

Site Selection for Construction and Demolition Waste Sorting and Collection Station using Geographic Information Systems (GIS) and the Hierarchical Analysis Method (AHP) Case Study: Latakia Governorate

Dr. Haytham Shahin*
Deema Ahmad**

(Received 11 / 5 / 2023. Accepted 10 / 7 / 2023)

□ ABSTRACT □

Construction and demolition waste is a source of great concern to researchers in the world, due to the huge increase in its quantities and the absence of effective management of them, especially in developing countries. It has become a large proportion of solid waste as a result of urban development on the one hand, and wars and devastating disasters on the other. In this study, attention was directed towards the problem of accumulation of construction and demolition waste, and the study suggested choosing a site to establish a stationary station for the collection and sorting of this waste instead of dumping it in random landfills and construction sites to make optimal use of it. Eight criteria were adopted (population agglomerations, archaeological and tourist centers, vegetation, direction of mountain slopes and prevailing winds, rivers, main road network, Mediterranean coast, land inclination or slope). These criteria were selected and weighted using the multi-criteria decision analysis technique (MCDA). Specifically, the analysis hierarchical process (AHP), with the help of expert opinions and similar studies. This technology was integrated with geographic information systems (GIS) to study the suitability of the land to locate a waste collection and sorting (C&D) center. The study reached four classifications of the land, and the most suitable sites constituted 2% of the area of the province of Latakia, and three sites were proposed that consider the studied criteria and serve all regions of the province. It was found from the expert opinions that the social criteria are the most important in determining the location of the C&D waste management center in Latakia governorate.

Keywords: Construction and demolition waste, GIS, Waste sorting, Debris, Multi-criteria Decision Analysis, AHP.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Master student, the Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. deemaahmad@gmail.com

اختيار الموقع الأمثل لمحطة فرز وتجميع نفايات البناء والهدم باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وطريقة التحليل الهرمي (AHP) - حالة الدراسة: محافظة اللاذقية

د. هيثم شاهين*

ديمه احمد**

(تاريخ الإيداع 11 / 5 / 2023. قُبِلَ للنشر في 10 / 7 / 2023)

□ ملخص □

تعتبر أنقاض البناء والهدم مصدر قلق كبير للباحثين في العالم، نظراً لازدياد كمياتها بشكل كبير وغياب الإدارة الفعالة لها، خاصة في البلدان النامية. وقد أصبحت تشكل نسبة كبيرة من المخلفات الصلبة نتيجة التطور العمراني من جهة، والحروب والكوارث المدمرة من جهة أخرى. في هذه الدراسة تم توجيه الاهتمام نحو مشكلة تراكم نفايات البناء والهدم، واقتُرحت الدراسة اختيار موقع لإنشاء محطة ثابتة لتجميع وفرز هذه النفايات بدلاً من إلقائها في المكبات العشوائية ومواقع البناء للاستفادة منها بالشكل الأمثل. وتم اعتماد ثمانية معايير (التجمعات السكانية، المراكز الأثرية والسياحية، الغطاء النباتي، اتجاه السفوح الجبلية والرياح السائدة، الأنهار، شبكة الطرق الرئيسية، ساحل البحر المتوسط، ميول الأرض أو الانحدار) وقد تم اختيار هذه المعايير وتنقيتها باستخدام تقنية تحليل القرار متعدد المعايير (MCDA)، وتحديدًا عملية التحليل الهرمي (AHP)، وذلك بالاستعانة بآراء الخبراء والدراسات المشابهة. وتم دمج هذه التقنية مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لدراسة ملائمة الأرض لتحديد موقع مركز تجميع وفرز نفايات (C&D). توصلت الدراسة إلى أربع تصنيفات للأرض وشكلت المواقع الأكثر ملاءمة 2 % من مساحة محافظة اللاذقية، وتم اقتراح ثلاثة مواقع تراعي المعايير المدروسة وتخدم كافة مناطق المحافظة. وتبين من آراء الخبراء أن المعايير الاجتماعية هي الأكثر أهمية في تحديد موقع مركز إدارة نفايات (C&D) في محافظة اللاذقية.

الكلمات المفتاحية: نفايات الهدم والبناء، نظم المعلومات الجغرافية، فرز النفايات، الأنقاض، تحليل القرار متعدد المعايير، التحليل الهرمي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** طالبة ماجستير - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
deemaahmad@gmail.com

مقدمة:

أدى تطور أنشطة البناء في الآونة الأخيرة إلى زيادة كبيرة في كميات نفايات البناء والهدم المتولدة (Construction and Demolition waste) (Obaid *et al*, 2019). تمثل النفايات الصلبة الناتجة عن أنشطة البناء والهدم (C&D) جزءاً كبيراً من إجمالي النفايات الصلبة البلدية (Broujeni *et al*, 2016)، ووفقاً لإحصاءات النفايات في الاتحاد الأوروبي 28 لعام 2012، تساهم أنشطة البناء بنسبة تصل إلى 33% من إجمالي توليد النفايات، وهو ما يعادل 821 مليون طن سنوياً (Madi, 2016). وتعتبر المفوضية الأوروبية (EC) نفايات البناء والهدم (C&DW) من مصادر النفايات ذات الأولوية، نظراً للكميات الكبيرة المتولدة والإمكانية العالية لإعادة الاستخدام وإعادة التدوير بسبب تكوين النفايات. يختلف معدل إعادة تدوير (C&DW) في أوروبا بشكل كبير بين البلدان. بعض البلدان لديها معدلات إعادة تدوير أقل من 10%، في حين أن معدلات إعادة التدوير في دول أخرى تزيد عن 90% (Dosal *et al*, 2013). في البلدان النامية، يؤدي النمو السكاني والتوسع الحضري وعملية البناء المتزايدة من ناحية، ونقص المساحة المناسبة لمواقع مدافن النفايات من ناحية أخرى، إلى تكثيف الحاجة إلى إعادة التدوير وإعادة استخدام نفايات (C&D) (Broujeni *et al*, 2016).

هناك ثلاثة خيارات أساسية لإدارة نفايات (C&D) مثل التقليل وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير، وبالنظر إلى مشاريع البناء التي يتم تنفيذها في العديد من البلدان النامية، يتم استخدام الخيارين الأولين عادةً لتقليل كمية (C&DW) ويتم تجاهل خيار "إعادة التدوير" بشكل عام، وذلك لأنه يحتاج إلى تكلفة استثمار أولية عالية نسبياً (Ulubeyli *et al*, 2018). وتحتاج عملية إدارة النفايات إلى مواقع ملائمة يجب دراستها واختيارها بدقة وحذر، حيث يؤثر هذا القرار على الأرباح والتكاليف على المدى الطويل بالإضافة إلى التكلفة الاقتصادية والجوى البيئية للركام المعاد تدويره. في السنوات الأخيرة، تم تطوير العديد من أدوات صنع القرار التي تم فيها تضمين الجوانب البيئية أو الاجتماعية أو الاقتصادية في عملية صنع القرار. من بين الأدوات التي تم تطويرها، تم استخدام التحليل متعدد المعايير (MCA) بشكل متكرر لحل مشاكل اتخاذ القرارات البيئية. (Dosal *et al*, 2013).

ويعد التحليل الهرمي (AHP) أحد أشهر طرق تحليل القرار متعدد المعايير والذي طوره العالم العراقي توماس ساعاتي عام 1980 وتستخدم لحساب أوزان المعايير اعتماداً على آراء الخبراء دون الحاجة إلى جمعهم في مكان واحد. وتعتبر طريقة فعالة عندما تكون البيانات محدودة (تماضر الابراهيم وآخرون، 2021).

تعرف نظم المعلومات الجغرافية بأنها علم يعتمد على أدوات حاسوبية لتخزين ومعالجة وعرض ورسم الخرائط، وتحليل الظواهر الجغرافية الموجودة على سطح الأرض. وتعتبر فعالة أيضاً في تمثيل العلاقات المكانية، لذلك تستخدم على نطاق واسع لتحليل المشاكل المكانية وتقديم الحلول البديلة واتخاذ القرار.

