Multi-Criteria Decision Analysis of Solid Waste Treatment Methods in Lattakia city

Dr. Haytham Shahin[*]
Dr. Raed Jafar[**]
Zahraa Alhindawee[***]

(Received 1 / 6 / 2022. Accepted 31 / 7 / 2022)

□ ABSTRACT □

Lattakia city faces many problems related to the mismanagement of solid waste, as the process of disposal is limited to the random Al-Bassa landfill without treatment. Therefore, solid waste management poses a special challenge to decision makers by choosing the appropriate tool that supports strategic decisions in choosing MSW treatment methods and evaluating their management systems. As the human is primarily responsible for the formation of waste, this study aims to measure the level of environmental awareness in Lattakia Governorate from the point of view of the research sample members. Data were collected and analyzed using the SPSS.21 statistical package. This study also presents a methodology to find the optimal scenario for solid waste treatment using the Analytic Network Process ANP represented by Super Decisions. The study reached that there is an environmental awareness about the danger of the increasing percentage of environmental pollution, also determined the optimal treatment method for solid waste according to the theory of analytical network, where the biogas production method ranked the first.

Keywords : Environmental Awareness, Municipal Solid Waste MSW, Multi-Criteria Decision-Making MCDM, Analytic Network Process ANP.

[*]**Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria; shahinhier@gmail.com**
[**]**Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria; raedjafar@yahoo.fr**
[***]**Postgraduate Student, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria; zahraa.hindaway@gmail.com**

تحليل القرار متعدّد المعايير لطرق معالجة النفايات الصلبة في مدينة اللاذقيّة

د. هيثم شاهين*

د. رائد جعفر**

زهراء الهنداوي***

(تاريخ الإيداع 1 / 6 / 2022. قُبِل للنشر في 31/ 7 / 2022)

□ ملخّص □

تواجه مدينة اللاذقيّة الكثير من المشكلات المرتبطة بسوء إدارة النفايات الصلبة، حيث تقتصر عملية التخلص منها في مكب البصّة العشوائي دون معالجة، لهذا تشكل إدارة النفايات الصلبة تحدّياً خاصاً لصانعي القرار باختيار الأداة المناسبة التي تدعم القرارات الاستراتيجية في اختيار طرق معالجة النفايات الصلبة وتقييم أنظمة إدارتها. بما أنّ الإنسان هو المسؤول الأول عن توليد النفايات، فإن هذه الدراسة تهدف إلى قياس درجة الوعي البيئي في محافظة اللاذقية، من وجهة نظر أفراد عينة البحث، حيث تم جمع البيانات وتحليلها باستخدام الحزمة الإحصائية SPSS.21. تقدم هذه الدراسة أيضاً منهجيّة لإيجاد السيناريو الأمثل لمعالجة النفايات الصلبة، باستخدام طريقة التحليل الشبكي ANP ممثلة ببرنامج Super Decisions. توصلت الدراسة إلى وجود وعي بيئي بخطر تزايد نسبة التلوث، كما حددت طريقة المعالجة المثلى للنفايات الصلبة، وفق نظرية التحليل الشبكي، حيث احتلت طريقة إنتاج الغاز الحيوي المرتبة الأولى.

الكلمات المفتاحية: الوعي البيئي، النفايات البلدية الصلبة MSW، اتخاذ القرار متعدد المعايير MCDM، طريقة التحليل الشبكي ANP.

* أستاذ _ قسم الهندسة البيئية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سورية. shahinhier@gmail.com

** أستاذ مساعد _ قسم الهندسة البيئية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سورية. raedjafar@yahoo.fr

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) _ قسم الهندسة البيئية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سورية. zahraa.hindaway@gmail.com

مقدمة:

تتفاقم مشكلة النفايات يوماً بعد آخر، ويعود ذلك إلى النمو السكاني، التوسع العمراني، وارتفاع مستوى المعيشة، فالكميات الهائلة من النفايات المتولدة تشكل خطراً حقيقياً على صحة الإنسان وكذلك على سلامة البيئة، مما يسبب عبئاً ثقيلاً على كاهل البلديات التي تقف عاجزة عن معالجتها في الكثير من الحالات [1].

تعتبر النفايات الصلبة من أهم القضايا البيئية التي توليها الدول في الوقت الراهن اهتماماً متزايداً، ليس فقط لآثارها الضارة على الصحة العامة والبيئة وتشويهها للوجه الحضاري، بل كذلك لآثارها الاجتماعية والاقتصادية [1، 2]، فالإنسان هو المسؤول الأول عن تشكل النفايات، وأي برنامج لإدارة النفايات البلدية الصلبة يجب أن يأخذ بعين الاعتبار دور الوعي البيئي لدي المواطنين، فوجود الوعي البيئي ضرورة أساسية لأهميته في تخفيف تكاليف معالجة النفايات الصلبة وتحسين مستوى إدارتها، فضلاً لدوره الكبير في إنجاح جهود البلديات في معالجة النفايات بشكل سليم للوصول إلى بيئة أفضل. [2]

تتمثل الأهداف الأساسية للإدارة المستدامة للنفايات في حماية صحة الإنسان والبيئة والحفاظ على الموارد، كما تشمل الأهداف الإضافية منع تصدير المشكلات المتعلقة بالنفايات مستقبلاً [3، 4]، لهذا يطبق صانعو القرار استراتيجيات متكاملة لتحقيق تلك الأهداف، إذ تتكون من العديد من العمليات المتصلة، مثل التجميع والنقل والمعالجة وإعادة التدوير والتخلص الآمن بغية تحقيق التوازن بين العوامل البيئية، الاقتصادية، التقنية، التنظيمية، والعوامل الاجتماعية الأخرى بتكاليف مقبولة [5].

في ضوء الدراسات التي أجريت لتحديد استراتيجيات إدارة النفايات الصلبة، أجريت دراسة في الإمارات العربية المتحدة قارنت فيها عملية الحرق والتحويل إلى غاز والهضم اللاهوائي والأسمدة والطمر الصحي، وكانت النتيجة تشجّع استخدام الهضم اللاهوائي والتحويل إلى غاز أكثر من باقي الطرق [6].

تم تقديم نهج للإدارة المستدامة للنفايات البلدية الصلبة في البلدان النامية من خلال التفكير المنهجي لدورة الحياة. تناولت الدراسة الممارسات في لبنان كدراسة حالة للتخلص غير المنضبط. قارنت فيها 30 سيناريو بديل لإدارة النفايات الصلبة تم تقييمها لفوائدها البيئية والاقتصادية لتوضيح النهج المقترح و تطوير أنظمة إدارة النفايات واختيار البدائل. أظهرت النتائج أن إعادة التدوير إلى جانب التسميد يقلل بشكل ملحوظ من الآثار البيئية، كما أظهرت أن تركيب النفايات المختلفة يلعب دوراً رئيسياً في الأداء البيئي لنظام إدارة النفايات [7].

تم تطبيق منهج تقييم دورة الحياة Life Cycle Assessment LCA في مدينة اللاذقية وخلصت النتائج إلى أن السيناريو الأفضل بيئياً يتكون من منشأة فرز المواد واستردادها، إعادة تدوير المواد القابلة لإعادة التدوير، تخمير الجزء العضوي في هاضم لاهوائي، الاستفادة من الغاز الناتج في توليد الكهرباء، تجفيف المادة المخمرة لتحويلها إلى سماد ثم طمر المتبقي من النفايات التي تعتبر نفايات خاملة لن تؤدي إلى انبعاثات خطيرة [8].

إن الاختيار الخاطئ لتقنيات التخلص من النفايات والذي يمثل مشكلة رئيسة في مجال النفايات البلدية الصلبة له آثار سلبية طويلة المدى على التنمية البيئية والنمو الاقتصادي [9]، ونظراً لوجود عيوب ومزايا للتقنيات المختلفة لابد من معالجة هذه المشكلة بالنظر في العديد من معايير الاختيار من حيث الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية [10] لذلك يمكن معالجة مشكلة إدارة النفايات البلدية الصلبة باستخدام أساليب دعم اتخاذ القرار متعددة المعايير [11].

