تحديد السوية البيئية في المشاريع الهندسية

م.يمان البريجاوي – باحث

الملخص: تعد السوية البيئية أحد المفاهيم الحيوية التي تهتم بتصميم وتخطيط المباني والبنية التحتية بطرق تساهم في الحفاظ على البيئة وتقليل الأثر البيئي السلبي.

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير نموذج كمي لتقييم السوية البيئية للمشاريع الهندسية بما يسهم في اتخاذ قرار يحقق التوازن بين متطلبات التنمية والحفاظ على البيئة، حيث واجهت عملية التقييم البيئي التقليدية تحديات ناتجة عن طبيعة المعايير البيئية المتعددة والمتداخلة ولمعالجة هذه المشكلة ، اعتمد البحث على المنطق الضبابي Fuzzy Logic لبناء نموذج تقييم قادر على تحويل البيانات الوصفية والنوعية إلى قيم كمية. تم تحديد ثمانية معايير بيئية رئيسية للتقييم، وهي: تلوث الهواء، تلوث التربة، التلوث بالضجيج، التلوث بالارتجاج، تلوث الغطاء النباتي، تلوث المياه الجوفية، التأثير على جريان المياه السطحية، والتلوث بالوحل. تم ترجيح هذه المعايير وفق ثلاثة مستويات من الأهمية (3، 2، 1) بناءً على استبيان. طُبّق النموذج المقترح باستخدام برنامج MATLAB على دراسة حالة حقيقية لمشروع مدرسة في مدينة حمص، ويشكل النموذج المطور أداة فعالة وموضوعية للمهندسين والمخططين في تقييم واختيار البدائل التصميمية الأكثر استدامة، ويوصى باعتماد نتائجه كمعيار كمي إلزامي في إجراءات منح التراخيص البيئية.

الكلمات المفتاحية:

السوية البيئية، المنطق الضبابي، تقييم الأثر البيئي، المشروع الهندسي

The Environmental Quality Determination in Engineering Projects

Abstract: Environmental quality is a vital concept concerned with designing and planning buildings and infrastructure in ways that contribute to environmental conservation and reduce negative environmental impacts. This study aims to develop a quantitative model for assessing the environmental quality of engineering projects, thereby aiding decision-making processes that balance development requirements with environmental preservation. Traditional environmental assessment processes face challenges due to the multiple and interrelated nature of environmental criteria. To address this issue, the research employed Fuzzy Logic to construct an evaluation model capable of converting descriptive and qualitative data into quantitative values. Eight main environmental criteria were identified for assessment: air pollution, soil pollution, noise pollution, vibration pollution, vegetation cover pollution, groundwater pollution, impact on surface water runoff, and silt pollution. These criteria were weighted according to three levels of importance (weights of 3, 2, and 1) based on a questionnaire survey. The proposed model was applied using MATLAB to a real-world case study of a school project in Homs. The research concludes that the developed model serves as an effective and objective tool for engineers and planners to evaluate and select more sustainable design alternatives. It recommends adopting its results as a mandatory quantitative criterion in environmental licensing procedures.

Keywords

Environmental Quality, Fuzzy logic, environment, pollution, project

1- المقدمة:

السوية البيئية هي حالة يتم فيها الحفاظ على التوازن بين النظام البيئي والأنشطة البشرية. وتشمل هذه الحالة الحفاظ على التوازن بين الطلب على الموارد الطبيعية وقدرتها على التجديد، وتقليل الآثار السلبية للأنشطة البشرية على البيئة. في مجال الهندسة، تُعرَّف السوية البيئية بأنها نهج يدمج الاعتبارات البيئية في تصميم المشاريع وتنفيذها، بهدف الحد من الآثار السلبية وتعزيز الإيجابية. وتمثل عملية تحديد هذه السوية إجراءً تحليلياً منهجياً يهدف إلى رصد وتقدير التأثيرات البيئية المحتملة للمشروع، واقتراح تدابير للتحسين والتخفيف. ويشمل هذا الإجراء جمع البيانات، وتحليل البدائل، وصياغة تقرير تقييم الأثر البيئي[1] .

تواجه عملية التقييم [2] مشكلة جوهرية تتمثل في التناقض بين معايير القرار المختلفة وغالبًا ما يتعارض الحل الأمثل بيئيًا مع المعايير الاقتصادية، كما قد تتعارض متطلبات راحة المجتمع أثناء التنفيذ مع كفاءة المشروع أو الجدوى المالية، وهذا يضع صانع القرار أمام تحدٍّ حقيقي في المفاضلة بين الحلول . لذلك، تبرز الحاجة إلى تطوير منهجية تقييم متكاملة تتيح مقارنة الحلول المقترحة ، واختيار البديل الذي يحقق أعلى درجة مقبولة من التوازن بين المتطلبات البيئية والاقتصادية ، وهو ما يسعى هذا البحث إلى معالجته من خلال تطوير نموذج كمي يعتمد على المنطق الضبابي.

2- الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحديد السوية البيئية للمشروع الهندسي على الوسط المحيط ودراسة المعايير الأكثر تأثيراً على اختيار التصميم الأفضل للمشروع الهندسي من وجهة نظر الجودة البيئية ، والتي تهدف بشكل عام إلى تحسين قطاع التشييد بأقل ضرر للبيئة المحيطة وبأعلى فائدة إيجابية على السكان والوسط المحيط.

