A Suggested Methodology for Assessing and Rehabilitation of Damaged Building

Dr. Fayez Jrad*
Dr. Ali Kheirbek**
Shaza Mousa ***

(Received 23 / 6 / 2024. Accepted 29 / 7 / 2024)

□ ABSTRACT □

The damaged building repairability evaluation process is considered a challenging process that requires significant experience from the evaluator. It also often depends on the opinions and judgment of the evaluators and varies according to their experiences in this field. Repairability evaluation of damaged buildings is considered a multi-criteria decision-making (MCDM) process.

In this study, a set of criteria derived from previous studies, expert opinions, and reports from assessment companies was presented to standardize the assessment process among assessors and to enable non-expert engineers or newly graduated engineers to obtain Pleasant and reliable results without the need for expert opinion.

Then, the weights of these criteria were calculated according to the Syrian reality through statistical analysis of the experts' opinions using the AHP (Analytic Hierarchy Process) method to give weights to these criteria according to the local situation using the Expert Choice program. These criteria have been programmed according to a computer program whose input is the building data collected according to the established criteria and whose output is the degree of damage to the building and its ability to be repaired. The aim is to make it easy to use, to make the assessment process quick and accurate, and to make the assessment available to all engineers, regardless of their experience, so that they obtain the same result when they carry out the assessment .

The validity and accuracy of the program were confirmed by studying four buildings (case studies). It has been proven through experience that the programs' output is consistent with the judgment of the expert engineers.

Keywords: Damaged buildings, Damaged buildings evaluation criteria, Analytical Hierarchy Process AHP, Expert System

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

* **Professor, Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria E-mail: fayezalijrad@gmail.com**

****Professor, Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria , E-mail: alikheirbek@tishreen.edu.sy**

*****Postgraduate student (Master), Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria , E-mail: eng.sh.mousa.98@gmail.com**

اقتراح منهجية لتقييم وإعادة تأهيل المباني المتضررة

د. فايز جراد*

د. علي خيربك**

شذا موسى***

(تاريخ الإيداع 23 / 6 / 2024. قُبِل للنشر في 29/ 7 / 2024)

□ ملخّص □

تعتبر عملية تقييم قابلية إصلاح المباني المتضررة عملية صعبة وتحتاج إلى خبرة كبيرة للمقيم، كما أنها تتبع في كثير من الأحيان إلى آراء المقيمين وحكمهم وتختلف باختلاف خبرتهم في مجال التقييم. تعتبر عملية تقييم قابلية إصلاح المباني المتضررة عملية اتخاذ قرار متعدد المعايير (MCDM).

تم خلال هذه الدراسة استخلاص مجموعة من المعايير (Criteria) لتقييم المباني المتضررة مستمدة من الدراسات السابقة وأراء الخبراء وتقارير شركات التقييم بهدف توحيد عملية التقييم بين المقيمين المختلفين وتمكين المهندسين غير الخبراء أو المهندسين الجدد من الحصول على نتائج جيدة وموثوقة دون الحاجة إلى اللجوء للخبراء. ومن ثم تم حساب اوزان هذه المعايير وفقاً للواقع السوري عن طريق المعالجة الإحصائية لآراء الخبراء باستخدام طريقة التحليل الهرمي AHP(Analytic Hierarchy Process) وذلك لإعطاء أوزان لهذه المعايير وفق الواقع المحلي وذلك بالاستعانة ببرنامج Expert Choice.

وقد تم برمجة هذه المعايير وفق برنامج حاسوبي مدخلاته هي بيانات المبنى تم جمعها وفق المعايير الموضوعة ومخرجاته هي درجة ضرر المبنى وقابلية إصلاحه، وذلك لتسهيل الاستخدام و توفير السرعة والدقة لعملية التقييم وإتاحة التقييم لجميع المهندسين على اختلاف خبراتهم بحيث يحصلون على النتيجة ذاتها عند قيامهم بالتقييم.

تم التأكد من صحة ودقة البرنامج عن طريق دراسة أربع مباني (دراسات حالة) وقد اثبت من خلال التجربة ان مخرجات البرنامج تتوافق مع حكم المهندسين المقيمين.

الكلمات المفتاحية: المباني المتضررة، معايير تقييم المباني المتضررة، التحليل الهرمي AHP، النظم الخبيرة Expert Systems.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ– قسم هندسة وإدارة التشييد – كمية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
E-mail: fayezalijrad@gmail.com

** أستاذ– قسم هندسة وإدارة التشييد – كمية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم هندسة وادارة التشييد – كمية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
E-mail: eng.sh.mousa.98@gmail.com

مقدمة:

خلفت الحرب المستمرة في سورية منذ أكثر من عقد الكثير من الدمار على صعيد كل من البنى التحتية والمباني السكنية، حيث وصل عدد المباني المتضررة إلى حوالي 131,426 مبنى متضرر حتى عام 2019 [1]. كما إن حدوث زلزال السادس من شباط عام 2023 زاد من عدد المباني المتضررة بحوالي 1,900 مبنى مدمر بالكامل و 8,800 مبنى قابل للسكن ومتضرر جزئياً [2]. كما أن العمر الطويل للمباني البيتونية المسلحة يزيد احتمال تضررها جراء الزمن أو جراء البيئة المحيطة أو نتيجة لتغير استخدام واهداف المنشأة. يمكن أن تتسبب الأضرار الحاصلة في انقاص العمر الفعال للمبنى أو خروجه عن الخدمة، ويعود الأمر للمهندسين الخبراء لتقييم حالة المبنى الراهنة وتقرير قابلية اصلاح المبنى وإعادة تأهيله أو إحالته إلى الهدم.

إن حدوث كل من الكوارث الطبيعية أو الحروب يفرض الحاجة إلى عدد كبير من المهندسين لتقييم المباني و إعطاء قرار قائم على المنطق وموحد قدر الإمكان من أجل أخذ القرار بإعادة التأهيل أو الإزالة، إن الاستجابة لمثل هذا العدد الكبير من المباني المتضررة قد يحتاج إلى عدد كبير من المهندسين يفوق عدد الخبراء مما قد يؤثر على صحة وموثوقية النتائج أو قد يحتاج إلى زمن كبير من الخبراء لإعطاء الحكم في حالة هذه المباني، كما قد تخلف الآراء فيما بينهم.

إن القرار المطلوب اتخاذه في هذه الحالة يجب أن يرتكز على العديد من المعايير والأسس المتعلقة بحالة المبنى، مثل بيانات المبنى وعمليات التفتيش وقد تشمل في بعض الأحيان التحليلات الانشائية.[3]

الدراسات المرجعية:

تعد عملية تقييم المباني المتضررة عملية مهمة من أجل تحديد درجة الضرر الحاصلة في المبنى وتقييم قابلية اصلاح هذا المبنى وعلى أثرها يتم اتخاذ القرار بالإصلاح أو الهدم والإزالة، وقد تبنى الباحثون طرق عديدة لتقييم حالة المباني وقابلية إصلاحها. فمنهم من أعتمد على مؤشرات متعلقة بالكلفة النسبية للعواقب [4] أو الجدوى الاقتصادية، ومنهم من اعتمد على الفحص البصري والتجارب الميدانية البسيطة [5–9] وكذلك من الباحثين من اعتمد على التحليلات الانشائية.

تتفق العديد من الأبحاث على تسلسل متشابه لعملية تقييم حالة المباني القائمة، وهو التسلسل المعتمد من قبل معهد البيتون الأمريكي (American Concrete Institute (ACI، تبدأ عملية التقييم بمراجعة معلومات المبنى ثم مسح حالة المبنى من أضرار ظاهرة (تقييم بصري) واختبارات ميدانية (مطرقة الارتداد والجذرات والامواج فوق الصوتية وغيرها) وقد يتضمن في بعض الحالات تقييم حالة المبنى وفق التحليلات الإنشائية [3، 10، 11]. وقد يضيف كل باحث أو مقيم معايير إضافية أو يقلل كمية هذه المعايير وذلك تبعاً لخبرته أو تبعاً للأداة التي يستخدمها في التقييم.

تعد المراجع التي تقيم حالة المباني المتضررة من الزلزال مصدراً مهماً لاستقاء معلومات بهدف بناء معايير لتقييم قابلية اصلاح المباني المتضررة، حيث تركز تلك المعايير على الفحص البصري وإمكانية المبنى على مقاومة احداث مستقبلية بالتالي قدرتها الإنشائية دون الخوض في التحليلات الإنشائية أو الحسابات الاقتصادية [5، 12–14].