أجريت مراجعة أدبية لتطبيقات صنع القرار متعددة المعايير المستخدمة في إدارة النفايات الصلبة، ولوحظ أن الدراسات التي تستخدم أساليب اتخاذ القرار متعددة المعايير في إدارة النفايات الصلبة يتم تناولها في الغالب إلى المشكلات المتعلقة بالنفايات البلدية الصلبة التي تنطوي على موقع المنشأة أو استراتيجية الإدارة [12].

في هذا السياق، استُخدمت طريقة التحليل الشبكي الضبابي Fuzzy ANP لدراسة اختيار المواقع المناسبة لإقامة المطامر الصحية في مدينة قم الإيرانية، كونها أحد الموضوعات الأساسية المتعلقة بالاستقرار البيئي للمدن، وكشفت النتائج أن تكامل المنطق الضبابي والتحليل الشبكي يعطي فكرة أفضل مقارنة بالنماذج الأخرى مثل طريقة التسلسل الهرمي AHP والمنطق الضبابي بشكل فردي، وأوضحت الدراسة أنه يمكن تطبيق هذا النموذج في اختيار موقع المطامر الصحية في أماكن أخرى مماثلة [13].

كما استُخدمت طريقة التحليل الشبكي في اختيار تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي في المجتمعات الصغيرة، نظراً لتوافر العديد من البدائل والمعايير التي تشارك في عملية صنع القرار، أوضحت النتائج أن أنظمة البرك والأراضي الرطبة هي البدائل المفضلة في معالجة مياه الصرف الصحي، وأظهرت الدراسة أن التحليل الشبكي يساهم في التقييم بشكل أفضل [14].

أهميّة البحث وأهدافه:

تشكّل إدارة النفايات الصلبة تحدّياً كبيراً في مواجهة المشكلات البيئية المتفاقمة لدى متخذي القرار، وهنا تبرز أهمية البحث عن إطار تحليلي يتم الانطلاق منه في عمليات اتخاذ القرار المناسب لمعالجة النفايات الصلبة.

يهدف البحث إلى تطوير منهجية تعتمد على عدّة معايير في اتخاذ القرار من أجل تعزيز سبل الاستفادة من النفايات بصفة عامة، كمورد يُحقق وفورات اقتصاديّة وبيئية عديدة، وهذا يعتمد إلى حدّ كبير على درجة الوعي البيئي حول إدارة النفايات الصلبة الذي يشكل العامل الأهم في نجاح عملية المعالجة.

طرائق البحث ومواده:

1. التحليل الإحصائي

تكوّن مجتمع البحث من سكان محافظة اللاذقية وبلغ عدد أفراد العينة المطبقة 433 فرداً، واقتصر حجم العينة على 415 فرداً وذلك بعد حذف الاستبانات غير الصالحة للتحليل الإحصائي.

تضمنت الاستبانة 225 فرداً من أبناء المدينة و 190 فرداً من أبناء الريف، يتوزعون إلى 133 ذكوراً و 282 إناثاً، شملت الاستبانة على 40 عبارة، قُسمت إلى محاور تضم أربعة معايير وهي (المعيار البيئي، المعيار الاجتماعي، المعيار الاقتصادي، والمعيار التكنولوجي)، اعتُمد أسلوب التصحيح وفقاً لمقياس ليكرت الخماسي (أوافق بشدة: أُعطيت الدرجة 5، أوافق: أُعطيت الدرجة 4، حيادي: أُعطيت الدرجة 3، لا أوافق: أُعطيت الدرجة 2، لا أوافق بشدة: 1).

في هذا البحث تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي الذي يتيح إمكانية الدراسة التحليلية لمختلف جوانب الظاهرة في وصفها وتحليلها وصولاً إلى النتائج المطلوبة، تم تحليل نتائج الأداة باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية SPSS.21 للعلوم الاجتماعية لمعالجة البيانات.

أجري اختبار Chi-square لاختبار استقلالية المتغيرات الوصفية (مكان الإقامة، المستوى التعليمي، الجنس، الفئة العمرية، العمل)، كانت قيمتها الاحتمالية جميعها أكبر من ($\alpha = 0.05$)، بالتالي فإن المتغيرات الوصفية مستقلة.

استخدم الباحث كل من طريقة التجزئة النصفية ومعادلة كرونباخ ألفا للتأكد من ثبات أداة الدراسة على عينة استطلاعية مكونة من 50 فرداً، بلغ معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية قبل التعديل 0.736، ثم جرى تعديله باستخدام معادلة جيتمان Guttman الذي يبيّن أن معامل الثبات بلغ 0.745، في حين كان معامل الثبات باستخدام معادلة كرونباخ ألفا 0.834 وهو معامل ثبات مرتفع إحصائياً. تم حساب معامل ارتباط بيرسون لمعايير الدراسة وكان المعيار البيئي والمعيار الاجتماعي هما الأقوى ارتباطاً بقيمة تساوي 0.68، بينما المعيار التكنولوجي والمعيار الاقتصادي هما الأقل ارتباطاً بقيمة تساوي 0.45 .

2. منهجية التحليل الشبكي:

استُخدمت عملية التحليل الشبكي Analytic Network Process ANP التي تعتبر أكثر توسعاً وشمولية من طريقة التحليل التسلسلي الهرمي Hierarchical Analysis Process AHP، وقد تم تطويرها من قبل (Saaty,1999) لتشمل حالات الاعتماد والتغذية الراجعة وتعمم على نهج المصفوفة الفائقة Supermatrix التي تم تقديمها في كتاب (Saaty,1980) حول التحليل التسلسلي الهرمي.

تعتبر طريقة التحليل الشبكي أداة قوية لحل مشكلات صنع القرار متعددة المعايير والتي تحوي على ارتباطات معقدة بين عناصر القرار، تسمح طريقة التحليل الشبكي بالتفاعلات والتغذية المرتدة داخل المجموعات (الاعتماد الداخلي) وبين المجموعات (الاعتماد الخارجي)، كما تسمح بتضمين جميع العوامل والمعايير، الملموسة وغير الملموسة، وخاصة عندما يتعلق الأمر بالمخاطر وعدم اليقين التي لها تأثير على اتخاذ القرار الأفضل [15، 16].

يتم تمثيل نموذج ANP من خلال شبكة من التسلسلات الهرمية للمجموعات (العناقيد)، والعناصر (العقد)، والعلاقة المتبادلة بين العناصر، والعلاقة المتبادلة بين المجموعات [17، 18].

تستخدم عملية التحليل الشبكي في اتخاذ القرارات التي لا يمكن فيها إهمال تأثير المعايير والبدائل على بعضها البعض، كما هو الحال في قرارات اتخاذ السيناريو الأمثل في معالجة النفايات الصلبة.

تم تنفيذ طريقة التحليل الشبكي في برنامج Super Decisions، الذي طوره فريق مبتكر الطريقة Thomas Saaty برعاية مؤسسة القرارات الإبداعية Creative Decisions Foundation.

تتكون طريقة التحليل الشبكي من اقتران جزأين، الجزء الأول عبارة عن تسلسل هرمي أو شبكة من المجموعات (المعايير الرئيسة والمعايير الفرعية) التي تتحكم في التفاعلات ضمن الشبكة، والثاني هو شبكة من التأثيرات بين العناصر والمجموعات، تختلف الشبكة من معيار إلى معيار آخر ويتم حساب المصفوفة الفائقة Supermatrix لكل معيار تحكم، وفي النهاية يتم تجميع النتائج من خلال حساب الأولويات لجميع معايير التحكم. [19]

1.2. الخطوات الرئيسة للمنهجية المقترحة:

تعتمد طريقة التحليل الشبكي في بناء النموذج على مبدأ التحليل التسلسلي الهرمي، حيث تقوم منهجية التحليل الشبكي ANP على الخطوات الأربع التالية: [20، 21]

أ. بناء النموذج وصياغة المشكلة

ب. تشكيل مصفوفات المقارنة الثنائية ومتجهات الأولوية

ج. تشكيل المصفوفة الفائقة

د. اختيار البديل الأفضل

أ. بناء النموذج وصياغة المشكلة Model construction and problem structuring

تمت صياغة المشكلة بتشكيل البناء الهرمي الموضح في الشكل (1) وذلك من خلال تعريف المشكلة، المعايير المؤثرة فيها، وكذلك البدائل المقترحة. والممثلة بالمستويات الثلاثة التالية:

1- الهدف: يجب تحديد الهدف الأساسي الذي يعد الغاية من عرض المشكلة، هدف البحث هو إيجاد السيناريو الأمثل لمعالجة النفايات الصلبة.

