتصاديا مقارنة بالمحرقة غير أنها ليست مناسبة للمعالجة على نطاق واسع.
الدفن	هي إحدى الطرق الشائعة للتخلص النهائي من النفايات الطبية المتبقية مع أقل تأثير على البيئة.. على الرغم من أنها طريقة سهلة ومنخفضة التكلفة للتخلص من النفايات، يمكن أن تتسبب في المخاطر الصحية والتلوث البيئي كتلوث التربة، أو تلوث المياه الجوفية إذا كان موقع الدفن مصمماً بشكل غير ملائم.
التطهير الكيميائي	استخدام المطهرات الكيميائية للقضاء على الميكروبات بالمعدات الطبية والأرضيات والجدران، وهو مناسب لمعالجة السوائل الفسيولوجية والنفايات السائلة شديدة العدوى، تأثيره البيئي منخفض ويؤدي إلى تقليل حجم النفايات والامتثال لاتفاقية ستوكهولم، غير أن إجراءات السلامة المهنية ضرورية.

جدول (4): الأوزان النسبية للمعايير الرئيسية والفرعية

المعايير الرئيسية	وزن المعيار الرئيسي	المعايير الفرعية	وزن المعيار الفرعي
المعايير البيئية	%64.4	الأثر البيئي	33.6%
		تثبيط الميكروبات	26.6%
		الصحة العامة	17.9%
		نوع النفايات	8.8%
		كمية النفايات	6.8%
		تخفيض حجم النفايات	6.3%
المعايير الاقتصادية	%15	تكلفة التخلص النهائي	33.1%
		تكلفة والصيانة	24.1%
		تكلفة العمليات	24.1%
		تكلفة رأس المال	18.8%
المعايير التقنية	%11.3	المخاطر المهنية	52.5%
		فعالية وكفاءة المعالجة	29.9%
		الموثوقية	10.8%
		الحاجة إلى مشغلين مهرة	6.9%
المعايير الاجتماعية	%5.1	قبول المجتمع	39.1%
		القدرة على التكيف مع السياسة البيئية	27.6%
		قبول التكلفة	19.5%
		توفير فرص العمل	13.8%
المعايير الإدارية	%4.3	موافقة متخذي القرار	%66.1
		الجوانب التشريعية والتنظيمية	%20.8
		مدى التوافق مع الاتفاقيات الدولية	%13.1

جدول رقم (5): نتائج المقارنات الزوجية للبدائل بالنسبة للمعايير الفرعية

	المعايير الفرعية	النسبة المئوية للبدائل بالنسبة للمعايير الفرعية					نسبة الثبات
		الحرق	التعقيم بالبخار	الميكروويف	الدفن	التطهير الكيميائي	
المعايير الاقتصادية	تكلفة رأس المال	7.10%	15.40%	50.80%	17.60%	9.10%	5%
	تكلفة الصيانة	7.50%	16.30%	46.70%	20%	9.60%	3%
	تكلفة التخلص النهائي	42.90%	7%	27.40%	15.40%	7.40%	7%
	تكلفة العمليات	4.30%	29.70%	38.80%	19.30%	7.90%	9%
المعايير البيئية	الأثر البيئي	4.70%	31%	34.30%	16.60%	13.40%	2%
	تخفيض حجم النفايات	56.10%	5.20%	7.20%	26.90%	4.50%	7%
	تثبيط الميكروبات	28.30%	27.40%	22.60%	5.30%	16.30%	5%
	الصحة العامة	4.20%	32.40%	36.90%	7.20%	19.30%	5%
	نوع النفايات	20.50%	30.10%	30.10%	9.60%	9.70%	7%
	كمية النفايات	34.10%	9.60%	7.60%	40.30%	8.40%	10%
المعايير التقنية	الموثوقية	39.90%	17.70%	21.40%	7.70%	13.70%	10%
	فعالية وكفاءة المعالجة	36.80%	17.20%	22.80%	8.10%	15.10%	7%
	الحاجة إلى مشغلين مهرة	7.40%	29.50%	29.50%	4.20%	29.50%	2%
	المخاطر المهنية	47.50%	9.50%	14.80%	17.10%	11.20%	8%
المعايير الاجتماعية	قبول المجتمع	5.80%	28.60%	41.80%	6.40%	17.40%	10%
	القدرة على التكيف مع السياسة البيئية	8.30%	27.50%	36.20%	5.30%	22.60%	10%
	قبول التكلفة	44.80%	7.90%	7.90%	31.50%	7.90%	5%
	توفير فرص العمل	16.60%	9.40%	9.40%	55.20%	9.40%	1%
المعايير الإدارية	موافقة متخذي القرار	41.80%	8.20%	9.60%	33.30%	7.20%	3%
	الجوانب التشريعية والتنظيمية	4.50%	31.50%	35.70%	8.10%	20.20%	3%
	مدى التوافق مع الاتفاقيات الدولية	6.40%	31.50%	36.30%	6%	19.90%	4%



