مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 40- العدد 3 (2024)1-10

Damascus University Journal For Engineering Sciences
Vol 40 No.3 (2024):1-10

تطوير نموذج استدلال ضبابي لتقييم أداء طرق التشييد الحديثة في سورية

محمد عمار دالاتي[1]، مازن عزت ابراهيم[2]*

[1] طالب ماجستير، قسم الإدارة الهندسية والتشييد، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

[2]* استاذ مساعد- قسم الإدارة الهندسية والتشييد – كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

mazen.ibrahim@damascusuniversity.edu.sy

الملخص

تم تطوير نموذج استدلال ضبابي في هذه الدراسة لتقييم طرق التشييد الحديثة، بعد أن تم تعريف وتحديد مجموعة عوامل رئيسة من خلال الدارسات المرجعية وعدة مقابلات. تم التوصل من خلال تحليل النتائج إلى قائمة عوامل تم استخدامها في تصميم استبيان ساعد على انتقاء العوامل الأكثر أهمية. وهي: الكلفة، الزمن، الجودة، والاستدامة. ولكل من العوامل السابقة مجموعة من العوامل الثانوية تساهم في زيادة دقة النموذج من خلال تثقيل أوزان العوامل الرئيسة من خلال استبيان آخر بسيط تم توزيعه على مهندسين يعملون في مشاريع تشييد مختلفة من أجل قياس أوزانها.

تم حساب أوزان العوامل الرئيسة السابقة باستخدام طريقة FAHP للحصول على أفضل دقة ممكنة. بعد ذلك تم تطوير نموذج الاستدلال الضبابي، وذلك من خلال تشكيل تراكبات بين العوامل الثانوية لكل عامل رئيس وتوصيف القواعد المعرفية لها.

تم تطبيق النموذج السابق على بيانات 3 مشاريع متوافرة لدى الباحث من أجل رصد الوفر في الكلفة حيث كانت القيم (5-25)% والزمن (5-15)%. كما تراوحت نسبة التحسن في الجودة من (0,0.75,0.25) إلى (0,0,1) والاستدامة من (0.75,0.25,0) إلى (0,0,1).

الكلمات مفتاحية: طرق التشييد الحديثة، طرق التشييد التقليدية، نظام استدلال ضبابي، طريقة التحليل الهرمي الضبابية.

تاريخ الإيداع: 2022/8/13
تاريخ القبول: 2022/12/22

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

Developing a Fuzzy Inference System to Evaluate Performance of Modern Methods of Construction

Mohammad Ammar Dalati[1], Mazen Azat Ebrahim[2]
[1] Master Student, Construction Management and Engineering Dep, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.
[2*] Assistant Professor - Department of Engineering and Construction Management - Faculty of Civil Engineering - Damascus University mazen.ibrahim@damascusuniversity.edu.sy

Received: 13/8/2022
Accepted: 22/12/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract

In this study, a fuzzy inference system was developed to evaluate modern construction methods, after defining a set of main criteria through literature reviews and several interviews that resulted in a list of factors. These factors were used in designing a questionnaire that helped select the most important ones: cost, duration, quality, and sustainability. Each of the previous factors has a set of secondary factors that contribute to increasing the accuracy of the model by contributing to the weights of the main factors through another simple questionnaire completed by engineers working on different construction projects to measure their weight.

The weights of the previous main criteria were calculated using the FAHP method to obtain the best possible accuracy. After that, the fuzzy inference system was developed, by forming overlays between the secondary factors for each main factor and describing their conditions and rules.

The model was tested on data of 3 projects to measure the saving in the construction cost where the values ranged (5-25)%, the duration (5-15)%. For the improvement in the quality, the values were (0,0.75,0.25) to (0,0,1), and the sustainability (0.75,0.25,0) to (0,0,1) due to the project's specification.

Keywords: modern methods of construction, traditional construction methods, fuzzy inference system, FAHP.

1. المقدمة:

انتشرت المباني الجاهزة بشكل واسع بعد الحرب العالمية الثانية نتيجة إلى الحاجة إلى بناء أكبر عدد من المساكن بعد أن تهدمت مباني المدن من جراء الحرب، وتوقف العمل بها في وسط السبعينيات نتيجة للمشاكل التي نتجت عن سوء تصميمها، حيث كان الكثير من هذه المباني يقام في إطار مشروعات تهدف إلى البحث عن طرق اقتصادية وسرعة تنفيذ عالية وتتبع في ذلك طرق بناء ذات معايير إنشائية واقتصادية صارمة وتحد من تدخل التصميم المعماري الذي كان يمارس في نطاق ضيق. ومن هنا ظهر مصطلح طرق التشييد الحديثة MMC وهي طرق تم تطويرها في صناعة البناء مع التخطيط والتصميم المناسبين بحيث يقلل كل مشروع من وقت البناء والتكلفة ويحافظ على الاستدامة الشاملة. وتتلخص أنواع الطرق الحديثة في البناء إلى ثلاث طرق هي: الهياكل الإنشائية، الأسقف والحوائط الإنشائية، الوحدات الإنشائية المتكررة.

وتعرف طرق التشييد الحديثة MMC على أنها نظام بناء يقلل من زمن البناء وتكاليفه وفقًا للاحتياجات الجديدة الناشئة في مجال صناعة البناء في ظل الظروف الراهنة. وهي هيكلة ومكننة صناعية لقطاع البناء من خلال دمج تقنيات وبرامج التصنيع بواسطة الحاسوب خارج الموقع مع تخطيط وتصميم المواد والتقنيات المبتكرة (NAO, 2005).

تشمل طرق البناء الحديثة (Khan *et al*, 2019):

1. نظام اللوحة المسطحة مسبقة الصب: تتضمن طريقة البناء هذه إجراء بناء وحدات الأرضية والجدران خارج الموقع. لهذا، يلزم وجود منافذ ومرافق منفصلة للمصنع.

2. وحدات حجمية ثلاثية الأبعاد: يتضمن البناء الحجمي ثلاثي الأبعاد تصنيع وحدات ثلاثية الأبعاد على شكل وحدات خارج الموقع.

3. بناء بلاطة مسطحة: الألواح المسطحة هي عناصر هيكلية متعددة الاستخدامات بطبيعتها. بحيث يوفر اللوح المسطح الحد الأدنى من العُمق والبناء الأسرع، كما يوفر النظام أيضًا شبكات أعمدة مرنة.

4. ألواح الكسوة مسبقة الصب: نظام الكسوة هو تركيب مادة فوق أخرى تعمل أخيراً كجلد أو طبقة، حيث إن نظام الطبقات هذا ليس مخصصاً للجمال فحسب، بل يمكن أن يساعد في التحكم في تسلل عناصر الطقس.

5. الجدران والأرضيات الخرسانية: يتم تطبيق الجدران الخرسانية بشكل أساسي على جدران المقاعد والجدران الاستنادية والتشطيبات الخارجية والداخلية، بحيث تستخدم الخرسانة أيضاً مواد الأرضيات.

6. تقنية الجدار المزدوج: تقنية الجدار المزدوج هي عبارة عن حل هجين لنظام الجدار الذي يجمع بين خصائص سرعة الانتصاب والخرسانة مسبقة الصب مع السلامة الهيكلية للخرسانة في الموقع.

7. الأساس الخرساني سابق الصب: من أجل البناء السريع للأساس، يمكن استخدام نظام الخرسانة سابقة الصب، وهذه الطريقة مناسبة أكثر للتصميم حسب الطلب، بحيث يتم إنشاء العناصر المطلوبة لبناء الأساس بشكل منفصل في المصنع (خارج الموقع) ويتم إحضارها إلى الموقع وتجميعها.

8. القوالب الخرسانية العازلة: يحتوي نظام القوالب الخرسانية العازلة على ألواح مزدوجة الجدران إمّا عبارة عن ألواح أو كتل من البولسترين، حيث يتم بناؤها بسرعة لإنشاء القوالب كجدار المباني، ويتم ملء القوالب المصنوعة من الخرسانة.

2. مشكلة البحث:

الاعتماد على الخبرة الشخصية المهندسين بتقييم الآثار الإيجابية لتطبيق التقنيات الحديثة بصناعة التشييد يقود الى الكثير من الأخطاء في عملية التقييم.

3. الغاية من البحث:

تطوير نظام استدلال ضبابي لتقييم استخدام طرق التشييد الحديثة في مشاريع التشييد في سوريا. وذلك عن طريق تحقيق الأهداف الثانوية التالية:

1. تعريف معايير وعوامل لقياس أداء تطبيق (أو عدم تطبيق) تقنيات التشييد الحديثة في سورية.
2. تحديد المعايير الأكثر أهمية بالنسبة لمشاريع التشييد عن طريق الاستبيان.
3. قياس أوزان المعايير التي تم استخلاصها من الاستبيان عن طريق مشاركة استبيان آخر مع خبراء يعملون في مجال التشييد في سوريا.
4. تطوير نظام استدلال ضبابي لتقييم تطبيق طرق التشييد الحديثة في سورية.
5. التحقق من النموذج عن طريق تطبيقه على مجموعة حالات درسية من المشاريع.

4. مواد وطرائق البحث:

تم تحديد بعض المعايير التي تؤثر على طرق التشييد الحديثة من خلال مراجعة الدراسات السابقة. تم إجراء مقابلات مع عدد من الخبراء في مجال تكنولوجيا التشييد وأخذ الآراء المختلفة عن تطبيق طرق التشييد الحديثة والمعايير التي تؤثر عليها. تم إجراء التقاطع بين المعايير المجمعة من الدراسات المرجعية والمقابلات والتي تم استخدامها فيما في بعد في تصميم الاستبيان من أجل تحديد أهم المعايير المؤثرة على طرق التشييد الحديثة. كما هو مبين بالجدول التالي رقم (1) والملحق رقم (26)

الجدول رقم (1) المعايير المؤثرة على طرق التشييد الحديثة (Shash & Mohammed, 2020)

المعايير الرئيسة	المعايير الثانوية
معايير جودة التنفيذ	1. بُعد العامل المتخصصة (خطوط انتاج- وجود آليات ومعدات صناعية خاصة بالتنفيذ)
	2. توفر موارد بشرية متخصصة (خبرة المقاول وجهاز الاشراف)
	3. حجم النفايات (الركام)
	4. أخطاء التنفيذ
	5. تحقيق مواصفات خاصة لتفاصيل الهيكل والإكساء
معايير زمن التنفيذ	6. درجة تعقيد تصميم المشروع
	7. اختصار لبعض العمليات (الأعمال الكهربائية والصحية من خلال وضعها ضمن وحدة التصنيع في المعمل)
	8. أوامر التغيير / طلبات تغيير التصميم
	9. تنفيذ أدق لعمليات الجدولة الزمنية
معايير الكلفة	10. كلفة تنفيذ اقتصادية
	11. حجم المشروع
	12. ترشيد كلف الموارد ضمن الموقع (آليات ومعدات ويد عاملة)
	13. السلامة المهنية
معايير الاستدامة	14. ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد (تأثير ضئيل للظروف المناخية على العمل)
	15. تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة
	16. توفير نظام صيانة أفضل لمكونات المساكن المشيدة

بعد تحديد المعايير المؤثرة على طرق التشييد الحديثة MMC من خلال البيانات التي تم جمعها من المقابلات والدراسات المرجعية، تم تصميم الاستبيان الأول لتحديد أهم المعايير التي تؤثر على طرق التشييد الحديثة ومن ثم تصميم الاستبيان الثاني من أجل تقييم أثر كل معيار على المشروع عند تطبيقه ولحساب أوزان المعايير.

5. التحليل الإحصائي لبيانات الاستبيان الأول:

تم توزيع (70) استبيان على الخبراء في مجال إدارة المشاريع في القطاع العام والمكاتب والشركات الخاصة والمنظمات غير الحكومية الذين يمثلون مجتمع الدراسة بحيث يكون حجم العينة أكبر من 30 وبالتالي البيانات تتبع للتوزيع الطبيعي حتى نتمكن من تطبيق العمليات الإحصائية (إسماعيل،2001)، وتم استرداد (51) استبيان.

5.1. حساب الثبات الداخلي للاستبيان:

تم اختبار درجة ثبات لكامل عبارات الاستبيان عن طريق حساب عامل ألفا كرونباخ باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS. يبين الجدول رقم (2) قيمة عامل ألفا كرونباخ لكامل عبارات الاستبيان وعددها 16 عبارة، ونلاحظ من الجدول أن قيمة عامل الثبات تساوي 0.93 وهذا دليل على أن درجة ثبات عبارات الاستبيان عالية جداً (العلي ودريباتي، 2021).