2- المعايير: تسمح طريقة التحليل الشبكي بتشكيل بنية هرمية من المعايير، مما يمكّن المختصين من التركيز بشكل أفضل على معايير رئيسة ومعايير فرعية عند تعيين الأوزان، وبعد الاطّلاع على العديد من الدراسات العالمية و معايير تقييم عمليات المعالجة، تم اشتقاق مجموعة المعايير المؤثرة في اختيار السيناريو الأمثل لمعالجة النفايات الصلبة، وتصنيفها في الجدول (1).

الجدول (1): المعايير الرئيسة والفرعية للنموذج المقترح

المعيار التكنولوجي	المعيار الاقتصادي	المعيار الاجتماعي	المعيار البيئي
رفع كفاءة نقل وجمع النفايات الصلبة	خلق فرص عمل جديدة	تحسين وضع العمالة وتوفير بيئة آمنة لهم	القواعد والأنظمة والتشريعات البيئية المطبقة محلياً
رفع كفاءة التخلص الآمن من نواتج عملية المعالجة	تعزيز النمو الاقتصادي والتنمية المستدامة	قبول ورضا المجتمع العام حول تطبيق طرق المعالجة	الأثر البيئي لطرق معالجة النفايات الصلبة
تدريب و تأهيل الكوادر العاملة باستمرار	كلفة الأراضي المستعملة	المشاركة الجماهيرية والمنظمات الطوعية	كفاءة استخدام الطاقة في عمليات المعالجة
اختيار تكنولوجيا متطورة	كلفة التشغيل الإجمالية	تعزيز مشاركة القطاع الخاص	كفاءة استخدام الموارد الطبيعية المتوفرة

3- تحديد البدائل: تم اقتراح البدائل التالية بما يتناسب مع واقع المنطقة المدروسة وهي:

طريقة الترميد، إعادة التدوير، إنتاج الغاز الحيوي، إنتاج الأسمدة، والطمر الصحي.

ب. تشكيل مصفوفات المقارنة الزوجية ومتجهات الأولوية Pairwise comparison matrices and priority vectors

1- المقارنات الثنائية:

بعد تشكيل التسلسل الهرمي، يتم إجراء مقارنة ثنائية على غرار المقارنات في عملية التحليل الهرمي، حيث تتم مقارنة أزواج من عناصر القرار في كل مجموعة فيما يتعلق بأهميتها اتجاه معايير التحكم الخاصة بها، وتتم أيضاً مقارنة المجموعات نفسها بين الزوجين فيما يتعلق بمساهمتها في الهدف.

تستند الأحكام على مقارنة موحدة وفقاً لمقياس Saaty المؤلف من تسعة مستويات، الواردة في الجدول (2) [22]، حيث تمثل الدرجة 1 أهمية متساوية بين العنصرين بينما تشير الدرجة 9 إلى الأهمية القصوى للعنصر مقارنة بالآخر.

الشكل (1): البنية الهرمية لعملية التحليل الشبكي للنموذج المقترح

علاوة على ذلك، لتحديد أولويات البدائل، تم استخدام منهجية AHP لحل مصفوفات الأحكام. يتم الحصول على متجه الأولوية المحلي (PVE أو w) لأحكام المصفوفة عن طريق حساب المتجهات في كل عمود من المصفوفة، ثم عن طريق حساب متوسط الأسطر للمصفوفة الناتجة [23].

الجدول (2): مقياس ساعاتي Saaty للمقارنات الثنائية

درجة الأهمية	التفسير
1	نشاطان يساهمان بشكل متساو في تحقيق الهدف
3	تفضيل أحد النشاطين على الآخر بشكل بسيط
5	تفضيل أحد النشاطين على الآخر بشكل قوي
7	تفضيل أحد النشاطين على الآخر بشكل كبير جداً
9	تفضيل النشاط بشكل كامل
2, 4, 6, 8	تكون ما بين الأوزان المذكورة أعلاه

2- الثبات أو الاتساق:

يتم حساب نسبة الاتساق Consistency Ratio CR للتأكد بأن أحكام المقارنة الثنائية متسقة بشكل كافٍ ولا يوجد فيها تناقض، يتم أولاً حساب قيمة المتجه الذاتي eigenvalue لكل مصفوفة باستخدام المعادلة (1):

$$A\,w = \lambda_{max}\,w \qquad (1)$$

حيث A هي مصفوفة المقارنة، λ_{max} هي القيمة الذاتية العظمى للمصفوفة، w هي متجه الأولوية.

ثانيًا يتم حساب مؤشر الاتساق Consistency Index CI لكل مصفوفة حسب بعدها n باستخدام المعادلة (2):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

ثم أخيراً يتم حساب نسبة الاتساق CR باستخدام المعادلة (3):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

حيث Random Index RI هو القرينة العشوائية، ويتم تحديد قيمة RI اعتماداً على أبعاد مصفوفة المقارنة n.

يوضح الجدول (3) قيم RI المختلفة للمصفوفات ذات البعد n من 1 إلى 10.

يعتمد الحد المقبول لقيم CR على حجم المصفوفة، على سبيل المثال قيمة CR المقبولة لمصفوفة أبعادها 3×3 هي 0.05، ولمصفوفة أبعادها 4×4 تكون قيمة CR هي 0.08، وللمصفوفات التي لها حجم $\leq 5 \times 5$ القيمة 0.1 [24].

الجدول (3): قيم القرينة العشوائية RI وفقاً لحجم المصفوفة

Matrix Size n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random index	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

ج. تشكيل المصفوفة الفائقة Supermatrix formation

المصفوفة الفائقة هي مصفوفة مقسمة إلى مقاطع، يعكس كل مقطع فيها العلاقة بين مجموعتين من الشبكة، وهي مشابهة لسلسلة ماركوف، وموضحة في الشكل (2) حيث يدل C_N على المجموعات (العناقيد) N^{th}، ويدل e_{Nn} على العناصر (العقد) ضمن المجموعة N^{th}، وتكون W_{ij} مصفوفة المجموعة وتتكون من موجهات تثقيل الأولوية priority weight vectors [18].

		c_1				c_2					c_N			
		e_{11}	e_{12}	⋯	e_{1n_1}	e_{21}	e_{22}	⋯	e_{2n_2}	e_{11}	e_{N1}	e_{N2}	⋯	e_{Nn_N}
c_1	e_{11} e_{12} ⋯ e_{1n_1}	W_{11}				W_{12}				⋯	W_{1N}			
c_2	e_{21} e_{22} ⋯ e_{2n_2}	W_{21}				W_{22}				⋯	W_{2N}			
⋮		⋯				⋯				⋯	⋯			
c_N	e_{N1} e_{N2} ⋯ e_{Nn_N}	W_{N1}				W_{N2}				⋯	W_{NN}			

الشكل (2) الهيكل العام للمصفوفة الفائقة Supermatrix

د. اختيار البديل الأفضل Selection of the best alternative

يتم في هذه المرحلة تجميع المعايير وأولويات البدائل، حيث يتم تحديد الأولويات النهائية لكل بديل من خلال تجميع الأولويات المحلية باستخدام المعادلة (4):

$$P_i = \sum_j w_j * l_{ij} \quad (4)$$

حيث: P_i: الأولوية النهائية للبديل i ، l_{ij}: الأولوية المحلية ، w_i: وزن المعيار j .

يكون البديل ذو الأولوية النهائية الأعلى هو البديل الأفضل في نموذج التحليل الشبكي.

2.2.3. تحليل الحساسية Sensitivity Analysis

لابد من إجراء تحليل الحساسية على النتيجة النهائية، وتفسير نتائج الحساسية من خلال ملاحظة مدى استقرار هذه النتيجة، ويقصد بتحليل الحساسية التعرف إلى ما يحدث من أولويات أو بدائل عند الرغبة في إجراء تعديلات على الأوزان، حيث يتم إجراء بعض التعديلات على البيانات المدخلة ومعرفة تأثيرها على النتائج، في حال لم يتغير ترتيب البدائل، عندها يمكننا القول إن النتائج قوية.