شكل 3: الترتيب النهائي للبدائل

جدول رقم (6): السيناريوات المقترحة لتحليل الحساسية

	المعيار الاقتصادي	المعيار البيئي	المعيار التقني	المعيار الاجتماعي	المعيار الإداري
النتائج الأصلية	15	64.4	11.3	5.1	4.3
السيناريو الأول	0	%25	%25	%25	%25
السيناريو الثاني	%25	0	%25	%25	%25
السناريو الثالث	%25	%25	0	%25	%25
السيناريو الرابع	%25	%25	%25	0	%25
السيناريو الخامس	%25	%25	%25	%25	0

جدول رقم (7): تغيير تراتيب البدائل مع تغيير نسب المعايير الرئيسية

	الحرق	التعقيم بالبخار	الميكروويف	الدفن	التطهير الكيميائي
التراتيب الأصلية	3	2	1	4	5
السيناريو الأول	1	3	2	4	5
السيناريو الثاني	2	4	1	3	5
السناريو الثالث	2	2	1	3	4
السيناريو الرابع	1	3	2	4	5
السيناريو الخامس	2	3	1	4	5

5. الخلاصة:

لعل من أبرز المشاكل البيئية على مستوى العالم ذلك الكم الهائل من النفايات الصلبة لا سيما النفايات الطبية التي تشكل مصدر قلق خاصة في السنوات الأخيرة، مع تزايد نسبة الأمراض والأوبئة وكثرة التردد على مرافق الرعاية الصحية، ومما يزيد الكارثة الممارسات الخاطئة في التعامل مع هذه النفايات مع قلة الوعي بالمخاطر المحتملة كما أكدت عليه الدراسات [26-28]، يستدعي الأمر التركيز على مسار تلك النفايات وأن يتم التخلص منها بطرق آمنة، هذا ما كان دافعا لإجراء هذه الدراسة من أجل اختيار التقنية المناسبة، باستخدام تقنية رياضية تساعد في اتخاذ قرار اختيار التقنية المناسبة بالاستناد على عدة معايير مهمة، ومن خلال المقارنات التي أجريت للمعايير الرئيسية تبين أن المعيار الرئيسي الذي حاز على أعلى أهمية بين معايير الاختيار الرئيسية الأخرى هو المعيار البيئي وذلك بحصوله على نسبة 64.4% من الإجمالي الكلي، ويرجع ارتفاع هذه النسبة بشكل مرتفع لمدى الأهمية الفعلية للمعيار البيئي في كونه المسؤول عن المخاطر الصحية والبيئية المترتبة على النفايات الطبية في حال إهمال هذا المعيار. والمعيار الرئيسي الآخر الذي حل في المرتبة الثانية هو المعيار الاقتصادي الذي حصل على نسبة 15%، يليه المعيار التقني بنسبة 11.3%، ثم المعيارين الاجتماعي والإداري بنسبة 5.1 و 4.3 على التوالي.