الجدول رقم (2) حساب قيمة عامل ألفا كرونباخ لكامل عبارات الاستبيان

عدد العبارات	ألفا كرونباخ
16	**0.93**

5.2. حساب عامل الأهمية النسبية RII:

1. حساب عامل الأهمية لكل معيار ثانوي (RII) عن طريق المعادلة رقم (1) (Tam and Le, 2006):

المعادلة رقم (1):

$$RII = \frac{\sum W}{AN} = \frac{5n_5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + 1n_1}{5N}$$

وتشير الرموز إلى:
W: مجموع الأوزان.
n1 عدد إجابات أفراد العينة بدرجة منخفض جداً.
n2 عدد إجابات أفراد العينة بدرجة منخفض.
n3 عدد إجابات أفراد العينة بدرجة متوسط.
n4 عدد إجابات أفراد العينة بدرجة عالي.
n5 عدد إجابات أفراد العينة بدرجة عالي جداً.
A أعلى وزن وفي دراستنا هو 5
N عدد أفراد العينة

2. حساب عامل الأهمية للمعيار الرئيسي والذي يضم مجموعة من المعايير الثانوية من خلال حساب المتوسط الحسابي لمجموع المعايير الثانوية ضمن المعيار الرئيسي الواحد .(Tam and Le, 2006)

3. حساب وزن كل معيار رئيسي من المعادلة رقم (2) :(Tam and Le, 2006)

المعادلة رقم (2):

$$Group\ Importance\ Weight = \frac{RIIG}{\sum RII_G}$$

وتشير الرموز إلى:
RIIG: عامل الأهمية النسبية للمعيار الرئيسي والذي يضم مجموعة من المعايير الثانوية. ويشير المجموع Σ إلى مجموع أوزان المعايير الرئيسة.

4. وحساب وزن كل معيار ثانوي من المعادلة رقم (3) :(Tam and Le, 2006)

المعادلة رقم (3):

$$Factor\ Importance\ Weight = \frac{Group\ Importance\ Weight * RII}{\sum RII_G}$$

وتشير الرموز إلى:
RII : عامل الأهمية النسبية للمعيار الثانوي.
Group Importance Weight وزن المعيار الرئيسي.
RIIG: عامل الأهمية النسبية للمعيار الرئيسي. ويشير المجموع Σ إلى مجموع أوزان العوامل ضمن فئة المعيار الرئيس الواحد.

يوضح الجدول رقم (3) مستوى الأهمية حسب قيمة عامل الأهمية النسبية:

الجدول رقم (3) مستوى الأهمية حسب قيمة عامل الأهمية النسبية RII. (AKadiri, 2011)

$0.8 \le RII \le 1$	High	H
$0.6 \le RII < 0.8$	High-Medium	H-M
$0.4 \le RII < 0.6$	Medium	M
$0.2 \le RII < 0.4$	Medium-Low	M-L
$0 \le RII < 0.2$	Low	L

يبين الجدول رقم (4) قيمة عامل الأهمية النسبية RII لكل معيار ونلاحظ أن جميع المعايير تتجاوز قيمة العامل 0.6 وبالتالي عامل الأهمية لها هو عالي.

الجدول رقم (4) عامل الأهمية النسبية لكل معيار

معايير الأداء لتطبيق هذه الطرق		RII	RII Group	RII Group Weight	RII Factor Weight
المعايير الرئيسية	المعايير الفرعية				
معايير جودة التنفيذ	بُعد العامل المتخصصة	67.8	71.1	25.37	5
	توفر موارد بشرية متخصصة	70.2			5
	حجم النفايات (الركام)	72.9			5
	أخطاء التنفيذ	73.3			5
	تحقيق مواصفات خاصة لتفاصيل الهيكل والإكساء	71.4			5
معايير زمن التنفيذ	درجة تعقيد تصميم المشروع	66.7	70	24.96	6
	اختصار لبعض العمليات	74.5			7
	أوامر التغيير / طلبات تغيير التصميم	69			6
	تنفيذ أدق لعمليات الجدولة الزمنية	69.8			6
معايير كلفة	كلفة تنفيذ اقتصادية	74.1	71.9	25.62	7
	حجم المشروع	71.4			6
	ترشيد كلف الموارد	74.5			7
	السلامة المهنية	67.5			6
معايير الاستدامة	ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد	65.5	67.5	24.1	8
	تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة	68.2			8
	توفير نظام صيانة	68.6			8

6. التحليل الإحصائي لبيانات الاستبيان الثاني:

تم تصميم الاستبيان الثاني لتقييم أثر تطبيق كل معيار على المشروع ولحساب أوزان المعايير الثانوية واستخدامها فيما بعد في تشكيل النموذج. حيثُ تم جمع البيانات من 27 مهندس يعملون في مشاريع مختلفة. وبعد حساب CR نسبة التناسق تم استبعاد المشارع التي كانت قيمة CR لها أقل من 10% وهما مشروعان فقط. تم استخدام البيانات السابقة في تطوير مصفوفة المقارنة الثنائية، وبعد ذلك تم استخدام الخطوات المذكورة سابقاً في طريقة FAHP من أجل الحصول على الأوزان النهائية للمعايير الثانوية ومن ثم المعايير الرئيسة.

7. المعايير المعتمدة للدراسة:

المعايير التي تم اعتمادها بعد تحليل الاستبيان الأول والثاني والتي تم استخدامها فيما بعد في تطوير النموذج موضحة في الجدول رقم (5):

الجدول رقم (5) المعايير المعتمدة في الدراسة.

المعايير الرئيسية		المعايير الفرعية	
I1	المعايير المتعلقة بجودة التنفيذ	C1	بُعد العامل المتخصصة (خطوط انتاج- وجود أليات ومعدات صناعية خاصة بالتنفيذ)
		C2	توفر موارد بشرية متخصصة (خبرة المقاول وجهاز الاشراف)
		C3	حجم النفايات (الركام)
		C4	أخطاء التنفيذ نع
		C5	تحقيق مواصفات خاصة لتفاصيل الهيكل والإكساء
I2	المعايير المتعلقة بزمن التنفيذ	C6	درجة تعقيد تصميم المشروع
		C7	اختصار لبعض العمليات (الأعمال الكهربائية والصحية من خلال وضعها ضمن وحدة التصنيع في المعمل)
		C8	أوامر التغيير / طلبات تغيير التصميم
		C9	تنفيذ أدق لعمليات الجدولة الزمنية
I3	المعايير المتعلقة بالكلفة	C10	كلفة تنفيذ اقتصادية
		C11	حجم المشروع
		C12	ترشيد كلف الموارد ضمن الموقع (آليات ومعدات ويد عاملة)
		C13	السلامة المهنية
I4	المعايير المتعلقة بالاستدامة	C14	ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد (تأثير ضئيل للظروف المناخية على العمل)
		C15	تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة
		C16	توفير نظام صيانة أفضل لمكونات المساكن المشيدة

8. حساب أوزان المعايير الرئيسية:

حساب أوزان المعايير من خلال تطبيق خطوات طريقة التحليل الهرمي الضبابية FAHP (Emrouznejad & HO, 2018):

1. تطبيق المعادلة رقم 4 وحساب Mjgi كما في الجدول رقم (6):

المعادلة رقم 4

$$M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_j , \sum_{j=1}^{n} m_j , \sum_{j=1}^{n} u_j \right)$$

حيثُ تشير الرموز إلى:

$\sum_{j=1}^{n} l_j$ مجموع الحدود الدنيا لسطر المعيار الرئيس

$\sum_{j=1}^{n} m_j$ مجموع الحدود المتوسطة لسطر المعيار الرئيس

$\sum_{j=1}^{n} u_j$ مجموع الحدود العليا لسطر المعيار الرئيس

الجدول رقم (6) حساب M^{j}_{gi}

	∑ L	∑ M	∑ U
∑ Mg1	3.15	4.22	5.30
∑ Mg2	2.81	3.71	4.62
∑ Mg3	3.16	4.24	5.32
∑ Mg4	2.92	3.87	4.83

وفيما يلي تطبيق للمعادلة:

انظر الملحق رقم (27) لمزيد من التفاصيل حول النتائج في الجدول السابق.

2. تطبيق المعادلة رقم 5 وحساب $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ كما في الجدول رقم (7):

المعادلة رقم 5:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_i , \sum_{j=1}^{n} m_i , \sum_{j=1}^{n} u_i \right)$$

الجدول رقم (7) حساب Mgi ∑ ∑

	∑ ∑ L	∑ ∑ M	∑ ∑ U
∑ ∑ Mgi	12.03	16.05	20.07

3. تطبيق المعادلة رقم 6 لحساب مجموع الأسطر الرياضية:

المعادلة رقم (6)

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} * \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$$

حساب سطر معايير جودة التنفيذ S1 المعادلة رقم 6:

$$S_1 = (3.15,4.22,5.3) * \left(\frac{1}{20.07}, \frac{1}{16.05}, \frac{1}{12.03}\right)$$
$$= (0.157,0.2632,0.4404)$$

حساب سطر معايير زمن التنفيذ:

$$S_2 = (2.81,3.71,4.62) * \left(\frac{1}{20.07}, \frac{1}{16.05}, \frac{1}{12.03}\right)$$
$$= (0.140,0.2314,0.3837)$$

حساب سطر معايير كلفة التنفيذ:

$$S_3 = (3.16,4.24,5.32) * \left(\frac{1}{20.07}, \frac{1}{16.05}, \frac{1}{12.03}\right)$$
$$= (0.1574,0.2641,0.4420)$$

حساب سطر معايير الاستدامة:

$$S_4 = (2.92,3.87,4.83) * \left(\frac{1}{20.07}, \frac{1}{16.05}, \frac{1}{12.03}\right)$$
$$= (0.1453,0.2413,0.4015)$$

يوضح الجدول رقم (8) النتائج النهائية:

الجدول رقم (8) حساب Si للمعايير الرئيسة

Ui	Mi	Li	Si
0.4404	**0.2632**	**0.1570**	**S1**
0.3837	**0.2314**	**0.1400**	**S2**
0.4420	**0.2641**	**0.1574**	**S3**
0.4015	**0.2413**	**0.1453**	**S4**

4. حساب احتمال أن Si>Sj وذلك من خلال تطبيق المعادلة رقم 7، كما في الجدول رقم 9:

المعادلة رقم 8:

$$V(\bar{S}_i \geq \bar{S}_j) = \begin{cases} 1, & IF\ m_i \geq m_j \\ 0, & IF\ l_j \geq u_i \\ \dfrac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)} & Otherwise \end{cases}$$

حيث :

$$\bar{S}_j = (L_j, M_j, U_j) \quad , \quad \bar{S}_i = (L_i, M_i, U_i)$$

ويبين الجدول التالي حساب احتمال أن Si>Sj:

الجدول رقم (9) حساب احتمال أن Si أكبر من Sj

V(s1>s1)			**V(s1>s2)**	**1**	**V(s1>s3)**	**0.997**	**V(s1>s4)**	**1**
V(s2>s1)	**0.877**				**V(s2>s3)**	**0.874**	**V(s2>s4)**	**0.96**
V(s3>s1)	**1**	**1**	**V(s3>s2)**				**V(s3>s4)**	**1**
V(s4>s1)	**0.918**	**1**	**V(s4>s2)**	**1**	**V(s4>s3)**	**0.915**		

5. حساب احتمال أن Si أكبر من جميع الأرقام الضبابية المحددة الأخرى (n-1) أي من Sj باستخدام المعادلة التالية رقم 9:

المعادلة رقم 9:

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j),(i=1,\dots,n,\quad j\neq 1)=\min_{j(1,\dots,n)j\neq 1} V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j),i=1,\dots,n$$

الجدول رقم (10) حساب احتمال أن Si أكبر من جميع الأرقام

V(S1>S2,3,4)	0.997
V(S2>S1,3,4)	0.874
V(S3>S1,2,4)	1
V(S4>S1,2,3)	0.915

6. تشكيل شعاع الأوزان كما في المعادلة رقم 10:

المعادلة رقم 10:

$$w_t = \frac{V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j \mid j=1,\dots,n \ , j\neq i)}{\sum_{k=1}^{n} V(\tilde{S}_k \geq \tilde{S}_j \mid j=1,\dots,n \ , j\neq k)}$$

وفيما يلي قيم شعاع الأوزان للمعايير الرئيسية:

جودة التنفيذ:

$$W_1 = \frac{0.997}{0.997+0.874+1+0.915} = 26.3\%$$

زمن التنفيذ:

$$W_2 = \frac{0.874}{0.997+0.874+1+0.915} = 23.1\%$$

الكلفة:

$$W_3 = \frac{1}{0.997+0.874+1+0.915} = 26.4\%$$

الاستدامة:

$$W_4 = \frac{0.915}{0.997+0.874+1+0.915} = 24.2\%$$

يبين الجدول رقم 10 قيم الأوزان للمعايير:

الجدول رقم (11) أوزان المعايير الرئيسة

المعيار		الوزن
معايير جودة التنفيذ	W1	26.3%
معايير زمن التنفيذ	W2	23.1%
معايير الكلفة	W3	26.4%
معايير الاستدامة	W4	24.2%

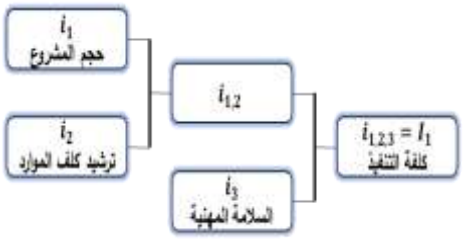
ونلاحظ من الجدول أن أوزان المعايير الرئيسة؛ الكلفة، الزمن، الجودة والاستدامة، كانت متقاربة جداً وهذه الأمر منطقي عند تنفيذ أي مشروع باستخدام طرق التشييد الحديثة حيثُ ينبغي فيه الموازنة بين قيم المعايير السابقة.