كما يوفر [13، 14] معلومات عن البيانات الواجب مراعاتها عند فحص المباني المتعرضة لأضرار ناجمة عن الزلزال، ومنها المساحة وعدد الطوابق وعدد الشقق ونوع النظام الانشائي وغيرها كمعلومات توثيقية ثم ينظر إلى ووجود اقبية ووجود اساسات غير متساوية المنسوب ووجود حالات عدم انتظام ووجود طابق لين أو ضعيف، ومن ثم تقييم الضرر الحاصل في العناصر الانشائية تبعاً للشدة والامتداد .

كما كان هناك العديد من الأبحاث التي تناولت تقييم قابلية اصلاح المباني التي تعرضت لأضرار بسبب الحروب. حيث قام البحث [7] بتقديم مجموعة من المعايير لتقييم المباني المتضررة في غزة وتم الحصول على اوزان المعايير

باستخدام التحليل الهرمي الضبابي (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)FAHP . ومن ثم تطوير برنامج وفق الأنظمة الخبيرة (Expert System) يقوم بتقييم حالة المبنى المتضرر تبعا للمعايير والاوزان الموضوعة.

وأيضاً قدم الباحث [9] إضافة كبيرة إلى المعايير المعتمدة في المرجع [7] حيث قام الباحث بإضافة معايير تتعلق بالتقييم الفني للعناصر غير الانشائية وكذلك معايير تتعلق بالتقييم الاقتصادي ولكن لم يقم الباحث بحساب أوزان للمعايير المعتمدة من قبله ولم يدخل العناصر غير الانشائية في عملية تقييم حالة المبنى ، كما اعتمد الباحث على النظم الخبيرة (Expert System) للحصول على النتائج.

ومن الباحثين من اعتمد خلال عملية تقييم المباني المتضررة على المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) حيث طورت الدراسة [6] منهجية قائمة على الفحص البصري للعيوب ومظاهر التدهور لتقييم حالة الهياكل البيتونية المسلحة. أعتمد الباحث على تقييم المبنى تبعا لأشكال التدهور حيث قام بتقسيم الأضرار تبعاً لسبب الحدوث ومن ثم تقسيم هذه الاضرار إلى عدة حالات (اوصاف الحالة). ومن ثم يتم تصنيف المبنى تبعاً لأولويات الإصلاح.

وكذلك قدم الباحث [8] نموذج لتقييم للمباني التي تضررت جراء الحرب في سورية يعتمد على المنطق الضبابي ، ويقوم هذا النموذج بتقييم المبنى على مستوى المبنى وعلى مستوى المبنى والمباني المجاورة وكذلك على مستوى المنطقة. ويعتمد على الفحص البصري للعناصر الإنشائية (الأعمدة و والجوائز والبلاطات، والأساسات) لتقييم حالة المبنى على مستوى المبنى. لكن وفقاً لحدود الباحث فإن النموذج الذي توصل إلية الباحث يخدم فقط في دراسة قابلية اصلاح المباني التي لا يزيد ارتفاعها عن خمس طوابق وذات البنية الهيكلية العادية كما لم يتطرق إلى المعايير تخدم الأبنية التي تحوي جدران مسلحة أو التي تستند على حصيرة.

ومن الباحثين من اعتمد على الذكاء الصنعي ودمج تقنية الخلايا العصبونية بطرق اتخاذ القرار متعدد المعايير. حيث قدم البحث [5] منهجية تقييم قابلية الإصلاح والسكن للمباني التي تعرضت للزلزال وكانت معايير الباحث تعتمد على حالة العناصر الانشائية وحالة العناصر غير الانشائية وحالة الأرض وجودة الهيكل المسبقة.

بالتالي تتنوع الأدوات المستخدمة في عملية التقييم للمباني المتضررة من النظم الخبيرة إلى المنطق الضبابي والشبكات العصبونية ، ويعود الأمر للباحث لاختيار الطريقة الأنسب. قد تعطي هذه الأدوات النتيجة النهائية بشكل مباشر أو تقوم بتصنيف المبنى ضمن درجات ضرر ويقوم المهندس القائم على عملية التقييم بتصنيف المبنى كونه قابل للإصلاح أم لا تبعاً لتعليمات الملحقة بدرجة الضرر.

أهمية البحث وأهدافه:

في الوضع الراهن مع وجود كميات كبيرة من الأبنية متفاوتة الضرر في سورية والتي نتجت عن الحرب أو الزلزال الحاصل في شباط عام 2023، تبرز أهمية تطوير منهجية لتقييم مدى تضرر المبنى وتحديد قابلية المبنى للإصلاح واتخاذ القرار المناسب بإصلاح أو هدم المبنى.

الهدف الأساسي من البحث هو وضع منهج لتقييم المباني وإعادة تأهيلها من خلال:

1. وضع مؤشرات (معايير) لحساب مقدار الضرر الحاصل في المبنى
2. حساب الأهميات النسبية للمعايير المعتمدة
3. تعريف حدود الضرر التي يكون المبنى عندها غير قابل للإصلاح
4. بناء برنامج حاسوبي للمساعدة في عملية التقييم

طرائق البحث ومواده:

يتبع هذا البحث المنهج التحليلي. ويتم الاعتماد فيه على عدد من الدراسات السابقة وتقارير شركات تقييم المباني والزيارات الميدانية للمباني المتضررة من أجل استخلاص معايير لتقييم هذه المباني واتخاذ القرار المناسب بالهدم أو الإصلاح، حيث تم استخدام النظم الخبيرة (Expert Systems) في عدة دراسات اعتمدت الباحثة دراستين منها، وتم إضافة مجموعة من المعايير لتلك الدراسات كما يبين الجدول (1)، مع الإشارة إلى إن المعايير مستمدة من العديد من الدراسات الأخرى جرى دمجها و إعادة صياغتها للحصول على المعايير المقترحة، كما تم إعادة حساب الأوزان وفق الواقع السوري المحلي من خلال اجراء مقابلة مع مجموعة من المهندسين الخبراء في مجال تقييم سلامة الهياكل والهياكل البيتونية المسلحة في سورية.

جدول (1): الإضافة التي يقدمها البحث الحالي إلى الأبحاث التي استخدمت النظم الخبيرة Expert System في عملية التقييم

المرجع	الإضافة التي تم تقديمها للمرجع
[7]	– إضافة معايير (نوع الجملة الإنشائية، ووجود حالات عدم انتظام، ونوع الاساسات، حالة الأساسات، شكل المبنى، جودة البيتون في العناصر الإنشائية ، معايير سلامة العقد وسلامة الأدراج وسلامة الجدران الحمالة، الضرر الناتج عن الحرائق والقذائف وما يتفرع عنه من معايير فرعية، معيار حالة العناصر غير الإنشائية وما يتفرع عنه من عناصر فرعية). – استخدام التحليل الهرمي AHP بدلاً من التحليل الهرمي الضبابي FAHP. – إعادة حساب الأهميات النسبية (الأوزان) وفق الواقع السوري المحلي.
[9]	– إضافة معايير (نوع الجملة الإنشائية، ووجود حالات عدم انتظام، ونوع الاساسات، حالة الأساسات، شكل المبنى، معايير سلامة العقد وسلامة الجدران الحمالة الضرر الناتج عن الحرائق والقذائف وما يتفرع عنه من معايير فرعية). – تضمين شرح يوضح تقييم العناصر الخاضعة لأضرار قذائف. – إدخال تقييم العناصر غير الإنشائية في عملية تقييم درجة الضرر في المبنى. – حساب الأهميات النسبية / الأوزان للمعايير المعتمدة في عملية التقييم باستخدام التحليل الهرمي AHP. – لم يتم التطرق للتقييم الاقتصادي بهدف تسهيل وتسريع عملية التقييم.

1. معايير تقييم المباني المتضررة:

وفيما يلي يتم سرد جميع المعايير التي تم استخدامها في الدراسة والتي تم استخلاصها من عدة دراسات ومن تقارير شركات التقييم، وإعادة صياغة بعض منها لكي تتوافق مع الأضرار المشاهدة في سورية. بالإضافة إلى إيضاح آلية استخدام هذه المعايير من أجل التوصل إلى اتخاذ القرار بالاستعانة بالنظم الخبيرة (Expert Systems).