وقد تحصلت المعايير الفرعية تكلفة التخلص النهائي، الأثر البيئي، المخاطر المهنية، قبول المجتمع و موافقة متخذي القرار على الترتيب الأول بمعدلات 33.1%، 33.6%، 52.5%، 39.1%، و66.1%على التوالي ضمن قوائم المعايير الخمسة الرئيسية (الاقتصادية، البيئية، التقنية، الاجتماعية والإدارية). ويرجع تفوق هذه المعايير عن باقي المعايير الفرعية الأخرى في كون أن التقنية المختارة يجب أن تكون ذات أثر بيئي منخفض بأقل الأضرار المهنية وتكلفة أقل وأن تحظى بقبول الجمهور ومتخذي القرار. وتوصلت الدراسة إلى أن أفضل تقنية حازت على الترتيب الأول هي الميكروويف، حيث حاز على أعلى قيمة بمعدل 28.2%، لكونه أقل تأثير بيئي ويعتبر تكنولوجيا مقبولة يسهل فهمها واستخدامها هذا ما يتوافق مع دراسة [31]. وتحصل على التعقيم بالبخار على الترتيب الثاني بنسبة 23.3%، فيما تحصل الحرق على الترتيب الثالث بنسبة 20.7%، كما ويأتي في الترتيب الرابع الدفن بنسبة 14.7%. كما حل في المرتبة الأخيرة التطهير الكيميائي بنسبة 13.1%.

وبناءً على النتائج التي توصلت لها الدراسة وبهدف اختيار التقنية المناسبة لمعالجة النفايات الطبية الصلبة بمدينة مصراتة، هذه مجموعة من التوصيات التي تقدمها الدراسة للمساهمة في حل هذه المشكلة:

1- تطبيق الإدارة المتكاملة للنفايات الطبية في المستشفيات والمراكز الصحية لضمان التخلص الآمن من النفايات الطبية .
2- وضع خطط وبرامج وتعليمات منظمة شاملة للنفايات الطبية، وتوضيح المهام والمسؤوليات وإجراء تقييم دوري يضمن تجنب العشوائية في التعامل مع النفايات الخطرة.
3- اعتماد الأساليب الحديثة في اختيار أنسب الطرق لمعالجة النفايات الطبية لتوجيه مدراء مراكز الرعاية الصحية بما يتماشى مع الوضع الراهن.

المراجع

[1] ن. ج. ع. ا. الجوباني، "دور إدارة النفايات الطبية في الصحة والسلامة المهنية للعاملين في المستشفيات الحكومية بأمانة العاصمة - دراسة ميدانية،" قسم إدارة الأعمال، إدارة الأعمال، جامعة الأندلس للعلوم والتقنية، صنعاء، 2018.

[2] Z. M. Shareefdeen، "Medical waste management and control،" *Journal of Environmental Protection*، vol. 3، p. 1625، 2012.

[3] J. E. Edited by Yves Chartier، Ute Pieper،، P. R. Annette Prüss، Ruth Stringer،، and S. W. a. R. Z. William Townend، *Safe management of wastes from health-care activities* vol. Second editio: World Health Organization، 2014.

[4] H. Sutrisno and F. Meilasari، "Medical Waste Management For Covid19،" *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN*، vol. 12، pp. 104-120، 2020.

[5] J. EMMANUEL، *Compendium of Technologies for Treatment / Destruction of Healthcare Waste*. United Nations Environment Programme Division of Technology، Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka، Japan، 2012.

[6] M. S. Haque، K. Fazal، P. K. Singh، A. N. Aslami، and R. Kumar، "An Assessment of Knowledge، Attitude and Practices (KAP) of Bio-Medical Waste Management During Covid-19 Among Health Care Workers In A Tertiary Care Hospital of Bihar،" *International Journal of Health and Clinical Research*، vol. 4، pp. 158-161، 2021.

[7] P .Agamuthu and J. Barasarathi، "Clinical waste management under COVID-19 scenario in Malaysia،" *Waste Management & Research*، p. 0734242X20959701، 2020.

[8] W. H. Organization، "Safe management of wastes from health-care activities: a summary،" World Health Organization2017.