3- أهمية البحث:

يتمتع هذا البحث بأهمية بالغة نظراً للارتباط الوثيق بين المشاريع الإنشائية وحياة الإنسان، حيث يُعد قطاع التشييد من أهم ركائز التطوير العمراني والحضاري. ويُشكّل النهوض بهذا القطاع مع الحفاظ على البيئة أحد أبرز التحديات التي تواجه المخططين و يُعد الحفاظ على البيئة عاملاً لا يقل أهمية عن الحاجة البشرية المستمرة للبناء والتطوير .

وبهدف تطوير نموذج تقييم بيئي ، شمل مجتمع البحث المشاريع الهندسية الإنشائية إضافةً إلى خبراء ومتخصصي القطاع من مهندسين ومخططين بيئيين. وقد تمثلت عينة الدراسة في مشروع محدد كحالة دراسية هو "مدرسة الكندي" في حمص، بينما اعتمد ترجيح المعايير البيئية على مجموعة من الخبراء شاركوا في استبيان خاص لتحديد الأوزان النسبية لتلك المعايير وفق مستويات أهميتها .

4- مواد البحث : اعتمد البحث على ثلاث مواد رئيسية:

الدراسات المرجعية: تحليل الأبحاث السابقة في السوية البيئية والمنطق الضبابي.

معطيات المشاريع الهندسية: بيانات فعلية من مشاريع إنشائية(المدارس حالة دراسية)، جمعت من خلال مديرية التربية حيث تم دراسة ثلاثة مدارس وكذلك استبيان خاص لتحديد أوزان المعايير البيئية.

دراسة حالة واقعية: تطبيق النموذج المقترح على مشروع "مدرسة الكندي" في حمص لاختبار فعاليته.

4-1 الدراسات المرجعية:

1- قام الباحث [Adnan Enshassi, B. K. (2014)][5] بتقييم الآثار البيئية الناجمة عن أنشطة مشاريع البناء في قطاع غزة. يمتاز هذا البحث بتحديد ودراسة التأثيرات البيئية الأكثر شيوعاً لمشاريع البناء في قطاع غزة

كانت النتيجة أن مولدات الغبار ، الملوثات بالضجيج ، عمليات إزالة الغطاء النباتي ، وملوثات الهواء من أهم الآثار البيئية لمشاريع البناء ، واحتل تلوث الغبار المرتبة الأولى في الملوثات والتلوث بالضجيج في المرتبة الثانية وتلوث الغطاء النباتي في المرتبة الثالثة .

2- أجرى الباحث [Vahid Faramarzi, A. S. (Vol. 40, No. 4, Winter 2015)][6] دراسة اعتمدت على المنطق الضبابي كمنهج لدعم القرار في تقييم الأثر البيئي. يتم تقييم القواعد المعرفية باستخدام قواعد المنطق الضبابي لقياس التأثيرات البيئية. تم الأخذ بعين الاعتبار عشر مؤشرات رئيسية وثمان وعشرون مؤشراً فرعياً في إطار التقييم باستخدام نظام السكك الحديدية العالية الجودة في تايوان. وفي النهاية تم تطوير إطار دعم القرار آخذاً بعين الاعتبار الهواء والماء والتربة والضجيج والنفايات

الصلبة والاقتصاد والمجتمع والثقافة لتقييم الأثر البيئي لمشاريع الأبنية، أي قدم إطارًا شاملاً ومتكاملًا لتحديد معايير السوية البيئية للسكك الحديدية.

3- قام الباحثون [(Varshosaz, K. (2011)] [7] بدراسة تقييم الأثر البيئي لبحيرة تقع في طهران اعتماداً على عدد من العوامل والآثار المتبادلة فيما بينها وعلى اعتبار هذه العوامل ليست ثابتة تم إعداد النمذجة لدراسة تقييم الأثر البيئي مع الأخذ بعين الاعتبار العلاقة الديناميكية بين هذه العوامل. تم اعتماد طريقة تحليلية تستند إلى رأي الخبراء باعتبار أن تقييم الأثر البيئي يعتمد على عوامل ومتغيرات متنوعة مرتبطة فيما بينها ارتباطاً وثيقاً. تم دراسة العوامل المؤثرة باستخدام مصفوفة التأثير ثم دراستها باستخدام المنطق الضبابي. قدم هذا البحث منهجية كمية متطورة لقياس السوية البيئية كما حوّل التقييم من وصف عام إلى عملية تحليلية قابلة للقياس تراعي العلاقات المعقدة بين العوامل البيئية وتعطي نتائج أكثر دقة.

تُظهر هذه الأبحاث أن السوية البيئية هي نتاج عملية تقييم منهجية تستخدم أدوات كمية لقياس تأثيرات محددة، مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات تصميمية تحقق التوازن المطلوب بين التنمية والحفاظ على البيئة ولكنها لا تعطي مقياس لتحديد هذه السوية بمعايير متوافقة مع متطلبات الانشاء في سوريا بينما يحدد هذا البحث المعايير البيئية الأساسية التي سيتم من خلالها تحديد السوية البيئية للمشروع بما يتوافق مع متطلبات الانشاء في سوريا وبالتالي اختيار أفضل المعايير للمشروع ليحقق أعلى سوية بيئية.

5- منهجية البحث:

اتبعت هذه الدراسة منهجية علمية متكاملة تجمع بين التحليل النظري والنمذجة الرياضية والتطبيق العملي، وذلك لتحقيق هدفها الرئيسي في تطوير إطار منهجي كمي لتقييم السوية البيئية للمشاريع الهندسية.