أولاً معلومات المبنى: تتيح معلومات المبنى للمهندس الدارس معرفة المراحل التي مر بها المبنى والحوادث التي يمكن أن يكون قد تعرض لها والتي من شأنها أن تؤثر على متانة وأداء المبنى في المستقبل. يظهر الجدول (2) المعايير التي تندرج تحت بند معلومات المبنى وفقاً لصياغة الباحثة وبالاستناد إلى المرجعين [7، 9] علماً إن بعضها قد تم ذكره في المراجع المذكورة.

جدول (2) معايير معلومات المبنى

معايير التقييم	تصنيف العنصر	التوصيف
تغير في شكل أو استخدام المبنى	جيد جداً	لا يوجد تغيير في شكل (و/أو) استخدام المبنى
	جيد	تغيير جزئي في شكل (و/أو) استخدام المبنى، مع زيادة طفيفة في الاحمال
	متوسط	تغيير كامل في شكل (و/أو) استخدام المبنى، مع زيادة طفيفة في الاحمال
	سيء	تغيير جزئي في شكل (و/أو) استخدام المبنى، مع زيادة كبيرة في الاحمال
	سيء جداً	تغيير كبير في شكل (و/أو) استخدام المبنى، مع زيادة كبير في الاحمال
تعديل في العناصر الانشائية للمبنى	جيد جداً	لا يوجد تعديل على عناصر المبنى
	جيد	تعديل جزئي لعناصر المبنى الانشائية مع تأثير طفيف
	متوسط	تأثير متوسط الشدة نتيجة تعديل في عناصر المبنى الانشائية
	سيء	تأثير شديد نتيجة تعديل في عناصر المبنى الانشائية
	سيء جداً	تعديل كامل في العناصر الإنشائية للمبنى مع تأثير شديد وواسع
سجل تضرر المبنى	جيد جداً	لم يتعرض المبنى لأي حوادث سابقاً
	جيد	تعرض المبنى لحادث مع تأثر انشائي طفيف
	متوسط	تعرض المبنى لحادث مع تأثر انشائي متوسط الشدة
	سيء	تعرض المبنى لحادث مع تأثر انشائي شديد
	سيء جداً	تعرض المبنى لحادث مع تأثر انشائي شديد وواسع
سنوات خدمة المبنى	جيد جداً	عمر المبنى أقل من 10 سنوات
	جيد	عمر المبنى يتراوح بين 10 إلى 30 سنة
	متوسط	عمر المبنى يتراوح بين 30 إلى 50 سنة
	سيء	عمر المبنى يتراوح بين 50 إلى 70 سنة
	سيء جداً	عمر المبنى أكبر من 70 سنوات
إمكانية التعرض لضرر الاملاح	جيد جداً	المبنى غير معرض لضرر الاملاح
	جيد	تركيز الاملاح في الجو الحيط بالمبنى قليل، بعيد عن الشاطئ
	متوسط	تركيز الاملاح في الجو الحيط بالمبنى متوسط، قريب جزئيا من الشاطئ
	سيء	المبنى معرض لتركيز كبير للأملاح في الجو المحيط (قريب من

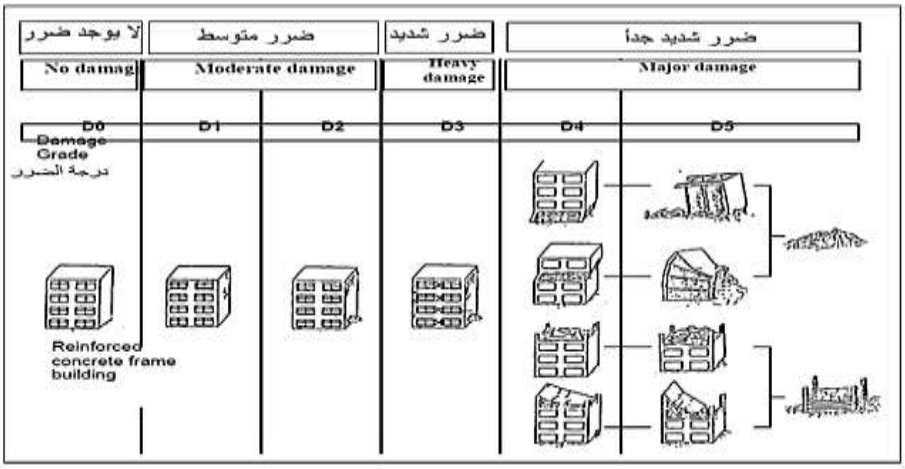
		الشاطئ مع وجود مشاكل تأثير مياه المجاري وانابيب المياه)
	سيء جداً	المبنى معرض بشكل شديد للأملاح
هيكلية البناء /النظام الانشائي	جيد جداً	اطارية مقاومة للعزوم
	جيد	هيكلية (جوائز و أعمدة و جدران قص)
	متوسط	هيكلية (جوائز و أعمدة)
	سيء	هيكلية (جوائز و أعمدة) وحجرية (جدران حمالة)
	سيء جداً	جدران حمالة
وجود حالات عدم انتظام	جيد جداً	لا يوجد حالات عدم انتظام
	سيء	يوجد حالات عدم انتظام

ثانياً سلامة عناصر التأسيس: تعد عناصر التأسيس من العناصر المهمة جداً في تقييم سلامة المباني، وعلى الرغم من ذلك عادةً ما يتم اهمال بعض جوانبها أثناء عمليات الفحص بسبب صعوبة فحصها. يوضح الجدول (3) المعايير المتعلقة بسلامة عناصر التأسيس وفقاً للباحثة وبالاستعانة بالدراسات [15–18].

جدول (3) معايير سلامة عناصر التأسيس

معايير التقييم	تصنيف العنصر	التوصيف
نوع الاساسات	الأعلى كفاءة	الحصيرة
	مقبولة	الاساسات الخطية (المستمرة)
	الأقل كفاءة	الاساسات المنفردة مع وجود شيناجات منفذة فوق الاساسات دون رقبات
	ضعيفة	الاساسات المنفردة دون وجود شيناجات مع رقبات قصيرة غير محسوبة على الاحمال الجانبية
	ضعيفة جداً	الاساسات غير البيتونية المسلحة
الهبوط التفاضلي	لا يوجد ضرر	هبوط أقل من 10 مم
	ضرر خفيف	هبوط بين 10 مم إلى 50 مم
	ضرر متوسط	هبوط بين 50 مم إلى 75 مم
	ضرر شديد	هبوط أكبر من 75 مم
الانحراف الشاقولي للمبنى/ميل المبنى	لا يوجد ضرر	دوران أقل من 1/500
	ضرر خفيف	دوران بمقدار من 1/500 إلى 1/200
	ضرر متوسط	دوران بمقدار من 1/200 إلى 1/50
	ضرر شديد	دوران أكبر من 1/50
حالة الاساسات	جيد	الأساس سليم
	سيء	الأساس مكسور

ثالثاً سلامة الهيكل الانشائي: إن عملية فحص حالة الهيكل الانشائي تنطوي على إجراء مسح شامل لعناصر الهيكل الإنشائية في المبنى وتبيان جميع العيوب الحاصلة بها من الشقوق ومظاهر التدهور للعناصر الانشائية جميعها والانحناء (شرط السهم) للعناصر المعرضة للانعطاف. وكذلك يجب تحديد مقدار جودة العناصر الهيكلية تبعاً لمقاومة البيتون والذي يتم الحصول عليها بإحدى الطرق المخربة أو غير المخربة (المطرقة المرتدة، الأمواج فوق الصوتية ، اختبار الجزرات ....إلخ) [10] . كذلك يعد الشكل الخارجي للمبنى من أوائل المعايير التي يتم ملاحظتها عند تقييم المباني القائمة والمتضررة ويمثل الشكل (1) مخطط نمط الضرر للمباني البيتونية المسلحة ذات البنية الاطارية المقاومة للعزوم [12]. الجدول (4) يمثل المعايير المقترحة وقد تم دمجها من عدة دراسات [3، 9، 13، 14] وإعادة صياغتها والإضافة عليها لتشمل معظم الأضرار التي يمكن مشاهدتها في الأبنية المتضررة في سورية التي تندرج تحت بند حالة الهيكل الانشائي.