وعادة ما يتم دمج نظم المعلومات الجغرافية GIS، والتي تعتبر ذات أهمية كبيرة في دراسة وتحديد الموقع كونها تربط المعلومات الجغرافية بالوصفية، وبذلك فهي تدعم التحليل المكاني (Balew *et al*, 2022) ومفهوم تحليل القرار متعدد المعايير MCDA عند تحديد المواقع الملائمة لمحطات معالجة النفايات. ويعرف تحليل القرار متعدد المعايير المستند إلى نظم المعلومات الجغرافية على أنه عملية تجمع بين البيانات الجغرافية (المعايير المدروسة) وقيم الأحكام (لأصحاب القرار) للحصول على النتيجة النهائية لاتخاذ القرار المناسب (Bosompem *et al*, 2016).

يتوفر القليل من الدراسات التي تهتم بإيجاد الأماكن المثلى لمراكز إدارة نفايات البناء والهدم، ففي دراسة أجريت في سوريا، تم دمج تقنيات GIS مع تحليل القرار متعدد المعايير (باستخدام التحليل الهرمي)، لتقييم ملائمة الأرض لإقامة

مراكز إعادة تدوير ثابتة ومتنقلة ومكبات خاصة بنفايات البناء والهدم. وتم أخذ سبعة معايير بعين الاعتبار (المراكز الحضرية، المراكز السياحية والأثرية، الانحدار، الغطاء النباتي، الشبكة المائية، شبكة الطرق، بالإضافة إلى عامل المناطق المتضررة نتيجة الحرب في محافظة حمص). وأوضحت عملية التحليل الهرمي أن العوامل الاقتصادية لها الأهمية الأكبر. وبلغت نسبة الأراضي الأكثر ملاءمة لإنشاء مركز تدوير ثابت 9.33% (Shiban & Hasan, 2021). استخدمت أداة GIS وتحليل القرار متعدد المعايير لتقييم الملاءمة البيئية لمجموعة من المحاجر المهجورة في لبنان، لتكون بمثابة مدافن ومنشآت معالجة لنفايات C&D وتم اختيار ملائمة هذه المحاجر اعتماداً على خمسة معايير: اجتماعية - اقتصادية، طبوغرافية، جيولوجية، هيدرولوجية، بالإضافة إلى البنية التحتية. وتوصلت الدراسة إلى اعتبار اثنين من 148 محجراً مهجوراً في جبل لبنان مناسبين لإعادة التأهيل والاستخدام (AlZaghrini et al, 2019). وفي دراسة أخرى أجريت في الصين، تم تحليل 11 معياراً لاختيار الموقع المناسب لإنشاء مكبات لنفايات البناء وتبين من خلال التحليل أن أكثر المناطق ملاءمة لإنشاء مكبات النفايات هي مناطق صغيرة، لذلك من الضروري زيادة معدل إعادة تدوير مخلفات البناء وتقليل مدافن النفايات وذلك للحفاظ على موارد الأرض وحماية البيئة (Ding et al, 2018). من ناحية أخرى يوجد العديد من الدراسات التي قامت بدمج تقنيات MCDA و GIS لإيجاد المواقع المناسبة لمرافق إدارة النفايات الصلبة ومكباتها. ففي محافظة النجف في العراق، تم استخدام GIS و MCDA لاختيار موقع ملائم لإنشاء مكب صحي في المحافظة بناءً على 17 معياراً بيئياً واقتصادياً وجيولوجياً، تم استخدام طريقة AHP (عملية التحليل الهرمي) في توزيع المعايير المستخدمة. أشارت النتائج إلى أن 4.4% من منطقة الدراسة مناسبة لتحديد موقع المكب وشمل ذلك خمسة مواقع موزعة على ثلاثة أفضية بالمحافظة (Al-Anbari et al, 2016). تنوعت في تركيا الدراسات التي تهتم بمعالجة النفايات، ففي دراسة أجريت في قونيا هدفت لتحديد موقع مكب صحي لحماية بحيرة بيشيهير، تم دمج عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) مع نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل عدة معايير، مثل الجيولوجيا / الجيولوجيا المائية، واستخدامات الأراضي، والانحدار والمياه والطرق والمناطق المحمية (بيئية أو علمية أو تاريخية). وتوصلت الدراسة إلى أربع تصنيفات للأرض، وهي مناطق ملاءمة عالية ومتوسطة ومنخفضة ومنخفضة جداً، والتي مثلت 3.24% و 7.55% و 12.70% و 2.81% من منطقة الدراسة على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد 73.70% على أنها لا تصلح لإنشاء مكب النفايات. وتم اقتراح موقعين لطمر النفايات (Şener et al, 2010).

وفي مرسين، تم استخدام تقنيات التحليل الهرمي (AHP) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS) بشكل مشترك لتحديد المواقع المناسبة للتخلص من النفايات الصلبة البلدية باستخدام 12 معياراً. لتقييم ملاءمة الموقع، تم دمج معايير القرار المختارة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية بعد توحيد وتعيين الأوزان لكل معيار باستخدام تقنية AHP. تشير خريطة الملاءمة المصنفة إلى أن 0.73% من مساحة منطقة الدراسة هي الأنسب، و 2.75% مناسبة، و 3.39% مناسبة إلى حد ما، و 4.77% غير مناسبة، و 3.47% أقل ملاءمة، و 84.89% غير مناسبة تماماً (أي مناطق محظورة) (Yıldırım & Güler, 2016).

وفي كندا، أجريت دراسة هدفت بشكل رئيسي إلى تطوير منهجية لتحديد المواقع المناسبة لمرافق تجميع النفايات تم استخدام التحليل المكاني لنظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد أنسب المناطق بمساعدة التحليل الهرمي (AHP) لتقييم متعدد المعايير للعوامل البيئية والاجتماعية المختلفة. تم إجراء دراسة حالة لألبيرتا، وهي مقاطعة غربية في كندا، بلغ إجمالي النفايات المتاحة التي تم أخذها في الاعتبار في الدراسة 4,077,514 طنًا / سنويًا تم جمعها من 79

مكباً للقمامة. أخيراً، تم إجراء تحليل تخصيص الموقع لتحديد المواقع المناسبة لـ 10 مرافق جمع للنفايات في المقاطعة (Khan *et al*, 2018).

مشكلة البحث

إن تطور أنشطة البناء على مدى العقدين الماضيين أدى إلى زيادة موازية في كميات المخلفات الإنشائية وقد تبين أن هذا النمو بالإضافة إلى نقص أماكن دفن النفايات وعدم وجود منهج واضح لإدارة المخلفات الإنشائية والتخلص منها أو إعادة تدويرها ينعكس سلباً على البيئة.

وفي مدينة اللاذقية لا يوجد اهتمام بمخلفات البناء حيث يتم ترحيلها مباشرة إلى المكبات العشوائية والمطامر أو تترك على جوانب الطريق مما يؤدي إلى الكثير من المخاطر البيئية.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من كونه يسלט الضوء على مشكلة تراكم أنقاض البناء حيث يعتبر اختيار موقع ملائم لتجميع نفايات البناء والهدم وفرزها بداية مهمة لإدارتها بالشكل الصحيح. وسيكون الهدف الرئيسي لهذا البحث اختيار الموقع الأمثل لإنشاء محطة ثابتة لفرز وتجميع الأنقاض في مدينة اللاذقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS والتحليل الهرمي (AHP).

طرائق البحث ومواده:

1. منطقة الدراسة

تقع محافظة اللاذقية على شاطئ البحر الأبيض المتوسط الشمالي الشرقي في شمال غرب سورية، كانت قديماً مرفأً مهماً، وتعتبر الآن الميناء الرئيسي في الجمهورية العربية السورية. تبلغ مساحتها حوالي 2456k.m²، يبلغ عدد سكانها حوالي 2,335,000 نسمة (مديرية النظافة، مجلس مدينة اللاذقية). وتقسّم إدارياً إلى أربع مناطق هي اللاذقية وجبله والحفة والقرداحة. الشكل (1)

تتكون تضاريس المحافظة من سهل ساحلي في الغرب، واسع في الجنوب يضيق لينعدم في أقصى الشمال حيث كتلة جبال البايير والبسيط، والتي يفصلها نهر الكبير الشمالي عن جبال اللاذقية التي تشكل الجزء الشرقي في المحافظة. تتركز الزراعة في محافظة اللاذقية في السهل الساحلي، أو على المدرجات الجبلية، وتعتمد المحافظة على زراعة الخضراوات المحمية بشكل كبير، وتنتشر فيها زراعة الخضار الحقلية صيفاً، ونظراً لملاءمة المناخ تنتشر زراعة الزيتون والحمضيات.