يتيح برنامج Super Decisions إجراء تحليل الحساسية بشكل أفضل مع واجهة تخطيطية تفاعلية، وذلك بإجراء تحليل الحساسية من خلال تمثيلات تخطيطية مختلفة، يتميز بعضها عن بعض بطريقة تمثيل النتائج [25].

النتائج والمناقشة:

1. التحليل الإحصائي: كان تحليل الاستبيان على شكل عدة أسئلة أهمها:

1.1. السؤال الأول: ما درجة تواجد الوعي البيئي حول إدارة النفايات الصلبة في محافظة اللاذقية من وجهة نظر أفراد عينة البحث؟

تم إيجاد المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والوزن النسبي لكل عبارة واردة في استبانة الوعي البيئي، حول إدارة النفايات الصلبة، وللاستبانة بكاملها، ويعرض الجدول (4) نتائج درجة تواجد هذه العبارات حسب تقديرات أفراد عينة البحث.

الجدول (4): إجابات عينة البحث لدرجة تواجد الوعي البيئي حول إدارة النفايات الصلبة في محافظة اللاذقية

محاور الاستبانة	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارة	الدرجة
المعيار البيئي	1- أعتقد أن أفضل طريقة للتعامل مع النفايات هي التقليل من تولدها أو إنتاجها	4.25	0.77	85%	23	موافق بشدة
	2- أشعر بالقلق حالياً من تزايد نسبة التلوث في البيئة	4.64	0.51	92.8%	5	موافق بشدة
	3- أعتقد أن النفايات الناتجة عن وباء كورونا هي مشكلة جديدة ستظهر آثارها مستقبلاً	4.38	0.64	87.6%	16	موافق بشدة
	4- مستعد لشراء سلع معاد تدويرها	3.74	0.82	74.8%	39	موافق
	5- مستعد للتبرع بمواد أو منتجات غير ضرورية لمؤسسات خاصة مهمتها إعادة التدوير	4.4	0.69	88%	14	موافق بشدة
	6- أشعر بالراحة عند ترحيل النفايات الصلبة بعيداً عن منطقة سكني	4.71	0.51	94.2%	3	موافق بشدة
	7- أعتقد أن تخفيض استهلاك أكياس النايلون والمواد البلاستيكية يقلل من كمية النفايات المتولدة	4.38	0.71	87.6%	17	موافق بشدة
	8- أمتلك الرغبة في تحويل النفايات الصلبة إلى أسمدة عضوية أو بيوغاز	4.4	0.73	88%	15	موافق بشدة
	9- مستعد لفرز نفايات المطبخ عن النفايات المنزلية الأخرى	4.4	0.67	88%	13	موافق بشدة
	10- مستعد للاستغناء عن استخدام المواد البلاستيكية (أدوات الطعام	3.99	0.88	79.8%	32	موافق

	من أواني.. الخ)					
	11- أعتقد أن حرق النفايات الصلبة هي أفضل طريقة للتخلص منها	3.81	0.96	76.2%	38	غير موافق
	12- أعتقد أن رمي النفايات الصلبة في مجاري الأنهار والبحار هي أفضل طريقة للتخلص منها	4.64	0.54	92.8%	6	غير موافق بشدة
	13- أعتقد أن الطمر الصحي للنفايات الصلبة هي أفضل طريقة للتخلص منها	3.54	1.05	70.8%	40	موافق
	14- أعتقد أن تخمير النفايات وتحويلها إلى غاز حيوي والاستفادة من المواد الناتجة كسماد عضوي هي أفضل طريقة للتخلص منها	4.24	0.76	84.8%	24	موافق بشدة
	المعيار البيني	4.251	0.313	85.02%	الثاني	موافق بشدة
المعيار الاجتماعي	15- أعتقد أن للمواطن دوراً في المحافظة على البيئة من خلال اهتمامه باستخدام أكياس النفايات وإغلاقها جيداً بعد امتلائها	4.73	0.44	94.6%	2	موافق بشدة
	16- أرغب في المشاركة في حملات النظافة داخل الحي الذي أسكنه	4.17	0.68	83.4%	27	موافق
	17- أمتلك الرغبة في العمل لدى جمعية تطوعية تعمل في مجال حماية البيئة	4.05	0.69	81%	30	موافق
	18- أعتقد أن لوسائل الإعلام دوراً أساسياً في زيادة الوعي لدى المواطنين	4.47	0.58	89.4%	9	موافق بشدة
	19- لا بأس من وضع النفايات بالقرب من حاويات القمامة	4.44	0.65	88.8%	10	غير موافق بشدة
	20- لا بأس من تحريك حاويات القمامة من مكانها	3.97	0.83	79.4%	33	غير موافق
	21- أعتقد أنه على عمال النظافة استعادة المواد القابلة لإعادة التصنيع خلال عملية جمع ونقل النفايات	3.81	0.94	76.2%	37	موافق
	22- أعتقد أن وباء كورونا زاد من وعي عمال النظافة بأخذ احتياطات السلامة والأمان بعين الاعتبار	3.82	0.92	76.4%	36	موافق
	23- أعتقد أن عادات المجتمع وتقاليده له أثر كبير على كمية النفايات	4.42	0.6	88.4%	11	موافق بشدة
	24- أعتقد أن اختلاف مستوى المعيشة يؤثر على كمية النفايات	4.27	0.72	85.4%	22	موافق بشدة
	المعيار الاجتماعي	4.214	0.333	84.28%	الرابع	موافق بشدة
المعيار الاقتصادي	25- أعتقد بأن المواد المعاد تدويرها لها أهمية تجارية وصناعية	4.35	0.58	87%	20	موافق بشدة
	26- أعتقد أن إعادة تدوير النفايات تؤمن فرص عمل لشريحة كبيرة من العمال	4.34	0.62	86.8%	21	موافق بشدة
	27- أعتقد أن الفرز المبدئي للنفايات الصلبة ضروري، في حال تخفيض الرسوم عليها	4.2	0.67	84%	25	موافق
	28- مستعد لفرز النفايات المنزلية من أجل بيعها، في حال استثمارها	4.03	0.59	80.6%	31	موافق
	29- أعتقد أنه يجب التعاقد مع شركات القطاع الخاص لتأمين خدمات جمع النفايات في المناطق التي يصعب الوصول إليها	4.36	0.55	87.2%	19	موافق بشدة
	30- مستعد لمشاركة القطاع الخاص في حملات النظافة مستقبلاً	4.1	0.7	82%	28	موافق
	المعيار الاقتصادي	4.232	0.368	84.64%	الثالث	موافق بشدة
المعيار التكنولوجي	31- أعتقد أن البلدية تقوم بأعمال جمع النفايات بشكل جيد	3.94	0.89	78.8%	34	غير موافق
	32- مستعد للالتزام بفرز النفايات في الحاويات المخصصة لها، إذا خصصت البلدية حاوية لكل نوع من النفايات	4.41	0.65	88.2%	12	موافق بشدة
	33- مستعد للالتزام بمواعيد التخلص من النفايات، في حال خصصت البلدية أوقات محددة لجمع النفايات	4.37	0.56	87.4%	18	موافق بشدة
	34- أعتقد أن وباء كورونا زاد من صعوبة إدارة النفايات	3.94	0.92	78.8%	35	موافق
	35- أعتقد أن وجود (النباشين) بشكل عائق لدى البلدية في عملية إدارة النفايات	4.2	0.86	84%	26	موافق
	36- أعتقد أنه على البلدية استخدام وسائل جمع ونقل النفايات بطرق حديثة متطورة	4.51	0.53	90.2%	8	موافق بشدة
	37- أعتقد أن جمع النفايات في فترة الظهيرة يشكل ازدحام مروري	4.06	0.79	81.2%	29	موافق
	38- أعتقد أن غسل وتعقيم الحاويات بعد إفراغها أمر ضروري لمنع انتشار الروائح	4.66	0.51	93.2%	4	موافق بشدة
	39- أعتقد أنه من الضروري استخدام تكنولوجيا جديدة في معالجة النفايات	4.57	0.55	91.4%	7	موافق بشدة
	40- أعتقد أنه من الضروري معالجة النفايات وتحويلها إلى طاقة كهربائية لحل مشكلة نقص الكهرباء	4.81	0.41	96.2%	1	موافق بشدة
	المعيار التكنولوجي	4.348	0.307	86.96%	الأول	موافق بشدة
	درجة تواجد الوعي البيني لإدارة النفايات الصلبة	**4.26**	**0.69**	**85.26%**		**مرتفعة**

يلاحظ من الجدول السابق، أنه يتواجد الوعي البيئي بدرجة مرتفعة تبعاً لإجابات أفراد العينة، حيث كان المتوسط الحسابي 4.26 وبوزن نسبي مقداره 85.26%.