الشكل (1): نمط الضرر للمباني البيتونية المسلحة ذات البنية الاطارية المقاومة للعزوم [12]

جدول (4) معايير سلامة الهيكل الانشائي

معايير التقييم		تصنيف العنصر	التوصيف
شكل المبنى		لا يوجد ضرر	لا يظهر على البناء أي علامات للضرر
		ضرر خفيف	ظهور شقوق في العناصر غير الإنشائية دون وجود علامات على أضرار هيكلية
		ضرر متوسط	شقوق ظاهرة في العناصر الإنشائية والمعمارية مع تخرب في عناصر قليلة ومحدودة
		ضرر شديد	شقوق ظاهرة وكبيرة في العناصر الإنشائية والمعمارية مع انهيارات محدودة في العناصر الإنشائية
		ضرر شديد جداً/ الانهيار	انهيار أحد الطوابق في البناء أو انهيار المبنى بالكامل
عرض وعمق الشقوق	الأعمدة	لا يوجد ضرر	لا يوجد تشققات ناتجة عن القص أو لا يوجد آثار لتكسر في العمود أو تكسرات بسيطة محدودة

			المساحة لا يظهر فيها حديد التسليح
		ضرر خفيف	تشققات مائلة بعرض أقل من 0.2 مم أو تشققات أفقية لا تتجاوز 2 مم و بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو تكسرات محدودة المساحة يظهر من خلالها حديد التسليح ولكنه سليم غير متضرر والتكسرات لا تتجاوز سماكة التغطية إلى النواة البيتونية
		ضرر متوسط	تشققات مائلة بعرض بين mm(2–0.2) وشقوق أفقية بعرض mm(5–2) و بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو تكسرات على مساحة أكبر مع ظهور حديد التسليح في عدة مناطق لكنه سليم والنواة البيتونية سليمة غير متضررة
		ضرر شديد	تشققات مائلة أكبر من 2 مم أو تشققات أفقية أكبر من 5 مم و بعمق شقوق يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو تكسرات كبيرة مع ظهور وانقطاع في بعض قضبان التسليح الطولية أو العرضية أو وجدود انحناء بسيط في حديد التسليح، تضرر بسيط في النواة البيتونية دون خسارة النواة البيتونية
		ضرر شديد جداً	شقوق تخترق نواة العمود أو تحطم النواة البيتونية للعمود مع التواء حديد التسليح أو خسارة حديد التسليح (تحنيب شديد أو/ و انقطاع) وخسارة النواة البيتونية
	الجوائز*	لا يوجد ضرر	تشققات مائلة بعرض أصغر من 0.2 مم وعمق قليل للشقوق (شقوق سطحية)
		ضرر خفيف	تشققات مائلة بعرض بين mm(0.5–0.2) وشقوق شاقولية بعرض أقل من 2مم و بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية
		ضرر متوسط	تشققات مائلة واضحة بعرض بين mm(2–0.5) وشقوق شاقولية بعرض mm(4–2) و بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية
		ضرر شديد	تشققات مائلة أكبر من 2 مم أو تشققات أفقية أكبر من 4 مم و بعمق شقوق يتجاوز سماكة طبقة التغطية
		ضرر شديد جداً	شقوق في تخترق نواة الجائز أو تحطم النواة البيتونية للجائز مع التواء حديد التسليح

جدول (4) معايير سلامة الهيكل الانشائي

معايير التقييم		تصنيف العنصر	التوصيف
عرض وعمق الشق	جدران قص	لا يوجد ضرر	لا يوجد تشققات أو تكسرات قليلة محدودة لا تتجاوز سماكة طبقة التغطية
		ضرر خفيف	تشققات مائلة بعرض أقل من 0.5 مم أو تشققات أفقية لا تتجاوز 1 مم و بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو ثقوب قذائف محدودة المساحة أو خسارة جزء بسيط من اطراف الجدار
		ضرر متوسط	تشققات مائلة بعرض بين (0.5−1)mm وشقوق أفقية بعرض (1−3)mm و بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو ثقوب ناتجة عن القذائف متوسطة الحجم ومحدودة المساحة
		ضرر شديد	تشققات مائلة أكبر من 1 مم أو تشققات أفقية أكبر من 3 مم و بعمق شقوق يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو ثقوب قذائف في عدة مناطق أو على مساحة كبيرة
		ضرر شديد جداً	تشققات كبيرة قطرية بالاتجاهين تقسم الجدار من طرف إلى آخر مع ظهور حديد التسليح والتواء أو انقطاع في حديد التسليح أو ثقوب شديدة واسعة المساحة تسبب خسارة كاملة في عمل الجدار أو انهيار الجدار
	البلاطات	لا يوجد ضرر	لا يوجد تشققات
		ضرر خفيف	تشققات أقل من 1 مم بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو تكسرات بسيطة محدودة المساحة لا تتجاوز سماكة طبقة التغطية
		ضرر متوسط	تشققات من (1−2) مم بعمق شقوق لا يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو تكسرات محدودة المساحة يظهر من خلالها حديد التسليح ولكنه سليم غير متضرر
		ضرر شديد	تشققات أكبر من 2 مم بعمق شقوق يتجاوز سماكة طبقة التغطية أو تكسرات كبيرة مع ظهور وانقطاع في بعض قضبان التسليح الطولية أو العرضية أو وجدود انحناء بسيط في حديد التسليح على مساحة واسعة
		ضرر شديد جداً	تشققات كبيرة وتشظي البيتون مع تكشف كبير في حديد التسليح وخروجه عن الخدمة
	العقد (اتصال	لا يوجد ضرر	لا يوجد تشققات على القص
		ضرر خفيف	لا يوجد تشققات قص وانما تشظي زوايا العمود

	عمود جائز)	ضرر متوسط	لا يوجد تشققات قص في نواة العقدة وتشظي زوايا الغطاء طبقة التغطية للعقدة وانكشاف محدود لحديد التسليح
		ضرر شديد	تشققات قطرية في نواة العقدة مع تشظي في طبقة التغطية وظهور حديد التسليح دون خروج التسليح عن الخدمة
		ضرر شديد جداً	انسحاق نواة العقدة والتواء و خروج حديد التسليح عن الخدمة
	أدراج	لا يوجد ضرر	تشققات صغيرة في طبقة التغطية
		ضرر خفيف	تشققات بعرض أقل من 3 مم
		ضرر متوسط	تشققات عرض 3–10 مم
		ضرر شديد	تشققات أكبر من 10 مم مع انكشاف في حديد التسليح وميل وانفصال الدرج عن الجدران الجانبية أو البلاطة
		ضرر شديد جداً	تكسر الدرج وانفصال تام للدرج عن الجدران الجانبية أو خروج الدرج عن الخدمة

* عند تعرض الجائز لأضرار ناتجة عن القذائف يمكن أخذ تقييم مشابه لتقييم تكسرات العمود (عمق وعرض الشق)، أما في حال وجود شقوق فقط في الجائز يتم اعتماد الشرح الخاص بالجائز (معيار عمق وعرض الشق).

جدول (4) معايير سلامة الهيكل الانشائي

معايير التقييم	تصنيف العنصر	التوصيف
تأكل البيتون وحديد التسليح	لا يوجد ضرر	مظهر طبيعي للبيتون
	ضرر خفيف	بعض التقشرات السطحية والبقع الخفيفة على سطح البيتون دون ظهور بقع صدأ
	ضرر متوسط	الحديد غير مكشوف والحديد لم يخرج من الخدمة مع انخفاض مقطع حديد التسليح حتى 10%
	ضرر شديد	زيادة الصدأ وظهور انتفاخ وتشققات ناتجة عن الانتفاخ وانخفاض مقطع حديد التسليح بمقدار 10%–20% دون حدوث التواء أو انقطاع في حديد التسليح
	ضرر شديد جداً	انخفاض مقطع حديد التسليح أكثر من 20% وتقشر كبير جداً في طبقة التغطية وخروج التسليح عن الخدمة.
جودة البيتون	جيد جذاً	لا يوجد نقصان في مقاومة البيتون
	جيد	نقصان في مقاومة البيتون حتى 10%
	متوسط	نقصان في مقاومة البيتون بين 10%–20%
	ضعيف	نقصان في مقاومة البيتون بين 20%–30%