ومناخ المنطقة الساحلية بشكل عام هو متوسطي عادي مع شتاء معتدل ورطب وصيف حار وجاف. وتهب على طول البحر المتوسط تيارات هوائية بجبهة الأطلسي القطبية ذات الضغط المنخفض حتى تبلغ نهاياتها الشمالية الشرقية سواحل القطر حيث تتلاقى على المرتفعات الساحلية (الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية، فرع المنطقة الساحلية). وفيما يلي أهم الخواص المناخية للمنطقة المدروسة اعتماداً على قياسات أقرب محطة مناخية هي محطة اللاذقية للأرصاد الجوية وعلى مخططات الأطلس المناخي للقطر العربي السوري التابع لمديرية الأرصاد الجوية بدمشق. - الهطول المطري:

تتضافر الحركة الجوية العامة مع التضاريس المحلية في تفسير كميات الهطول وتوزعها، وهكذا تزداد كمية الهطول مع ازدياد تكرار مرور المنخفضات الجوية وكذلك تزداد كلما ارتفعنا عن سطح البحر. يلاحظ أن المعدل السنوي للهطول المطري في اللاذقية (791مم) ويصل إلى (174مم) في شهر كانون الثاني.

- درجات الحرارة:

يلعب توزع اليابسة والماء دوراً كبيراً في تحديد العوامل الجوية وذلك للتأثير المباشر لكل منهما على درجات الحرارة طيلة أيام السنة.

يبلغ المعدل السنوي للحرارة الوسطى في اللاذقية (26.2) درجة مئوية، يبلغ أعلى معدل شهري وسطي في شهر آب (27) درجة مئوية.

- الرطوبة النسبية:

ترتبط الرطوبة النسبية بكمية بخار الماء وبدرجة الحرارة وبالارتفاع عن سطح البحر وبكثافة الغطاء النباتي. ويعتبر البحر المتوسط هو المصدر الأساسي للرطوبة الجوية في سوريا لذلك يتصف الجو في جميع أنحاء سوريا عدا المناطق الساحلية بارتفاع في معدل الرطوبة النسبية خلال فصل الشتاء وانخفاضها في فصل الصيف، يصل المعدل الشهري للرطوبة النسبية في اللاذقية في شهر تموز إلى (75%) وينخفض ليصل إلى (58%) في شهر تشرين الثاني. - التبخر الممكن:

تعكس قيم التبخر الممكن العلاقة ما بين الحرارة وبخار الماء من حيث مصدر كل منهما وتأثرهما بالعوامل الجوية المحلية. يبلغ معدل التبخر اليومي في اللاذقية (4 مم)، ويزداد صيفاً ليصل إلى (5.2 مم) في شهر آب وينخفض ليصل (3.1 مم) في اليوم خلال شهر كانون الثاني.

- الرياح السائدة:

تسود المنطقة المدروسة من شهر تشرين الثاني إلى شهر شباط رياح شرقية وشمالية شرقية وتسود الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية في باقي الأشهر من السنة كما هو مبين في الجدول (1) اتجاه الرياح السائد في الشهر. كما يبين الجدول (2) المعدل الشهري للسرعة العظمى للرياح في محطة اللاذقية. حيث بلغت السرعة العظمى للرياح في أشهر الشتاء (27 م/ثا).

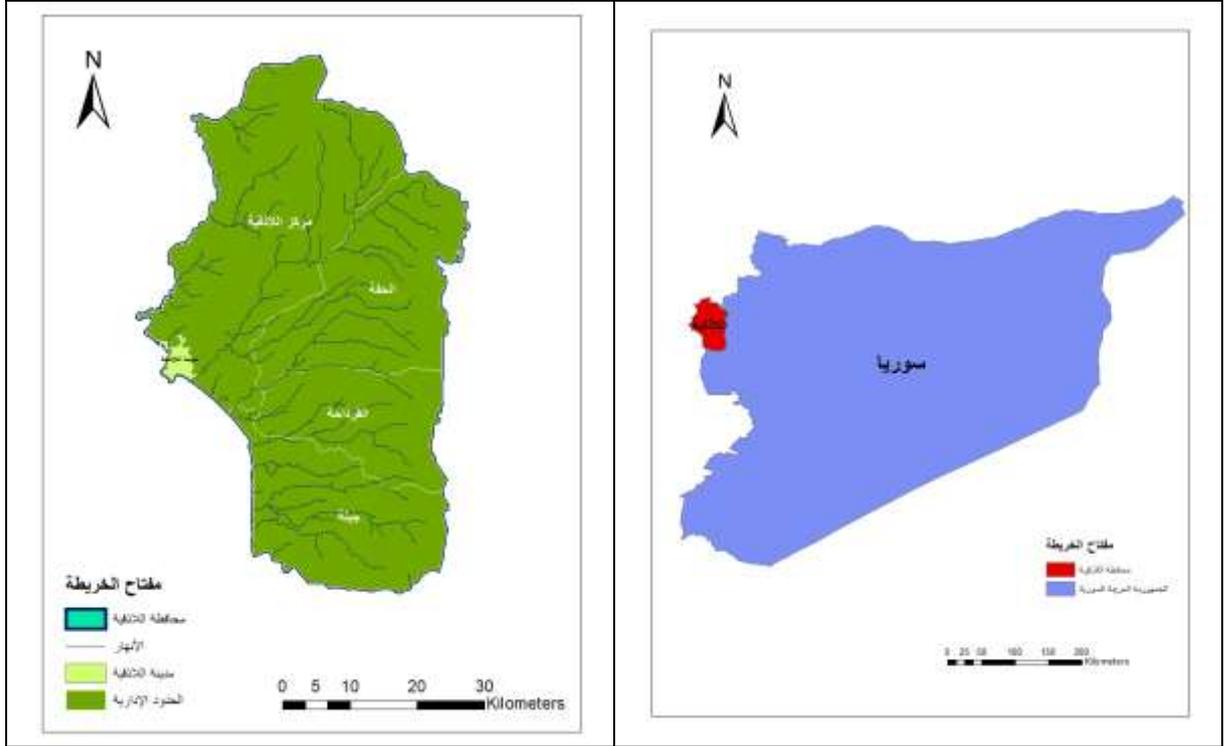
الجدول (1) اتجاه الرياح السائد

الشهر	أيلول	ت ₁	ت ₂	ك ₁	ك ₂	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب
اللاذقية	S	E	E	E	E	E	S	S	S	S	S	S
	SW	NE	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW

الجدول (2) المعدل الشهري للسرعة الوسطى للرياح

الشهر	أيلول	ت ₁	ت ₂	ك ₁	ك ₂	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	المعدل السنوي

27	13	16	16	20	20	23	23	27	27	23	20	16	السرعة العظمى
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	------------------



الشكل (1) منطقة الدراسة

2. منهجية الدراسة

لوحظ في الفترة الأخيرة بناء العديد من الأبنية السكنية والتجارية البرجية والمشاريع العمرانية في مدينة اللاذقية، والتي لا بد وأنها تنتج كميات كبيرة من المخلفات الإنشائية والتي يمكن إعادة استخدامها أو تدويرها أو طمرها في حال عدم صلاحيتها. إن عملية اختيار الموقع الأمثل لمحطة إعادة تدوير نفايات البناء والهدم لا تتم بشكل عشوائي، وإنما تحتاج إلى دراسة متكاملة تراعى فيها عدة معايير، تقلل من الآثار السلبية لهذه المحطات على البيئة والمجتمع. وتمت هذه العملية بمساعدة نظم المعلومات الجغرافية عبر تطبيق مجموعة من المراحل في برنامج ArcGIS (10.8) حيث تم في المرحلة الأولى تحديد ثمانية معايير لدراسة مدى ملائمة الأرض بالنسبة لهذه المعايير لإنشاء مركز فرز وتجميع نفايات (C&D) و راعت هذه المعايير الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية وشملت (المسافة عن التجمعات السكانية، المسافة عن المراكز الأثرية والسياحية، الغطاء النباتي، اتجاه الرياح السائدة في المنطقة، المسافة عن الأنهار، المسافة عن خط الشاطئ، المسافة عن الطرق الرئيسية، ميول الأرض (الانحدار)). تم جمع الخرائط والبيانات اللازمة للدراسة وإنشاء قاعدة البيانات الخاصة بالمعايير المدروسة.