حصل محور المعيار التكنولوجي على الترتيب الأول بأهمية نسبية 86.96%، بينما حاز محور المعيار الاجتماعي على الترتيب الأخير بأهمية نسبية 84.28% وذلك وفقاً لأفراد عينة البحث.

حازت طريقة تخمير النفايات وإنتاج الغاز الحيوي الأهمية النسبية الأكبر بنسبة مقدارها 84.8%، باعتبارها أفضل طريقة للتخلص من النفايات الصلبة، ثم بالمرتبة الثانية طريقة الطمر الصحي بأهمية نسبية مقدارها 70.8%، بينما كانت طريقة حرق النفايات الصلبة في المرتبة الأخيرة بأهمية نسبية مقدارها 23.8%، وذلك من وجهة نظر أفراد عينة البحث.

2.1. السؤال الثاني: ما أثر كل من المتغيرات المدروسة (مكان الإقامة، المستوى التعليمي، الجنس، الفئة العمرية، العمل) لأفراد عينة البحث حول مستوى الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة في محافظة اللاذقية؟

استُخدم تحليل التباين المتعدد Multiple Analysis Of Variance MANOVA لاختبار صلاحية النموذج بين المتغيرات المستقلة (مكان الإقامة، الجنس، المستوى التعليمي، الفئة العمرية، العمل) والمتغير التابع (مستوى الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة في محافظة اللاذقية) وأدرجت النتائج في الجدول (5).

الجدول (5): نتائج تحليل التباين المتعدد للمتغيرات المستقلة المدروسة والمتغير التابع وفقاً لإجابات أفراد عينة البحث

المتغير التابع Dependent variable	المتغيرات المستقلة Independent variables	معامل الارتباط (R)	معامل التحديد $(R)^2$	قيمة F المحسوبة	القيمة الاحتمالية Sig.	Unstandardized Coefficients		قيمة T المحسوبة	القيمة الاحتمالية Sig.	الدلالة الإحصائية
						معامل Beta	الانحراف المعياري Std. Error			
مستوى الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة	الثابت	0.67	0.45	36.035	0.000	3.304	0.112	29.538	0.000	دال إحصائياً
	مكان الإقامة					0.084	0.031	2.717	0.007	دال إحصائياً
	الجنس					0.026	0.027	0.973	0.331	غير دال إحصائياً
	الفئة العمرية					0.097	0.023	4.179	0.000	دال إحصائياً
	المستوى التعليمي					0.186	0.014	13.064	0.000	دال إحصائياً
	العمل					0.027	0.007	3.672	0.000	دال إحصائياً

يظهر الجدول، أن معامل الارتباط بلغ 0.67، وهذا يدل على وجود علاقة خطية ذات دلالة إحصائية بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، بحسب إجابات أفراد عينة البحث، كما أن معامل التحديد يساوي 0.45، وهذا يعني أن المتغيرات المستقلة المدروسة تؤثر في مستوى الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة بنسبة 45%، أي بنسبة أقرب إلى النصف. كما تبين عدم وجود أثر لمتغير (الجنس) على مستوى الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة، حيث جاءت قيمة

T المحسوبة 0.973 بقيمة احتمالية مقدارها 0.331 وهي قيمة أكبر من ($\alpha = 0.05$). في حين تبين وجود أثر للمتغيرات (مكان الإقامة، الفئة العمرية، المستوى التعليمي، العمل) على مستوى الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة حيث كانت القيمة الاحتمالية لها أصغر من ($\alpha = 0.05$).

3.1. السؤال الثالث: هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$) في آراء أفراد عينة البحث حول درجة تواجد الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة تعود لمتغير مكان الإقامة (ريف/ مدينة) ؟

أجري اختبار Independent Samples T-Test للعينات المستقلة لمعرفة المتوسطات الحسابية وطبيعة الفروق، وفقاً لإجابات أفراد عينة البحث وفق هذا المتغير عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$)، وأُدرجت النتائج في الجدول (6).

الجدول (6): نتائج اختبار T-Test وفقاً لإجابات أفراد عينة البحث بالنسبة لمتغير الإقامة (ريف / مدينة)

مكان الإقامة Place of Residence	العدد N	المتوسط الحسابي Mean	الانحراف المعياري Std. Deviation	قيمة T المحسوبة	القيمة الاحتمالية Sig.	الدلالة الإحصائية
ريف اللاذقية	190	4.299	0.218	2.671	0.008	دال إحصائياً
مدينة اللاذقية	225	4.232	0.286			

نرى أنه توجد فروق ذو دلالة إحصائية بين متوسط المقيمين في الريف والمدينة، لصالح المقيمين في الريف الأعلى في المتوسطات، حيث جاءت قيمة T المحسوبة 2.671 بقيمة احتمالية مقدارها 0.008 وهي أصغر من ($\alpha = 0.05$).

4.1. السؤال الرابع: هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$) في آراء أفراد عينة البحث حول درجة تواجد الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة تعود لمتغير المستوى التعليمي؟

استُخدم تحليل التباين الأحادي الجانب One Way ANOVA للمقارنات المتعددة، وأدرجت النتائج في الجدول (7).

الجدول (7): نتائج اختبار One Way ANOVA وفقاً لإجابات أفراد عينة البحث لمتغير المستوى التعليمي

المستوى التعليمي Education level	المتوسط الحسابي Mean	الانحراف المعياري Std. Deviation	قيمة F المحسوبة	القيمة الاحتمالية Sig.	الدلالة الإحصائية
شهادة إعدادية	3.794	0.111	38.735	0.000	دال إحصائياً
شهادة ثانوية	3.900	0.352			
معهد	4.112	0.144			
شهادة جامعية	4.312	0.191			
دراسات عليا (ماجستير ودكتوراه)	4.342	0.277			

من خلال قراءة الجدول السابق، يتبين وجود فروق دالة وجوهرية حول درجة تواجد الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة في محافظة اللاذقية تعود لمتغير المستوى التعليمي، حيث بلغت قيمة F = 38.735 بقيمة احتمالية مقدارها 0.000 وهي أصغر من ($\alpha = 0.05$)، كما يوضح الجدول السابق ارتفاع قيمة المتوسطات لفئات الدراسات العليا بقيمة 4.342 عن فئات حملة الشهادة الإعدادية بقيمة 3.794، وللكشف عن طبيعة هذه الفروق تبعاً لمتغير المستوى التعليمي استُخدم اختبار LSD للمقارنات البعدية، كما موضح في الجدول (8).

الجدول (8): نتائج اختبار LSD بين متوسطات إجابات أفراد عينة البحث لمتغير المستوى التعليمي

المستوى التعليمي Education level		الفرق بين المتوسطات Mean Difference	القيمة الاحتمالية Sig.	الدلالة الإحصائية
شهادة إعدادية	شهادة ثانوية	0.106	0.361	غير دال إحصائياً
شهادة إعدادية	معهد	0.318	0.013	دال إحصائياً
شهادة إعدادية	شهادة جامعية	0.518	0.000	دال إحصائياً
شهادة إعدادية	دراسات عليا	0.548	0.000	دال إحصائياً
شهادة ثانوية	معهد	0.212	0.003	دال إحصائياً
شهادة ثانوية	شهادة جامعية	0.411	0.000	دال إحصائياً
شهادة ثانوية	دراسات عليا	0.442	0.000	دال إحصائياً
معهد	شهادة جامعية	0.199	0.002	دال إحصائياً
معهد	دراسات عليا	0.230	0.001	دال إحصائياً
شهادة جامعية	دراسات عليا	0.030	0.375	غير دال إحصائياً