	ضعيف جداً	نقصان في مقاومة البيتون يتجاوز 30%
السهم أو الانحناء (في العناصر المعرضة للانعطاف)	لا يوجد ضرر	لا يوجد
	ضرر خفيف	أقل من L/500
	ضرر متوسط	يتراوح بين L/500–L/100
	ضرر شديد	يتراوح بين L/100–L/75
	ضرر شديد جداً	أكبر من L/50
ضرر الجدران الحجرية الحمالة	لا يوجد ضرر	لا يوجد ضرر في الجدران الحمالة
	ضرر خفيف	شقوق في الجدران حمالة تبدأ من طرف الفتحات عرضها لا يتجاوز 3 مم
	ضرر متوسط	شقوق على شكل درج (ميله °45) محدودة الطول في الجدران الحمالة بعرض أقل من 0.5 مم ولا تهدد بفشل الجدار
	ضرر شديد	شقوق على شكل درج (ميله °45) في الجدران الحمالة بعرض يتجاوز 0.5 مم يمكن رؤيته من طرفي الجدار
	ضرر شديد جداً	فشل جزئي أو كلي للجدار الحمال

رابعاً الضرر الناتج عن الحرائق والقذائف: إن الحرب تتسبب في تضرر المباني إما بالحرائق أو بالقذائف وهذه الأضرار تشاهد بكثرة في عدد كبير من المباني في مناطق الحرب. الجدول (5) يمثل المعايير التي تتدرج تحت بند الضرر الناتج عن الحرائق والقذائف. تم اعتماد معايير آثار الحرائق المعتمدة من قبل الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية – فرع المنطقة الوسطى، كما تم اشتقاق معايير آثار القذائف من بحث يدرس سلوك المنشآت البيتونية المسلحة تحت الحمولات الانفجارية. [19]

جدول 5 معايير الضرر الناتج عن الحرائق والقذائف

معايير التقييم	**تصنيف العنصر**	**التوصيف**
آثار الحرائق	لا يوجد ضرر	لا يوجد أثار للحريق
	درجة أولى	آثار الحريق تقتصر على تلوث عناصر المبنى بالهباب الأسود مع تشققات سطحية في بعض العناصر
	درجة ثانية	وجود تقشر في طبقات التغطية وتكشف حديد التسليح دون وجود تشوهات فنية
	درجة ثالثة	اندفاع حديد التسليح خارج مكانه وتعرضه للتحنيب
	درجة رابعة	تكلس الخرسانة إضافة إلى ما سبق
آثار القذائف على المبنى	لا يوجد ضرر	لا يوجد أضرار ناجمة عن القذائف
	ضرر خفيف	آثار خفيفة للقذائف كتكسر خفيف في حواف العناصر الانشائية دون

		ظهور لحديد التسليح فيها
	ضرر متوسط	آثار متوسطة للقذائف مثل ثقب بسيط في الاسقف وتكسر في حواف العناصر الإنشائية مع ظهور حديد التسليح دون خروج هذه العناصر عن الخدمة
	ضرر شديد	آثار كبيرة مثل ثقب في عدد كبير من الاسقف وتكسر في العديد العاصر الانشائية مع بقاء معظمها في الخدمة
	ضرر شديد جداً	آثار قذائف ثقيلة أدت إلى انهيار أحد طوابق المبنى أو أكثر

خامساً حالة العناصر غير الإنشائية: إن تضرر العناصر غير الإنشائية قد يكون تظاهر ناجم على تضرر الهيكل الإنشائي، أو قد لا يكون دليلاً على ذلك حيث يمكن أن ينجكم عن تعرض العنصر المعماري إلى ضرر ناجم عن القذائف أو امتصاص الصدمة الزلزالية أو سوء المواد أو غيرها من الأسباب. الجدول (6) يمثل المعايير التي تندرج تحت بند حالة العناصر غير الإنشائية وقد تم اقتراحها من قبل الباحثة بالاستعانة بالمشاهدات الميدانية وآراء الخبراء وتم تصنيف درجات الضرر وفق هذا المعيار تبعا لـ FEMA 365 [20] وبالاستعانة بالبحث [21].

جدول 6 معايير حالة العناصر غير الانشائية

معايير التقييم	تصنيف الضرر	التوصيف
الجدران المعمارية	تشغيلي	شقوق شعرية في اللياسة بعرض أقل من 1 مم
	الاشغال الفوري	شقوق صغيرة محدودة الطول في الجدار وعلى طرف فتحات النوافذ والابواب وقرب المفاصل وبعرض أقل من 3 مم
	آمان الأرواح	شقوق كبيرة تستمر على جانبي الجدار أو بعرض أكبر من 3 مم دون وجود خطر سقوط الجدار
	منع الانهيار	شقوق كبيرة وانفصال في كامل حدود الجدار مع الهيكل، مع وجود خطر سقوط الجدار

جدول 6 :معايير حالة العناصر غير الانشائية

معايير التقييم	تصنيف العنصر	التوصيف
فتحات الأبواب والنوافذ	تشغيلي	لا يوجد ضرر
	الاشغال الفوري	شقوق قرب الفتحات، مع عدم تأثر فتح واغلاق الأبواب والنوافذ
	آمان الأرواح	زيادة الشقوق ، صعوبة فتح واغلاق النوافذ والأبواب دون خروجها عن الخدمة، ووجود بعض الأبواب والنوافذ العالقة
	منع الانهيار	صعوبة فتح واغلاق عدد كبير من النوافذ والأبواب و خروج بعضها

		عن الخدمة
الاكساء الحجري	تشغيلي	الواجهات الحجرية متماسكة ولم تتأثر
	الاشغال الفوري	انهيار محدود وموضعي في بعض الأحجار مع بقاء باقي الأحجار متماسكة ومرتبطة بشكل جيد بالهيكل
	آمان الأرواح	انهيار في مناطق متوسطة الحجم ومحدودة مع وجود بعض الأحجار غير المرتبطة بشكل جيد على ارتفاعات قليلة أو في مناطق لا تشكل خطر على حياة السكان
	منع الانهيار	انهيار واسع وكبير مع وجود مساحة كبيرة من الأحجار غير المرتبطة بشكل جيد وعلى ارتفاعات وفي أماكن قد تشكل خطراً على السكان
الواجهات الزجاجية	تشغيلي	لا يوجد ضرر ، تشقق بسيط في عدد قليل ومحدود من الألواح الزجاجية
	الاشغال الفوري	تشقق في بعض الألواح دون انكسارها
	آمان الأرواح	تشقق كبير ومنتشر في الألواح الزجاجية دون انكسارها ودوم وجود خطر سقوطها على السكان
	منع الانهيار	تحطم كامل للزجاج وتشوه الإطارات وتكسر الزجاج في بعض الأماكن مع وجود خطر السقوط
اسقف القرميد	تشغيلي	لا يوجد ضرر
	الاشغال الفوري	بعض قطع القرميد غير ثابتة وسقوط عدد قليل من قطع القرميد
	آمان الأرواح	اختلال في توضع مساحة متوسطة من القرميد دون وجود خطر من سقوطها على السكان ، خطر سقوط في أماكن لا تعد خطرة على الأرواح والممتلكات.
	منع الانهيار	انهيار جزء من الأسقف ووجود خطر لسقوطها على السكان
التمديدات الصحية والتسريب	جيد جداً	لا يوجد أثر للتسريب او تشقق في الانابيب
	جيد	تسريب بسيط وفي مناطق محدودة للأنابيب وعند المفاصل
	متوسط	تسريب متوسط مع تحطم بعض انابيب المياه الحلوة والمالحة دون تلوث منطقة كبيرة بالمياه المالحة
	سيء	تسريب كبير مع تحطم في المواسير وانابيب الصرف الصحي وتلوث الموقع بالمياه المالحة