المرحلة الأولى :بدأ البحث بدراسة مفهوم السوية البيئية كمؤشر متكامل يعكس درجة التوازن بين متطلبات التنمية العمرانية وضرورات الحفاظ على سلامة النظم البيئية المحيطة. تمت مراجعة الأسس النظرية لتقييم الأثر البيئي (EIA) وتطبيقاته في قطاع التشييد والبناء. ثم تحليل الدراسات السابقة حيث تم فحص وتقييم عدد من الأبحاث التطبيقية السابقة التي تناولت قياس الآثار البيئية، مع التركيز

على تلك التي استخدمت منهجيات كمية متقدمة مثل المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) [8]وطرق اتخاذ القرار متعدد المعايير(MCDM) .

المرحلة الثانية: تصميم النموذج لتحديد هيكل نظام التقييم حيث تم تطوير هيكل هرمي للتقييم يتكون من ثلاثة مستويات، المستوى الأول حيث يتم تحديد السوية البيئية الشاملة للمشروع (كنسبة مئوية) أما في المستوى الثاني تم تحديد ثمانية معايير بيئية جوهرية بناءً على المراجع وطبيعة المشاريع الهندسية في المنطقة المدروسة والمستوى الثالث تم تحويل كل معيار رئيسي إلى مجموعة من العوامل المدخلة القابلة للقياس أو التوصيف، مع ربطها بمرحلة المشروع المناسبة (تنفيذ، استثمار، هدم) ثم ترجيح المعايير نظراً لاختلاف الأهمية النسبية للمعايير، تم تطبيق نظام ترجيح هرمي:

أعلى وزن (3) للمعايير ذات الأثر طويل المدى أو صعوبة المعالجة (تلوث المياه الجوفية، تلوث الغطاء النباتي، التلوث بالارتجاج).

وزن متوسط (2) للمعايير ذات الانتشار الواسع والتأثير المباشر (تلوث الهواء، تلوث التربة).

وزن أساسي (1) للمعايير ذات الأثر الأكثر موضعية أو قابلية أكبر للتحكم (الضجيج، الوحل، جريان المياه السطحية).

الاستبيان: يوضح التالي جزء من الاستبيان الذي تم إجراؤه

اســـتبيان لتقييم القواعد المعرفية والمعايير البيئية المســـتخدمة في النموذج :حيث تم تحديد ثمانية معايير بيئية رئيسية في البحث هي:

تلوث الهواء،تلوث التربة،التلوث بالضجيج،التلوث بالارتجاج،تلوث الغطاء النباتي،تلوث المياه الجوفية، التأثير على جريان المياه السطحية، التلوث بالوحل

المقياس:

5 أوافق بشدة 4=أوافق 3=محايد 2=لا أوافق 1 =لا أوافق بشدة

كما هو كوضح في الجدول (1)

الرقم	السؤال	1	2	3	4	5

1	المعايير الثمانية المختارة شاملة وتغطي الجوانب البيئية الرئيسية للمشروع الهندسي.					
2	تصنيف المعايير إلى ثلاثة مستويات (تلوث الارتجاج والغطاء النباتي والمياه الجوفية بالمستوى الأول، تلوث الهواء والتربة بالمستوى الثاني، الباقي بالمستوى الثالث) منطقي وواقعي.					
3	العوامل المؤثرة المذكورة تحت كل معيار (مثل: حجم المشروع، نوع التربة، حركة الآليات) كافية وملائمة للتقييم.					
4	القواعد المعرفية المُستخدمة لربط المدخلات (العوامل) بالمخرجات (نسبة التلوث) واضحة وقابلة للتطبيق.					
5	هناك معايير بيئية أخرى مهمة لم يتم تضمينها ويجب إضافتها (يرجى ذكرها في التعليقات).					
6	معايير أخرى.....					

المرحلة الثالثة[9]: النمذجة الرياضية باستخدام المنطق الضبابي تعريف المجموعات الضبابية لمعالجة الطبيعة النوعية و غير المؤكدة لكثير من البيانات (مثل: تربة موحلة، ضجيج مزعج، حركة آلية كثيفة)، تم استخدام نظرية المجموعات الضبابية. حيث تم تعريف دوال عضوية (Membership Functions) من نوع شبه المنحرف (Trapezoidal) لتحويل هذه الأوصاف اللغوية إلى قيم رياضية ثم بناء قاعدة المعرفة الضبابية حيث تم صياغة نظام استدلال ضبابي من نوع ممداني (Mamdani) يعتمد هذا النظام على مجموعة من قواعد إذا–فإن (IF–THEN Rules) التي تمثل الخبرة المنطقية في تقييم الأثر. على سبيل المثال : إذا كان حجم المشروع كبيرًا و نوعية الآليات قديمة، فإن تلوث الهواء في مرحلة التنفيذ يكون عالياً.

عملية الاستدلال والتفعيل :عند إدخال بيانات مشروع ما، يقوم المحرك الضبابي بتفعيل جميع القواعد المنطقية المتعلقة، ويجمع بين مخرجاتها للحصول على نتيجة ضبابية لكل معيار بيئي.

إزالة الضبابية : يتم في هذه الخطة تحويل المخرجات الضبابية المجمعة لكل معيار إلى قيمة حادة واحدة تمثل نسبة التلوث (من 0% إلى 100%) باستخدام طريقة مركز الثقل(Centroid) ، وهي الطريقة الأكثر شيوعاً.