في المرحلة الأخيرة تم استخدام تقنيات تحليل القرار متعدد المعايير (MCDA) وتحديداً عملية التحليل الهرمي Analytic hierarchy process لإيجاد أوزان المعايير المدروسة وذلك بالاعتماد على آراء ثلاثة خبراء

أكاديميين وعاملين في مجال البيئة وإدارة المخلفات الصلبة وهم: الدكتور هيثم شاهين- أستاذ في كلية الهندسة المدنية- قسم البيئة- جامعة تشرين، الدكتور عادل عوض- أستاذ في كلية الهندسة المدنية- قسم البيئة- جامعة تشرين، الدكتور قينان إبراهيم- مدرس في المعهد العالي لبحوث البيئة- قسم هندسة النظم البيئية- جامعة تشرين. تم الحصول على خرائط ملائمة الموقع بالنسبة للمعايير المدروسة وخريطة الملائمة النهائية باستخدام أدوات التحليل المكاني.

1.2. تحديد معايير تقييم الأرض

بسبب عدم وجود معايير معتمدة في سورية لهذا النوع من المحطات فقد تم الاعتماد في اختيار المعايير على الدراسات السابقة والمشابهة لهذه الدراسة وآراء الخبراء العاملين في مجال معالجة وإدارة النفايات.

1- المسافة عن التجمعات السكانية:

تتطلب إدارة نفايات البناء والهدم موقعاً مثالياً لإنشاء محطات التجميع والتدوير تقل فيه عوامل الخطورة والتأثيرات السلبية على الإنسان والبيئة. وغالباً ما يرفض السكان إقامة هذا النوع من المحطات بجوارهم، نظراً للغبار والضجيج والانبعثات التي تؤثر سلباً على صحتهم.

كما أن فقدان السكان لأراضيهم نتيجة استملاكات الأراضي لإقامة هذه المحطات، وانخفاض أسعار الأراضي القريبة منها سيزيد من معارضتهم لإنشائها (Awad & Shleha, 2020).

2- المسافة عن المراكز الأثرية والسياحية:

تؤثر محطات إدارة النفايات على المنظر الجمالي والسياحي والأثري، كما ينجم عن العمل فيها الكثير من الانبعثات الضارة والغبار والضجيج مما قد يضر بقطاع السياحة. لذلك يجب اختيار موقع بعيد نسبياً عن المناطق ذات النشاط السياحي العالي (Dosal, et al 2013).

3- مؤشر الغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index) NDVI:

مؤشر رقمي يستخدم نطاقات الأشعة تحت الحمراء المرئية والقريبة من الطيف الكهرومغناطيسي، ويستخدم لتقييم ما إذا كان الهدف الذي يتم رصده يحتوي على نباتات خضراء حية أم لا. يتم الحصول على البيانات النقطية لـ NDVI من موقع هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS تتراوح قيم NDVI بين [-1،1]، الخلايا ذات القيمة NDVI أقل من 0.1 تتوافق مع الصخور القاحلة أو الرمال أو الثلج وتعتبر أرضاً مناسبة لإقامة منشآت إدارة النفايات حيث تفضل المناطق الجرداء الخالية من النباتات. وتعتبر قيمة NDVI التي تساوي 0.1 نقطة منتصف في عملية التقييم (Madi & Srour, 2019).

4- اتجاه السفوح الجبلية والرياح السائدة:

لابد من أخذ هذا المعيار بعين الاعتبار عند إنشاء مراكز إدارة النفايات نظراً لما يصدر عنها من غبار وانبعثات وضجيج. تساهم الرياح في نقل هذه الانبعثات والضجيج لذلك يفضل أن يكون موقع هذه المراكز عكس اتجاه الرياح السائدة في منطقة الدراسة وخلف السفوح الجبلية التي تحجبها عن المناطق المأهولة بالسكان (Yıldırım & Güler, 2016). وفي هذه الدراسة تم استخدام طبقة السفوح الجبلية Aspect كبديل لاتجاه الرياح، وتم اشتقاقها من طبقة الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة DEM.

وفي منطقة الدراسة، حسب وردة الرياح فإن الرياح الشرقية والشمالية الشرقية تسود في فصل الشتاء، والجنوبية إلى الجنوبية الغربية تسود في فصل الصيف، لذلك تعتبر السفوح المتجهة شرقاً وجنوباً هي الأقل ملائمة.

5- المسافة عن مصادر المياه السطحية:

عند إنشاء أي منشأة تتعلق بالنفايات يجب حماية مصادر المياه السطحية من التلوث (Khan., *et al* 2018) وعلى الرغم من أن نفايات البناء تعتبر خاملة نسبياً، إلا أنها قد تشكل تهديداً طويلاً الأمد على مصادر المياه السطحية. كما تتشكل في الشتاء السيول التي يمكن أن تغطي أرض مركز فرز النفايات وتختلط بالمواد الناعمة وتقلها إلى أماكن المياه السطحية (Madi & Srour, 2019).

6- المسافة عن خط الشاطئ:

تمت إضافة هذا المعيار نظراً لأهميته من أجل المحافظة على جمالية المنطقة، فمن غير المستحب وجود محطات معالجة للنفايات بالقرب من الشواطئ والمنتجعات السياحية. كما أن هذا المعيار يعزز معيار اتجاه الرياح بسبب تأثير الساحل على الرطوبة ومعدل الأمطار الساقطة فكلما اتجهنا شرقاً تقل الرطوبة ويقل التبخر وتساقط الأمطار وبالتالي تأخذ هذه المعايير رتباً أعلى لأنها تصبح أكثر ملاءمة لإقامة مراكز إدارة نفايات البناء والهدم.

7- المسافة عن الطرق الرئيسية:

تعتبر المسافة عن شبكة الطرق الرئيسية عاملاً اجتماعياً واقتصادياً مهماً يجب أخذه بعين الاعتبار عند اختيار مواقع مراكز نفايات البناء والهدم. يجب أن تكون هذه المواقع بعيدة عن شبكة الطرق لاعتبارات جمالية، وبنفس الوقت يجب ألا تكون بعيدة جداً لتجنب وجود تكاليف إضافية لإنشاء طرق خاصة بهذه المراكز (Yıldırım & Güler, 2016) وقد اعتمدت في هذه الدراسة شبكة الطرق الرئيسية من الدرجة الأولى والثانية.

8- ميول الأرض (الانحدار):

تشكل طبوغرافية المنطقة عاملاً هاماً عند اختيار المواقع المثلى لمراكز إدارة النفايات، فكلما زاد تضرس المنطقة زادت تكاليف الإنشاء والتشغيل، وزاد تدفق المياه الملوثة من هذه المراكز إلى مصادر المياه السطحية (Shtayah, 2012) و (Yıldırım & Güler, 2016).

تزيد الدرجات الأعلى من 5 بالمائة من مخاطر التآكل وعدم الاستقرار عند مواجهة هطول أمطار غزيرة وتؤثر على قابلية البناء وطرق الوصول أيضاً. وتعتبر الدرجة 5% درجة مناسبة للانحدار، وتستبعد المناطق ذات الانحدار الأكبر من 20% (Madi & Srour, 2019).