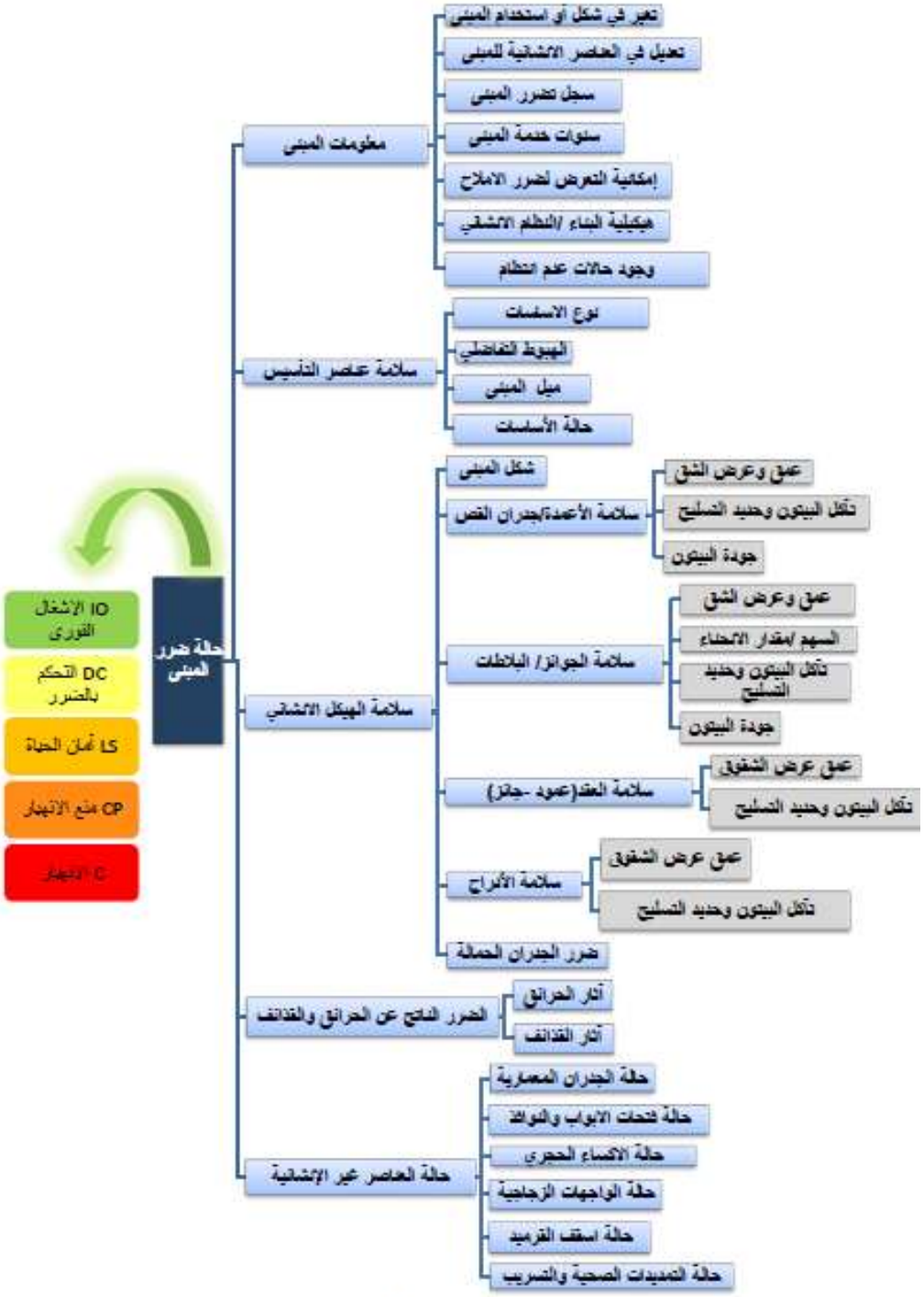
2. تحديد درجات الضرر للمبنى:

تم تصنيف درجات الضرر بالاعتماد على تقرير الهيئة الفدرالية لإدارة الطوارئ (Federal Emergency Management Agency) FEMA 365 [20] إلى خمس درجات ضرر، ويوضح الجدول (7) درجات الضرر وتوصيف حالة المبنى تبعاً لدرجة الضرر.

جدول 7 درجات الضرر وتقييم قابلية الإصلاح

درجات ضرر المبنى	الشرح /النتيجة
الاشغال الفوري (IO)	لا يوجد ضرر يمكن اشغال المبنى فوراً وقبل القيام بعمليات الإصلاح
التحكم بالضرر (DC)	ضرر خفيف في المبنى مع بقاء قابلية اشغال المبنى مع القيام بعمليات اصلاح خفيفة ، قد تتطلب تدعيم مؤقت
آمان الحياة (LS)	المبنى قابل للإصلاح ولكن يجب عدم اشغاله قبل القيام بالإصلاح
منع الانهيار(CP)	غير قابل للإصلاح أو قد تكون كلفة إصلاحه كبيرة جداً و المبنى ضمن هذه الدرجة يشكل خطراً ويفضل إزالة البنى بأسرع وقت
الانهيار(C)	خسارة كلية أو كبيرة جداً للمبنى

قامت الباحثة بإعداد نموذج رياضي يربط جميع المعايير المقترحة ببعضها على شكل شجرة قرار للوصول إلى تحديد درجات الضرر المشار إليها في الجدول (7)، تبين شجرة القرار طريقة ارتباط المعايير ببعضها وكذلك تبين كيفية سير تدفق البيانات من أجل الوصول للنتيجة النهائية، تم استخدام شجرة القرار المبينة في الشكل (2) في بيئة برنامج Expert Choice من أجل الحصول على الأهميات النسبية مع إدخال آراء الخبراء تبعاً للتحليل الهرمي (AHP)، كما تم استخدامها في بناء البرنامج الملحق والمعد وفقاً للنظم الخبيرة (Expert System). يمثل الشكل (2) شجرة القرار لتقييم قابلية اصلاح المباني المتضررة.

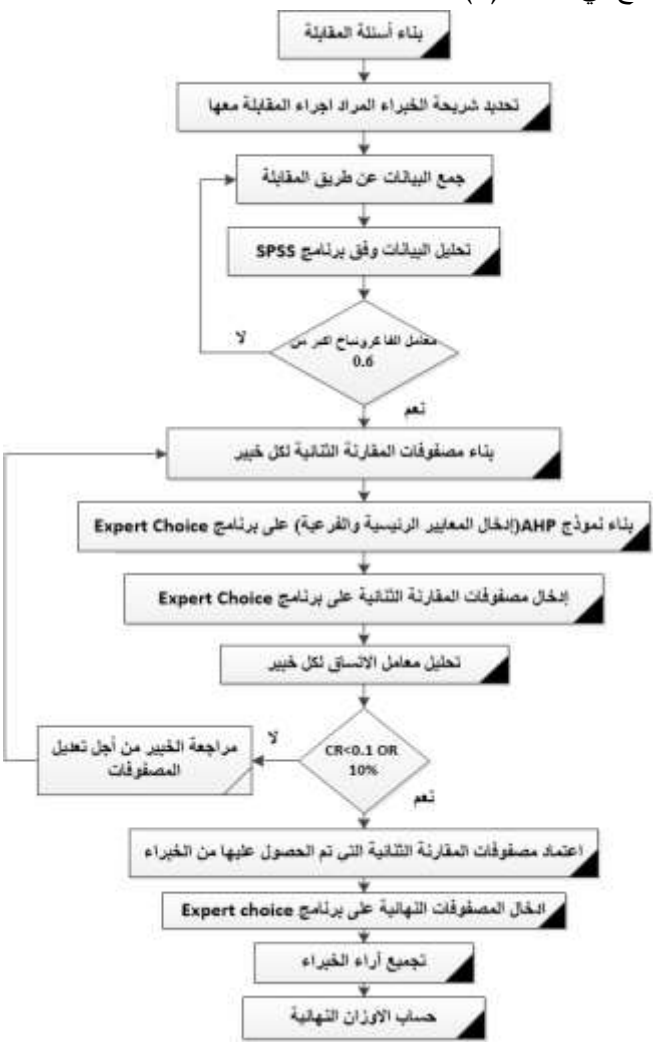


الشكل (2) شجرة القرار لتقييم قابلية إصلاح المباني

3. حساب الأوزان لمعايير تقيم قابلية إصلاح المباني المتضررة:

لا تعد جميع المعايير ذات نفس التأثير على صنع القرار، حيث يوجد معايير يتم الاهتمام بها أكثر مقارنة بالمعايير الأخرى. بالتالي نجد أنه من المهم حساب أهمية كل معيار عن طريق الحصول على وزن له. الطريقة المتبعة في حساب الأوزان هي التحليل الهرمي AHP(Analytic hierarchy process) وهي طريقة رياضية يمكن استخدامها