المرحلة الرابعة– البرنامج الحاسوبي: لتمكين التطبيق العملي للنموذج، تمت برمجته بالكامل في بيئة MATLAB، مما يوفر واجهة قوية لتنفيذ العمليات الحسابية المعقدة للمنطق الضبابي وإدارة قاعدة المعرفة. تم اختبار النموذج وحساسية النتائج قبل التطبيق على حالة حقيقية، كما تم إجراء تحليل حساسية للنموذج عن طريق اختباره على سيناريوهات افتراضية متنوعة. تم تغيير معطى واحد في كل مرة (مثل: موقع المشروع من "وسط المدينة" إلى "الريف"، أو تغيير طريقة تجهيز البيتون من "ورشة" إلى "جاهز") لقياس مدى تأثر السوية البيئية النهائية بهذا التغيير.

المرحلة الخامسة: دراسة الحالة و اختيار مشروع تطبيقي :تم اختيار مشروع مدرسة الكندي في حي الوعر في حمص كحالة دراسة واقعية، لكونه مشروعاً خدمياً كبيراً ويمثل نموذجاً شائعاً للمشاريع الإنشائية العامة. جمعت البيانات الميدانية والنوعية في جدول معطيات المدرسة (وجود مياه جوفية، حجم كبير، وجود قبو، مجبل جاهز، فصل الشتاء، إلخ)، ثم تم تشغيل النموذج والحصول على النتائج، أدخلت هذه البيانات إلى برنامج MATLAB الذي قام عبر خطوات النمذجة الضبابية والتجميع الموزون، بحساب نسب تلوث تفصيلية لكل معيار في كل مرحلة ثم السوية البيئية النهائية الشاملة للمشروع، والتي بلغت 36.34%، وذلك باستخدام معادلة متوسط الأوزان.

6– الأثر البيئي [10]

يُعرف الأثر البيئي على أنه تغيير على النظام البيئي نتيجة للأنشطة الخاصة بالمشروع.

يعتبر تقييم الآثار البيئية للمشروعات أداة مهمة لأسلوب الإدارة البيئية المتكاملة والاستغلال الأمثل للموارد المادية والبشرية والمعنوية لتحديد السوية البيئية و لضمان تنمية اقتصادية متواصلة ولضمان حاجات الوقت الحاضر مع حماية البيئة للأجيال القادمة.

6-1 الغرض من تقييم الأثر البيئي وفوائده[11]

الغرض من تقييم الأثر البيئي هو تحديد السوية البيئية وضمان حماية البيئة والمواد الطبيعية والحفاظ عليها من خلال

- الحد من التلوث البيئي الناتج عن المشاريع الجديدة.
- خفض كمية الهدر في المواد والخامات والطاقة.
- ضمان سلامة المشروعات من الناحية البيئية وضمان استدامتها .
- ضمان إدراج الاعتبارات البيئية في دورة المشروع في مرحلة مبكرة والالتزام بأفضل المعايير .
- ضمان تحقيق أهداف التنمية المستدامة في التخطيط واتخاذ القرار.
- تحقيق وفر في رأس المال وتكاليف المشروع وحمايته من المخاطر غير المحسوبة وتغطية العائد الاقتصادي وضمان استمراريته.
- التأمين والحفاظ على العناصر الطبيعية الأساسية لمشروعات التنمية والموارد الطبيعية والبيئية في منطقة المشروع .
- تفادي تغيرات أساسية على المشروع في مرحلة لاحقة .

6-2 مكونات الأثر البيئي[12]:

- الأثر البيئي الموضعي: ويشمل: تلوث الهواء – تلوث الماء – تلوث التربة – التلوث بالغبار – تلوث الغطاء النباتي – التلوث بالوحل –التأثير على الغطاء الحيواني – التلوث بسبب النفايات .
- الأثر البيئي المحيطي: ويشمل التلوث بالضجيج – التلوث بالارتجاج – التلوث البصري.

7-المعايير البيئية المعتمدة في تحديد السوية البيئية[13]:

تم تحديد مجموعة من المعاييربناء على دراسات مرجعية سابقة أهمها:

7-1 تلوث الهواء[14]

مرحلة التنفيذ: الفصل الذي تم فيه تنفيذ المنشأ، وجود مياه جوفية، حجم المشروع، حجم الحفر، طريقة جبل البيتون.

مرحلة الهدم: الفصل الذي تم فيه تنفيذ الهدم، طبيعة المواد المستخدمة في البناء (بيتون ، مواد معدنية).

7-2 تلوث التربة[15]

مرحلة التنفيذ: حجم المشروع، كمية بقايا الورشات الناتجة عن الصب، نوعية الآليات،كمية بقايا الورشات الناتجة عن غير الصب.

مرحلة الاستثمار :حجم المشروع، طبيعة المشروع.

مرحلة الهدم والترحيل: حجم المشروع، بقايا الزجاج والسيراميك.

7-3 التلوث بالضجيج[16]

مرحلة التنفيذ: مدة الضجيج ، درجة الضجيج (عادي ،مقبول ، مزعج ، مؤذي) .

مرحلة الاستثمار :حجم المشروع، طبيعة المشروع.

مرحلة الهدم والترحيل: حجم المشروع، موقع المشروع.

7-4 التلوث بالارتجاج[17]

مرحلة التنفيذ: شدة الارتجاج، مدة التعرض للارتجاج، بعد المنشأ المتأثر بالارتجاج الناتج عن أعمال الإنشاء.

مرحلة الهدم والترحيل: مستوى الارتجاج، مدة التعرض للارتجاج، بعد المنشأ المعرض للارتجاج عن المباني المجاورة.