2.2. إنشاء قاعدة بيانات للمعايير المطلوبة

نقوم في هذه المرحلة بجمع معلومات عن المعايير المختارة وتعد هذه أهم خطوة في بناء قاعدة بيانات جغرافية لنحصل على الخرائط المطلوبة.

تم جمع البيانات المتعلقة بالمعايير المحددة في هذه الدراسة ومعالجتها باستخدام أدوات التحليل المكاني في بيئة (ArcGIS 10.8)

- تم الحصول على الخرائط الخاصة بالدراسة من الشكل (2-a) إلى (2-c) من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في محافظة اللاذقية، والشكل (2-d) شبكة الأنهار تم اشتقاقها من نموذج الارتفاع الرقمي DEM للمحافظة، كما تم ترقيم طبقة خط الشاطئ يدوياً اعتماداً على صورة جوية لمحافظة اللاذقية.

- تم تحميل خريطة نموذج الارتفاع الرقمي DEM لمنطقة الدراسة من موقع هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية USGS بدقة (30*30) م والتي التقطت عن طريق القمر الصناعي ASTER لعام 2019. (EarthExplore)

- تم اعتماد نظام الإحداثيات المترية:

Projected Coordinate Systems → WGS 1984 UTM Zone 37N

- تم توليد طبقة الميول (الانحدار) الشكل (2-f) من خريطة نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة باستخدام الأمر Slope المدرج ضمن قائمة

3D Analyst tools → Raster Surface

- تم توليد طبقة السفوح الجبلية الشكل (2-g) من خريطة نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة باستخدام الأمر Aspect المدرج ضمن قائمة

3D Analyst tools → Raster Surface

- تم استخراج طبقة الغطاء النباتي NDVI الشكل (2-h) من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 8 OLI) و (Landsat 9 OLI) التي تم تحميلها من موقع (EarthExplore) لعام 2022 م عبر الأمر Raster Calculator المدرج ضمن قائمة

Spatial Analyst tools → Map Algebra

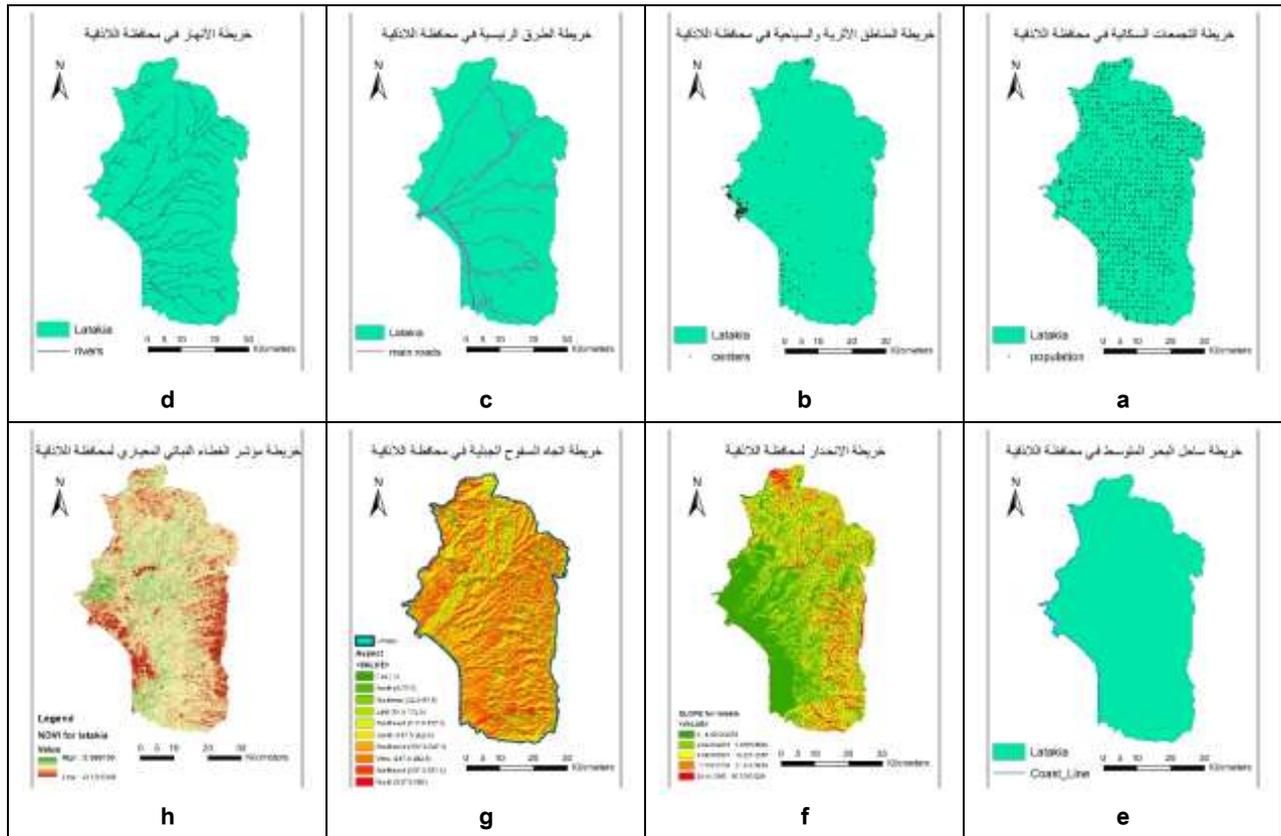
وذلك بتطبيق معادلة مؤشر الغطاء النباتي المعياري التالية:

$$NDVI = \text{Float}(\text{Band}5 - \text{Band}4) / \text{Float}(\text{Band}5 + \text{Band}4)$$

- تم التعامل مع المعايير المرتبطة بالمسافات واستخراج خريطة raster المقابلة لها باستخدام أداة المسافة الإقليدية Euclidean distance والمدرجة ضمن قائمة

Spatial analyst tool → Distance

والتي تعطي قيمة لكل بكسل تتناسب مع المسافة عن المعيار المدروس.



الشكل (2): a. خريطة التجمعات السكانية، b. خريطة المراكز الأثرية والسياحية، c. خريطة الطرق الرئيسية، d. خريطة الأنهار، e. خريطة خط الشاطئ، f. خريطة الانحدار، g. خريطة السفوح الجبلية، h. خريطة الغطاء النباتي

- تمت إعادة تصنيف الملفات الشبكية Raster المستخرجة وفق مقياس التصنيف المشترك ووفق قيود الدراسة من الشكل (a) إلى الشكل (h) وذلك باستخدام الأمر Reclassify المدرج ضمن قائمة

Spatial Analyst →Reclass

مقياس تصنيف البيانات (المقياس المشترك Common scale):

الغرض من توحيد البيانات في صنع القرار القائم على نظم المعلومات الجغرافية هو توفير مقياس مشترك لجميع المعايير التي تم أخذها في الاعتبار في تقييم الملاءمة. يجب توحيد معايير القرار المستندة إلى مقياس تصنيف ملائم موحد عن طريق تحويل البيانات الأصلية أو إعادة قياسها (أي قيم خلايا الشبكة) وتبسيطها لتسهيل التعامل معها داخل بيئة التحليل المكاني (spatial analyst) الخاص بـ Arc-Gis.