9. بناء العلاقات والقواعد بين المعايير الثانوية لكل معيار رئيسي:

بداية سوف نقوم ببناء العلاقات بين العوامل الثانوية فيما بينها، إلى أن نصل إلى العوامل الرئيسة، وهي موضحة في الفقرات التالية بداية بمعيار الكلفة إلى معيار الاستدامة.

9.1. المعايير المتعلقة بكلفة التنفيذ:

يتم تكوين معيار كلفة التنفيذ من تراكب مجموعة من العوامل كما في الشكل التالي:



الشكل رقم (1) العوامل المركبة لكلفة التنفيذ.

❖ الخطوة الأولى تراكب عاملين بسيطين يتم ذلك وفق القواعد الآتية والتي سيتم توضيحها في جدول لاحق في حين أن العاملين يتم تفصيلهما كالآتي: العامل الأول (حجم المشروع): يأخذ القيم (حجم المشروع كبير– حجم المشروع متوسط– حجم المشروع صغير). العامل الثاني (ترشيد كلف الموارد): يأخذ القيم (الترشيد كبير– الترشيد متوسط– الترشيد خفيف). يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الأول من العوامل (حجم المشروع وترشيد كلف الموارد).

العامل المركب الأول		حجم المشروع		
		كبير (1)	متوسط (2)	صغير (3)
ترشيد كلف الموارد	كبير (3)	1	3،2	3
	متوسط (2)	2،1	2	3،2
	صغير(1)	1	2،1	3

يبين الملحق رقم (1) قواعد تركيب العوامل (حجم المشروع وترشيد كلف الموارد).

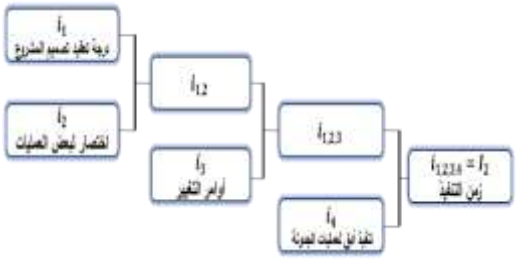
❖ الخطوة الثانية تشكيل عامل المركب الثاني (كلفة التنفيذ) من تراكب عامل المركب الأول (حجم المشروع وترشيد كلف الموارد) مع عامل (السلامة المهنية) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الأول): يأخذ القيم (كبير–متوسط– صغير). العامل الثاني (السلامة المهنية): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف). يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الثاني (كلفة التنفيذ) الناتج من تراكب العوامل (العامل المركب الأول والسلامة المهنية). انظر الملحق رقم 2.

عامل المركب الأول			العامل المركب الثاني (كلفة التنفيذ)	
صغير (3)	متوسط (2)	كبير (1)		
1	1	1	كبير (1)	كلفة السلامة المهنية
2	2	1	متوسط (2)	
3	2	1	صغير(3)	

9.2. المعايير المتعلقة بزمن التنفيذ:

يتم تكوين معيار زمن التنفيذ من تراكب مجموعة من العوامل كما في الشكل التالي:



الشكل رقم (2) العوامل المركبة لزمن التنفيذ

❖ الخطوة الأولى تراكب عاملين بسيطين يتم ذلك وفق القواعد الآتية والتي سيتم توضيحها في جدول لاحق في حين أن العاملين يتم تفصيلهما كالآتي:

العامل الأول (درجة تعقيد تصميم المشروع): يأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير). العامل الثاني (اختصار لبعض العمليات): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف)

ويبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الأول من العوامل (درجة تعقيد تصميم المشروع و اختصار لبعض العمليات). انظر الملحق رقم 3.

العامل المركب الأول		درجة تعقيد تصميم المشروع		
		كبير (1)	متوسط (2)	صغير (3)
اختصار	كبير (3)	1	2	3
	متوسط (2)	1	2	2
	صغير (1)	1	1	1

❖ الخطوة الثانية تشكيل عامل المركب الثاني الناتج من تراكب عامل المركب الأول (درجة تعقيد تصميم المشروع واختصار لبعض العمليات) مع عامل (أوامر التغيير) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الأول): يأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير). العامل الثاني (أوامر التغيير): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف). يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الثاني الناتج من تراكب العوامل (العامل المركب الأول وأوامر التغيير). انظر الملحق رقم 4.

عامل المركب الثاني		العامل المركب الأول		
		كبير (1)	متوسط (2)	صغير (3)
أوامر التغيير	كبير (1)	1	1	1
	متوسط (2)	1	2	2
	صغير (3)	1	2	3

❖ الخطوة الثالثة تشكيل عامل المركب الثالث (زمن التنفيذ) الناتج من تراكب عامل المركب الثاني (درجة تعقيد تصميم المشروع واختصار لبعض العمليات وأوامر التغيير) مع عامل (تنفيذ أدق لعمليات الجدولة) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الثاني): يأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير). العامل الثاني (تنفيذ أدق لعمليات الجدولة):

لبعض العمليات				
متوسط (2)	1	2	2
صغير (1)	1	1	1

ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف). يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الثالث (زمن التنفيذ) الناتج من تراكب العوامل (العامل المركب الثاني وتنفيذ أدق لعمليات الجدولة). انظر الملحق رقم 5 لمزيد من المعلومات.

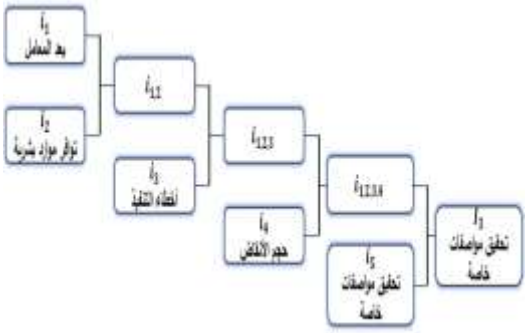
العامل مركب الثالث (زمن التنفيذ)		العامل المركب الثاني		
		كبير (1)	متوسط (2)	صغير(3)
تنفيذ أدق لعمليات الجدولة	كبير (3)	1	2	3
	متوسط (2)	1	2	2
	صغير (1)	1	1	1

9.3. المعايير المتعلقة بجودة التنفيذ:

يتم تكوين معيار جودة التنفيذ من تراكب مجموعة من العوامل كما في الشكل التالي:

❖ الخطوة الأولى تراكب عاملين بسيطين يتم ذلك وفق القواعد الآتية والتي سيتم توضيحها في جدول لاحق في حين أن العاملين يتم تفصيلهما كالآتي:

العامل الأول (بعد العامل المتخصصة): يأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف). العامل الثاني (توافر موارد بشرية): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف).



الشكل رقم (3) العوامل المركبة لمعيار جودة التنفيذ

يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الأول من العوامل (بعد العامل المتخصصة وتوفر موارد بشرية). انظر الملحق رقم 6 لمزيد من المعلومات.

العامل المركب الأول		بعد العامل المتخصصة		
		بعيدة (3)	بعيدة جداً (2)	غير موجودة (1)
توافر موارد بشرية	متوفرة بالخبرة الكافية (3)	3	3،2	1
	محدودة الخبرة (2)	3،2	2	1
	غير متخصصة بالخبرة (1)	1	2،1	1

❖ الخطوة الثانية تشكيل العامل المركب الثاني الناتج من تراكب العامل المركب الأول (بعد العامل المتخصصة و توفر موارد بشرية) مع عامل (أخطاء التنفيذ) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الأول): يأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير). العامل الثاني (أخطاء التنفيذ): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف). يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الثاني الناتج من تراكب العوامل (العامل المركب الأول وأخطاء التنفيذ). انظر الملحق رقم 7 لمزيد من المعلومات.

عامل المركب الثاني		العامل المركب الأول		
		صغير (1)	متوسط (2)	كبير (3)
أخطاء التنفيذ	كبير (1)	1	2	3
	متوسط (2)	1،2	2	3،2
	صغير (3)	3	3	3

❖ الخطوة الثالثة تشكيل عامل المركب الثالث الناتج من تراكب عامل المركب الثاني (بعد العامل المتخصصة وتوفر موارد بشرية وأخطاء التنفيذ) مع عامل (حجم النفايات) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الثاني): يأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير). العامل الثاني (حجم النفايات): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف). يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الثالث الناتج من تراكب العوامل (العامل المركب الثاني وحجم النفايات). انظر الملحق رقم 8 لمزيد من المعلومات.

عامل المركب الثالث		العامل المركب الثاني		
		صغير (1)	متوسط (2)	كبير (3)
حجم النفايات	كبير (1)	1	2	3
	متوسط (2)	1،2	2	3،2
	صغير (3)	3	3	3

❖ الخطوة الرابعة تشكيل عامل المركب الرابع (جودة التنفيذ) الناتج من تراكب عامل المركب الثالث (بعد العامل المتخصصة وتوفر موارد بشرية وأخطاء التنفيذ وحجم النفايات) مع عامل (تحقيق مواصفات خاصة) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الثالث): يأخذ القيم (كبير–متوسط–صغير). العامل الثاني (تحقيق مواصفات خاصة للإكساء): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير)

ويبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل جودة التنفيذ الناتج من تراكب العوامل (العامل المركب الثالث وتحقيق مواصفات خاصة للإكساء). انظر الملحق رقم 9 لمزيد من المعلومات.

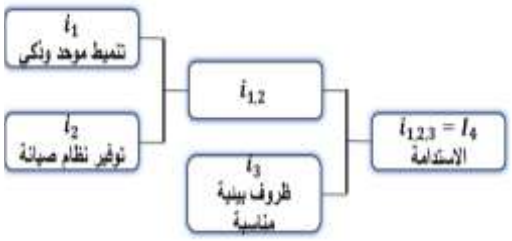
عامل جودة التنفيذ		العامل المركب الثالث		
		كبير	متوسط	صغير
تحقيق مواصفات خاصة	كبير (3)	3	3	3
	متوسط (2)	2	2	3
	صغير (1)	1	2	3

9.4. المعايير المتعلقة بالاستدامة:

يتم تكوين معيار الاستدامة من تراكب مجموعة من العوامل كما في الشكل (4).

❖ الخطوة الأولى تراكب عاملين بسيطين يتم تفصيلهما كالآتي:

العامل الأول (تنميط موحد وذكي): يأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير). العامل الثاني (توفير نظام صيانة): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– خفيف).



الشكل رقم (4) العوامل المركبة لمعيار الاستدامة

يبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل المركب الأول الناتج من تراكب العوامل (تنميط موحد وذكي وتوفير نظام صيانة). انظر الملحق رقم 10 لمزيد من المعلومات.

العامل المركب الأول		تنميط موحد وذكي		
		صغير (1)	متوسط (2)	كبير (3)
توفير نظام صيانة	كبير (3)	3	3	3
	متوسط (2)	2	2	3
	صغير (1)	1	2	3

❖ الخطوة الثانية: تشكيل عامل المركب الثاني (الاستدامة) الناتج من تراكب عامل المركب الأول (تنميط موحد وذكي وتوفير نظام صيانة) مع عامل (ظروف بيئية مناسبة) وذلك ضمن القواعد التالية:

العامل الأول (المركب الأول): يأخذ القيم (كبير–متوسط–صغير). العامل الثاني (ظروف بيئية مناسبة): ويأخذ القيم (كبير– متوسط– صغير).ويبين الجدول التالي العلاقات المشكلة للعامل الاستدامة الناتج من تراكب العوامل (تنميط موحد وذكي وتوفير نظام صيانة وظروف بيئية مناسبة). انظر الملحق رقم 11.