7-5 تلوث المياه – التأثير على جريان المياه السطحية[18]

مرحلة التنفيذ: إعاقة الجريان، زيوت محركات الآليات،طريقة جبل البيتون،كمية النفايات الناتجة عن تنفيذ المشروع.

مرحلة الهدم والترحيل: التلوث بالغبار ،الزيوت الناتجة عن آليات الهدم والترحيل.

7-6 تلوث المياه – التأثير على المياه الجوفية[19]

مرحلة التنفيذ: وجود القبو، تغير منسوب البساط المائي.

مرحلة الهدم والترحيل: مياه غسيل محملة بملوثات تتسرب للتربة، تسرب الزيوت والوقود من المعدات.

7-7 التلوث بالوحل[20]

مرحلة التنفيذ: طبيعة تربة الموقع ، حركة الآليات في موقع العمل(حركة كثيفة،حركة عادية)

مرحلة الاستثمار: الحركة في الموقع من قبل المشاة والآليات، نوع التربة (غضارية ، كلسية ، رملية).

مرحلة الهدم والترحيل: موقع المبنى في المقسم،طبيعة التربة ،موقع المقسم في المدينة

7-8 تلوث الغطاء النباتي[21]

مرحلة التنفيذ: مساحة المبنى، نوع التربة ،طبيعة سطح المبنى ،عمليات صب البيتون تلوث الجوار.

مرحلة الاستثمار: طبيعة سطح المبنى وطبيعة الجوار،التلوث بالوقود والزيوت.

مرحلة الهدم: الغبار والوحل الناتج عن عمليات الهدم، تأثير الدخان الناتج عن آليات الهدم على النباتات الموجودة.

8- القواعد المعرفية:

لصياغة النموذج المعلوماتي الذي يمكن من تحديد السوية البيئية للمشروع الهندسي،لا بد من إيجاد أهم القواعد المعرفية الناظمة لعملية التقييم المطلوبة وسنورد فيما يلي أهم هذه القواعد التي تم اعتمادها بناءً على الدراسات المرجعية والاستبيان والمشاريع:

1- وجود القبو.
2- تغير موقع المقسم على المدينة.
3- تغير اتجاه المبنى على المقسم.
4- تغير طبيعة سطح المبنى.

5- تغير مكان المجبل.

تم تقسيم أوزان المعايير إلى ثلاثة أوزان بناء على الاستبيان وتشمل:

المستوى الأول: يعطى لكل معيار فيه وزن(3) درجة أهمية وذلك نسبة تعادل ثلاث أضعاف المستوى الثالث ، ويشمل:

1- التلوث بالارتجاج.

2- تلوث الغطاء النباتي.

3- تلوث المياه الجوفية.

المستوى الثاني: يعطى لكل معيار فيه وزن(2) درجة أهمية وذلك نسبة تعادل ضعفي المستوى الثالث ويشمل:

1- تلوث الهواء.

2- تلوث التربة.

المستوى الثالث: ويمثل المستوى المعياري لبقية المستويات ويشمل:

1- التلوث بالضجيج.

2- تأثير على جريان المياه السطحية.

3- تلوث بالوحل.

وبعد تحديد وزن كل معيار لابد من تحديد مؤشر عام يدمج هذه المعايير ويتم ذلك بالاعتماد على عدة طرق منها[22]:

1- طريقة EECTRE I : طريقة لترتيب البدائل عبر المقارنة الزوجية باستخدام "علاقة التفوق"، حيث يتم استبعاد البدائل الأقل تفوقاً (عدم السيادة)، وتحديد مجموعة من أفضل البدائل المتفوقة (النواة).

2- طريقة EECTRE II : تُنتج تصنيفاً كاملاً للبدائل بدلاً من تحديد مجموعة متفوقة فقط، من خلال تطبيق معايير تفوق أكثر صرامة للحصول على تسلسل هرمي أوضح.

3- طريقة PROMETHEE I&II: تعتمد على فكرة التدفق التفاضلي، تقارن كل بداية بأخرى وفق كل معيار PROMETHEE I ينتج ترتيباً جزئياً (قد تكون بعض البدائل غير قابلة للمقارنة) ، بينما PROMETHEE IIينتج ترتيباً كاملاً وحيداً للبدائل باستخدام التدفق الصافي.

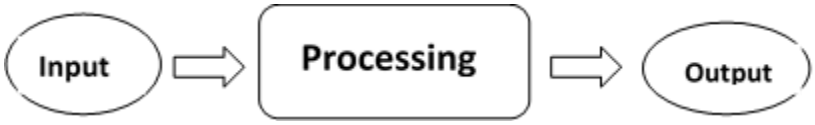
4- طريقة التوازن: عند حل أي مسألة بهذه الطريقة يتم دمج كل المعايير المفروضة بمؤشر واحد وذلك بعد تصعيد كل معيار بمعيار تثقيل مناسب ويدعى وزن المعيار، حيث نحدد الأوزان (P1 Pn ..... P2 ,) للمعايير (Cn ..... C2 , C1) على الترتيب من أجل الحصول على مؤشر جديد C وحيد كما يلي:

$$C = \frac{P1.C1 + P2.C2 + \cdots \ldots Pn.Cn}{\sum Pn}$$

إذاً إن وزن المعيار يعبر عن الأهمية النسبية لكل معيار ، وهذا الوزن يقترح من قبل المقرر انطلاقاً من معطيات المسألة .