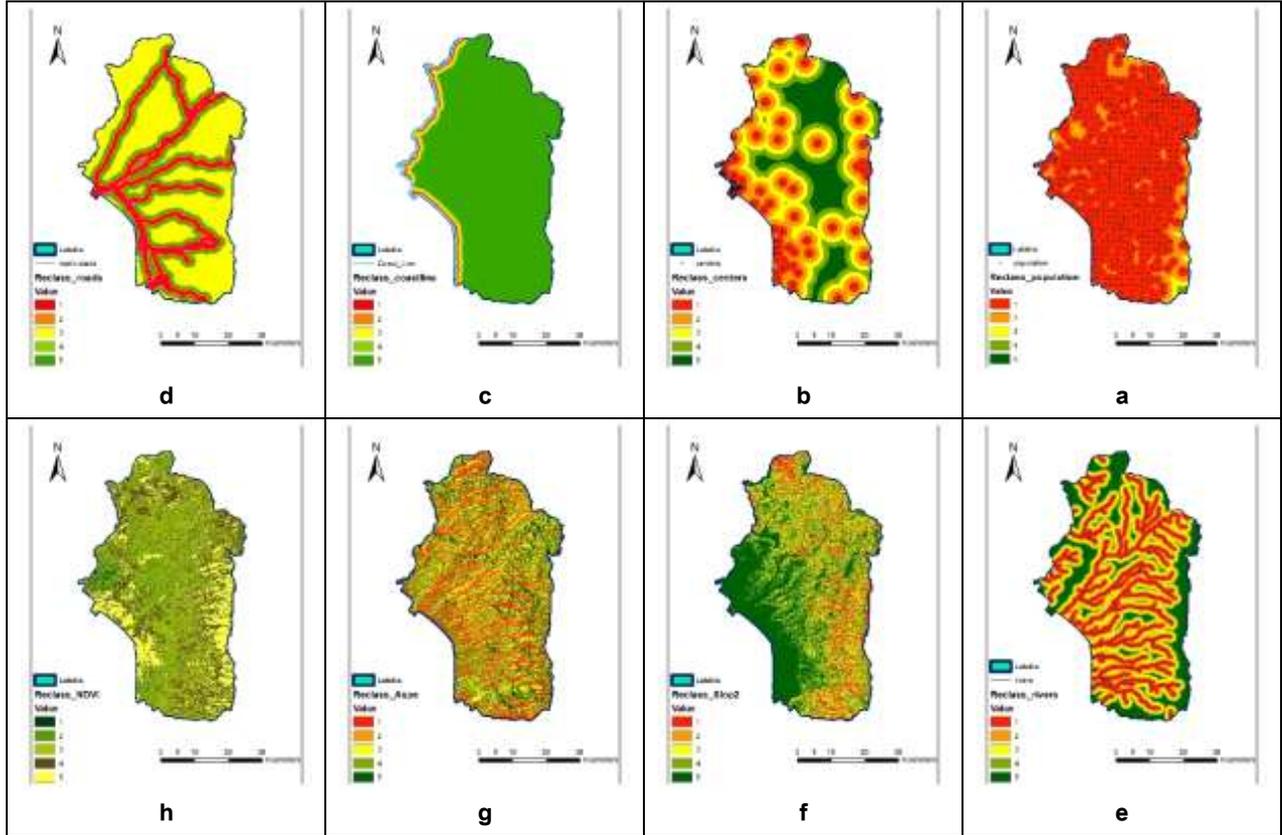
- 1- توجد عدة مقاييس لتصنيف البيانات مثل المقاييس: (3-1)، (5-1)، (10-1)، (20-1) الخ.
- 2- في هذه الدراسة تم اختيار مقياس يقوم على أساس القيم من 1 إلى 5 (من الأقل ملاءمة إلى الأكثر ملاءمة) بالاعتماد على الدراسات المشابهة (Yıldırım&Güler, 2016) و(Shtaya 2012) و (Shiban & Hasan, 2021).

يبين الجدول (3) مقياس التصنيف الذي تم اعتماده في هذه الدراسة اعتماداً على دراسات مشابهة حيث تعتبر القيم (5: أكثر ملاءمة، 4: ملائمة، 3: متوسط الملاءمة، 2: أقل ملاءمة، 1: غير ملائمة)

الجدول (3) معايير إعادة تصنيف الطبقات المدروسة

المعيار	التصنيف	التقييم
المسافة عن التجمعات السكانية	0-1500 m	1
	1500-3000 m	2
	3000-4500 m	3
	4500-6000 m	4
	>6000 m	5
المسافة عن المراكز الأثرية والسياحية	0-1500 m	1
	1500-3000 m	2
	3000-4500 m	3
	4500-6000 m	4
	>6000 m	5
الغطاء النباتي	>0.4	1
	0.3-0.4	2
	0.2-0.3	3
	0.1-0.2	4
	<0.1	5
اتجاه السفوح الجبلية والرياح السائدة	الشمال	3
	الشمال الشرقي	2
	الشرق	1

4	الجنوب الشرقي	
1	الجنوب	
2	الجنوب الغربي	
5	الغرب	
3	الشمال الغربي	
1	0-500 m	المسافة عن الأنهار
2	500-1000 m	
3	1000-1500 m	
4	1500-2000 m	
5	>2000 m	
1	0-500 m	المسافة عن خط الشاطئ
2	500-1000 m	
3	1000-1500 m	
4	1500-2000 m	
5	>2000 m	
1	0-500 m	المسافة عن الطرق الرئيسية
2	500-1000 m	
5	1000-1500 m	
4	1500-2000 m	
3	>2000 m	
1	>20%	ميل الأرض (الانحدار)
2	15-20%	
3	10-15%	
4	5-10%	
5	0-5%	



الشكل (3) الخرائط الخاصة بالمعايير بعد إعادة تصنيفها: a. خريطة التجمعات السكانية، b. خريطة المراكز الأثرية والسياحية، c. خريطة الطرق الرئيسية، d. خريطة الأنهار، e. خريطة خط الشاطئ، f. خريطة الانحدار، g. خريطة السفوح الجبلية، h. خريطة الغطاء النباتي

3.2. التحليل الهرمي (إيجاد أوزان المعايير)

عملية التحليل الهرمي (Analytic hierarchy process) هي أداة لصنع القرار طورها العالم العراقي Thomas Saaty (Bernasconi *et al*, 2010). ويعتبر أحد أكثر أدوات التقييم متعدد المعايير (MCE) شيوعاً.. فهو أداة مرنة يتم تطبيقها في عمليات اختيار الموقع لأنها تساعد في عملية صنع القرار من خلال السماح لصانعي القرار بتنظيم المعايير والحلول البديلة للمشكلة في نموذج صنع القرار الهرمي، وتوليد أوزان معايير التقييم وكلما زادت قيمة هذه الأوزان، زادت أهمية المعيار المقابل (Balew *et al*, 2022).

تتألف عملية التحليل الهرمي من عدة خطوات يتم اتباعها لاتخاذ القرار:

- 1- تحديد المشكلة أو الهدف.
- 2- بناء الشكل الهرمي والذي يتألف من عدة مستويات أعلاها الهدف من عملية صنع القرار يليها مستويات تشمل المعايير المدروسة وصولاً إلى المستوى الأدنى (والذي عادة ما يكون مجموعة من البدائل). لا يوجد هيكل هرمي موحد لكل مشكلة، إنما يسمح AHP لمستخدميه بالمرونة في بناء تسلسل هرمي يناسب احتياجاتهم (saaty, 2005). وفي هذه الدراسة تضمن الشكل الهرمي مستويين فقط، المستوى الأول يشمل المعايير الرئيسية، والثاني يشمل المعايير الفرعية التي تم اعتمادها لتقييم الموقع الشكل (18).



الشكل (4) نموذج التحليل الهرمي للدراسة

3- بناء مصفوفات المقارنة الزوجية الشكل (5)، والتي تم استخراجها بناءً على قيم المقاييس للمعايير المستخدمة وفقاً للخبراء الثلاثة الجدول (4) والتي اقترحها Saaty الجدول (5)، وتشير إلى الأهمية النسبية للمعيار.