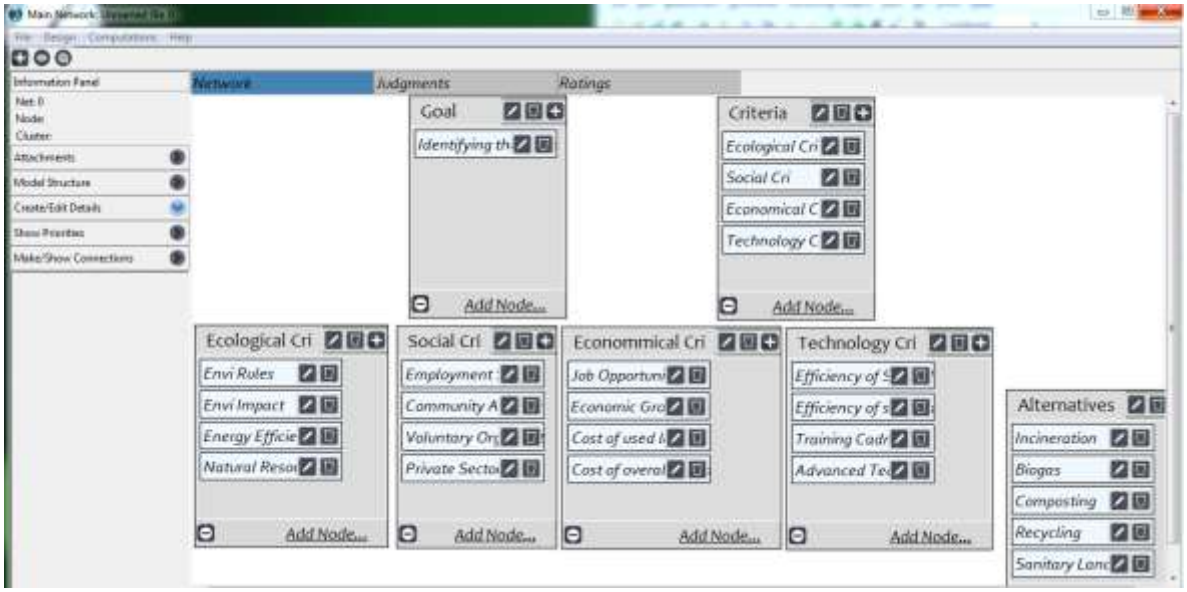
يوضح الجدول السابق، أن الفروق التي ظهرت بين إجابات أفراد عينة البحث، حول درجة تواجد الوعي البيئي لإدارة النفايات الصلبة في محافظة اللاذقية تبعاً لمتغير المستوى التعليمي (شهادة إعدادية، شهادة ثانوية، معهد، شهادة جامعية، دراسات عليا) جاءت لصالح الدراسات العليا، وذلك بدلالة المتوسطات الحسابية. تجدر الإشارة إلى أن الفرق بين متوسطات كل من حملة الشهادة الإعدادية والشهادة الثانوية، وحملة الشهادة الجامعية والدراسات العليا، غير دالة إحصائياً، ويعود سبب ذلك إلى تقارب قيمة المتوسطات لكل منهما.

2. التحليل الشبكي:

تتراوح نماذج التحليل الشبكي في التعقيد من شبكة واحدة إلى شبكات معقدة متعددة المستويات.

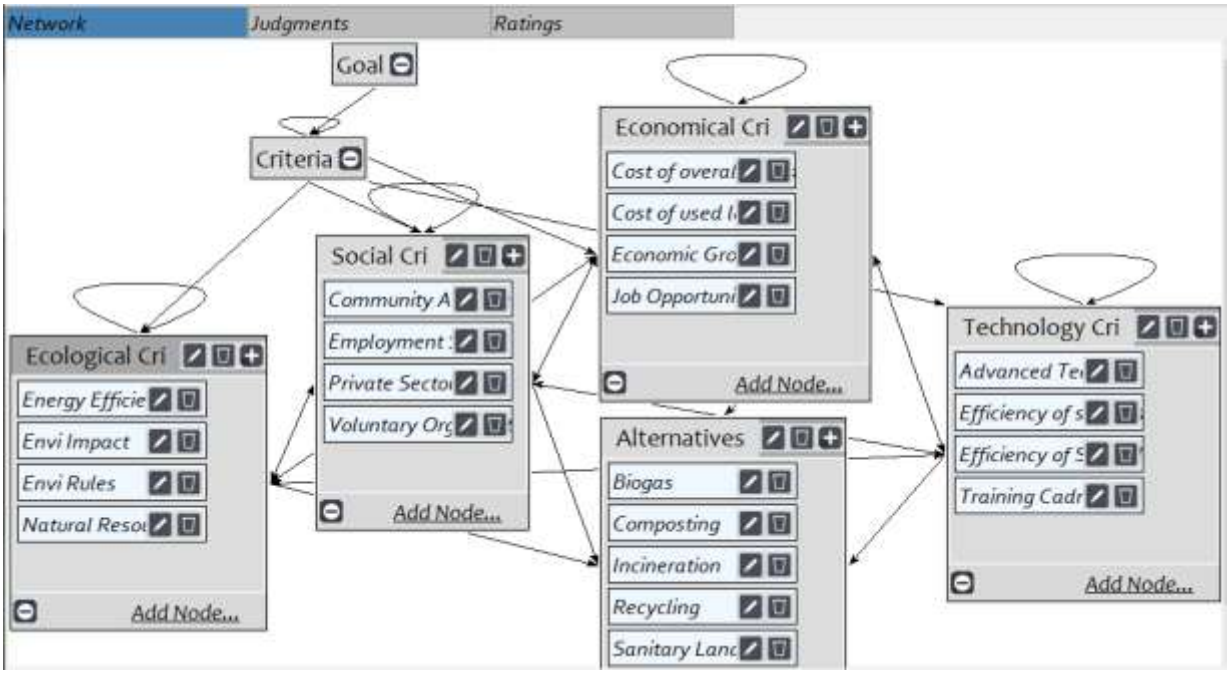
يبدأ بناء النموذج دائماً بإنشاء شبكة بسيطة من المجموعات والعقد وإنشاء روابط بينهما مما يؤدي بدوره إلى ظهور ارتباطاً مرئياً يربط بين المجموعات.

قمنا بإنشاء سبع مجموعات وبداخلها العقد التي تتضمن الهدف، المعايير الرئيسة، المعايير الفرعية والبدائل كما موضح في الشكل (3).



الشكل (3) تشكيل المجموعات والعقد في برنامج Super Decisions

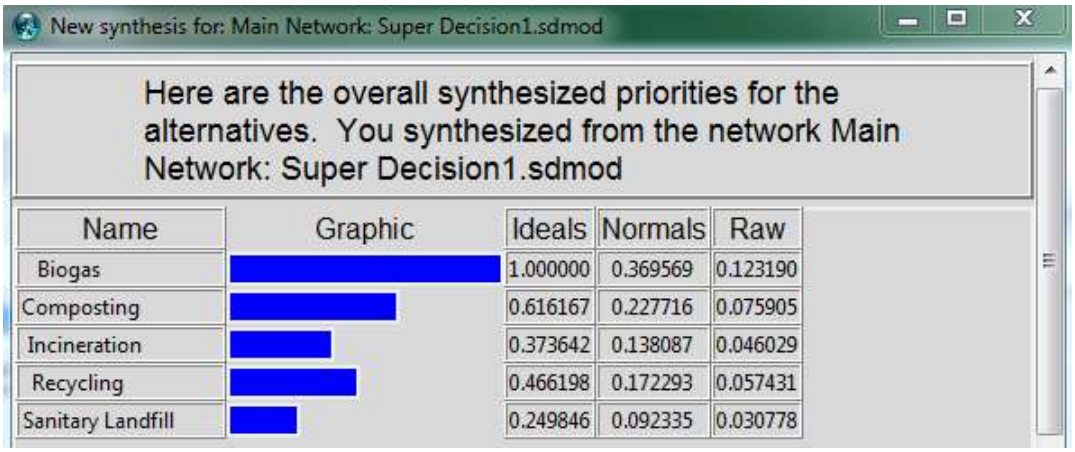
بعد تشكيل الشبكة نقوم بتمثيل الارتباط بين المجموعات بواسطة سهم مزودج الاتجاه، وتمثيل الارتباط بين عناصر المجموعة نفسها بواسطة أقواس ملتوية، كما موضح في الشكل (4).