يتم الحل باستخدام برنامج ماتلاب الذي يحوي صندوق أدوات المنطق الضبابي ، لتوضيح مراحل الحل الرياضي نقوم بتحديد المدخلات، المعالجة، المخرجات كما موضح في الشكل (1):

المدخلات في كل مشروع [1] :



الشكل 1 دورة معالجة البيانات (إعداد الباحث)

- حجم المشروع
- وجود مياه جوفية.
- وجود قبو.
- المجبل.
- الفصل.
- المواد المستخدمة في البناء.
- بقايا الورشات في المشروع.
- بقايا الورشات من غير الصب(سيراميك ، زجاج ...).
- نوعية الآليات المستخدمة.
- طبيعة المشروع.
- تردد الآليات المستخدمة.
- مدة التعرض للضجيج.
- موقع المشروع.

المعالجة: فيتم فيها تقييم كل معيار وإعطائه علامة مئوية حيث يستخدم الحاسب هذه المعطيات ثم يقوم بتحويلها إلى قواعد ضبابية وبالاعتماد على قواعد المنطق الضبابي يمر في مرحلتين أساسيتين هما: التضبيب وفك التضبيب[9]

1- تعريف مدخلات المعيار:

يتم في هذه المرحلة التعريف عن المدخلات الخاصة لكل معيار : العنصر الأول، العنصر الثاني....

2- مرحلة التضبيب الفردي المعيار[23]

إذا كان المدخل مقيماً بشكل لفظي فإننا نقوم بمبادلته بقيم عددية ثم نقوم بتضبيبه ، أما إذا كان مقيماً بشكل عددي نقوم بتضبيبه مباشرة بدون تضبيب لفظي.

نقوم بتضبيب القيم العددية إلى قيم لفظية ونحدد لها انتماء إلى المجموعات الضبابية حيث نقوم بتضبيب القيم حسب المجموعات الضبابية من قيم عددية إلى قيم مجموعات انتماء إلى المجموعات الضبابية.

تستخدم دالة العضوية لتحديد كيفية انتماء أي عنصر من العناصر إلى المجموعات الضبابية ، والشرط الأساسي لهذه الدالة أن يكون مداها بين الصفر والواحد، ومن أشكالها:المثلثية، شبه المنحرفة، الجرسية.

3- مرحلة دمج وتضبيب المدخلات معاً:

يتم وضع القواعد الضبابية للمعيار من خلال دمج العناصر معاً.

4- مرحلة إزالة التضبيب لكل معيار:

تتم عملية إزالة التضبيب من خلال تطبيق قانون مركز الثقل بحسب طريقة مامدنس المخرج كقيمة عددية ، أما المعيار يعطى كنسبة مئوية.

$$C_x = \frac{\sum x_i . d_A}{A}$$

حيث :

C_x: نسبة الخطورة.

A: المساحة الكلية.

والمخرجات: يتم فيها إعطاء تقييم عام كنسبة مئوية للسوية البيئية لتصميم معين لمشروع ما. لقد تم اعتماد شكل شبه المنحرف لاعتباره الأكثر شيوعاً.

9- اختبار البرنامج بأمثلة واقعية: يتم تحديد معطيات كل مشروع كما مبين في الجدول رقم(2)

معطيات المشروع	
وجود مياه جوفية	نعم / لا
حجم المشروع	كبير/ متوسط / صغير
وجود قبو	يوجد / لا يوجد
المجبل	ورشة / جاهز
الفصل	صيفاً / شتاءاً
المواد المستخدمة في البناء	بيتون / معدن
بقايا الورشات في المشروع	كبيرة / متوسطة / صغيرة
بقايا الورشات من غير الصب(سيراميك ، زجاج ...)	كبيرة / صغيرة
نوعية الآليات المستخدمة	جديدة / قديمة
طبيعة المشروع	ليلي / نهاري
تردد الآليات المستخدمة	مزعج جداً / مزعج / مقبول / عادي
مدة التعرض للضجيج	طويل / متوسط / صغير
موقع المشروع	وسط المدينة / طرف المدينة / ريف
شدة الارتجاج	قوي / متوسط / ضعيف
مدة التغرض للارتجاج	أكثر من شهر/من شهر لأسبوعين/أقل من أسبوعين
بعد المنشآت القريبة عن المنشأ المعرض للارتجاج	50> م/50-100/ >100
مستوى الارتجاج	قوي / متوسط / ضعيف
مساحة المبنى	كبيرة / متوسطة / صغيرة
نوع التربة	غضارية/ كلسية –رملية
طبيعة سطح المبنى	قابل للزراعة / غير قابل للزراعة

إعاقة الجريان	مبنى بشكل طولي/مبنى بشكل عرضي
كمية النفايات	كبيرة / صغيرة
طبيعة حركة الآليات	حركة كثيفة / حركة عادية
نوع التربة	موحلة / غير موحلة
موقع المبنى في المقسم	وسط المقسم / على تماس مع الطريق

جدول رقم(2) معطيات المشروع

مدرسة الكندي:

تمت تطبيق البرنامج المقترح لإيجاد قيمة السوية البيئية للمشروع على ثلاثة مدارس مختلفة من حيث المعطيات منها: مدرسة الكندي المنفذة في حي الوعر في محافظة حمص، وهي مدرسة مؤلفة من 3 طوابق وتصنف من المدراس ذات الحجم الكبير .