الجدول (4) قيم مقاييس المصفوفة وفقاً للخبراء الثلاثة

المعيار	الخبير 1	الخبير 2	الخبير 3
المسافة عن التجمعات السكانية	7	5	9
المسافة عن الطرق الرئيسية	5	5	7
الغطاء النباتي	3	5	5
اتجاه الرياح السائدة في المنطقة	3	3	3
المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية	3	7	7
البيانات المائية	5	7	5
المسافة عن الشاطئ	5	3	3
ميلول الأرض (الانحدار)	3	3	5

		المسافة عن التجمعات السكانية	المسافة عن الطرق الرئيسية	الغطاء النباتي	التجاه الرياح السائدة في المنطقة	المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية	البيانات المائية	المسافة عن الشاطئ	ميل (الانحدار)
المسافة عن التجمعات السكانية	خبير 1	1	2	4	4	4	2	2	4
	خبير 2	1	1	1	2	1/2	1/2	2	2
	خبير 3	1	2	4	6	2	4	6	4
المسافة عن الطرق الرئيسية	خبير 1	1/2	1	2	2	2	1	1	2
	خبير 2	1	1	1	2	1/2	1/2	2	2
	خبير 3	1/2	1	2	4	1	2	4	2
الغطاء النباتي	خبير 1	1/4	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1
	خبير 2	1	1	1	2	1/2	1/2	2	2
	خبير 3	1/4	1/2	1	2	1/2	1	2	1
التجاه الرياح السائدة في المنطقة	خبير 1	1/4	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1
	خبير 2	1/2	1/2	1/2	1	1/4	1/4	1	1
	خبير 3	1/6	1/4	1/2	1	1/4	1/2	1	1/2
المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية	خبير 1	1/4	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1
	خبير 2	2	2	2	4	1	1	4	4
	خبير 3	1/2	1	2	4	1	2	4	2
البيانات المائية	خبير 1	1/2	1	2	2	2	1	1	2
	خبير 2	2	2	2	4	1	1	4	4
	خبير 3	1/4	1/2	1	2	1/2	1	2	1
المسافة عن الشاطئ	خبير 1	1/2	1	2	2	2	1	1	2
	خبير 2	1/2	1/2	1/2	1	1/4	1/4	1	1
	خبير 3	1/6	1/4	1/2	1	1/4	1/2	1	1/2
ميل (الانحدار)	خبير 1	1/4	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1
	خبير 2	1/2	1/2	1/2	1	1/4	1/4	1	1
	خبير 3	1/4	1/2	1	2	1/2	1	2	1

الشكل (5) مصفوفة المقارنة الزوجية

الجدول (5) مقياس المقارنات الزوجية (Saaty, 1987)

مدى الأهمية	1	3	5	7	9	2,4,6,8
التعريف	متساويان في الأهمية	أهمية معتدلة	أهمية كبيرة	أهمية كبيرة جداً	أهمية قصوى	أهمية وسطية بين القيم السابقة

4- توجد عدة طرق لحساب الأولويات وقد استخدمت في هذه الدراسة الطريقة التقريبية (saaty, 1980)، وتعتمد هذه الطريقة على جمع قيم كل عمود في مصفوفة المقارنة الزوجية الجدول (6)، ومن ثم قسمة كل عنصر في العمود على مجموع قيم العمود نفسه، لنحصل على المصفوفة المعيارية الشكل (6)، ثم نقوم بحساب متوسط كل صف في المصفوفة المعيارية.

يتم الحصول على أوزان المعايير بأخذ المتوسط الحسابي لوزن كل معيار حسب كل خبير.

الجدول (6) مجموع قيم الأعمدة في مصفوفة المقارنة الزوجية

رقم الخبير	المسافة عن التجمعات السكنية	المسافة عن الطرق الرئيسية	الغطاء النباتي	اتجاه الرياح السائدة في المنطقة	المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية	البيانات المائية	المسافة عن الشاطئ	ميول الأرض (الانحدار)
خبير 1	3.5	7	14	14	14	7	7	14
خبير 2	8.5	8.5	8.5	17	4.25	4.25	17	17
خبير 3	3.09	6	12	22	6	12	22	12

	المجموع	المسافة عن الشاطئ	البيانات المائية	المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية	اتجاه الرياح السائدة في المنطقة	الغطاء النباتي	المسافة عن الطرق الرئيسية	المسافة عن التجمعات السكنية	ميول الأرض (الانحدار)
المسافة عن التجمعات السكنية	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
خبير 1	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
خبير 2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
خبير 3	0.32	0.33	0.33	0.27	0.33	0.33	0.27	0.33	0.31375
المسافة عن الطرق الرئيسية	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
خبير 1	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
خبير 2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
خبير 3	0.16	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17125
الغطاء النباتي	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
خبير 3	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.0825
اتجاه الرياح السائدة في المنطقة	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
خبير 3	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.045
المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 2	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
خبير 3	0.16	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17125
البيانات المائية	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
خبير 1	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
خبير 2	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
خبير 3	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.0825
المسافة عن الشاطئ	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
خبير 1	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
خبير 2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
خبير 3	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.045
ميول الأرض (الانحدار)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
خبير 2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
خبير 3	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.0825

الشكل (6) المصفوفة المعيارية

5- اختبار كفاءة التحليل بحساب ما يسمى نسبة الثبات CR (Consistency ratio) (Saaty, 1980) بالعلاقة:

$$CR = CI/RI$$

حيث: CI مؤشر الثبات (Consistency index) ويحسب بالعلاقة:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} : الجذر الكامن لمصفوفة المقارنات الثنائية وهو حاصل جمع جداء مجموع كل عمود بمجموع الصف المقابل له.

n: عدد العناصر التي يتم مقارنتها

Cr	Ci	Amax
0.016327	0.022857143	7.84
0.016327	0.022857143	8.16
0.002603	0.003644643	7.9744875

بعد حساب قيمة مؤشر الثبات Ci تتم مقارنتها مع قيمة مؤشر الثبات العشوائي RI (Random Index) المبينة في الجدول (3)، ويجب أن تحقق الشرط ($CR \leq 0.1$)، وإذا لم يتحقق تتم إعادة النظر في بناء مصفوفات المقارنة.

الجدول (7) قيم مؤشر الثبات العشوائي (Saaty, 1980)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R	0	0	0.5	0.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5
I			8	9	2	4	2	1	5	9	1	8	6	7	8

النتائج والمناقشة:

1. نتائج عملية التحليل الهرمي

بعد إجراء المقارنات الزوجية تم التوصل إلى أوزان المعايير والتي تبين تدرج أهميتها في تحديد الموقع الأمثل لمنشأة فرز نفايات البناء والهدم. الجدول (8)

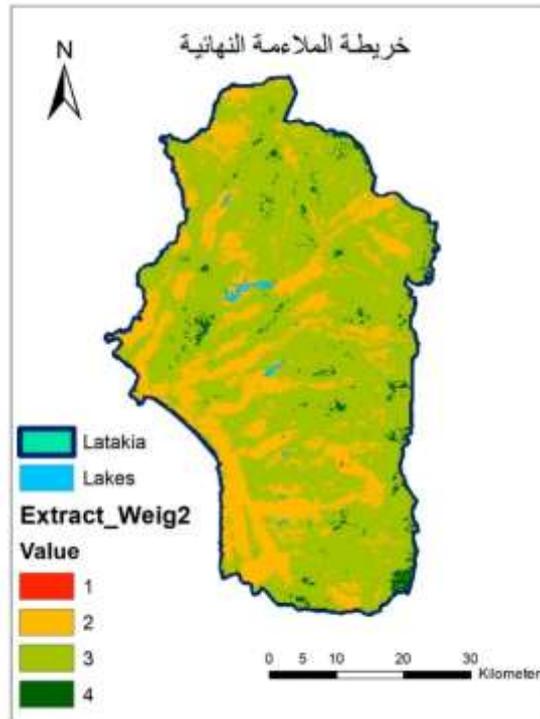
الجدول (8) أوزان معايير الدراسة

الوزن	المعيار
24	المسافة عن التجمعات السكانية
14	المسافة عن الطرق الرئيسية
9	الغطاء النباتي
6	اتجاه الرياح السائدة في المنطقة
16	المسافة عن المناطق الأثرية والسياحية
15	البيانات المائية
8	المسافة عن الشاطئ
8	ميول الأرض (الانحدار)
100	المجموع

أما نسب الثبات فقد كانت للخبراء الثلاثة على التوالي 0.002, 0.016, 0.016، وجميعها أقل من 0.1 وبالتالي فالأحكام تتسم بالاتساق.