العامل الاستدامة		العامل المركب الأول		
		صغير (1)	متوسط (2)	كبير (3)
ظروف بيئية مناسبة	كبير (3)	3	3	3
	متوسط (2)	2	2	3
	صغير (1)	1	2	3

10. تطوير نموذج الاستدلال الضبابي:

يتم تقييم المشاريع وفقاً للمعايير التي تم تعريفها سابقاً (الكلفة – الزمن – الجودة – الاستدامة). ويتم تكوين المعايير من تراكب مجموعة من العوامل. فإذا أردنا الوصول لتقييم معيار الكلفة فهو يتألف من تراكب مجموعة من العوامل بداية سيتم تركيب عاملين بسيطين حجم المشروع مع ترشيد كلف الموارد (i2 – i1) لنحصل على العامل المركب الأول (i12)، وبعد ذلك يتم تركيب العاملين المركب الأول مع السلامة المهنية للوصول إلى عامل كلفة التنفيذ (I1). وللاستدلال على قيم العوامل المركبة سوف نقوم باستخدام نظام الاستدلال الضبابي.

انطلاقاً من نتائج الدراسة التي أعدها الباحثون (Subramanya et all):

i. هناك فائدتان هامتان لطريقة البناء الجاهز وهي تنفيذ العديد من الأنشطة في وقت واحد وظروف الطقس لها تأثير ضئيل على الجدول الزمني للمشروع، وبالتالي الوقت المطلوب لإكمال المشروع أقل بنسبة 40% من وقت طرق البناء التقليدي، وبالتالي تعتبر مهمة جداً للمشاريع التي تحتاج سرعة بالبناء مثل إعادة بناء تأهيل البنى التحتية والمستشفيات بعد الكوارث.

ii. أشارت النتائج إلى أنه من المتوقع حدوث انخفاض في كلفة المشروع بنسبة 10-25% عند تنفيذ الوحدات النمطية، حيث هناك عدة عوامل تساهم في تخفيض الكلفة مثل نقل المواد للعمال في الموقع، التركيب عالي الكفاءة لمكونات البناء المنتجة خارج الموقع، وعدم التعرض لظروف الطقس، وكما أن إجراءات التصميم موحدة وتتطلب وقتاً أقل من عملية التصميم التقليدية.

iii. أشارت النتائج إلى انخفاض في معدل الحوادث بنسبة 80% عند استخدام طرق البناء الحديثة ومع ذلك يجب إنشاء أطر أمان لهذه الطريقة أيضاً.

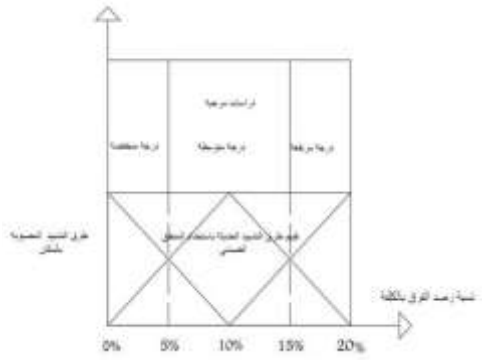
iv. إن المكونات الجاهزة لا تخضع لظروف الطقس الجوية التي قد تؤثر على جودة المواد، وبالتالي تعتبر هذه المكونات ذات جودة أعلى وأقل كلفة ويتم إنتاجها بكميات أعلى في فترة زمنية أقل من المنتجة في الموقع.

v. أشارت النتائج إلى أن حجم النفايات الناتجة عن البناء الجاهز أقل من البناء التقليدي، والمنتجات يمكن إعادة تدويرها واستخدامها ومن السهل فصل المكونات عندما تنتهي دورة حياتها ولا ينتج عنها غبار أو ضوضاء.

يمكن تطبيق النموذج في رصد الفروقات في الزمن والكلفة ودراسة التحسن بالجودة والاستدامة، ولكي نتمكن من تطبيق العمليات الثلاث للاستدلال نفرض أنه لدينا المعطيات في الملحق (12&13&14) من أجل مشروعٍ ما:

10.1. معيار كلفة التنفيذ:

يمكن تحديد نسبة رصد الفرق بالكلفة لتشييد مشروع بطرق التشييد الحديثة عما لو تم تشييده بطرق التشييد المصبوبة بالمكان بالنسبة للعوامل الفرعية التي تم تحديدها مسبقاً والمندرجة تحت عامل الكلفة الرئيسي كما هو واضح بالشكل 5.



الشكل رقم (5) رصد الفرق بالكلفة.

الحالة الصفرية بالمخطط افتراضياً تعبر عن حالة وظروف تشييد مشروع بطرق التشييد المصبوبة بالمكان، وأما في حالة تشييد مشروع بطرق التشييد الحديثة MMC تعبر عنها بعوامل فرعية مندرجة تحت عامل الكلفة الرئيسي. لابد من ذكر أن العوامل الفرعية المندرجة تحت عامل الكلفة الرئيسي هي لرصد الفرق بين ظروف التشييد الحديثة وظروف التشييد المصبوبة بالمكان للمشروع والمنعكسة على كلفة تشييد المشروع بطرق التشييد الحديثة. وهنا تظهر أهمية تقييم طرق التشييد الحديثة باستخدام المنطق الضبابي بتحديد تدرج أدق لدرجة تقييم رصد الفرق بالكلفة، عندما نقول إن المشروع الذي يطرأ على كلفة تنفيذه وفر بنسبة بين 10% و30% انه مشروع تغييره بدرجة متوسطة دون تمييز، أما باستخدام نظام الاستدلال الضبابي فالأمر مختلف باعتبار أن المنطق الضبابي يتيح لنا التدرج بتقييم درجة التغيير بالمشروع من التغيير بدرجة بين الخفيفة والمتوسطة ومروراً بالتغيير متوسط الدرجة وحتى التغيير الذي درجته بين المتوسط والشديد.

يتكون معيار الكلفة من تراكب مجموعة عوامل وهي على الشكل التالي:

التراكب الأول: يبين الجدول التالي العامل المركب الأول الناتج من تراكب حجم المشروع مع ترشيد كلف الموارد:

العامل المركب الأول		حجم المشروع		
		كبير (0)	متوسط (0)	صغير (1)
ترشيد كلف الموارد	كبير (0.25)	1	3,2	3
	متوسط (0.75)	2,1	2	3,2
	صغير (0)	1	2,1	3

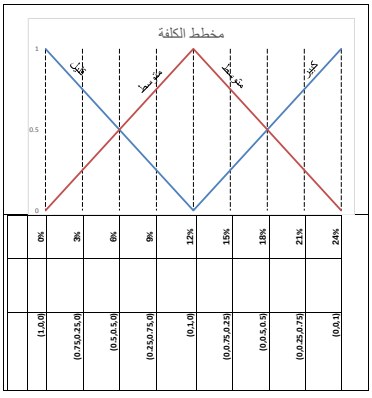
تم حساب قيم العامل المركب الأول لكلفة التنفيذ حيث كانت قيمة (0,0.56,0.438)=i1-2- الملحق رقم 15-

التراكب الثاني: يبين الجدول التالي العامل كلفة التنفيذ الناتج من تراكب عامل المركب الأول مع عامل كلفة السلامة المهنية:

العامل كلفة التنفيذ		العامل المركب الأول		
		(0)	(0.5625)	(0.4375)
العامل كلفة السلامة المهنية	(0)	1	1	1
	(0.25)	1	2	2
	(0.75)	1	2	3

كما تم حساب قيم العامل المركب (كلفة التنفيذ) -انظر الملحق 16 – حيث كانت قيمة (0,0.67,0.33)=I1.

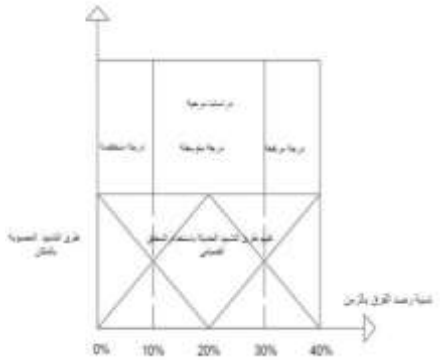
بالمقارنة مع المخطط 6 والمخطط 5 نلاحظ ان قيمة I1 تقع ضمن المجال (0,0.75,0.25) وبالتالي فإن تقييم كلفة التنفيذ هو بين المتوسطة والكبيرة وأقرب للمتوسطة بالنسبة للتقييم الضبابي ومتوسطة بالنسبة للتقييم التقليدي ونسبة الوفر بالكلفة بين طرق التشييد الحديثة وطرق التشييد المصبوبة بالمكان هي 15%.



الشكل رقم (6) رصد الوفر في كلفة التنفيذ.

10.2. معيار زمن التنفيذ:

يمكن تحديد نسبة رصد الفرق بالزمن لتشييد مشروع بطرق التشييد الحديثة عما لو تم تشييده بطرق التشييد المصبوبة بالمكان بالنسبة للعوامل الفرعية التي تم تحديدها مسبقاً والمندرجة تحت عامل الزمن الرئيسي كما هو واضح بالشكل 7.



الشكل رقم (7) رصد الفرق بالزمن.

يتكون معيار الزمن من تراكب مجموعة عوامل وهي ع الشكل التالي:

التراكب الأول: يبين الجدول التالي العامل المركب الأول الناتج من تراكب درجة التعقيد مع اختصار لبعض العمليات:

العامل المركب الأول		درجة التعقيد		
		(0)	(0.5)	(0.5)
اختصار لبعض العمليات	(0)	1	2	3
	(0.75)	1	2	2
	(0.25)	1	1	1

تم حساب قيم العامل المركب الأول لزمن التنفيذ وكانت قيمة (0.25,0.75,0)=i1-2-. انظر الملحق رقم 17.

التراكب الثاني: العامل المركب الثاني الناتج من تراكب عامل المركب الأول مع أوامر التغيير:

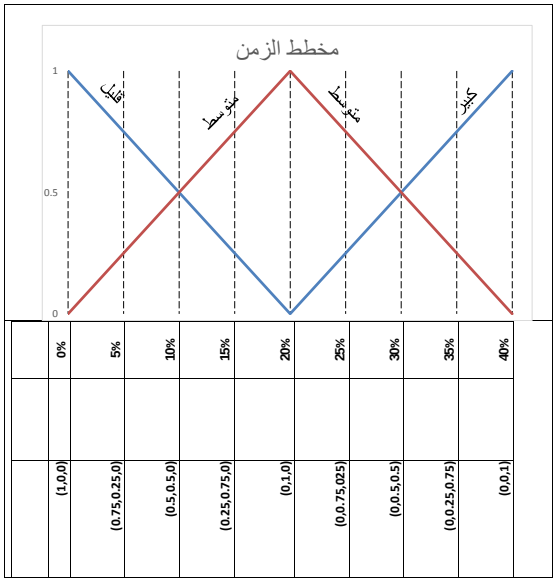
العامل المركب الثاني		العامل المركب الأول		
		(0.25)	(0.75)	(0)
أوامر التغيير	(0)	1	1	1
	(0.25)	1	2	2
	(0.75)	1	2	3

تم حساب قيم العامل المركب الثاني لزمن التنفيذ وكانت قيمة (0.25,0.75,0)=i1-2-3-. الملحق رقم 18.

التراكب الثالث: عامل زمن التنفيذ الناتج من تراكب عامل المركب الثاني مع تنفيذ أدق لعمليات الجدولة:

عامل زمن التنفيذ		العامل المركب الثاني		
		(0.25)	(0.75)	(0)
تنفيذ أدق لعمليات الجدولة	(0.25)	1	2	3
	(0.75)	1	2	2
	(0)	1	1	1

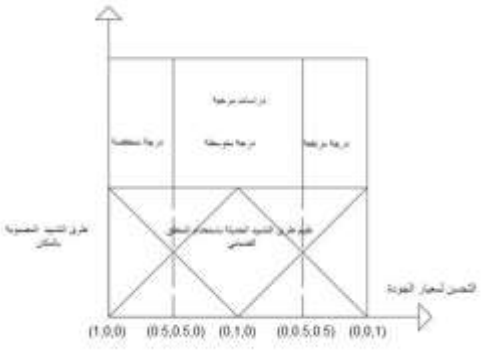
كما تم حساب قيم عامل زمن التنفيذ I2=(0.25,0.75,0) – الملحق رقم 19. بالمقارنة مع المخطط 7 والمخطط 8 نلاحظ ان تقييم زمن التنفيذ بين القصير والمتوسط وأقرب للمتوسط بالنسبة للتقييم الضبابي ومتوسط بالنسبة للتقييم التقليدي ونسبة الوفر بالزمن بين طرق التشييد الحديثة وطرق التشييد المصبوبة بالمكان هي 15%.



الشكل رقم (8) رصد الوفر بالزمن.

10.3. معيار جودة التنفيذ:

يمكن تحديد نسبة التحسن لمعيار الجودة من أجل تشييد مشروع بطرق التشييد الحديثة عما لو تم تشييده بطرق التشييد المصبوبة بالمكان بالنسبة للعوامل الفرعية التي تم تحديدها مسبقاً والمندرجة تحت عامل الجودة الرئيسي كما هو واضح بالشكل 9.



الشكل رقم (9) نسبة التحسن في جودة التنفيذ.