[9] Y. Babanyara، D. Ibrahim، T. Garba، A. Bogoro، and M. Abubakar، "Poor Medical Waste Management (MWM) practices and its risks to human health and the environment: a literature review،" *Int J Environ Ealth Sci Eng*، vol. 11، pp. 1-8، 20.13

[10] USAID، " SECTOR ENVIRONMENTAL GUIDELINES HEALTHCARE WASTE،" 2015.

[11] ف. آمال، "مخاطر نفايات النشاطات الطبية على الصحة في المجتمع،" مجلة الفكر، العدد 13، vol. pp. 227-250، 2017.

[12] H. Abu-Qdais، M. Al-Ghazo، and E. Al-Ghazo، "Statistical analysis and characteristics of hospital medical waste under novel Coronavirus outbreak،" *Global Journal of Environmental Science and Management*، vol. 6، pp. 1-10، 2020.

[13] S. A. HassaY، "Restraining COVID-19: Management of Hospital Waste in Post Pandemic Setting in West Africa،" *J Biomed Allied Res*، vol. 2، pp. 1-8، 2020.

[14] G. o. N. M. o. H. a. Population، *Health Care Waste Management in the context of COVID-19 Emergency*، 2020.

[15] H. Yu، X. Sun، W. D. Solvang، and X. Zhao، "Reverse logistics network design for effective management of medical waste in epidemic outbreaks: Insights from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in Wuhan (China)،" *International journal of environmental research and public health*، vol. 17، p. 1770، 2020.

[16] C. Kenny and A. Priyadarshini، "Review of Current Healthcare Waste Management Methods and Their Effect on Global Health،" in *Healthcare*، 2021، p. 284.

[17] M. R. Ranjan، A. Tripathi، and G. Sharma، "Medical waste generation during COVID-19 (SARS-CoV-2) pandemic and its management: an Indian perspective،" *Asian Journal of Environment & Ecology*، pp. 10-15، 2020.

[18] A. Hinduja and M. Pandey، "Assessment of healthcare waste treatment alternatives using an integrated decision support framework،" *International Journal of Computational Intelligence Systems*، vol. 12، pp. 318-333، 2019.

[19] I. C. o. t. R. C. (ICRC)، *Medical Waste Management*. Geneva، 2011.

[20] م. ا. العالمية، الإدارة الامنة لنفايات أنشطة الرعاية الصحية. عمان، الأردن، 2006.

[21] A. N. Mustaqiman and E .A. Hutta، "The Transportation and Storage Conformity Evaluation of Hazardous and Toxic Waste of Fertilizer Production،" *International Journal of Eco-Innovation in Science and Engineering*، vol. 1، pp. 6-12، 2020.

[22] UNEP، "Waste Management during the COVID-19 Pandemic From Response to Recovery،" August 2020.

[23] Z. Liu، Z. Li، W. Chen، Y. Zhao، H. Yue، and Z. Wu، "Path optimization of medical waste transport routes in the emergent public health event of covid-19: A hybrid optimization algorithm based on the immune–ant colony algorithm،" *International Journal of Environmental Research and Public Health*، vol. 17، p. 5831، 2020.

[24] A. Maalouf and H. Maalouf، "Impact of COVID-19 pandemic on medical waste management in Lebanon،" *Waste Management & Research*، p. 0734242X211003970، 2021.

[25] ع. سيديدريس، "استراتيجية إدارة النفايات الطبية " مجلة التواصل في العلوم الانسانية و الاجتماعية، vol. 47، 2016.

[26] M. Sawalem، E. Selic، and J.-D. Herbell، "Hospital waste management in Libya: A case study،" *Waste management*، vol. 29، pp. 1370-1375، 2009.

[27] F. A. E. Mabrouk، "Medical Waste Management in Libya Northeastern Region Hospitals as a Case Study،" *Middle East*، vol. 1، p. 3.0، 2015.

[28] L. Karawad، S. Elwahaishi، A. Elhamrouh، and A. Altabet، "ASSESSMENT OF MEDICAL SOLID WASTE MANAGEMENT IN MISRATA HEALTHCARE CENTERS AND HOSPITALS،" *Scientific Journal of Faculty of Education، Misurata University-Libya*، vol. 1، pp. 28-44، 2019.

strategy during COVID-19 pandemic in Africa: An integrated decision-making framework for selecting sustainable technologies،" *Environmental Management* ،vol. 66، pp. 1085-1104، 2020.