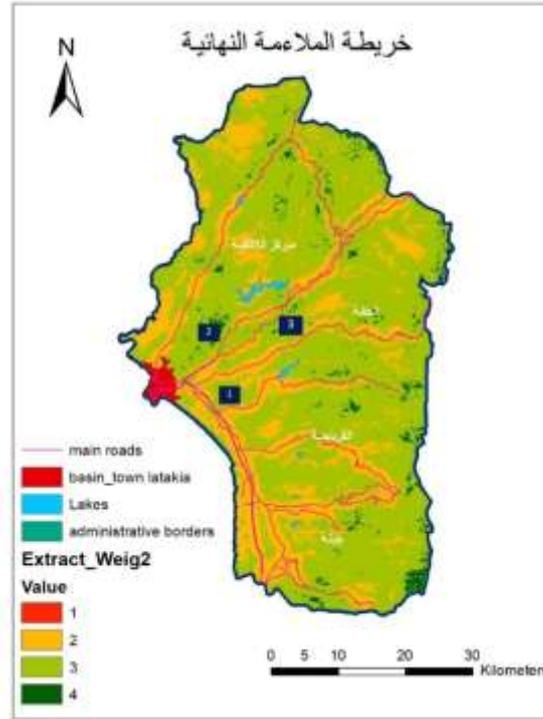
2. خريطة الملاحة النهائية

- للحصول على خريطة الملاحة النهائية تم إجراء عملية الجمع الجبري عبر تراكب جميع الطبقات المعاد تصنيفها الخاصة بالمعايير عن طريق ضرب كل معيار بوزنه في برنامج Arc-Gis من خلال الأمر Raster Calculator.
- تم استبعاد البحيرات من خريطة الملاحة النهائية كونها لم تؤخذ ضمن المعايير المدروسة عن طريق اقتطاعها لنحصل على خريطة الملاحة النهائية. الشكل (7)



الشكل (7) خريطة الملاحة النهائية

- وتبين من الخريطة السابقة وجود أربع تصنيفات فقط، وقد بلغت مساحة المناطق الملاحة 46.96 k.m^2 ومتوسطة الملاحة 1688.68 k.m^2 والأقل ملاحة 676.05 k.m^2 وغير الملاحة 0.34 k.m^2 ، بنسب مئوية % (0.014, 27.5, 68.75) على التوالي.
- تم اقتراح ثلاثة مواقع تتلاءم مع الحدود الإدارية لمحافظة اللاذقية، وتخدم كافة المناطق وقريبة من الطرق الرئيسية، وخاصة بعد كارثة الزلزال الأخير التي حلت بالمحافظة. الشكل (8)



الشكل (8) المواقع المقترحة

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

- تم تحديد أكثر الأراضي ملاءمة لإنشاء مراكز معالجة نفايات البناء والهدم من خلال دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS والتحليل الهرمي AHP والتي أثبتت أنها أداة قوية ومرنة تساعد صانعي القرار في اتخاذ القرار المناسب وحل المشاكل بأقل جهد وتكلفة.
- تبين أن العوامل الاجتماعية كانت الأهم في اختيار المواقع المناسبة لإنشاء مركز فرز وتجميع نفايات البناء والهدم برأي الخبراء، وقد راعت الدراسة من خلال تطبيق تقنيات GIS أن تكون المواقع المقترحة تخدم كافة مناطق المحافظة بالإضافة إلى مركز مدينة اللاذقية.

التوصيات

- إدخال المزيد من العوامل في دراسة اختيار المواقع الملائمة، مثل استخدامات الأراضي والقوقال الزلزالية وتوفير البيانات الجغرافية المطلوبة.
- دراسة الجدوى الاقتصادية من محطات إدارة النفايات وتشجيع إدخال مفهوم إعادة التدوير.
- إجراء دراسات مماثلة في حالات الكوارث الطبيعية، خاصة بعد تعرض المنطقة لكارثة الزلازل.

References

- Al-Anbari, M., Thameer, M., Al-Ansari, N., & Knutsson, S. *Landfill site selection in Al-Najaf governorate, Iraq*. Journal of Civil Engineering and Architecture, 10(6) 2016, 651-660.
- AlZaghrini, N., Srour, F. J., & Srour, I. *Using GIS and optimization to manage construction and demolition waste: The case of abandoned quarries in Lebanon*. Waste Management, 95, 2019, 139-149.
- Balew, A., Alemu, M., Leul, Y., & Feye, T. *Suitable landfill site selection using GIS-based multi-criteria decision analysis and evaluation in Robe town, Ethiopia*. GeoJournal, 87(2) 2022, 895-920.
- Bernasconi, M., Choirat, C., & Seri, R. *The analytic hierarchy process and the theory of measurement*. Management science, 56(4) 2010, 699-711.
- Bosompem, C., Stemm, E., & Fei-Baffoe, B. *Multi-criteria GIS-based siting of transfer station for municipal solid waste: The case of Kumasi Metropolitan Area, Ghana*. Waste Management & Research, 34(10) 2016, 1054-1063.
- Broujeni, B. R., Omrani, G. A., Naghavi, R., & Afraseyabi, S. S. *Construction and demolition waste management (Tehran case study)*. Engineering, Technology & Applied Science Research, 6(6) 2016, 1249-1252.
- Ding, Z., Zhu, M., Wu, Z., Fu, Y., & Liu, X. *Combining AHP-entropy approach with GIS for construction waste landfill selection—a case study of Shenzhen*. International journal of environmental research and public health, 15(10) 2018, 2254.
- Dosal, E., Viguri, J. R., & Andrés, A. *Multi-criteria decision-making methods for the optimal location of construction and demolition waste (C&DW) recycling facilities. In Handbook of recycled concrete and demolition waste*. Woodhead Publishing, 2013, 76-107.
- Khan, M. M. U. H., Vaezi, M., & Kumar, A. *Optimal siting of solid waste-to-value-added facilities through a GIS-based assessment*. Science of the total environment, 610, 2018, 1065-1075.
- Madi, N; Srour, I. *Managing emergency construction and demolition waste in Syria using GIS. Resources, conservation and recycling*. 141, 2019, 163-175.
- Obaid, A. A., Rahman, I. A., Idan, I. J., & Nagapan, S. *Construction waste and its distribution in Iraq: an ample review*. Indian Journal of Science and Technology, 12(17) 2019, 1-10.
- Saaty, R. W. *The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical modelling*, 9(3-5) 1987, 161-176.
- Saaty, T. L. *Decision making with the analytic hierarchy process*. International journal of services sciences, 1(1) 2008, 83-98.
- Saaty, T. L. *The analytic hierarchy process*. mcgrawhill international. New York, 1980.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. *Decision making with the analytic network process*. Berlin, Germany: Springer Science+ Business Media, LLC, 282, 2006.
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., & Karagüzel, R. *Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey)*. Waste management, 30(11) 2010, 2037-2046.
- Shtayah, D. A. L. H. *Assessing the Reality of Waste Dumps in the West Bank and Planning for them by the (GIS)*. (Doctoral dissertation), 2012.
- Ulubeyli, S., Arslan, V., & Kazaz, A. *Construction and Demolition Waste Recycling Plants in Turkey*. In Proceedings of the 4th International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS), 2018, May, 2-6.

- Vaidya, O. S., & Kumar, S. Analytic hierarchy process: *An overview of applications*. European Journal of operational research, 169(1) 2006, 1-29.
- Yıldırım, Ü., & Güler, C. *Identification of suitable future municipal solid waste disposal sites for the Metropolitan Mersin (SE Turkey) using AHP and GIS techniques*. Environmental Earth Sciences, 75, 2016, 1-16.
- Al-Ibrahim, T. Salam, M. Mulheim, M. Determination of potential groundwater sites using the hierarchical analysis method, *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (JAARU)*, 2021, 28(4) 112-120. (in Arabic)
- Awad, A., Shleha, R. *Selecting the Suitable Sites for Wastewater Treatment PLANTS Using the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series, 42(3) 2020, 291-302. (in Arabic)
- Shiban, S., & Hasan, A. *Site Selection for Recycling Centers and Landfills for Demolition and Construction Waste Using Geographic Information Systems and Multi-Criteria Decision Analysis - Case Study: Homs Governorate*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 43(6) 2021, 79-97. (in Arabic)