يتكون معيار الجودة من تراكب مجموعة عوامل وهي ع الشكل التالي:

التراكب الأول: يبين الجدول التالي العامل المركب الأول الناتج من تراكب العاملين: بعد العامل المتخصصة مع توافر موارد بشرية:

العامل المركب الأول		بعد العامل المتخصصة		
		(0)	(0.5)	(0.5)
توافر موارد بشرية	(0)	3	3,2	1
	(0.25)	3,2	2	1
	(0.75)	1	2,1	1

تم حساب قيم عامل المركب الأول لجودة التنفيذ وكانت قيمة i1-2=(0.69,0.31,0). انظر الملحق 20.

التراكب الثاني: العامل المركب الثاني الناتج من تراكب العامل المركب الأول مع أخطاء التنفيذ:

العامل المركب الثاني		العامل المركب الأول		
		(0.6875)	(0.3125)	(0)
أخطاء التنفيذ	(0)	3	2	1
	(1)	3,2	2	1,2
	(0)	3	3	3

وكانت قيمة عامل المركب الثاني – انظر الملحق 21– i1-2-3=(0,0.48,0.52).

التراكب الثالث: العامل المركب الثالث الناتج من تراكب العامل المركب الثاني مع حجم النفايات:

العامل المركب الثالث		العامل المركب الثاني		
		(0)	(0.484375)	(0.515625)
حجم	(0)	3	2	1

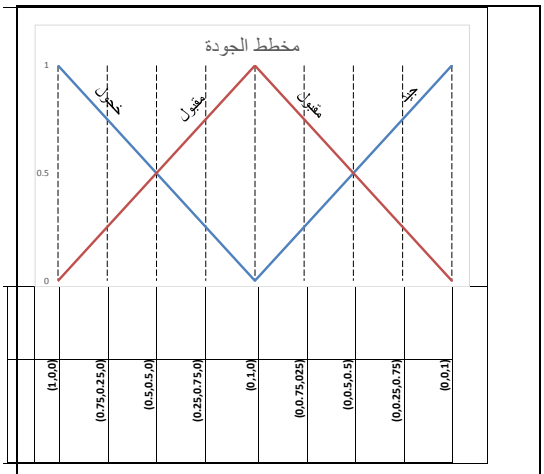
النفايات	(0)	3,2	2	1,2
	(1)	3	3	3

بعد ذلك تم حساب قيمة العامل المركب الثالث – انظر الملحق 22. i1-2-3-4=(0,0,1).

التراكب الرابع: عامل جودة التنفيذ الناتج من تراكب العامل المركب الثالث مع تحقيق مواصفات خاصة للإكساء:

عامل جودة التنفيذ		العامل المركب الثالث		
		(0)	(0)	(1)
تحقيق مواصفات خاصة	(0.25)	3	3	3
	(0.75)	2	2	3
	(0)	1	2	3

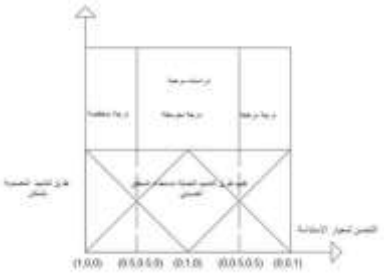
بعد ذلك تم حساب قيمة عامل جودة التنفيذ – انظر الملحق رقم 23. I3=(0,0,1). بالمقارنة مع المخطط 10 نلاحظ ان تقييم جودة التنفيذ هي جيدة بالنسبة للتقييم الضبابي وقيمة التحسن بالجودة باستخدام طرق التشييد الحديثة هي (0,0,1).



الشكل رقم (10) مخطط التحسن في الجودة.

10.4. معيار الاستدامة:

يمكن تحديد نسبة التحسن لاستدامة تشييد مشروع بطرق التشييد الحديثة عما لو تم تشييده بطرق التشييد المصبوبة بالمكان بالنسبة للعوامل الفرعية التي تم تحديدها مسبقاً والمندرجة تحت عامل الاستدامة الرئيسي كما هو واضح في الشكل 11.



الشكل رقم (11) نسبة التحسن في استدامة التنفيذ.

ويتكون معيار الاستدامة من تراكب مجموعة عوامل وهي على الشكل التالي: التراكب الأول: يبين الجدول التالي العامل المركب الأول الناتج من تراكب تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة مع توفير نظام صيانة أفضل للمساكن المشيدة:

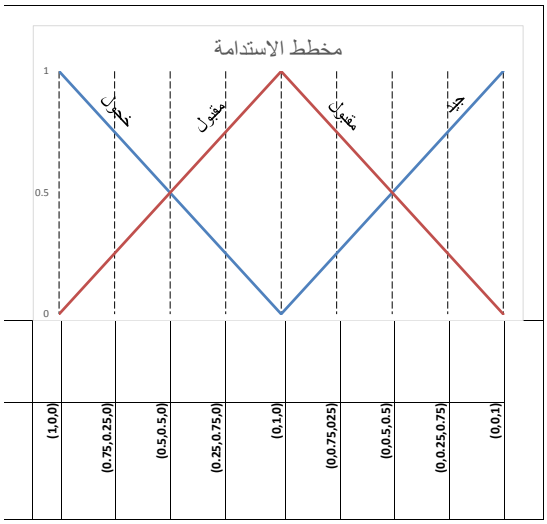
العامل المركب الأول		تنميط موحد وذكي		
		(0)	(0.5)	(0.5)
توفير نظام صيانة	(0)	3	3	3
	(0.25)	3	2	2
	(0.75)	3	2	1

تم حساب قيمة العامل المركب الأول لمعيار الاستدامة – انظر الملحق 24. i1-2=(0.375,0.625,0).

التراكب الثاني: عامل الاستدامة الناتج من تراكب العامل المركب الأول مع ظروف بيئية مناسبة:

عامل الاستدامة		العامل المركب الأول		
		(0.375)	(0.625)	(0)
ظروف بيئية مناسبة	(1)	3	3	3
	(0)	3	2	2
	(0)	3	2	1

بعد ذلك تم حساب قيمة قيم عامل الاستدامة –انظر الملحق 25. I4=(0,0,1). بالمقارنة مع المخطط 12 نلاحظ ان تقييم الاستدامة هو جيد بالنسبة للتقييم الضبابي وقيمة التحسن بالاستدامة باستخدام طرق التشييد الحديثة هي (0,0,1) .



الشكل رقم (12) نسبة التحسن استدامة التنفيذ.

وباتباع نفس الخطوات السابقة تم حساب قيم المعايير الرئيسية ودرجات التقييم للمشروعين الثاني والثالث – انظر الملحق (26–27) – وكانت النتائج النهائية كالتالي

الجدول رقم (12) قيم المعايير الرئيسية للحالات الثلاث.

الحالة المعيار/	الكلفة I1	الزمن I2	الجودة I3	الاستدامة I4
الأولى	**(0,0.67,0.33)**	**(0.25,0.75,0)**	**(0,0,1)**	**(0,0,1)**
الثانية	**(0.86,0.14,0)**	**(0.9,0.1,0)**	**(0,0.625,0.375)**	**(0.875,0.125,0)**
الثالثة	**(0.55,0.45,0)**	**(0.5,0.5,0)**	**(0,0.5,0.5)**	**(0,1,0)**

وبإسقاط القيم السابقة على المخططات البيانية للمعايير الرئيسية نحصل على القيم التالية وبعد توحيد المقياس من 0% ل 40% من أجل جميع المعايير:

الجدول رقم (13) قيم المعايير الرئيسية للحالات الثلاث.

الحالة	نسبة الوفر بالكلفة	نسبة الوفر بالزمن	قيمة التحسن بالجودة	قيمة التحسن بالاستدامة
الأولى	25%	15%	(0,0,1)	(0,0,1)
الثانية	5%	5%	(0,0.75,0.25)	(0.75,0.25,0)
الثالثة	10%	10%	(0,0.5,0.5)	(0,1,0)

من الجدول السابق نلاحظ أن نسبة الوفر بالكلفة باستخدام طرق التشييد الحديثة تراوحت بين5% إلى 25%، بينما تراوحت نسب الوفر بالزمن من 5% إلى 15%. أما بالنسبة للتحسن في الجودة فقد كانت القيمة (0,0.75,0.25) إلى (0,0,1) والاستدامة بين (0.75,0.25,0) إلى (0,0,1). هذه القيم تم الحصول عليها تبعاً لظروف المشاريع التي تم دراستها بتطبيق نموذج الاستدلال الضبابي وهي ممكن أن تختلف من مشروع إلى آخر.

11. النتائج والتوصيات المستقبلية:

1. تم تعريف وتحديد المعايير الرئيسة؛ الكلفة، الزمن، الجودة والاستدامة، من نتائج تحليل عامل الأهمية النسبية لنظام الاستدلال الضبابي لتقييم طرق التشييد الحديثة من خلال مشاركة استبيان ميداني وجمع بيانات من 51 مهندس. وبعدها تم تحديد المعايير الثانوية لكل معيار رئيس.

2. بالنسبة لأوزان المعايير الرئيسة؛ الكلفة، الزمن، الجودة والاستدامة، كانت متقاربة جداً وهذه الأمر منطقي عند تنفيذ أي مشروع باستخدام طرق التشييد الحديثة حيثُ ينبغي فيه الموازنة بين قيم العوامل الأربعة السابقة. ولا ينبغي زيادة قيمة أي عامل على حساب الآخر.

3. تم تطبيق النموذج على بيانات 3 مشاريع متاحة، وبينت نتائج التقييم أن النموذج قابل للتطبيق ضمن بيئة المشاريع المحلية.

4. تتدرج نسب الوفر بزمن وكلفة تنفيذ المشروع بالطرق الحديثة حسب ظروفه والتي يعبر عنها بالعوامل الفرعية والتي تستخدم كمدخلات لحساب قيم المعايير الرئيسة. فإذا كانت القيم من (1,0,0) إلى (0,1,0) فهي قليلة ومن (0,1,0) إلى (0,0,1) فهي كبيرة.

5. بالنسبة للتحسن في جودة واستدامة التنفيذ؛ إذا كانت قيم العوامل الرئيسة الناتجة عن الحساب باستخدام قيم العوامل الفرعية وبتطبيق الاستدلال الضبابي، من (1,0,0) حتى (0.5,0.5,0) فيكون التحسن قليل، ومن (0.5,0.5,0) إلى (0,1,0) فيكون التحسن مقبول، وإذا كانت (0,0,1) فيكون التحسن جيد جداً.

6. إمكانية برمجة القواعد المعرفية للنظام من أجل تحليل عدة سيناريوهات تجريبية بتغيير مدخلات النموذج كل مرة ومقارنة المخرجات من أجل الوصول إلى أفضل دقة ممكنة للتقييم.

7. يمكن زيادة عدد مفردات العينة لتصبح على الأقل 30 بدلاً من 3 حالات من أجل تحقيق فرضية التوزيع الطبيعي للبيانات من أجل إمكانية التعميم على المجتمع.

8. مشاركة نتائج النموذج مع مجموعة أكبر من الخبراء عاملين في مجال طرق التشييد الحديثة من أجل التحقق من فعاليته.

الملاحق:

1- الملحق (1) قواعد تركيب عامل حجم المشروع وترشيد كلف الموارد:

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان حجم المشروع كبير وترشيد كلف الموارد كبيرة فإن درجة العامل المركب الأول كبيرة (1).
2	إذا كان حجم المشروع متوسط وترشيد كلف الموارد كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول بين الصغيرة والمتوسطة (2،3).
3	إذا كان حجم المشروع صغير وترشيد كلف الموارد كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (3).
4	إذا كان حجم المشروع كبير وترشيد كلف الموارد متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول بين الكبيرة والمتوسطة (1،2).
5	إذا كان حجم المشروع متوسط وترشيد كلف الموارد متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
6	إذا كان حجم المشروع صغير وترشيد كلف الموارد متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول بين المتوسطة والصغيرة (2،3).
7	إذا كان حجم المشروع كبير وترشيد كلف الموارد صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (1).
8	إذا كان حجم المشروع متوسط وترشيد كلف الموارد صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول بين الكبيرة والمتوسطة (1،2).
9	إذا كان حجم المشروع صغير وترشيد كلف الموارد صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (3).

2- الملحق (2) قواعد تركيب عامل كلفة التنفيذ الناتج من تركيب عامل المركب الأول مع عامل السلامة المهنية:

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة وكلفة السلامة المهنية كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
2	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة وكلفة السلامة المهنية كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
3	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة وكلفة السلامة المهنية كبيرة فإن درجة عامل المركب الثانية كبيرة (1).
4	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة وكلفة السلامة المهنية متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
5	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة وكلفة السلامة المهنية متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
6	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة وكلفة السلامة المهنية متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
7	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة وكلفة السلامة المهنية صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
8	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة وكلفة السلامة المهنية صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
9	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة وكلفة السلامة المهنية صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني صغيرة (3).