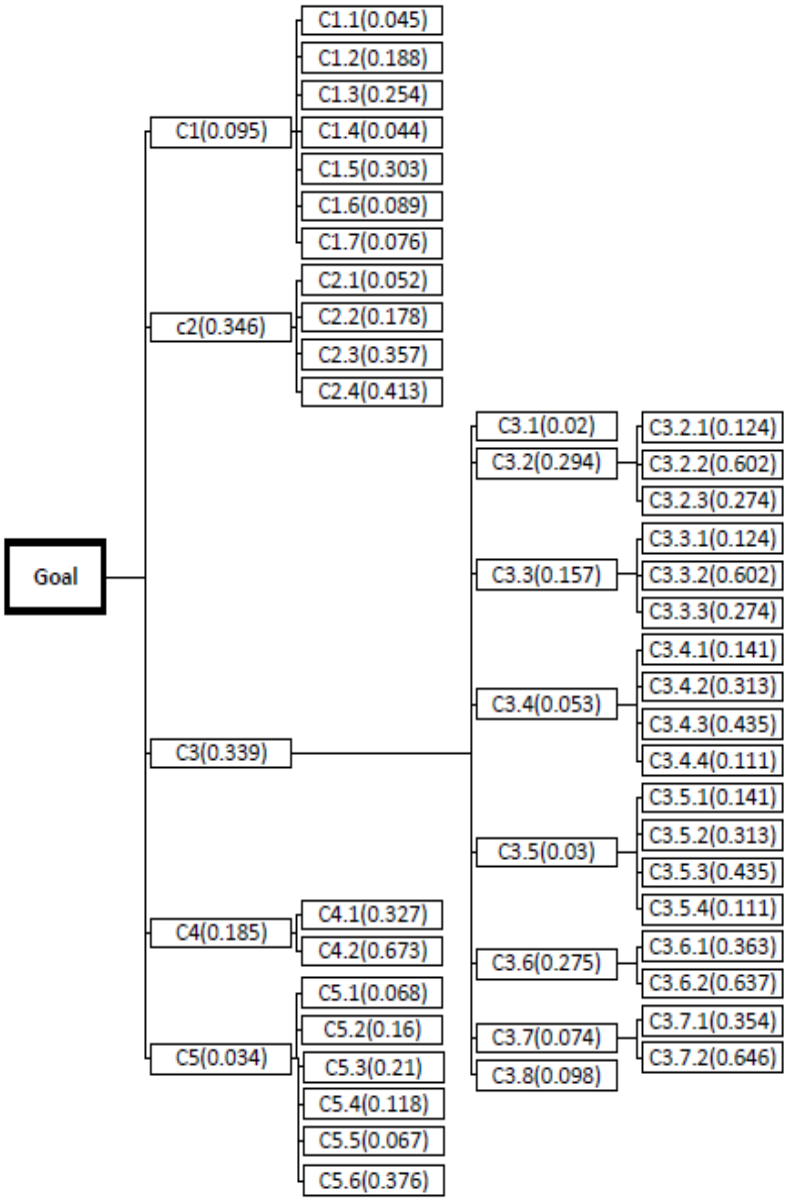
لحساب أوزان المعايير باستخدام المقارنة الثنائية للأهمية النسبية لكل معيار نسبة إلى الآخر. تم صياغة مراحل العمل وفقاً للمخطط النهجي الموضح في الشكل (3).



الشكل (3) المخطط النهجي لعملية حساب أوزان المعايير

بهدف تحديد الأوزان تم تصميم نموذج أسئلة (مقابلة مغلقة) عرضت على الخبراء في مجال التدعيم والهياكل البيتونية المسلحة بهدف الحصول على أهمية كل من المعايير بالنسبة للآخر.

بعد جمع البيانات اللازمة من الخبراء تم تحليل هذه البيانات باستخدام برنامج SPSS ومن ثم اعداد مصفوفات المقارنة الثنائية والتحقق من الاتساق (Consistency Analysis) لكل مصفوفة. ومن ثم حساب الأوزان، يوضح الشكل (4) الأهمية النسبية (أوزان) للمعايير وفق شكل مطابق لشجرة القرار. حيث أن C_{ijk} تمثل رمز المعيار.



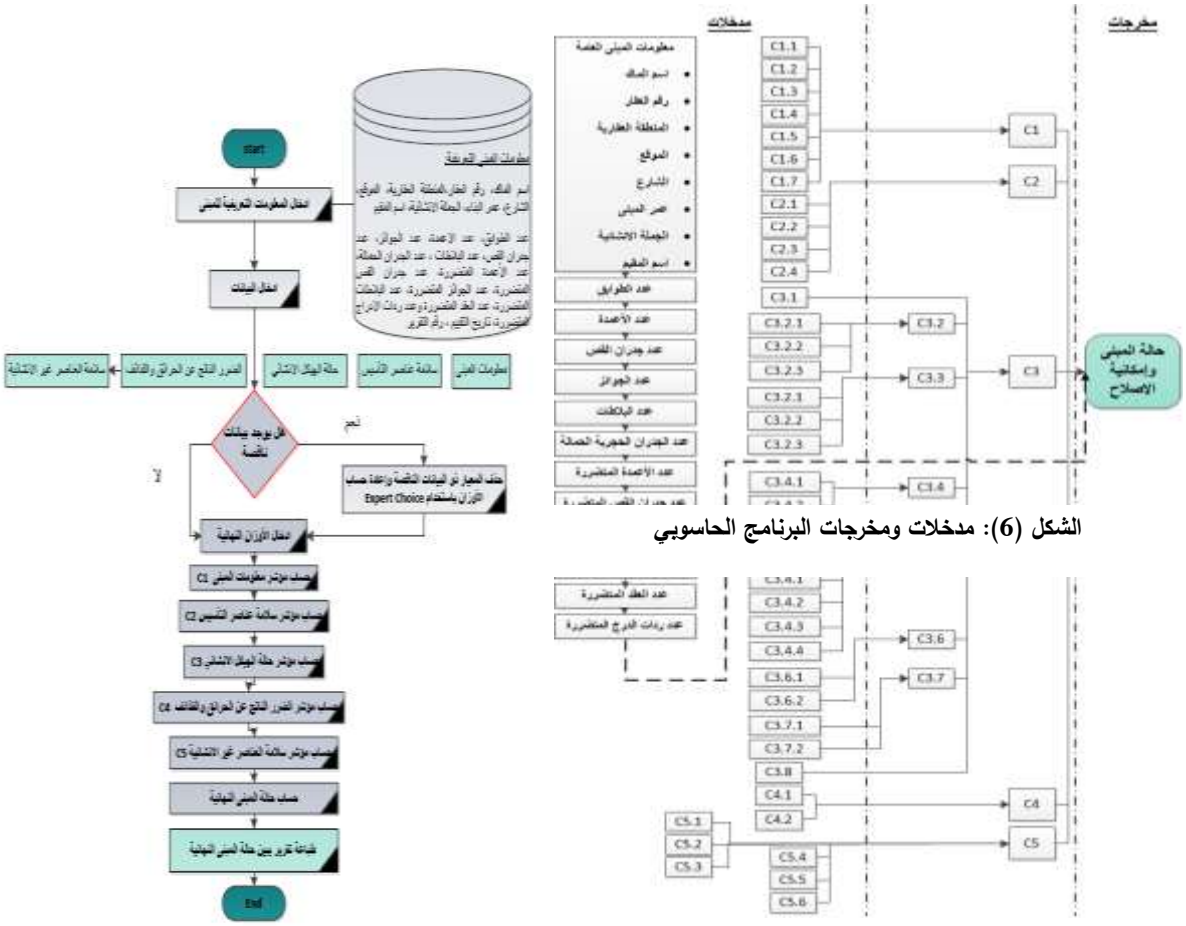
الشكل (4) شجرة المعايير والأوزان (الأهمية النسبية)

4. إعداد البرنامج الحاسوبي لتقييم قابلية اصلاح المباني المتضررة:

تم بناء نظام حاسوبي لتسهيل التعامل مع البيانات وتجميعها من أجل الحصول على نتائج عملية التقييم التي تم عرضها سابقاً. يقوم البرنامج بالعمل وفق المخطط النهجي الموضح بالشكل (5) حيث يتم البدء بإدخال معلومات المبنى التعريفية والمتضمنة اسم المالك، رقم العقار، المنطقة العقارية، الموقع، الشارع، عمر البناء، الجملة الانشائية، اسم المقيم وغيرها. ثم يتم إدخال باقي البيانات المتعلقة بمعايير التقييم ابتداءً بمعلومات المبنى وما يتفرع عنها من معايير فرعية وانتهاءً بحالة العناصر غير الانشائية وما يتفرع عنها من معايير فرعية بالتسلسل. الشكل (6) يوضح البيانات المدخلة وتسلسل عمل البرنامج ويوضح مدخلات ومخرجات البرنامج.

في حال عدم وجود جميع البيانات يمكن تعديل أوزان المعايير بعد إعادة حسابها باستخدام برنامج Expert Choice بعد حذف المعايير الغير موجودة.