الشكل (4) تمثيل ارتباطات المجموعات والعقد في برنامج Super Decisions

من مميزات برنامج Super Decisions هي إمكانية إدخال أوزان العقد ضمن الشبكة بأكثر من طريقة لتتيح للمستخدم سهولة التقييم ومنها طريقة الاستبيان Questionnaire، الطريقة التخطيطية Graphical، الطريقة اللفظية Verbal، وطريقة المصفوفات Matrix،

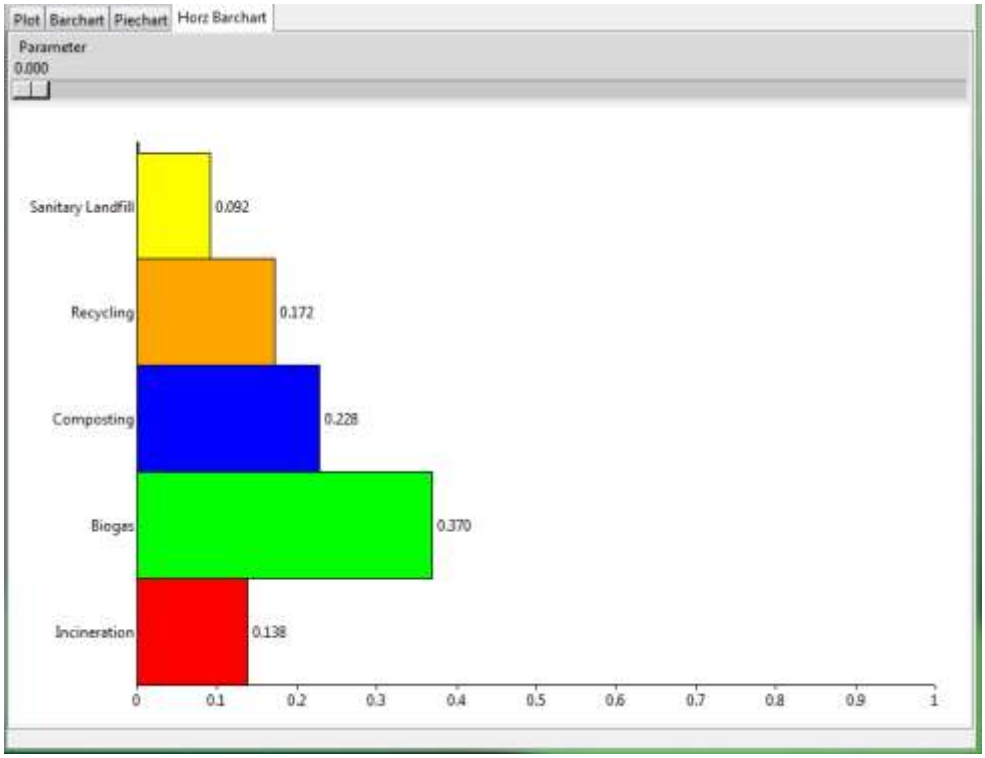
تم إدراج أوزان المقارنات الثنائية لكل عقدة ضمن المجموعات بإحدى طرق الإدخال السابقة، وذلك من قبل لجنة مؤلفة من سبعة خبراء، بعدها تم تجميع الأوزان للحصول على قيم الأولويات لجميع البدائل، كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (5) التقييم النهائي للبدائل في برنامج Super Decisions

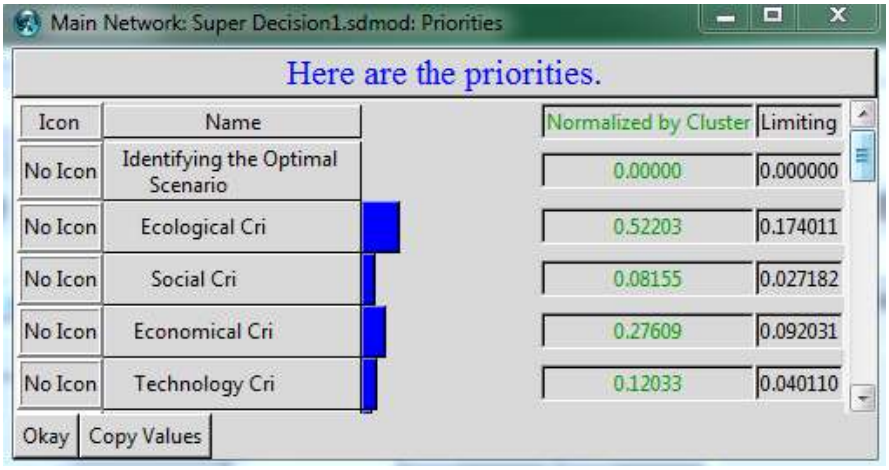
وعليه أصبح بإمكاننا تحديد البديل الأفضل، وهو إنتاج الغاز الحيوي بنسبة 36.9% يليه إنتاج الأسمدة بنسبة 22.7%، وفي المركز الثالث كانت طريقة إعادة التدوير التي حازت نسبة 17.2%، في المركز الرابع طريقة الترميد بنسبة 13.8%، وفي المركز الخامس والأخير كانت طريقة الطمر الصحي بنسبة 9.2%.

يمكن لبرنامج Super Decisions إتاحة عرض النتائج من خلال تمثيلات تخطيطية تساعد على فهم وقراءة النتائج بشكل أوضح، حيث يمكن تمثيل البدائل باستخدام الأعمدة الأفقية كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل (6) تمثيل البدائل بطريقة الأعمدة الأفقية في برنامج Super Decisions

يعرض البرنامج أيضاً الترتيب النهائي لأولويات المعايير الرئيسة كما موضح في الشكل (7)، احتل المعيار البيئي الترتيب الأول بين جميع المعايير بنسبة 52.2%، وجاء في المركز الثاني المعيار الاقتصادي بنسبة 27.6%، بينما في المركز الثالث المعيار التكنولوجي بنسبة 12%، وفي المركز الرابع والأخير المعيار الاجتماعي بنسبة 8.1%.

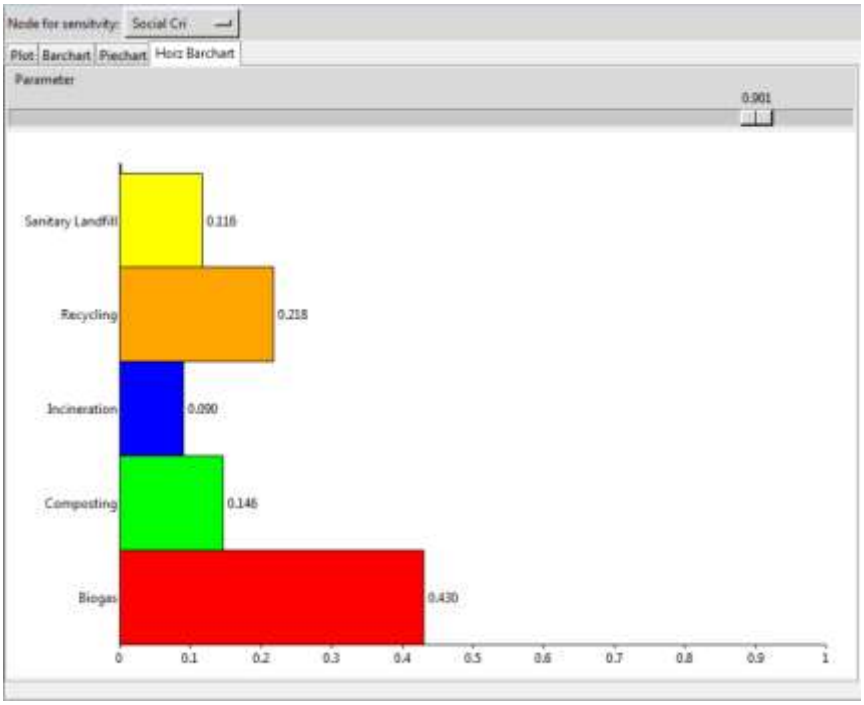


الشكل (7) التقييم النهائي للمعايير الرئيسة في برنامج Super Decisions

1.2. تحليل الحساسية:

سنجري بعض التعديلات على هذه المخططات، من أجل توضيح آلية إجراء تحليل الحساسية تم زيادة أهمية المعيار الرئيس الاجتماعي لقيمة 90%، بالتالي تتغير أهمية المعايير الأخرى تلقائياً، كما موضح في الشكل (8).