3- الملحق (3) قواعد تراكب درجة تعقيد تصميم المشروع واختصار لبعض العمليات:

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع كبيرة ودرجة اختصار العمليات كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (1).
2	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع متوسطة ودرجة اختصار العمليات كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
3	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع صغيرة ودرجة اختصار العمليات كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (3).
4	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع كبيرة ودرجة اختصار العمليات متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (1).
5	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع متوسطة ودرجة اختصار العمليات متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
6	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع صغيرة ودرجة اختصار العمليات متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
7	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع كبيرة ودرجة اختصار العمليات صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (1).
8	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع متوسطة ودرجة اختصار العمليات صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (1).
9	إذا كان درجة تعقيد تصميم المشروع متوسطة ودرجة اختصار العمليات صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (1).

4- الملحق (4) قواعد تراكب العامل المركب الأول مع أوامر التغيير:

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة ودرجة أوامر التغيير كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
2	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة ودرجة أوامر التغيير كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
3	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة ودرجة أوامر التغيير كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
4	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة ودرجة أوامر التغيير متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
5	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة ودرجة أوامر التغيير متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
6	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة ودرجة أوامر التغيير متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
7	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة ودرجة أوامر التغيير صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (1).
8	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة ودرجة أوامر التغيير صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
9	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة ودرجة أوامر التغيير صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني صغيرة (3).

5- الملحق (5) قواعد تركيب العامل المركب الثالث (زمن التنفيذ) ناتج من تراكب (العامل المركب الثاني مع تنفيذ أدق لعمليات الجدولة):

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة المركب الثاني كبيرة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة كبيرة فإن درجة عامل زمن التنفيذ كبيرة (1).
2	إذا كان درجة المركب الثاني متوسطة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة كبيرة فإن درجة عامل زمن التنفيذ متوسطة (2).
3	إذا كان درجة المركب الثاني صغيرة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة كبيرة فإن درجة عامل زمن التنفيذ صغيرة (3).
4	إذا كان درجة المركب الثاني كبيرة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة متوسطة فإن درجة عامل زمن التنفيذ كبيرة (1).
5	إذا كان درجة المركب الثاني متوسطة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة متوسطة فإن درجة عامل زمن التنفيذ متوسطة (2).
6	إذا كان درجة المركب الثاني صغيرة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة متوسطة فإن درجة عامل زمن التنفيذ متوسطة (2).
7	إذا كان درجة المركب الثاني كبيرة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة صغيرة فإن درجة عامل زمن التنفيذ كبيرة (1).
8	إذا كان درجة المركب الثاني متوسطة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة صغيرة فإن درجة عامل زمن التنفيذ كبيرة (1).
9	إذا كان درجة المركب الثاني صغيرة ودرجة تنفيذ أدق لعمليات الجدولة صغيرة فإن درجة عامل زمن التنفيذ كبيرة (1).

6- الملحق (6) قواعد تركيب العامل المركب الأول ناتج من تراكب (بعد العامل المتخصصة وتوفر موارد بشرية):

رقم القاعدة	توصيف القاعدة

1	إذا كانت العامل المتخصصة بعيدة والموارد البشرية متوفرة بالخبرة الكافية فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (3).
2	إذا كانت العامل المتخصصة بعيدة جداً والموارد البشرية متوفرة بالخبرة الكافية فإن درجة عامل المركب الأول بين الكبيرة والمتوسطة (3،2).
3	إذا كانت العامل المتخصصة غير موجودة والموارد البشرية متوفرة بالخبرة الكافية فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (1).
4	إذا كانت العامل المتخصصة بعيدة والموارد البشرية محدود الخبرة فإن درجة عامل المركب الأول بين الكبيرة والمتوسطة (3،2).
5	إذا كانت العامل المتخصصة بعيدة جداً والموارد البشرية محدود الخبرة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
6	إذا كانت العامل المتخصصة غير موجودة والموارد البشرية محدود الخبرة فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (1).
7	إذا كانت العامل المتخصصة بعيدة والموارد البشرية غير متخصصة بالخبرة فإن درجة عامل المركب الأول بين الكبيرة والصغيرة (3،1).
8	إذا كانت العامل المتخصصة بعيدة جداً والموارد البشرية غير متخصصة بالخبرة فإن درجة عامل المركب الأول بين المتوسطة والصغيرة (2،1).
9	إذا كانت العامل المتخصصة غير موجودة والموارد البشرية غير متخصصة بالخبرة فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (1).

7- الملحق (7) قواعد تركيب عامل المركب الثاني ناتج من تراكب المركب الأول مع أخطاء التنفيذ:

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة ودرجة أخطاء التنفيذ كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (3).
2	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة ودرجة أخطاء التنفيذ كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
3	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة ودرجة أخطاء التنفيذ كبيرة فإن درجة عامل المركب الثاني صغيرة (1).
4	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة ودرجة أخطاء التنفيذ متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني بين الكبيرة والمتوسطة (3،2).
5	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة ودرجة أخطاء التنفيذ متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني متوسطة (2).
6	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة ودرجة أخطاء التنفيذ متوسطة فإن درجة عامل المركب الثاني بين الصغيرة والمتوسطة (2،1).
7	إذا كان درجة المركب الأول كبيرة ودرجة أخطاء التنفيذ صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (3).
8	إذا كان درجة المركب الأول متوسطة ودرجة أخطاء التنفيذ صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (3).
9	إذا كان درجة المركب الأول صغيرة ودرجة أخطاء التنفيذ صغيرة فإن درجة عامل المركب الثاني كبيرة (3).

8- الملحق (8) قواعد تركيب العامل المركب الثالث ناتج من تراكب المركب الثاني حجم النفايات:

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة المركب الثاني كبيرة وحجم النفايات كبير فإن درجة عامل المركب الثالث كبيرة (3).
2	إذا كان درجة المركب الثاني متوسطة وحجم النفايات كبير فإن درجة عامل المركب الثالث متوسطة (2).
3	إذا كان درجة المركب الثاني صغيرة وحجم النفايات كبير فإن درجة عامل المركب الثالث صغيرة (1).
4	إذا كان درجة المركب الثاني كبيرة وحجم النفايات متوسط فإن درجة عامل المركب الثالث بين الكبيرة والمتوسطة (3،2).
5	إذا كان درجة المركب الثاني متوسطة وحجم النفايات متوسط فإن درجة عامل المركب الثالث متوسطة (2).
6	إذا كان درجة المركب الثاني صغيرة وحجم النفايات متوسط فإن درجة عامل المركب الثالث بين الصغيرة والمتوسطة (2،1).
7	إذا كان درجة المركب الثاني كبيرة وحجم النفايات صغير فإن درجة عامل المركب الثالث كبيرة (3).
8	إذا كان درجة المركب الثاني متوسطة وحجم النفايات صغير فإن درجة عامل المركب الثالث كبيرة (3).
9	إذا كان درجة المركب الثاني صغيرة وحجم النفايات صغير فإن درجة عامل المركب الثالث كبيرة (3).

9- الملحق (9) قواعد تركيب العامل المركب الرابع جودة التنفيذ ناتج من تراكب (العامل المركب الثالث مع تحقيق مواصفات خاصة للإكساء):

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة عامل المركب الثالث كبيرة وتحقيق مواصفات خاصة كبيرة فإن درجة عامل جودة التنفيذ كبيرة (3).
2	إذا كان درجة عامل المركب الثالث متوسطة وتحقيق مواصفات خاصة كبيرة فإن درجة عامل جودة التنفيذ كبيرة (3).
3	إذا كان درجة عامل المركب الثالث صغيرة وتحقيق مواصفات خاصة كبيرة فإن درجة عامل جودة التنفيذ كبيرة (3).
4	إذا كان درجة عامل المركب الثالث كبيرة وتحقيق مواصفات خاصة متوسطة فإن درجة عامل جودة التنفيذ متوسطة (2).
5	إذا كان درجة عامل المركب الثالث متوسطة وتحقيق مواصفات خاصة متوسطة فإن درجة عامل جودة التنفيذ متوسطة (2).
6	إذا كان درجة عامل المركب الثالث صغيرة وتحقيق مواصفات خاصة متوسطة فإن درجة عامل جودة التنفيذ كبيرة (3).
7	إذا كان درجة عامل المركب الثالث كبيرة وتحقيق مواصفات خاصة صغيرة فإن درجة عامل جودة التنفيذ صغيرة (1).
8	إذا كان درجة عامل المركب الثالث متوسطة وتحقيق مواصفات خاصة صغيرة فإن درجة عامل جودة التنفيذ متوسطة (2).
9	إذا كان درجة عامل المركب الثالث صغيرة وتحقيق مواصفات خاصة صغيرة فإن درجة عامل جودة التنفيذ كبيرة (3).

10- الملحق (10) قواعد المركب الأول الناتج من تراكب (تنميط موحد وذكي مع توفير نظام صيانة):

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي كبيرة وتوفير نظام صيانة كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (3).
2	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي متوسطة وتوفير نظام صيانة كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (3).
3	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي صغيرة وتوفير نظام صيانة كبيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (3).
4	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي كبيرة وتوفير نظام صيانة متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (3).
5	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي متوسطة وتوفير نظام صيانة متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
6	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي صغيرة وتوفير نظام صيانة متوسطة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
7	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي كبيرة وتوفير نظام صيانة صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول كبيرة (3).
8	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي متوسطة وتوفير نظام صيانة صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول متوسطة (2).
9	إذا كان درجة عامل تنميط موحد وذكي صغيرة وتوفير نظام صيانة صغيرة فإن درجة عامل المركب الأول صغيرة (1).

11- الملحق (11) قواعد تركيب العامل الاستدامة الناتج من تراكب (تنميط موحد وذكي مع توفير نظام صيانة وظروف بيئية مناسبة):

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان درجة عامل المركب الأول كبيرة وظروف بيئية مناسبة كبيرة فإن درجة عامل الاستدامة كبيرة (3).
2	إذا كان درجة عامل المركب الأول متوسطة وظروف بيئية مناسبة كبيرة فإن درجة عامل الاستدامة كبيرة (3).
3	إذا كان درجة عامل المركب الأول صغيرة وظروف بيئية مناسبة كبيرة فإن درجة عامل الاستدامة كبيرة (3).
4	إذا كان درجة عامل المركب الأول كبيرة وظروف بيئية مناسبة متوسطة فإن درجة عامل الاستدامة كبيرة (3).
5	إذا كان درجة عامل المركب الأول متوسطة وظروف بيئية مناسبة متوسطة فإن درجة عامل الاستدامة متوسطة (2).
6	إذا كان درجة عامل المركب الأول صغيرة وظروف بيئية مناسبة متوسطة فإن درجة عامل الاستدامة متوسطة (2).
7	إذا كان درجة عامل المركب الأول كبيرة وظروف بيئية مناسبة صغيرة فإن درجة عامل الاستدامة كبيرة (3).

8	إذا كان درجة عامل المركب الأول متوسطة وظروف بيئية مناسبة صغيرة فإن درجة عامل الاستدامة متوسطة (2).
9	إذا كان درجة عامل المركب الأول صغيرة وظروف بيئية مناسبة صغيرة فإن درجة عامل الاستدامة صغيرة (1).