معطيات المشروع: موضحة في الجدول رقم (3)

معطيات المشروع	
وجود مياه جوفية	نعم
حجم المشروع	كبير
وجود قبو	يوجد
المجبل	جاهز
الفصل	شتاءً
المواد المستخدمة في البناء	بيتون
بقايا الورشات في المشروع	متوسطة
بقايا الورشات من غير الصب(سيراميك ، زجاج ...)	صغيرة
نوعية الآليات المستخدمة	قديمة
طبيعة المشروع	نهاري
تردد الآليات المستخدمة	مزعج

مدة التعرض للضجيج	طويل
موقع المشروع	طرف المدينة
شدة الارتجاج	قوي
مدة التغرض للارتجاج	أكثر من شهر
بعد المنشآت القريبة عن المنشأ المعرض للارتجاج	100<
مستوى الارتجاج	قوي
مساحة المبنى	كبيرة
نوع التربة	غضارية
طبيعة سطح المبنى	غير قابل للزراعة
إعاقة الجريان	مبنى بشكل طولي
كمية النفايات	كبيرة
طبيعة حركة الآليات	حركة كثيفة
نوع التربة	موحلة
موقع المبنى في المقسم	وسط المقسم

جدول رقم (3) مدخلات مدرسة الكندي

وعند إدخال المعطيات كانت النتائج كالتالي:

1- تلوث الهواء: مرحلة التنفيذ : 38,7%

مرحلة الهدم: 50 %

2- تلوث التربة: مرحلة التنفيذ : 48,7%

مرحلة الاستثمار :38,7%

مرحلة الهدم: 38,7%

3- تلوث بالضجيج: مرحلة التنفيذ: 83,7%

مرحلة الهدم:20%

4- تلوث بالارتجاج: مرحلة التنفيذ:48,8%

مرحلة الهدم:61,3%

5- تلوث الغطاء النباتي: 27,5%

6- تلوث المياه- التأثير على المياه الجوفية : 20%

7- تلوث المياه- التأثير على جريان المياه السطحية : 16,3%

8- تلوث بالوحل: مرحلة التنفيذ: 20%

مرحلة الهدم:16,3%

وتم إزالة التضبيب لحساب السوية البيئية من خلال تطبيق قانون مركز الثقل بحسب طريقة مامدنس [9]

$$C_x = \frac{\mathbf{3(48.8+61.3+27.5+20)+2(38.7+50+48.7+38.7+38.7)+(83.7+20}}{\mathbf{27}}$$

C_x=36.34% وبالتالي فإن السوية البيئية للمدرسة 36,34% .

وهذه النسبة تحدد السوية البيئية للحالة المدروسة اعتماداً على تحقيقها للمعايير البيئية المطروحة في الدراسة ولو تم الأخذ بعين الاعتبار تحقيق هذه المعايير أثناء دراسة وتنفيذ هذه المدرسة لحصلنا على بناء يحقق سوية بيئية عالية.

10- النتائج والتوصيات

10-1 النتائج:

بالاعتماد على البرنامج واعتبار المشروع الأكثر سوية بيئياً هو الذي يحقق نسبة 100% تم استخلاص النتائج التالية:

1- في حال وجود المشروع في مدينة حمص (وسط المدينة، طرف، ريف) وحجم المشروع (كبير، متوسط ، صغير) فإن تثبيت هذه المعطيات وتغيير معيار وجود القبو وعدم وجوده : تنخفض السوية البيئية بمقدار يتراوح 14.6% في حال وجود القبو عن حالة عدم وجوده بالنسبة لنفس المشروع.

2- تتغير السوية البيئية لمشروع بتغيير مكانه في المدينة من مشروع وسط المدينة بعد تطبيق النموذج الرياضي على مشاريع في وسط و طرف وريف المدينة كما مبين في الجدول رقم (4)

موقع المشروع	وسط المدينة	طرف المدينة	ريف
تغير السوية البيئية	مرجعي	+2.9%	+6.7%

جدول رقم (4) التقييم البيئي لمشروع دارج بتغيير مكانه في المدينة

3- ترتفع السوية البيئية لمشروع عند تطبيق النموذج المقترح بعد تثبيت جميع مواصفات المشروع وتغيير فقط طبيعة سطح المبنى بتغيير السطح العادي إلى سطح زراعي بنسبة تتراوح +2.4% .

4- تتغير الجودة البيئية بتغير حجم المشروع وتغير نوع طريقة تجهيز البيتون بالشكل التالي عند تطبيق النموذج المقترح على مشاريع بأحجام مختلفة وطرق جبل مختلفة كما مبين في الجدول رقم (4)

زادت السوية البيئية بنسبة 10.5% بالنسبة لمشروع حجمه كبير عند تغير طريقة الجبل من ورشة إلى جاهز.

وزادت السوية البيئية بنسبة 10.5% بالنسبة لمشروع حجمه متوسط عند تغير طريقة الجبل من ورشة إلى جاهز.

وزادت السوية البيئية بنسبة 9.5% بالنسبة لمشروع حجمه صغير عند تغير طريقة الجبل من ورشة إلى جاهز.

طريقة تجهيز البيتون		**مجبل ورشة**	**مجبل جاهز**	**السوية البيئية**
حجم المشروع	كبير	14.2	24.7	+10.5
	متوسط	15.8	26.3	+10.5
	صغير	19.1	28.2	+9.1

جدول رقم (5) التقييم البيئي للمشروع وتغيير التقسيم تبعاً لطريقة تحضير البيتون

وبالتالي وسطياً فإن ترك الجبل بالورشة والانتقال إلى بيتون جاهز يرفع الجودة البيئية بحوالي 10% مهما كان حجم المشروع.