تتم معالجة البيانات والحصول على النتيجة النهائية عن طريق تجميع المعلومات بعد تطبيق الأوزان عليها بحيث تضرب كل قيمة مدخلة بوزن المعيار التابعة له ثم يجري تجميعها وفق التسلسل الموضح في الشكل (6)



الشكل (6): مدخلات ومخرجات البرنامج الحاسوبي

الشكل (5): المخطط النهجي لعمل البرنامج الحاسوبي

أعطي البرنامج اسم BuildRX Gauge، كما تم تصميم واجهة مستخدم لتسهيل عملية أدخال البيانات، يوضح الشكل (7) واجهة المستخدم للبرنامج الذي تم تصميمه. تظهر نتيجة التحليل تحت كلمة حساب كما يمكّن البرنامج المستخدم من طباعة تقرير يوضح معلومات المبنى وحالة ضرر المبنى والقرار النهائي، وكذلك يحتوي التقرير جدول يبين حالة العناصر الإنشائية ودرجة ضررها

الشكل (7) واجهة المستخدم لبرنامج BuildRX Gauge

حالة الدراسة:

العقار 78 منطقة دمسرخو – المشروع العاشر – اللاذقية

مبنى سكني مؤلف من عشر /10/ طوابق متعرض لأضرار جراء الزلزال، جملته الانشائية جملة هيكلية (أعمدة وجوائز وجدران قص) نوع البلاطات هوردي.

قرار لجنة المقيمين التابعة لنقابة المهندسين فرع اللاذقية اللجان الخماسية – المبنى مستقر بشكل عام وبحاجة لتدعيم الجدار والعمود المتضررين. وبعد ادخال البيانات الخاصة بهذا العقار على البرنامج والقيام بعمية التحليل تم التوصل إلى التقييم المبين في الشكل (8)

فئة الضرر التي يقع ضمنها المبنى (درجة الضرر)	التحكم بالضرر (DC)
حالة ضرر المبنى وقابلية إصلاحه (القرار)	ضرر خفيف في المبنى مع بقاء قابلية إشغال المبنى مع القيام بعمليات اصلاح خفيفة قد لا تتطلب تدعيم مؤقت

الشكل (8) درجة ضرر المبنى والقرار النهائي بنتيجة التحليل وفق البرنامج

تم أيضاً تقييم ثلاث مباني متعرضة لأضرار ناتجة عن الحرب في مدينة حمص والحصول على نتائج مطابقة للتي تم الحصول عليها من قبل الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية–فرع المنطقة الوسطى.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث اقتراح منهجية لتقييم قابلية اصلاح المباني المتضررة وبناء برنامج حاسوبي للمساعدة في عملية التقييم، ووفقاً للمنهجية المتبعة تم التوصل إلى ما يلي:

1. تم صياغة جداول معايير شاملة يمكن من خلالها تحديد اضرار عناصر المبنى ودرجتها من أجل الوصول إلى درجة ضرر نهائية للمبنى يمكن استناداً لها تقييم قابلية اصلاح المبنى.
2. تم نمذجة مسألة تحديد درجة ضرر المبنى على شكل شجرة قرار يمكن من خلالها الوصول إلى برنامج حاسوبي يمكن استثماره بسهولة من خلال مدخلات محددة.
3. اختبار المنهجية المقترحة على عدة حالات (مباني) أعطى نتائج موافقة لما جاء في تقارير لجان الفحص والتقييم بالتالي أثبتت هذه المنهجية قدرتها على اعطاء نتائج موثوقة،

ومن أجل الحصول على افضل استخدام للبحث تم التوصل إلى التوصيات التالية:

1. في حال وجود معايير غير دقيقة أو معلومات غير دقيقة يتم اعتبار المعيار التابع لها غير موجود وأهميته النسبية (وزنه) مساوي للصفر ويعاد حساب الأهميات النسبية باستخدام برنامج Expert Choice. حيث أنه في حال كون البيانات المدخلة غير دقيقة فإنها ستؤثر على الحكم النهائي وقد تعطي نتائج غير سليمة.
2. يمكن استخدام المنهجية المقترحة لتقييم حالة الأبنية الطابقية البيتونية المسلحة والأبنية الحجرية والأبنية البيتونية المسلحة و الحجرية معاً ، ويفضل البحث والتعمق في دراسة حالة الأبنية الحجرية. ولا يفضل استخدام المنهجية على الأبنية ذات الطابع الخاص و الأشكال المعمارية الفريدة أو الأبنية شاهقة الارتفاع.
3. تطوير دليل التقييم الصادر عن نقابة المهندسين ليتطرق لأشكال التدهور والأضرار المرئية وتحديد درجة ضررها وتأثيرها على المبنى بشكل أدق وأكثر تفصيلاً.
4. اعتماد المنهجية المتبعة و تطويرها لتقييم درجة ضرر المباني في المناطق المتضررة في سورية.

References:

.1 REACH Syrian Cities Damage Atlas. 2019.

.2 GSC, G.S.C. GSC SYRIA EARTHQUAKE RESPONSE UPDATE 8 MARCH23. 2023; Available from: https://shelltercluster.org/response/syria-earthquake-2023.

.3 Liu, T.C., et al., Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation. ACI Mater J, 1993. 90(5): p. 479-498.

.4 Diamantidis, D. Implementation of Reliability-Based Criteria for Structural Integrity Assessment of Existing Structures. in Key Engineering Materials. 2009. Trans Tech Publ.

.5 Carreño, M.L ،.O.D. Cardona, and A.H. Barbat, Computational tool for post-earthquake evaluation of damage in buildings. Earthquake spectra, 2010. 26(1): p. 63-86.

.6 Jain, K.K. and B. Bhattacharjee, Application of fuzzy concepts to the visual assessment of deteriorating reinforced concrete structures. Journal of Construction Engineering and Management, 2012. 138(3): p. 399-408.

.7 Khader, M.H., Expert System for Structural Evaluation of Reinforced Concrete Buildings in Gaza Strip Using Fuzzy Logic. 2010, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree.…

.8 alobeid, A., Developing a decision support system for rehabilitating residential areas in the reconstruction phase in Syria, in Faculty of Civil Engineering. 2021, Damascus University. .(In Arabic)
.9 Abaas, K., Technical and Structural Evaluation of Damaged Reinforced Concrete Structures Using a Computer Program, in Faculty of Civil Engineering. 2014, Damascus University. .(In Arabic)
.10 ،201A.C. Guide for conducting a visual inspection of concrete in service .2008 . American Concrete Institute.
.11 Alkhrdaji, T., et al., Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2003.
.12 Okada, S. and N. Takai. Classifications of structural types and damage patterns of buildings for earthquake field investigation. in Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering (paper 0705), Auckland. 2000.
.13 Anagnostopoulos, S. and M. Moretti, Post-earthquake emergency assessment of building damage, safety and usability—Part 1: Technical issues. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2008. 28(3): p. 223-232.
.14 Kaminosono, T., F. Kumazawa, and Y. Nakano, Quick inspection manual for damaged reinforced concrete buildings due to earthquakes (based on the disaster of 1999 Kocaeli earthquake in Turkey). National Institute of Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Infrasturcture and Transport, 2002: p. 1-23.
.15 Syndicate, E., Guide for inspection and monitoring of buildings and engineering facilities to ensure their structural safety. 2012, Syrian Arab Republic: Engineers Syndicate in the Syrian Arab Republic.(In Arabic)
.16 Bird, J.F., et al. The ground failure component of earthquake loss estimations: a case study of adapazari, turkey. in Proceedings of the 13th Conference on Earhquake Engineering, Vancouver, BC, Canada. Paper. 2004.
.17 Piciullo, L., et al., Assessment of building damage due to excavation-induced displacements: The GIBV method. Tunnelling and Underground Space Technology, 2021. 108: p. 103673.
.18 Rankin, W., Ground movements resulting from urban tunnelling: predictions and effects. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 1988. 5(1): p. 79-92.
.19 Hasan, A. and I. Melhem, R.C Structures Evaluation And Behavior Analysis Due to Explosions and Accidental Hazard .Syrian Engineers Syndicate, Homs Branch, 2017.(In Arabic)
.20 States, U., Federal Emergency Management Agency FEMA. 1996: United States.
.21 Baird, A., A. Palermo, and S. Pampanin, Facade damage assessment of multi-storey buildings in the 2011 Christchurch earthquake. Bulletin of the New Zealand Society for earthquake engineering, 2011. 44(4): p. 368-376.