12- الملحق (12) بيانات الحالة الدرسية الأولى:

		i1	i2	i3	التوصيف			
معيار الكلفة		L	M	U	قليل	متوسط	كبير	ملاحظات
حجم المشروع	i1	0	0	1			□	
ترشيد كلف الموارد ضمن الموقع	i2	0.25	0.75	0	□	□		بين المتوسط والقليل وأقرب للمتوسط
السلامة المهنية	i3	0	0.25	0.75			□	
معيار الزمن		L	M	U				
درجة تعقيد تصميم المشروع	i1	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
اختصار لبعض العمليات	i2	0	0.75	0.25		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للمتوسط
أوامر التغيير / طلبات تغيير التصميم	i3	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب لكبير
تنفيذ أدق لعمليات الجدولة الزمنية	i4	0.25	0.75	0	□	□		بين القليل والمتوسط وأقرب للمتوسط
معيار الجودة		L	M	U				
بعد العامل المتخصصة	i1	0	0.5	0.5		□	□	بين الكبير والمتوسط
توفر موارد بشرية متخصصة	i2	0	0.25	0.75		□	□	بين الكبير والمتوسط وأقرب للكبير
حجم النفايات	i3	0	0	1			□	كبير
أخطاء التنفيذ	i4	0	1	0		□		متوسط
تحقيق مواصفات خاصة لتفاصيل الهيكل والإكساء	i5	0.25	0.75	0	□	□		بين المتوسط والقليل وأقرب للمتوسط
معيار الاستدامة		L	M	U				
ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد	i1	1	0	0	□			قليل
تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة	i2	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
توفير نظام صيانة أفضل لمكونات المساكن المشيدة	i3	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للكبير

13- الملحق (13) بيانات الحالة الدرسية الثانية:

		i1	i2	i3	التوصيف			
معيار الكلفة		L	M	U	قليل	متوسط	كبير	ملاحظات

حجم المشروع	i1	1	0	0	□			صغير
ترشيد كلف الموارد ضمن الموقع	i2	0	0.75	0.25		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للمتوسط
السلامة المهنية	i3	0.75	0.25	0	□	□		بين المتوسط والقليل وأقرب للقليل
معيار الزمن		L	M	U				
درجة تعقيد تصميم المشروع	i1	0.5	0.5	0	□	□		بين المتوسط والقليل
اختصار لبعض العمليات	i2	0.25	0.75	0	□	□		بين المتوسط والقليل وأقرب للمتوسط
أوامر التغيير / طلبات تغيير التصميم	i3	0.75	0.25	0	□	□		بين المتوسط والقليل وأقرب للقليل
تنفيذ أدق لعمليات الجدولة الزمنية	i4	0	0.75	0.25		□	□	بين الكبير والمتوسط وأقرب للمتوسط
معيار الجودة		L	M	U				
بعد العامل المتخصصة	i1	0.5	0.5	0	□	□		بين القليل والمتوسط
توفر موارد بشرية متخصصة	i2	0.75	0.25	0	□	□		بين القليل والمتوسط وأقرب للقليل
حجم النفايات	i3	1	0	0	□			قليل
أخطاء التنفيذ	i4	0	1	0		□		متوسط
تحقيق مواصفات خاصة لتفاصيل الهيكل والإكساء	i5	0	0.75	0.25		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للمتوسط
معيار الاستدامة		L	M	U				
ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد	i1	0	0	1			□	كبير
تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة	i2	0	0.5	0	□	□		بين المتوسط والقليل
توفير نظام صيانة أفضل لمكونات المساكن المشيدة	i3	0	0.25	0	□	□		بين المتوسط والقليل وأقرب للمتوسط

14- الملحق (14) بيانات الحالة الدراسية الثالثة:

		i1	i2	i3	التوصيف			
معيار الكلفة		L	M	U	قليل	متوسط	كبير	ملاحظات
حجم المشروع	i1	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
ترشيد كلف الموارد ضمن الموقع	i2	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للكبير
السلامة المهنية	i3	0.5	0.5	0	□	□		بين المتوسط والقليل

معيار الزمن		L	M	U				
درجة تعقيد تصميم المشروع	i1	0	0.75	0.25		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للمتوسط
اختصار لبعض العمليات	i2	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
أوامر التغيير / طلبات تغيير التصميم	i3	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للكبير
تنفيذ أدق لعمليات الجدولة الزمنية	i4	0.25	0.75	0	□	□		بين القليل والمتوسط وأقرب للمتوسط
معيار الجودة		L	M	U				
بعد العامل المتخصصة	i1	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للكبير
توفر موارد بشرية متخصصة	i2	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للكبير
حجم النفايات	i3	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
أخطاء التنفيذ	i4	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
تحقيق مواصفات خاصة لتفاصيل الهيكل والإكساء	i5	0	1	0		□		متوسط
معيار الاستدامة		L	M	U				
ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد	i1	0	0.5	0.5		□	□	بين المتوسط والكبير
تنميط موحد وذكي للبنية التحتية الخاصة بالمساكن المشيدة	i2	0	1	0			□	متوسط
توفير نظام صيانة أفضل لمكونات المساكن المشيدة	i3	0	0.25	0.75		□	□	بين المتوسط والكبير وأقرب للكبير

15- الملحق (15) حساب قيمة i1-2 لمعيار الكلفة:

معيار الكلفة: قيم العامل المركب الأول						
القواعد i1 &i2		العامل i1	العامل i2	i1-2		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i11	i21	μ11=0	μ21=0.25	0x0.25x1=0		
i11	i22	μ11=0	μ22=0.75	0x0.75x0.25=0	0x0.75x0.75=0	
i11	i23	μ11=0	μ23=0	0x0x1=0		
i12	i21	μ12=0	μ21=0.25		0x0.25x0.75=0	0x0.25x0.25=0
i12	i22	μ12=0	μ22=0.75		0x0.75x1=0	
i12	i23	μ12=0	μ23=0	0x0x0.25=0	0x0x0.75=0	

i13	i21	μ13=1	μ21=0.25			1x0.25x1=0.25
i13	i22	μ13=1	μ22=0.75		1x0.75x0.75=0.5625	1x0.75x0.25=0.1875
i13	i23	μ13=1	μ23=0			1x0x1=0
i1-2				0	0.563	0.438

16- الملحق (16) حساب قيمة I1 لمعيار الكلفة:

قيم عامل كلفة التنفيذ						
القواعد i3& i1-2		العامل i1-2	العامل i3	I1		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i(1-2)1	i31	μ11=0	μ21=0	0x0x1=0		
i(1-2)1	i32	μ11=0	μ22=0.25	0x0.25x1=0		
i(1-2)1	i33	μ11=0	μ23=0.75	0x0.75x1=0		
i(1-2)2	i31	μ12=0.5625	μ21=0	0.5625x0x1=0		
i(1-2)2	i32	μ12=0.5625	μ22=0.25		0.5625x0.25x1=0.1406	
i(1-2)2	i33	μ12=0.5625	μ23=0.75		0.5625x0.75x1=0.4219	
i(1-2)3	i31	μ13=0.4375	μ21=0	0.4375x0x1=0		
i(1-2)3	i32	μ13=0.4375	μ22=0.25		0.4375x0.25x1=0.1094	
i(1-2)3	i33	μ13=0.4375	μ23=0.75			0.4375x0.75x1=0.3281
I1				0	0.6719	0.3281

17- الملحق (17) حساب قيمة i1-2 لمعيار الزمن:

معيار زمن التنفيذ: قيم العامل المركب الأول						
القواعد i2& i1		العامل i1	العامل i2	i1-2		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i11	i21	μ11=0	μ21=0	0x0x1=0		
i11	i22	μ11=0	μ22=0.75	0x0.75x1=0		
i11	i23	μ11=0	μ23=0.25	0x0.25x1=0		
i12	i21	μ12=0.5	μ21=0		0.5x0x1=0	
i12	i22	μ12=0.5	μ22=0.75		0.5x0.75x1=0.375	
i12	i23	μ12=0.5	μ23=0.25	0.5x0.25x1=0.125		
i13	i21	μ13=0.5	μ21=0			0.5x0x1=0
i13	i22	μ13=0.5	μ22=0.75		0.5x0.75x1=0.375	
i13	i23	μ13=0.5	μ23=025	0.5x0.25x1=0.125		
i1-2				0.25	0.75	0

18- الملحق (18) حساب قيمة i1-2-3 لمعيار الزمن:

معيار زمن التنفيذ: قيم العامل المركب الثاني					
القواعد i3& i1-2	العامل i1-2	العامل i3	i1-2-3		
			درجة 1	درجة 2	درجة 3

i(1-2)1	i31	μ11=0.25	μ21=0	0.25x0x1=0		
i(1-2)1	i32	μ11=0.25	μ22=0.25	0.25x0.25x1=0.0625		
i(1-2)1	i33	μ11=0.25	μ23=0.75	0.25x0.75x1=0.1875		
i(1-2)2	i31	μ12=0.75	μ21=0	0.75x0x1=0		
i(1-2)2	i32	μ12=0.75	μ22=0.25		0.75x0.25x1=0.1875	
i(1-2)2	i33	μ12=0.75	μ23=0.75		0.75x0.75x1=0.5625	
i(1-2)3	i31	μ13=0	μ21=0	0x0x1=0		
i(1-2)3	i32	μ13=0	μ22=0.25		0x0.25x1=0	
i(1-2)3	i33	μ13=0	μ23=0.75			0x0.75x1=0
I1-2-3				0.25	0.75	0

19- الملحق (19) حساب قيمة I2 لمعيار الزمن:

قيم عامل زمن التنفيذ						
القواعد i4& i1-2-3		العامل i1-2-3	العامل i4	I2		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i(1-2)1	i31	μ11=0.25	μ21=0.25	0.25x0.25x1=0.0625		
i(1-2)1	i32	μ11=0.25	μ22=0.75	0.25x0.75x1=0.1875		
i(1-2)1	i33	μ11=0.25	μ23=0	0.25x0x1=0		
i(1-2)2	i31	μ12=0.75	μ21=0.25		0.75x0.25x1=0.1875	
i(1-2)2	i32	μ12=0.75	μ22=0.75		0.75x0.75x1=0.5625	
i(1-2)2	i33	μ12=0.75	μ23=0	0.75x0x1=0		
i(1-2)3	i31	μ13=0	μ21=0.25			0x0.25x1=0
i(1-2)3	i32	μ13=0	μ22=0.75		0x0.75x1=0	
i(1-2)3	i33	μ13=0	μ23=0	0x0x1=0		
I2				0.25	0.75	0

20- الملحق (20) حساب قيمة i1-2 لمعيار الجودة:

معيار جودة التنفيذ: قيم العامل المركب الأول						
القواعد i2& i1		العامل i1	العامل i2	i1-2		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i11	i21	μ11=0	μ21=0			0x0x1=0
i11	i22	μ11=0	μ22=0.25		0x0.25x0.75=0	0x0.25x0.25=0
i11	i23	μ11=0	μ23=0.75	0x0.75x1=0		
i12	i21	μ12=0.5	μ21=0		0.5x0x0.5=0	0.5x0x0.5=0
i12	i22	μ12=0.5	μ22=0.25		0.5x0.25x1=0.125	
i12	i23	μ12=0.5	μ23=0.75	0.5x0.75x0.5=0.1875	0.5x0.75x0.5=0.1875	
i13	i21	μ13=0.5	μ21=0	0.5x0x1=0		
i13	i22	μ13=0.5	μ22=0.25	0.5x0.25x1=0.125		
i13	i23	μ13=0.5	μ23=0.75	0.5x0.75x1=0.375		
i1-2				0.69	0.31	0

21- الملحق (21) حساب قيمة i1-2-3 لمعيار الجودة:

معيار جودة التنفيذ: قيم العامل المركب الثاني						
القواعد i1-2 &i3		العامل i1-2	العامل i3	i1-2-3		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i(1-2)1	i31	μ11=0.6875	μ21=0			0.6875x0x1=0
i(1-2)1	i32	μ11=0.6875	μ22=1		0.6875x1x0.25=0.1719	0.6875x1x0.75=0.5156
i(1-2)1	i33	μ11=0.6875	μ23=0			0.6875x0x1=0
i(1-2)2	i31	μ12=0.3125	μ21=0		0.3125x0x1=0	
i(1-2)2	i32	μ12=0.3125	μ22=1		0.3125x1x1=0.3125	
i(1-2)2	i33	μ12=0.3125	μ23=0			0.3125x0x1=0
i(1-2)3	i31	μ13=0	μ21=0	0x0x1=0		
i(1-2)3	i32	μ13=0	μ22=1	0x1x0.5=0	0x1x0.5=0	
i(1-2)3	i33	μ13=0	μ23=0			0x0x1=0
i1-2-3				0	0.4844	0.5156

22- الملحق (22) حساب قيمة i1-2-3-4 لمعيار الجودة:

معيار جودة التنفيذ: قيم العامل المركب الثالث						
القواعد i1-2-3 &i4		العامل i1-2-3	العامل i4	i1-2-3-4		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i(1-2-3)1	i41	μ11=0	μ21=0			0x0x1=0
i(1-2-3)1	i42	μ11=0	μ22=0		0x0x0.25=0	0x0x0.75=0
i(1-2-3)1	i43	μ11=0	μ23=1			0x1x1=0
i(1-2-3)2	i41	μ12=0.4844	μ21=0		0.4844x0x1=0	
i(1-2-3)2	i42	μ12=0.4844	μ22=0		0.4844x0x1=0	
i(1-2-3)2	i43	μ12=0.4844	μ23=1			0.4844x1x1=0.4844
i(1-2-3)3	i41	μ13=0.5156	μ21=0	0.5156x0x1=0		
i(1-2-3)3	i42	μ13=0.5156	μ22=0	0.5156x0x0.75=0	0.5156x0x0.25=0	
i(1-2-3)3	i43	μ13=0.5156	μ23=1			0.5156x1x1=0.5156
i1-2-3-4				0	0	1

23- الملحق (23) حساب قيمة I3 لمعيار الجودة:

قيم عامل جودة التنفيذ						
القواعد i1-2-3-4 &i5		العامل i1-2-3-4	العامل i5	I3		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i(1-2-3-4)1	i51	μ11=0	μ21=0.25			0x0.25x1=0
i(1-2-3-4)1	i52	μ11=0	μ22=0.75		0x0.75x1=0	
i(1-2-3-4)1	i53	μ11=0	μ23=0	0x0x1=0		

i(1-2-3-4)2	i51	µ12=0	µ21=0.25			0x0.25x1=0
i(1-2-3-4)2	i52	µ12=0	µ22=0.75		0x0.75x1=0	
i(1-2-3-4)2	i53	µ12=0	µ23=0		0x0x1=0	
i(1-2-3-4)3	i51	µ13=1	µ21=0.25			1x0.25x1=0.25
i(1-2-3-4)3	i52	µ13=1	µ22=0.75			1x0.75x1=0.75
i(1-2-3-4)3	i53	µ13=1	µ23=0			1x0x1=0
I3				0	0	1

24- الملحق (24) حساب قيمة i1-2 لمعيار الاستدامة:

معيار الاستدامة: قيم العامل المركب الأول						
القواعد i2& i1		العامل i1	العامل i2	i1-2		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i11	i21	µ11=0	µ21=0			0x0x1=0
i11	i22	µ11=0	µ22=0.25			0x0.25x1=0
i11	i23	µ11=0	µ23=0.75			0x0.75x1=0
i12	i21	µ12=0.5	µ21=0			0.5x0x1=0
i12	i22	µ12=0.5	µ22=0.25		0.5x0.25x1=0.125	
i12	i23	µ12=0.5	µ23=0.75		0.5x0.75x1=0.375	
i13	i21	µ13=0.5	µ21=0			0.5x0x1=0
i13	i22	µ13=0.5	µ22=0.25		0.5x0.25x1=0.125	
i13	i23	µ13=0.5	µ23=0.75	0.5x0.75x1=0.375		
i1-2				0.375	0.625	0

25- الملحق (25) حساب قيمة I4 لمعيار الاستدامة:

قيم عامل الاستدامة						
القواعد i3& i1-2		العامل i1-2	العامل i3	I4		
				درجة 1	درجة 2	درجة 3
i(1-2)1	i31	µ11=0.375	µ21=1			0.375x1x1=0.375
i(1-2)1	i32	µ11=0.375	µ22=0			0.375x0x1=0
i(1-2)1	i33	µ11=0.375	µ23=0			0.375x0x1=0
i(1-2)2	i31	µ12=0.625	µ21=1			0.625x1x1=0.625
i(1-2)2	i32	µ12=0.625	µ22=0		0.625x0x1=0	
i(1-2)2	i33	µ12=0.625	µ23=0		0.625x0x1=0	
i(1-2)3	i31	µ13=0	µ21=1			0x1x1=0
i(1-2)3	i32	µ13=0	µ22=0		0x0x1=0	
i(1-2)3	i33	µ13=0	µ23=0	0x0x1=0		
I4				0	0	1

26- الملحق (26) العوامل المؤثرة في طرق التشييد الحديثة (المجمعة من المقابلات):

حجم النفايات الناتجة عن البناء أقل من البناء بالطريقة التقليدية.
تقليل عيوب العمل بسبب التحكم في المصنع.
درجة تعقيد تصميم المشروع.
اختصار لبعض العمليات (الأعمال الكهربائية والصحية من خلال وضعها ضمن وحدة التصنيع في المعمل).
توفير كلف الموارد ضمن الموقع (آليات ومعدات ويد عاملة).

تقليل كلف إدارة المخاطر ضمن الموقع (تقليل معدل الوفيات والإصابات لدى العمال في الموقع) وهي تكاليف السلامة المهنية.
تأمين ظروف بيئية مناسبة لعمليات التشييد (تأثير ضئيل للظروف المناخية على العمل).

27- الملحق (27) الأرقام الضبابية المجمعة (Combined)

I4			I3			I2			I1		
U	**M**	**L**	**U**	**M**	**L**	**U**	**M**	**L**	**U**	**M**	**L**
1.45	**1.09**	**0.73**	**1.33**	**1.00**	**0.66**	**1.52**	**1.14**	**0.76**	**1**	**1**	**1**
1.28	**0.96**	**0.64**	**1.17**	**0.88**	**0.58**	**1**	**1**	**1**	**1.17**	**0.88**	**0.59**
1.46	**1.09**	**0.73**	**1**	**1**	**1**	**1.52**	**1.14**	**0.76**	**1.34**	**1.00**	**0.67**
1	**1**	**1**	**1.22**	**0.91**	**0.61**	**1.39**	**1.04**	**0.70**	**1.22**	**0.92**	**0.61**

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع References

1. إبراهيم، مازن. (2014). **تحديد الأولوية لإعادة أعمار المنشآت في سوريا باستخدام المنطق الضبابي.** مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الهندسية.

2. أبو سكران، محمد. (2019). **مقاييس العلاقة باستخدام برنامج ال SPSS**. غزة: فلسطين. كلية التربية –الجامعة الإسلامية.

3. أبو وطفة، حسام أحمد. (2014). **استخدام عملية التحليل الهرمي في تحديد أولويات القطاع الصناعي في فلسطين من أجل تحقيق التنمية المستدامة**. رسالة ماجستير، كلية التجارة، الجامعة الإسلامية، غزة: فلسطين.

4. إسماعيل، محمد عبد الرحمن. (2001). **تحليل الانحدار الخطي**. الرياض: السعودية. معهد الإدارة العامة.

5. الحوامدة . (أكتوبر، 2020). **مواصفات البناء مسبق الصنع**. مجلة موسوعتك بالعربي .

6. الشوابكة، عدنان. (2011). **دور نظم وتكنولوجيا المعلومات في اتخاذ القرارات**. دار اليازوري العليمة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

7. العلي، إبراهيم. دريباتي، يسيرة. (2021). **مناهج وأساليب البحث العلمي**. جامعة تشرين.

8. النجار، صباح. النعيمي، زينب عبد الودود. (2010). **استخدام التحليل الهرمي في المفاضلة لاختيار المجهزين: دراسة حالة في الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين**. مجلة دراسات محاسبية ومالية، المجلد (5). العدد (13). الصفحات: 1–24.

9. النعيمي، زينب عبد الودود. (2008). **حوسبة وتطبيق أسلوب التحليل الهرمي (AHP) دراسة تطبيقية لاختيار المجهز في الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين**. رسالة ماجستير، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد، العراق.

10. جوهر، مولاي آمال. (2015). **استخدام أسلوب التحليل الهرمي لتحديد أسبقية الآلات– دراسة حالة شركةABRAS** . رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التيسير، جامعة سعيدة–غزة، الجزائر.

11. حديد، عامر. (2012). **تحديد معايير اختيار المورد الأفضل في إطار عملية التعهيد: دراسة حالة في شركة أسياسيل للاتصالات الخلوية**. المؤتمر العلمي الدولي: عولمة الإدارة في عصر المعرفة، جامعة الجنان، الجمهورية اللبنانية.

12. حسن، بسام. (2019). **تحديد عوامل طرق تشييد الأبنية والعوامل المؤثرة على اختيار البديل الأمثل في سوريا**. مجلة جامعة تشرين. العلوم الهندسية. المجلد (41). العدد 6.

13. ساعاتي، توماس. (2000). **صناعة القرار للقادة: عملية التحليل الهرمي للقرارات في عالم معقد**. ترجمة أسماء باهرمز وسهام همشري، معهد الإدارة العامة، الرياض، المملكة العربية السعودية.

14. عشي، عادل. (2017). **تحسين كفاءة المؤسسات الصحية باستخدام أسلوب تحليل مغلف البيانات وعملية التحليل الهرمي**. أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التيسير، جامعة باتنة، الجزائر.

15. محمد علي، عصام الدين. (2007). **تأثير نظم المعلومات على الإدارة الحكومية في المدينة العربية أبعادها ومجالات**. قسم التخطيط العمراني، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.

16. محمود، ثائر شاكر. (2016). **تقويم الآليات المقترحة لتنمية محافظة الأنبار لسنة 2030 باستخدام أسلوب التحليل الهرمي**. مجلة المخطط والتنمية، العدد (33). الصفحات: 119-135.

17. مصطفى، نهال فريد. عباس، نبيلة. (2005). **أساسيات الأعمال في ظل العولمة**. الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر.

18. مهدية، ساطوح. عيشاوي، سهيلة. (2009). **نظم دعم القرار: تطبيقاتها**. الملتقى الوطني السادس حول الأساليب الكمية ودورها في اتخاذ القرارات الإدارية، الجزائر.

19. ياسين، سعد غالب. (2004). **نظم مساندة القرارات**. درا المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

20. Buckley, J. J. (1985). **Fuzzy hierarchical analysis, Fuzzy Sets and Systems.** 17(3), 233-247.

21. Chakhar, S. Mousseau, V. (2008). **Spatial Multicriteria Decision Making**. University of Paris, France.

22. Chen, Ying. Okudan, Gul. Riley, David R. (2010). **Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings.** Automation in construction. Vol, 19. PP: (235-244).

23. Ching, Lai H. Kwangsun, Y. (1981). **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State of the Art Survey**. Berlin Heidelberg.

24. Coulter, E D. Coakley, J. Sessiona, J. (2006). **The Analytical Hierarchy Process: Atutorial for Use in Prioritizing Forest Road Investments to Minimize Environmental Effects.** International journal of forest engineering. 17(2). PP: 51-69.

25. Emrouznejad, Ali. Ho, William. (2018). **Fuzzy Analytic Hierarchy Process.** International Standard Book Number-13. Taylor & Francis Group.

26. Gitonga, Victor M. (2019). **Modern Methods of Construction to Build Homes More Quickly and Efficiently: A Study of the UK Industry.** University of Embu. ResearchGate.

27. Kahraman, C. Ruan, D. Dogan, I. (2003). **Fuzzy group decision-making for facility location selection.** Information Sciences, 157(1). PP: 135-153.

28. KHAN, HINDAAL. KHAN, MR. MOHD ZEESHAN. (2019). **MODERN METHODS OF CONSTRUCTION.** IJARIIE.Vol, 5. Issue, 4. PP:4396−2395 .

29. Liang, G S. Wang, M J. (1991). **A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection**. International Journal of Production Research. Volume 29, Issue 11. PP: 2313-2330.

30. LIN, C. Kou, G. Ergu, D. (2013). **A heuristic approach for driving the priority vector in AHP**. Applied Mathematical Modelling. 37. PP: 5828-5836.

31. Ltd .(2018). **A Comparative Cost Analysis of Modern and Traditional Methods of Construction in Uk**. UKDiss.com

32. Mesaros, Peter. Mandicak, Tomas. (2015). **Factors affecting the use of modern methods and materials in construction.** IOP Conference Series Materials Science and Engineering.

33. National Audit Office. (2005). **Using modern methods of construction to build homes more quickly and efficiently**. Victoria, London.

34. Othmani, I. (1998). **Optimisation multicritere**. PHD. University of Gronoble.

35. Randjelovic, D., Dolicanin, C. (2009). **The methods of multi attribute analysis in application to assess optimal factor combination in one experiment.** International Journal of mathematical models and methods in applied sciences, 3(1), PP: 48-57.

36. Saaty, T L. (2000). **Fundamentals of the Analytical Hierarchy Process.** Rws publications. USA.

37. Saaty, T L. (2008). **Decision making with the Analytical Hierarchy Process**. International Journal of Service Science. 1(1). PP: 83-98.

38. Safari, H. Faghih, Alireza. Fathi, R M. (2012). **Fuzzy multi-criteria decision making method for facility location selection**. African Journal of Business Management, Vol. 6(1). pp: 206-212, 11 January.

39. Shash, Ali. Alawad, Mohammed. (2020). **Modern Construction Methods (MMC) in Saudi Arabia: Evaluation Aspects and Barriers**. Journal of Engineering and Architecture. Vol.8, No.2, PP: (50-65).

40. Shibani, Abdussalam. Agha, Araz. Hassan, Dyaa. Al-Hadeethi, Yaseen. Choudhury, Mou. (2021). **Effectiveness of the Modern Methods of Construction in Terms of Cost and Time: A Case Study of the United Kingdom**. Journal of Civil Engineering Research. Vol, 11, Issue,1. PP: 19-28.

41. Subramanya, K. Kermanshachi, S. Rouhanizadeh, B. (2020). **Modular Construction vs. Traditional Construction: Advantages and Limitations: A Comparative Study**. Budapest University of Technology and Economics.

42. Tam, V. W. Y. and Le, K. N. (2006). **Environmental assessment by power spectrum**. Sustainable Development through Culture and Innovation.

43. ZADEH, LA. (2005). **What is fuzzy logic and what are its applications?**. http://www.eecs.berkeley.edu/IPRO/Summary/03abstracts/zadeh.13.html.