[38] E. H. Forman and S. I. Gass، "The analytic hierarchy process—an exposition،" *Operations research*، vol. 49، pp. 469-486، 2001.

[39] أ. باهرمز، "تطبيق لأسلوب التحليل الهرمي للقرار الجماعي على تحديد أفضل المواقع في المملكة العربية السعودية لكليات المجتمع " المجلة السعودية للتعليم العالي، vol. 2، 2004.

[40] ح. أ. أبووطفة، "استخدام عملية التحليل الهرمي في تحديد أولويات القطاع الصناعي في فلسطين من أجل تحقيق التنمية المستدامة،" رسالة ماجستير في الاقتصاد، الجامعة الاسلامية، غزة، 2014.

[41] ت. س. (1995)، "صناعة القرار للقادة،" معهد الإدارة العامة، 2001.

[42] أ. ب. م. أ. باهرمز، "منهجية علمية لتحقيق الاعتدال في قراراتنا: أسلوب التحليل الهرمي/ الشبكي،" pp. 1-21.2017 ، مايو

[43] H.-C. Liu، J. Wu، and P. Li، "Assessment of health-care waste disposal methods using a VIKOR-based fuzzy multi-criteria decision making method،" *Waste management*، vol. 33، pp. 2744-2751، 2013.

[44] M. Dursun، E. E. Karsak، and M. A. Karadayi، "Assessment of health-care waste treatment alternatives using fuzzy multi-criteria decision making approaches،" *Resources، Conservation and Recycling*، vol. 57، pp. 98-107، 2011.

[45] P. Taboada-González، Q. Aguilar-Virgen، S. Ojeda-Benítez، and S. Cruz-Sotelo، "Application of analytic hierarchy process in a waste treatment technology assessment in Mexico،" *Environmental monitoring and assessment*، vol. 186، pp. 5777-5795، 2014.

[46] M. A. A. Samah، L. A. Manaf، and N. Zuki، "Application of AHP model for evaluation of solid waste treatment technology،" *International Journal of Engineering Techsci*، vol. 1، pp. 35-40، 2010.

[29] W.-T. Tsai، "Analysis of medical waste management and impact analysis of COVID-19 on its generation in Taiwan،" *Waste Management & Research*، p. 0734242X21996803، 2021.

[30] M. Ali، W. Wang، and N. Chaudhry، "Application of life cycle assessment for hospital solid waste management: A case study،" *Journal of the Air & Waste Management Association*، vol. 66، pp. 1012-1018، 2016.

[31] I. Badi، A. Shetwan، and A. Hemeda، "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، 2019.

[32] V. Thakur and A. Ramesh، "Healthcare waste disposal strategy selection using grey-AHP approach،" *Benchmarking: An International Journal*، 2017.

[33] E. A. Voudrias، "Technology selection for infectious medical waste treatment using the analytic hierarchy process،" *Journal of the air & waste management association*، vol. 66، pp. 663-672، 2016.

[34] F. Xiao، "A novel multi-criteria decision making method for assessing health-care waste treatment technologies based on D numbers "،*Engineering Applications of Artificial Intelligence*، vol. 71، pp. 216-225، 2018.

[35] T. S. Aung، S. Luan، and Q. Xu، "Application of multi-criteria-decision approach for the analysis of medical waste management systems in Myanmar،" *Journal of Cleaner Production*، vol. 222، pp. 733-745، 2019.

[36] V. K. Manupati، M. Ramkumar، V. Baba، and A. Agarwal، "Selection of the best healthcare waste disposal techniques during and post COVID-19 pandemic era،" *Journal of Cleaner Production*، vol. 281، p. 125175، 2021.

[37] A. Belhadi، S. S. Kamble، S. A. R. Khan، F. E. Touriki، and D. Kumar، "Infectious waste management