10-2 التوصيات:

1- اعتماداً على النتائج يوصى باعتماد التالي للوصول إلى التصميم الأفضل للمشروع الهندسي من وجهة نظر الجودة البيئية وهي:

a. استخدام الخرسانة الجاهزة في المشاريع المتوسطة والكبيرة الحجم مما يخفض انبعاثات الغبار والضجيج في موقع التنفيذ.

b. توجيه المشاريع ذات البصمة البيئية العالية (كالمدارس الكبرى والمستشفيات) إلى مواقع أقل كثافة سكانية، مع تطوير البنية التحتية اللازمة في تلك المناطق.

2- استخدام أدوات السوية البيئي لاختبار أفضل تصميم للمشروع من حيث عدة مقترحات وبدائل للتصميم.

3- يوصى باختيار عوامل أخرى غير التي تم اعتمادها كدراسة تأثير نوعية البيتون المستخدم واستخدام إضافات مختلفة.

4- يوصى بإدراج فقرة تحفز على استخدام الأسطح الخضراء في أنظمة الأبنية خاصة للمشاريع التعليمية والصحية.

11- المراجع:

1. علي دياب ، عبد الخالق طالب ، مها أيوب (2015) "التقييم البيئي لآليات الأعمال البيتونية بالاعتماد على نظرية المنطق الضبابي " مجلة جامعة حمص . المجلد 37 . العدد 3.
2. علي دياب ، حمزة علي . (2010) "تحليل النظم الهندسية" . جامعة حمص .
3. نبيل هاشم العرجي ، محمد علي الأنباري،جبار حمود البيضاني (2010)"دليل الجودة البيئية في جامعة بابل حسب المواصفة العالمية للبيئة الايزو 14001 " .
4. ممدوح سلامة مرسي أحمد .(2008) "الإدارة البيئية لتقييم الأثر البيئي " مجلة أسيوط للدراسات البيئية العدد (32).
5. Adnan Enshassi, B. K. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction. Revista Ingeniería de Construcción RIC, 234-254.

6. Vahid Faramarzi, A. S. (Vol. 40, No. 4, Winter 2015). Assessment of Environmental Impacts Using Fuzzy Logic Inference Model. Journal of Environmental Studies.
7. varshosaz, K. (2011). Application of Fuzzy Logic in Environmental Impact Assessment Modeling of a man-made Lake in Western Tehran(Iran). 2011 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 (2011) © (2011) IACSIT Press, (p. 155). Singapore.
8. Zadeh, Lotfi, "Fuzzy Logic", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2024 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.)
9. SINGH, B, KAUNERT, C & VIG, K (Eds) 2025 Fuzzy Logic in Smart Sustainable Cities, 1st Edition. Jenny Stanford Publishing.
10. Nahidi, M. J., & Kakhani, A. (2021). Optimization of environmental impacts of construction projects: a time–cost–quality trade-off approach. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(2).
11. Ahmed, M. R. (2025). Environmental and social impact assessment in construction projects. In M. K. Smith (Ed.), Encyclopedia of sustainable engineering management. Springer.
12. Romianingsih N, Utomo S, Hamzah U (2023) A comparative study of different practices in environmental impact assessment. J Environ Sci Sustain Dev.

13. Sandanayake M (2022) Environmental impacts of construction in building industry – a review of knowledge advances, gaps and future directions. Knowledge 2(1).
14. Diener, A., & Mudu, P. (2021). How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from a public health perspective - with implications for urban planning. Science of the Total Environment, *796*, 148605.
15. Cachada, A., Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2018). Soil and pollution: An introduction to the main issues. In A. C. Duarte, A. Cachada, & T. Rocha-Santos (Eds.), Soil pollution: From monitoring to remediation (pp. 1–28). Elsevier.
16. Ali, Y., Khan, A. R., & Raza, S. A. (2025). Picture-Fuzzy Decision-Making Tool for Enhanced Risk Prioritization in Construction and Demolition Waste Management: A Hybrid FMEA–Fine–Kinney–SWARA–TOPSIS Approach. Buildings.
17. Khan, M. I., Zaman, S. F., & Al-Ghamdi, S. G. (2023). Understanding the environmental impacts of virgin aggregates: Critical literature review and primary comprehensive life cycle assessments. Journal of Cleaner Production, 415.
18. Mannan, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2020). Environmental impact of water-use in buildings: Latest developments from a life-cycle assessment perspective. *Journal* of Environmental Management, 261(6).

19. Johnson, A., & Patel, S. (2025). Environmental and social impact assessment in construction projects. In L. Chen & M. K. Smith (Eds.), *Handbook of construction project management* (pp. 1419–1460). Springer.
20. Silva, R. V., de Brito, J., & Dhir, R. K. (2024). Decision support model for selecting construction and demolition waste management alternatives: A life cycle-based approach. Science of the Total Environment, 951, 175408
21. Stam C (2021) Environmental and social impact assessment (ESIA) – more than ticking the box, LANDac, the Netherlands Land Academy.
22. Chen, L., Wang, H., & Zhang, Y. (2022). Environmental impacts of construction in building industry—A review of knowledge advances, gaps and future directions. Knowledge, 2(1).
23. Slyvka, M. M. (2025). Environmental monitoring and environmental impact assessment as management functions in the field of environmental protection. Uzhhorod National University Herald. Series: Law, 2(91).
24. Rana, J., Abeykoon, D., & York St John University. (2025). Environmental impact assessment in civil engineering projects. International Journal of Research in Informative Science Application & Techniques (IJRISAT), *13*(XI).
25. Ika, L. A., Meredith, J., & Zwikael, O. (2024). Project governance: The impact of environmental changes on governance adaptations in

large-scale projects. International Journal of Managing Projects in Business, *17*(4/5)