نتيجة زيادة المعيار الرئيس الاجتماعي، نجد أن البديل الأفضل وهو إنتاج الغاز الحيوي بقي محافظاً على ترتيبه بنسبة مقدارها 43%، في حين كان الاختلاف بترتيب البدائل الأخرى، حيث أصبحت طريقة إعادة التدوير في المرتبة الثانية بنسبة 21.8%، تليها في المرتبة الثالثة طريقة إنتاج الأسمدة بنسبة 14.6%، ثم في المرتبة الرابعة طريقة الطمر الصحي بنسبة 11.6%، وفي المرتبة الأخيرة كانت طريقة الترميد بنسبة 9%.



الشكل (8) تمثيل النتائج بعد إجراء تحليل الحساسية للمعيار الرئيس الاجتماعي

الاستنتاجات والتوصيات:

1. الاستنتاجات:

1- توصّلت الدراسة الإحصائية إلى وجود الوعي البيئي بوزن نسبي مقداره 85.26% حول خطورة تزايد نسبة التلوث البيئي في مدينة اللاذقية وذلك وفقاً لإجابات أفراد عينة البحث.

2- بيّنت الدراسة الإحصائية أن الوعي البيئي يرتبط بالمستوى الثقافي وطبيعة العمل، كما يرتبط بالفئة العمرية، ويلاحظ تساوي درجة الوعي البيئي بين الذكور والإناث، وتفوقه في الريف أكثر من المدينة ويعزى ذلك إلى ممارسات التخلص من النفايات في الريف كاستخدام بقايا الطعام في تغذية الحيوانات والدواجن والطيور، وإعادة تدوير النفايات لاستخدامات منزلية نافعة، والعادات الغذائية الريفية التي تعتمد على الطهي المنزلي أكثر من الطعام الجاهز الذي يعتمد على البلاستيك والورق والكرتون.

3- أبدت نتائج النموذج المقترح ثباتاً جيداً لحفاظها على طريقة إنتاج الغاز الحيوي كأفضل بديل للاستخدام في محافظة اللاذقية، وذلك بعد إجراء تحليل الحساسية للمعيار الرئيس الاجتماعي. ومن المؤكد أن برنامج Super Decisions سهّل استخدام طريقة التحليل الشبكي وساهم بشكل كبير في نجاح هذه الطريقة.

2. التوصيات:

1- تقليل توليد النفايات من المصدر لتحقيق الإدارة الفعّالة والآمنة للنفايات الصلبة، وهذا يعتمد بشكل كبير على درجة وعي المواطنين من خلال تحسين السلوكيّات والعادات الغذائيّة من جهة، واستعدادهم لعمليات الفرز والتدوير وشراء السلع المدوّرة من جهة أخرى.

2- يجب إدراك خطورة التلوث البيئي في مدينة اللاذقية والأخذ بعين الاعتبار الفوائد الكثيرة لطريقة إنتاج الغاز الحيوي لمعالجة النفايات البلدية الصلبة فهي الخيار الأفضل لجميع المعايير البيئية والاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية. علاوة على ذلك، يمكن الاستفادة من الطاقة الناتجة عن عملية التخمر اللاهوائي في إنتاج الكهرباء لتلبية جميع الاحتياجات.

3- ضرورة إجراء تحليل الكلفة لاتخاذ القرار المناسب قبل اختيار السيناريو المراد تنفيذه مستقبلاً.

References:

1. Amiri, Dr., Y. Al-Hamd, and h. Al-Hassan, The Efficiency of Solid Waste Management in the Light of Population Growth "A Field Study in the City of Aleppo". Aleppo University, Faculty of Economics, 2015.
2. Shaheen, H., M. Tayyub, and s.h. Ahmed, The role of environmental awareness in the management of municipal solid waste, a field study in Lattakia Governorate. Tishreen University Journal-Economic and Legal Sciences Series, 2014. 36(5).
3. Allesch, A. and P.H. Brunner, *Assessment methods for solid waste management: A literature review*. Waste Management & Research, 2014. **32**(6): p. 461-473.
4. Wilson, D.C., et al., *Using research-based knowledge to underpin waste and resources policy*. Waste Management & Research, 2007. **25**(3): p. 247-256.
5. Al Sabbagh, M.K., et al., *Resource management performance in Bahrain: a systematic analysis of municipal waste management, secondary material flows and organizational aspects*. Waste Management & Research, 2012. **30**(8): p. 813-824.
6. Arafat, H.A., K. Jijakli, and A. Ahsan, *Environmental performance and energy recovery potential of five processes for municipal solid waste treatment*. Journal of Cleaner Production, 2015. **105**: p. 233-240.

7. Ikhlayel, M., *Development of management systems for sustainable municipal solid waste in developing countries: a systematic life cycle thinking approach.* Journal of Cleaner Production, 2018. **180**: p. 571-586.
8. Salman, H., A. Wazzan, and M. Rustom, Application of the Life Cycle Assessment Approach in the Treatment of Municipal Solid Waste in Lattakia City. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2018. 40(6).
9. Suh, J.W., S.Y. Sohn, and B.K. Lee, *Patent clustering and network analyses to explore nuclear waste management technologies.* Energy Policy, 2020. **146**: p. 111794.
10. Geda, A., et al., *Coordination strategies and analysis of waste management supply chain.* Journal of Cleaner Production, 2020. **256**: p. 120298.
11. Karagoz, S., et al., *A novel intuitionistic fuzzy MCDM-based CODAS approach for locating an authorized dismantling center: a case study of Istanbul.* Waste Management & Research, 2020. **38**(6): p. 660-672.
12. Goulart Coelho, L.M., L.C. Lange, and H.M. Coelho, *Multi-criteria decision making to support waste management: A critical review of current practices and methods.* Waste Management & Research, 2017. **35**(1): p. 3-28.
13. Isalou, A., et al., *Landfill site selection using integrated fuzzy logic and analytic network process (F-ANP).* Environmental Earth Sciences, 2013. **68**(6): p. 1745-1755.
14. Molinos-Senante, M., et al., *Assessment of wastewater treatment alternatives for small communities: An analytic network process approach.* Science of the Total Environment, 2015. **532**: p. 676-687.
15. Xu, P., et al., *Sustainable building energy efficiency retrofit for hotel buildings using EPC mechanism in China: analytic Network Process (ANP) approach.* Journal of Cleaner Production, 2015. **107**: p. 378-388.
16. Saaty, T.L., *Fundamentals of the analytic network process—Dependence and feedback in decision-making with a single network.* Journal of Systems science and Systems engineering, 2004. **13**(2): p. 129-157.
17. Salman, B., O. Salem, and S. He, *Project-Level Sustainable Asphalt Roadway Treatment Selection Framework Featuring a Flowchart and Analytic Network Process.* Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 2020. **146**(3): p. 04020041.
18. Piantanakulchai, M., *Analytic network process model for highway corridor planning.* Proceedings of the ISAHP, 2005: p. 8-10.
19. Saaty, T.L., *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process*. Vol. 4922. 1996: RWS publications Pittsburgh.
20. Chung, S.-H., A.H. Lee, and W.-L. Pearn, *Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator.* International journal of production economics, 2005. **96**(1): p. 15-36.
21. Liang, X., et al., *Using the analytic network process (ANP) to determine method of waste energy recovery from engine.* Energy Conversion and Management, 2013. **66**: p. 304-311.
22. Daniel, J., et al., *Evaluation of the significant renewable energy resources in India using Analytical Hierarchy Process*, in *Multiple criteria decision making for sustainable energy and transportation systems*. 2010, Springer. p. 13-26.
23. Qazi, W.A., M.F. Abushammala, and M.-H. Azam, *Multi-criteria decision analysis of waste-to-energy technologies for municipal solid waste management in Sultanate of Oman.* Waste Management & Research, 2018. **36**(7): p. 594-605.

24. Sindhu, S.P., V. Nehra, and S. Luthra, *Recognition and prioritization of challenges in growth of solar energy using analytical hierarchy process: Indian outlook.* Energy, 2016. **100**: p. 332-348.
25. Saaty, T.L., *Decision making with the analytic network process (ANP) and its super decisions software: The national missile defense (NMD) example.* ISAHP 2001 proceedings, 2001: p. 2-4.